



La realizzazione di questo volume  
è stata resa possibile grazie al contributo di  
**DIETOSYSTEM**  
Ricerca e Tecnologia per il Benessere  
che ha coordinato il progetto.

# MANUALE DI RIFERIMENTO PER LA STANDARDIZZAZIONE ANTROPOMETRICA

**Timothy G. Lohman, PhD**

University of Arizona

**Alex F. Roche, MD**

Wright State University

**Reynaldo Martorell, PhD**

Stanford University

**Edizione italiana a cura di:**

Nino C. Battistini – Giorgio M. Bedogni

*Cattedra di Fisiologia della Nutrizione*

*Facoltà di Medicina e Chirurgia*

*Università degli Studi di Modena*

Presentazione del Prof. Giuliano Enzi

# SOMMARIO

---

Presentazione Prof. G. Enzi  
 Prefazione all'edizione italiana  
 Prefazione all'edizione americana  
 Airlie Conference Committee Members

## Sezione I Misure e tecniche di misurazione

Capitolo 1 - Statura, lunghezza supina e peso	pag. 15
Capitolo 2 - Lunghezze segmentali scheletriche	pag. 21
Capitolo 3 - Diametri corporei	pag. 39
Capitolo 4 - Circonferenze	pag. 51
Capitolo 5 - Pliche	pag. 67
Bibliografia Sezione I	pag. 83

## Sezione II Argomenti di speciale interesse

Capitolo 6 - Affidabilita' ed accuratezza delle misurazioni	pag. 99
Capitolo 7 - Quale lato misurare: destro o sinistro ?	pag.103
Capitolo 8 - La valutazione antropometrica dello stato nutrizionale in particolari gruppi di individui	pag.109

## Sezione III Applicazioni

Capitolo 9 - Antropologia fisica	pag.115
Capitolo 10 - Variabilita' delle dimensioni antropometriche	pag.119
Capitolo 11 - Studi di popolazione	pag.123
Capitolo 12 - Antropometria ed eta' pediatrica	pag.127
Capitolo 13 - Valutazione dello stato nutrizionale in adulti sani e portatori di handicap	pag.131
Capitolo 14 - Taglia corporea	pag.137
Capitolo 15 - Antropometria e composizione corporea	pag.141
Capitolo 16 - Antropometria ed obesita'	pag.147
Capitolo 17 - Antropometria e stati di patologia acuti e cronici	pag.153
Capitolo 18 - Topografia del grasso corporeo e rischio di malattia	pag.159
Capitolo 19 - Antropometria e cancro	pag.165
Capitolo 20 - Antropometria e Medicina dello Sport	pag.169
Capitolo 21 - Antropolicometria assistita da calcolatore elettronico	pag.175
Capitolo 22 - Metodi di determinazione della composizione corporea	pag.183

## Appendice

Equipaggiamenti e fornitori	pag.191
-----------------------------	---------

## Presentazione

*La conoscenza della composizione corporea è essenziale per ogni branca della medicina, sia nella ricerca di base che nella pratica quotidiana. La adeguata quantificazione della massa magra e della massa adiposa, dell'acqua corporea totale o intracellulare ed extracellulare, della massa cellulare, sono i presupposti indispensabili per il farmacologo che voglia misurare gli spazi di distribuzione di un farmaco, per il nutrizionista che voglia definire i fabbisogni nutrizionali ed energetici di particolari gruppi di soggetti, per il dietologo che voglia valutare l'effetto positivo o negativo di regimi dietetici, per il nefrologo o il cardiologo che vogliono riconoscere stati di disidratazione o di iperidratazione, per l'epidemiologo che voglia identificare le connessioni tra morbilità e costituzione corporea, per il medico sportivo che debba analizzare le modificazioni della massa muscolare in corso di attività fisica o dopo specifici programmi di allenamento. Si spiega quindi il cospicuo impegno di studio al fine di identificare e di validare formule di calcolo e strumenti di misura della composizione corporea. L'antropometria è il metodo più diffuso di valutazione della composizione corporea; è semplice, poco costoso, di rapida esecuzione, utile quindi in studi su vasti strati di popolazione e utilizzabile come riferimento dal medico in reparti ospedalieri o in ambulatori specialistici. Un vantaggio specifico dell'antropometria è rappresentato dalla possibilità di ottenere informazioni anche sulle diversità distrettuali di composizione corporea, in particolare della distribuzione del tessuto adiposo. Ma poiché frequentemente l'errore dei metodi antropometrici è superiore alle differenze delle misure che si vogliono rilevare, tali metodi possono essere non applicabili in studi su piccoli numeri di soggetti o in follow-up individuali.*

*All'estremo opposto stanno i metodi più sofisticati di studio di composizione corporea, quali la densitometria per pesata in acqua, la determinazione del  $K^{40}$ , la*

*tomografia assiale computerizzata, la densitometria a doppio raggio fotonico, l'attivazione neutronica, la risonanza magnetica nucleare. Queste tecniche, molto accurate, sono peraltro costosissime in termini di tempi di esecuzione e di costi di strumentazione e di esercizio, e sono quindi utilizzabili solo in istituti di ricerca o come metodi di validazione di tecniche più semplici.*

*Tra questi estremi vanno affermandosi tecniche ad un tempo sofisticate, poco costose e rapide, quali la impedenziometria, la conduttanza corporea o la diluizione dei traccianti. Tali tecniche permettono di valutare con precisione il contenuto di acqua del corpo umano e quindi di calcolarne la composizione. È comunque doveroso rammentare che manca un metodo di riferimento assoluto per validare anche le più sofisticate formule, che dalla misura dell'acqua risalgono alla composizione corporea. Chi lavora e lavorerà in questo campo dovrà valutare accuratamente ogni risultato ottenuto, tenendo in conto quanto meno le principali variabili che influenzano la composizione del corpo umano, quindi il sesso, l'età, lo stato nutrizionale, il diverso grado di sovrappeso, la distribuzione del tessuto adiposo, le condizioni fisiologiche e le malattie intercorrenti che influenzano lo stato di idratazione.*

*Nonostante le diverse e numerose limitazioni che ogni metodo presenta, gli studi di composizione corporea hanno avuto di recente una notevole espansione. Questo libro è una esauriente "review" per la definizione della composizione corporea e costituisce un valido testo sia di studio che di riferimento per la raccolta standardizzata di dati antropometrici.*

Prof. Giuliano Enzi

Cattedra di Geriatria  
Istituto di Medicina Interna  
Università di Padova

---

## Prefazione all'edizione italiana

*La valutazione della composizione corporea e dello stato nutrizionale è oggi da ritenersi un'indagine preliminare in campo biomedico.*

*Numerose tecniche, invasive e non invasive, sono disponibili al ricercatore e al medico per realizzare tale valutazione. Esse presentano una gamma di aspetti positivi e negativi per quanto concerne la facilità di esecuzione, i costi di attuazione e l'accuratezza delle misurazioni.*

*Questo manuale ci illustra, con rigosità scientifica, il metodo più diffuso, quello antropometrico, nella sua essenza di strumento di valutazione della composizione corporea e della distrettualità della massa grassa nonché di predittore clinico di*

*fattori di rischio associati a determinati stati di patologia.*

*Con gli Autori del manuale, condivido l'opinione che l'Antropometria è una tecnica destinata ad avere un successo sempre maggiore e che, se applicata correttamente, si affermerà come insostituibile strumento per quantificare, monitorare e testare correlazioni di indici di composizione corporea, funzionalità (biomorali, immunologici, ecc.) e nutrizionali sia nel soggetto sano che in quello patologico.*

*Sono grato alla Dietosystem - Ricerca e Tecnologia per il Benessere - che ha reso possibile la realizzazione di questo volume.*

Prof. Nino Carlo Battistini

*Cattedra di Fisiologia della Nutrizione  
Facoltà di Medicina e Chirurgia  
Università degli Studi di Modena*

## Prefazione

Questo manuale è concepito per essere utilizzato come riferimento per la misurazione di più di 40 dimensioni antropometriche. Il suo scopo è quello di offrire una serie standardizzata di procedure di misurazione che possano essere utilizzate da varie discipline: l'epidemiologia, la scienza dello sport, la biologia e la nutrizione umana, l'antropologia fisica, l'educazione fisica ed altre ancora.

A spingerci alla realizzazione di questo manuale è stata in primo luogo l'osservazione di differenti descrizioni date per una stessa dimensione antropometrica da differenti Autori e l'obiettiva difficoltà della comparazione dei risultati di studi che adottano diverse procedure di misurazione. Poiché molti sono i campi di applicazione dell'antropometria, nella stesura di questo manuale si è ritenuto importante ottenere il consenso di vari esperti su una serie standardizzata di misure, per la ricerca futura e le applicazioni cliniche dell'antropometria.

Questo progetto è stato proposto dal National Institute of Child Health and Human Development, dal National Institute of Arthritis, Diabetes, Digestive and Kidney Diseases, dal National Cancer Institute e da Ross Laboratories, Ohio. Tim Lohman ha stilato la proposta per il National Institute of Health e si è assunto l'incarico di organizzare la Conferenza e pianificare la sua realizzazione.

Per ogni dimensione antropometrica considerata, uno solo è il processo utilizzato per la sua inclusione e descrizione in questo manuale. Innanzitutto, Tim Lohman ha affidato ad un esperto del campo l'incarico di scrivere un articolo specifico considerando i riferimenti letterari e le precedenti descrizioni della dimensione studiata. Quindi, l'esperto ha formulato una procedura "consigliata" per le future misurazioni. Le procedure raccomandate sono state poi inviate a tutti i membri del comitato che

hanno espresso il loro giudizio e definito il grado del loro consenso con l'esperto, oltre a suggerire eventuali cambiamenti. I giudizi e le critiche sono stati poi raccolti e spediti all'autore dell'articolo per un eventuale studio o revisione. Gli articoli sono stati poi spediti a tutti i partecipanti prima che avesse luogo la Airlie Consensus Conference. Durante la conferenza gli articoli sono stati presentati e discussi ed ogni partecipante ha espresso il suo giudizio. I giudizi sono stati raccolti una seconda volta e spediti a Alex Roche che li ha poi prodotti in un formato comune. Le fotografie e le illustrazioni sono state completate all'University of Arizona e alla Wright State University sotto la supervisione di Tim Lohman. Un ringraziamento particolare va a Cheri Carswell e a Matt Hall che hanno posato per molte delle fotografie e a Michael Hewitt per la sua perizia di fotografo.

Questo manuale contiene anche sezioni dedicate ad "argomenti speciali" come: lato destro contro sinistro, errori di misurazione, ed una sezione sulle applicazioni. Questi articoli illustrano le molte applicazioni dell'antropometria nella ricerca in età pediatrica, anziana, negli individui obesi o portatori di handicap, nella nutrizione clinica, epidemiologia, antropologia fisica, medicina dello sport e malattia coronarica.

Il completamento di questo manuale è stato reso possibile da molte persone coinvolte nella pianificazione e sviluppo di questo progetto. Gli editori sono loro estremamente grati per il contributo a questo sforzo. Infine, noi tutti auspichiamo l'attento uso delle procedure di misurazione raccomandate perché gli sforzi fatti per produrre questo manuale portino ad una maggiore conoscenza dell'antropometria e delle sue applicazioni multidisciplinari.

---

# AIRLIE CONFERENCE COMMITTEE MEMBERS

## PLANNING CONFERENCE COMMITTEE

W. Callaway, MD  
 G. Harrison, PhD  
 F. Johnston, PhD  
 T. Lohman, PhD

R. Martorell, PhD  
 A. Roche, PhD, MD  
 J. Wilmore, PhD

## CONSENSUS CONFERENCE COMMITTEE

R. Andres MD  
 B. Bistriam, MD  
 G. Blackburn, PhD, MD  
 C. Bouchard, PhD  
 G. Bray, MD  
 E. Buskirk, PhD  
 C. Callaway, MD  
 L. Carter, PhD  
 C. Chumlea, PhD  
 W. DeWys, PhD  
 D. Drinkwater, PhD  
 P. Eveleth, PhD  
 R. Frisancho, PhD  
 C. Gordon, PhD  
 G. Grave, Md  
 S. Guo, PhD  
 G. Harrison, PhD  
 K. Handry, PhD  
 S. Heymsfield, MD  
 J. Himes, PhD, MPH  
 V. Hubbard, PhD, MD  
 A. Jackson, PhD  
 C. Johnson, MSPH  
 F. Johnston, PhD

T. Lohman, PhD  
 R. Malina, PhD  
 A. Martin, PhD  
 R. Martorell, PhD  
 M. Micozzi, MD, PhD  
 C. Mitchell, PhD, RD  
 W. Moore, MD  
 W. Mueller, PhD  
 R. Murphy, MSPH  
 G. Owen, MD  
 M. Pollock, PhD  
 A. Roche, PhD, MD, DSc  
 W. Ross, PhD  
 M. Rowland, PhD  
 V. Seefeldt, PhD  
 M. Steinbaugh, PhD, RD  
 F. Trowbridge, PhD  
 T. Van Itallie, MD  
 J. Wilmore, PhD  
 C. Woteki, PhD



SEZIONE PRIMA

---

MISURE E TECNICHE DI MISURAZIONE

# ANTHROPOMETRIC STANDARDIZATION REFERENCE MANUAL

## **Library of Congress Cataloging-in-Publication Data**

Anthropometric standardization reference manual.

Includes bibliographies.

I. Antropometry. I. Lohman, Timothy G., 1940- II. Roche, Alex F., 1921- III. Mortarell, Reynaldo, 1947-

GN51.A58 1988 573'.6 87-8623

ISBN 0-87322-121-4

Copyright © 1988 by Timothy G. Lohman, Alex F. Roche, and Reynaldo Martorell

# MANUALE DI RIFERIMENTO PER LA STANDARDIZZAZIONE ANTROPOMETRICA

Copyright (1992) EDRA srl Via Carlo Goldoni 77 - 20129 Milano

Tutti i diritti sono riservati.

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in qualsiasi forma o per qualsiasi motivo, elettronico o meccanico, comprese fotocopie senza il permesso scritto dell'Editore.

## Capitolo 1

# Statura, lunghezza supina e peso

Claire C. Gordon — William Cameron Chumlea— Alex F. Roche

### STATURA

#### TECNICA CONSIGLIATA

La statura viene misurata con lo stadiometro, uno strumento costituito da una tavola verticale incorporante un metro ed una orizzontale da portare a contatto con il punto più alto del capo (Figura 1); esso può essere fisso o portatile.



**Figura 1** Misurazione della statura con uno stadiometro (veduta frontale)

Al momento della misurazione il soggetto è scalzo o indossa calze leggere e pochi abiti cosicché l'operatore ne possa costantemente controllare la posizione. I piedi poggiano su di una superficie piana sistemata ad angolo retto rispetto alla tavola verticale dello stadiometro (Figura 2) ed il peso è egualmente distribuito su di essi. La testa si trova nel

piano orizzontale di Francoforte; le braccia pendono liberamente ai lati del tronco con il palmo delle mani rivolto verso le coscine; i calcagni, uniti, poggiano contro il basamento della tavola verticale ed i margini mediali dei piedi formano un angolo di circa 60°. Se il soggetto presenta ginocchia valghe, ci si deve assicurare che esse non si sovrappongano. Le scapole e le natiche devono essere in contat-



**Figura 2** Misurazione della statura con uno stadiometro (veduta laterale)

to con la tavola verticale. In quei soggetti in cui non sia possibile mantenere sullo stesso piano verticale ginocchia, natiche, scapole e parte posteriore del cranio senza compromettere la posizione naturale del corpo si dovrà procedere ad un posizionamento delle sole natiche, ginocchia o parte posteriore del cranio contro la tavola. Si chiede al

soggetto di fare un'inspirazione profonda mentre mantiene la posizione eretta. Si porta quindi la barra mobile dello stadiometro in corrispondenza del punto più alto del capo esercitando una pressione sufficiente a comprimere i capelli. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm e si annota l'ora del giorno in cui la si è effettuata.

La lunghezza supina è misurata al posto della statura in soggetti di età inferiore ai 2 anni. Nel soggetto di età compresa tra 2 e 3 anni si potrà scegliere se misurare la lunghezza supina o la statura. Nello stesso range di età è opportuno effettuare la misura in duplicato. Un operatore si assicura che le ginocchia e i calcagni del bambino poggino contro la tavola verticale e, ponendogli una mano sul capo, ne previene il sollevamento sulle ginocchia; un secondo operatore abbassa la tavola orizzontale ed effettua la misurazione. In presenza di anisomelia (differente lunghezza) degli arti inferiori, si provvederà ad alzare quello più corto con tavolette di legno, opportunamente graduate, fino a quando la pelvi non avrà raggiunto il suo livello "anatomico", rappresentato da una linea perpendicolare alla colonna vertebrale, congiungente le due creste iliache. Naturalmente, si annota l'altezza "aggiunta" con le tavolette, in quanto essa influenza la relazione peso-statura.

#### FINALITÀ

La statura è uno dei principali indici della taglia corporea e della lunghezza ossea. È importante nella valutazione dello stato nutrizionale e necessaria per una corretta interpretazione del peso corporeo. Quando la statura non può essere misurata, si può sostituirla con la lunghezza supina ma, a seconda delle finalità dello studio, potrebbero rendersi necessarie correzioni per via delle differenze sistematiche esistenti tra queste due variabili, peraltro altamente correlate (Roche & Davila, 1974).

L'arm-span può essere usato al posto della statura quando questa non può essere misurata e la misura della lunghezza supina non è ritenuta pratica. (L'arm-span è descritto nel Capitolo 2). La statura può essere inoltre calcolata dall'altezza del ginocchio, con i metodi della "Antropometria recombente" descritti nel Capitolo 8.

#### LETTERATURA

La statura può essere misurata con un antropometro fisso o portatile. Un antropometro consta di un'asta verticale graduata e di una mobile da appoggiare sulla testa del soggetto. Lo strumento può essere fissato ad una parete od usato senza supporto; in ogni caso ci si deve accertare che l'asta verticale sia correttamente allineata (vedi Figure



**Figura 3** Misura della statura con un'antropometro portatile (veduta laterale)

3, 4 e 5; Hertzberg et al. 1963). Da osservare che il valore registrato tende ad essere più piccolo con l'antropometro mobile piuttosto che con lo stadiometro (Damon, 1964). L'uso di un apparecchio che consenta la misurazione della statura col soggetto in piedi su una bilancia basculabile è sconsigliabile.

Raccomandiamo inoltre di non effettuare la misurazione contro una parete e comunque, se proprio non vi è altra possibilità, di sceglierne una senza battiscopa e di accertarsi che il soggetto non poggi



**Figura 4** Misura della statura con un'antropometro portatile (veduta laterale)

con i piedi su di un tappeto o altra struttura che lo sollevi da terra. Alcuni operatori non chiedono al soggetto di assumere una posizione la più vicina possibile a quella consigliata, sforzandosi di farlo con uno "stiramento" del corpo, e ciò comporta una minore riproducibilità della posizione oltre ad una minore precisione della tecnica rispetto a quella consigliata. Altri operatori chiedono al soggetto di assumere una posizione di tipo "militare" ma essa è inappropriata per il bambino e per l'anziano.



**Figura 5** Misura della statura con un'antropometro portatile (veduta frontale)

Una tecnica alternativa di misurazione della statura viene descritta qui di seguito. Un operatore esercita con le mani una leggera pressione in corrispondenza dei processi mastoidei del soggetto per assicurarsi che la testa resti allo stesso livello raggiunto con l'inspirazione profonda. Un secondo operatore abbassa l'asta di misurazione ed un terzo annota il valore (Weiner & Lourie, 1981). La praticità di questa tecnica è inficiata dal numero degli operatori che richiede, ma la variazione diurna staturale appare con essa ridotta (Whitehouse et al., 1974). Alcuni operatori sistemano la testa in modo da farle assumere una posizione "normale", con lo sguardo fisso in avanti, ma questo metodo è meno preciso di quello che prevede la considerazione del piano orizzontale di Francoforte. Altri operatori fanno oscillare la testa avanti e indietro e registrano il massimo valore ottenuto. Quest'ultima procedura è di difficile applicazione se il paziente trattiene il respiro dopo una profonda inspirazione.

È inoltre pratica comune il sistemare i calcagni del soggetto l'uno contro l'altro ma l'angolo formato dai margini mediali dei piedi è variabile da studio a studio. Se i bordi dei piedi sono paralleli, o prossimi al parallelismo, molti bambini e alcuni adulti obesi non saranno in grado di mantenere la posizione eretta.

#### AFFIDABILITÀ

Le differenze tra misure operate in campioni estesi nel Fels Longitudinal Study sono le seguenti:

$M = 2.4$  mm ( $ds = 2.1$  mm) da 5 a 10 anni;

$M = 2.0$  mm ( $ds = 1.9$  mm);

$M = 2.3$  mm ( $ds = 2.4$  mm) da 15 a 20 anni;

$M = 1.4$  mm ( $ds = 1.5$  mm) da 20 a 55 anni;

$M = 2.1$  mm ( $ds = 2.1$  mm) da 54 a 85 anni (Chumlea & Roche, 1979).

#### FONTE BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Demirjian, 1980

Demirjian et al., 1972

Hamill et al., 1977, 1979

Kondo & Eto, 1975

Wilson, 1979

##### Adulti

Abraham et al., 1979

National Aeronautics & Space Administration, 1978

## LUNGHEZZA SUPINA

#### TECNICA CONSIGLIATA

La sua misurazione richiede due operatori. Il soggetto giace supino sull'apposita tavola di misura-



**Figura 6** Posizione supina per la misurazione della lunghezza da sdraiato

zione: il piano orizzontale di Francoforte è perpendicolare a quello di appoggio della tavola; le spalle e le natiche poggiano contro di questa; le spalle e i fianchi formano un angolo retto con l'asse longitudinale del corpo; le gambe sono estese e sono anch'esse in contatto con la tavola; le braccia sono appoggiate ai lati del tronco. L'operatore che sistema la testa del soggetto deve posizionarsi all'estremità della tavola e assicurarsi che questi non cambi posizione fino a misurazione ultimata.

Il secondo operatore pone una mano sulle ginocchia del soggetto per assicurarsi che esse restino in contatto con la tavola. Applica quindi una forte pressione con la mano libera per portare la tavola mobile in contatto con i calcagni (Figura 7). La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



Figura 7 Misurazione della lunghezza supina

#### FINALITÀ

La lunghezza supina è generalmente misurata in soggetti incapaci di mantenere la posizione eretta o la cui statura potrebbe risultare spuria. La lunghezza supina è un'importante misura della lunghezza totale scheletrica nella prima e seconda infanzia. Le tabelle di comparazione della lunghezza supina compilate dal National Center for Health Statistics coprono il range di età tra 0 e 3 anni.

#### LETTERATURA

La lunghezza supina è misurata solitamente nel bambino ma non nell'adulto o nell'anziano; di conseguenza essa è spesso trascurata dai testi di antropometria (Olivier, 1969).

La tavola di misurazione della lunghezza supina dovrebbe presentare una tavoletta fissa per la testa ed una mobile per i piedi, ciascuna perpendicolare alla superficie della tavola, il metro essendo situato su uno od entrambi i lati di questa con lo zero in corrispondenza della linea di giunzione tra la tavola principale e la tavoletta poggia-capo (Moore & Roche, 1983).

Vi sono soltanto piccole differenze tra le tecniche di misurazione riportate in letteratura (Cameron, 1984; Moore and Roche, 1983; Snyder et al. 1975; Snyder et al., 1977; Weiner and Lourie, 1981).

Per un'accurata misurazione della lunghezza supina il capo deve poggiare saldamente contro la tavoletta apposita ed il corpo essere mantenuto su di una stessa linea con le gambe estese e le piante dei piedi in posizione verticale.

Se il soggetto, perché in tenera età, non è collaborante, l'operatore provvederà con la gentilezza del caso a limitarne i movimenti e a fargli mantenere la posizione adeguata. Non vi è bisogno di dire che quanto più un neonato o un bambino si allontana dalla posizione richiesta, tanto meno precisa e affidabile è la misura.

#### AFFIDABILITÀ

L'affidabilità della lunghezza supina è buona. Tuttavia, poiché la lunghezza supina è misurata in neonati e bambini piccoli, alcuni dei quali non cooperanti, la sua affidabilità aumenta con l'aumentare dell'età del soggetto.

La variabilità tra una misura ed un'altra è, in particolare, influenzata dall'entità della pressione esercitata dall'operatore sulla tavoletta scorrevole. La pressione esercitata dovrebbe essere tale da produrre una compressione dei tessuti molli del piede senza indurre variazioni dell'altezza della colonna vertebrale (Cameron, 1984). Nel Fels Longitudinal Study l'errore assoluto rilevato tra le singole misure della lunghezza supina, in soggetti in età compresa tra gli 0 e i 6 anni, è stato di 0.28 cm (Chumlea & Roche, 1979).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Roche & Malina, 1983  
Snyder et al., 1975, 1977

##### *Adulti*

Roche & Malina, 1983  
Hamill et al., 1977, 1979  
Snyder et al., 1977

#### PESO

##### TECNICA CONSIGLIATA

Il peso del lattante viene rilevato con l'apposita bilancia, costituita da un piatto di sostegno (poggia-persona) e da una barra con pesi mobili. Il poggia-persona deve essere lungo almeno 100 cm così da potere contenere anche un bambino di due anni la

cui lunghezza supina si collochi al 95° percentile. La bilancia viene calibrata nel seguente modo: una coperta viene poggiata su di essa ed il peso registrato fatto corrispondere allo zero; si aggiungono quindi oggetti di peso noto per la calibrazione nell'arco delle misure possibili. La calibrazione va effettuata almeno una volta al mese e ogni volta che la bilancia viene spostata.

Una procedura analoga viene utilizzata per la calibrazione della bilancia per individui di età maggiore. Quando la bilancia non viene utilizzata, il dispositivo di regolazione dei pesi deve essere bloccato o, perlomeno, i pesi devono essere portati in corrispondenza dello zero per evitare l'usura dello strumento.

Il bambino, con o senza pannolino, viene adagiato sulla bilancia in modo che il suo peso sia egualmente distribuito sui lati del poggia-persona (Figura 8). Il peso rilevato viene approssimato ai più vicini 10 g.



**Figura 8** Lattante in posizione per la misurazione del peso

Quanto più collaborante è il bambino, tanto più precisa è la misura.

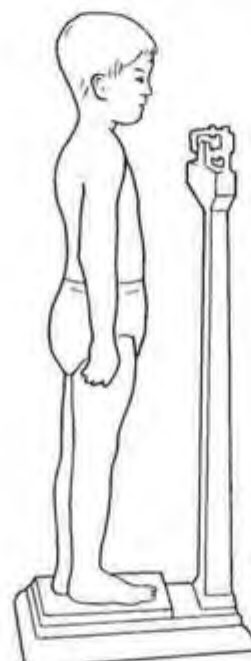
In caso di soggetto non collaborante la pazienza dell'operatore sarà determinante ai fini di una buona misurazione. Quando il bambino è irrequieto, si potrebbe pensare di pesare la madre con in braccio il bambino e sottrarre al peso registrato quello della madre. Non vi è bisogno di dire che questa tecnica è poco affidabile, almeno in parte per il fatto che il peso della madre viene approssimato ai più vicini 100 g. La cosa migliore è dunque rimandare la misurazione e ritentare in seguito. La misurazione deve essere effettuata in triplicato ed il valore me-

dio delle tre misure essere assunto come quello reale. Se il bambino indossa il pannolino, il peso di questo deve essere sottratto da quello rilevato.

In ambito clinico si è soliti affiancare alla definizione numerica del peso la sua rappresentazione grafica (tabelle di accrescimento). Il grafico del peso deve essere realizzato in presenza del soggetto: in questo modo si potranno infatti notare eventuali irregolarità nella serie dei dati rilevati o tra i percentili di variabili altamente correlate tra loro.

La misurazione del peso del soggetto capace di mantenere la posizione eretta viene effettuata con l'apposita bilancia dotata di barra a pesi mobili, la cui graduazione deve risultare visibile da entrambi i lati (Figura 9).

L'operatore si pone dietro alla bilancia in modo da



**Figura 9** Posizione del soggetto per la misurazione del peso

avere di fronte il soggetto e soltanto in questa posizione effettua la misurazione. Il soggetto indossa abiti leggeri ma non scarpe, calzoncini lunghi e maglie pesanti; i suoi piedi sono posizionati al centro della piattaforma ed il peso è egualmente distribuito su di essi. È opportuno standardizzare il vestiario ricorrendo, ad esempio, a vestiti di carta, il cui peso non verrà peraltro sottratto da quello rilevato quando si utilizzeranno i dati di riferimento. Il peso viene registrato ai più vicini 100 g.

Soggetti portatori di handicap che non consentano loro il mantenimento senza supporto della posizione eretta, potranno essere pesati con una bilancia

a sedia o a letto. (V. Capitolo 12)

Se il peso di un soggetto eccede quello massimo che la bilancia è in grado di registrare, l'operatore potrà sospendere un peso sulla fine della sbarra di scorrimento e quantificherà il peso richiesto per portare a zero la scala in assenza di peso sulla piattaforma. Questo peso viene poi aggiunto a quello misurato in precedenza per avere quello effettivo.

In quegli studi il cui obiettivo sia quello di registrare variazioni ponderali a breve distanza di tempo, le misure dovranno essere effettuate ad intervalli di tempo standardizzati in relazione all'ingestione di cibo, alla minzione e defecazione, ma in generale ciò non è necessario.

#### FINALITÀ

Il peso è la variabile antropometrica più comunemente rilevata e l'accuratezza della sua misurazione è in generale buona. L'accuratezza è peraltro funzione del rispetto della tecnica di rilevamento da parte dell'operatore.

In realtà il "peso" è più una misura di massa che altro, ma il termine "peso" è ormai invalso per indicare questa misura e difficilmente entrerà in disuso.

Il peso è una misura composita della taglia corporea totale. È importante nello screening di crescita patologiche, obesità, magrezza e denutrizione.

#### LETTERATURA

Vi è accordo generale nel misurare il peso con bilance a pesi mobili e a piattaforma nei soggetti in età infantile. L'uso delle bilance a molla è in generale da evitare, anche a dispetto della loro estrema portabilità, eccetto che in quelle condizioni in cui non vi sia davvero altra pratica alternativa.

Sono oggi peraltro disponibili bilance elettroniche più leggere di quelle con pesi mobili ed in grado di rimpiazzarle. Bilance che registrano automaticamente e stampano il peso sono pure disponibili ma costose.

La scala delle bilance tradizionali deve essere posizionata in modo tale che l'operatore possa starvi dietro mantenendosi frontalmente al soggetto.

Le bilance dotate di ruote non sono consigliate per il semplice motivo che esse necessiterebbero di calibrazione ogni volta che vengano spostate!

Il peso viene misurato meglio a corpo nudo che vestito. Se ciò è comunque possibile nel soggetto in età pediatrica (Moore & Roche, 1954), così non sarà ovviamente in quello in età maggiore (Tuddenham and Snyder, 1954). L'uso di un vestito di carta standardizzato (Hamil et al., 1970) deve essere comunque preferito a quello di un vestito leggero (Van Wieringen et al., 1972).

Il peso di un bambino presenta variazioni diurne di circa 1 Kg/die e quello di un adulto di circa 2 Kg/die. Perciò è necessario registrare sempre l'ora del giorno in cui la misurazione è stata effettuata (Krogman, 1950; Summer & Whitacre, 1931). In genere non è utile effettuare le misurazioni ad un'ora fissa del giorno ma non sarà comunque difficile effettuarle in un ristretto arco di tempo.

#### AFFIDABILITÀ

Le differenze interoperatore rilevate nel corso del Fels Longitudinal Study sono le seguenti:

$M = 1.2 \text{ g}$  ( $ds = 3.2 \text{ g}$ ) da 5 a 10 anni;

$M = 1.5 \text{ g}$  ( $ds = 3.6 \text{ g}$ ) da 10 a 15 anni;

$M = 1.7 \text{ g}$  ( $ds = 3.8 \text{ g}$ ) da 15 a 20 anni

ed  $M = 1.5 \text{ g}$  ( $ds = 3.6 \text{ g}$ ) negli adulti

(Chumlea and Roche, 1979). Nel corso dell'Health Examination Survey curato dal National Center for Health Statistics, l'errore tecnico inter- ed intra-operatore rilevato ammontò a circa 1.2 Kg per misure ripetute a due settimane di distanza. Circa il 10% dell'errore rilevato sarebbe da ascrivere alla crescita dei soggetti avvenuta nel frattempo.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Hamil et al., 1977, 1979

##### *Adulti*

Abraham et al., 1979



## Capitolo 2

# Lunghezze segmentali scheletriche

Alan D. Martin — J.E. Lindsay Carter — Keith C. Hendy — Robert M. Malina

### LUNGHEZZA DEI SEGMENTI

#### FINALITÀ

La statura è una dimensione che integra le lunghezze di singoli segmenti corporei: arti inferiori, tronco, collo e testa. Le lunghezze segmentali, oltre a fornire informazioni sul contributo dei vari segmenti corporei alla definizione della taglia corporea totale, sono utili per la comprensione dei meccanismi di crescita. Quanto al loro significato clinico, si osservi in particolare l'importanza diagnostica delle lunghezze segmentali — e quella dei loro rapporti — in quelle sindromi dismorfiche caratterizzate da una crescita sproporzionata degli arti o limitata ad alcuni segmenti corporei (Robinson & Chumlea, 1982; Smith, 1986). La considerazione delle lunghezze segmentali è inoltre preliminare alla progettazione di abbigliamento di uso comune e speciale, come quello aerospaziale. L'antropometria applicata all'ergonomia utilizza un insieme più esteso di variabili antropometriche, a misurazione sia statica che dinamica, la cui trattazione va oltre gli scopi di questo manuale. (Damon et al., 1966; Garrett & Kennedy, 1971; Hertzberg et al., 1963; Malina et al., 1973; Martin, 1954; Roche & Malina, 1983; Snyder et al., 1977).

In questo capitolo vengono considerati i campi di applicazione e le tecniche di misurazione delle lunghezze segmentali.

Si osservi fin d'ora come le lunghezze segmentali vengano più frequentemente rilevate come distanze tra specifici punti ossei di riferimento e come distanze verticali tra una superficie piana ed un punto di riferimento osseo.

#### CONFRONTO TRA MISURE DIRETTE E INDIRETTE

Di un segmento corporeo può essere misurata l'altezza o la lunghezza.

La prima corrisponde alla distanza verticale tracciata tra la superficie di appoggio del soggetto (in piedi o seduto) ed un particolare punto di repere osseo; la seconda è data dalla differenza tra le altezze di due punti di repere anatomico. Ad esempio, la differenza tra l'altezza acromiale e quella radiale corrisponde alla lunghezza del braccio (il repere acromiale è il punto più alto del margine laterale dell'acromion, quello radiale è il punto più prossimale della testa del radio); mentre, la differenza tra l'altezza a soggetto in posizione ortostatica e quella soprasternale esprime l'altezza del complesso collo-testa (il repere soprasternale è il punto più alto del manubrio sternale sulla linea emisternale).

La lunghezza può essere misurata sull'asse longitudinale del segmento come distanza tra determinati punti di repere anatomico. Di regola, la lunghezza segmentale misurata in maniera diretta, ovvero come distanza tra punti di confine anatomico, è maggiore di quella ottenuta in maniera indiretta, ovvero come differenza tra una coppia di altezze. La misura di una lunghezza segmentale ottenuta in quest'ultimo modo è anche detta "di proiezione" o "proiettiva".

L'altezza segmentale è espressa da una linea perpendicolare tracciata tra punti di confine anatomico. Questi punti sono in genere ossei, per quanto l'osso da essi definito abbia spesso un orientamento leggermente obliquo (Wilder, 1920).

La posizione del soggetto e gli errori di misurazione sono variabili importanti nella misurazione delle lunghezze segmentali. Molti soggetti, in particolare bambini ed anziani, hanno problemi a

mantenere la posizione eretta standard (vedi sezione successiva) per tutto il periodo richiesto dalla misurazione di una serie di altezze segmentali. Inoltre, poiché il rilievo proiettivo di una lunghezza segmentale richiede due misurazioni, con esso aumenta la probabilità di errore associato alla misurazione.

#### POSIZIONE DEL SOGGETTO

Molte lunghezze segmentali vengono misurate con il soggetto in *posizione eretta standard*, ovvero in posizione ortostatica, con i calcagni in contatto tra loro e le braccia pendenti ai lati del tronco. Alcuni Autori orientano la testa secondo il Piano orizzontale di Francoforte (Cameron, 1978; Krogman, 1950); altri la sistemano avendo cura che l'asse visivo sia parallelo alla superficie di appoggio (Hrdlicka, 1939; Montagu, 1960); altri ancora in modo che il piano della visuale sia orizzontale. Gli ultimi due modi di posizionare il capo ricalcano comunque quello del Piano orizzontale di Francoforte. Alcuni Autori assumono la "postura militare" come la posizione eretta standard (Montagu, 1960; Wilder, 1920). Il soggetto è in questo caso in posizione di "attenti": le spalle sono rilassate, il torace è proiettato in avanti ed il palmo delle mani è rivolto anteriormente. Il corretto posizionamento delle estremità superiori è fondamentale nella misurazione delle lunghezze segmentali. Nella posizione standard gli arti superiori pendono ai lati del tronco ed il palmo delle mani guarda medialmente.

La misura di alcune lunghezze segmentali viene peraltro effettuata con il soggetto in posizione seduta: è questo il caso, ad esempio, dell'altezza da seduto. Quando si effettuano misurazioni su di un soggetto seduto, la sua testa deve essere orientata secondo il Piano orizzontale di Francoforte e le cosce devono essere allineate orizzontalmente al piano di appoggio. In genere le gambe sono lasciate libere di pendere dal margine della superficie su cui siede il soggetto. Comunque, alcune tavole di misurazione sono dotate di una superficie di appoggio regolabile per i piedi (vedi oltre, Altezza da seduto).

#### SUGGERIMENTI E LETTERATURA

Non vi è bisogno di insistere sul fatto che la scelta di determinate misure segmentali dipende dagli obiettivi che uno studio si prefigge (ogni variabile antropometrica apporta una particolare informazione) e sulla considerazione che nessuna singola batteria di misure segmentali soddisferà le esigenze diverse di studi diversi. La misura diretta di una lunghezza segmentale è da preferirsi, quando possibile, a quella indiretta o "di proiezione".

Nonostante i punti di riferimento siano entità anatomiche, alcuni sono difficili da localizzare. Alcuni dei punti ossei possono essere ancora non ossificati in giovane età e in loro vece essere presenti cartilagini di difficile palpazione. In generale, per la definizione di una lunghezza segmentale, lo studio radiografico è da preferirsi a quello antropometrico in soggetti in età inferiore ai 10 anni. Le limitazioni dell'approccio radiologico al problema sono rappresentate dalle radiazioni cui il soggetto viene ad essere esposto, dai problemi tecnici di correzione della distorsione ed amplificazione del segnale, dalla posizione che il soggetto deve assumere e dal costo della procedura.

#### ARTI SUPERIORI

Le lunghezze segmentali degli arti superiori dovrebbero essere misurate, con il soggetto in posizione eretta, come distanze tra determinati punti di repere:

- Lunghezza totale: dall'acromiale al dactylion.
- Braccio: dall'acromiale all'olecranon.
- Avambraccio: dal radiale allo stylium.
- Braccio ed avambraccio: dall'acromiale allo stylium.
- Mano: dallo stylium al dactylion.

Il dactylion è il punto più distale del dito medio con l'esclusione dell'unghia; lo stylium è il punto più distale sul margine laterale del processo stiloideo del radio.

Valk (1971, 1972) ha descritto un'apparecchio di misurazione della lunghezza ulnare che si rivela utile nello studio della crescita dei segmenti ossei per intervalli di tempo compresi tra 1 e 3 settimane. Esso è di ausilio clinico ogni qualvolta si renda indispensabile il monitoraggio di una crescita a breve termine, come in corso di terapia ormonale. Una volta che avambraccio e mano sono stati fissati all'apparecchio, la lunghezza ulnare viene misurata tra l'olecrano e la linea che separa l'osso piramidale e il processo stiloideo dell'ulna.

#### ARTI INFERIORI

La misura della lunghezza dell'arto inferiore e dei segmenti che lo costituiscono non è così chiaramente definita come quella dell'arto superiore.

La lunghezza della coscia corrisponde alla distanza tra il ligamento inguinale e la patella; quella del polpaccio alla distanza tra il tibiale (il punto più alto sul margine mediale del condilo mediale della tibia) e lo sphyrion (il punto più basso sul malleolo mediale), a soggetto seduto e con caviglia poggiante sul ginocchio opposto (Cameron, 1978); quella del piede, alla massima distanza tra l'acropodion

(il punto più posteriore del piede) e il pterion (estremità distale del dito del piede a maggiore proiezione anteriore) (Montagu, 1960; Wilder, 1920; Oliver, 1969; Cameron, 1978).

La differenza tra la statura e l'altezza da seduto viene spesso fatta corrispondere all'altezza dell'arto inferiore (altezza subschiatica).

Altri punti di repere per la stima della lunghezza dell'arto inferiore sono rappresentati dall'altezza del symphysis, da quella ileospinale e da quella trocanterica. Il symphysis è il punto più alto sulla linea mediana dell'arcata pubica, l'ileospinale quello più anteriore sulla spina iliaca anterosuperiore e il trocanterico quello più superiore sul grande trocantere. Questi tre punti non sono facili da localizzare e nessuno di essi è allineato con la testa del femore. La media dell'altezza del symphysis e di quella ileospinale viene talora utilizzata per definire il repere inguinale, "che (confermato dalla dissezione anatomica) corrisponde alla testa del femore, o è situato poco più in alto di essa" (Krogman, 1970, p. 9). Essa è più abitualmente misurata quale proiezione della differenza tra le altezze ileospinale e tibiale, per quanto sia stata pure "proiettata" quale differenza tra l'altezza inguinale e tibiale (Krogman, 1970).

Valk et al. (1983a, 1983b) hanno descritto un apparecchio di misurazione della lunghezza della gamba che, come già quello per la lunghezza ulnare, si rivela utile nello studio a breve termine della crescita segmentale. La lunghezza della gamba è misurata quale distanza massima tra la superficie di misurazione e lo sgabello poggia-piedi a paziente seduto. Per la sua misurazione è richiesta una sedia regolabile che sistemi coscia e gamba del soggetto in rapporto per un angolo inferiore a 90° e consenta movimenti mediolaterali ed anteroposteriori del ginocchio. La prima risoluzione consente alla superficie di misurazione di toccare il ginocchio invece della gamba, la seconda consente movimenti del ginocchio finalizzati al raggiungimento della massima distanza.

L'altezza da seduto assomma quelle di tronco, collo e capo (vedi alla sezione Altezza da seduto). Essa è spesso utilizzata come misura della lunghezza del distretto superiore del corpo.

Naturalmente, è possibile misurare singolarmente i segmenti che nel loro insieme definiscono l'altezza da seduto. L'altezza cervicale e l'altezza soprasternale da seduto vengono talora utilizzate per la stima della lunghezza del tronco esclusi collo e testa, mentre l'altezza da seduto del tragion viene utilizzata per la stima dell'altezza del tronco con l'inclusione del collo (Wilder, 1920). (Il tragion è il punto più profondo

dell'incisione situata appena al di sopra del trago). La differenza tra l'altezza da seduto e quella soprasternale da seduto corrisponde all'altezza del complesso testa-collo (Montagu, 1960). In posizione eretta, la differenza tra l'altezza soprasternale e quella del symphysis è talora utilizzata per la proiezione della lunghezza anteriore del tronco (Krogman, 1970; Olivier, 1969).

Alcuni Autori reputano di maggiore rilevanza clinica le altezze dei segmenti superiori ed inferiori del corpo che non l'altezza da seduto (Engelbach, 1932; Smith, 1976).

L'altezza del symphysis è l'usuale misura clinica dell'arto inferiore e la differenza tra la statura e tale altezza ci offre la misura indiretta della lunghezza del segmento superiore del corpo. Le difficoltà connesse alla misurazione dell'altezza del symphysis sono note da tempo. Engelbach (1932) raccomanda di misurare l'altezza sia del segmento superiore che di quello inferiore con il soggetto in posizione supina.

Per quanto non costituisca di per sé una misura segmentale, l'arm-span, che include gli arti superiori e lo spazio che s'interpone tra le spalle, assume rilevanza clinica quando la statura o l'altezza da seduto non possono essere misurate (vedi alla sezione sull'Arm-span).

Molte lunghezze segmentali vengono utilizzate in forma di rapporti, il più comune essendo quello tra altezza da seduto e statura. Come per le singole lunghezze segmentali, la scelta del rapporto da considerare dipende dalle finalità dello studio.

## ALTEZZA DA SEDUTO

### TECNICA CONSIGLIATA

Per la sua misurazione sono richiesti una tavola, un antropometro ed un piano di appoggio per l'antropometro.

La tavola dovrebbe essere alta a sufficienza da consentire alle gambe del soggetto di pendere liberamente dal suo margine. Il soggetto siede sulla tavola con le gambe prive di supporto e penzolanti; le mani poggiano sulle cosce (Figura 1). La posizione seduta è comunque la più eretta possibile e la testa è nel Piano orizzontale di Francoforte.

Il corretto posizionamento del soggetto è facilitato se l'operatore gli si avvicina dal lato sinistro ed esercita con la mano destra una leggera pressione a livello lombare e con la sinistra in corrispondenza della parte superiore dello sterno. Infine, una leggera trazione verso l'alto dei processi mastoidei, assicurerà il raggiungimento della posizione "pienamente" eretta da seduto.

L'estremità inferiore dell'antropometro viene fissata alla base d'appoggio e lo strumento posizionato, posteriormente al soggetto, sulla linea me-



**Figura 1** Misurazione dell'altezza da seduto (veduta frontale)

diana, avendo cura che esso non venga in contatto con le regioni sacrali ed interscapolari. L'operatore effettua la misurazione sistemandosi al lato sinistro del soggetto. Pone quindi la mano sinistra sotto il mento di quest'ultimo, per favorire il mantenimento della corretta posizione, e con



**Figura 2** Misurazione dell'altezza da seduto (veduta laterale)

la mano destra porta la barra dell'antropometro sul vertex, il punto più alto del capo (Figura 2). Quando soggetto ed operatore sono nella corretta posizione, il primo viene invitato a fare una profonda inspirazione e la misurazione viene effettuata un attimo prima della espirazione.

È opportuna l'applicazione di una pressione sufficiente a comprimere i capelli. L'operatore dovrebbe avere cura di evitare errori di parallasse; a tal fine sarà talvolta necessario ch'esso salga su di uno sgabello. Una volta rilevata, la misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm. È fondamentale che l'operatore controlli sia la posizione del soggetto che quella dell'antropometro assicurandosi, in quest'ultimo caso, che la barra orizzontale dello strumento poggi effettivamente sul punto più alto nel piano sagittale.

Si osservi che l'applicazione di una pressione eccessiva alla barra orizzontale dello strumento ne comporterà uno slittamento laterale.

L'operatore deve verificare che le mani del soggetto poggino, a braccia rilassate, sulle ginocchia. Infatti, se le mani fossero sulla tavola e le braccia estese, il soggetto finirebbe con l'alzarsi, anche se di poco, dal piano della tavola e la misura ne risulterebbe falsata.

#### FINALITÀ

L'altezza da seduto è la distanza tra il vertex e la superficie sulla quale siede il soggetto. Questa misura include l'altezza del tronco, del collo e della testa. Quando il soggetto è seduto, il peso del corpo è distribuito sulle ossa ischiatiche, cosicché le estremità inferiori contribuiscono poco alla misura. L'altezza da seduto non deve essere misurata con il soggetto a gambe estese sul pavimento o su una qualsiasi altra superficie piana.

La differenza tra la statura e l'altezza da seduto fornisce una stima dell'estremità inferiore del corpo o altezza subischiatrica (vedi considerazioni generali sulle lunghezze segmentali).

La lunghezza testa-glutei (discussa più in dettaglio nella prossima sezione) corrisponde all'altezza da seduto e si misura tra i 2 ed i 3 anni di età. Il rapporto tra l'altezza da seduto e la statura (Indice di Cormic) e quello tra la lunghezza testa-glutei e la lunghezza supina nei primi 2 o 3 anni di vita, è più alto nell'infanzia e diminuisce durante l'accrescimento. Normalmente, i valori più bassi si riscontrano nella prima pubertà in relazione alla crescita più precoce degli arti inferiori rispetto al tronco. Il rapporto presenta inoltre variazioni etnico-razziali: esso è basso nella popolazione nera, intermedio in quella bianca e alto in quella asiatica.

**LETTERATURA**

L'altezza da seduto può essere misurata con una apposita strumentazione o applicando le procedure di misurazione della statura con opportune modifiche. Per la sua misurazione è disponibile un'apposita tavola (Cameron, 1978): essa è equipaggiata di un poggia-piedi regolabile che impedisce alle gambe di pendere liberamente, di un blocco posteriore mobile da porre in contatto con i glutei e di una tavola poggiatesta orizzontale mobile. La posizione del soggetto è quella già descritta, con l'eccezione delle gambe che sono sostenute dal ferma-piedi in modo che le coscie siano orizzontali.

I risultati di questa metodica sono sovrapponibili a quelli della tecnica standard, ma quest'ultima è utilizzata più frequentemente.

La tecnica applicata al Fels Research Institute (Hrdlicka, 1939; Roche & Chumlea, comunicazione personale, 1985) prevede l'utilizzo di una scatola rettangolare (50x40x30 cm) posta davanti allo stadiometro, da utilizzare come superficie su cui fare sedere il soggetto. Quando il soggetto è nella corretta posizione, la barra orizzontale dello stadiometro gli viene abbassata sul capo e si effettua la lettura della statura. Successivamente, l'altezza della scatola (50 cm), viene sottratta alla misura per avere l'altezza da seduto. La scatola non dovrebbe essere tanto bassa da impedire alle coscie di essere orizzontali (Hrdlicka, 1939).

L'altezza da seduto è stata misurata anche in posizione supina. In questo caso deve essere utilizzata una tavola speciale ma la tecnica di misurazione è la stessa della posizione eretta (Snyder et al., 1977). Come ci si aspetta, l'altezza da seduto misurata in posizione supina è maggiore di quella misurata da seduto, ma essa si avvicina maggiormente alla lunghezza testa-glutei.

**AFFIDABILITÀ**

L'errore tecnico di misurazione per l'altezza da seduto registrato nel corso dell'U.S. Examination Survey of Youth, in bambini tra i 12 ed i 17 anni di età, è stato di 0.5 e 0.7 cm per le misure effettuate, rispettivamente, da uno stesso e da differenti operatori. In quello stesso studio le differenze medie intra- ed inter-operatore sono state rispettivamente di 0.4 e 0.7 cm (Malina et al., 1974).

L'errore tecnico medio interoperatore registrato nel corso di cinque studi condotti dall'University of Texas ad Austin, su un campione di bambini di differenti etnie in età scolare, oscillò tra 0.1 e 0.7 cm, mentre l'errore tecnico interoperatore in un altro studio è stato di 0.4 cm (Malina, 1986). Gli errori tecnici maggiori sono occorsi in quegli studi in cui le misure sono state ripetute ad un mese circa di

distanza (0.6 e 0.7 cm), quelli minori in quegli studi in cui le misure sono state replicate lo stesso giorno (da 0.1 a 0.3 cm).

**FONTI BIBLIOGRAFICHE***Bambini*

Hamill et al., 1973b  
Johnson et al., 1981  
Kondo & Eto, 1975  
Malina et al., 1974  
Snyder et al., 1977

*Adulti*

Johnson et al., 1981

**LUNGHEZZA TESTA-GLUTEI****TECNICA CONSIGLIATA**

La sua misura richiede due operatori. Il soggetto giace supino sull'apposita tavola di misurazione. Il capo sistemato col Piano di Francoforte perpendicolare al piano della tavola e messo in contatto posteriore con la barra verticale fissa dello strumento; l'asse longitudinale del corpo coincide con quello della tavola; le spalle ed i glutei dovrebbero poggiare sulla tavola e formare un angolo retto con l'asse longitudinale del corpo (Figure 3 e 4).

L'operatore che sistema il capo del soggetto si pone ad un estremo della tavola e si assicura che l'asse longitudinale del corpo del soggetto coincida con quello della tavola per tutta la durata della misurazione.

Il secondo operatore solleva le gambe del soggetto così da formare un angolo di 90° tra le coscie ed il piano della tavola e, con la mano libera, spo-



**Figura 3** Posizionamento della testa per la misurazione della lunghezza testa-glutei



**Figura 4** Posizionamento del tronco e delle gambe per la misurazione della lunghezza testa-glutei



**Figura 5** Misurazione della lunghezza testa-glutei

sta la barra mobile contro i glutei esercitando una ferma pressione (Figura 5). La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### UTILIZZO

La lunghezza testa-glutei corrisponde all'altezza da seduto rilevata nel bambino oltre il 2° e 3° anno di età e nell'adulto, nonché alla lunghezza del tronco di un soggetto incapace di assumere la posizione richiesta per la misurazione dell'altezza da seduto.

#### LETTERATURA

La tecnica di rilevamento consigliata è quella utilizzata da diversi Autori (Cameron, 1984; Moore & Roche, 1983; Snyder et al., 1985, 1977).

La misura della lunghezza testa-glutei richiede la stessa attrezzatura di quella della lunghezza supina, descritta nel Capitolo 1.

#### AFFIDABILITÀ

Nelle varie classi di età, questa misura si dimostra più attendibile dell'altezza da seduto, sia pure con un piccolo scarto. Nel Fels Longitudinal Study, in un campione di 40 ragazzi e 25 ragazze tra 0 e 6 anni, l'errore medio assoluto interoperatore è stato di 0.18 cm (Chumlea and Roche, 1979).

Nell'Oakland Growth Study, in un campione costituito da maschi adolescenti, l'errore medio assoluto interoperatore per la lunghezza del tronco, molto simile alla lunghezza testa-glutei, è stato di 1.3 cm (Stolz & Stolz, 1951).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

McCammon, 1970

##### *Adulti*

Nessuna riportata

### LUNGHEZZA DELL'ARTO INFERIORE (ALTEZZA SUBISCHIATICA)

#### TECNICA CONSIGLIATA

La lunghezza dell'arto inferiore corrisponde alla distanza tra l'articolazione dell'anca e la superficie su cui poggiano i piedi del soggetto quando questi è in posizione ortostatica. La sua misura nell'uomo può essere solo approssimata a causa della difficoltà di localizzazione del punto articolare. Essa viene misurata indirettamente come la differenza tra la statura e l'altezza da seduto. In quei soggetti incapaci di mantenere la posizione eretta o seduta standard, essa può essere calcolata come differenza tra l'altezza da sdraiato e la lunghezza testa-glutei.

#### UTILIZZO

La lunghezza dell'arto inferiore è utile nello studio delle proporzioni e delle prestazioni del corpo umano.

#### LETTERATURA

La lunghezza dell'arto inferiore è descritta in letteratura sotto le misure che la costituiscono (statura, altezza da sdraiato, altezza da seduto e lunghezza testa-glutei). Il punto di riferimento più discusso è quello prossimale, mentre quello distale è definito come il piano del pavimento (per la statura) o la pianta dei piedi (per la lunghezza supina). Se si utilizza l'altezza da seduto o la lunghezza testa-glutei, la lunghezza dell'arto inferiore è data dalla distanza tra il margine inferiore della tuberosità ischiatica ed ogni tessuto molle compresso al punto

distale. Naturalmente, questa è un'approssimazione della lunghezza reale ed è più correttamente definita "altezza subschiatica". Per stabilire il punto centrale dell'articolazione dell'anca, Martin e Saller (1959) hanno elaborato indici di correzione per alcune di queste altezze indirette, ma tali indici vanno intesi campione- e popolazione-specifici.

I punti di riferimento che maggiormente si avvicinano al livello dell'articolazione dell'anca sono il symphision (De Garay et al., 1974), la piega glutea e l'altezza trocanterica (Ross et al., 1978).

Si procederà alla ricerca di questi punti, peraltro difficile in alcuni soggetti, avendo cura che la pelvi non sia troppo inclinata anteriormente o posteriormente (Figura 6). La scelta della misura, come sempre, dipende dalle finalità dello studio. È regola generale, quando la statura e l'altezza da seduto sono state misurate, non effettuare la misura della lunghezza dell'arto inferiore, in quanto non offre informazioni addizionali.

#### AFFIDABILITÀ

Essa è discussa per ogni singola misura.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Roche & Malina, 1983

Zavaleta, 1976

##### Adulti

Churchill et al., 1977

Clauser et al., 1972

McConville et al., 1977

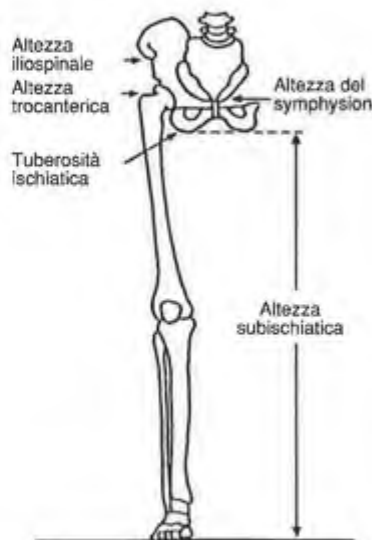


Figura 6 L'altezza subschiatica

## LUNGHEZZA DELLA COSCIA

#### TECNICA CONSIGLIATA

La lunghezza della coscia è anatomicamente rappresentata dalla distanza tra l'anca ed il ginocchio; la sua definizione è approssimativa nel vivente per la difficoltà di localizzazione dei punti articolari. La misura diretta viene effettuata tra il punto medio del ligamento inguinale ed il margine prossimale della patella (Figura 7); la localizzazione di questi punti è descritta alla sezione sulla Plica della coscia (Capitolo 3). Per la misurazione viene utilizzato un metro non estensibile. La lunghezza della coscia può essere inoltre calcolata per via indiretta come differenza tra l'altezza, l'altezza da seduto e l'altezza tibiale. Si procede dunque alla misurazione dell'altezza da seduto con la tecnica già nota, quindi a quella dell'altezza tibiale. Una tavola od una sedia apposita, oltre ad un antropometro, sono richiesti per tale misurazione. Cogliamo ancora una volta l'occasione per ricordare che la misura diretta di un'altezza è sempre da preferirsi a quella indiretta.



Figura 7 Misurazione della lunghezza diretta della coscia

#### UTILIZZO

La lunghezza della coscia è utile nello studio delle proporzioni corporee e dell'ingegneria del corpo umano.

#### LETTERATURA

Per quella relativa al punto di repere prossimale si veda alla sezione sulla Plica della coscia, per quello distale alla sezione sulla Lunghezza del polpaccio. Diversi Autori raccomandano di utilizzare l'altezza da seduto come punto di riferimento prossimale per la misura indiretta della coscia (Clauser et al., 1972; Eveleth & Tanner, 1976; Hertzberg et al., 1963). La lunghezza di proiezione della coscia può essere alternativamente calcolata sottraendo l'altezza tibiale da quella del symphision, da quella iliospinale, trocanterica, del solco gluteo o quella dell'arcata glutea.

Dato il numero di misure che richiede, quest'ultimo metodo non è da preferirsi al primo. Si consideri, peraltro, che molti soggetti non gradiranno la scelta del symphysis quale punto di riferimento prossimale e che il punto ileospinale ed il solco gluteo non giacciono allo stesso livello dell'articolazione dell'anca, ed i punti trocanterico, gluteo e dell'arcata glutea sono di difficile localizzazione. Le lunghezze gluteo-ginocchio e gluteo-poplite rappresentano altre possibili misure della lunghezza della coscia (Clauser et al., 1972; Weiner & Lourie, 1981). La lunghezza testa-glutei viene sostituita all'altezza da seduto in quei soggetti che non sono in grado di mantenere la corretta posizione seduta (Cameron, 1984). La scelta della misura, diretta o indiretta, da effettuare dipende, almeno in parte, dal tipo di studio. Se si vogliono sommare le lunghezze delle varie componenti dell'arto inferiore, è meglio scegliere una misura della lunghezza della coscia che non si sovrapponga a quella di altri segmenti. Tale risoluzione consentirà, tra l'altro, di rilevare con facilità un errore confrontando la somma dei segmenti con un'altra misura. Ad esempio, la statura corrisponde all'altezza da seduto più la lunghezza della coscia più l'altezza tibiale; la lunghezza dell'arto inferiore equivale alla somma della lunghezza della coscia e dell'altezza tibiale.

#### AFFIDABILITÀ

In letteratura sono disponibili dati solo per l'età anziana (errore tecnico interoperatore: uomini 1.24 cm, donne 0.88 cm) (Chumlea, 1983). L'affidabilità della lunghezza di proiezione della coscia è funzione di quella dell'altezza da seduto e dell'altezza tibiale. L'affidabilità dell'altezza da seduto è descritta a parte, quella dell'altezza tibiale non è descritta in letteratura.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Roche & Malina, 1983

##### Adulti

Clauser et al., 1972

Stoudt et al., 1965

## LUNGHEZZA DEL POLPACCIO

#### TECNICA CONSIGLIATA

La lunghezza del polpaccio viene misurata direttamente come la distanza tra la linea articolare del ginocchio ed il margine inferiore del malleolo mediale (Figura 8) o indirettamente come la distanza verticale tra la superficie prossimale della tibia e

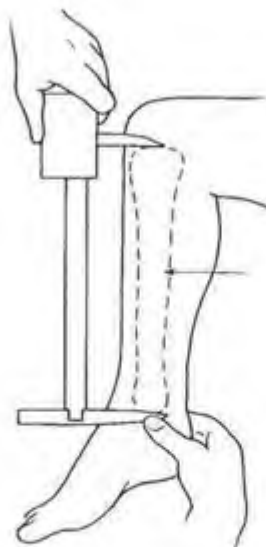


Figura 8 Misurazione della lunghezza diretta del polpaccio

la pianta del piede. La misurazione richiede un antropometro.

Per la misurazione diretta, il soggetto siede con la gamba appoggiata sul ginocchio controlaterale (Figura 9). L'operatore contrassegna il punto prossi-



Figura 9 Posizione del soggetto per la misurazione della lunghezza diretta del polpaccio

male del margine mediale della tibia e quello distale del malleolo mediale (Figure 10 e 11), quindi si siede o si china di fronte al soggetto e, avendo cura che l'antropometro sia parallelo all'asse longitudinale della tibia, procede alla misurazione.

Si osservi che l'antropometro è appositamente concepito come calibro scorrevole (Figura 12).

Per la misurazione indiretta, viene anzitutto loca-

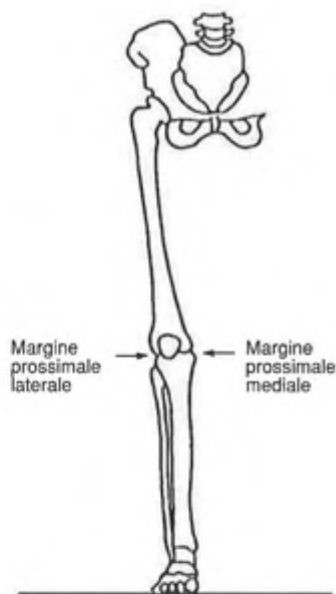




**Figura 10** Punti di riferimento per la misurazione della lunghezza del polpaccio



**Figura 12** Posizionamento dell'antropometro per la misurazione della lunghezza diretta del polpaccio



**Figura 11** Margine prossimale mediale della tibia

lizzato il margine laterale orizzontale dell'estremità prossimale della tibia, il soggetto essendo a ginocchio flesso. L'operatore ricerca con le dita la depressione circondata dall'epicondilo femorale, la depressione anterolaterale del margine prossimale della tibia e la testa della fibula. Da questa depressione le sue dita premeranno medialmente localizzando il margine della tibia, quindi palperanno posteriormente lungo il margine per localizzarne il punto più alto.

Questo punto corrisponde ad almeno ad un terzo della distanza tra la superficie anteriore e posteriore del ginocchio sulla sua faccia laterale (Figura 13).

Il punto si trova sulla superficie laterale del ginocchio a livello dell'estremità superiore della tibia ma non è superficiale rispetto a questa. Quando il



**Figura 13** Localizzazione del margine laterale dell'estremità prossimale della tibia per la misurazione della lunghezza di proiezione del polpaccio



**Figura 14** Punto di riferimento sul margine laterale dell'estremità prossimale della tibia

punto è stato localizzato, il soggetto assume la posizione eretta ed il sito viene contrassegnato (Figura 14). Una volta che si sia posto a lato del soggetto, l'operatore fissa la base dell'antropometro sul pavimento e ne muove la barra orizzontale verso il basso fino a quando essa non tocca il punto contrassegnato (Figura 15). La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

La lunghezza del polpaccio è utile negli studi delle proporzioni corporee e in quelli di bioingegneria.



**Figura 15** Posizionamento dell'antropometro per la misurazione della lunghezza diretta della gamba

#### LETTERATURA

La lunghezza di proiezione del polpaccio può essere facilmente misurata con un antropometro tipo Martin (GPM), preferibilmente dotato di un supporto che ne faciliti la sistemazione verticale (Carter et al., 1982; Ross & Marfell-Jones, 1983). La lunghezza del polpaccio viene misurata in maniera diretta con un antropometro Harpenden o Martin, concepito come un calibro scorrevole (Cameron, 1984). Sono disponibili inoltre alcuni calibri speciali (Behnke & Wilmore, 1974; Chumlea, 1985); il calibro Mediform di recente introduzione è leggermente più preciso di quello Harpenden (Chumlea, 1985).

La lunghezza di proiezione del polpaccio rientra generalmente in una serie di misurazioni delle altezze di punti di repere ossei che procede dal superiore all'inferiore, mentre il soggetto mantiene la posizione ortostatica (Martin & Saller, 1959; Ross & Marfell-Jones, 1983). In questa serie di misurazioni, la situazione laterale del sito costituisce una

facilitazione per la misura dal momento che l'antropometro viene in rapporto con la superficie esterna dell'arto; diversamente le sporgenze sul piano sagittale delle ossa di alcuni soggetti potrebbero interferire con il corretto allineamento dello strumento. È stato inoltre descritto un sito di misurazione sul margine mediale del ginocchio (Clauser, 1972; Martin & Saller, 1959; Weiner and Laurie, 1981).

Hertzberg et al. (1963) osservano come la loro idea di contrassegnare l'estremità prossimale della tibia non sia attuabile in soggetti muscolosi per la difficoltà di localizzazione di questa.

In presenza di ginocchio valgo o varo vi saranno differenze nei livelli dei siti laterali e mediali del ginocchio. L'altezza del ginocchio (Chumlea et al., 1984a; Hertzberg et al., 1963), l'altezza patellare inferiore e l'altezza poplitea (Clauser et al., 1972; Hertzberg et al., 1963) sono misure simili, ma non identiche, alla lunghezza del polpaccio. Tale lunghezza può essere inoltre calcolata come differenza tra l'altezza tibiale e quella del malleolo mediale. La posizione consigliata per la misurazione della lunghezza del polpaccio è basata sulla descrizione di Cameron (1983).

#### AFFIDABILITÀ

In base a quanto riferisce uno studio non pubblicato di Chumlea (1983), l'errore tecnico interoperatore, in un campione di anziani, è stato di 0.39 cm (uomini) e 0.68 cm (donne).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Ross & Marfell-Jones, 1983

##### *Adulti*

Clauser et al., 1972

#### ARM-SPAN

##### TECNICA CONSIGLIATA

Per la misura dell'arm-span sono necessari un metro a nastro lungo almeno 2 metri, una superficie piana (in genere una parete) ed una tavoletta regolabile da fissare alla parete. La bobina del metro deve essere fissata alla tavoletta regolabile; questa serve come punto di contatto per il dito medio (il più lungo) della mano destra quando il soggetto sia in posizione; essa deve essere mobile così da potere essere regolata sulla parete a seconda della statura del soggetto. Una volta che la tavoletta sia stata regolata in modo tale da portare il metro a livello

delle spalle del soggetto, questo viene svolto orizzontalmente lungo la parete. I piedi del soggetto sono uniti, la schiena poggia sulla parete e le braccia sono estese al massimo grado, soprattutto a livello delle spalle; il palmo delle mani guarda in avanti e l'apice del dito medio della mano destra (esclusa l'unghia) è in contatto con la tavoletta. L'estremità zero del metro viene sistemata in corrispondenza dell'apice del dito medio della mano sinistra (Figure 16 e 17).



Figura 16 Posizione del soggetto per la misurazione dell'arm-span



Figura 17 Misurazione dell'arm-span: l'estremità del dito più lungo della mano (medio) è in contatto con l'apposita tavoletta

La misura dell'arm-span richiede due operatori: il primo si sistema all'estremità zero del metro, il secondo all'altra estremità ed esegue la lettura.

La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm. L'utilizzo di uno sgabello si renderà occasionalmente necessario per la misura dell'arm-span in soggetti di bassa statura. Per una corretta misurazione dell'arm-span è assolutamente indispensabile che le braccia del soggetto siano estese al massimo grado e che rimangano tali fino al momento in cui la lettura non sia stata effettuata; la tendenza ad abbassare le braccia nel corso di questa misura è tipica dei bambini e degli anziani.

#### FINALITÀ

L'arm-span rappresenta la distanza tra gli apici delle dita medie (le più lunghe) di ciascuna mano (con l'esclusione dell'unghia) quando entrambe le

braccia sono estese lateralmente e al massimo grado a livello delle spalle. L'arm-span include quindi la misura delle estremità superiori e dello spazio anatomico compreso tra le spalle. L'arm-span è altamente correlato alla statura e, proprio per questo, assume rilevanza clinica quando la statura o l'altezza da sdraiato non possono essere rilevate. L'arm-span è talora utilizzato nell'anziano per stimare la statura alla maturità, ovvero la statura del giovane adulto prima che intervenisse il calo staturale associato all'età (Rossman, 1979). In quegli individui, anziani o meno, che presentano gradi considerevoli di cifosi, si sostituisce al rilievo dell'altezza, inaccurato, quello dell'arm-span. La differenza tra arm-span e statura può variare in alcune sindromi cliniche (Engstrom et al., 1981) perciò la misura di questa variabile antropometrica, congiuntamente a quella della statura, assume importanza diagnostica. La relazione che intercorre tra arm-span e statura è soggetta a variazioni razziali. Infatti, la differenza tra i valori medi dell'arm-span e della statura è maggiore negli adulti neri americani rispetto ai bianchi loro connazionali (Davenport, 1921; McPherson et al., 1978). La stessa differenza è evidente tra la lunghezza di proiezione del braccio e la statura in bambini e giovani americani neri e bianchi (Krogman, 1970). Questi dati offrono adito all'ipotesi di una variazione auxologica razziale della relazione tra l'arm-span e la statura. Non sono peraltro a tutt'oggi disponibili dati estensivi sulle variazioni auxologiche di tale rapporto.

Alcuni dati, rilevati in bambini australiani di origine inglese, evidenziano differenze medie tra arm-span e statura maggiori tra i ragazzi che non le ragazze in età compresa tra gli 8 e i 15 anni (Engstrom et al., 1981). Tuttavia, nelle ragazze l'arm-span è minore della statura prima degli 11.5 anni di età, mentre è vero il contrario nelle età più avanzate (Engstrom et al., 1981). Si assume in genere che l'arm-span e la statura si equivalgano nei giovani. Questo è dimostrato in giovani donne bianche ma non in giovani donne nere (Steele & Mattox, dati non pubblicati) e in un piccolo campione di donne belghe tra 30 e 40 anni (Dequeker et al., 1969). Ad età maggiori, l'arm-span è, in media, maggiore dell'altezza da sdraiato nelle donne bianche, e la differenza tra le due variabili aumenta progressivamente con l'età (Brown & Wigzell, 1964; Dequeker et al., 1969). Nelle donne americane bianche e nere, tuttavia, l'arm-span è, in media, maggiore dell'altezza da sdraiato per un intervallo di età compreso tra 50 e 90+ anni (McPherson et al., 1978). Altri dati, rilevati da McPherson et al. (1978) in piccoli campioni di uomini e donne ameri-

cane di razza bianca, non concordano con quelli derivati in bianchi anziani nel corso dello stesso studio, o con i dati rilevati in pazienti ospedalizzati (Brown & Wigzell, 1964) e donne belghe (Dequeker et al., 1969).

#### LETTERATURA

La procedura raccomandata è basata su quella di Engstrom et al. (1981). Un'alternativa è quella di sistemare lo zero del metro in corrispondenza del punto d'incontro di due pareti. Lo spazio che viene così misurato è quello compreso tra il muro e l'apice del dito medio (il più lungo) dell'altra mano quando il soggetto si trovi nella posizione sopradescritta. Ribadiamo la necessità di regolare l'altezza del metro in funzione dell'altezza delle spalle del soggetto. Questa necessità è ancora più evidente nei bambini, la cui statura varia significativamente. Perciò un sistema di misurazione del quale sia possibile regolare l'altezza, è indispensabile.

Il range di variazione dell'altezza nell'adulto può essere stimato con una scala millimetrata convenientemente affissa al muro.

In uno studio condotto in Norvegia, ad esempio, "un pezzo di carta di 40 cm di larghezza è stato applicato al muro in una posizione tale da costituire un metro a muro con lo zero nell'angolo d'incontro delle pareti" (Udjus, 1964, citato da Garret & Kennedy, 1971). Se il soggetto è posizionato in modo corretto, allora la misura può essere presa direttamente dalla carta. La carta, d'altro canto, andando senz'altro soggetta a variazioni di proprietà in relazione alla temperatura e umidità dell'ambiente, finirà con l'inficiare la misura. Questi effetti si riducono, per quanto non siano assenti, utilizzando fogli di plastica o carta millimetrata laminata.

L'arm-span può essere misurato in posizione supina; i dati disponibili in letteratura per l'adulto sono stati ottenuti proprio con questo criterio (Brown & Wigzell, 1964; Dequeker et al., 1969; McPherson et al., 1978; Steele & Mattox, dati non pubblicati). Il soggetto esaminato giaceva in posizione supina su di una superficie piana, con i piedi uniti e le braccia, estese al massimo grado, sul piano orizzontale a livello delle spalle. La misura fu effettuata con un particolare antropometro (al quale gli Autori fanno riferimento con il termine di "bacchetta di misurazione", non indicando peraltro se il palmo delle mani guardasse anteriormente).

Per la misurazione supina dell'arm-span, l'estremità fissa dell'antropometro viene posta in contatto con l'apice del dito medio di una mano e

quella mobile con quello della mano opposta. Come già ricordato, le unghie delle dita andranno escluse dalla misurazione. L'antropometro viene sistemato in modo tale da passare appena sopra alle clavicole. La misurazione richiede due operatori: uno si pone all'estremità fissa e l'altro a quella mobile dell'antropometro. L'arm-span deve essere misurato in posizione supina in soggetti in età compresa tra i 2 e 3 anni.

Deformazioni o contratture delle estremità superiori limitano la validità della misurazione.

Alcuni ricercatori misurano la distanza tra l'incisura sternale e l'apice del dito più lungo e la moltiplicano per due per ottenere l'arm-span (Brown & Wigzell, 1964; Dequeker et al., 1969; Engelbach, 1932; McPherson et al., 1978). Questi Autori non definiscono con precisione cosa essi intendano con il termine di "incisura sternale" ma verosimilmente si tratta del punto più alto sulla linea mediosternale (Hrdlicka, 1939), o di quello più basso dell'incisura soprasternale (Olivier, 1969). È ovvio che questa tecnica di misurazione non considera una eventuale asimmetria dei due emisomi.

#### AFFIDABILITÀ

In un campione costituito da soggetti anziani, l'errore tecnico interoperatore è stato di 0.56 cm negli uomini e 0.38 cm nelle donne (Chumlea, 1983).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Engstrom et al., 1981  
Wolanski et al., 1975

##### *Adulti*

Dequeker et al., 1969  
Glen et al., 1982  
McPherson et al., 1978  
Wolanski et al., 1975

## LUNGHEZZA SPALLA-GOMITO

#### TECNICA CONSIGLIATA

La sua misurazione viene effettuata con un antropometro configurato come un calibro a scorrimento. Il soggetto indossa abiti che consentano all'operatore di controllarne la posizione. A spalle e braccia scoperte, il soggetto assume la posizione eretta; i piedi, poggiati su di una superficie piana, sono uniti ed il peso egualmente distribuito su di essi; il capo giace nel Piano di Francoforte e la linea dello sguardo è orizzontale; le spalle sono rilas-

sate e le braccia pendono liberamente ai lati del corpo; entrambi i gomiti sono flessi in modo che il margine ulnare dell'avambraccio e la mano si trovino sul piano orizzontale e paralleli tra loro (Figura 18); il respiro è normale. La barra dell'antropometro è parallela alla faccia posteriore del braccio.



**Figura 18** Posizione del soggetto per la misurazione della lunghezza spalla-gomito

L'operatore mantiene la barra fissa dello strumento in contatto con il margine superiore dell'acromion e porta quella mobile in corrispondenza della superficie posteriore del processo olecranico dell'ulna (Figura 19). La misura, che corrisponde alla distanza tra i punti di confine anatomico del braccio, viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



**Figura 19** Posizionamento dell'antropometro per la misurazione della lunghezza spalla-gomito

#### FINALITÀ

La lunghezza spalla-gomito viene utilizzata negli studi di ingegneria umana finalizzati alla progettazione aerospaziale (ad es., sistemazione dei controlli manuali), e in quelli di biomeccanica (ad es.: composizione e risoluzione delle forze interne e/o esterne al corpo in movimento o a riposo). Essa viene inoltre utilizzata per la generazione di modelli di segmenti degli arti del corpo umano. Da un punto di vista funzionale, gli assi di rotazione della spalla non sono situati a livello della giunzione scapolo-omerale, ma a livello della testa dell'omero e l'asse dell'articolazione va soggetta a traslazione con i movimenti del braccio. Al contrario, l'asse di rotazione del gomito è situato prossimalmente alle sue superfici articolari. Queste relazioni tra i punti antropometrici superficiali di riferimento ed i centri articolari di spalla e gomito devono essere tenute presenti da chi voglia studiare tali articolazioni in chiave funzionale.

#### LETTERATURA

La lunghezza spalla-gomito dovrebbe essere misurata con un antropometro portatile configurato come un calibro scorrevole, ovvero dotato di una barra fissa e di una mobile, oltre ad una verticale incorporante un metro. Lo strumento in questione consente di misurare la distanza tra l'acromion e l'olecrano con la minima influenza del tessuto adiposo e muscolare. In numerosi studi antropometrici la lunghezza spalla-gomito è stata rilevata proprio con questo criterio (Garrett & Kennedy, 1971; Hertzberg et al., 1963; Roebuck et al., 1975).

Una fonte (MacDonald et al., 1978) riferisce dell'uso di due pareti, formanti un angolo di 90°, per la misura della lunghezza del braccio. Questa metodica prevede che le scapole del soggetto tocchino la parete posteriore e l'arto superiore oggetto di misurazione venga esteso in modo tale che l'avambraccio sia orizzontale e parallelo alla parete laterale. La misura rilevata esprime la distanza orizzontale tra il processo olecranico e la parete posteriore. I dati così ottenuti non corrispondono peraltro a quelli ricavati con un antropometro. La lunghezza spalla-gomito potrebbe essere un valido descrittore della lunghezza del braccio, ma il suo uso è attualmente limitato all'ingegneria umana. La posizione raccomandata è quella seguita da molti Autori (Garrett & Kennedy, 1971). Anziani e bambini potrebbero necessitare di assistenza per il mantenimento di tale posizione.

Vi sono differenti vedute circa la localizzazione del punto di riferimento acromiale. In molti casi, esso non è stato neppure definito (Garrett & Kennedy, 1971). In alcuni studi, esso viene definito come la

protrusione laterale del margine laterale della spina dell'acromion, il punto più laterale sulla faccia superiore del processo acromiale, il punto più alto sul margine laterale della spina, l'apice del processo acromiale o il punto più esterno della spalla (Garret & Kennedy, 1971; Stewart, 1985). Quale punto di riferimento standard, raccomandiamo di utilizzare quello più laterale della superficie superiore dell'acromion, facilmente localizzabile con la palpazione.

La misura della lunghezza spalla-gomito può essere inoltre rilevata con il soggetto in posizione seduta o eretta. Comunque, se si debbono effettuare misurazioni di altri distretti dell'arto superiore (ad es.: lunghezza gomito-polso e lunghezza della mano), è preferibile la posizione eretta standard. Uno specchio verticale, posto di fronte al soggetto, può facilitare il posizionamento della linea dello sguardo ed il mantenimento della corretta posizione, seduta o eretta.

#### AFFIDABILITÀ

In un campione costituito da 530 militari delle Canadian Air Forces è stata osservata una variazione intra- ed inter-operatore di 2.7 e 8.4 mm<sup>2</sup> rispettivamente (Stewart, 1985).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Krogman, 1970  
Malina et al., 1973  
Snyder et al., 1975

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Hertzberg et al., 1963  
Stewart, 1985

## LUNGHEZZA GOMITO-POLSO

#### TECNICA CONSIGLIATA

Essa viene misurata con un calibro a scorrimento. Il soggetto veste abiti che consentano all'operatore di controllarne la posizione. A spalle e braccia scoperte, il soggetto, non appoggiato al muro o a strutture simili, assume la posizione eretta: i piedi, poggiati su di una superficie piana orizzontale, sono uniti ed il peso è egualmente distribuito su di essi; il capo giace nel Piano orizzontale di Francoforte e la linea dello sguardo è pure orizzontale; le spalle sono rilassate e le braccia pendono liberamente ai lati del corpo; i gomiti sono flessi di 90° ed il palmo delle mani guarda medialmente; le dita sono estese

lungo l'asse longitudinale delle braccia; il respiro è normale. La barra dell'antropometro è parallela alla superficie posteriore del braccio. Anziani e bambini potrebbero necessitare di assistenza per il mantenimento della corretta posizione. Il braccio fisso del calibro viene posto in contatto con il punto più posteriore dell'olecrano, mentre quello scorrevole viene allineato con il punto palpabile più distale del processo stiloideo del radio (Figure 20 e 21). Nel corso della misurazione, le braccia del calibro sono mantenute perpendicolari all'asse longitudinale dell'avambraccio. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



Figura 20 Punti di riferimento per la misurazione della lunghezza gomito-polso



Figura 21 Posizionamento del calibro a scorrimento per la misurazione della lunghezza gomito-polso

#### FINALITÀ

Le lunghezze segmentali degli arti superiori sono importanti negli studi di biomeccanica del corpo umano e nella progettazione aerospaziale, ivi inclusa la costruzione di modelli antropometrici del corpo umano.

La lunghezza gomito-polso e quella della mano è importante nell'ergonomia (ad es.: disposizione di controlli manuali).

**LETTERATURA**

La lunghezza gomito-polso è stata misurata con il gomito flesso di 90° e la superficie posteriore del braccio in contatto con una superficie piana verticale, come è evidente dall'equipaggiamento antropometrico basato sull'apparecchio di Morant (Bolton et al., 1973; MacDonald et al., 1978; Roebuck et al., 1975).

Poiché la misura è influenzata dal tessuto muscolare e adiposo locale, questa metodica non è da preferirsi a quella raccomandata. Inoltre, uno strumento capace di effettuare una misurazione punto a punto, come un calibro estensibile, non è equivalente ad un calibro scorrevole per questa misurazione.

La posizione raccomandata è inoltre in accordo con i criteri proposti da molti ricercatori, come riportato da Garrett e Kennedy (1971). Comunque, alcuni Autori hanno misurato la lunghezza dell'avambraccio con braccio ed avambraccio in posizione verticale (Garret & Kennedy, 1971). Questa metodica non è funzionale negli studi di ingegneria umana e non ha comunque nessun vantaggio in più rispetto a quella tradizionale per quanto attiene ad altre applicazioni.

Le metodiche di misurazione che utilizzano un piano verticale da porre in contatto con la superficie posteriore del braccio, per quanto già più "funzionali", finiscono con l'alterare la misura delle ossa lunghe includendovi quella dei tessuti molli. L'uso dei dati così ottenuti è perciò limitato a quelle situazioni in cui l'aspetto funzionale delle dimensioni sia fondamentale, ad esempio nella progettazione e sistemazione di controlli manuali.

La misurazione può essere effettuata con il soggetto seduto, ma se si debbono misurare sia la lunghezza spalla-gomito che quella gomito-polso, è raccomandabile l'assunzione della posizione eretta standard.

Uno specchio verticale, sistemato di fronte al soggetto, può facilitare il posizionamento orizzontale della linea dello sguardo e, unitamente ad altri dispositivi (ad es.: una linea mobile dello sguardo; Hendy, 1979), il mantenimento di una postura eretta stabile.

**AFFIDABILITÀ**

Sulla base dei dati antropometrici raccolti su militari delle Canadian Forces (1985), è stata descritta una varianza intra- ed inter-operatore di 0.29 e 0.98 mm<sup>2</sup> rispettivamente (Stewart, 1985). Nell'età anziana, è stato descritto un errore tecnico interoperatore di 0.34 cm per gli uomini e 0.31 cm per le donne (Chumlea, 1983).

**FONTI BIBLIOGRAFICHE***Bambini*

Martin, 1955

*Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978

Stewart, 1985

**LUNGHEZZA DELLA MANO****TECNICA CONSIGLIATA**

La sua misurazione viene effettuata con un piccolo calibro scorrevole applicato tra il processo stiloideo del radio e l'apice del dito medio. Il soggetto è in posizione eretta o seduta; le braccia sono rilassate e gli avambracci estesi orizzontalmente; il palmo delle mani guarda in alto e le dita, unite, sono estese, ma non iperestese, secondo l'asse longitudinale dell'avambraccio (Figura 22). La barra verticale del calibro è mantenuta parallela all'asse longitudinale della mano ed il braccio fisso dello strumento è allineato con il punto palpabile più distale del processo stiloideo del radio. Il braccio scorrevole del calibro viene posto in leggero contatto con il polpastrello del dito medio. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



**Figura 22** Posizionamento del calibro a scorrimento per la misurazione della lunghezza della mano

**FINALITÀ**

La lunghezza della mano rientra in quella serie di misurazioni preliminari alla progettazione di abiti di uso comune (ad es.: guanti) o per l'industria aerospaziale. Essa può essere utilizzata, assieme alla lunghezza avambraccio-mano, per la generazione di modelli antropometrici segmentali di arti del corpo umano.

**LETTERATURA**

Il calibro a scorrimento è unanimemente accettato quale strumento di misurazione della lunghezza della mano (Garret & Kennedy, 1971). Non vi è invece unanimità per quanto concerne la localizzazione del punto di riferimento dell'articolazione del polso. Questo punto è stato descritto alla piega del polso in corrispondenza della base dell'eminanza ipotenar, come il punto medio di una linea che unisce i processi stiloidei di radio e ulna, come il punto medio di una linea tracciata tra le estremità prossimali delle eminenze tenar ed ipotenar, e ancora come l'estremità prossimale dello scafoide (Garret & Kennedy, 1971). Garret (1971) ha indagato la relazione tra i punti di repere del polso all'estremità distale del processo stiloideo del radio, il margine prossimale dello scafoide (Garret & Kennedy, 1971) e la piega maggiore del polso. L'Autore osserva che nel 79% dei soggetti da lui studiati, la piega del polso era situata tra lo scafoide e lo stiloide, costituenti rispettivamente i punti di riferimento più prossimi e distali. Garret consiglia la piega del polso come punto di riferimento per questa sua tendenza alla "centralizzazione" e per la difficoltà di palpazione dei margini delle ossa in alcuni soggetti.

Si noti comunque che per differenti tipi di pieghe del polso la localizzazione del punto di repere non è egualmente facile. Perciò, nonostante le difficoltà della localizzazione palpatoria, un punto di riferimento scheletrico è preferibile ad uno cutaneo (piega del polso) per questa misurazione. Il punto stiloideo è leggermente più facile da localizzare di quello scafoideo ed è in effetti considerato il punto di riferimento per la misurazione della lunghezza gomito-polso (Garret & Kennedy, 1971).

**AFFIDABILITÀ**

Nessun dato è disponibile al riguardo.

**FONTI BIBLIOGRAFICHE***Bambini*

Pieper & Jurghens, 1977

Simmons, 1944

Snyder et al., 1975

*Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978

**LUNGHEZZA AVAMBRACCIO-MANO****TECNICA CONSIGLIATA**

La sua misurazione viene effettuata con un calibro scorrevole sistemato tra l'olecrano e l'apice del dito

medio. Il soggetto indossa abiti che consentano all'operatore di controllarne la posizione. A braccia e spalle scoperte, il soggetto (non appoggiato su un muro o altra struttura analoga) assume la posizione eretta: la testa è nel Piano orizzontale di Francoforte; i calcagni sono uniti (o il più vicino possibile); il peso è egualmente distribuito sui piedi; le spalle sono rilassate e le braccia verticali; i gomiti, flessi di circa 90° in modo tale che avambraccio e mano supinata siano estesi in avanti sul piano orizzontale, sono situati ai lati del tronco e poggiano leggermente su di esso; le dita sono ravvicinate ed estese secondo l'asse longitudinale dell'avambraccio (Figura 23); il respiro è normale. Il braccio fisso del calibro viene situato in corrispondenza del



**Figura 23** Posizione del soggetto per la misurazione della lunghezza avambraccio-mano

punto più posteriore dell'olecrano, quello mobile viene fatto scorrere sul polpastrello del dito medio della mano estesa (Figura 24). Nel corso della misurazione le braccia del calibro si mantengono per-



**Figura 24** Posizionamento del calibro a scorrimento per la misurazione della lunghezza avambraccio-mano



pendicolari all'asse longitudinale dell'avambraccio. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

Le lunghezze degli arti e dei loro segmenti sono importanti negli studi di meccanica umana e nella progettazione ed analisi di materiale aerospaziale con criteri antropometrici. La lunghezza della mano viene utilizzata, assieme alla lunghezza avambraccio-mano, nella generazione di modelli antropometrici di segmenti di arti del corpo umano.

#### LETTERATURA

La lunghezza avambraccio-mano è stata misurata con il gomito flesso di 90° e la superficie posteriore del braccio in contatto con una superficie piana verticale (Bolton et al., 1973; McDonald et al., 1978), come è evidente dall'equipaggiamento antropometrico basato sull'apparecchio di Morant (Roebuck et al., 1975). Dal momento che la misurazione è influenzata dalla quantità di tessuto adiposo e muscolare locale, questa tecnica non è da preferirsi a quella consigliata. Un calibro estensibile, non sarà da ritenersi equivalente a quello a scorrimento per questa misurazione. La posizione consigliata è quella utilizzata da molti ricercatori (Garret & Kennedy, 1971). Comunque, la supinazione della mano è una variante intesa ad evitare errori in soggetti le cui unghie siano particolarmente lunghe. Alcuni antropometristi hanno effettuato la misurazione della lunghezza avambraccio-mano con il braccio e l'avambraccio in posizione verticale (Garrett & Kennedy, 1971). L'applicazione di questa metodica di misurazione non è da ritenersi funzionale negli stu-

di di ingegneria umana e non ha comunque nessun vantaggio in più rispetto a quella consigliata per quanto attiene ad altre applicazioni. Le metodiche di misurazione che prevedono l'utilizzo di un piano verticale da porre in contatto con la superficie posteriore del braccio, per quanto già più "funzionali", finiscono con l'alterare la misura delle ossa lunghe includendovi quella dei tessuti molli. Questo limita l'uso dei dati così ottenuti a quelle situazioni in cui l'aspetto funzionale delle dimensioni sia di primaria importanza, ad esempio nella progettazione e sistemazione di controlli manuali. Questa misura può essere rilevata a soggetto seduto, ma se si debbono misurare sia la lunghezza avambraccio-mano che quella spalla-gomito, è raccomandabile la posizione eretta standard. Uno specchio verticale, sistemato di fronte al soggetto, può facilitare il posizionamento orizzontale della linea dello sguardo e, unitamente ad altri dispositivi (ad es.: una linea mobile dello sguardo; Hendy, 1979), il mantenimento della postura eretta stabile.

#### AFFIDABILITÀ

Nessun dato è disponibile al riguardo.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Verghese et al., 1969

##### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Stewart, 1985

## Capitolo 3

### Diametri corporei

Jack H. Wilmore — Roberto A. Frisancho — Claire C. Gordon — John H. Himes — Alan D. Martin — Reynaldo Martorell — Vernon D. Seefeldt

#### CONSIDERAZIONI GENERALI

I diametri corporei sono utilizzati sia dal ricercatore che dal clinico per la definizione del somatotipo, ad esempio quello di Health-Carter (1967), per la determinazione della taglia corporea finalizzata alla stima del peso desiderabile dalle tabelle statura-peso e per la stima del potenziale guadagno in massa magra di varie popolazioni, ad esempio quelle di atleti e anoressici. I diametri corporei vengono solitamente misurati con calibri speciali, variabili a seconda del segmento corporeo considerato.

In generale, antropometri ad estremità strette o larghe sono utilizzati per la misurazione dei diametri di larghi segmenti corporei, ad es. quello biacromiale o quello bitrocantero. Calibri a scorrimento di minori dimensioni sono preferiti per la

misurazione di piccoli diametri, ad es. quelli di gomito ed il polso. Se si utilizzano calibri estensibili, si dovrà avere cura che la linea tracciata tra i punti di riferimento sia orientata nel modo raccomandato per quella misura. Appositi antropometri estensibili possono essere utilizzati per la misurazione del diametro toracico, per il quale l'antropometro standard non è adatto.

Da un'analisi della letteratura degli ultimi 20 anni, l'antropometro Siber-Hegner (#101) risulta quello più utilizzato. Questo antropometro, del tipo Martin, consta di un'asta con quattro sezioni e due estremità. Un'estremità è fissa, e l'altra può essere spostata lungo l'asta, che è graduata in centimetri e millimetri. Per molti diametri può essere utilizzata una sola delle quattro sezioni dell'antropometro. La minima misura ottenibile è 0.4 cm, la massima 210 cm, con una precisione di 0.5 cm (Chumlea, 1985). L'antropometro Holtain consente una misurazione minima di 5 cm ed una massima



Figura 1 Antropometro standard e relative barre di estensione



Figura 2 Piccolo calibro a scorrimento

di 57, con una precisione di 0.1 cm (Chumlea, 1985). L'antropometro Mediform presenta un intervallo di misurazioni compreso tra 0 e 80 cm, con una precisione di 0.05 cm (Chumlea, 1985). Il piccolo calibro a scorrimento (il calibro Siber-Hegner #104 o quello di precisione Fisher) consta di un'asta di metallo, graduata in cm e mm, di una barra fissa e una scorrevole. I calibri estensibili (Siber-Hegner #106) sono concepiti in modo tale da consentire misurazioni più articolate rispetto agli antropometri standard. In Figura 1 è illustrato un antropometro standard, in Figura 2 un piccolo calibro scorrevole e in Figura 3 un calibro estensibile.



Figura 3 Calibro a molla

Tutti i calibri necessitano di un'accurata manutenzione: l'asta di scorrimento deve essere liscia e la calibrazione deve essere fatta con regolarità.

La calibrazione è particolarmente importante per i calibri estensibili, dal momento che il metallo leggero di cui sono costituiti è particolarmente sensibile alla dilatazione.

I punti di riferimento per la misurazione dei diametri corporei corrispondono tipicamente a punti di confine interosseo. È importante scegliere punti di riferimento palpabili anche nell'individuo obeso. L'antropometro o il calibro deve essere tenuto dall'operatore in modo tale che l'apice del dito indice risulti adiacente ai margini di proiezione dello strumento. I punti di riferimento per la misurazione vengono dapprima localizzati con l'apice del dito medio, quindi le proiezioni dello strumento vengono posizionate al loro livello. La pressione esercitata sullo strumento dovrà essere tale da garantire la minima interferenza con il tessuto muscolare, adiposo e cutaneo. Per molti siti di misurazione, è necessario esercitare una ferma pressione in corrispondenza del punto in cui la misura risulta stabile, ovvero non continua a decrescere in funzione della pressione applicata. Ciascun sito deve essere misurato in triplicato; la seconda e la terza misura

dovrebbero essere ottenute sequenzialmente, non consecutivamente, per evitare errori da parte dell'operatore.

## DIAMETRO BIACROMIALE

### TECNICA CONSIGLIATA

Per la misurazione del diametro biacromiale, l'operatore si pone alle spalle del soggetto: ciò gli consentirà di localizzare con facilità i processi acromiali. Il soggetto è in posizione ortostatica, quella seduta essendo inadeguata. I calcagni sono uniti come per la misurazione della statura; le braccia pendono ai fianchi; le spalle dovrebbero essere scoperte e la posizione delle ginocchia oggetto di particolare osservazione: il fine è quello di avere un soggetto rilassato con le spalle in basso e leggermente in avanti, in modo da effettuare una lettura ottimale. Per un'accurata misurazione del diametro biacromiale in soggetti alti, sarà talvolta necessario che l'operatore salga su di uno sgabello. Standogli dietro, l'operatore rilassa i muscoli del soggetto portando le mani dalla base del collo alle spalle. Quindi procede alla palpazione dei margini laterali dei processi acromiali (Figura 4) e, tenendo

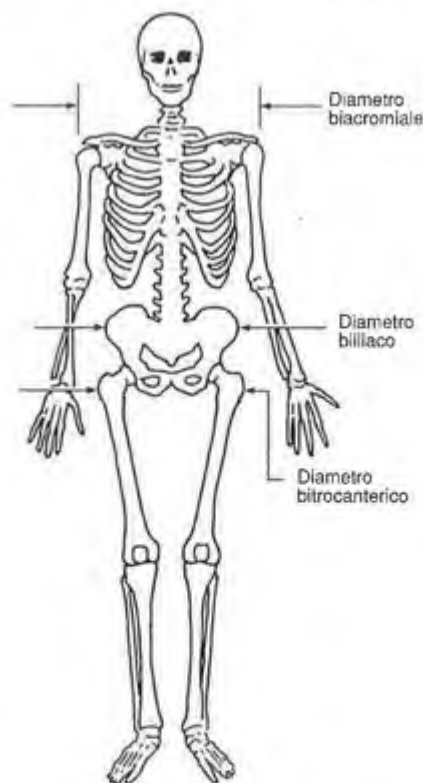


Figura 4 Localizzazione dei diametri biacromiale, biliaco e bitrocanterico



Figura 5 - Posizionamento dell'antropometro per la misurazione del diametro biacromiale

l'antropometro in modo che le sue estremità siano tra il dito indice e quello medio e riposino sulla base del pollice, le sistema in corrispondenza dei margini laterali dei processi acromiali (Figura 5). La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

Il diametro biacromiale viene spesso usato come indice della taglia corporea. Esso è inoltre utile nella definizione del somatotipo e nello studio delle variazioni intersessuali della costituzione corporea.

#### LETTERATURA

Nonostante le proiezioni laterali dei processi acromiali siano palpabili senza difficoltà, la misura va soggetta ad ampio errore se le spalle non sono correttamente posizionate. Se le spalle sono raccolte in basso, la misura risulta ridotta di 2 o 3 cm rispetto a quella reale (Cameron, 1978; Harrison et al., 1964). Faulhaber (1970) ha osservato cospicue variazioni dell'errore interoperatore a seconda della "abilità" degli operatori "a mantenere diritte le spalle del soggetto".

Vi è accordo generale sul fatto che il diametro biacromiale debba essere misurato con l'operatore alle spalle del soggetto (Cameron, 1978; Tud-denham & Snyder, 1954; Weiner and Lourie, 1981), ma Behnke e Wilmore (1974) presentano una fotografia dove l'operatore è collocato davanti al soggetto. Cameron (1978) asserisce che l'operatore dovrebbe trovarsi in piedi o seduto, ma sempre dietro al soggetto.

Un aspetto non trascurabile della tecnica di misurazione del diametro biacromiale è rappresentato dall'entità della pressione applicata allo strumento nel corso della misurazione. La raccomandazione di Behnke & Wilmore (1974), Cameron (1978), Weiner & Lourie (1981), e Ross & Marfell-Jones (1983) è quella di applicare una pressione tale da produrre una compressione dei tessuti molli.

#### AFFIDABILITÀ

Nei bambini è stato rilevato un errore intra- ed inter-operatore compreso tra 0.1 e 0.7 cm (Buschang, 1980; Malina, 1968; Meleski, 1980; Zavaleta, 1976). In maschi delle scuole superiori la correlazione tra le misure rilevate a più riprese nella stessa giornata è stata di 0.92 (Wilmore & Behnke, 1969). In adulti in cui la stessa misurazione venne ripetuta a 5 anni di distanza dalla prima, è stata descritta una correlazione di 0.83 (Friedlander et al., 1977).

Chumlea et al. (1984b) riportano un errore tecnico di misurazione di 0.48 e 1.15 cm rispettivamente per anziani di sesso maschile e femminile, ed uno di 0.29 cm per soggetti adulti più giovani.

La deviazione standard della popolazione è di circa 2.2 cm (Friedlander et al., 1977); quindi il rapporto tra la varianza dell'errore tecnico e quella della popolazione, indice della grandezza relativa della varianza dell'errore (Martorell et al., 1975), è basso negli anziani di sesso maschile e nei soggetti adulti (0.05 e 0.02 rispettivamente) ma alto nelle donne anziane (0.27). A parte quest'ultimo valore, molto alto, la misura del diametro biacromiale appare molto affidabile.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

McCammon, 1970  
Roche & Malina, 1983  
Snyder et al., 1975

##### Adulti

Clauser et al., 1972  
Stoudt et al., 1970

#### DIAMETRO E PROFONDITÀ DEL TORACE

##### TECNICA CONSIGLIATA: DIAMETRO TORACICO

La sua misura viene effettuata con un calibro estensibile. Il soggetto è in posizione eretta, i piedi sono in asse con le spalle e le braccia leggermente abdotte così da facilitare il raggiungimento del sito di misurazione da parte dell'operatore. Questi si trova di fronte al soggetto (Figura 6). I margini del calibro vengono posizionati a livello della sesta costa, sulla linea medioascellare. Una volta localizzata con la palpazione la sesta costa, l'operatore sistema i margini del calibro direttamente su di essa, con le dita delle mani appena sotto i margini dello strumento al fine di prevenirne lo scivolamento tra gli spazi intercostali. La pressione applicata deve essere molto leggera. La sesta costa sulla



**Figura 6** Posizione del soggetto per la misurazione del diametro del torace

linea medioascellare corrisponde, anteriormente, alla quarta articolazione sterno-costale (Figura 7). Si rimanda alla sezione sulla circonferenza toracica per la tecnica di localizzazione di quest'ultima. Una linea viene tracciata sullo sterno tra le giunzioni sterno-costali e la misura effettuata alla fine di una normale espirazione avendo cura che i margini del calibro giacciono su un piano orizzontale. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



**Figura 7** Punti di riferimento per la misurazione del diametro del torace a livello della sesta costa

#### TECNICA CONSIGLIATA: PROFONDITÀ TORACICA

Per la sua misura è richiesto un largo calibro estensibile. Il soggetto è in posizione eretta naturale con le braccia ai fianchi. L'operatore procede alla localizzazione bilaterale della quarta articolazione

sterno-costale con la tecnica di palpazione bimanuale descritta alla sezione sulla circonferenza toracica. Una linea orizzontale viene successivamente tracciata sulla cute della regione sternale tra questi due punti (Figura 8).

L'operatore, situandosi alla destra del soggetto, posiziona un'estremità del calibro sulla linea medio-sternale a livello della quarta articolazione sterno-



**Figura 8** Linea sullo sterno in corrispondenza della quarta articolazione costo-sternale

costale di un lato e l'altra sul processo spinoso della vertebra che giace nello stesso piano orizzontale. La misurazione viene effettuata alla fine di una espirazione normale ed approssimata al più vicino 0.1 cm (Figura 9)

#### FINALITÀ

Il diametro e la profondità del torace vengono uti-



**Figura 9** Posizionamento del calibro a molla per la misurazione della profondità del torace

lizzati come indici auxologici in bambini ed adolescenti, come misure delle dimensioni corporee negli studi di ingegneria umana volti alla

ergonomizzazione dei posti di lavoro, nel design di abiti ed utensili, e come misura della capacità funzionale nelle prestazioni fisiche e nei test di funzionalità respiratoria.

#### LETTERATURA

Molti ricercatori utilizzano l'antropometro come un calibro a scorrimento sia per la misura del diametro che della profondità del torace (Behnke & Wilmore, 1974; De Garay et al., 1974; Malina et al., 1973). Bailey (1967) e Ross e Marfell-Jones (1982) hanno utilizzato un calibro estensibile per la misura della profondità, mentre Montagu (1960) raccomanda un calibro estensibile per entrambe le misure. La tecnica di misurazione del diametro del torace ha subito ampie variazioni negli ultimi anni. Per entrambe le misurazioni si era soliti posizionare l'antropometro su di un piano orizzontale, ma alcuni Autori hanno sistemato le braccia del calibro postero-inferiormente, verosimilmente per evitare l'interferenza di muscoli latissimi del dorso particolarmente sviluppati (Garret & Kennedy, 1971). Si assume, ed è talvolta esplicitamente affermato (Weiner & Lourie, 1981), che le braccia dell'antropometro o le estremità del calibro poggino sulla superficie delle coste e non tra gli spazi intercostali.

Altro punto oggetto di discussione è l'entità della pressione da applicare ai tessuti. Molti preferiscono un contatto leggero dello strumento senza compressione dei tessuti molli (Olivier, 1969; Weiner & Lourie, 1981). L'approccio alternativo, una forte pressione sulla costa con compressione dei tessuti molli, è spesso definito "diametro toracico/ampiezza toracica- (riferito all' osso)", in quanto la misura esprime realmente una distanza tra superfici ossee (Garrett & Kennedy, 1971). L'ampiezza e il diametro del torace sono frequentemente misurati a livello del capezzolo, con gli angoli inferiori della scapola utilizzati quali punti di riferimento posteriori (Garret & Kennedy, 1971). Questa tecnica è ovviamente improponibile, per la variabilità di localizzazione del capezzolo, nel sesso femminile.

Perciò nelle donne, e talora in entrambi i sessi, la quarta articolazione sterno-costale è usata come punto di riferimento (Comas, 1960; Hertzberg, 1968; Hrdlicka, 1920; Olivier 1969; Weiner & Lourie, 1981). Altri operatori hanno effettuato la misurazione a livello xifoideo, a livello dell'apice dell'ascella, o a livello del punto dove si otteneva la massima lettura (Frisancho & Baker, 1970; Garret & Kennedy, 1971; Montagu, 1960; Olivier, 1969).

Le variazioni cui vanno soggetti diametro e profondità del torace nel corso dei movimenti respiratori costituiscono un problema per la loro misurazione. Alcuni Autori le misurano in espirazione ed inspi-

razione massima e fanno una media dei due valori (Frisancho, 1967; Montagu, 1960). Altri le misurano una volta soltanto in espirazione (Olivier, 1969; Weiner & Lourie, 1981) o in ispirazione massima (Laubach et al., 1977).

#### AFFIDABILITÀ

Cameron (1978) classifica la profondità del torace nella categoria delle misure "di media consistenza", con un coefficiente di variabilità dell'1.9%.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Malina et al., 1973

Morris et al., 1980

Snyder et al., 1975

##### *Adulti*

Borkan et al., 1981

#### DIAMETRO BILIACO

(*Sinonimi: diametro bicristale, diametro biliocristale, diametro pelvico trasversale, diametro pelvico*)

#### TECNICA CONSIGLIATA

Per la sua misura è richiesto un antropometro a barre diritte. L'operatore è situato dietro le spalle del soggetto: ciò facilita la palpazione dei punti di repere. I piedi del soggetto sono distanziati di 5 cm per evitare oscillazioni del corpo; le braccia, che devono essere allontanate dall'area di misurazione, vengono di regola incrociate e appoggiate sul torace (Figura 10). Le estremità dell'antropometro vengono portate in contatto con le creste iliache dei due lati: in questo modo si ha la certezza di registrare il diametro massimo della pelvi. L'antropometro viene inclinato in avanti con ferma pressione per un angolo di 45°. La misura ottenuta viene



Figura 10 Posizionamento dell'antropometro per la misurazione del diametro biliaco

approssimata al più vicino 0.1 cm (Figura 10). Durante l'infanzia il diametro biliaco deve essere misurato con il soggetto in posizione supina.

#### FINALITÀ

Il diametro biliaco è frequentemente utilizzato come indice della taglia corporea ed è una misura frequente del diametro della pelvi.

#### LETTERATURA

Si raccomanda in genere che il soggetto assuma la posizione eretta con i calcagni uniti e le braccia piegate o abdotte. In bambini troppo giovani per mantenere la posizione eretta, si procederà ad una misurazione in posizione supina. Vi è disparità di vedute in letteratura per quanto concerne l'entità della pressione che deve essere applicata ai tessuti nel corso della misurazione (Cameron, 1978). Molti Autori asseriscono che la pressione da applicare allo strumento deve essere maggiore di quella applicata nel caso del diametro biacromiale, considerato il maggiore contenuto di grasso della pelvi, soprattutto nelle donne (Behnke & Wilmore, 1974; Cameron, 1978; Harrison et al., 1964; Weiner and Lourie, 1981). La misurazione è difficile nei soggetti obesi. Olivier (1969) asserisce che la pressione applicata deve essere tale da non produrre compressione dei tessuti molli, ma la misura così ottenuta non è più attendibile. Il calibro viene preferenzialmente applicato ad un angolo di 45° dall'alto in basso, per separare e comprimere i tessuti (Cameron, 1978; Ross & Marfell-Jones, 1983; Weiner & Lourie, 1981). Molti Autori effettuano la misurazione posteriormente (Cameron, 1978; Weiner & Lourie, 1981), ma Ross e Marfell-Jones (1983) lo fanno anteriormente, soluzione da essi preferita in modo particolare nell'obeso.

#### AFFIDABILITÀ

Nei bambini, gli errori tecnici intra- ed inter-operatore variano tra 0.1 e 0.6 cm (Buschang, 1980; Malina, 1968; Meleski, 1980; Zavaleta, 1976). In adulti in cui la misura è stata replicata a 5 anni a di distanza dalla prima, la correlazione con quella primitivamente effettuata è stata di 0.85. (Friedlander et al., 1977). In ragazzi delle scuole superiori soggetti alla stessa misurazione nello stesso giorno, è stata trovata una correlazione di 0.97 (Wilmore & Behnke, 1969). Chumlea et al. (1984b) riportano un errore tecnico di misurazione di 0.29 cm in maschi anziani, di 0.29 in donne anziane e di 0.38 cm in soggetti adulti. La deviazione standard della popolazione è compresa tra 1.6 e 1.7 cm (Friedlander et al., 1967). Quindi, il rapporto tra la varianza dell'errore tecnico

e quello della varianza della popolazione, indice della grandezza relativa della varianza dell'errore (Martorell et al., 1975), è basso. Sembra dunque che la misura della cresta biliaca presenti un elevato grado di riproducibilità e affidabilità. Meredith e Spurgeon (1980) consigliano di ripetere la misurazione qualora la differenza tra le misure effettuate da differenti operatori superi gli 0.3 cm. Più ampio è il "limite di tollerabilità" assunto da Chumlea et al. (1984b): 1.0 cm.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Demirjian & Jenicek, 1972

Roche & Malina, 1983

Simmons, 1944

##### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978

Snow et al., 1975

## DIAMETRO BITROCANTERICO

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il diametro bitrocantero corrisponde alla distanza tra i due punti più laterali dei grandi trocanteri del femore (Figura 11). La sua misurazione richiede un antropometro ad ampie braccia. Il soggetto è in posizione eretta con i calcagni uniti e le braccia piegate sul torace; l'operatore è situato posteriormente ad esso. Ad essere misurata è la distanza massima intertrocanterica (Figura 11). Se la misura viene assunta quale indice della taglia corporea, allora la pressione esercitata deve essere tale da produrre una compressione dei tessuti molli. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



Figura 11 Posizionamento dell'antropometro per la misurazione del diametro bitrocantero

**FINALITÀ**

Il diametro bitrocantero è meno frequentemente utilizzato di quelli biliaco o biacromiale come indice della taglia corporea. La batteria di misurazioni antropometriche proposta dall'International Biologic Program non include il diametro bitrocantero (Weiner & Lourie, 1981). Se il fine dello studio è la definizione di una distanza interossea, come per la taglia corporea, allora è necessario esercitare una ferma pressione.

**LETTERATURA**

Alcuni misurano l'altezza bitrocantera anteriormente, altri posteriormente. Unico motivo di discussione in letteratura è l'entità della pressione da esercitare.

**AFFIDABILITÀ**

Nei bambini l'errore tecnico di misurazione intra ed inter-operatore oscilla tra 0.1 e 0.3 cm (Buschang, 1980; Malina, 1968; Meleski, 1980). Il coefficiente di correlazione test-retest per misure appaiate rilevate nello stesso giorno è stato di 0.97 in maschi delle scuole superiori (Wilmore & Behnke, 1969). Behnke e Wilmore (1974) asseriscono che i diametri biacromiale, biliaco e bitrocantero possono essere misurati con un alto grado di affidabilità, dal momento che approssimano una distanza interossea, se i tessuti molli sono compressi. Questo riduce la variabilità di misure successive ed aumenta la precisione. In soggetti obesi e in tutti i casi in cui si applichi una pressione minima, la precisione da aspettarsi è minore.

**FONTI BIBLIOGRAFICHE***Bambini*

Roche & Malina, 1983

*Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978

**DIAMETRO DEL GINOCCHIO****TECNICA CONSIGLIATA**

Il diametro del ginocchio corrisponde alla distanza tra gli epicondili mediali e laterali del femore, ovvero i margini laterali e mediali più esterni dei condili femorali (Figura 12). Il soggetto è seduto e la gamba da misurare è flessa di 90° rispetto al ginocchio (Figura 13). In alternativa, a soggetto in posizione eretta, la gamba viene flessa di 90° sui glutei e di 90° sul ginocchio, il piede essendo appoggiato su una superficie la cui altezza è stata op-



**Figura 12** Individuazione delle facce laterali dei condili femorali

portunamente regolata (Figura 12). L'operatore si trova di fronte al soggetto. Utilizzando un calibro



**Figura 13** Posizione del soggetto (seduto) per la misurazione del diametro del ginocchio

scorrevole o estensibile, egli muove le barre o le estremità dello strumento con il pollice e l'indice di ciascuna mano ed applica lo strumento in diagonale dall'alto in basso ed in direzione del soggetto. Quindi, con il dito indice o medio della mano sinistra, procede alla palpazione dell'epicondilo laterale e, con lo stesso dito della mano destra, a quella dell'epicondilo mediale. I punti più esterni dei due epicondili vengono così localizzati e le barre o i margini dello strumento ad essi applicati. Esercitando una ferma pressione, la misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm e registrata (Figura 14). Si osservi che questa misurazione non



deve essere necessariamente effettuata in un piano orizzontale.



**Figura 14** Posizionamento del calibro per la misurazione del diametro del ginocchio

#### FINALITÀ

Il diametro del ginocchio è comunemente utilizzato quale indice della taglia corporea o della massa scheletrica (Matiegka, 1921; Von Döbeln, 1964). Esso è peraltro meno utile di quello del gomito o del polso nella predizione della massa scheletrica, probabilmente perché a questo livello si ha una maggiore interferenza dei tessuti molli con la misurazione (Martin, 1984). Il diametro del ginocchio è inoltre utilizzato per la definizione antropometrica del somatotipo, specialmente per la componente muscolo-scheletrica (Heath & Carter, 1967; Parnell, 1954).

#### LETTERATURA

Vi è accordo generale sulla tecnica di misurazione. La flessione del ginocchio sulla gamba minimizza l'errore dovuto all'interferenza dei tessuti molli.

#### AFFIDABILITÀ

Nei bambini, l'errore tecnico intra- ed inter-operatore oscilla tra 0.1 e 0.2 cm (Buschang, 1980; Meleski, 1980; Malina, 1968; Zavaleta, 1976). L'affidabilità intraoperatore rilevata in un piccolo campione ( $n = 21$ ) è molto alta ( $r = 0.99$ ; Martin, 1986). In maschi delle scuole superiori, Wilmore e Behnke riportano una correlazione di 0.97 per misure effettuate lo stesso giorno.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Roche & Malina, 1983  
Zavaleta, 1976

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Clauser et al., 1972

## DIAMETRO DELLA CAVIGLIA (O BIMALLEOLARE)

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il calibro per la misurazione del diametro della caviglia può essere scorrevole o estensibile. I piedi del soggetto poggiano, nudi, su di una superficie piana e distano l'uno dall'altro 6 cm circa, il peso essendo egualmente distribuito su di essi. La loro superficie d'appoggio dovrebbe essere sopraelevata per facilitare la misurazione e la lettura del valore (Figura 15). Quando vi sia spazio sufficiente per il calibro, è preferibile effettuare la misurazione posteriormente alla caviglia; se esso è insufficiente, la misurazione può essere comunque effettuata anteriormente.

La distanza da misurare è quella massima tra la superficie più mediale del malleolo mediale e quella più laterale del malleolo laterale, nello stesso piano orizzontale. Tale distanza è orizzontale, anche se il piano passante per i punti mediale e laterale è in realtà obliquo, essendo il malleolo laterale situato postero-inferiormente rispetto a quello mediale. Il diametro della caviglia è misurato con la barra orizzontale del calibro estensibile perpendicolare all'asse longitudinale del piede e nei pressi della superficie d'appoggio; le barre del calibro sono orientate dal basso in alto per un angolo di  $45^\circ$  perché possano in-



**Figura 15** Posizionamento del calibro a scorrimento per la misurazione del diametro della caviglia

contrare entrambi i malleoli agli appropriati siti di misurazione (Figura 15). Se viene utilizzato un calibro estensibile, la linea tra i margini deve essere perpendicolare all'asse longitudinale del piede (Figura 16). Poiché la misura va intesa come "scheletrica", è necessaria l'applicazione di una pressione sufficiente a comprimere i tessuti molli. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

In bambini ed altri soggetti incapaci di mantenere la posizione appropriata, la misura verrà effettuata in posizione supina, con le ginocchia flesse ma con le piante dei piedi comunque poggianti sull'apposita superficie.



**Figura 16** Posizionamento del calibro a scorrimento per la misurazione del diametro della caviglia

#### FINALITÀ

Il diametro della caviglia è stato proposto quale indice della taglia corporea. Rappresentando il diametro di un articolazione che sorregge il peso del corpo, esso è importante nell'interpretazione della relazione peso-statura in quanto correlato con la massa magra ma non con quella grassa (Himes & Bouchard, 1985).

#### LETTERATURA

Il diametro della caviglia può essere misurato con un calibro a scorrimento o con un antropometro. L'uso del calibro estensibile è sconsigliabile per la difficoltà di posizionamento al corretto livello. Alcuni "pionieri" di questa misurazione raccomandano la posizione eretta, con i calcagni uniti; in realtà è oggi appurato che questa posizione rende meno agevole la misurazione. Alcuni Autori hanno misurato il diametro della caviglia con il soggetto seduto su di una tavola (Weiner & Lourie, 1981).

Il diametro è stato inoltre descritto come la minima distanza prossimale ai malleoli, ma i suoi valori differiscono notevolmente da quelli ottenuti con la procedura consigliata.

#### AFFIDABILITÀ

L'errore tecnico intraoperatore registrato nel corso del III ciclo dell'U.S. Health Examination Survey è stato di 0.92 mm, con una differenza media tra le replicazioni di 0.97 mm; i valori corrispondenti per l'errore interoperatore sono stati di 1.71 e 1.86 mm, rispettivamente (Malina et al., 1973). Un coefficiente di affidabilità interclasse di 0.94 è stato riportato per misure ripetute del diametro della caviglia (Himes & Bouchard, 1985).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Roche & Malina, 1983

Schutte, 1979

##### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978

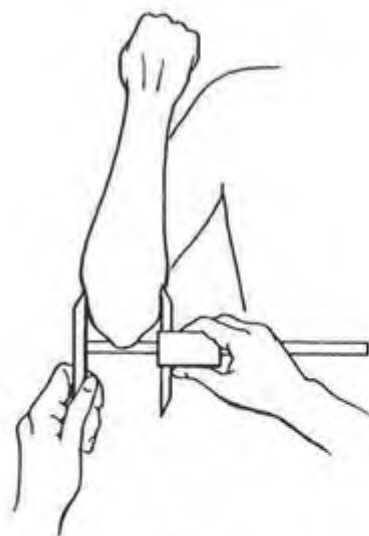
Clauser et al., 1972

Hertzberg et al., 1963

## — DIAMETRO DEL GOMITO

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il diametro del gomito corrisponde alla distanza tra gli epicondili omerali. La sua misura richiede un calibro scorrevole ad ampie barre o un pic-



**Figura 17** Misurazione del diametro del gomito a livello degli epicondili omerali

colo calibro estensibile (Figura 17). Il soggetto solleva il braccio destro fino a portarlo nel piano orizzontale, quindi flette il gomito di  $90^\circ$  in modo che il dorso della mano guardi in avanti.

L'operatore si pone di fronte ad esso e ricerca con la palpazione gli epicondili mediale e laterale dell'omero (Figura 18). Se viene utilizzato un calibro a scorrimento, esso deve essere applicato avendo cura di orientarne le estremità dall'alto in basso sulla bisettrice dell'angolo retto formato alla destra del gomito.



**Figura 18** Identificazione degli epicondili omerali

Il calibro deve formare un piccolo angolo con gli epicondili, piuttosto che essere parallelo ad essi, dal momento che l'epicondilo mediale è situato distalmente a quello laterale.

Se viene utilizzato un calibro estensibile, i suoi margini devono essere sistemati sugli epicondili mediali



**Figura 19** Posizionamento del calibro a scorrimento per la misurazione del diametro del gomito

e laterali. L'operatore esercita una ferma pressione per evitare che i tessuti molli interferiscano con la misurazione (Figura 19). La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

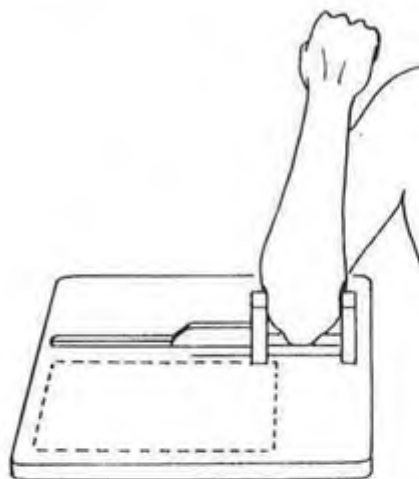
Il diametro del gomito è un indice della massa scheletrica ed è stato usato come misura della taglia corporea (Frisancho, 1984).

#### LETTERATURA

Poiché il diametro del gomito è una misura di tipo "scheletrico", una ferma pressione deve essere esercitata nel corso della sua misurazione per aversi una compressione dei tessuti molli. I calibri a barre piane sono da preferirsi a quelli estensibili dal momento che le estremità di questi ultimi tendono a "scivolare" dai margini ossei. Frisancho (1986) ha prodotto uno strumento di misurazione del diametro del gomito costituito da un basamento fisso e da un sistema di misurazione mobile (Figura 20)

#### AFFIDABILITÀ

Nei bambini, gli errori tecnici intra- ed inter-operatore corrispondono a circa 0.1 cm (Buschang, 1980; Malina et al., 1972; Malina, 1978; Meleski, 1980; Zavaleta, 1976)



**Figura 20** Misurazione del diametro del gomito con una tavola fissa

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Johnson et al., 1981  
Frisancho, 1986

*Adulti*  
Frisancho & Flegel, 1983;  
Frisancho, 1984

## DIAMETRO DEL POLSO

### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto, che si trova in posizione eretta, flette l'avambraccio di 90° sul gomito, tenendo il braccio in posizione verticale e vicino al torace. L'operatore è in piedi davanti al soggetto. Muovendo le estremità di un calibro estensibile con il pollice e l'indice di una mano, questi procede a palpare il margine più mediale del processo stiloideo dell'ulna con il dito medio o indice della mano opposta e porta il margine destro del calibro al suo livello (Figura 21). La prono-supinazione della mano facilita



Figura 21 Identificazione del margine mediale del processo stiloideo dell'ulna e del margine laterale di quello radiale per la misurazione del diametro del polso

l'identificazione dei processi stiloidei ulnare e radiale. Il margine più laterale del processo stiloideo del radio viene localizzato con il dito medio o indice della mano sinistra: questo dito deve procedere prossimalmente



Figura 22 Posizionamento del calibro a molla per la misurazione del diametro del polso

a partire dallo spazio tra l'estensore lungo e l'abducente lungo del pollice (la "tabacchiera" anatomica). In alternativa, con un calibro a scorrimento si può misurare la distanza tra i margini ossei di cui sopra. Una ferma pressione deve essere applicata nel corso della misurazione. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

### FINALITÀ

Il diametro del polso è utilizzato come indice della massa scheletrica e della taglia corporea. Esso è stato incluso in equazioni per la predizione della massa scheletrica (Matiegka, 1921; Von Döbeln, 1964). Nel Brussels Cadavery Study, esso si è rivelato la dimensione meglio correlata con la massa scheletrica ( $r = 0.88$ ; Clarys et al., 1984). Il suo valore di predittore della massa scheletrica è confermato da studi che dimostrano la sua scarsa correlazione con il grasso corporeo (Himes & Bouchard, 1985).

### LETTERATURA

La piccola area di contatto del tradizionale calibro estensibile ne rende difficile il posizionamento sui siti di misurazione. Le larghe barre piane di un calibro da ingegnere appositamente adattato (Carter, 1980) consentono, invece, un accurato posizionamento dello strumento e, con l'applicazione di una pressione idonea, non scivolano facilmente. Si osservi comunque che la scala di questo strumento è difficile da leggere. Un prototipo di questo calibro si è dimostrato soddisfacente, ma esso è costoso e non è stato sino ad oggi prodotto in quantità significativa (Ross & Marfell-Jones, 1983). La standardizzazione del posizionamento del polso è particolarmente importante dal momento che il diametro di quest'articolazione include quello di due ossa. L'avambraccio dovrebbe trovarsi a mezza via tra la pronazione e la supinazione, con il dorso della mano rivolto verso l'operatore.

### AFFIDABILITÀ

Dati limitati propendono per una notevole affidabilità del diametro del polso, con un coefficiente di correlazione intraoperatore di  $r = 0.994$ ;  $n = 16$  (Martin, 1986). Una correlazione test-retest di 0.96 è stata riportata in maschi delle scuole medie superiori per misure appaiate effettuate lo stesso giorno.

### FONTI BIBLIOGRAFICHE

#### *Bambini*

Huenneman et al., 1974

#### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Hertzberg et al., 1963

## Capitolo 4

### Circonferenze

C. Wayne Callaway — William Cameron Chumlea — Claude Bouchard — John H. Himes — Timothy G. Lohman — Alan D. Martin — Carol D. Mitchell — William H. Mueller — Alex F. Roche e Vernon D. Seefeldt

#### GENERALITÀ

Le circonferenze corporee esprimono le dimensioni trasversali dei vari segmenti corporei. Sia che esse siano utilizzate da sole o congiuntamente a circonferenze di altri livelli o pliche dello stesso livello, esse sono indici di crescita, dello stato nutrizionale e della distribuzione della massa grassa. Per bambini in età inferiore ai 6 anni, la circonferenza del capo è un'indice di crescita cerebrale, ed il rapporto tra la circonferenza del capo e quella del torace è una misura indiretta dello stato nutrizionale. Per il periodo della vita compreso tra l'ultima infanzia e l'età adulta, le circonferenze degli arti, unitamente alle pliche dello stesso livello, consentono una stima delle aree trasversali di tessuto adiposo o del sottostante "muscolo più osso". Quando vengano calcolate con formule apposite, queste aree possono essere utili per la quantificazione ed il monitoraggio dei tessuti adiposo e muscolare in corso di terapia nutrizionale o riabilitazione fisica. I rapporti tra circonferenze specifiche del tronco e degli arti possono essere utilizzati come indici di valutazione della distrettualità del tessuto adiposo.

Nelle pagine che seguono vengono descritte le tecniche di misurazione specifiche per le circonferenze di capo, collo, torace, vita, addome, fianchi, coscia, polpaccio, caviglia, braccio, avambraccio e polso. Queste tecniche hanno alcuni importanti punti in comune. Innanzitutto esse richiedono l'utilizzo di un metro di misurazione. Il metro dovrebbe essere flessibile e anelastico, con un regolo largo circa 0.7 cm (ad es. metrico decimale o inglese) impresso su di un lato. Per la misura della circonferenza del polso, il metro deve essere stretto a sufficienza da entrare nella depressione situata tra i processi stiloidei dell'ulna, del radio ed i carpi.

Molti metri sono forniti di un meccanismo retrattile attivabile con la pressione di un bottone.

Nel caso si utilizzi uno di questi metri per la misurazione delle circonferenze corporee, ci si deve accettare che la tensione di retrazione del metro non interferisca con la misurazione. Alcuni metri sono concepiti in modo tale che la tensione di retrazione interferisce necessariamente con la misurazione: questi metri non sono raccomandati per la misurazione delle circonferenze per le quali la tensione esercitata dovrebbe essere minima.

Le circonferenze devono essere rilevate con l'estremità del metro corrispondente allo zero nella mano sinistra e posta sopra alla parte restante del metro tenuto nella mano destra. Variazioni intra- ed inter-operatore nel posizionamento dell'estremità zero del metro possono compromettere l'affidabilità della misurazione. Il posizionamento del metro è importante per ogni circonferenza in quanto in grado di influenzare la validità e l'affidabilità della misura. Per ogni circonferenza, eccetto quella del capo e del collo, il piano del metro intorno al corpo deve essere perpendicolare all'asse longitudinale di quella regione corporea. Per quelle circonferenze usualmente misurate a soggetto in posizione eretta (torace, vita, addome, fianchi, coscia, polpaccio, caviglia, braccio ed avambraccio), il piano del metro deve essere pure parallelo al pavimento. La circonferenza del capo è misurata come dimensione trasversale massima, quella del collo come minima.

Le tecniche di misurazione delle circonferenze in posizione supina vengono illustrate nel capitolo 8. La pressione applicata al metro influenza la validità e l'affidabilità della misurazione. Per la circonferenza del capo, essa deve essere tale da produrre compressione dei capelli e dei tessuti molli della regione; per tutte le altre circonferenze la

pressione non deve essere tale da sortire questo effetto. Per queste circonferenze, l'operatore deve accertarsi che il metro non produca depressioni cutanee. Per le circonferenze di torace, polpaccio e braccio, potrebbero occasionalmente osservarsi depressioni tra il metro e la cute. Se la depressione è ampia, è opportuno annotarlo accanto alla misura, ma in molti casi essa è ridotta e trascurabile. Si sconsiglia di ridurre la depressione aumentando la tensione del metro.

Le circonferenze sembrano essere misure di facile rilevazione, ma i controlli dell'affidabilità intra ed inter-operatore possono essere difficili. La scarsa affidabilità è da imputare in primo luogo all'errato posizionamento del metro ed alla variazione della tensione dello strumento nel corso di differenti misurazioni. Alcuni errori di misurazione della circonferenza del tronco potrebbero essere dovuti ad un suo rilevamento in fasi differenti della respirazione. I limiti accettabili di variabilità tra le differenti misure sono riportati, per soggetti normali, in Tabella 1. Se i limiti sono superati per almeno due delle misure rilevate da uno o più operatori, è opportuno procedere ad un ulteriore rilevamento della circonferenza. Limiti differenti dalla norma, potrebbero dovere essere considerati per particolari stati di patologia.

Tabella 1 Limiti intra- ed inter-operatore per le circonferenze

Circonferenze	Limite (cm)
Testa	0.2
Collo	0.3
Torace	1.0
Cintura	1.0
Addome	1.0
Glutei	1.0
Coscia	0.5
Polpaccio	0.2
Caviglia	0.2
Braccio	0.2
Avambraccio	0.2
Polso	0.2

## CIRCONFERENZA DELLA TESTA

### TECNICA CONSIGLIATA

In età infantile essa viene misurata con il soggetto sul grembo della madre; in età maggiore è misurata con il soggetto in posizione eretta, ma pochi bambini in età inferiore ai 36 mesi saranno in grado di mantenere questa posizione. Per la misurazione viene utilizzato un metro non estensibile lar-

go circa 0.6 cm. L'operatore si pone alla sinistra del lattante e posiziona il metro in modo che lo zero si trovi sulla parte laterale del capo (Figura 1). La misurazione comporta il passaggio del metro intorno alla testa e il suo successivo trasferimento da una mano all'altra, di modo che l'estremità zero venga a trovarsi proprio sotto al valore che verrà registrato. Il metro va sistemato in modo tale che il minimo spessore possibile di capigliatura interferisca con la misurazione. Anteriormente, esso è sistemato appena sopra ai sopraccigli e posteriormente in modo tale da misurare la circonferenza massima. Il metro viene stirato per comprimere i capelli ed avere una misura che "approssimi" quella della circonferenza del cranio. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



Figura 1 Misurazione della circonferenza della testa

### FINALITÀ

La circonferenza della testa è una componente standard dell'antropometria infantile per via della sua stretta correlazione con le dimensioni ed il peso del cervello (Cooke et al., 1977). Dopo i 36 mesi di età, la crescita della circonferenza del capo avviene più lentamente per quanto il peso del cervello aumenti di circa il 30% dopo questo periodo. Questa circonferenza dovrebbe essere misurata anche nei genitori di quei bambini in cui essa risulti anormale dal momento che esiste una stretta correlazione tra la circonferenza del capo dei genitori e quella della loro progenie e sono disponibili equazioni di correzione (Illingworth & Eid, 1971).

### LETTERATURA

Vi è accordo generale per quanto concerne la tecnica di misurazione, con l'eccezione, peraltro, dell'entità della pressione da esercitare nel corso della misurazione. Le misure rilevate con un metro largo 0.6

cm sono più piccole di circa 0.5 cm di quelle rilevate con uno largo 2 cm (Karlberg et al., 1976)

#### AFFIDABILITÀ

Nel Fels Longitudinal Study le differenze interoperatore risultarono piccole ed indipendenti dall'età, con un errore tecnico di 0.09 mm e coefficienti di variazione di 0.02 (Roche et al., 1978). Wilmore e Behnke (1969) riportano una correlazione test-retest di 0.96 per misure di giovani uomini replicate ad un giorno di distanza.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Nellhaus, 1968  
Roche & Himes, 1980  
Roche et al., 1987

##### *Adulti*

Churchill et al., 1977  
White & Churchill, 1971

### CIRCONFERENZA MINIMA DEL COLLO

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto si trova in posizione eretta con la testa nel Piano orizzontale di Francoforte. Il collo è scoperto (Figura 2). L'operatore, in piedi e alla sinistra del soggetto, applica un metro anelastico auto-retraente appena al di sotto della prominente della laringe (Pomo d'Adamo; Figura 2). La circonferenza minima del collo viene approssimata al più vicino 0.1 cm, con il metro perpendicolare all'asse longitudinale del collo. Il metro non deve essere



Figura 2 Misurazione della circonferenza minima del collo

necessariamente orizzontale. La sua estremità zero dovrebbe essere posizionata al di sotto del valore da registrare. La pressione esercitata dal metro sul collo dovrebbe essere minima, pur con un com-

pleto contatto. La misura dovrebbe essere effettuata in meno di 5 secondi per evitare fastidi al soggetto.

#### FINALITÀ

La circonferenza minima del collo può essere utilizzata negli studi della crescita, performance motoria ed atletica, obesità ed in età geriatrica. Questa dimensione può avere utili applicazioni in Medicina e Bioingegneria.

#### LETTERATURA

Vi è accordo generale sul fatto che la circonferenza minima del collo debba essere misurata con la testa nel piano orizzontale di Francoforte ed allo stesso modo nel bambino e nell'adulto. È stato raccomandato di misurare la circonferenza minima del collo con il soggetto in posizione eretta (Behnke & Wilmore, 1974), ma altri hanno raccomandato la posizione seduta (Anthropology research project, 1978). Nell'Anthropometric Source Book dell'Anthropology Research Project (1978), la misura viene definita come la "circonferenza massima del collo in un punto appena inferiore alla prominente della cartilagine tiroidea" (Volume I: Anthropometry for Designers) e più avanti come "la circonferenza massima del collo, incluso il Pomo d'Adamo" (Volume II: A Handbook of Anthropometric Data). Wilmore & Behnke (1969) suggeriscono di misurare questa circonferenza "appena al di sotto della laringe". Molti hanno misurato la circonferenza ad angolo retto con l'asse longitudinale del collo, come raccomandato, ma altri hanno descritto misurazioni "effettuate nel piano orizzontale, appena al di sotto del livello della cartilagine tiroidea" (Weiner & Lourie, 1981)

#### AFFIDABILITÀ

Pochi dati sono disponibili al riguardo. Wilmore & Behnke (1969) riportano, in base ai dati test-retest di maschi delle scuole superiori, che la circonferenza del collo è una misura affidabile, con un coefficiente di variazione interclasse di 0.95. Gavan (1950) asserisce che la misura è di media affidabilità.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Pieper & Jurgens, 1977  
Snyder et al., 1975

##### *Adulti*

Clauser et al., 1972  
White & Churchill, 1971

## CIRCONFERENZA DELLE SPALLE

### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto, vestito in modo tale che gli appropriati punti di riferimento possano essere localizzati con facilità, è in posizione eretta: la testa guarda in avanti, il peso è egualmente distribuito su entrambi i piedi, distanti circa 5 cm; le spalle sono in basso e le braccia ai lati (Figura 3). La misura viene effettuata alla fine di una normale espirazione. Si può ottenere ciò invitando il soggetto a contare fino a 10 nel corso della misurazione. Il metro viene pos-



**Figura 3** Posizione del soggetto per la misurazione della circonferenza delle spalle

sizionato sopra la protuberanza massima del muscolo deltoide, sotto a ciascun acromion (Figura 4). Uno specchio o l'intervento di un secondo operatore consentono di controllare il corretto posizionamen-



**Figura 4** Misurazione della circonferenza delle spalle

to del metro. Il metro è in contatto stretto con la cute ma non comprime i tessuti molli. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

### FINALITÀ

La circonferenza della spalla è un indice dello sviluppo muscolare delle regioni della spalla e del distretto toracico superiore. Poiché lo sviluppo della muscolatura deltoidea è proporzionale alla massa magra, questa circonferenza potrebbe essere un utile indicatore delle variazioni di quest'ultima ascrivibili ad uno strenuo allenamento. Essa è importante negli studi di ingegneria umana ed educazione fisica.

### LETTERATURA

Alcuni ricercatori hanno definito punti di riferimento ossei anziché muscolari (protuberanza massima del deltoide). Ma poiché la misura di una circonferenza viene effettuata con l'intento di stimare la quantità di tessuti molli, la scelta di un sito muscolare è da ritenersi più appropriata. Inoltre, a differenza delle misure scheletriche, la circonferenza della spalla è misurata con una piccola pressione e senza compressione della cute (Behnke & Wilmore, 1974). Quando si segua la tecnica raccomandata, il metro passa anteriormente sopra la seconda giunzione condro-sternale.

È più facile effettuare la misurazione alla fine di una normale espirazione che in altre fasi del ciclo respiratorio e la variabilità è inoltre minore.

### AFFIDABILITÀ

Nessun dato è disponibile al riguardo.

### FONTI BIBLIOGRAFICHE

#### *Bambini*

Huenemann et al., 1974

#### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978

## CIRCONFERENZA DEL TORACE

### TECNICA CONSIGLIATA

Per la misura della circonferenza del torace è richiesto un metro anelastico altamente flessibile non più largo di 0.7 cm. Il soggetto si trova in posizione eretta naturale; i piedi sono allargati quanto le spalle e le braccia addotte così da permettere il passaggio del metro attorno al torace. Quando il metro è stato sistemato, le braccia vengono abbassate nella loro posizione naturale ai la-



ti del tronco. Il torace dovrebbe essere scoperto con l'eccezione delle donne che possono indossare un reggiseno. La circonferenza del torace viene misurata a livello della quarta articolazione sterno-costale (Figura 5). Questa corrisponde lateralmente alla sesta costa. La misurazione viene effettuata in un piano orizzontale, alla fine di una normale espirazione.

La quarta articolazione sterno-costale viene localizzata, da ambo i lati, con una tecnica di palpazione bimanuale nella quale l'operatore piazza il dito indice sulla superficie anteriore della clavicola, mentre il pollice procede a localizzare il primo spazio intercostale. Il dito indice rimpiazza il pollice quando questo viene abbassato al secondo

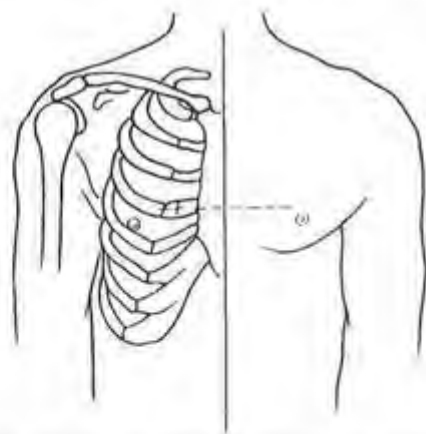


Figura 5 Livello della quarta articolazione sterno - costale per la misurazione della circonferenza del torace

spazio intercostale. Si procede in questo modo fino a quando non si è localizzata la quarta costa. Medialmente alla quarta costa e alla relativa cartilagine costale si trova la sua articolazione con lo sterno. Si marca quindi il livello della quarta articolazione sterno-costale. Alternativamente si può localizzare l'articolazione manubrio-sternale (*angolo di Luis*, n.d.t.), la cui proiezione anteriore, ben evidente, è situata a livello della seconda cartilagine costale. La terza e la quarta articolazione costo-sternale vengono poi localizzate sequenzialmente.

L'operatore si trova di fronte al soggetto ma appena lateralmente. Il metro è tenuto nella mano destra e la sua estremità libera viene fatta passare anteriormente al soggetto e recuperata dalla mano sinistra una volta che sia passata posteriormente. L'estremità libera del metro viene posizionata tra l'ascella destra e lo sterno. A questo punto, l'operatore si assicura che il metro sia nella corretta posizione orizzontale e porta l'estre-

mità libera in prossimità di quella zero (Figura 6). Il metro dovrebbe essere in leggero contatto con la cute. Il paziente non dovrebbe sudare perché ciò aumenterebbe la frizione tra il metro e la cute.



Figura 6 Misurazione della circonferenza del torace

#### FINALITÀ

Nei lattanti e nei bambini la circonferenza toracica è un indice di malnutrizione. Nei bambini e negli adulti, essa può essere utilizzata quale indice della taglia corporea.

#### LETTERATURA

Il metro dovrebbe essere suddiviso in unità metriche e identificare inequivocabilmente centimetri e millimetri. Dovrebbe esservi inoltre uno spazio libero tra la sua fine e l'estremità zero, a vantaggio di una migliore manovrabilità. I metri a molla sono sconsigliati perché potrebbero produrre deformazioni dei tessuti molli.

La circonferenza del torace è stata misurata a vari siti e durante varie fasi del ciclo respiratorio (Behnke & Wilmore, 1974; De Garay et al., 1974; Hrdlicka, 1920; Simmons, 1944; Weiner and Lurie, 1981). È stata considerata la possibilità di misurare la circonferenza del torace in inspirazione ed espirazione massima, per avere un indice di capacità respiratoria funzionale. Questa tecnica non è peraltro consigliata per l'uso generale in quanto non applicabile ai soggetti molto giovani ed anziani e richiedente tecniche di misurazione differenti da quelle raccomandate per altre dimensioni toraciche ed addominali.

Il punto di riferimento anatomico sulla superficie anteriore del torace più frequentemente menzionato è il capezzolo, che corrisponde approssimativamente al quarto spazio intercostale (Bailey, 1967; Behnke & Wilmore, 1974; De Garay et al., 1974; Osborne & De George, 1959; Ross & Marshall-Jones, 1982; Singh & Bhasin, 1968). Weiner e

Lourie consigliano di sistemare il metro a livello della terza e quarta articolazione sterno-costale, mentre Oliver (1960) raccomanda un livello superiore ai capezzoli.

Sulla superficie posteriore del torace, il metro incrocia gli angoli inferiori delle scapole o passa appena sotto ad essi (Bailey, 1967; De Garay et al., 1974; Singh & Bhasin, 1968). Si osservi che, quando il metro viene posizionato anteriormente sopra o a livello dei capezzoli e posteriormente sotto agli angoli inferiori delle scapole, il piano di misurazione diviene postero-inferiore. Quali punti di riferimento alternativi sono descritti in letteratura il processo xifoideo (Hrdlicka, 1920; Osborne & De George, 1959; Simmons, 1944) e l'ascella (Snyder et al., 1975). Ross et al. (1982) raccomandano di misurare la circonferenza del torace su di un piano orizzontale a livello medio-sternale senza utilizzare alcun punto di riferimento sulla superficie posteriore del torace.

La misurazione è stata effettuata in inspirazione ed espirazione massima (De Garay et al., 1974; Hrdlicka, 1920; Simmons, 1944), inspirazione ed espirazione normale (Weiner & Lourie, 1981) ed in una fase intermedia (Behnke & Wilmore, 1974).

#### AFFIDABILITÀ

I coefficienti di affidabilità interoperatore ed intermisurazione sono generalmente appena più piccoli di quelli delle misure degli arti ma comunque entro limiti accettabili. Weltman e Katch (1975) riportano coefficienti di correlazione intermisurazione ed interoperatore tra 0.94 e 0.99. Slaughter, Lohman e Boileau (1978) riportano coefficienti correlazione intermisurazione maggiori di 0.90 in bambini tra 7 e 12 anni.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Meredith, 1970  
Malina et al., 1973  
Slaughter et al., 1978

##### Adulti

Stoudt et al., 1970  
Weltman & Katch, 1975

## CIRCONFERENZA DELLA VITA

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto indossa pochi abiti così da facilitare il posizionamento del metro da parte dell'operatore. La misurazione non deve essere comunque effet-

tuata sopra vestiti di qualsiasi genere, a parte biancheria intima o vestiti/grembiuli di carta.

Il soggetto è in posizione eretta, l'addome è rilassato, le braccia pendono ai lati del corpo ed i piedi sono uniti. L'operatore, che si trova di fronte al soggetto, sistema un metro anelastico a livello della vita, la parte più stretta dell'addome (Figura 7). È richiesto l'aiuto di un secondo operatore il quale si accerti che il metro sia nel piano orizzontale. In alcuni soggetti obesi potrebbe essere difficile localizzare la circonferenza naturale della vita; in questi casi dovrebbe essere misurata la circonferenza orizzontale più piccola nell'area compresa tra le coste e la cresta iliaca. La misura dovrebbe essere effettuata alla fine di una espirazione normale, senza che il metro comprima la cute. Essa viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



Figura 7 Misurazione della circonferenza della vita

#### FINALITÀ

La circonferenza della vita è un indice del tessuto adiposo profondo (Borkan et al., 1983) ed è correlata alla massa magra (Jackson & Pollock, 1976). Quando utilizzata in forma di rapporto con la circonferenza della coscia o del fianco, la circonferenza della vita è un indice del grado di distribuzione androide del tessuto adiposo: quanto più alto è il rapporto vita/coscia o vita/fianco, tanto più androide è l'obesità e tanto maggiore il rischio di malattie come il diabete mellito di tipo II (Hartz et al., 1984; Krotkiewski et al., 1983). La circonferenza della vita è altamente correlata con il BMI (Kannel & Gordon, 1980), il quale è un indice di adiposità-magrezza.

La circonferenza della vita ha inoltre importanti applicazioni nell'ingegneria umana.

#### LETTERATURA

La circonferenza della vita viene usualmente misurata quale circonferenza minima addominale (Garrett & Kennedy, 1971). Alcuni misurano la "circonferenza della vita" a livello dell'ombelico, ma i valori così registrati sono maggiori.

#### AFFIDABILITÀ

L'errore tecnico di misurazione intra- ed inter-operatore in adolescenti è rispettivamente di 1.31 e 1.56 cm (Malina et al., 1973). L'errore tecnico di misurazione in età anziana è di 0.48 e 1.15 cm negli uomini e nelle donne rispettivamente (Chumlea et al., 1984b). Dunque, la "vera" misura oscillerebbe in molti casi tra  $\pm 1$  cm il valore misurato.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Huenneman et al., 1974  
Roche & Malina, 1983

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Stoudt et al., 1970

## CIRCONFERENZA ADDOMINALE

#### TECNICA CONSIGLIATA

Se il soggetto deve indossare dei vestiti, questi devono essere rappresentati esclusivamente dalla biancheria intima e da un vestito/grembiule di carta. L'operatore si trova di fronte ad un soggetto in posizione eretta, con le braccia ai lati del tronco ed i piedi uniti. La procedura di misurazione è la stessa già descritta per la circonferenza della vita, con l'eccezione che il metro viene sistemato in un piano orizzontale, in corrispondenza della maggiore estensione anteriore dell'addome. Questo livello corrisponde spesso, ma non sempre, a quello dell'ombelico (Figura 8). Per il posizionamento del metro attorno al soggetto è richiesto l'aiuto di un secondo operatore. Il metro è in contatto con la cute ma non ne produce compressione e la sua estremità zero viene a trovarsi sotto al valore da registrare. La misura viene effettuata alla fine di una normale espirazione ed approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

La circonferenza addominale, come quella della coscia, è un indice antropometrico del tessuto adiposo



Figura 8 Misurazione della circonferenza addominale

so sottocutaneo e profondo. Essa differisce dalla circonferenza della vita per essere la circonferenza massima dell'addome e, inoltre, per essere un migliore indice di adiposità. È probabile che la circonferenza della vita e quella addominale siano altamente correlate, per quanto il grado di questa correlazione non sia noto per il fatto che in molti studi viene registrata o l'una o l'altra dimensione.

#### LETTERATURA

La procedura consigliata è quella comunemente utilizzata (Behnke, 1963; Hertzberg et al., 1963; Huenneman et al., 1974; Wilmore & Behnke, 1969)

#### AFFIDABILITÀ

Wilmore e Behnke riportano un coefficiente di correlazione test-retest di 0.99 in giovani uomini tra misure replicate ad un giorno di distanza.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Huenneman et al., 1974

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Clauser et al., 1972  
Hertzberg et al., 1963

## CIRCONFERENZA DEI GLUTEI (O DEI FIANCHI)

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto, che indossa solo la biancheria intima ed

eventualmente un grembiule di carta al di sopra di essa, si trova in posizione eretta, con le braccia ai lati del corpo ed i piedi uniti. L'operatore s'inginocchia a lato del soggetto in modo da rilevare la circonferenza massima dei glutei, quindi sistema un metro anelastico a questo livello avendo cura di non comprimere la cute (Figura 9). È richiesto l'aiuto di un secondo operatore per posizionare il metro sul lato opposto. L'estremità zero del metro dovrebbe trovarsi al di sotto del valore che verrà registrato. Il metro è in contatto con la cute ma non ne produce deformazione. La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.



Figura 9 Misurazione della circonferenza dei glutei

#### FINALITÀ

La circonferenza dei glutei (o dei fianchi) è una misura delle dimensioni esterne della pelvi che riflette la quantità regionale di tessuto adiposo. Essa è più correttamente definita "circonferenza dei glutei" che non "circonferenza dei fianchi".

Il tessuto adiposo è in questa regione largamente sottocutaneo e correlato all'adiposità del distretto inferiore del corpo. Utilizzata congiuntamente alla circonferenza della vita, in forma di rapporto vita/fianchi, essa è un indice del tipo di distribuzione del tessuto adiposo sottocutaneo; il rapporto vita/fianchi è tipicamente basso nelle donne.

Questo tipo di distribuzione del tessuto adiposo è associato ad un minore rischio di diabete mellito negli uomini e nelle donne (Krotkiewski et al., 1983; Hartz et al., 1984). Inoltre, la circonferenza dei glutei trova applicazione nell'ingegneria umana.

#### LETTERATURA

Molti sono i modi in cui una circonferenza è stata misurata nella regione glutea (Garrett & Kennedy, 1971). Essi possono essere ridotti a due metodi di base, più un terzo, combinazione dei primi due.

Nel primo, la misura viene effettuata orizzontalmente a livello della massima estensione posteriore dei glutei, come raccomandato.

Nel secondo, la circonferenza viene misurata orizzontalmente a livello della maggiore estensione laterale dei fianchi, il punto di riferimento usuale essendo il grande trocantere.

Il livello dei glutei è da preferirsi a quello del trocantere perché è più facile da localizzare, meglio correlato al tessuto adiposo del distretto inferiore (Mueller & Wohlleb, 1981) e perché la circonferenza dei glutei è generalmente la circonferenza massima della regione del fianco in un piano orizzontale. In genere, il livello trocanterico è inferiore a quello della massima estensione posteriore dei glutei. Inoltre, quando la circonferenza è misurata a livello trocanterico, il metro tende a scivolare in basso sui glutei. In soggetti obesi, la parete addominale anteriore potrebbe essere pendente ed essere inclusa nella misurazione: ciò costituisce un potenziale problema con l'uno o l'altro dei due principali metodi di misurazione.

Alcuni Autori fanno passare il metro sia attorno all'area trocanterica che a quella dei fianchi (Montagu, 1960).

Con questa tecnica, la circonferenza, che viene misurata su di un piano obliquo, è peggio definita e soggetta a maggiori errori di misurazione. Nella letteratura epidemiologica, il metodo di misurazione della circonferenza dei fianchi è spesso omesso (Kalkhoff et al., 1983) o devia considerevolmente da quello consigliato. Alcuni hanno misurato questa circonferenza a livello della cresta iliaca, che è praticamente lo stesso della circonferenza della vita (Ohlson et al., 1985)

#### AFFIDABILITÀ

Pochi sono i dati disponibili al riguardo. In un National Survey di adolescenti degli Stati Uniti, l'errore tecnico di misurazione intra- ed inter-operatore è stato rispettivamente di 1.23 e 1.38 cm (Malina et al., 1973). Dunque, il valore reale oscillerà in generale tra quello determinato e  $\pm 1$ . Utilizzando una tecnica di misurazione leggermente differente, Behnke e Wilmore riportano una correlazione di 0.99 per misure replicate ad un giorno di distanza in giovani uomini.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Huenneman et al., 1974  
Roche & Malina, 1983

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Clauser et al., 1970  
White & Churchill, 1971

## CIRCONFERENZA DELLA COSCIA

### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto indossa un costume da bagno o vestiti di spessore ridotto che consentano all'operatore di localizzare con facilità i punti di repere. La misura delle circonferenze prossimale e distale richiede un metro soltanto, quella della circonferenza mediana, una matita ed una tavola.

Per la misura della circonferenza mediana, il soggetto poggia la pianta del piede sinistro sulla tavola in modo che il ginocchio venga flesso di circa 90°; alternativamente siede eretto con le ginocchia flesse di circa 90°. Ognuna di queste circonferenze viene misurata con il soggetto in posizione eretta, coi calcagni distanti 10 cm circa ed il peso egual-

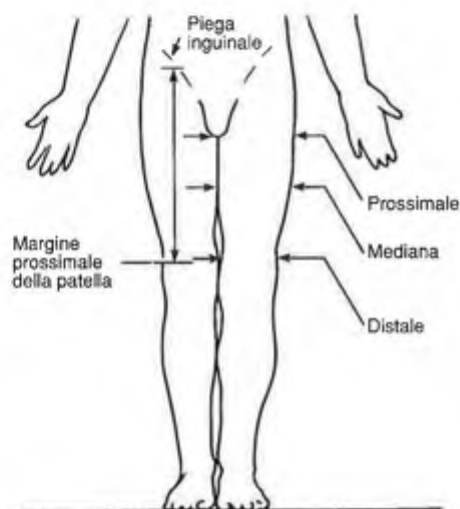


Figura 10 Le circonferenze della coscia (veduta anteriore)

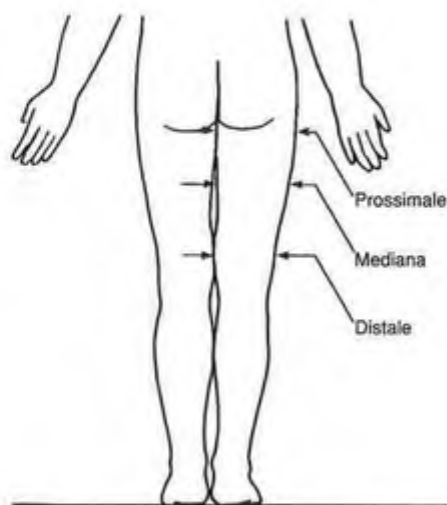


Figura 11 Le circonferenze della coscia (veduta posteriore)

mente distribuito sui piedi. I tre siti di misurazione sono riportati nelle Figure 10 e 11.

### CIRCONFERENZA PROSSIMALE DELLA COSCIA

Il metro viene fatto scorrere orizzontalmente attorno alla coscia, appena sotto al solco gluteo. Si osservi che quella così misurata potrebbe non essere la circonferenza massima della coscia (Figura 12).

### CIRCONFERENZA MEDIANA DELLA COSCIA

Il metro viene fatto scorrere orizzontalmente lungo la coscia a livello del sito di misurazione della plica omonima, ovvero al punto medio di una linea tracciata tra la piega inguinale ed il margine prossimale della rotula (Figura 13). Il margine prossimale della patella viene contrassegnato mentre il



Figura 12 Misurazione della circonferenza prossimale della coscia

soggetto estende il ginocchio. Il punto medio della piega inguinale è facile da localizzare (con un metro) se i fianchi sono leggermente flessi (Figura 14).

### CIRCONFERENZA DISTALE DELLA COSCIA

Il metro viene sistemato attorno alla coscia appena al di sotto degli epicondili femorali (Figura 15).



**Figura 13** Misurazione della circonferenza mediana della coscia



**Figura 14** Individuazione del livello di misurazione della circonferenza mediana della coscia



**Figura 15** Misurazione della circonferenza distale della coscia

Queste circonferenze vengono approssimate al più vicino 0.1 cm. Ciascuna è misurata con il me-

tro a contatto con la cute ma senza compressione dei tessuti molli. Nel bambino e nell'anziano, la misura può essere effettuata in posizione supina.

#### FINALITÀ

Le tre circonferenze della coscia possono facilitare la stima della densità corporea ed essere utili indicatori di adiposità. Le circonferenze della coscia, specialmente quella distale, sono importanti indicatori della atrofia muscolare.

#### LETTERATURA

La tecnica raccomandata per la circonferenza prossimale della coscia è quella di MacDougall et al. (1981). Alcuni ritengono che questa circonferenza vada misurata con i muscoli della coscia in contrazione massimale ma questo può ridurne l'affidabilità, specialmente nei bambini e negli anziani. La circonferenza mediana è stata misurata al punto medio di una linea tracciata tra il grande trocantere ed il margine prossimale della rotula. La piega inguinale è stata preferita al grande trocantere quale punto di riferimento prossimale perché può essere localizzata con maggiore precisione. La tecnica raccomandata per la circonferenza distale corrisponde a quella di Cameron (1978).

#### CRITERI DI SCELTA

La scelta della tecnica di misurazione per ciascuna di queste circonferenze è basata sull'accurato riconoscimento dei punti di riferimento. Inoltre, il punto di repere raccomandato per la circonferenza mediana corrisponde a quello della plica anteriore della coscia e perciò consente una stima dei tessuti regionali.

#### AFFIDABILITÀ

Wilmore & Bhenke riportano una correlazione di 0.99 tra le misure della circonferenza prossimale della coscia di giovani uomini replicate ad un giorno di distanza.

#### FONTE BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Huenneman et al., 1974 (prossimale)  
Metheny & Meredith, 1947 (prossimale)

##### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978 (prossimale, distale)

Clauser et al., 1972 (prossimale, distale)  
Hertzberg et al., 1963 (prossimale, distale)

#### **CIRCONFERENZA DEL POLPACCIO**

**TECNICA CONSIGLIATA**

Il soggetto siede su una tavola in modo che la gamba che deve essere misurata penda liberamente; alternativamente si pone in posizione eretta con i piedi a circa 20 cm di distanza ed il peso egualmente distribuito su di essi. Un metro anelastico viene sistemato attorno al polpaccio nel piano orizzontale e spostato verso l'alto e il basso fino a quando non se ne sia localizzata la circonferenza massima in un piano perpendicolare al suo asse longitudinale. L'estremità zero del metro viene sistemata al di sotto del valore da registrare. Il sito di misurazione viene contrassegnato cosicché la plica del polpaccio possa essere misurata allo stesso livello (Figura 16). La circonferenza massima viene approssimata al più vicino 0.1 cm, con il metro in contatto con la cute ma senza compressione dei tessuti molli. Nel bambino e nel vecchio, la circonferenza del polpaccio può essere misurata con il soggetto supino ed il ginocchio sinistro flesso di 90°.



Figura 16 Misurazione della circonferenza del polpaccio

**FINALITÀ**

La circonferenza del polpaccio è una misura di comune rilevazione che può essere utilizzata da sola o in combinazione con altre pliche laterali e/o mediali per stimare le aree trasversali muscolari e adipose del polpaccio. Essa è un importante predittore della composizione corporea nell'adulto (Chumlea et al., 1984; Guo et al., 1987) e del peso corporeo nell'anziano (Chumlea et al., dati non pubblicati).

**LETTERATURA**

La circonferenza del polpaccio è inclusa nella lista di base delle variabili antropometriche di Weiner & Lourie (1981). La tecnica raccomandata non differisce in modo significativo da quelle riportate in lette-

ratura. La circonferenza del polpaccio può essere misurata con il soggetto seduto su di una tavola con le gambe pendenti liberamente o a gamba estesa oppure in posizione eretta con i piedi distanti 20 cm circa ed il peso egualmente distribuito su di essi. Inoltre, la circonferenza del polpaccio può essere misurata con il soggetto supino ed il ginocchio sinistro flesso di un angolo di 90° (Chumlea et al., 1985); questa posizione è appropriata per i lattanti. Non sono disponibili dati di raffronto tra le misure effettuate in posizione eretta e seduta, ma le differenze tra quelle in posizione eretta e supina sono molto piccole.

**AFFIDABILITÀ**

Gli errori tecnici di misurazione intra- ed inter-operatore registrati nel corso del III ciclo dello Health Examination Survey (soggetti in età tra 6 e 11 anni) sono stati di 0.87 e 0.34 cm rispettivamente (Malina et al., 1974). Per bambini di età simile e per adulti, l'errore tecnico inter-operatore nel Fels Longitudinal Study è stato di 0.08 cm (Chumlea & Roche, 1979). L'errore tecnico interoperatore per uomini e donne anziane è di circa 0.08 cm (Chumlea et al., 1984b). Wilmore & Bhenke riportano un coefficiente di correlazione test-retest di .98 in giovani uomini per misure replicate ad un giorno di distanza. Infine, sono stati riportati errori tecnici intra-operatore compresi tra 0.1 e 0.5 mm ed un errore tecnico inter-operatore di 0.2 mm (Brown, 1984; Buschang, 1980; Malina, 1968; Malina & Buschang, 1984; Meleski, 1980; Zavaleta & Malina, 1982).

**FONTI BIBLIOGRAFICHE***Bambini*

Roche & Malina, 1983

*Adulti*

Chumlea et al., 1985

Churchill et al., 1977

White & Churchill, 1971

**CIRCONFERENZA DELLA CAVIGLIA****TECNICA RACCOMANDATA**

Il soggetto poggia scalzo su di una superficie piana sopraelevata, con i piedi leggermente separati ed il peso egualmente distribuito su di essi. L'operatore si pone a lato del soggetto e sistema un metro anelastico attorno alla circonferenza minima del polpaccio, perpendicolarmente al suo asse longitudinale, appena prossimalmente ai



**Figura 17** Livello di misurazione della circonferenza della caviglia

malleoli (Figura 17)

L'estremità zero del metro è tenuta al di sotto del valore che si deve misurare.



**Figura 18** Misurazione della circonferenza della caviglia

Il metro è in stretto rapporto con la cute ma non comprime i tessuti molli sottostanti (Figura 18). La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm. Per la misura di questa circonferenza nei lattanti e nei soggetti incapaci di mantenere la posizione appropriata sono richiesti due operatori: il soggetto giace supino mentre un operatore solleva la gamba e flette il ginocchio per un angolo di circa 90°. La circonferenza minima della caviglia viene poi misurata come sopra.

#### FINALITÀ

La circonferenza della caviglia è una misura della taglia corporea ed è utile nel design di abbigliamento.

#### LETTERATURA

La circonferenza della caviglia è misurata con un metro sufficientemente flessibile per conformarsi alle irregolarità della regione dove viene effettuata la misurazione. Essa è stata misurata con il soggetto seduto su una tavola, con i piedi sistemati su una sedia alta a sufficienza per formare un angolo retto al ginocchio (O'Brien & Shelton, 1941).

Altri hanno misurato bambini seduti su di una ta-

vola con la gamba estesa e rilassata (Snyder et al., 1975). Importante è il grado di dorsiflessione del piede: se essa è superiore a 90°, si avrà una significativa contrazione dei muscoli tibiale anteriore e estensore anteriore della gamba. L'elevazione associata dei tendini di questi muscoli dalla superficie della caviglia modifica la forma trasversale della caviglia ed aumenta la circonferenza al livello di misurazione.

La circonferenza della caviglia è stata misurata con l'estremità superiore del metro passante sopra l'estremità del malleolo mediale (O'Brien & Shelton, 1941; Randall & Baerm, 1951). La circonferenza della caviglia così misurata non è altamente correlata ( $r = 0.69$ ) a quella misurata con la tecnica raccomandata (O'Brien & Shelton, 1941). Si consiglia di utilizzare la circonferenza minima perché la sua affidabilità è alta e perché essa è la dimensione utilizzata negli studi della composizione corporea (Wilmore & Behnke, 1969)

#### AFFIDABILITÀ

Huenneman e collaboratori (1974) misurarono la circonferenza della caviglia di due soggetti per 20 volte durante un periodo di 4 settimane. Le deviazioni standard delle misure replicate per i due soggetti furono 0.11 e 0.12 cm per il lato destro e 0.12 e 0.13 cm per quello sinistro. Wilmore e Bhenke (1969) riportano un coefficiente di correlazione test-retest di 0.99 per misure replicate in giorni successivi in giovani uomini.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Huenneman et al., 1974  
 McCammon, 1970  
 Snyder et al., 1975

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
 Clauser et al., 1972  
 White & Churchill, 1971

## CIRCONFERENZA DEL BRACCIO

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto, a spalle scoperte, si trova in posizione eretta; le braccia pendono ai lati del corpo ed il palmo delle mani è a contatto con le cosce. Se il punto medio del braccio è già stato contrassegnato per la misura della plica tricipitale e bicipitale, questo dovrebbe essere utilizzato come riferimento per la misurazione. Per localizzare il punto medio del



braccio, il gomito viene flesso di 90° con il palmo della mano rivolto in alto. L'operatore, stando davanti al soggetto, localizza il margine laterale dell'acromion tramite una palpazione laterale della superficie superiore del processo spinoso della scapola. Il punto così localizzato viene contrassegnato.



Figura 19 Individuazione del punto medio del braccio

Viene poi localizzato e marcato il punto più distale sul processo acromiale. Il metro viene fatto passare per questi punti ed il punto medio stabilito (Figura 19). Con il braccio rilassato, il gomito esteso e appena sollevato dal tronco ed il palmo della mano rivolto alla coscia, il metro viene sistemato (senza comprimere i tessuti molli) perpendicolarmente all'asse longitudinale del braccio in corrispondenza del punto contrassegnato. La circonferenza viene approssimata al più vicino 0.1 cm (Figura 20).



Figura 20 Misurazione della circonferenza del braccio

#### FINALITÀ

La circonferenza del braccio costituisce un utile indice delle riserve energetiche dell'organismo e della sua massa proteica. Per quanto possa essere utilizzata singolarmente, questa dimensione viene spesso combinata con le pliche per calcolare la circonferenza muscolare e le aree adiposa e muscolare del braccio (Gurney & Jelliffe, 1973; Heymsfield et al., 1984). Bassi valori sono indicativi di una sindrome di malnutrizione protido-energetica (Blackburn et al., 1977).

La tecnica raccomandata prevede che la misura venga effettuata a muscolatura rilassata, ma la circonferenza del braccio può essere misurata con il gomito flesso ed il bicipite contratto quando si debba valutare lo sviluppo muscolare. Quest'ultima misura è detta "circonferenza flessa del braccio".

#### LETTERATURA

Se possibile, il soggetto dovrebbe essere in posizione eretta, ma la misurazione può essere pure effettuata in posizione seduta eretta con la schiena diritta e la testa nel Piano orizzontale di Francoforte.

#### AFFIDABILITÀ

Bray et al. (1978) riportano errori di misurazione interoperatore per alcune circonferenze e pliche in pazienti magri ed obesi. Essi riscontrano una minore variabilità per le circonferenze che non per le pliche. La variazione interoperatore della circonferenza del braccio nei pazienti obesi era dopo 2 settimane pari al 1.1% ( $\pm 0.10$  ESM).

Hall et al. (1980) riportano un errore tecnico di misurazione di 1.54 cm Martorell et al. (1975) osservano che, in bambini in età prescolare, la circonferenza del braccio ha una deviazione standard complessiva di 0.24 cm, essendo il 56% della variazione dovuto alle differenze intraoperatore. Errori tecnici intraoperatore tra 0.1 e 0.4 mm ed uno interoperatore di 0.3 mm sono stati inoltre riportati (Brown, 1984; Buschang, 1980; Malina, 1968; Malina & Buschang, 1984; Meleski, 1980; Zavaleta & Malina, 1982).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Frisancho, 1974, 1981  
McCammon, 1970

##### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Frisancho, 1974, 1981  
Bishop et al., 1981

## CIRCONFERENZA DELL'AVAMBRACCIO

### TECNICA CONSIGLIATA

Il soggetto è in posizione eretta con le braccia pendenti ai lati del tronco ma leggermente distanti da esso ed il palmo delle mani rivolto anteriormente (Figura 21). Il metro viene sistemato intorno alla parte prossimale dell'avambraccio, perpendicolare al suo asse longitudinale, e spostato verso l'alto e il basso fino a quando non se ne sia identificata la circonferenza massima (Figura 22). A questo livello, la misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm, con il metro in contatto con la cute ma senza compressione dei tessuti molli.



Figura 21 Circonferenza dell'avambraccio



Figura 22 Misurazione della circonferenza dell'avambraccio

### FINALITÀ

La circonferenza dell'avambraccio è usata con altre dimensioni corporee in alcune equazioni antropometriche di predizione della densità corporea (Boileau et al., 1981; Jackson & Pollock, 1978; Katch & McArdle, 1973; Pollock et al., 1975, 1976). Se la

plica dell'avambraccio viene misurata allo stesso livello della circonferenza, è possibile la stima delle aree muscolare e adiposa nonché di quella "muscolo più osso".

### LETTERATURA

Il metro utilizzato dovrebbe essere anelastico e flessibile. La tecnica raccomandata corrisponde a quella descritta in letteratura.

### AFFIDABILITÀ

Behnke & Wilmore riportano una correlazione di 0.99 tra misure replicate ad un giorno di distanza in giovani uomini. Un errore tecnico intraoperatore di 0.2 mm è riportato da Malina (1968)

### FONTI BIBLIOGRAFICHE

#### Bambini

Huenneman et al., 1974

Roche & Malina, 1983

#### Adulti

National Aeronautics & Space Administration, 1978

Wilmore & Bhenke, 1969, 1980

## CIRCONFERENZA DEL POLSO

### TECNICA CONSIGLIATA

L'operatore si trova di fronte al soggetto, in piedi e col braccio flessa in modo che il palmo della mano guardi superiormente e i muscoli della mano siano rilassati. Un metro anelastico viene sistemato appena sotto i processi stiloidei del radio e dell'ulna, localizzati per via palpatoria dal dito medio o indice di ciascuna mano. Il metro è perpendicolare all'asse longitudinale dell'avambraccio e si trova nello stesso piano sulla superficie anteriore e posteriore del polso (Figura 24). Il metro non deve essere più largo di 0.7 cm, di modo che possa inserirsi

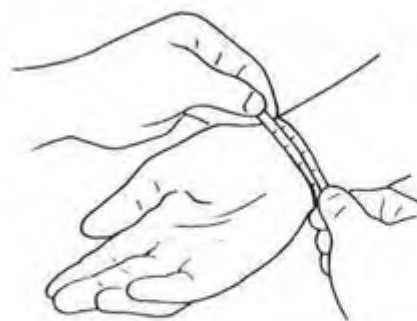


Figura 23 Circonferenza del polso



Figura 24 Misurazione della circonferenza del polso

nelle depressioni mediali e laterali. Esso è in rapporto stretto con la cute ma non produce compressione dei tessuti molli. La circonferenza viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

Quando la circonferenza del polso è inclusa in una serie di misurazioni, è opportuno che essa venga misurata dopo un'altra circonferenza dell'arto superiore, ad esempio quella massima dell'avambraccio. In questo caso basta infatti spostare il metro, che ancora circonda l'arto, dalla regione dell'avambraccio a quella del polso.

#### FINALITÀ

La circonferenza del polso è un indice della taglia corporea poiché questa regione è relativamente priva di tessuto adiposo e muscolare (Martin, 1984). Inoltre, questa circonferenza è un utile indicatore di crescita.

#### LETTERATURA

Vi è ambiguità per quanto concerne la localizzazione della circonferenza del polso e a questo si deve prestare attenzione nell'uso dei dati riportati in letteratura. Nel loro lavoro di raffronto delle tecniche antropometriche, Garrett e Kennedy (1971) riferiscono di numerosi studi in cui la circonferenza del polso è stata definita come la circonferenza prossimale ai processi stiloidei dell'ulna e del radio. Per chiarezza, l'ultima misura dovrebbe essere detta "circonferenza minima dell'avambraccio".

Negli adulti, la misura della circonferenza del polso è facile perché un metro stretto si inserisce con facilità nelle depressioni presente al livello della misurazione. In età infantile, comunque non è possibile ottenere una misura soddisfacente della circonferenza del polso perché i punti di riferimento sono indeterminabili ed il metro è spesso troppo largo.

#### AFFIDABILITÀ

Le circonferenza del polso è una misura altamente affidabile; la correlazione intraoperatore è maggiore di 0.99 (Wilmore & Bhenke, 1969)

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Huenneman et al., 1974; McCammon, 1970 Michael & Katch, 1968; Pieper & Jurgens, 1977

##### *Adulti*

National Aeronautics & Space Administration, 1978  
Clauser et al., 1972  
Hertzberg et al., 1963

## Capitolo 5

### Pliche

Gail G. Harrison — Elsworth R. Buskirk — J.E. Lindsay Carter — Francis E. Johnston  
 Timothy G. Lohman — Michael L. Pollock — Alex F. Roche — Jack Wilmore

Nella sua accezione antropometrica, il termine "plica" designa lo spessore di una piega della cute e del tessuto adiposo sottocutaneo relativo in un punto specifico del corpo. La misura di una plica viene effettuata con un calibro (a molla od altro) le cui estremità esercitano una pressione costante e standardizzata.

La plicometria ha una duplice utilità. Innanzitutto, essa rappresenta una tecnica semplice e non invasiva di valutazione del grasso corporeo. Il grado di correlazione del grasso sottocutaneo con quello totale è funzione dell'età e varia in differenti individui e popolazioni. Il valore predittivo delle pliche corporee per la massa grassa totale varia inoltre con il sito di misurazione: alcuni siti sono strettamente correlati alla massa grassa totale mentre altri sono relativamente indipendenti da essa.

Le pliche corporee figurano quali importanti variabili di numerose equazioni antropometriche per la predizione della composizione corporea (Durnin & Womersley, 1974; Jackson & Pollock, 1978; Lohman, 1981; Sloan 1967).

In secondo luogo, la plicometria consente di definire la topografia del grasso sottocutaneo. Vi è infatti sempre maggiore evidenza del fatto che non tutti i depositi adiposi sottocutanei si comportano allo stesso modo in termini di contributo a malattie associate all'obesità. È importante standardizzare i criteri di selezione e localizzazione dei siti di misurazione, in quanto anche loro piccole variazioni possono compromettere grandemente la misurazione. Poiché l'oggetto d'indagine della plicometria è rappresentato dai tessuti molli, la standardizzazione dei siti di misurazione non è facile e perciò dovrebbe riferirsi sempre a punti di repere ben chiari. La compressibilità della cute e del tessuto adiposo è funzione del grado di idratazione,

dell'età, della taglia e varia da individuo a individuo. Essa è maggiore nei soggetti giovani per il maggiore grado d'idratazione tissutale. Peraltro, gradi estremi di idratazione, come l'edema, alterano anch'essi la compressibilità.

La maggiore o minore facilità con cui il tessuto adiposo può essere "separato" o "sollevato" da quello muscolare sottostante varia da un sito all'altro e da un individuo all'altro; gli individui molto magri e i grandi obesi pongono i maggiori problemi di misurazione. In generale, si può affermare che quanto più spessa è una plica, tanto meno riproducibile è la sua misura.

In letteratura sono disponibili dati sull'affidabilità di misurazione delle pliche corporee in determinate popolazioni, in particolare per le pliche più frequentemente indagate; per i siti meno frequentemente indagati scarse o assenti sono le informazioni al riguardo. Dopo molte discussioni, la guancia ed il mento sono stati esclusi dai siti di misurazione "raccomandati"; chi fosse interessato a questi siti troverà dettagli in Allen et al. (1956) nonché in Parizkova (1977).

#### LA TECNICA PLICOMETRICA: GENERALITÀ

I siti di misurazione non necessitano, in generale, di marcatura. Nulla vieta peraltro di contrassegnarli, se lo si desidera. Essi devono essere invece obbligatoriamente marcati quando si vogliono valutare le differenze di misurazione tra plicometri e quando alcune pliche (mediana della coscia, tricipitale mediale e laterale del polpaccio) debbano essere usate in combinazione con le rispettive circonferenze per la stima delle aree di sezione.

La descrizione generale della tecnica plicometrica che segue s'intende indipendente dal calibro utilizzato e assume un operatore destrimane. La palpazione del sito prima della misurazione predispone il soggetto al successivo contatto dello strumento in quell'area. Il pollice ed il dito indice della mano sinistra sollevano un doppio strato di cute e sottocute circa 1 cm al di sopra del sito di misurazione (Pett & Ogilvie, 1957). La separazione delle dita dal sito di misurazione è necessaria perchè la pressione da esse esercitata non alteri la misura.

La plica viene sollevata, con il pollice e l'indice a circa 8 cm di distanza, su una linea perpendicolare all'asse longitudinale del sito. Il pollice e l'indice vengono quindi spostati l'uno verso l'altro, e la plica strettamente afferrata tra essi (Figura 1). I tessuti sollevati devono essere in quantità sufficiente per formare una plica i cui lati siano approssimativamente paralleli.

Bisogna porre la dovuta attenzione a sollevare solo cute e sottocute. La quantità di cute e tessuto adiposo sollevato dipende ovviamente dallo spessore del tessuto sottocutaneo di quel livello. Quanto più spesso è lo strato di tessuto adiposo, tanto maggiore è la distanza richiesta tra il pollice e l'indice per sollevare la plica. L'errore di misurazione è maggiore per le pliche più spesse. La plica viene sollevata in modo da essere perpendicolare alla superficie del corpo a livello del sito di misurazione (Figura 1). L'asse longitudinale della plica verrà allineato secondo le istruzioni specifiche fornite per ciascuna plica.

Il principio fondamentale è che l'asse longitudinale della plica sia parallelo alla linee di clivaggio della cute (linee di Langer) nella regione in cui viene effettuata la misurazione. La plica deve essere mantenuta sollevata fino a quando la misu-

razione non è stata ultimata. La mano destra sostiene il calibro mentre la sinistra solleva la plica. Con qualsiasi tipo di calibro, ad eccezione di alcuni di materiale plastico, si procederà poi ad esercitare una pressione per separare le estremità dello strumento, quindi a posizionare il suo braccio fisso su di un lato della plica. La misura viene effettuata in corrispondenza del punto in cui lati della plica sono approssimativamente paralleli (Brožek, 1961). Tale condizione si realizza, per quanto approssimativamente, sulla linea mediana tracciata tra la superficie del corpo in prossimità del sito di misurazione e la cresta della plica (Figura 2).

Le estremità del calibro vengono applicate alla cute in modo tale che lo spessore di questa sia misurato su una linea perpendicolare all'asse longitudinale della plica. Il calibro dovrebbe essere rilasciato gradualmente così da evitare sensazioni fastidiose da parte del soggetto. La misura viene rilevata circa 4 secondi dopo che si è rilasciato il calibro, avendo cura di evitare errori di parallasse (Becque et al., 1986; Ross & Marfell-Jones, 1983). Se il calibro viene compresso per più di 4 secondi, la misura ottenuta sarà più piccola di quella reale perché i fluidi saranno forzati ad uscire dai tessuti. È preferibile contare i secondi piuttosto che affidarsi al criterio che la misura esatta è quella rilevata alla fine del decremento rapido della plica. Brans et al. (1974) hanno descritto una procedura nella quale le pliche vengono misurate a vari intervalli di tempo dopo che il calibro è stato applicato.

Sono state descritte variazioni della misurazione in funzione della durata di applicazione nel neonato prematuro e in quello a termine. Con i calibri tradizionali, la misura deve essere rilevata alcune volte (in genere 3) ed il valore medio assunto



**Figura 1** Posizionamento del pollice ed indice preliminare al sollevamento della plica



**Figura 2** Misurazione di una plica con un plicometro

come quello reale. La collaborazione di un bambino può essere ottenuta con questo semplice espediente: l'operatore mostra il funzionamento del calibro al bambino misurando lo spessore del suo stesso palmo, poi fa lo stesso con il palmo del bambino. Quindi procede alla misurazione delle pliche oggetto d'interesse. Non deve essere misconosciuta la possibilità che il bambino si muova improvvisamente mentre è in corso la misurazione della plica: se l'operatore non è svelto a rilasciare il calibro, potrebbe risultrarne una contusione o abrasione della cute del piccolo!

L'errore dovuto alle variazioni dello spessore cutaneo è piccolo, ma potrebbe essere grande nel caso di edemi sottocutanei (Keys & Brožek, 1953; Newman, 1952). Nell'obeso potrebbe risultare difficile sollevare una plica con i lati paralleli, soprattutto se addominale. In queste circostanze la misura non viene effettuata, per quanto la tecnica plicometrica "bimanuale" possa rappresentare un'alternativa. Questa tecnica richiede l'intervento di un secondo operatore che sollevi la plica con entrambe le mani mentre il primo effettua la misurazione. Questa procedura fornisce valori leggermente più ampi (Damon, 1965) ma non è consigliabile dal momento che, oltre a richiedere due operatori, i dati di riferimento sono stati ottenuti con la tecnica tradizionale.

Negli individui che hanno subito un ampio calo ponderale, la cute e il sottocute possono essere talmente mobili (Mc Cloy, 1936) che misurazioni ripetute di una plica portano a valori progressivamente più bassi. Per effettuare alcune analisi statistiche è necessaria una distribuzione normale dei dati. Usualmente la distribuzione delle pliche corporee presenta una deviazione a destra (Jackson & Pollock, 1978; Patton, 1979; Welham & Behnke, 1942); la trasformazione consigliata da Edwards et al. (1955) normalizza, in genere, tale distribuzione.

## PLICA SOTTOSCAPOLARE

### TECNICA CONSIGLIATA

Essa viene sollevata sulle linee di Langer secondo una diagonale, ad inclinazione infero-laterale e formante un angolo di circa 45° con il piano orizzontale. Il sito di misurazione è situato appena sotto l'angolo inferiore della scapola (Figura 3). Il soggetto è in posizione eretta e le braccia sono rilassate ai lati del corpo. Per localizzare il sito di misurazione, l'operatore palpa la scapola, muovendo le dita in basso e lateralmente lungo il suo lato vertebrale, fino a identificarne l'angolo



Figura 3 Punti di riferimento per le pliche sottoscapolare e tricipitale

inferiore. In alcuni soggetti, ed in modo particolare negli obesi, la sistemazione delle braccia dietro la schiena, costituisce un ausilio per l'identificazione del sito. Le estremità del calibro vengono applicate 1 cm infero-lateralmente al pollice ed al dito che solleva la plica. La misura viene appross-



Figura 4 Misurazione della plica sottoscapolare

simata al più vicino 0.1 cm (Figura 4).

### FINALITÀ

La plica sottoscapolare è una misura dello spessore della cute e del sottocute della superficie posteriore del tronco. Essa è un importante indice di valutazione dello stato nutrizionale e, usata in combinazione con altre pliche corporee, è un utile predittore della massa grassa totale, della pressione arteriosa e dei lipidi plasmatici.

### LETTERATURA

L'International Biologic Program annovera la plica

sottoscapolare tra le 21 dimensioni antropometriche di base da rilevare nel corso di studi auxologici (Weiner and Lourie, 1981). Cameron (1978), citando il lavoro di Durnin e coll. (Durnin & Ramahan, 1967; Durnin & Womersley, 1974), annovera questa plica, assieme alla tricipitale, bicipitale e soprailiaca, nella più piccola serie di pliche corporee rappresentative della massa grassa totale. Con la plica tricipitale, la plica sottoscapolare è utilizzata particolarmente in età pediatrica. Vi è accordo generale sulla localizzazione del sito di misurazione della plica e, per quanto alcuni Autori utilizzino una plica verticale (Cameron, 1978), quella diagonale è preferibile in quanto più facile da sollevare.

#### AFFIDABILITÀ

La misura della plica sottoscapolare presenta una buona riproducibilità. Gli errori intra-operatore variano da 0.88 (Lohman, 1981) a 1.16 mm (Wilmore & Behnke, 1969), quelli inter-operatore da 0.88 (Sloan & Shapiro, 1972) a 1.53 mm (Johnston et al., 1972).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Johnston et al., 1972, 1974

##### Adulti

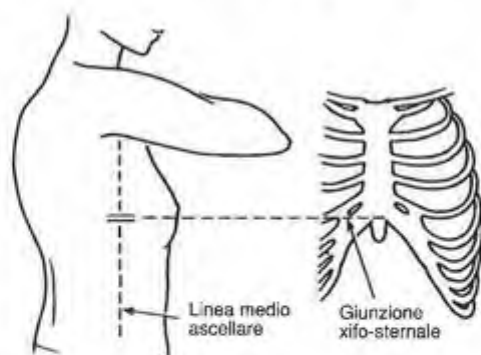
Durnin & Womersley, 1974

Stoudt et al., 1970

## PLICA MEDIO-ASCELLARE

#### TECNICA CONSIGLIATA

Essa viene misurata in corrispondenza della giunzione xifo-sternale, sulla linea medio-ascellare, con la cute sollevata orizzontalmente (Figura 5). Il soggetto si trova in posizione eretta o, se in età infantile, se-



**Figura 5** Livello della giunzione xifo-sternale in corrispondenza del quale la plica medio-ascellare viene misurata



**Figura 6** Posizione del soggetto per la misurazione della plica medio-ascellare

duta (grembo materno); il braccio sinistro è leggermente addotto e flessso a livello della spalla (Figura 6). Si deve porre attenzione a che il tronco non venga flessso lateralmente durante la misurazione e la cintura sia rilasciata, per quanto il soggetto possa indossare un reggiseno. L'operatore si pone di fianco al soggetto, solleva la plica orizzontale con la mano sinistra, e approssima la misura ottenuta al più vicino 0.1 cm (Figura 7).



**Figura 7** Misurazione della plica medio-ascellare

#### FINALITÀ

La plica medio-ascellare è un indice della quantità e della distrettualità del tessuto adiposo della regione del tronco ma è molto meno correlata ad esse della plica sottoscapolare. In soggetti costretti a letto è più facile misurare la plica medio-ascellare che quella sottoscapolare, e la prima delle due è meno affetta dall'edema della seconda. Inoltre, la plica medio-ascellare è più facile da misurare di molte altre pliche del tronco nel soggetto obeso per via della sua tendenza ad uno spessore minore (Johnston et al., 1974).

#### LETTERATURA

Poche informazioni sono disponibili per quanto concerne il posizionamento del soggetto, ma la tecnica consigliata è in accordo con la pratica usuale. Molti Autori hanno utilizzato un punto osseo come riferi-

mento per la misurazione, frequentemente il processo xifoideo (Oberman et al., 1965; Pascale et al., 1956; Young, 1964). Meno frequentemente la misura è stata effettuata a livello della quinta (Slaughter et al., 1978; Wilmore & Behnke, 1969), nona o decima costa (Lohman et al., 1975). Essa è stata inoltre effettuata in corrispondenza del punto medio di una linea tracciata tra i capezzoli e l'ombelico e a livello dei capezzoli stessi (Johnston et al., 1972). L'ultimo livello corrisponde usualmente alla quinta costa sulla linea medio-ascellare, ma non nelle donne. La plica medio-ascellare, come il suo nome suggerisce, viene misurata sulla linea medio-ascellare (Johnston et al., 1974; Pascale et al., 1956; Young, 1964), ma Pařízková (1961) misura la plica ascellare sulla linea ascellare anteriore. La plica dovrebbe essere sollevata in modo da essere parallela alle linee di Langer; tali linee sono pressoché orizzontali sulla linea medioascellare a livello del processo xifoideo. Wilmore e Behnke (1969) hanno misurato la plica ascellare come plica verticale. Slaughter et al. (1978) hanno misurato la plica medio-ascellare a 45° rispetto al piano orizzontale. Le differenze tra lo spessore della plica medio-ascellare misurata come plica verticale od orizzontale sono peraltro minime (Chumlea & Roche, 1986).

#### AFFIDABILITÀ

L'affidabilità interoperatore riscontrata, nel corso di un National Center for Health Statistics Survey, è stata di 1.47 mm in bambini in età tra 6 e 11 anni (Johnston et al., 1972) e di 0.36 e 0.64 mm rispettivamente in bambini ed adulti studiati nel corso del Fels Longitudinal Study (Chumlea & Roche, 1979; Wilmore & Behnke, 1969). Zavaleta e Malina (1982) riportano un errore tecnico di 0.95 mm per bambini messicani-americani e uno di 2.08 mm nell'ambito di un Health Examination Survey. Lohman (1981) ha rilevato un errore intra-operatore di 1.22 mm.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Johnston et al., 1972, 1974

##### Adulti

Oberman et al., 1965

Young, 1964

## PLICA PETTORALE (TORACICA)

#### TECNICA CONSIGLIATA

Per la sua misurazione lo stesso punto di riferimento dovrebbe essere utilizzato in entrambi i ses-

si (Figura 8). La plica pettorale viene misurata come una plica il cui asse longitudinale sia in linea con il capezzolo: essa viene sollevata sulla linea ascellare anteriore e misurata 1 cm inferiormente al punto di sollevamento (Figura 9). Nel corso della misurazione il soggetto mantiene la posizione eretta e le braccia pendono liberamente ai lati del tronco (Figura 10). Se il soggetto è costretto su un letto od una sedia rotelle, la misura può essere effettua-

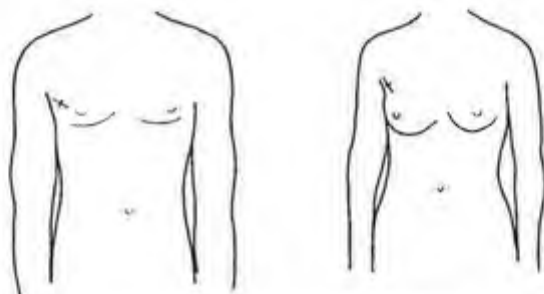


Figura 8 Localizzazione della plica pettorale nell'uomo e nella donna



Figura 9 Localizzazione della plica pettorale



Figura 10 Misurazione della plica pettorale



ta nella posizione obbligata per il soggetto prestando comunque attenzione a che le braccia siano rilassate ai fianchi. La misurazione viene arrotondata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

La plica pettorale è altamente correlata alla densità corporea determinata con la tecnica della pesata idrostatica (Pollock et al., 1975, 1976). Essa è perciò inclusa in equazioni antropometriche di predizione della densità corporea (Pascale et al., 1956).

#### LETTERATURA

Quella toracica non è una plica di frequente misurazione. La sua esclusione da molti studi antropometrici si spiega considerando la vaga descrizione che di essa viene data in letteratura e la complessità della sua misurazione. A complicare ulteriormente la misurazione, vi è la necessità di effettuarla a petto scoperto – possibile fonte di disagio per la donna – e a distanza dalla ghiandola mammaria. In molti studi non è fatta distinzione tra i due sessi per quanto attiene alla tecnica di misurazione della plica. La plica toracica è stata misurata ai seguenti livelli:

- a) punto medio di una linea tracciata tra la plica ascellare anteriore ed il capezzolo (Pascale et al., 1956; Pollock et al., 1980);
- b) iuxta-capezzolare (Pascale et al., 1956; Forsyth & Sinning, 1973);
- c) medialmente alla plica ascellare anteriore (Katch & Michael, 1968).

Skěrly et al. (1953) sembrano descrivere un sito di misurazione intermedio a quelli in (b) e (c). Hertzberg et al. (1963) descrivono un sito di misurazione iuxta-capezzolare ma dimostrano di effettuare la misurazione a livello del sito (a). Skěrly et al. (1953) localizzano il sito di misurazione a livello del margine ascellare del muscolo grande pettorale e affermano che esso è un poco più prossimale nella donna che nell'uomo. Pollock et al. (1984) descrivono il sito come al punto (a) per i maschi e come un terzo della distanza tra la plica ascellare anteriore ed il capezzolo nelle femmine. È implicito in tale definizione che il sito di misurazione nelle donne varia con le dimensioni della mammella. Il motivo principale per cui si effettua la descrizione di un sito separato per le donne è rappresentato dalla necessità di effettuare la misura a distanza dalla mammella.

Per quanto la letteratura sia vaga al riguardo, l'impressione è che molti ricercatori abbiano misurato la plica pettorale come una plica obliqua lungo la linea della plica ascellare anteriore. È preferibi-

le utilizzare lo stesso sito di misurazione negli uomini e nelle donne. Per quanto il punto medio tra la plica ascellare anteriore ed il capezzolo sia il sito di misurazione più frequentemente utilizzato nel sesso maschile, esso non è adatto in quello femminile. Per via della variabilità delle dimensioni della mammella è improponibile che il capezzolo possa essere considerato un punto di riferimento per la misurazione. Da osservare inoltre che, qualora si effettui la misurazione al punto (a) di cui sopra, risulterà spesso difficile escludere i tessuti mammari dalla misurazione. Il sito consigliato permette di effettuare la misurazione in una donna in costume da bagno, evitandone così il disagio.

#### AFFIDABILITÀ

I coefficienti di correlazione dell'affidabilità intra-operatore sono piuttosto elevati, variando tra 0.91 e 0.97 (Pollock et al., 1975, 1976). L'errore standard della misura (ESM) oscilla in genere tra 1 e 2 mm. Pollock (dati non pubblicati, 1985) osserva una correlazione di 0.98 ed un ESM di 1.45 mm per misure della plica pettorale rilevate a distanza di giorni in 68 soggetti adulti. La correlazione inter-operatore è generalmente inferiore a 0.9 ma l'ESM può variare tra 3 e 5 mm nel caso di operatori inesperti, o quando il sito non è standardizzato (Lohman et al., 1984). Jackson et al. (1978) riportano una correlazione inter-operatore di 0.98 ed un ESM di 2.1 mm. Pollock (dati non pubblicati, 1985) riporta una correlazione di 0.93 ed un ESM di 1.7 mm.

#### FONTE BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Nessuna disponibile.

##### *Adulti*

Nessuna disponibile.

## PLICA ADDOMINALE

#### TECNICA CONSIGLIATA

Per la sua misura è necessario che il soggetto rilassi la muscolatura addominale e respiri normalmente. Se anche nel corso della normale respirazione la parete addominale dovesse andare soggetta ad escursioni significative, si inviterà il soggetto a trattenere il respiro alla fine di una normale espirazione. La posizione assunta dal soggetto è quella eretta, con il peso egualmente distribuito sui piedi. I bambini potranno essere fatti salire su di una piattaforma sopraelevata per facilitare la



**Figura 11** Localizzazione del sito di misurazione della plica addominale

localizzazione e l'accesso al sito di misurazione. Il sito in questione è localizzato 3 cm lateralmente all'ombelico ed 1 cm inferiormente ad esso. La plica deve essere sollevata orizzontalmente e la sua misura arrotondata al più vicino 0.1 cm (Figura 12). La decisione di misurare il lato destro o sinistro dipenderà dalle finalità dello studio.



**Figura 12** Misurazione della plica addominale

#### FINALITÀ

La plica addominale è oggetto di comune misurazione ed è stata inclusa in molti studi della composizione corporea ed equazioni predittive del grasso totale corporeo (Lohman, 1981). Lo spessore della plica addominale varia notevolmente in corso di calo ponderale (Depres et al., 1985). Essa è una plica alla quale è relativamente facile accedere, che differisce notevolmente da un soggetto all'altro, ed è dotata di un discreto grado di riproducibilità se misurata con la tecnica raccomandata.

#### LETTERATURA

I siti a livello dei quali è stata effettuata la misurazione della plica addominale sono i seguenti:

- 1) adiacente all'ombelico;
- 2) 5 cm a sinistra dell'ombelico

3) 1 cm a destra dell'ombelico e appena inferiormente ad esso;

4) ad un quarto della distanza tra l'ombelico e la spina iliaca antero-superiore (Edwards, 1950; Lohman, 1981; Pařížková & Zdenek, 1972; Skerlj et al., 1953; Weiner & Lourie, 1981).

Molti Autori hanno misurato la plica come orizzontale (Behnke & Wilmore, 1974), ma altri come verticale (Sinning et al., 1985; Steinkamp et al., 1965). Da osservare che alcuni soggetti presentano una "sporgenza" in regione ombelicale che impedisce l'individuazione di un sito unico di misurazione e che nell'obeso è difficile sollevare la plica in oggetto.

#### AFFIDABILITÀ

Wilmore e Behnke (1969) riportano una correlazione test-retest di 0.979 per misure replicate ad 1 giorno di distanza in giovani uomini. Zavaleta e Malina (1982) riportano un errore tecnico intra-operatore di 0.89 mm.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Nessuna disponibile

##### *Adulti*

Nessuna disponibile

## PLICA SOPRAILIACA

#### TECNICA CONSIGLIATA

Essa viene misurata sulla linea medio-ascellare appena sopra alla cresta iliaca (Figura 13). Il soggetto è in posizione eretta: i piedi sono uniti e le braccia pendono ai lati del corpo o, in caso di necessità, sono leggermente abdotte, così da facilitare l'accesso al sito di misurazione (Figura 14). La misurazione viene effettuata in posizione supina nei soggetti che non sono in grado di mantenere la posizione eretta. La plica soprailiaca viene misurata come una plica obliqua sollevata appena posteriormente alla linea medio-ascellare, avendo cura di seguire le linee di Langer. Essa è inclinata infero-medialmente di 45° rispetto al piano orizzontale (Figura 14). La misura, effettuata 1 cm inferiormente al punto di sollevamento, viene approssimata al più vicino 0.1 cm (Figura 15).

#### FINALITÀ

La plica soprailiaca è utilizzata, unitamente ad altre pliche corporee, come indice del grasso corporeo (Durnin & Womersley, 1974). Essa è utile nello



**Figura 13** Localizzazione della plica sovrailiaca sulla linea medio-ascellare sopra la cresta iliaca



**Figura 14** Posizione del soggetto per la misurazione della plica sovrailiaca

studio della distrettualità del tessuto adiposo, la cui valutazione è importante in relazione al rischio di malattia (Lapidus et al., 1984; Larsson et al., 1984).

**LETTERATURA**

La misurazione è spesso effettuata in posizione eretta. In letteratura è possibile osservare una notevole variabilità del sito di misurazione, sia in termini di localizzazione che di orientazione. Esiste comunque una buona correlazione tra le pliche misurate ai differenti livelli e tra esse e la densità corporea (Sinning e Nilson, 1984). Dal fatto che esiste un certo grado di variabilità sistematica tra le misure effettuate ai differenti livelli, risulta evidente la necessità di una standardizzazione della tecnica di misurazione della plica in questione. Un



**Figura 15** Misurazione della plica sovrailiaca

sito di misurazione che si trovi sulla linea medioascellare e sia situato superiormente alla cresta iliaca presenta il non trascurabile vantaggio di una facile localizzazione attraverso il riferimento ad un punto di repere anatomico. La plica dovrebbe essere sollevata, come si è sempre raccomandato, aven-



1. Sito di misurazione raccomandato
2. Secondo Pollock et al.
3. Secondo Ross e Marfell-Jones

**Figura 16** Localizzazione del sito raccomandato di misurazione della plica sovrailiaca e di altri siti frequentemente oggetto di misurazione

do cura che essa sia parallela alle linee di Langer. Behnke e Wilmore (1974) utilizzano una plica verticale, Johnston et al. (1974) una orizzontale, Pollock et al. (1975), Ross e Marfell-Jones (1983) una obliqua situata più anteriormente (Figura 16).

**AFFIDABILITÀ**

Wilmore e Behnke (1969) riportano una correlazione test-retest di 0.97 per misure replicate ad 1 gior-

no di distanza in giovani uomini. Errori tecnici di 1.53 mm nei bambini e di 1.7 mm negli adulti sono stati descritti rispettivamente da Johnston et al. (1974) e da Haas e Flegal (1981). In tutti gli studi l'errore di misurazione della plica soprailiaca è risultato maggiore di quello riscontrato per altre pliche. Altri Autori hanno riportato errori tecnici intra-operatore variabili tra 0.3 e 1.0 mm (Buschang, 1980; Meleski, 1980; Zavaleta & Malina, 1982)

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Baker et al., 1958

Ferris et al., 1979

Johnston et al., 1974 (plica orizzontale)

Montoye (1978)

Schutte (1979)

Zavaleta (1976)

##### Adulti

Katch & Michael, 1968

## PLICA DELLA COSCIA

#### TECNICA CONSIGLIATA

Essa viene sollevata verticalmente sulla linea mediana anteriore della coscia, in corrispondenza del



Figura 17 Localizzazione del sito di misurazione della plica mediana della coscia

punto medio di una linea tracciata tra la piega inguinale ed il margine prossimale della patella (Figura 17). Il punto di riferimento prossimale corrisponde al punto medio della piega inguinale sull'asse longitudinale della coscia, quello distale, da localizzare a ginocchio esteso, è il margine superiore della patella (Figura 17). Al fine di facilita-

re la localizzazione della piega inguinale, si chiede al soggetto, che si trova in posizione eretta, di flettere la coscia. Nel corso della misurazione il peso corporeo è spostato sull'arto opposto mentre quello su cui viene effettuata la misurazione è rilassato, con il ginocchio leggermente flesso e la pianta del piede aderente al pavimento (Figura 18). Se il soggetto dovesse presentare problemi di equilibrio nel mantenere questa posizione, lo si farà appoggiare alla spalla dell'operatore o ad una sedia. La misurazione viene effettuata in



Figura 18 Misurazione della plica mediana della coscia

posizione supina in soggetti costretti a letto o su di una sedia a rotelle. La plica viene misurata 1 cm inferiormente al suo punto di sollevamento e la misura approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### FINALITÀ

La plica della coscia presenta una correlazione variabile tra il moderato e l'alto con la densità corporea determinata con la tecnica della pesata idrostatica (Wilmore & Behnke, 1969, 1970). Essa è inclusa in equazioni antropometriche di predizione della composizione corporea.

#### LETTERATURA

Poiché sono pochi e recenti gli studi che considerano sia la plica anteriore che quella posteriore della coscia, la presente discussione verterà soltanto sulla prima. Per quanto il sito di misurazione della plica della coscia sembri standardizzato nell'ambito di vari studi, si assiste in realtà ad una notevole variazione dello stesso (Lohman et al., 1984). Tale sito viene più comunemente definito come il punto medio della linea tra il fianco ed il ginocchio sulla superficie anteriore del-

la coscia (Wilmore & Behnke, 1969; Zuti & Golding, 1973). Sloan et al. (1962) hanno invece utilizzato come punto di riferimento il punto medio di una linea tracciata tra la piega inguinale e il margine prossimale della patella. Altri danno poi una descrizione più generale del punto di riferimento, ad esempio come situato a metà del muscolo retto femorale (Young et al., 1962). Gli Autori sopra menzionati effettuano la misurazione con il paziente in posizione eretta e a gambe rilassate. Alcuni rilevano, peraltro, la plica della coscia con la gamba flessa di 90° al ginocchio invitando il paziente a sistemare il piede su di una struttura idonea, ad esempio uno sgabello. Quest'ultima è la tecnica consigliata da Ross e Marfell-Jones (1984). Tutti gli Autori misurano la plica come una plica verticale sollevata sull'asse longitudinale della coscia.

#### AFFIDABILITÀ

I coefficienti di affidabilità intraoperatore sono molto alti, oscillando tra 0.91 e 0.98 (Pollock et al., 1976; Wilmore & Behnke, 1969; Zuti & Golding, 1973) per quanto l'ESM oscilla in genere tra 1 e 2 mm.

Dati recenti ottenuti in 68 adulti mostrano una correlazione di 0.985 tra misure rilevate in giorni differenti con un ESM di 1.4 mm (Pollock et al., dati non pubblicati, 1985). Altri hanno riportato un errore tecnico intraoperatore compreso tra 0.5 e 0.7 mm (Meleski, 1980; Zavaleta, 1976). Le correlazioni interoperatore sono generalmente inferiori a 0.9, ma l'ESM può variare anche tra 3 e 4 mm con operatori inesperti o in assenza di standardizzazione del sito (Lohman et al., 1984). Jackson et al. (1978) riportano una correlazione interoperatore di 0.97 ed un ESM di 2.4 mm per operatori di varia esperienza ma che si erano esercitati insieme. In uno studio non pubblicato, Pollock (1986) osserva una correlazione interoperatore di 0.975 con un ESM di 2.1 mm.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Malina & Roche, 1983  
Michael & Katch, 1968  
Novak et al., 1970

##### Adulti

Schutte, 1979  
Zavaleta, 1976

## PLICA SOPRAPATELLARE

#### TECNICA CONSIGLIATA

Il suo sito di misurazione è situato sulla superficie



Figura 19 Localizzazione del sito di misurazione della plica soprapatellare



Figura 20 Misurazione della plica soprapatellare

anteriore della coscia in corrispondenza del piano sagittale mediano, 2 cm al di sopra del margine prossimale della patella. A soggetto in posizione eretta, viene sollevata in questo piano una plica verticale. L'arto oggetto di misurazione è leggermente flesso ed il corpo poggia sul piede controlaterale. Il ginocchio del lato della misurazione è leggermente flesso ma la pianta del piede è in contatto con il pavimento. Se il paziente ha dei problemi nel mantenimento di questa posizione, lo si inviterà ad appoggiarsi ad una spalla dell'operatore, ad una sedia od altro. La misura viene effettuata 1 cm al di sotto del punto di sollevamento della plica ed approssimata al più vicino 0.1 cm (Figura 20). Nei pazienti costretti a letto o su una sedia a rotelle, la plica soprapatellare dovrebbe essere misurata in posizione supina.

#### FINALITÀ

La plica soprapatellare presenta una correlazione tra il piccolo e il moderato con la densità corporea

determinata con la tecnica della pesata idrostatica o come somma di più pliche corporee ( $r =$  da 0.2 a 0.5; Nagamine & Suzuki, 1964; Pollock et al., 1975; Wilmore & Behnke, 1969, 1970; Young et al., 1961). Dati ottenuti dallo studio di cadaveri mostrano un'elevata correlazione tra la plica soprapatellare e la massa grassa sottocutanea totale ( $r = 0.86$ ; Martin, 1984). Poiché i soggetti studiati da Martin presentavano una quantità di grasso maggiore dell'usuale, la plica soprapatellare potrebbe essere un indice più valido della massa grassa sottocutanea nei soggetti moderatamente obesi.

#### LETTERATURA

La plica soprapatellare non è stata particolarmente valutata nel corso dei vari studi antropometrici. Molti Autori descrivono in modo vago un sito di misurazione localizzato sopra il ginocchio o la patella (Chen, 1953; Pollock et al., 1975; Wilmore & Behnke, 1969, 1970; Young et al., 1961, 1962). Skerlj ed altri (1953), Nagamine e Suzuki (1964) e Martin (1984) hanno descritto un sito di misurazione prossimale al margine superiore della patella. Molti Autori non descrivono la direzione della plica, ma Wilmore e Behnke (1969, 1970) e Martin (1984) misurano pliche verticali.

#### AFFIDABILITÀ

I coefficienti di correlazione intraoperatore per la plica soprapatellare sono superiori a 0.9 (Pollock et al., 1975; Wilmore & Behnke, 1969)

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Nessuna disponibile

##### Adulti

Nessuna disponibile

### PLICA MEDIALE DEL POLPACCIO

#### TECNICA RACCOMANDATA

Il soggetto siede con il ginocchio del lato misurato flesso di circa  $90^\circ$  e la pianta del piede corrispondente sul pavimento. Alternativamente, il soggetto mantiene la posizione eretta con il piede su di una piattaforma od altra struttura che consenta una flessione del ginocchio di circa  $90^\circ$ . Il livello della circonferenza massima viene contrassegnato sulla superficie mediale del polpaccio (v. Circonferenza del polpaccio). L'operatore si pone frontalmente al soggetto e solleva sulla faccia mediale una plica parallela all'asse longitudinale del polpaccio, appe-



**Figura 21** Piede poggiato su una piattaforma per localizzare il sito di misurazione della plica mediale del polpaccio



**Figura 22** Localizzazione del sito di misurazione della plica mediale del polpaccio



**Figura 23** Misurazione della plica mediale del polpaccio

na al di sotto del sito contrassegnato (Figura 22). La misura viene arrotondata al più vicino 0.1 cm (Figura 23). Con la medesima procedura, in alternativa alla plica mediale, può essere misurata quella laterale.

#### FINALITÀ

Le pliche mediale e laterale del polpaccio sono indici del tessuto adiposo delle sezioni distali dell'arto inferiore. Esse sono importanti per la predizione

della massa grassa totale e per la valutazione della sua distrettualità.

#### LETTERATURA

È importante che la linea dello sguardo dell'operatore si trovi allo stesso livello del ginocchio del soggetto, cosicché le mani ed il calibro possano essere sistemati correttamente. Il calibro deve essere orizzontale, con le superfici delle estremità parallele all'asse verticale della plica. Se il soggetto è seduto, potrebbe rendersi talora necessario l'allontanamento dell'altra gamba (indietro o di lato) per avere più spazio per effettuare la misurazione. La misurazione in posizione sdraiata richiede il sollevamento dell'arto che si vuole misurare. Johnston et al. (1974) osservano che la plica mediale del polpaccio è tecnicamente difficile da misurare e che, in circa l'1% degli individui, la cute ed i tessuti sottostanti non possono essere adeguatamente sollevati. Occasionalmente questa misurazione causa un poco di dolore e disagio. La plica del polpaccio più comunemente misurata è quella mediale (Clauser et al., 1972; De Garay et al., 1974; Heath & Carter, 1967; Johnston et al., 1974); meno comunemente misurate sono la plica anteriore, posteriore e laterale (Correnti & Zauli, 1964; De Garay et al., 1974; Skerlj et al., 1953). La plica laterale è caratterizzata da un accesso più facile di quella mediale e la sua misura è causa meno frequente di dolore; essa non è comunque da preferirsi alla mediale per la scarsità dei dati di riferimento.

#### AFFIDABILITÀ

Johnston et al. (1974) riportano un'errore relativo per la plica mediale del polpaccio simile a quello per le pliche soprailiaca e medioascellare. Utilizzando un calibro Langer (capace di approssimazione a 0.5 mm), l'errore medio assoluto per tutte queste pliche è compreso tra 1.0 e 1.5 mm. Perez (1981) riporta una correlazione test-retest di 0.98. Carter (1986) riporta coefficienti di correlazione variabili tra 0.94 e 0.99 in soggetti di età molto differente.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Johnston et al., 1974  
Malina & Roche, 1983  
Ross & Ward, 1984  
Zavaleta, 1976

##### Adulti

Clauser et al., 1972  
Ross & Ward, 1984

## PLICA TRICIPITALE

#### TECNICA RACCOMANDATA

La plica tricipitale è misurata sulla superficie posteriore del braccio, sopra il muscolo tricipite, in corrispondenza del punto medio di una linea tracciata tra il processo acromiale della scapola ed il margine inferiore del processo olecranico dell'ulna. Il sito di misurazione viene determinato rilevando con un metro la distanza tra le proiezioni laterali del processo acromiale ed il bordo inferiore del processo olecranico dell'ulna, a gomito flesso di 90° (Figura 24). Il metro viene sistemato con l'estremità zero sull'acromion, quindi viene esteso lungo il braccio ed al di sotto del gomito. Il punto medio della linea così definito viene contrassegnato sulla superficie laterale del braccio (Figura 25).

La misura viene effettuata in posizione eretta, eccetto che nel lattante e nel paziente portatore di handicap. La plica viene misurata con il braccio libero di pende-

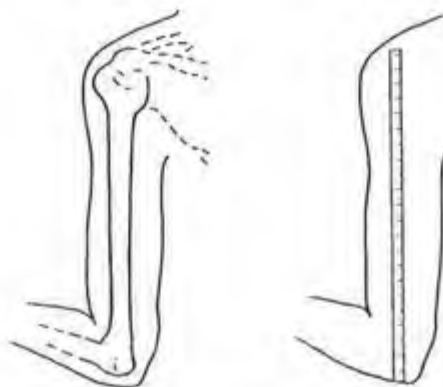


Figura 24 Localizzazione del punto medio del braccio per la misurazione della plica tricipitale



Figura 25 Punto di riferimento per la misurazione della plica tricipitale (punto medio del braccio) marcato

re a lato del corpo (Figura 26). L'operatore, con il calibro nella mano destra, si pone dietro al soggetto e sistema il palmo della mano sinistra sul braccio di questi appena al di sopra del livello contrassegnato; il pollice e l'indice dell'operatore sono rivolti in basso. La plica viene sollevata con il pollice sinistro ed il dito



Figura 26 Misurazione della plica tricipitale

indice, approssimativamente 1 cm al di sopra del livello contrassegnato, e le estremità del calibro vengono applicate ad essa in corrispondenza di tale livello (Figura 26). Il sito di misurazione deve trovarsi sulla linea mediana posteriore quando il palmo della mano è rivolto anteriormente. Particolari problemi insorgono nella misurazione della plica tricipitale nei soggetti obesi e in quelli muscolosi con poco grasso sottocutaneo a questo livello. Se necessario, nel caso di un soggetto obeso, un secondo operatore può sollevare la plica con entrambe le mani, anche se questa tecnica produce valori più grandi di quella "ad una sola mano" (Damon, 1965).

#### FINALITÀ

Quella tricipitale è la plica più comunemente misurata, in parte per la sua facile accessibilità. Essa è strettamente correlata con il grasso corporeo percentuale e totale ma è meno correlata delle pliche del tronco con la pressione arteriosa. Per questo motivo, la plica tricipitale è spesso inclusa negli studi della distribuzione del grasso corporeo.

#### LETTERATURA

Il sito di misurazione viene contrassegnato con il braccio ad angolo retto con il gomito e la plica viene misurata con il braccio libero di pendere a lato del corpo. Il posizionamento del soggetto non è cruciale,

ad eccezione del fatto che questi deve essere rilassato ed il palmo della sua mano diretto anteriormente così da consentire la determinazione della linea mediana posteriore. Molti effettuano la misurazione in posizione eretta, per quanto pazienti non deambulanti possono essere misurati in posizione supina.

I lattanti possono essere misurati in posizione sdraiata o seduti sul grembo materno. La tecnica applicata per la misurazione della plica tricipitale in posizione supina o seduta è quella raccomandata con poche modificazioni.

#### AFFIDABILITÀ

In generale, l'errore di misurazione cresce con l'età del soggetto e con livelli crescenti di grasso.

L'errore tecnico interoperatore varia da 0.8 a 1.89 mm (Johnston et al., 1974; Johnston & Mack, 1985), quello intraoperatore da 0.4 a 0.8 mm (Johnston et al., 1974; Malina & Buschang, 1984; Martorell et al., 1975).

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### Bambini

Frisancho, 1981  
Johnston et al., 1981

##### Adulti

Frisancho, 1981  
Johnston et al., 1981

## PLICA BICIPITALE

#### TECNICA CONSIGLIATA

La plica bicipitale viene sollevata sulla superficie anteriore del braccio in corrispondenza della protu-



Figura 27 Localizzazione del sito di misurazione della plica bicipitale





**Figura 28** Misurazione della plica bicipitale

beranza del muscolo bicipite (Figura 27), 1 cm al di sopra della linea contrassegnata per la misurazione della plica tricipitale e della circonferenza del braccio, su una linea verticale tracciata tra il bordo anteriore dell'acromion ed il centro della fossa antecubitale (Figura 28). Il soggetto è in posizione eretta, le sue braccia sono rilassate ai fianchi ed il palmo delle mani guarda in avanti. Il calibro viene applicato in corrispondenza del sito contrassegnato e la misura approssimata al più vicino 0.1 cm.

#### **FINALITÀ**

La plica bicipitale è un indice del tessuto adiposo sottocutaneo e dello spessore della cute della superficie anteriore del braccio. Usata in combinazione con altre pliche, quella bicipitale è un utile predittore del grasso totale corporeo (Durnin & Womenseley, 1974). Utilizzata con la plica tricipitale e la circonferenza del braccio, essa consente la stima dell'area di sezione "muscolo più osso" e dell'area lipidica di questo livello. Essa può essere particolarmente utile nell'obeso, nel quale molte pliche sono di difficile misurazione.

#### **LETTERATURA**

La plica bicipitale non viene misurata di frequente. Di conseguenza, il suo sito di misurazione è scarsamente descritto e la riproducibilità della sua misura non ben definita. L'International Biologic Program annovera la plica bicipitale tra le possibili 10 pliche da utilizzarsi negli studi di crescita e costituzione fisica, stato nutrizionale e capacità di lavoro (Weiner & Lourie, 1981). Più recentemente, Cameron (1978), basandosi presumibilmente sul lavoro di Durnin et al. (Durnin & Ramahan, 1967; Durnin & Womenseley, 1974), considera la tricipitale, la sottoscapolare, la soprailiaca e la bicipitale come il numero minimo di pliche rappresentative del grasso corporeo, ma questa affermazione non è necessariamente valida

per i due sessi e per differenti gruppi di età. La plica bicipitale è indagata principalmente da ricercatori che utilizzandole equazioni di Durnin per stabilire la percentuale di grasso corporeo o da quelli che studiano l'obesità. Gli Autori sopra menzionati hanno effettuato, in generale, la misurazione della plica a livello del sito da noi raccomandato. La posizione del soggetto varia da uno studio all'altro, da quella seduta, con le estremità superiori sulle cosce, (Durnin & Ramahan, 1967), a quella eretta, con le estremità superiori rilassate ai fianchi ed il palmo delle mani rivolto in avanti (Cameron, 1978). Quest'ultima è la posizione da noi consigliata: essa consente di avere il sito di misurazione sulla linea anteriore del braccio e una minima tensione della cute e contrazione del muscolo.

#### **AFFIDABILITÀ**

La deviazione standard delle differenze di misure ripetute della plica bicipitale effettuate da uno stesso operatore è stata di 1.9 mm, quella delle misure rilevate da tre operatori è stata di 1.9 mm (Edwards et al., 1955). L'errore tecnico di misurazione intraoperatore oscilla tra 0.2 e 0.6 mm (Meleski, 1980; Zavalta, 1976).

#### **FONTI BIBLIOGRAFICHE**

##### *Bambini*

Harsha et al., 1978  
McGowan et al., 1975

##### *Adulti*

Durnin & Ramahan, 1967  
Durnin & Womenseley, 1974  
Edwards et al., 1955

## **PLICA DELL'AVAMBRACCIO**

#### **TECNICA CONSIGLIATA**

La plica dell'avambraccio è misurata con il soggetto in posizione eretta, con le braccia rilassate ai lati del corpo ed il palmo delle mani sulla superficie laterale della coscia (Figura 29). La plica dell'avambraccio viene rilevata allo stesso livello della circonferenza massima dell'avambraccio; tale livello dovrebbe essere contrassegnato sulla cute (Figura 30). Con il pollice e l'indice della mano sinistra, si solleva una plica verticale sulla linea mediana posteriore del braccio, 1 cm al di sotto del sito contrassegnato. La misurazione viene effettuata a tale livello ed il valore registrato approssimato al più vicino 0.1 cm.



**Figura 29** Posizione del soggetto e localizzazione del sito di misurazione della plica dell'avambraccio



**Figura 30** Misurazione della plica dell'avambraccio

#### FINALITÀ

La plica dell'avambraccio viene misurata con l'intento di valutare la distribuzione del tessuto adiposo o di ottenere informazioni circa un sito in corrispondenza del quale le differenze individuali tendono ad essere indipendenti dal grasso totale corporeo. Questa plica non è così utile come quella tricipitale nella predizione del grasso totale o della densità corporea ma potrebbe essere più utile di quest'ultima nello studio della variabilità indivi-

duale della distrettualità del grasso corporeo. Albrink e Meigs (1964) asseriscono che la plica dell'avambraccio è un buon indice del grasso "di eredità genetica" in quanto non si correla con l'aumento ponderale nella vita adulta e con le pliche sottoscapolare e sottocostale. Al contrario, le pliche del tronco, secondo gli stessi Autori, sono ben correlate con l'aumento ponderale e il livello dei trigliceridi plasmatici. Più recentemente, Szathmary e Holt (1983) hanno dimostrato che la plica dell'avambraccio è utile nello studio della distrettualità del tessuto adiposo in relazione all'intolleranza glicidica.

#### LETTERATURA

La misurazione viene effettuata con il braccio pendente perché in tal modo la plica è verticale, il calibro è più facile da leggere e si commettono, in generale, meno errori. La plica dell'avambraccio è stata misurata a livello del punto medio del radio (Weiner & Lourie, 1981) ma il sito da noi consigliato per la sua misurazione, quello a livello della circonferenza massima, è più facile da localizzare. È importante che la circonferenza e la plica dell'avambraccio siano misurate allo stesso livello così da potere calcolare le aree adiposa e muscolare del braccio. La plica dell'avambraccio è stata misurata sulle superfici mediale (ulnare), laterale (radiale) e posteriore dell'avambraccio. Weiner e Lourie (1981) asseriscono che la plica dell'avambraccio deve "essere misurata sulla sua superficie laterale". Il sito posteriore viene da noi raccomandato in quanto le pliche rilevate a tale livello si correlano con lo stato di salute del paziente (Feldman et al., 1969)

#### AFFIDABILITÀ

Nessun dato è disponibile al riguardo.

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

##### *Bambini*

Malina & Roche, 1983

##### *Adulti*

Nessuna disponibile

# Bibliografia Sezione Prima

---

- Abraham, S., Johnston, C.L., & Najjar, M.F. (1979) *Weight by height and age for adults 18-74 years, U.S. 1971-1974, vital and health statistics* (Series 11, No. 211, Department of Health, Education, and Welfare) Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Albrink, M.J., & Meigs, J.W. (1964) Interrelationship between skinfold thickness, serum lipids and blood sugar in normal men *American Journal of Clinical Nutrition*, 15, 255-261
- Allen, T-H, Peng, M-T., Cheng, K-P., Huang, T-F., Chang, C., & Fang, H-S. (1956) Prediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity *Metabolism*, 5, 546-552
- Bailey, D. (1967) *Saskatchewan child growth and development study* (Report No. 5) Saskatoon, Canada: University of Saskatchewan
- Baker, P.T., Hunt, E.E., Jr., & Sen, T. (1958) The growth and interrelations of skinfolds and brachial tissues in man *American Journal of Physical Anthropology*, 16, 39-58
- Becque, M.D., Katch, V.L., & Moffatt, R.J. (1986) Time course of skin-plus-fat compression in males and females *Human Biology*, 58, 33-42
- Behnke, A.R. (1963) Anthropometric estimate of body size, shape, and fat content *Postgraduate Medicine*, 34, 190-198
- Behnke, A.R., & Wilmore, J.H. (1974) *Evaluation and regulation of body build and composition* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Bishop, C.W., Bowen, P.E., & Ritchey, S.S. (1981) Norms for nutritional assessment of American adults by upper arm anthropometry *American Journal of Clinical Nutrition*, 34, 2830-2839
- Blackburn, G.L., Bristrian, B.R., Maini, B.S., Schlamm, H.T., & Smith, M.F. (1977) Nutritional and metabolic assessment of the hospitalized patient *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 1, 11-22
- Boileau, R.A., Wilmore, J.H., Lohman, T.G., Slaughter, M.H., & River, W.F. (1981) Estimation of body density from skinfold thicknesses, body circumferences and skeletal widths in boys aged 8 to 11 years. Comparison of two samples *Human Biology*, 53, 575-592
- Bolton, C.B., Kenward, M., Simpson, R.E., & Turner, G.M. (1973) *An anthropometric survey of 2000 Royal Air Force Aircrew* (TR-73083) Farnborough, England: Royal Aircraft Establishment
- Borkan, G., Glynn, S., Bachman, S., Bossé, R., & Weiss, S. (1981)

- Relationship between cigarette smoking, chest size and body size in health-screened adult males  
*Annals of Human Biology*, **8**, 153-160
- Borkan, G.A., Hulth, D.E., Gerzof, S.G., Burrows, B.A., & Robbins, A.H. (1983)  
Relationships between computed tomography tissue areas, thicknesses and total body composition  
*Annals of Human Biology*, **10**, 537-546
- Brans, Y.W., Summers, J.E., Dweck, H.S., & Cassidy, G. (1974)  
A noninvasive approach to body composition in the neonate: Dynamic skinfold measurement  
*Pediatric Research*, **8**, 215-222
- Bray, G.A., Greenway, F.L., Molich, M.E., Dahms, W.T., Atkinson, R.L., & Hamilton, K. (1978)  
Use of anthropometric measures to assess weight loss  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **31**, 769-773
- Brown, K.R. (1984)  
*Growth, physique and age at menarche of Mexican American females ages 12 through 17 years residing in San Diego County, California*  
Unpublished doctoral dissertation, University of Texas, Austin
- Brown, O.T., & Wigzell, F.W. (1964)  
The significance of span as a clinical measurement  
In W.F. Anderson & B. Isaacs (Eds.)  
*Current achievements in geriatrics* (pp.246-251)  
London: Cassell
- Brown, W.J., & Jones, P.R.M. (1977)  
The distribution of body fat in relation to habitual activity  
*Annals of Human Biology*, **4**, 537-550
- Brožek, J. (1961)  
Body measurements, including skinfold thickness, as indicators of body composition  
In J. Brožek & A. Henschel (Eds.)  
*Techniques for measuring body composition* (proceedings of a conference, Quartermaster Research and Engineering Center; pp. 3-35)  
Washington, DC: National Academy of Science
- Buschang, P.H. (1980)  
*Growth status and rate in school children 6 to 13 years of age in a rural Zapotec-speaking community in the Valley of Oaxaca, Mexico*  
Unpublished doctoral dissertation: University of Texas, Austin
- Cameron, N. (1978)  
The methods of auxological anthropometry  
In F. Falkner & J.M. Tanner (Eds.), *Human growth: Vol. 2. Post natal growth* (pp. 35-90)  
New York: Plenum Press
- Cameron, N. (1984)  
*The measurement of human growth*  
London: Coom Helm
- Carter, J.E.L. (1980)  
*The Heath-Carter Somatotype Method*  
San Diego, CA: San Diego State University Syllabus Service
- Carter, J.E.L. (1986)  
Unpublished data  
San Diego State University, Department of Physical Education  
San Diego, CA
- Chen, K. (1953)  
Report on total body fat in American women estimated on the basis of specific gravity as an evaluation of individual fatness and leanness  
*Journal of the Formosan Medical Association*, **52**, 271-276
- Chumlea, W.C. (1983)  
Unpublished data  
Wright State University School of Medicine  
Department of Pediatrics, Yellow Springs, OH
- Chumlea, W.C. (1985)  
Accuracy and reliability of a new sliding caliper  
*American Journal of Physical Anthropology*, **68**, 425-427
- Chumlea, W.C., & Roche, A.F. (1979)  
Unpublished data  
Wright State University School of Medicine,  
Department of Pediatrics, Yellow Springs, OH
- Chumlea, W.C., & Roche, A.F. (1986)  
Unpublished data  
Wright State University School of Medicine,  
Department of Pediatrics, Yellow Springs, OH
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Mukherjee, D. (1984a)  
*Nutritional assessment of the elderly through anthropometry*  
Columbus, OH: Ross Laboratories
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Rogers, E. (1984b)

Replicability for anthropometry in the elderly  
*Human Biology*, **56**, 329-337

Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Webb, P. (1984c)  
Body size, subcutaneous fatness and total body fat  
in older adults  
*International Journal of Obesity*, **8**, 311-317

Chumlea, W.C., Steinbaugh, M.L., Roche, A.F.,  
Mukherjee, D., & Gopalaswamy, N. (1985)  
Nutritional anthropometric assessment in elderly  
persons 65 to 90 years of age  
*Journal of Nutrition for the Elderly*, **4**, 39-51

Churchill, E., Churchill, T., McConville, J.T., &  
White, R.M. (1977)  
*Anthropometry of women of the U.S  
Army 1977*  
(Report No. 2-The basic univariate statistics. [AD-  
A044-806] Natick/TR-77/024). Natick, MA: United  
States Army

Clarys, J.P., Martin, A.D., & Drinkwater, D. (1984)  
Gross tissue weights in the human body by  
cadaver dissection  
*Human Biology*, **56**, 459-473

Clauser, C.E., Tucker, P.E., McConville, J.T.,  
Churchill, E., Laubach, L.L., & Reardon, J.A. (1972)  
*Anthropometry of Air Force women* (Report No.  
AMRL-TR-70-5)  
Dayton, OH: Aerospace Medical Research  
Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force  
Systems Command, Wright-Patterson Air Force  
Base

Comas, J. (1960)  
*Manual of physical anthropology*  
Springfield, IL: Charles C Thomas

Cooke, R.W.I., Lucas, A., Yudkin, P.L.N., & Pryse-  
Davies, J. (1977)  
Head circumference as an index of brain weight in  
the fetus and newborn  
*Early Human Development*, **1**, 145-149

Correnti, V., & Zauli, B. (1964)  
*Olimpionici, 1960*  
Rome: Marves

Damon, A. (1964)  
Notes on anthropometric technique I. Stature  
against a wall and standing free  
*American Journal of Physical Anthropology*, **22**,  
73-77

Damon, A. (1965)  
Notes on anthropometric technique: II. Skinfol-  
d-right and left sides; held by one or two hands  
*American Journal of Physical Anthropology*, **23**,  
305-311

Damon, A., Stoudt, H.W., & McFarland, R.A. (1966)  
*The human body in equipment design*  
Cambridge, MA: Harvard University Press

Davenport, C.B. (1921)  
*The medical department of the United States Army  
in the World War: Volume XV. Statistics: Part One  
Army anthropology*  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office

De Garay, A.L., Levine, L., & Carter, J.E.L. (1974)  
*Genetic and anthropological studies of Olympic  
athletes*  
New York: Academic Press

Demirjian, A. (1980)  
*Anthropometry report: Height, weight and body  
dimensions*  
Ottawa, Canada: Ministry of National Health and  
Welfare

Demirjian, A., & Jeniček, M. (1972)  
Latéralité corporelle des enfants Canadiens  
Français à Montréal  
*Kinanthropologie*, **4**, 158-185

Demirjian, A., Jeniček, M., & Dubuc, M.B. (1972)  
Les normes staturopondérales de l'enfant urbain  
Canadien français d'âge scolaire  
*Canadien Journal of Public Health*, **63**, 14-30

Dequeker, J.V., Baeyens, J.P., & Claessens J.  
(1969)  
The significance of stature as clinical  
measurement of aging  
*Journal of the American Geriatric Society*, **17**, 169-  
179

Després, J.P., Bouchard, C., Tremblay, A., Savard,  
R., & Marcotte, M. (1985)  
Effects of aerobic training on fat distribution in  
male subjects  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **17**,  
113-118

Durnin, J.V.G.A., & Rahaman, M.M. (1967)  
The assessment of the amount of fat in the human  
body from measurements of skinfold thickness  
*British Journal of Nutrition*, **21**, 681-689

- Durnin, J.V.G.A., & Womersley, J. (1974)  
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years  
*British Journal of Nutrition*, **32**, 77-97
- Edwards, D.A.W. (1950)  
Observations on the distribution of subcutaneous fat  
*Clinical Science*, **9**, 259-270
- Edwards, D.A.W., Hammond, W.H., Healy, M.J.R., Tanner, J.M., & Whitehouse, R.H. (1955)  
Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness  
*British Journal of Nutrition*, **9**, 133-143
- Engelbach, W. (1932)  
Endocrine medicine: Vol. 1: General considerations  
Springfield, IL: Charles C Thomas
- Engstrom, F.M., Roche, A.F., & Mukherjee, D. (1981)  
Differences between arm span and stature in white children  
*Journal of Adolescent Health Care*, **2**, 19-22
- Eveleth, P.B., & Tanner, J.M. (1976)  
Worldwide variation in human growth  
Cambridge, England: Cambridge University Press
- Faulhaber, J. (1970)  
Anthropometry of living Indians  
In R. Wauchop (Ed.), *Physical anthropology: Vol. 9. Handbook of middle American Indians* (pp 82-104)  
Austin, TX: University of Texas Press
- Feldman, R., Sender, A.J., & Siegelau, A.B. (1969)  
Difference in diabetic and non-diabetic fat distribution patterns by skinfold measurements  
*Diabetes*, **18**, 478-486
- Ferris, A.G., Beal, V.A., Laus, M.J., & Hosmer, D.W. (1979)  
The effect of feeding on fat deposition in early infancy  
*Pediatrics*, **64**, 397-401
- Forsyth, H.L., & Sinning, W.E. (1973)  
The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **5**, 174-180
- Friedlander, J.S., Costa, P.T., Bossé, R., Ellis, E., Rhoads, J.G., & Stoudt, H.W. (1977)  
Longitudinal physique changes among healthy white veterans of Boston  
*Human Biology*, **49**, 541-558
- Frisancho, A. (1974)  
Triceps skinfold and upper arm muscle size norms assessment of nutritional status  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **27**, 1052-1057
- Frisancho, A.R. (1976)  
Growth and morphology at high altitude  
In P.T. Baker & M.A. Little (Eds.), *Man in the Andes* (pp. 180-207)
- Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson, Ross, Inc
- Frisancho, A.R. (1981)  
New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **34**, 2540-2545
- Frisancho, A.R. (1984)  
New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **40**, 808-819
- Frisancho, A.R. (1986)  
*Desirable anthropometric standards by frame size for the assessment of growth and nutritional status of children and adults for use with the Frameter*  
Ann Arbor, MI: Health Products
- Frisancho, A.R., & Baker, P.T. (1970)  
Altitude and growth: A study of the patterns of physical growth of a high altitude Peruvian Quecha population  
*American Journal of Physical Anthropology*, **32**, 279-292
- Frisancho, A.R., & Flegel, P.N. (1983)  
Elbow breadth as a measure of frame size for U.S. males and females
- Garrett, J.W. (1971)  
The adult human: Some anthropometric and biomechanical considerations  
*Human Factors*, **13**, 117-131
- Garrett, J.W., & Kennedy, K.W. (1971)  
*A collation of anthropometry* (AMRL-TR-68-1, 2 Vols)  
Dayton, OH: Aerospace Medical Research Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base

- Gavan, J.A. (1950)  
The consistency of anthropometric measurements  
*American Journal of Physical Anthropology*, **8**,  
417-426
- Gleń, E., Glab, H., Jasicki, B., Kaczanowski, K.,  
Karas, B., Schmager, J., Sikora, P., &  
Radeusiewicz, R. (1982)  
Rozwoj dzieci i młodzieży w rejonie Huty Katowice  
na tle populacji dorosłych (normy rozwojowe)  
*Prace Zoologiczne, Zeszyt*, **28**, 1-198
- Guo, S., Roche, A.F., Chumlea, W.C., Miles, D.S.,  
& Pohlman, R.L. (1987)  
Body composition predictions from bioelectric  
impedance  
*Human Biology*, **59**, 221-233
- Gurney, J.M., & Jelliffe, D.B. (1973)  
Arm anthropometry in nutritional assessment:  
Nomogram for rapid calculation of muscle  
circumference and cross-sectional muscle and fat  
areas  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **26**, 912-915
- Haas, J.D., & Flegal, K.M. (1981)  
Anthropometric measurements  
In G.R. Newell & N.M. Ellison (Eds.), *Progress in  
cancer research: Vol. 17. Nutrition and cancer:  
Etiology and treatment* (pp. 123-140)  
New York: Raven Press
- Hall, J.C., O'Quigley, J., Giles, G.R., Appleton, N.,  
& Stocks, H. (1980)  
Upper limb anthropometry: The value of  
measurement variance studies  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **33**, 1846-  
1851
- Hamill, P.V.V., Drizd, T.A., Johnson, C.L., Reed,  
R.B., & Roche, A.F. (1977)  
*NCHS growth curves for children birth-18 years, U.S*  
(Vital and Health Statistics, Series 11, No  
165, Department of Health, Education and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Hamill, P.V.V., Drizd, T.A., Johnson, C.L., Reed,  
R.B., Roche, A.F., & Moore, W.M. (1979)  
Physical growth: National Center for Health  
Statistics percentiles  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **32**, 607-609
- Hamill, P.V.V., Johnston, F.E., & Grams, W. (1970)  
*Height and weight of children* (Vital and Health  
Statistics, Series 11, No. 104, Department of  
Health, Education and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Hamill, P.V.V., Johnston, F.E., & Lemeshow, S.  
(1973a)  
*Height and weight of youths 12-17 years* (Vital and  
Health Statistics, Series 11, No. 124, Department  
of Health, Education, and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Hamill, P.V.V., Johnston, F.E., & Lemeshow, S.  
(1973b)  
*Body weight, stature, and sitting height: White and  
Negro youths 12-17 years, United States* (Vital and  
Health, Education and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Harrison, G.A., Weiner, J.S., Tanner, J.M., &  
Barnicot, N.A. (1964)  
*Human biology: An introduction to human  
evolution, variation and growth*  
New York: Oxford University Press
- Harsha, D.W., Frericks, R.R., & Berenson, G.S.  
(1978)  
Densitometry and anthropometry of black and  
white children  
*Human Biology*, **50**, 261-280
- Hartz, A.J., Rupley, D.C., & Rimm, A.A. (1984)  
The association of girth measurements with  
disease in 32, 856 women  
*American Journal of Epidemiology*, **119**, 71-80
- Heath, B.H., & Carter, J.E.L. (1967)  
A modified somatotype method  
*American Journal of Physical Anthropology*, **27**, 57-74
- Hendy, K.C. (1979)  
*Australian Tri-Service Anthropometric Survey  
1977: Part 1. Survey planning, conduct, data  
handling and methods of analysis* (ARL-SYS-  
REPORT-15)  
Melbourne, Australia: Aeronautical Research  
Laboratories
- Hertzberg, H.T.E. (1968)  
The Conference on Standardization of  
Anthropometric Technique and Terminology  
*American Journal of Physical Anthropology*, **28**, 1-16
- Hertzberg, H.T.E., Churchill, E., Dupertuis, C.W.,  
White, R.M., & Damon, A. (1963)  
*Anthropometric survey of Turkey, Greece and Italy*  
New York: Macmillan Company

- Heymsfield, S.B., Clifford, B., McManus, C., Sietz, S.B., Nixon, D.W., & Andrews, J.S. (1984) Anthropometric assessment of adult protein-energy malnutrition  
In R.A. Wright & S. Heymsfield (Eds.) *Nutritional assessment* (pp. 27-82)  
Boston: Blackwell Scientific Publications
- Himes, J.H., & Bouchard, C. (1985) Do the new Metropolitan Life Insurance weight-height tables correctly assess body frame and body fat relationships? *American Journal of Public Health*, **75**, 1076-1079
- Hrdlička, A. (1920) *Anthropometry*  
Philadelphia: Wistar Institute of Anatomy and Biology
- Hrdlička, A. (1939) *Practical anthropometry*  
Philadelphia: Wistar Institute of Anatomy and Biology
- Huenemann, R.L., Hampton, M.C., Behnke, A.R., Shapiro, L.R., & Mitchell, B.N. (1974) *Teenage nutrition and physique*  
Springfield, IL: Charles C Thomas
- Illingworth, R.S., & Eid, E.E. (1971) The head circumference in infants and other measurements to which it may be related  
*Acta Paediatrica Scandinavica*, **60**, 333-337
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1976) Factor analysis and multivariate scaling of anthropometric variables for the assessment of body composition  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **8**, 196-203
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1978) Generalized equations for predicting body density of men  
*British Journal of Nutrition*, **40**, 497-504
- Jackson, A.S., Pollock, M.L., & Gettman, L.R. (1978) Intertester reliability of selected skinfold and circumference measurements and percent fat estimates  
*Research Quarterly for Sport and Exercise*, **49**, 546-551
- Johnson, C.L., Fulwood, R., Abraham, S., & Bryner, J.D. (1981) *Basic data on anthropometric and angular measurements of the hip and knee joints for selected age groups 1-74 years of age, United States, 1971-1975* (Vital and Health Statistics, Series 11, No. 219. U.S. Department of Health and Human Services) Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Johnston, F.E., Dechow, P.C., & McVean, R.B. (1975) Age changes in skinfold thickness among upper class school children of different ethnic backgrounds residing in Guatemala  
*Human Biology*, **47**, 251-262
- Johnston, F.E., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1972) *Skinfold thickness of children 6-11 years, United States, 1963-1965* (Vital and Health Statistics, Series 11, No. 120, Department of Health, Education and Welfare) Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Johnston, F.E., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1974) *Skinfold thickness of youth 12-17 years, United States, 1966-1970* (Vital and Health Statistics, Series 11, No. 132, Department of Health, Education and Welfare) Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Johnston, F.E., & Mack, R.W. (1985) Interobserver reliability of skinfold measurements in infants and young children  
*American Journal of Physical Anthropology*, **67**, 285-290
- Kalkhoff, R.R., Hartz, A.H., Rupley, D., Kissebah, A.H., & Kelber, S. (1983) Relationship of body fat distribution to blood pressure, carbohydrate tolerance, and plasma lipids in healthy obese women  
*Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, **102**, 621-627
- Kannel, W.B., & Gordon, T. (1980) Physiological and medical concomitants of obesity: The Framingham Study, *Obesity in America* In G.A. Bray (Ed.) (pp. 125-163; Department of Health, Education and Welfare, National Institutes of Health, Publication No. 80-359) Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Karlberg, P., Taranger, J., Engström, I., Karlberg, J., Landström, T., Lichtenstein, H., Lindström, B., & Svennberg-Redegren, I. (1976)



I. Physical growth from birth to 16 years and longitudinal outcome of the study during the same age period

In J. Taranger (Ed.), *The somatic development of children in a Swedish urban community* (pp. 7-76) Göteborg, Sweden: Gotab Kungälv

Katch, F.I., & McArdle, W.D. (1973)  
Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women  
*Human Biology*, **45**, 445-454

Katch, F.I., & Michael, E.D. (1968)  
Prediction of body density from skinfold and girth measurements of college females  
*Journal of Applied Physiology*, **25**, 92-94

Keys, A., & Brožek, J. (1953)  
Body fat in adult man  
*Physiological Reviews*, **33**, 245-325

Kondo, S., & Eto, M. (1975)  
Physical growth studies on Japanese-American children in comparison with native Japanese  
In S.M.Horvath, S. Kondo, H. Matsui, & H. Yoshimura (Eds.)  
*Human adaptability: Vol. 1. Comparative studies on human adaptability of Japanese, Caucasians and Japanese-Americans* (pp. 13-45)  
Tokyo: University of Tokyo Press

Krogman, W.M. (1950)  
A handbook of the measurement and interpretation of height and weight in the growing child  
*Monographs of the Society for Research in Child Development*, **13**, Serial, No. 48

Krogman, W.M. (1970)  
Growth of the head, face, trunk and limbs in Philadelphia white and Negro children of elementary and high school age  
*Monographs of the Society for Research in Child Development*, **35**, Serial No. 136

Krotkiwski, M., Björntorp, P., Sjöström, L., & Smith, U. (1983)  
Impact of obesity on metabolism in men and women. Importance of regional adipose tissue distribution  
*Journal of Clinical Investigation*, **72**, 1150-1162

Lapidus, L., Bengtson, C., Larsson, B., Pennert, K., Rybo, E., & Sjöström, L. (1984)  
Distribution of adipose tissue and risk of

cardiovascular disease and death: A 12 year follow up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden  
*British Medical Journal*, **289**, 1261-1263

Larsson, B., Svärdsudd, K., Welin, L., Wilhelmsen, L., Björntorp, P., & Tibblin, G. (1984)  
Abdominal adipose tissue distribution, obesity and risk of cardiovascular disease and death: A 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913  
*British Medical Journal*, **288**, 1401-1404

Laubach, L.L., McConville, J.T., Churchill, E., & White, R.M. (1977)  
*Anthropometry of women of the US. Army-1977* (Report No. 1: methodology and survey plan. Technical Report TR-77/021)  
Natick, MA: U.S. Army Natick Research & Development Command

Lohman, T.G. (1981)  
Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review  
*Human Biology*, **53**, 181-225

Lohman, T.G., Boileau, R.A., & Massey, B.H. (1975)  
Prediction of lean body mass in young boys from skinfold thickness and body weight  
*Human Biology*, **47**, 245-262

Lohman, T.G., Pollock, M.L., Slaughter, M.H., Brandon, L.J., & Boileau, R.A. (1984)  
Methodological factors and the prediction of body fat in female athletes  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **16**, 92-96

MacDonald, G.A.H., Sharrard, K.A., & Taylor, M.C. (1978)  
*Preliminary anthropometric survey of Canadian Forces women* (Technical Report No. 78x20)  
Toronto, Canada: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine

MacDougall, J.D., Wenger, H.A., & Green, H.J. (1981)  
*Physiological testing of the elite athlete*  
Ottawa, Canada: Canadian Association of Sport Sciences

Malina, R.M. (1968)  
*Growth, maturation, and performance of Philadelphia Negro and white elementary school children*  
Unpublished data. University of Texas, Department of Pennsylvania, Philadelphia

- Malina, R.M. (1986)  
Unpublished data  
University of Texas, Department of Anthropology,  
Austin
- Malina, R.M., & Buschang, P.H. (1984)  
Anthropometric asymmetry in normal and  
mentally retarded males  
*Annals of Human Biology*, **11**, 515-531
- Malina, R.M., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1973)  
*Selected body measurements of children 6-11 years,  
United States* (Vital and Health Statistics, Series  
11, No. 123  
Department of Health, Education and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Malina, R.M., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1974)  
*Body dimensions and proportions, White and  
Negro children 6-11 years, United States* (Vital and  
Health Statistics, Series 11, No. 143  
Department of Health, Education and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Malina, R.M., & Roche, A.F. (1983)  
*Manual of physical status and performance in  
childhood: Vol. 2  
Physical performance*  
New York: Plenum Publishing Corporation
- Martin, A.D. (1984)  
*An anatomical basis of assessing human body  
composition: Evidence from 25 dissections*  
Unpublished doctoral dissertation, Simon Fraser  
University, Burnaby, British Columbia, Canada
- Martin, A.D. (1986)  
Unpublished data  
Simon Fraser University, Burnaby, British  
Columbia, Canada
- Martin, R., & Saller, K. (1959)  
*Lehrbuch der Anthropologie*  
Stuttgart, West Germany: Fischer
- Martin, W.E. (1954)  
*The functional body measurements of school age  
children: A handbook for manufacturers, design  
engineers, architects, and school officials for use in  
planning school furniture, equipment, and  
buildings*  
Chicago: National School Service Institute
- Martin, W.E. (1955)  
*Children's body measurements for planning and  
equipping schools* (Special Public  
No. 4. Office of Education, Department of Health,  
Education and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Martorell, R., Habicht, J-P., Yarbrough, C.,  
Guzman, G., & Klein, R.E. (1975)  
The identification and evaluation of measurement  
variability in the anthropometry of preschool  
children  
*American Journal of Physical Anthropology*, **43**,  
347-352
- Matheny, W.D., & Meredith, H.V. (1947)  
Mean body size of Minnesota schoolboys of Finnish  
and Italian ancestry  
*American Journal of Physical Anthropology*, **5**,  
343-355
- Matiegka, J. (1921)  
The testing of physical efficiency  
*American Journal of Physical Anthropology*, **4**,  
223-230
- McCammon, R. (1970)  
*Human growth and development*  
Springfield, IL: Charles C Thomas
- McCloy, C.H. (1936)  
*Appraising physical status  
The selection of measurements* (Vol. 12)  
University of Iowa Studies in Child Welfare, Iowa  
City, IA
- McConville, J.T., Churchill, E., Churchill, T., &  
White, R.M. (1977)  
*Anthropometry of women of the U.S. Army-1977  
(Report No. 5, Comparative Data for U.S. Army  
Men TR-7-029)* Natick, MA: United States Army
- McGowan, A., Jordan, M., & MacGregor, J. (1975)  
Skinfold thickness in neonates  
*Biology of the Neonate*, **23**, 66-84
- McPherson, J.R., Lancaster, D.R., & Carroll, J.C.  
(1978)  
Statute change with aging in black Americans  
*Journal of Gerontology*, **33**, 20-25
- Meleski, B.W. (1980)  
*Growth, maturity, body composition and familial  
characteristics of competitive swimmers 8 to 18  
years of age*  
Unpublished doctoral dissertation, University of  
Texas, Austin

- Meredith, H. (1970)  
Body size of contemporary groups of one-year-old infants studied in different parts of the world  
*Child Development*, **41**, 551-600
- Meredith, H.V., & Spurgeon, J.H. (1980)  
Somatic comparisons at age 9 years for South Carolina white girls and girls of other ethnic groups  
*Human Biology*, **52**, 401-411
- Michael, E.D., Jr., & Katch, F.I. (1968)  
Prediction of body density from skinfold and girth measurements of 17 year-old boys  
*Journal of Applied Physiology*, **25**, 747-750
- Montagu, M.F.A. (1960)  
*A handbook of anthropometry*  
Springfield, IL: Charles C Thomas
- Montoye, H.J. (1978). *An introduction to measurement in physical education*  
Boston: Allyn and Bacon
- Moore, W.M., & Roche, A.F. (1983)  
*Pediatric anthropometry* (2nd ed.)  
Columbus, OH: Ross Laboratories
- Morris, A., Wilmore, J., Atwater, A., & Williams, J. (1980)  
Anthropometric measurements of 3-4 and 5-6 year old boys and girls  
*Growth*, **40**, 253-267
- Mueller, W.H., & Wohlleb, J.C. (1981)  
Anatomical distribution of subcutaneous fat and its description by multivariate methods: How valid are principle components? *American Journal of Physical Anthropology*, **54**, 25-35
- Nagamine, S., & Suzuki, S. (1964)  
Anthropometry and human composition of Japanese young men and women  
*Human Biology*, **36**, 8-15
- National Aeronautics and Space Administration (1978)  
Anthropometric source book vol. I: Anthropometry for designers: Vol. II: A handbook of anthropometric data (No. 1024)  
Houston, TX: Lyndon B. Johnson Space Center
- Nellhaus, G. (1968)  
Head circumference from birth to eighteen years: Practical composite international and interracial graphs  
*Pediatrics*, **41**, 106-114
- Newman, R.W. (1952)  
The assessment of military personnel by 1912 height-weight standards (Report No. 194)  
Natick, MA: Environment Protection Branch, Office of the Quartermaster General, U.S. Army
- Novak, L.P., Hamamoto, K., Orvis, A.L., & Burke, E.C. (1970)  
Total body potassium in infants  
Determination by whole-body counting of radioactive potassium (40K)  
*American Journal of Diseases of Children*, **119**, 419-423
- Oberman, A., Lane, N.E., Mitchell, R.E., & Graybiel, A. (1965)  
*The thousand aviator study: Distributions and intercorrelations of selected variables* (Monograph 12)  
Pensacola, FL: U.S. Naval Aerospace Medical Institute
- O'Brien, R., & Shelton, W.C. (1941)  
*Women's measurements for garment and pattern construction* (Public No. 454, Department of Agriculture)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Ohlson, L.O., Larsson, B., Svöardsudd, K., Welin, L., Eriksson, H., Wilhelmsen, L., Björntorp, P., & Tibblin, G. (1985)  
The influence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus  
*Diabetes*, **34**, 1055-1058
- Olivier, G. (1969)  
*Practical anthropology*  
Springfield, IL: Charles C Thomas
- Osborne, R., & De George, F. (1959)  
*Genetic bases of morphological variation*  
Cambridge, MA: Harvard University Press
- Pařížková, J. (1961)  
Total body fat and skinfold thickness in children  
*Metabolism*, **10**, 794-807
- Pařížková, J. (1977)  
*Body fat and physical fitness*  
The Hague, The Netherlands: Martinus Nijhoff
- Pařížková, J., & Zdjnek, R. (1972)  
The assessment of depot fat in children from skinfold thickness measurements by Holtain (Tanner/Whitehouse caliper)  
*Human Biology*, **44**, 613-620

- Parnell, W.R. (1954)  
Somatotyping by physical anthropometry  
*American Journal of Physical Anthropology*, **12**, 209-239
- Pascale, L.R., Grossman, M.I., Sloane, H.S., & Frankel, T. (1956)  
Correlations between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers  
*Human Biology*, **28**, 165-176
- Patton, J.L. (1979)  
*A study of distributional normality of skinfold measurements*  
Unpublished master's thesis, University of Washington, Seattle
- Perez, B.M., (1981)  
*Los atletas venezolanos. Su tipo físico*  
Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela
- Pett, L.B., & Ogilvie, G.F. (1957)  
The report on Canadian average weights, heights and skinfolds  
*Canadian Bulletin of Nutrition*, **5**, 1-81
- Pieper, U., & Jürgens, H.W. (1977)  
*Anthropometrische Untersuchungen zu Bau und Funktion des Kindlichen Körpers*  
Bundesanstandt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund  
Forschungsbericht No. 178
- Pollock, M.L. (1986)  
Unpublished data  
University of Florida, Department of Exercise Science, Gainesville
- Pollock, M.L., Hickman, T., Kendrick, Z., Jackson, A., Linnerud, A.C., & Dawson, G. (1976)  
Prediction of body density in young and middle-aged men  
*Journal of Applied Physiology*, **40**, 300-304
- Pollock, M.L., & Jackson, A. (1984)  
Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **16**, 606-613
- Pollock, M.L., Laughridge, E.E., Coleman, B., Linnerud, A.C., & Jackson, A. (1975)  
Prediction of body density in young and middle-aged women  
*Journal of Applied Physiology*, **38**, 745-749
- Pollock, M.L., Schmidt, D.H., & Jackson, A.S. (1980)  
Measurement of cardio-respiratory fitness and body composition in the clinical setting  
*Comprehensive Therapy*, **6**, 12-27
- Pollock, M.L., Wilmore, J.H., & Fox, S.M. (1984)  
*Exercise in health and disease. Evaluation and prescription for prevention and rehabilitation*  
Philadelphia: W.B. Saunders
- Randall, F.E., & Baer, M.J. (1951)  
*Survey of body sizing of army personnel, male and female: 1. Methodology*  
(Report No. 122) Lawrence, MA: US Quartermaster Climatic Research Laboratory
- Robinow, M., & Chumlea, W.C. (1982)  
Standards for limb bone length ratios in children  
*Radiology*, **143**, 433-436
- Roche A.F., & Chumlea, W.C. (1985)  
Unpublished data  
Wright State University School of Medicine, Department of Pediatrics, Yellow Springs, OH
- Roche, A.F., & Davila, G.H. (1974)  
Differences between recumbent length and stature within individuals  
*Growth*, **38**, 313-320
- Roche, A.F., & Himes, J.H. (1980)  
Incremental growth charts  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **33**, 2041-2052
- Roche, A.F., & Malina, R.M. (1983)  
*Manual of physical status and performance in childhood: Vol. 1. Physical status*  
New York: Plenum
- Roche, A.F., Mukherjee, D., Guo, S., & Moore, W.M. (1987)  
Head circumference reference data: Birth to 18 years  
*Pediatrics*, **79**, 706-712
- Roebuck, J.A., Kroemer, K.H.E., & Thomson, W.G. (1975)  
*Engineering anthropometry methods*  
New York: Wiley
- Ross, W.D., Brown, S.R., Hebbelinck, M., & Falkner, R.A. (1978)  
Kinanthropometry terminology and landmarks

In R.J. Shepard & H. Lavallee (Eds.), *Physical fitness assessment* (pp. 44-50)  
Springfield, IL: Charles C Thomas

Ross, W.D., & Marfell-Jones, M.J. (1982)  
Kinanthropometry  
In J.D. MacDougall, H.A  
Wenger, & H.J. Green (Eds.), *Physiological testing of the elite athlete* (pp. 75-115)  
Ottawa, Canada: Canadian Association of Sport Sciences

Ross, W.D., & Ward, r. (1984)  
*The O-Scale System*  
Surrey, British Columbia, Canada: Rosscraft  
Rossman (Ed.), *Clinical geriatrics* (2nd ed., pp. 3-22)  
Philadelphia: J.B. Lippincott

Schutte, J.E. (1979)  
*Growth and body composition of lower and middle income adolescent black males*  
Unpublished doctoral dissertation, Southern Methodist University, Dallas, TX

Simmons, K. (1944)  
The Brush Foundation Study of Child Growth and Development: II. Physical growth and development  
Monographs of the Society for Research in Child Development, 9, No. 1, Serial No. 37

Singh, I., & Bhasin, M. (1968)  
Anthropometry  
Delhi, India: Bharti Bhawan

Sinning, W.E., Dolny, D.G., Little, K.D.,  
Cunningham, L.N., Racaniello, A., Sicnolfi, S.F., &  
Sholes, J.L. (1985)  
Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 124-130

Sinning, W.E., & Wilson, J.R. (1984)  
Validity of "generalized" equations for body composition analysis in women athletes  
*Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55, 153-160

Skřelj, B. Brožek, J., & Hunt, E.E., Jr. (1953)  
Subcutaneous fat and age changes in body build and body form in women  
*American Journal of Physical Anthropology*, 11, 577-600

Slaughter, M.H., Lohman, T.G., & Bpileau, R.A. (1978)

Relationship of anthropometric dimensions to lean body mass in children  
*Annals of Human Biology*, 5, 469-482

Sloan, A.W. (1967)  
Estimation of body fat in young men  
*Journal of Applied Physiology*, 23, 311-315

Sloan, A.W., Burt, J.J., & Blyth, C.S. (1962)  
Estimation of body fat in young women  
*Journal of Applied Physiology*, 17, 967-970

Sloan, A.W., & Shapiro, M. (1972)  
A comparison of skinfold measurements with three standard calipers  
*Human Biology*, 44, 29-36

Smith, D.W. (1976)  
*Recognizable patterns of human malformation, genetic, embryologic and clinical aspects* (2nd ed.)  
Philadelphia: W.B. Saunders

Snow, C.C., Reynolds, H.M., & Allgood, M.A. (1975)  
*Anthropometry of airline stewardesses* (Report No FAA-AM-75-2)  
Oklahoma City, OK: Office of Aviation Medicine, Federal Aviation Administration, Department of Transportation

Snyder, R.G., Schneider, L.W., Owings, C.L., Reynolds, H.M., Golomb, D.H., & Schork, M.A. 81977)  
*Anthropometry of infants, children and youths to age 18 for product safety design*  
(Publication 77-177)  
Ann Arbor, University of Michigan, Highway Safety Research Institute

Snyder, R.G., Spencer, M.L., Owings, C.L., & Schneider, L.W. (1975)  
*Anthropometry of U.S infants and children* (Publication SP-394, Paper No 750423)  
Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers

Steel, M.F., & Mattox, J.W. (1987)  
Unpublished raw data  
Department of Food, Nutrition, and Institute Management, East California University, Greenville, NC

Steikamp, R.C., Cohen, N.L., Siri, W.E., Sargent, T.W., & Walsh, H.E. (1965)  
Measures of body fat and related factors in normal adults: I

- Introduction and methodology  
*Journal of Chronic Diseases*, **18**, 1279-1289
- Stewart, L.E. (1985)  
*Anthropometric survey of Canadian Forces aircrew*  
(Tech. Rep. No. 85-12-01)  
Toronto, Canada: Human Elements Incorporated
- Stolz, H.R., & Stolz, L.M. (1951)  
*Somatic development of adolescent boys*  
New York: Macmillan
- Stoudt, H., Damon, A., & McFarland, R. (1970)  
*Skinfolds, body girths, biacromial diameter and selected anthropometric indices of adults, United States, 1960-1962* (Vital and Health Statistics, Series 11, No. 35  
Department of Health, Education, and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Stoudt, H., Damon, A., McFarland, R., & Roberts, J. (1965)  
*Weight, height and selected body dimensions of adults, United States, 1960-1962* (Vital and Health Statistics, Series 11, No. 8. U.S. Department of Health, Education, and Welfare)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Summer, E.E., & Whitacre, J. (1931)  
Some factors affecting accuracy in the collection of data on the growth of weight in school children  
*Journal of Nutrition*, **4**, 15-33
- Szathmary, E.J.E., & Holt, N. (1983)  
Hyperglycemia in Dogrib Indians of the Northwest Territories, Canada: Association with age and a centripetal distribution of body fat  
*Human Biology*, **55**, 493-515
- Tuddenham, R.D., & Snyder, M.M. (1954)  
*Physical growth of California boys and girls from birth to eighteen years*  
Berkeley, CA: University of California Press
- Valk, I.M. (1971)  
Accurate measurement of the length of the ulna and its application in growth measurement  
*Growth*, **35**, 297-310
- Valk, I.M. (1972)  
Ulnar length and growth in twins with a simplified technique for ulnar measurement using a condylograph  
*Growth*, **36**, 291-309
- Valk, I.M., Langhout Chabloz, A.M.E., & Gilst, W. van. (1983b)  
Intradaily variation of the human lower leg length and short term growth-A longitudinal study in fourteen children  
*Growth*, **47**, 397-402
- Valk, I.M., Langhout Chabloz, A.M.E., Smals, A.G.H., Kloppenborg, P.W.C., Cassorla, F.G., & Schutte, E.A.S.T. (1983a)  
Accurate measurements of the lower leg length and the ulnar length and its application in short term growth measurement  
*Growth*, **47**, 53-66
- Van Wieringen, J.C., Walfelbakker, F., Verbrugge, H.P., & de Haas, J.H. (1971)  
*Growth diagrams 1965 Netherlands*  
Groningen, The Netherlands: Wolters-Noordhoff Publishing
- Verghese, K.P., Scott, R.B., Teixeira, G., & Ferguson, A.D. (1969)  
Studies in growth and development: XII  
Physical growth of North American Negro children  
*Pediatrics*, **44**, 243-247
- von Döbeln, W. (1964)  
Determination of body constituents  
In G. Blix (Ed.), *Occurrences, causes and prevention of overnutrition* (pp. 103-106)  
Uppsala, Sweden: Almqvist and Wiksell
- Weiner, J.S., & Lourie, J.A. (1981)  
*Practical human biology*  
New York: Academic Press
- Welham, W.C., & Behnke, A.R. (1942)  
The specific gravity of healthy men  
*Journal of the American Medical Association*, **118**, 498-501
- Weltman, A., & Katch, V. (1975)  
Preferential use of casing (girth) measures for estimating body volume and density  
*Journal of Applied Physiology*, **38**, 560-563
- White, R., & Churchill, E. (1971)  
*The body size of soldiers*  
(TR72-51-CE)  
Natick, MA: U.S. Army Natick Laboratories
- Whitehouse, R.H., Tanner, J.M., & Healy, M.J.R. (1974)  
Diurnal variation in stature and sitting-height in

- 12-14 year old boys  
*Annals of Human Biology*, **1**, 103-106
- Wilder, H.H. (1920)  
*A laboratory manual of anthropometry*  
Philadelphia: Blakiston's Son and Company
- Wilmore, J.H., & Behnke, A.R. (1969)  
An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men  
*Journal of Applied Physiology*, **27**, 25-31
- Wilmore, J.H., & Behnke, A.R. (1970)  
An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **23**, 267-274
- Wilson, R.S. (1979)  
Twin growth: Initial deficit, recovery, and trends in concordance from birth to nine years  
*Annals of Human Biology*, **6**, 205-220
- Wolański, N., Niemiec, S., & Pyżuk, M. (1975)  
*Anthropometria Inżynierska*  
Warsaw, Poland: Książka i Wiedza
- Young, C.M. (1964)  
Predicting specific gravity and body fatness in older women  
*Journal of the American Dietetic Association* **45**, 333-338
- Young, C.M., Martin, M., Chihan, M., McCarthy, M., Manniello, M., Harmuth, E., & Fryer, J. (1961)  
Body composition of young women  
*Journal of the American Dietetic Association*, **38**, 332-340
- Young, C.M., Martin, M., Tensum, R., & Blondin, J., (1962)  
Predicting specific gravity and body fatness in young women  
*Journal of the American Dietetic Association*, **40**, 102-107
- Zavaleta, A.N. (1976)  
*Densitometric estimates of body composition in Mexican Americans*  
Unpublished doctoral dissertation, University of Texas, Austin
- Zavaleta, A.N., & Malina, R.M. (1982)  
Growth and body composition of Mexican-American boys 9 through 14 years of age  
*American Journal of Physical Anthropology*, **57**, 261-271
- Zuti, W.B., & Golding, L.A. (1973)  
Equations for estimating percent body fat and body density in active adults  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **5**, 262-266

## SEZIONE SECONDA

---

### ARGOMENTI DI SPECIALE INTERESSE



## Capitolo 6

# Affidabilità e accuratezza delle misurazioni

William H. Mueller — Reynaldo Martorell

Per spiegare il relativo disinteresse sino ad oggi dimostrato nei confronti degli studi sull'affidabilità delle misure antropometriche, Cameron (1986) avanza l'ipotesi che esso dipenda dall'assenza di una terminologia standardizzata in grado di consentire una chiara descrizione statistica della misurazione. Habicht et al. (1979) hanno descritto le possibili cause degli errori di misurazione e ritengono che questi abbiano due differenti effetti sulla qualità dei dati rilevati: alcuni fattori limitano la possibilità che misurazioni ripetute di una stessa variabile forniscano lo stesso valore, altri la possibilità che esse si avvicinino al valore "reale" di tale variabile. Molti Autori definiscono queste caratteristiche della misurazione rispettivamente come affidabilità (*reliability*) o riproducibilità (*reproducibility*) e accuratezza (*accuracy*) o errore associato alla misurazione (*bias*). Qui di seguito viene proposto il criterio statistico di Habicht et al. (1979) e vengono fornite raccomandazioni sul numero minimo di dati, responsabili di errori, che un qualsiasi studio antropometrico dovrebbe riportare.

### AFFIDABILITÀ

La variabilità entro i soggetti, chiamata *unreliability* da Habicht et al. (1979) consta di due componenti: la varianza dell'errore di misurazione, o *imprecision*, e la variazione fisiologica, o *undependability*. Dunque, vale la relazione:  

$$\text{unreliability} = \text{imprecision} + \text{undependability}.$$

#### COMPONENTI DELL'AFFIDABILITÀ

La *imprecision* è la variazione entro i soggetti che risulta evidente dall'analisi della varianza ottenuta da una serie di misure dello stesso parametro ri-

petute in rapida sequenza. La radice quadrata della *imprecision* corrisponde all'errore tecnico di misurazione. La *imprecision* dipende principalmente dalla variabilità imprevedibile della capacità di misurazione dello strumento e della tecnica di misurazione. La *undependability*, non può essere calcolata direttamente. Essa deve essere ricavata dalla relazione:

$$\text{undependability} = \text{unreliability} - \text{imprecision}.$$

La *unreliability* viene calcolata come la varianza entro i soggetti in soggetti misurati in un arco di tempo sufficientemente lungo per registrare variazioni fisiologiche. Il peso è, ad esempio, una misura soggetta a considerevoli variazioni fisiologiche (ad es. in relazione al riempimento dello stomaco e al grado di idratazione corporea) e viene preferibilmente replicato a giorni o ad una settimana di distanza. Per la statura, almeno poche ore dovrebbero essere lasciate trascorrere tra le successive misurazioni. Per molte variabili antropometriche, il problema maggiore non è costituito comunque dalla *undependability* quanto piuttosto dalla *imprecision* (Cameron, 1986; Haas & Flegal, 1980; Habicht et al., 1977; Martorell et al., 1975; Mueller et al., in stampa). La *unreliability* e le sue due componenti, la *imprecision* e la *undependability*, vengono espresse con l'unità di misura della variabile in esame (cm, Kg, ecc.). È importante sapere se il grado della *unreliability* è piccolo o grande e se varia da una dimensione antropometrica all'altra. Ma ciò non può essere stabilito con una semplice comparazione degli errori delle varianze. Quindi, per stabilire la grandezza relativa delle sorgenti dell'errore, la varianza degli errori deve essere espressa quale funzione della popolazione o della varianza entro i soggetti (Martorell, 1975). Poiché i valori così ottenuti sono svincolati da una

qualsiasi unità di misura, allora diviene pure possibile il confronto di differenti variabili antropometriche (statura, peso, ecc.). Secondo Habicht et al. (1979), i termini di *unreliability*, espressa con l'unità di misura originale, e di *reliability*, espressa senza alcuna unità di misura, possono essere utilizzati indifferentemente. Analoga è la considerazione fatta per i termini *precision* e *dependability*.

#### ESPRESSIONI ALGEBRICHE

Vediamo ora di dare una veste algebrica a questi concetti. Assumiamo che  $r^2$  sia la varianza della *unreliability* ed  $r$  l'errore tecnico di misurazione corrispondente, che  $p^2$  sia la varianza della *imprecision* e  $p$  l'errore tecnico di misurazione corrispondente e, infine, che  $d^2$  sia la varianza della *undependability* e  $d$  l'errore tecnico di misurazione corrispondente.

Assumendo che le componenti della variazione entro i soggetti siano additive ed indipendenti si ha che:

$$r^2 = p^2 + d^2 \quad (1)$$

L'affidabilità è espressa da un coefficiente il cui valore oscilla tra 0 e 1 e viene stimata nel modo seguente:

$$R = 1 - (r^2 / s^2) \quad (2)$$

dove  $s^2$  è la varianza entro i soggetti. Quanto più  $R$  è vicino a 1, tanto maggiore è il grado di affidabilità.

La *imprecision* viene usualmente stabilita con opportuni protocolli di rilevazione degli errori di misurazione, i quali prevedono che il soggetto venga misurato più volte nell'arco di minuti od ore.

La *precision* (*precision*) è definita come:

$$P = 1 - (p^2 / s^2) \quad (3)$$

La varianza entro i soggetti (nel tempo) costituisce una stima della *unreliability* ( $r^2$ ) dal momento che misure ripetute ad una distanza di tempo sufficiente, riflettono sia gli errori di misurazione (*imprecision*) che le variazioni fisiologiche (*undependability*). La *undependability* è ottenuta dalla relazione:

$$d^2 = r^2 - p^2 \quad (4)$$

e la *dependability* corrisponde a:

$$D = 1 - (d^2 / s^2) \quad (4)$$

Poiché la *undependability* è il risultato di una sot-

trazione, può verificarsi che essa abbia un valore negativo, per quanto questo non sia possibile in linea teorica.

#### EQUAZIONI ANALITICHE

Le equazioni analitiche sono richieste per la stima delle componenti della varianza nel caso di misure ripetute. L'equazione fondamentale è quella che consente il calcolo dell'errore tecnico di misurazione (Malina et al., 1973) o deviazione standard dell'errore di misurazione (Mueller et al., 1985). Supponiamo che  $N$  soggetti siano stati misurati due volte consecutive e l'intervallo tra una misurazione e l'altra sia stato lungo a sufficienza perché la varianza possa essere ritenuta un estimatore della *unreliability*. L'errore tecnico di misurazione viene allora così calcolato:

$$r = \sqrt{\frac{\frac{N}{\sum_{i=1}^N z_i^2}}{2N}} \quad (6)$$

dove  $r$  è la deviazione standard della *unreliability*,  $z_i^2$  è il quadrato della differenza delle misure replicate nel soggetto  $i$ esimo, e la somma è effettuata per  $N$  soggetti. Quando le misure sono più di due per soggetto, la formula si complica leggermente e, per un numero  $K$  di misurazioni essa, presenta quest'aspetto:  $\curvearrowright$

$$r = \sqrt{\frac{\frac{N}{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{K}{\sum_{j=1}^K x_j^2} - \frac{K}{(\sum_{j=1}^K x_j)^2} \right]}}{N(K-1)}} \quad (7)$$

dove  $x_j^2$  è il quadrato della  $j$ esima misura replicata ( $j = 1, 2, \dots, K$ ),  $K$  è il numero delle misurazioni di quella specifica variabile effettuate in ciascun soggetto e  $N$  è il numero dei soggetti.

#### INTERPRETAZIONE

Il quadrato dell'errore tecnico di misurazione ci fornisce la varianza della *imprecision* ( $p^2$ ) se le misure sono state ripetute a breve distanza di tempo o la varianza della *unreliability* ( $r^2$ ), se il tempo intercorso tra una misura e l'altra è stato sufficientemente lungo.

Le Equazioni 6 o 7 consentono una stima dell'errore di misurazione espresso con l'unità di misura della variabile antropometrica oggetto di indagine. La sua interpretazione è semplice: essa ci dice che

i 2/3 delle volte una misura dovrebbe essere compresa tra  $\pm$  il valore dell'errore tecnico di misurazione. L'errore tecnico di misurazione di un operatore "alle prime armi" dovrebbe essere comparato con quello di un "veterano" antropometrista attraverso il rapporto  $F$  delle varianze. Se l'errore del primo si avvicina a quello del secondo per una serie di misure ripetute e la misura presenta una *accuracy* sufficiente (vedi alla sezione successiva), allora si può considerare terminato il protocollo di preparazione dell'operatore. Inoltre, la conoscenza degli errori di misurazione per ciascuna delle variabili antropometriche oggetto di studio consentirà all'antropometrista di stabilire i limiti oltre i quali correggere o ripetere misurazioni. Infatti, se la differenza tra una misura e quella successiva di una stessa variabile è eccessivamente alta, allora è opportuno ripetere la misurazione. I limiti vengono stabiliti a discrezione dell'operatore come multipli dell'errore di misurazione.

La *reliability* ( $R$ ), la *precision* ( $P$ ) e la *dependability* ( $D$ ), al contrario dell'errore tecnico di misurazione, non vengono espresse con l'unità di misura della variabile in studio ma come numeri puri compresi tra 0 e 1.

La loro stima presuppone la conoscenza dell'appropriata componente della varianza e della varianza entro i soggetti ( $s^2$ ). Quest'ultima può essere ricavata dal campione per il quale sono state ottenute le misure replicate, se lo stesso è ampio a sufficienza e rappresentativo della popolazione. In alternativa,  $s^2$  può essere ricavato dalla letteratura. L'interpretazione della *reliability* (Equazione 2), della *precision* (Equazione 3), e della *dependability* (Equazione 5) è semplice: i coefficienti ci dicono quanto della varianza entro i soggetti è scevro da errore. Ad esempio, una misura con *reliability*  $R = 0.80$  è scevra da errore per l'80% e la varianza individuale comprende il 20% di quella entro i soggetti. La conoscenza della *reliability* può essere utile per la predizione del massimo grado di associazione che ci si aspetterebbe con un'altra variabile perfettamente correlata (Habicht et al., 1979). La comparazione della *reliability* di differenti dimensioni può aiutare l'antropometrista a decidere quali variabili conservare e quali eliminare da una batteria di misurazioni antropometriche. Infine, la *reliability* può essere utile nella valutazione delle dimensioni del campione.

## ACCURATEZZA

L'accuratezza (*accuracy*) è il grado con cui la misura ottenuta per una determinata variabile si avvi-

cina al valore reale della stessa. Il valore reale può essere approssimato solo se si effettuano misurazioni ripetute e ad effettuarle è un operatore esperto. Ovviamente, la praticità di un simile approccio è discutibile. Più semplice è comparare i valori ottenuti da un antropometrista esperto con quelli degli operatori in corso di training, nel più semplice dei casi con un  $t$ -test appaiato. Se si osservano differenze significative, sarà necessario procedere ad una verifica della tecnica di misurazione. Se lo studio antropometrico coinvolge più operatori, si può fare in modo che tutti gli antropometristi replichino la misurazione in uno stesso gruppo di soggetti. Questi dati possono poi essere usati per stabilire la significatività delle cause di errore intra- ed inter-operatore con una analisi della varianza. In alternativa, la varianza intra- ed inter-operatore può essere stimata con l'equazione 6.

La validità (*validity*) è una *accuracy* non relata alla qualità della misurazione. Essa esprime il grado con cui la variabile misurata riflette l'aspetto che si vuole idealmente rilevare. Ad esempio, una plica cutanea può essere inclusa in uno studio che si propone di stabilire la sua correlazione con il grasso totale.

La scelta dei più validi predittori di una determinata grandezza presuppone un processo in cui, per restare all'esempio di cui sopra, le varie pliche corporee vengono comparate con la massa grassa direttamente stimata per stabilire quelle che meglio riflettono quest'ultima.

## RACCOMANDAZIONI

In linea di principio, due dati ci consentono di sapere tutto della affidabilità di una particolare variabile. Questi sono:

- 1) l'errore tecnico di misurazione (Equazioni 6 e 7), che quantifica la *reliability* con l'unità di misura della variabile in esame (similmente ad una deviazione standard), e
- 2) la *reliability sensu strictiori* (Equazione 2) che, per la sua natura di coefficiente tipo quello di correlazione, consente il raffronto degli errori di misurazione di differenti variabili e la stima del grado con cui la varianza entro i soggetti è influenzata dall'errore.

Se si debba indagare la *reliability*, la *precision* o la *dependability*, questo dipenderà dalle finalità del progetto di ricerca. Anche l'estensione del campione dipende dagli scopi della ricerca: in molti casi un campione di 50 elementi si rivelerà sufficiente, ma, qualora si vogliano indagare particolari sottogruppi della popolazione in esame, ad es. donne

gravide e bambini, allora esso dovrà essere più esteso. Ovviamente, il campione scelto dovrebbe essere rappresentativo della popolazione in esame e tutte le misure replicate dovrebbero essere effettuate in cieco. Ci raccomandiamo a che tutti i ricercatori utilizzino i metodi sopra descritti. La tecnica dell'analisi della varianza può essere utilizzata per l'identificazione di cause significative di varianza (ad es. entro i soggetti e interoperatore). La conoscenza della affidabilità consentirà all'antropometrista di decidere con coscienza quali variabili includere e quali eliminare da uno studio antropometrico.

La raccolta e l'analisi della affidabilità dei dati per tutta la durata di uno studio è inoltre raccomandata in quanto essa costituisce un mezzo di controllo della qualità. Se il metodo di rappresentazione e descrizione statistica degli errori che abbiamo delineato nel corso di questo capitolo verrà adottato dal ricercatore, allora i lettori saranno capaci di confrontare in tutta facilità differenti studi antropometrici in termini di adeguatezza (*adequacy*) delle misure.

#### BIBLIOGRAFIA

- Cameron, N. (1986).  
The methods of auxological anthropometry. In F. Falkner & V.M. Tanner (Eds.)  
*Human growth, a comprehensive treatise: Vol. 3. Methodology, ecological, genetic and nutritional effects on growth* (2nd ed., pp. 3-46)  
New York: Plenum Press
- Haas, J.D., & Flegal, K.M. (1981)  
Anthropometric measurements. In G.R. Newell & N.M. Ellison (Eds.), *Nutrition and cancer: Etiology and treatment* (pp. 123-140)  
New York: Rowan Press
- Habicht, J.-P., Yarbrough, C., & Martorell, R. (1979)  
Anthropometric field methods: Criteria for selection. In D.B. Jelliffe & E.E.P. Jelliffe (Eds.), *Nutrition and growth* (pp. 365-387).  
New York: Plenum Press
- Johnston, F.E., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1972)  
*Skinfold thicknesses of children 6-11 years. United States* (Vital and Health Statistics Series 11, No. 120, U.S.D.H.H.S.)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Malina, R.M., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1973)  
*Selected measurements of children 6-11 years. United States* (Vital and Health Statistics Series 11, No. 123, U.S.D.H.H.S.)  
Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office
- Martorell, R., Habicht, J.-P., Yarbrough, C., Guzman, G., & Klein, R.E. (1975)  
The identification and evaluation of measurement variability in the anthropometry of preschool children  
*American Journal of Physical Anthropology*, 43, 347-352
- Mueller, W.H., Joos, S.K., & Schull, W.J. (1985)  
Alternative measurements of obesity: Accuracy of body silhouettes and reported weights and heights in a Mexican American sample  
*International Journal of Obesity*, 9, 193-200
- Mueller, W.H., Slater, C.H., & Habicht, J.-P. (in press)  
Reliability, dependability and precision of anthropometric measurements-NHANES II  
*American Journal of Epidemiology*

## Capitolo 7

# Quale lato misurare: destro o sinistro?

Reynaldo Martorell — Fernando Mendoza — William H. Mueller — Ivan G. Pawson

Alcuni ricercatori misurano sistematicamente l'emisoma destro, altri quello sinistro. La scelta del lato da misurare è in taluni casi irrilevante ma fondamentale in altri. Una dimensione antropometrica può essere infatti influenzata da un'emisoma maggiormente sviluppato o "lato dominante" ed il suo valore essere significativamente superiore a quello rilevato per l'emisoma opposto. È inoltre importante determinare il grado di accuratezza della misurazione di entrambi i lati del corpo per interpretare correttamente gli studi effettuati in passato. Questo capitolo si propone di definire l'accuratezza di diverse misurazioni antropometriche e di avanzare criteri con cui effettuare la scelta dell'emisoma da misurare.

### LA RICERCA PASSATA

Damon (1965) osservò che la plica tricipitale destra era, in media, superiore di 1.2 mm rispetto alla sinistra e che tale differenza era statisticamente significativa. Minore (0.6 mm) e non significativa era la differenza tra le pliche sottoscapolari dei due lati. Schell et al. (1985), in uno studio condotto su 135 adolescenti, riportano risultati analoghi. La loro analisi dimostra inoltre che la circonferenza del braccio destro è significativamente maggiore di quella del sinistro, essendo la differenza media tra le due circonferenze pari a 0.22 mm. Laubach e McConville (1967) hanno condotto uno studio delle differenze tra i due emisomi dei valori di 21 variabili antropometriche. I risultati di questo studio e alcune statistiche addizionali sono riportati nella Tabella 1. I valori rilevati a destra sono significativamente più ampi ( $p < 0.01$ ) di quelli rilevati a sinistra per la circonferenza del braccio (misurata in corrispondenza dell'ascella),

la circonferenza bicipitale (a muscolo contratto o rilassato), la circonferenza dell'avambraccio, la circonferenza del polso, l'altezza acromiale, l'altezza della caviglia e l'ampiezza della mano.

Laubach e McConville (1967) spiegano i differenti valori riscontrati nei due emisomi con la dominanza di un lato rispetto all'altro. Quanto alle differenze rilevate, gli stessi Autori asseriscono che "se queste si debbano ritenere significative o meno, è questione di altra natura cui si potrà rispondere soltanto in relazione al problema specifico" (p. 368). Al fine di stabilire la significatività o meno di queste differenze, si può utilizzare il rapporto tra le differenze tra il lato destro e quello sinistro ( $D$  nella Tabella 1) e la deviazione standard ( $S$  nella Tabella 1).

Per molte delle variabili il valore del rapporto  $D/S$  è molto piccolo, ma per la circonferenza del braccio è circa  $1/4$  di  $S$ .

Cohen (1977) definisce di "scarsa rilevanza" una differenza tra due medie pari a 0.20 volte la deviazione standard e "di grande rilevanza" una di 0.80.

### ANALISI DEI DATI DELLO HANES I

I dati raccolti nel corso del primo Health and Nutrition Examination Survey (HANES I) riguardano entrambi gli emisomi di 4053 soggetti in età compresa tra 1 e 74 anni. Sfortunatamente questi dati sono disponibili per quattro dimensioni antropometriche soltanto: la circonferenza del braccio, la plica tricipitale, l'ampiezza del gomito e la plica sottoscapolare. Nelle Figure 1, 2, 3 e 4 sono rappresentate le differenze medie destra-sinistra ( $D$ ) e le deviazioni standard ( $S$ ) calcolate per queste quattro variabili. Queste deviazioni standard sono state ottenute dall'intera popolazione  $N$  ( $\approx 20.000$ ) studiata nel cor-

Tabella 1 Statistica relativa a misurazioni antropometriche dei due emisomi

Variabili	Lato destro		Lato sinistro		t	D	D/S
	X	S	X	S			
Circonferenza del braccio all'ascella <sup>a</sup>	30.36	2.68	29.64	2.62	10.29	0.72	0.27
Circonferenza bicipitale a muscolo rilassato <sup>a</sup>	28.71	2.66	28.16	2.62	9.05	0.55	0.21
Circonferenza bicipitale a muscolo teso <sup>b</sup>	31.56	2.59	30.82	2.59	7.80	0.74	0.29
Circonferenza dell'avambraccio <sup>a</sup>	26.54	1.54	25.99	1.48	10.58	0.55	0.36
Circonferenza del polso <sup>a</sup>	16.72	0.82	16.58	0.82	4.67	0.14	0.17
Circonferenza superiore della coscia <sup>a</sup>	55.28	4.54	55.22	4.55	0.71	0.06	0.01
Circonferenza inferiore della coscia <sup>a</sup>	38.41	2.55	38.45	2.74	0.47	-0.04	-0.02
Circonferenza del polpaccio <sup>a</sup>	36.58	2.32	36.50	2.54	1.11	0.08	0.03
Circonferenza della caviglia <sup>a</sup>	22.41	1.30	22.45	1.37	1.11	-0.04	-0.03
Altezza acromiale <sup>a</sup>	143.57	5.98	144.19	5.87	5.66	-0.62	-0.10
Altezza troconterica <sup>a</sup>	92.69	4.42	92.60	4.38	0.90	0.09	0.02
Altezza della circonferenza inferiore della coscia <sup>c</sup>	52.46	2.97	52.63	3.01	1.51	-0.17	-0.06
Altezza tibiale <sup>a</sup>	48.21	2.50	48.23	2.46	0.44	-0.02	0.01
Altezza della caviglia <sup>c</sup>	13.79	1.15	13.50	1.00	3.52	0.29	0.25
Altezza dello sphyrion <sup>a</sup>	7.46	0.59	7.48	0.60	1.00	-0.02	-0.03
Lunghezza acromioradiale <sup>a</sup>	33.44	1.80	33.51	1.79	1.46	-0.07	-0.04
Lunghezza styliion ulnare - radiale <sup>a</sup>	25.56	1.37	25.61	1.34	1.04	-0.05	-0.04
Lunghezza della mano <sup>a</sup>	19.21	0.98	19.20	0.97	0.58	0.01	0.01
Diametro della mano <sup>b</sup>	8.49	0.55	8.43	0.52	3.47	0.06	0.11
Diametro dell'omero <sup>b</sup>	7.13	0.38	7.13	0.39	0.00	0.00	0.00
Diametro del femore <sup>b</sup>	9.91	0.97	9.86	0.92	2.23	0.05	0.05

Dati da Laubach e Mc Conville (1967). a : n = 117, b : n = 75, c : n = 42

so dello HANES I perché la loro stima fosse più affidabile. I valori riportati riguardano l'emisoma destro. I valori di *D* sono sistematicamente positivi per la circonferenza del braccio e la plica tricipitale ma non per l'ampiezza del gomito o la plica sottoscapolare. Nei ragazzi giovani i valori riscontrati tendono ad essere un poco più piccoli ma non si osservano associazioni maggiori tra *D* e l'età. Per tutte e quattro le variabili, *D* è molto piccolo, essendo in media 0.23 cm per la circonferenza del braccio, 0.48 mm per la plica tricipitale, 0.06 cm per l'ampiezza del gomito, e 0.11 mm per la plica sottoscapolare. Le Figure 1, 2, 3 e 4 presentano inoltre i valori delle deviazioni standard per i due lati e suggeriscono che l'errore di misurazione associato al lato indagato, per quanto evidente per la circonferenza del braccio e la plica tricipitale, è comunque piccolo. Per tutte le variabili antropometriche considerate, *D* è generalmente inferiore ad 1/10 di *S*, una quantità perciò trascurabile (Cohen, 1977); *D* è piccola anche in relazione all'errore di misura, come esemplificato dai dati dello HANES II (Tabella 2).

## RACCOMANDAZIONI

Possiamo concludere che la dominanza di un emi-

soma rispetto all'altro influenza alcune variabili antropometriche, in particolare quelle del braccio. La differenza tra i valori di queste variabili misurate a destra e a sinistra è compresa tra 0.2 e 0.3 unità di deviazione standard. Considerando i fini di molti studi antropometrici, questa differenza sarà da ritenersi trascurabile in molti casi. Se sussistono dei dubbi sulla comparabilità degli studi, allora si richiederà un "aggiustamento" (statistico) dei dati.

Una parziale risposta alla domanda "quale lato misurare?" è che, in fondo, la scelta dell'uno o dell'altro lato ha un'importanza relativa. In tutti i casi l'errore di misurazione associato al lato indagato è inferiore all'errore di misurazione. Per quanto sia auspicabile, se non altro per la necessità di una più ampia uniformità scientifica, che le misure vengano effettuate su di un lato "concordato", il consenso sarà difficile da raggiungere. Negli U.S.A. alcuni ricercatori misurano sistematicamente l'emisoma destro. Gli studi HES e HANES, che hanno come oggetto di studio la popolazione statunitense e costituiscono il riferimento per tutto il mondo, sono stati condotti sull'emisoma destro. D'altra parte, la maggioranza degli studi antropometrici condotti in paesi in via di sviluppo, ha per oggetto d'indagine il lato sinistro. L'International Biologic Program (Weiner & Lourie, 1981) rac-

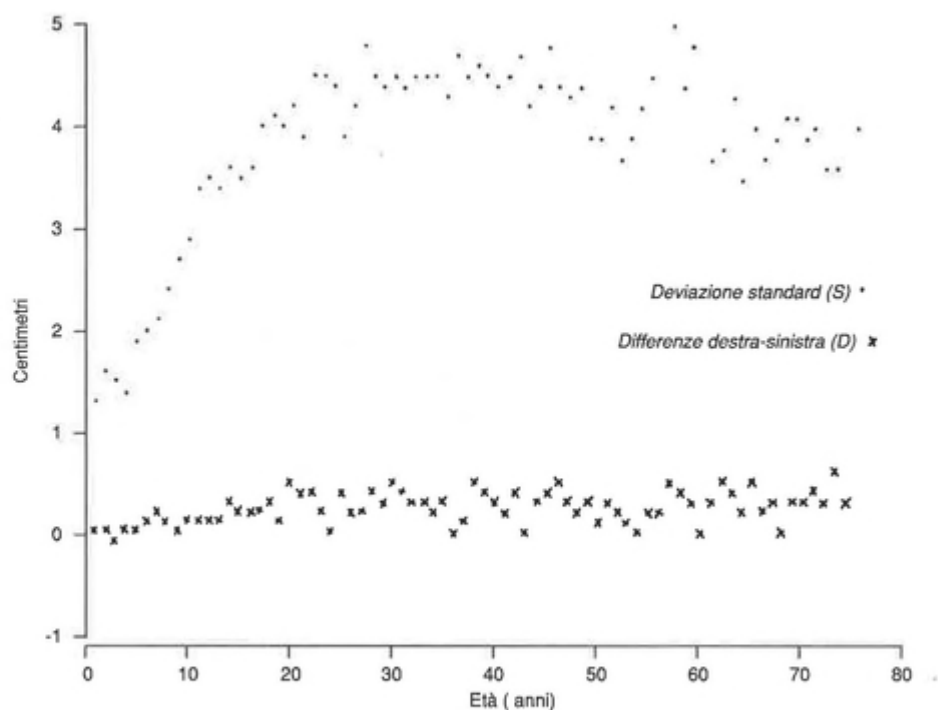


Figura 1 Differenze destra-sinistra (D) e deviazioni standard (S) per la circonferenza del braccio ( $n = 4553$ )

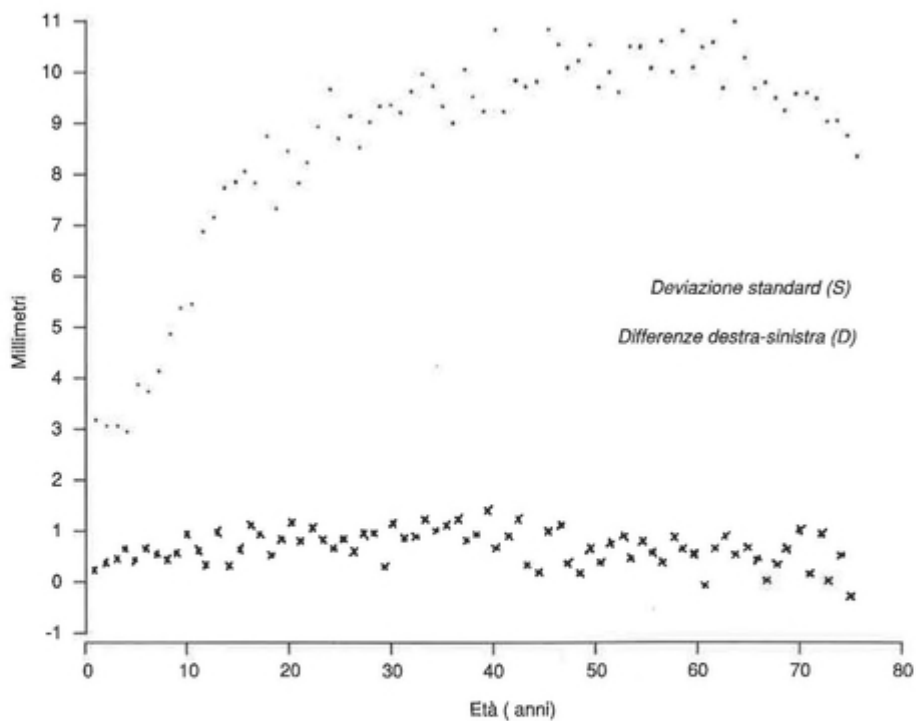
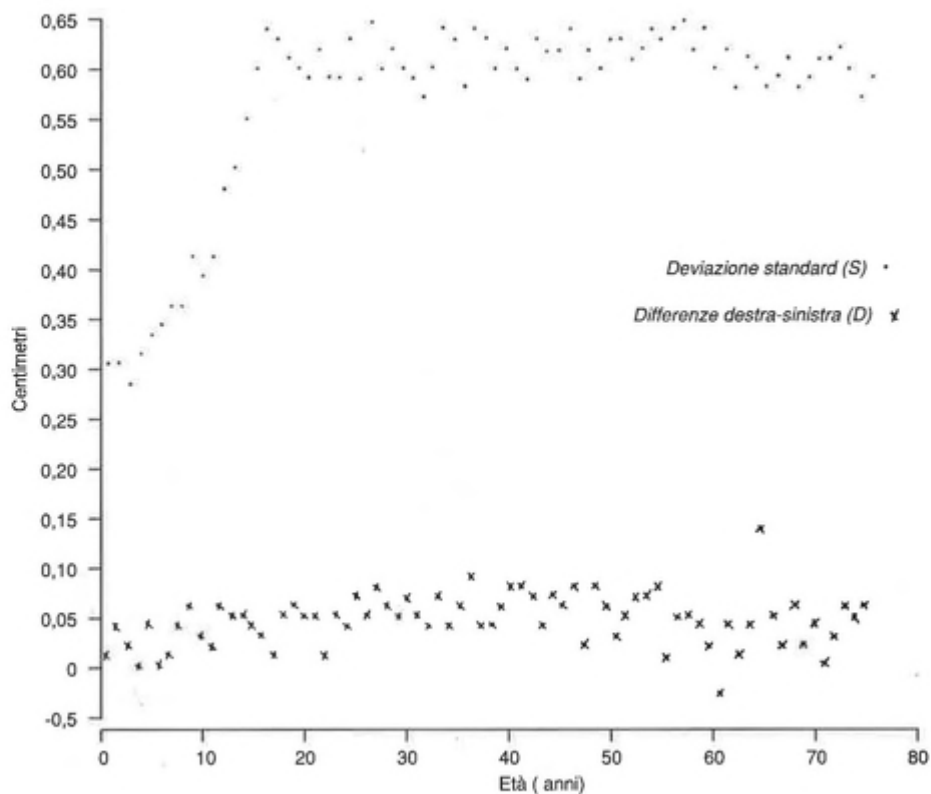
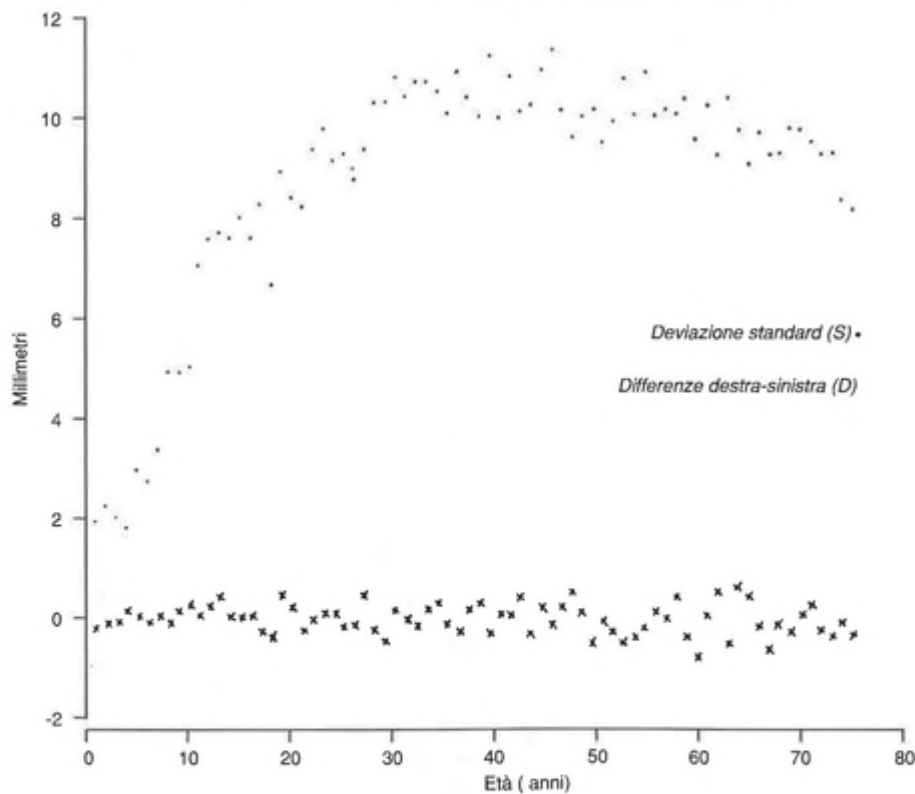


Figura 2 Differenze destra-sinistra (D) e deviazioni standard (S) per la plica tricipitale ( $n = 4553$ )



**Figura 3** Differenze destra-sinistra (D) e deviazioni standard (S) per l'ampiezza del gomito (n = 4553)



**Figura 4** Differenze destra-sinistra (D) e deviazioni standard (S) per la plica sottoscapolare (n = 4553)



comanda la misura del lato sinistro, come è pratica generale in Europa. In conclusione, dal momento che ha poca importanza il lato del corpo oggetto di misurazione, la scelta è lasciata alla discrezione del ricercatore.

**Tabella 2** Errori di misurazione dell' HANES II e errore associato al sito di misurazione nell' HANES I

Dimensioni	Errore di misurazione	D
Circonferenza braccio	0,39±0,43	0,23
Plica tricipitale	2,5±3,1	0,48
Ampiezza gomito	0,14±0,19	0,06
Plica sottoscapolare	2,7±3,1	-0,11

Dati dello HANES II da Mueller et Al., in stampa

#### BIBLIOGRAFIA

Cohen, J. (1977)  
*Statistical power analysis for the behavioral sciences* (rev. ed.)  
 New York: Academic Press

Damon, A. (1965)  
 Notes on anthropometric technique: II. Skinfoldd-right and left sides; held by one or two hands  
*American Journal of Physical Anthropology*, **23**, 305-306

Laubach, L.L., & McConville, J.T. (1967)  
 Notes on anthropometric technique:  
 Anthropometric measurements-right and left sides  
*American Journal of Physical Anthropology*, **26**, 367-370

Mueller, W.H., Slater, C.H., & Habicht, J.P. (in press)  
 Reliability, dependability and precision of anthropometric measurements-NHANES II  
*American Journal of Epidemiology*.

Schell, L.M., Johnston, F.E., Smith, D.R., & Paolone, A.M. (1985)  
 Directional asymmetry of body dimensions among white adolescents  
*American Journal of Physical Anthropology*, **67**, 317-322

Weiner, J.S., & Lourie, J.A. (1981)  
*Practical human biology*.  
 New York: Academic Press

## Capitolo 8

# La valutazione antropometrica dello stato nutrizionale in particolari gruppi di individui

William Cameron Chumlea

Se non vi è problema alcuno nell'utilizzare le tradizionali tecniche antropometriche su un soggetto, bambino od adulto, deambulante e cooperante, l'approccio antropometrico tradizionale deve essere invece evitato con una persona costretta a letto o su di una sedia a rotelle, anziana o portatrice di handicap dal momento che, quand'anche tale approccio fosse realizzabile, esso fornirebbe informazioni non attendibili. Poiché il trattamento clinico di queste persone potrebbe risentire dell'assenza o impossibilità di una valutazione antropometrica del loro stato nutrizionale, opportune tecniche di valutazione dello stato nutrizionale sono state per esse sviluppate.

Per le persone anziane è consigliabile l'adozione dei metodi dell'antropometria "recombente" per la misura delle seguenti variabili raccomandate: circonferenze di braccio e polpaccio, pliche tricipitale e sottoscapolare e altezza del ginocchio. L'utilizzo di questa tecnica consente lo studio antropometrico di pazienti anziani non deambulanti o deambulanti ma incapaci di mantenere la posizione eretta per tutta la durata dell'esame (Chumlea et al., in stampa). Questa stessa tecnica può essere utilizzata in pazienti portatori di handicap, siano essi in età pediatrica o adulta (Chumlea & Roche, 1984). Va peraltro osservato che sino ad oggi non sono stati eseguiti test volti a determinare la relazione tra l'antropometria recombente e lo stato nutrizionale di tali pazienti.

### METODI

Il soggetto assume una posizione supina per la misurazione della circonferenze del braccio, del polpaccio e dell'altezza del ginocchio. Consigliamo

di effettuare la misurazione supina anche in individui costretti su sedia a rotelle, in quanto la misura antropometrica con il paziente sulla carrozzella è difficile e, ciò che più conta, maggiormente soggetta ad errore di quella effettuata in posizione supina (Chumlea et al., in stampa).

#### CIRCONFERENZA DEL BRACCIO

Essa viene misurata al punto medio del braccio, per l'identificazione del quale si procede nel seguente modo: il gomito viene inclinato di 90° e l'avambraccio sistemato, con il palmo delle mani in basso, appoggiato sull'addome. Il braccio dovrebbe essere approssimativamente parallelo al tronco. Con l'ausilio di un metro si procede ad identificare il punto medio del braccio. Il braccio viene quindi esteso contro il corpo, il palmo delle mani guardando superiormente.

Ci si deve assicurare che il braccio sia leggermente rialzato rispetto al letto o al tavolo di misurazione sistemando un distanziatore (tipicamente un sacchetto di sabbia) sotto il gomito. Il metro deve essere mantenuto perpendicolare all'asse longitudinale del braccio ed in rapporto stretto con i tessuti molli del segmento anatomico in esame ma non deve produrre una loro compressione.

#### CIRCONFERENZA DEL POLPACCIO

Viene misurata con il soggetto in posizione supina con il ginocchio piegato di 90°. Il metro viene sistemato attorno al polpaccio e spostato in un piano perpendicolare all'asse longitudinale della gamba fino a quando non si sia identificata la circonferenza massima. Ancora una volta si avrà cura che il metro sia in rapporto stretto con i tessuti molli del segmento senza che si abbia peraltro una loro compressione.

**ALTEZZA DEL GINOCCHIO**

In posizione supina, il soggetto viene misurato con ginocchia e caviglie piegate di 90°. Una barra di un calibro scorrevole Mediform viene posizionata sotto il calcagno e l'altra sulla faccia anteriore della coscia in corrispondenza dei condili femorali. L'asta del calibro è mantenuta parallela all'asse longitudinale della gamba, applicando una pressione tale da comprimere i tessuti.

**PLICA TRICIPITALE**

Essa viene misurata con il soggetto recumbente sul lato destro o sinistro e con le ginocchia leggermente piegate. Il braccio oggetto di misurazione riposa sul tronco con il palmo della mano rivolto in basso. Ci si assicuri che una linea immaginaria tracciata tra i processi acromiali dei due lati sia perpendicolare alla superficie del letto e alla colonna vertebrale. La plica tricipitale viene misurata sulla superficie posteriore del braccio sopra il muscolo tricipite a livello del punto contrassegnato: essa viene sollevata tra il dito indice e pollice sulla linea mediana in modo che sia parallela all'asse longitudinale del braccio, quindi le estremità del calibro vengono applicate perpendicolarmente ad essa a livello del punto contrassegnato. Per evitare errori di parallasse, l'operatore avrà cura di chinarsi per leggere il calibro, mantenuto in posizione orizzontale.

**PLICA SOTTOSCAPOLARE**

Anch'essa viene misurata con il soggetto recumbente su uno dei due lati e con le ginocchia leggermente piegate. Il braccio oggetto di misurazione riposa sul tronco con il palmo della mano rivolto in basso. Una linea immaginaria tracciata tra i processi acromiali dei due lati dovrebbe essere perpendicolare alla superficie del letto e alla colonna vertebrale. La plica sottoscapolare viene misurata appena sotto la scapola: l'operatore solleva la plica tra il dito pollice ed indice e le estremità del calibro vengono applicate perpendicolarmente ad essa, medialmente alle dita, in corrispondenza di un punto laterale e appena sotto l'angolo inferiore della scapola.

**STIMA DI ALTRE VARIABILI ANTROPOMETRICHE**

Alcune misure, rilevate con i criteri dell'antropometria tradizionale o recumbente, possono essere utilizzate per il calcolo di ulteriori indici nutrizionali di tipo quantitativo: la statura può essere calcolata dall'altezza del ginocchio ed il peso dalle circonferenze del braccio, del polpaccio e dalla plica sottoscapolare. Il calcolo può essere eseguito con l'ausilio di un

calcolatore a partire dalle formule appropriate o usando appositi nomogrammi (Chumlea et al., 1984).

**STIMA DELLA STATURA DALL'ALTEZZA DEL GINOCCHIO**

L'altezza del ginocchio è strettamente correlata alla statura e viene in effetti utilizzata per stimare quest'ultima nella persona anziana incapace di mantenere la posizione eretta o con alterazioni della colonna vertebrale tali da rendere spuria la misurazione (Chumlea et al., 1985). Per il calcolo della statura sono richieste l'altezza del ginocchio, l'età ed il sesso. L'altezza del ginocchio è espressa in centimetri e l'età viene arrotondata per eccesso. Per il calcolo della statura possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$\text{Uomini} = 64.19 - (0.04 \cdot \text{età}) + (0.02 \cdot \text{altezza del ginocchio})$$

$$\text{Donne} = 84.88 - (0.24 \cdot \text{età}) + (1.83 \cdot \text{altezza del ginocchio})$$

Appositi nomogrammi sono comunque disponibili per un rapido calcolo (Chumlea et al., 1984; Chumlea et al., 1985)

**STIMA DEL PESO DALLE CIRCONFERENZE DEL BRACCIO, DEL POLPACCIO E DALLA PLICA SOTTOSCAPOLARE**

Le circonferenze del braccio e del polpaccio e la plica sottoscapolare possono essere utilizzate per il calcolo del peso corporeo in una persona anziana costretta a letto o su di una sedia a rotelle o per la quale sussista comunque l'impossibilità ad un rilievo diretto del peso. Come già per la statura, vi sono equazioni sesso-specifiche per il calcolo del peso:

$$\text{Uomini} = 1.92 \cdot \text{circonf. braccio} + 1.44 \cdot \text{circonf. polpaccio} + 0.25 \cdot \text{plica sottoscap.} - 39.97$$

$$\text{Donne} = 0.92 \cdot \text{circonf. braccio} + 1.50 \cdot \text{circonf. polpaccio} + 0.42 \cdot \text{plica sottoscap.} - 26.19$$

In tali equazioni il peso calcolato è espresso in Kg. Nessun nomogramma è attualmente disponibile.

**DATI DI RIFERIMENTO**

Sono disponibili per persone anziane in età compresa tra 65 e 90 anni (Chumlea et al., 1984; Chumlea et al., 1985). Essi sono stati ottenuti da 119 uomini e 150 donne di razza bianca ed il loro uso è limitato, trattandosi di un campione rappresentativo nazionale. Comunque, a parità di età, tali dati non si di-

scostano significativamente da quelli riportati dal National Center for Health Statistics (Chumlea et al., 1985). Poiché non sono descritte differenze significative tra i valori di una stessa variabile antropometrica calcolata con l'antropometria tradizionale e quella recumbente (Chumlea & Roche, 1984), questi dati possono essere utilizzati come riferimento per misure effettuate con gli usuali criteri antropometrici in pazienti anziani deambulanti. Non è noto se questi dati, rilevati in soggetti di razza bianca, possano essere utilizzati anche per la razza nera. Sono descritte in letteratura differenze tra giovani adulti bianchi e neri americani per quanto attiene alle pliche tricipitale e sottoscapolare, nonché al *body mass index* (Cronk & Roche, 1982). Comunque, al di là di queste differenze, questi dati possono essere effettivamente utilizzati per lo studio dello stato nutrizionale nell'età anziana, indipendentemente dalla razza.

#### BIBLIOGRAFIA

- Chumlea, W.C., & Roche, A.F. (1984)  
Nutritional anthropometric assessment of nonambulatory persons using recumbent techniques  
*American Journal of Physical Anthropology*, **63**, 146
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Mukherjee, D. (1984)  
*Nutritional assessment of the elderly through anthropometry*.  
Columbus, OH: Ross Laboratories
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Steinbaugh, M.L. (1985a)  
Estimating stature from knee height for persons 60 to 90 years of age  
*Journal of the American Geriatrics Society*, **33**, 116-120
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., Steinbaugh, M.L., Mukherjee, D. (in press)  
Errors of measurement for methods of recumbent nutritional anthropometry in the elderly  
*Journal of Nutrition for the Elderly*
- Chumlea, W.C., Steinbaugh, M.L., Roche, A.F., Mukherjee, D., & Gopaldaswamy N. (1985b)  
Nutritional anthropometry assessment in elderly persons 65 to 90 years of age  
*Journal of Nutrition for the Elderly*, **4**, 39-51
- Cronk, C.E., & Roche, A.F. (1982)  
Race-and sex-specific reference data for triceps and subscapular skinfolds and weight/stature  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **35**, 347-354

# SEZIONE TERZA

---

## APPLICAZIONI

## Capitolo 9

# Antropologia fisica

Robert M. Malina

Obbiettivo principale dell'antropologia fisica è lo studio delle cause della variabilità biologica umana, inclusa, naturalmente, la variabilità morfologica. L'antropometria è lo strumento principale di chi si muove in questo campo d'indagine.

Molte delle nostre conoscenze sulla morfologia umana sono il risultato di studi condotti su individui adulti e questo costituisce, da un certo punto di vista, uno svantaggio dal momento che molte più informazioni sullo sviluppo delle differenze morfologiche e dei fattori che le influenzano, possono essere ricavate in età pediatrica.

Gli studi della variabilità morfologica si configurano principalmente come studi della variabilità intra- ed inter-popolazione. Domande cui essi si propongono di rispondere sono quali dimensioni si discostano maggiormente in differenti popolazioni e se queste differenze hanno base genetica o ambientale. Poiché i dati antropometrici sono spesso raccolti al di fuori di laboratori e cliniche ben attrezzate, è importante la disponibilità di procedure ed attrezzature antropometriche idonee allo studio.

Gli aggettivi "razziale" ed "etnico" hanno differenti significati: il primo implica l'appartenenza ad un gruppo i cui costituenti presentano una sostanziale somiglianza genetica ed i gruppi così definiti variano geno- e fenotipicamente, il secondo implica affinità più di ordine culturale che non genetico (Damon, 1969). Oltre al significato sociale, essi talvolta si caricano di un significato "politico". Spesso i due aggettivi vengono usati, scorrettamente, come sinonimi perché l'omogeneità biologica e culturale si trovano spesso a coincidere. L'affiliazione etnica o razziale nel contesto della cultura americana viene stabilita con i seguenti criteri:

a) auto- od eteroconia: gli americani nativi sono gli Amerindi;

b) Colore e denominazione: bianchi americani, neri americani, spagnoli americani, Giapponesi americani;

c) Origine geografica: americani asiatici.

All'interno di ogni affiliazione etnica o razziale esistono comunque differenze antropometriche che devono essere indagate.

A differenze genetiche potrebbero essere innanzitutto ascritte la variabilità inter-popolazione delle proporzioni e della topografia del grasso corporeo. La variabilità inter-popolazione della taglia corporea più che a differenze genetiche deve essere invece ascritta a fattori ambientali capaci di influenzare peso e altezza durante la crescita.

Le proporzioni corporee variano tra i differenti gruppi etnici e razziali, per quanto i dati a nostra disposizione siano spesso limitati a raffronti delle razze bianca e nera. I neri hanno, in generale, un tronco più corto, estremità superiori ed inferiori più lunghe e fianchi più sottili (Eveleth & Tanner, 1976; Malina, 1973; Malina et al., 1974).

Inoltre, a parità di statura, i neri hanno estremità relativamente più lunghe e, a parità di diametro biacromiale, un minore diametro bicristale. I dati per gli altri gruppi etnici e razziali sono più limitati e si riferiscono primariamente alla lunghezza relativa della gamba ovvero al rapporto altezza da seduto/statura. Questi dati dimostrano che le popolazioni Asiatiche hanno estremità inferiori relativamente più corte (Eveleth & Tanner, 1976; Kondo & Eto, 1975; Tanner et al., 1982).

Per quanto riguarda la topografia del grasso corporeo, vi è evidenza che essa sia maggiormente influenzata dal genoma che non dall'ambiente. Le variazioni distrettuali della massa grassa si riferiscono principalmente al grasso sottocutaneo delle estremità e del tronco per quanto, più recentemen-

te, si siano indagate le variazioni del rapporto grasso sottocutaneo del distretto superiore/grasso sottocutaneo del distretto inferiore del corpo. I bianchi, ad esempio, tendono ad avere rispetto ai neri più grasso in corrispondenza delle estremità che non del tronco (Johnston et al., 1974; Malina, 1966; Malina et al., 1982). I messicani americani e, verosimilmente, gli indiani americani tendono ad avere più grasso in corrispondenza del tronco che non delle estremità rispetto ai bianchi americani (Szathmary & Holt, 1983; Mueller et al., 1982; Malina et al., 1983). La distribuzione regionale del grasso corporeo riveste importanza clinica in quanto, ad esempio, l'obesità androide si associa con una certa frequenza al diabete mellito di tipo II (Mueller et al., 1984; Szathmary et Holt, 1983) e sia gli indiani che messicani americani presentano con frequenza tale malattia (Weiss et al., 1984).

I dati antropometrici possono essere inoltre utilizzati nello studio di modificazioni sociali ed economiche all'interno di una determinata popolazione in quanto la crescita psico-fisica è un processo plastico che risente dell'effetto di stress ambientali. In quest'ottica, dunque, molti studi antropometrici vengono condotti per ottenere informazioni sulle condizioni generali di nutrizione e salute tramite il monitoraggio dello stato di crescita, tipicamente in età pediatrica (World Health Organization, 1976). Gli stessi dati possono essere utili nel rilievo o studio di ineguaglianze sociali all'interno di una determinata società (Bielicki & Welon, 1982). Una possibile ulteriore applicazione dell'antropometria è data dallo studio delle variazioni antropometriche intergenerazionali o secolari (Malina, 1979; Roche, 1979).

Come sempre, si pone il problema fondamentale della scelta delle misure antropometriche da effettuare. La scelta dipenderà dalle finalità dello studio e, quindi, dagli interrogativi cui si cerca con esso di rispondere. Se è vero che nessuna batteria di misure antropometriche risponde alle esigenze di ogni singolo studio, è altrettanto vero che misure antropometriche effettuate solo perché si ha l'opportunità di farlo ma senza alcuna attinenza con lo studio, sono perfettamente inutili.

Molta della variabilità della morfologia umana concerne lo sviluppo di ossa, muscoli, grasso e visceri. Le misure consigliate (*vide infra*) consentono di stabilire e confrontare le prime tre componenti, pur essendo la quarta una componente non trascurabile della massa corporea. Per consentire lo studio della variabilità morfologica regionale, vengono riportate quelle dimensioni che consentono di valutare i distretti sia superiori che inferiori del tronco e delle estremità. Le misure sono state selezionate

sulla base della facilità di localizzazione ed accesso, per quanto, per via di alcune preferenze culturali, ci si potrebbe talora vedere limitato dal paziente l'accesso a determinati siti di misura (ad esempio: pliche troncali in ragazze adolescenti).

#### 1. Dimensioni corporee complessive:

- Peso
- Statura

#### 2. Lunghezze segmentali specifiche:

- Altezza da seduto
- Lunghezza dell'arto inferiore o subschiatica (altezza da seduto)
- Se è richiesta la misura di una lunghezza dell'estremità superiore, si deve preferire quella della lunghezza diretta acromion-dactylion a quella di proiezione della stessa estremità.

#### 3. Diametri scheletrici, indici di robustezza scheletrica:

- Estremità:
  - Diametro biepicondiloideo dell'omero
  - Diametro bicondiloideo del femore
- Tronco:
  - Diametro biscromiale
  - Diametro bicristale (biiliocristale)

#### 4. Circonferenze degli arti, indici di sviluppo muscolare:

- Circonferenza mediana del braccio, muscolo rilassato
- Circonferenza mediana del polpaccio
- Circonferenza mediana del braccio, muscolo teso; quest'ultima deve essere considerata qualora si desideri stimare il somatotipo antropometrico con la tecnica di Heath-Carter (Carter, 1980). Il bicipite brachiale è contratto al massimo grado.

#### 5. Pliche corporee, indici del grasso sottocutaneo;

- Estremità:
  - Plica bicipitale
  - Plica tricipitale
  - Plica mediana del polpaccio
- Tronco:
  - Plica sottoscapolare
  - Plica soprailiaca, sopra la spina iliaca antero-superiore. Essa deve essere considerata qualora si desideri stimare il somatotipo antropometrico con la tecnica di Heath-Carter. La plica soprailiaca sopracristale, sulla linea medioascellare è utilizzata in alcune equazioni predittive della massa grassa corporea.

Le dimensioni suggerite forniscono informazioni

sulle dimensioni corporee totali, le lunghezze segmentali e lo sviluppo regionale dei tessuti scheletrico, muscolare e adiposo. Naturalmente, altre dimensioni possono essere aggiunte a quelle riportate, in relazione alle finalità dello studio. Le misure consigliate consentono il calcolo di una varietà di indici: il rapporto altezza da seduto/statura, il rapporto diametro biliaco/diametro biacromiale ed il calcolo delle aree lipidiche e muscolari del braccio etc. Nella batteria di misure consigliate figurano anche quelle che consentono di definire il somatotipo con la tecnica di Heath-Carter il quale differisce peraltro da quello Sheldoniano (v. Capitolo 20). Alcune considerazioni aggiuntive sulla lista di variabili consigliate:

1. La circonferenza della testa è un indice di crescita cranica e cerebrale durante l'infanzia.

2. Se è importante lo studio evolutivo della morfologia cranio-facciale, le seguenti dimensioni offriranno informazioni di base:

- Lunghezza della testa, glabella-opisthocranion
- Diametro della testa, euryon-euryon
- Diametro bizigomatico
- Diametro bigoniale

3. Due circonferenze troncali, in accordo con recenti acquisizioni, si configurano come utili indici della distrettualità della massa grassa:

- Circonferenza addominale
- Circonferenza del fianco

Rammentiamo, in ultimo, che tra le applicazioni dell'antropologia fisica figurano progettazione e produzione di vestiti ed equipaggiamenti sulla base dei dati antropometrici.

#### BIBLIOGRAFIA

Bielicki, T., & Welon, Z. (1982)  
Growth data as indicators of social inequalities:  
The case of Poland  
*Yearbook of Physical Anthropology*, 25, 153-167

Carter, J.E.L. (1980)  
*The Heath-Carter Somatotype Method*  
San Diego, CA: San Diego State University  
Syllabus Service

Damon, A. (1969)  
Race, ethnic group, and disease  
*Social Biology*, 16, 69-80  
Eveleth, P.B., & Tanner, J.M. (1976)

*Worldwide variation in human growth*  
Cambridge: Cambridge University Press

Johnston, F.E., Hamill, P.V.V., & Lemeshow S. (1974)  
*Skinfold thickness of youths 12-17 years, United States*  
(Vital and Health Statistics, Series 11, No. 132)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office

Kondo, S., & Eto, M. (1975)  
Physical growth studies on Japanese-American  
children in comparison with native Japanese. In  
SM. Horvath, S. Kondo, H. Matsui, & H.  
Yoshimura (Eds.)  
*Human adaptability: Vol. I. Comparative studies*  
*on human adaptability of Japanese, Caucasians*  
*and Japanese Americans* (pp. 13-45)  
Tokyo: University of Tokyo Press

Malina, R.M. (1966)  
Patterns of development in skinfolds of Negro and  
white children  
*Human Biology*, 38, 89-103

Malina, R.M. (1973)  
Biological substrata. In K.S. Miller & R.M. Dreger  
(Eds.), *Comparative studies of blacks and whites in*  
*the United States* (pp. 53-123)  
New York: Seminar Press

Malina, R.M. (1979)  
Secular changes in growth, maturation, and  
physical performance  
*Exercise and Sport Science Reviews*, 6, 203-255

Malina, R.M., Hamill, P.V.V., & Lemeshow, S. (1974)  
*Body dimensions and proportions, white and Negro*  
*children 6-11 years, United States* (Vital and  
Health Statistics, Series 11, No. 143)  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office

Malina, R.M., Little, B.B., Stern, M.P. Gaskill,  
S.P., & Hazuda, H.P. (1983)  
Ethnic and social characteristics in selected  
anthropometric characteristic of Mexican  
American and Anglo adults: The San Antonio  
Heart Study  
*Human Biology*, 55, 867-883

Malina, R.M., Mueller, W.H., Bouchard, C., Shoup,  
R.F., & Lariviere, G. (1982)  
Fatness and fat patterning among athletes at the  
Montreal Olympic Games, 1976  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14,  
445-452

Mueller, W.H., Joos, S.K., Hanis, C.L., Zavaleta,



- A.N., Eichner, J., & Schull, W.J. (1984)  
The Diabetes Alert Study: Growth, fatness, and fat patterning, adolescence through adulthood in Mexican Americans  
*American Journal of Physical Anthropology*, 64, 389-399
- Mueller, W.H., Shoup, R.F., & Malina, R.M. (1982)  
Fat patterning in athletes in relation to ethnic origin and sport  
*Annals of Human Biology*, 9, 371-376
- Roche, A.F. (1979)  
Secular trends in stature, weight, and maturation  
*Monographs of the Society of Research and Child Development*, 44 (3-43), 3-27
- Szathmary, E.J.E., & Holt, N. (1983)  
Hyperglycemia in Dogrib Indians of the Northwest Territories, Canada: Association with age and a centripetal distribution of body fat  
*Human Biology*, 55, 493-515
- Tanner, J.M., Hayashi, T., Preece, M.A., & Cameron, N. (1982)  
Increase in length of leg relative to trunk in Japanese children and adults from 1957 to 1977: Comparison with British and with Japanese-Americans  
*Annals of Human Biology*, 9, 411-423
- Weiss, K.M., Ferrell, R.E., & Hanis, C.L. (1984)  
A new world syndrome of metabolic diseases with a genetic and evolutionary basis  
*Yearbook of Physical Anthropology*, 27, 153-178
- World Health Organization (1976)  
*New Trends and approaches in the delivery of maternal and child care in health services* (WHO Technical Report Series, No. 600)  
Geneva: World Health Organization

## Capitolo 10

# Variabilità delle dimensioni antropometriche

Claude Bouchard

La comprensione delle cause della variabilità umana è un continuo obiettivo della ricerca. Molti studi sono stati condotti con l'intento di stabilire il peso relativo del genoma e dell'ambiente nel determinismo di tale variabilità. Un modello che integri le principali componenti della variabilità umana per un determinato tratto antropometrico  $P$ , risulta particolarmente utile ai fini di una discussione sistematica delle cause di variabilità interindividuale. Qui di seguito ne viene proposto uno (Bouchard, 1986; Bouchard & Malina, 1983):

$$P = G + E + G \cdot E + e$$

In questa equazione,  $G$  (gene) rappresenta la variabilità ereditaria o genetica,  $E$  (*environment*) quella associata all'ambiente e allo stile di vita, il prodotto  $G \cdot E$  l'interazione tra genoma e ambiente ed  $e$  la variabilità imputabile ad errori casuali.

In questo semplice modello nessuna importanza viene attribuita al sesso e all'età nel determinismo delle differenze individuali. Ovviamente, questa condizione non è in pratica mai soddisfatta, a meno che, con opportuni metodi statistici, non si provveda a rimuovere l'effetto di questi fattori. La discussione delle assunzioni associate all'uso di questo modello viene fatta in letteratura (Bouchard e Malina, 1983) e ad essa si rimanda il lettore interessato.

### L'EFFETTO E

La componente  $E$  rappresenta l'influenza sortita sulla variabilità antropometrica da fattori genotipo- ed errore-indipendenti. Tale influenza è da ricondurre essenzialmente all'ambiente ed allo stile di vita. Ad esempio, una dimensione scheletrica od una plica

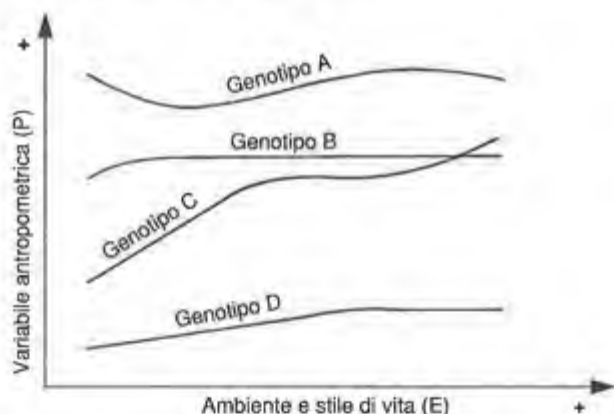
corporea per una determinata età e sesso, potrebbe variare notevolmente da un individuo all'altro in relazione ad una pregressa o attuale storia nutrizionale, ad un passato o presente consumo energetico in relazione alla vita lavorativa e attività ricreativa, ad una storia clinica prossima o remota, a condizioni socioeconomiche, all'altitudine, al clima, e a molti altri fattori ancora. In altre parole l'effetto  $E$  rappresenta la somma di cause complesse (genotipo- ed errore-indipendenti) spesso intercorrelate. Proprio perché l'effetto  $E$  consta di tante e diverse componenti, è spesso difficile in un determinato studio controllare tutti i fattori che contribuiscono a definirlo.

### GLI EFFETTI G E G · E

L'effetto  $G$  può essere definito quale il contributo, dato alla definizione di un determinato fenotipo antropometrico in una determinata popolazione, da parte del genoma, indipendentemente dalle condizioni ambientali e dallo stile di vita. In altri termini, l'effetto  $G$  è un indice della variazione genetica trasmissibile da una generazione a quella successiva o un parametro di popolazione che definisce il contributo della variazione genetica alla definizione di differenze interindividuali in condizioni ambientali "medie". La variazione genetica sarà in ciascun individuo influenzata dalle sue caratteristiche uniche e storia di vita. La stima dell'effetto  $G$  per una determinata popolazione risulta alquanto complessa. Innanzitutto si dovrebbero considerare i dati antropometrici di due o tre generazioni successive, prestando attenzione alle adozioni e a gemelli cresciuti insieme o separatamente, a famiglie di gemelli monozigoti ed altro ancora. Non vi è bisogno di sottolineare che la stima dell'effetto  $G$  sarà tanto più pre-

cisa quanto più il campione sarà esteso. Da considerare peraltro che i dati oggi a nostra disposizione non ci consentono di stabilire l'effetto  $G$  con il rigore statistico del caso.

La situazione si fa ancora più complessa quando il fattore interazione  $G \cdot E$  sia elevato. La Figura 1 illustra una situazione in cui gli effetti  $G$  ed  $E$  sono additivi e non interattivi; in questo caso, le variazioni di  $P$  sono lineari nell'ambito del range delle condizioni  $E$ . La Figura 2 illustra una situazione probabilmente più vicina alla realtà per molti fenotipi (Bouchard, 1983, 1986; Poehlman et al., 1986; Prud'Homme et al., 1984): in questo caso, la variabilità fenotipica è funzione non solo di  $G$  ed  $E$  ma anche dell'interazione  $G \cdot E$ . Dunque, le variazioni di  $P$  associate con variazioni di  $E$  non sono le stesse per tutti i genotipi. Poco è stato scritto dell'effetto  $G \cdot E$  a proposito delle dimensioni antropometriche, ma recenti acquisizioni suggeriscono un effetto  $G \cdot E$  significativo per il peso e le pliche corporee in individui sottoposti ad un bilancio energetico positivo per un periodo di poche settimane (Poehlman et al., 1986).



**Figura 1** Variazione di una determinata misura antropometrica ( $P$ ) quando  $e = 0$ . In questo caso,  $P = G + E = G \cdot E$ .

## VARIAZIONI INTER- ED INTRA-POPOLAZIONE

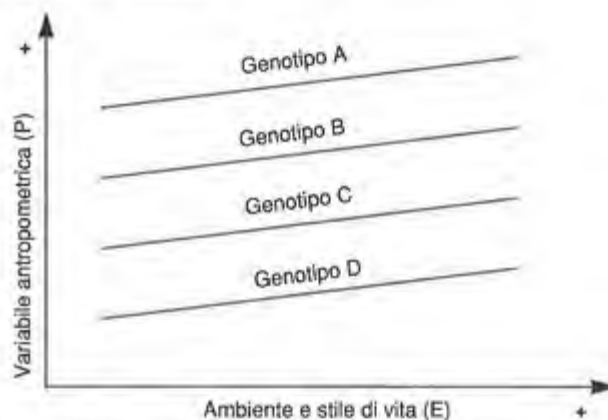
Si va di giorno in giorno rafforzando sempre più la convinzione che il genoma giochi un ruolo fondamentale nella definizione di tutte le nostre caratteristiche. La variabilità "stabilita" da un sistema monogenico per un determinato attributo fenotipico è per il 10% o 15% soltanto popolazione- o razza-specifica, la restante "quota di variabilità" investendo l'intero genere umano indipendentemente dalla razza o etnia. (Nei, 1982; Nei & Roychoudhury, 1974).

Una grande quantità di dati è disponibile per lo studio delle variazioni antropometriche in individui di tutte le razze ed etnie. Anche se vi sono spesso diffe-

renze medie significative tra una popolazione e l'altra, gli intervalli dei valori si sovrappongono in modo considerevole.

Si dovrebbe peraltro porre una maggiore attenzione alle differenze intra- ed inter-popolazione per potere meglio descrivere il ruolo della razza o etnia nella variabilità del fenotipo complessivo umano. In questo contesto, è stato suggerito che la variabilità inter-popolazione tenda ad essere minore di quella intra-popolazione per quanto attiene alle dimensioni scheletriche del corpo (Weiner, 1971).

Concludendo: quando la quota di variabilità spettante ad errori di misurazione, sesso ed età degli individui sia statisticamente o sperimentalmente elisa, allora la variabilità umana di una dimensione antropometrica può essere considerata la somma di tre maggiori componenti: i fattori  $G$ ,  $E$  e  $G \cdot E$ . Non dimentichiamo peraltro la possibilità di una sorgente  $e$  di errore casuale.



**Figura 2** Variazione di una determinata misura antropometrica ( $P$ ) quando  $G \cdot E = e = 0$ . In questo caso,  $P = G + E$ .

## BIBLIOGRAFIA

- Bouchard, C. (1983)  
Human adaptability may have a genetic basis. In F. Landry (Ed.), *Health risk estimation, risk reduction and health promotion* (pp. 463-476)  
Ottawa: Canadian Public Health Association.
- Bouchard, C. (1986)  
Genetics of aerobic power and capacity. In R.M. Malina & C. Bouchard (Eds.), *Sports and human genetics* (pp. 59-88)  
Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bouchard, C., & Malina, R.M. (1983)  
Genetics for the sport scientist: Selected

methodological considerations. In R.L. Terjung (Ed.), *Exercise and sport sciences reviews* (pp. 275-305)  
Philadelphia: Franklin Institute

Nei, M. (1982)  
Evolution of man races at the gene level. In B. Bonne-Ramir & T. (Eds.), *Human genetics: Part A. The unfolding genome* (pp. 167-181)  
New York: Alan R. Liss

Nei, M., & Roychoudhury, A.K. (1974)  
Genetic variation within and between the three major races of man, Causasoids, Negroids, and Mongoloids  
*American Journal of Human Genetics*, **26**, 421-443

Poehlman, E.T., Tremblay, A., Deprés, J.P., Fontaine, E., Pérusse, L., Thériault, G., & Bouchard, C., (1986)  
Genotype-controlled changes in body composition

and fat morphology following overfeeding in twins  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **43**, 723-731

Poehlman, E.T., Tremblay, A., Fontaine, E., Després, J.P., Nadeau, A., Dussault, J., & Bouchard, C. (1986)  
Genotype dependence of the thermic effect of a meal and associated hormonal changes following short-term overfeeding  
*Metabolism*, **35**, 30-36

Prud'homme, D., Bouchard, C., Leblanc, C., Landry, F., & Fontaine, E. (1984)  
Sensitivity of maximal aerobic power to training is genotype dependent  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **16**, 489-493

Weiner, J.S. (1987)  
*The natural history of man*.  
New York: Universe Books

## Capitolo 11

# Studi di popolazione

Francis E. Johnston — Reynaldo Martorell

Studi antropometrici su larga scala vengono usualmente condotti con l'intento di produrre dati di riferimento e/o valutare lo stato nutrizionale e di salute di una determinata popolazione. Accuratamente eseguiti, questi studi offrono dati estremamente utili la cui sfera di applicazione va oltre quella, spesso descrittiva, inizialmente per essi intesa.

Comunque, questi studi presentano alcune limitazioni. Prima tra tutte, la necessità di una ridotta batteria di misurazioni antropometriche. Non possiamo sperare di riuscire a misurare una serie estesa di variabili antropometriche in un campione, ad es., di 15.000 o più soggetti, per di più misurate a differenti livelli, durante un periodo di 2 o 3 anni.

Il problema diviene ancora più manifesto qualora, come spesso è il caso, si debba, oltre all'informazione antropometrica raccoglierne una sociologica, psicometrica, medica...ecc.

Così il tempo assegnato per l'esame antropometrico potrebbe non essere sufficiente per il rilievo di un'ampia serie di misure.

In ogni caso sono da ritenersi opportune un'accurata pianificazione e consultazione in modo che le misure scelte riflettano le reali esigenze ed interessi degli utenti dell'informazione che lo studio si propone di fornire.

Avere ben chiaro, dunque, lo scopo dello studio e verificare che le misure rilevate consentano di raggiungere l'obiettivo è la *conditio sine qua non* per condurre uno studio antropometrico su larga scala. L'aggiunta *in itinere* di misure oltre a quelle "prefissate", per soddisfare interessi secondariamente insorti, dovrà essere fatta con attenzione e solo dopo avere considerato il tempo e le risorse richieste per la raccolta, analisi e produzione dei dati.

### INTERPRETAZIONE ED USO DEGLI INDICATORI ANTROPOMETRICI

Non esiste, né potrebbe esistere, una lista di variabili antropometriche che soddisfi le esigenze di diversi studi antropometrici su larga scala: ogni misura raccolta deve fornire informazioni congrue agli obiettivi dello studio. Ciononostante, non si possono ignorare le componenti fondamentali della variabilità umana e, almeno, dovrebbero essere incluse in quella lista la statura o la lunghezza corporea, la massa corporea, le sue due componenti principali (massa grassa e magra) nonché i diametri corporei (ad. es.: diametro biacromiale e bicristale).

Gli indicatori antropometrici dimostrano, in generale, una alta sensibilità (Habicht et al., 1979). Ciò equivale a dire che gli indicatori antropometrici sono spesso molto responsivi agli effetti ambientali. Gli epidemiologi si avvantaggiano di questa proprietà generale degli indicatori antropometrici per stabilire l'effetto di numerose variabili sullo stato di salute: infezioni, carenze o eccessi nutrizionali e fattori ambientali come altitudini elevate, stress psicologico e inquinamento acustico. L'alta sensibilità del processo di crescita a numerosi fattori fa peraltro sì che gli indicatori antropometrici offrano come tali poche informazioni circa la natura delle cause responsabili dell'alterata crescita. L'identificazione di questi fattori necessita di una raccolta di dati estesa ad un elevato numero di variabili. I dati antropometrici hanno vari usi nel campo della salute pubblica. Un'applicazione particolarmente importante è l'identificazione di ritardi significativi dell'accrescimento in età pediatrica (Martorell, 1985). Semplici indicatori basati sul raffronto di peso e lunghezza ed indici che utilizzano la circon-

ferenza del braccio sono, ad esempio, utili per l'identificazione di individui ad alto rischio di morbilità e mortalità. Il monitoraggio della velocità di crescita del peso attraverso le tavole auxologiche è ancora più utile in quanto consente di identificare i bambini a rischio molto prima che si realizzano conseguenze irreversibili (Morley, 1976). Altri utilizzi includono l'identificazione di gruppi a rischio di malnutrizione, la valutazione dell'efficacia di una terapia specifica ed il monitoraggio di variazioni secolari in particolari aree o regioni. L'utilizzazione dell'antropometria nello studio nutrizionale di paesi in via di sviluppo presenta alcuni problemi degni di nota. Per paesi a differenti etnie, al momento dell'interpretazione dei dati antropometrici viene spesso sollevato il problema dell'importanza delle differenze genetiche nel determinismo della variabilità osservata tra i differenti gruppi etnici (Martorell, 1985). Molte nazioni utilizzano come dati di riferimento quelli rilevati in paesi sviluppati; l'ultimo di questi standard essendo quello originato dalla fusione dei dati dello NHCS, studio trasversale della popolazione statunitense, e del Fels, studio longitudinale di una popolazione pediatrica dell'Ohio prevalentemente della scuola media (Hamill et al., 1979).

L'uso di questi dati di riferimento è criticato da coloro che ritengono che essi contribuiscano a soprastimare i casi di malnutrizione attraverso l'influenza di variabili genetiche (Goldstein & Tanner, 1980). Altri ritengono che l'indigenza sia il fattore principale in grado di spiegare le differenze antropometriche tra differenti gruppi etnici e sociali e, conseguentemente, sono del parere che sia corretto avere quali dati di riferimento quelli rilevati in una popolazione normo-nutrita, quale è in effetti quella statunitense (Graitcer & Gentry, 1981).

L'antropometria è inoltre utile nello studio di malattie croniche endemiche nei paesi sviluppati quali le malattie cardiovascolari, il cancro, l'obesità ed il diabete (vedi anche i capitoli relativi in questa sezione). In questi studi, le variabili antropometriche sono spesso utilizzate come indicatori a lungo termine della qualità della vita e dello stato di salute. Non vi è bisogno di sottolineare l'importanza della definizione di fenotipi antropometrici a rischio di malattia, visto il carattere profilattico e terapeutico immediatamente intuitivo di tale definizione. Da questo punto di vista, un ruolo chiave assumono la composizione, la topografia del grasso e la taglia corporea.

## DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Il processo di selezione del campione deve essere descritto in dettaglio al fine di facilitare l'inter-

pretazione dei dati e il raffronto di essi con quelli di altri studi. Il grado di partecipazione allo studio dei soggetti che ad esso hanno preso parte deve essere sempre considerato e, qualora vi siano dei motivi di rifiuto da parte del soggetto, questi vanno ricercati e codificati per una successiva analisi.

Del campione devono essere poi descritte le caratteristiche fondamentali. Per quanto la descrizione vari da studio a studio, essa deve includere il giorno in cui è stata effettuata l'indagine, la data ed il luogo di nascita, il sesso, l'etnia, la locazione geografica e lo stato socioeconomico. L'età dovrebbe essere espressa in giorni se inferiore ad un mese; in età superiore si utilizzeranno i decimali degli anni, eventualmente calcolati attraverso opportune tabelle (Weiner & Lourie, 1981). Una distribuzione statistica delle età decimali dovrebbe essere riportata per ciascun gruppo.

Per gli studi di neonati, l'età gestazionale dovrebbe essere riportata qualora vi sia un numero di soggetti pre- o post-termine maggiore di quello aspettato. Questi studi dovrebbero pure definire l'appartenenza del soggetto selezionato ad un determinato gruppo (ad es.: nati a termine).

Dovrebbe essere pure descritto, o di esso data una referenza bibliografica, il metodo di estimazione dell'età gestazionale. In assenza di età cronologiche note, il peso per l'altezza o la lunghezza da sdraiato è utile in età prepubere, in quanto pressoché indipendente dall'età (Hamill et al., 1977; Van Wieringen, 1972). La circonferenza del braccio può essere inoltre utilizzata come un indice generale dello stato nutrizionale in età prescolare quando l'età cronologica non sia nota, dal momento che le variazioni di tale circonferenza durante tale periodo sono piccole (Jelliffe, 1966; Johnson et al., 1981). Infine, l'età cronologica può essere stimata dai dati sull'eruzione dei denti, ma solo se vi sono dei dati di riferimento per una popolazione simile di età cronologica nota (Hagg & Matsson, 1985). Qualora si proceda ad una stima indiretta dell'età, il metodo utilizzato dovrebbe essere descritto con completezza.

Quando possibile, dovrebbero essere utilizzati e specificati nella descrizione gli indicatori del livello di maturazione. Il metodo utilizzato dovrebbe essere ancora una volta chiaramente descritto, oltre ad essere fornite misure della sua affidabilità nell'ambito dello studio condotto. La letteratura offre revisioni critiche dei metodi, invasivi e non invasivi disponibili (Roche, 1980; Roche et al., 1983).

## CONTROLLO DI QUALITÀ

Uno dei problemi principali degli studi antropome-

trici condotti su larga scala è il frequente coinvolgimento di più équipes di operatori. Poiché la raccolta dei dati antropometrici deve essere spesso veloce e contemporanea a quella di altri si hanno diverse sorgenti di errore. Per assicurare e verificare la qualità dei dati rilevati sono perciò necessari:

1. Un training iniziale volto ad assicurare la standardizzazione dei siti e delle tecniche di misurazione.
2. Un set di "rilievi a vuoto" all'inizio dello studio.
3. Sessioni periodiche nel corso dello studio con misurazioni ripetute più volte su uno stesso soggetto.
4. Sessioni periodiche di retraining nel corso dello studio.

Le sessioni iniziali di training vengono condotte in maniera didattica: l'operatore viene così a conoscere il significato e la tecnica di misurazione di una determinata variabile, quindi si esercita lui stesso nella misurazione sotto l'occhio attento del didatta. Queste sessioni possono essere praticate più di una volta a seconda delle esigenze.

I "rilievi a vuoto" consistono nell'esecuzione delle procedure apprese su soggetti che avrebbero potuto fare parte dello studio ma i cui dati antropometrici non saranno da esso considerati. L'obiettivo è quello di educare l'operatore al rispetto del protocollo e del tempo concesso per la misurazione. Successive sessioni di discussione consentiranno di affrontare e risolvere altri eventuali problemi.

Nel corso dello studio dovrebbero essere inoltre previste sessioni periodiche di verifica dell'affidabilità dei dati. Tali sessioni prevedono che ogni soggetto sia misurato da almeno due operatori, nel rispetto del protocollo standard e senza alcuna interruzione da parte di altri, per evidenziare errori che dovranno essere attentamente valutati. L'analisi di questi dati e delle tecniche di misurazione consentirà infatti di quantificare l'errore e l'affidabilità delle misure ottenute e di identificare operatori con errori sistematici inusualmente elevati. Se necessario, appropriate correzioni possono essere fatte nella fase di analisi dei dati. Infine, si dovrebbero istituire periodiche sessioni di retraining: l'operatore è osservato dal didatta e prontamente corretto da questi nel caso commetta un errore. L'obiettivo di queste sessioni è identificare l'errore, chiarirlo e, possibilmente, mettere l'operatore in grado di non ripeterlo. È questo un importante controllo di qualità *in itinere* che aiuta a ridurre al minimo gli errori sistematici. È essenziale che l'affidabilità delle misure sia calcolata in tutti gli studi e riportata nella sezione della pubblicazione dedicata ai "metodi". L'affidabilità, in quanto soggetta a variazioni nel corso dello studio, dovrà essere periodicamente rivalutata.

Infine, le procedure utilizzate per il rilevamento e

controllo dei dati devono essere codificate in un "manuale operativo" che sarà un riferimento sia per gli operatori dello studio sia per chi vorrà utilizzare i dati ricavati dallo stesso.

## BIBLIOGRAFIA

- Goldstein, H., & Tanner, J.M. (1980, March 15) Ecological considerations in the creation and the use of child growth standard  
*The Lancet*, pp. 582-585
- Graitcer, P.L., & Gentry, E.M. (1981, August 8) Measuring children: One reference for all  
*The Lancet*, pp. 297-299
- Habicht, J.-P., Yarbrough, C., & Martorell, R., (1979) Anthropometric field methods: Criteria for selection. In D.B. Jelliffe & E.F.P. Jelliffe (Eds.), *Nutrition and growth* (pp. 365-387)  
New York: Plenum
- Hagg, U., & Matsson, L. (1985) Dental maturity as an indicator of chronological age: The accuracy and precision of three methods.  
*European Journal of Orthodontics*, 7, 25-34.
- Hamill, P.V.V., Drizd, T.A., Jonhson, C.L., Reed, R.B., & Roche, A.F. (1977)  
*NCHS growth curves for children (Department of Health Education, and Welfare Pub [PHS] 78-1650)*  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Hamill, P.V.V., Drizd, T.A., Johnson, C.L., Reed, R.B., Roche, A.F., & Moore, W.M. (1979) Physical growth: NCHS percentiles. *American Journal of Clinical Nutrition*, 32, 607-629
- Jelliffe, D.B. (1966)  
*The assessment of the nutritional status of the community (WHO Monographs Series 63)*.  
Geneva: World Health Organization.
- Johnson, C.L., Fulwood, R., Abraham, S., & Bryner, J.D. (1981)  
*Basic data on anthropometry measurements and angular measurements of the hip and knee joints for selected groups 1-74 years of age, United States, 1971-1979 (Department of Health and Human Services Pub [PHS] 81-1669)*  
Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Martorell, R. (1985)  
Child growth retardation: A discussion of its

causes of its causes and relationship to health. In Sir K. Blaxter & J.C. Waterlow (Eds.), *Nutrition adaptation in man*. London and Paris: John Libbey

Morley, D. (1976)  
Nutritional surveillance of young children in developing countries  
*International Journal of Epidemiology*, **5**, 51-55

Roche, A.F. (1980)  
The measurement of skeletal maturation. In: F.E. Johnston, A.F. Roche, & C. Susanne (Eds.), *Human physical growth and maturation: Methodologies and factors* (pp. 61-82)

New York: Plenum

Roche, A.F., Tyleshevski, F., & Rogers, E. (1983)  
Noninvasive measurements of physical maturity in children  
*Research Quarterly on Sport and Exercise*, **54**, 364-371

Van Wieringen, J.C. (1972)  
*Secular changes of growth, 1964-1966 height and weight survey in the Netherlands in historical perspective*. Thesis, Leiden, The Netherlands.  
Weiner, J.S., & Lourie, J.A. (1981)  
*Practical human biology*.  
New York: Academic Press



## Capitolo 12

# Antropometria ed età pediatrica

Vernon D. Seefeldt — Gail G. Harrison

Pareri differenti sono esposti in letteratura circa la scelta dei predittori antropometrici dello stato nutrizionale in età pediatrica (Babson & Lubchenco, 1975; Cravioto & Delicardie, 1986; Harrison et al., 1964; Johnston, 1986; Roche & Falkner, 1975). La varietà di metodi utilizzati per stimare l'accrescimento suggerisce l'esistenza di discordanza, in particolare, circa i siti, le tecniche e gli strumenti ritenuti più idonei al rilievo (Brandt, 1980; Cameron, 1986; Garn & Shamir, 1958; Krogman, 1970; Marshall, 1966; Ross et al., 1980; Weiner and Lourie, 1981). Si è in ogni caso concordi nell'effettuare la misurazione di quelle sole dimensioni antropometriche capaci di rispondere al quesito specifico dello studio, piuttosto che inserire un ampio numero di misurazioni nel protocollo.

### USI DELL'ANTROPOMETRIA

L'antropometria in età pediatrica si propone i seguenti fini:

- Valutazione dello stato nutrizionale presente e generale di individui o gruppi di persone.

Essa viene effettuata attraverso il raffronto delle dimensioni antropometriche del campione in esame con quelle "di riferimento". Questa valutazione è effettuata in modo particolare per il lattante ed il bambino.

- Descrizione di variazioni temporali.

L'informazione sul grado di variazione dell'individuo o della popolazione è spesso più utile della conoscenza dello stato presente. Il criterio longitudinale è da preferirsi a quello trasversale nello studio degli effetti di un determinato trattamento

terapeutico su individui o una popolazione.

- Documentazione di variazioni in un campione o nella popolazione.

La conoscenza delle variazioni inter- ed intra-popolazione potrebbe arricchire la nostra conoscenza dei processi fisiologici di crescita e aiutarci a stabilire l'importanza relativa del genoma e dell'ambiente.

- Inferimento di misure di derivazione altrimenti difficile.

Misure di difficile, costosa, pericolosa o comunque proibitiva derivazione (es. densità corporea), possono essere inferite attraverso l'uso di uno o più variabili antropometriche.

- Predizione.

Un'accurata predizione di alcuni eventi auxologici e maturativi può essere possibile qualora il processo di crescita avvenga in modo ordinato.

Come sempre, la scelta di una misura è influenzata dalle finalità dello studio. Alcuni consigli:

- Le variabili scelte dovrebbero essere utili indicatori o descrittori degli aspetti studiati.

- Le variabili scelte dovrebbero subire sufficienti variazioni nel corso della crescita.

- Le dimensioni misurate dovrebbero prestarsi ad una precisa definizione ed i risultati della misurazione essere affidabili.

- Le misure scelte non dovrebbero danneggiare o creare imbarazzo nel soggetto.

- Se si desidera tracciare un profilo descrittivo generale, dovrebbero essere incluse le quattro principali componenti della taglia e morfologia corporea: lunghezze, diametri, circonferenze e pliche.

## DIMENSIONI ANTROPOMETRICHE RACCOMANDATE

Nella Tabella 1 è riportata la lista delle dimensioni antropometriche raccomandate in età pediatrica. Essa è completa ma è senz'altro ridondante se confrontata con le particolari necessità di un determinato studio. Esse sono classificate in base allo strumento di misurazione e, nell'ambito di ciascuna sottocategoria, figurano per ordine crescente di difficoltà di misurazione. Il tempo di misurazione si riduce notevolmente se l'osservatore non deve continuamente cambiare lo strumento ed il soggetto rimane fondamentalmente nella stessa posizione per il rilievo di differenti misure. La tabella distingue inoltre le misure d'interesse clinico specifico e generale.

Tabella 1 Batteria di misure raccomandate in età pediatrica.

<b>Bilance</b>	<b>Metro</b>
Peso <sup>a-b</sup>	Circonferenza torace <sup>a-b</sup>
	Circonferenza cintura
<b>Calibri a scorrimento</b>	Circonferenza glutei-fianchi <sup>b</sup>
Diametro biacromiale <sup>b</sup>	Circonferenza polpaccio
Diametro biiliaco <sup>b</sup>	Circonferenza braccio <sup>a-b</sup>
Diametro del gomito	Circonferenza testa <sup>a</sup>
Diametro del polso	
	<b>Plicometri (calibri)</b>
<b>Antropometro</b>	Plica tricipitale <sup>a-b</sup>
Altezza da seduto <sup>a</sup>	Plica sottoscapolare <sup>a-b</sup>
Statura <sup>b</sup>	Plica soprailiaca <sup>a-b</sup>
Lunghezza arto inferiore	Plica addominale <sup>a-b</sup>
Lunghezza arto superiore <sup>b</sup>	Plica mediale polpaccio
<b>Tavola misurazione</b>	
Lunghezza testa-glutei <sup>a</sup>	
Lunghezza da sdraiato <sup>a</sup>	
<sup>a</sup> Raccomandate per studi clinici nell'infanzia	
<sup>b</sup> Raccomandate per studi clinici nel bambino e nell'adolescente	

## CONSIDERAZIONI METODOLOGICHE

Per quanto le tecniche di misurazione usate con i bambini più grandi ed i giovani siano praticamente le stesse degli adulti, in tali età non è difficile l'evenienza di un errore di misurazione più grande di quello proprio dell'età adulta, considerata la scarsa tendenza di questi soggetti al mantenimento della corretta posizione.

Il rilevamento e l'interpretazione dei dati antropometrici in età pediatrica implica la considerazione di tre punti in particolare:

- 1) La ridotta taglia del bambino e la sua variabilità, in relazione all'errore di misurazione.
- 2) L'immatùrità, anatomica e "comportamentale" del bambino, la quale rende necessaria l'adozione di particolari posizionamenti e tecniche di misurazione.
- 3) La necessità di una stima accurata dell'età.

### DETERMINAZIONE DELL'ETÀ

Se la considerazione dell'età è importante in diversi studi antropometrici, essa è fondamentale in età pediatrica. La morfologia e la composizione corporea subiscono rapide variazioni nel corso dell'infanzia e queste sono strettamente correlate con l'età. Un errore di poche settimane nella determinazione dell'età di un neonato può fare una grande differenza nell'interpretazione delle sue dimensioni antropometriche. La dipendenza relativa di molte variabili dall'età diminuisce rapidamente all'aumentare di questa; così lo stesso errore di poche settimane potrebbe avere poca influenza nell'interpretazione dei dati di un bambino di 3 anni e non averne affatto in quella di un adulto.

Gli errori di determinazione dell'età postnatale occorrono soprattutto in assenza di una informazione anagrafica e/o medica e nell'ambito di culture nelle quali l'anniversario della nascita non è ritenuto socialmente importante e perciò non particolarmente ricordato dalla famiglia del bambino.

I metodi di accertamento ed il grado di certezza delle date di nascita dovrebbero essere sempre riportati. La stima dell'età gestazionale è importante per lo studio dello stato antropometrico alla nascita. Tale stima può essere effettuata sfruttando l'informazione che giace negli archivi degli ospedali, interrogando la madre sulla data dell'ultima mestruazione, e ancora stimando le dimensioni del feto durante la gestazione con l'ecografia ed effettuando la valutazione clinica della sua maturità alla nascita. Gli studi antropometrici condotti in età neonatale dovrebbero sempre specificare il metodo di definizione dell'età gestazionale utilizzato.

### MISURE ANTROPOMETRICHE

L'indicatore antropometrico più comunemente utilizzato nei lattanti e nei bambini è senza dubbio il peso corporeo. Il peso alla nascita viene comunemente misurato immediatamente dopo il parto, ma se il rilievo è effettuato a distanza di alcune ore o giorni dalla nascita, è necessaria una sua standar-

dizzazione o per lo meno una precisazione del tempo, dal momento che il neonato perde frequentemente peso durante i primi giorni per poi riguadagnarlo a velocità incostante. La scelta dell'equipaggiamento è importante; scale fisse vengono comunemente utilizzate in età infantile, ma sono da preferirsi ad esse quelle elettroniche che consentono il rilievo del peso anche nell'ambito di ristretti intervalli di tempo.

La lunghezza da sdraiato viene comunemente misurata al posto dell'altezza prima del ventiquattresimo mese di età. La lunghezza testa-glutei viene misurata con un significato pressoché analogo all'altezza da seduto nei soggetti in età più avanzata. Essa richiede lo stesso equipaggiamento, cura e grado di collaborazione interoperatore della misura della lunghezza da sdraiato.

La misura di alcune lunghezze segmentali e diametri scheletrici in età pediatrica dovrebbe essere eseguita in posizione prona o supina; la posizione dovrebbe essere comunque descritta. La scelta dell'equipaggiamento dovrebbe essere effettuata considerando in primo luogo la scala di misurazione; ad esempio i piccoli calibri a scorrimento si rivelano più utili in età infantile che non gli antropometri per la misura dei diametri scheletrici. Le circonferenze devono essere misurate in posizione supina o seduta. Quest'ultima è la posizione più pratica nei bambini più piccoli.

La plicometria in età pediatrica pone alcuni problemi particolari, innanzitutto la scelta del calibro: per effettuare una misura nel piccolo spazio di una incubatrice non si utilizzerà, ad esempio, un ingombrante calibro Harpenden ma un calibro Langer. Per via delle variazioni del contenuto acquoso sottocutaneo che occorrono nell'immediato postnatale, le pliche corporee dovrebbero essere misurate almeno 24 ore dopo la nascita. La maggiore quantità di acqua contenuta nel sottocute dei neonati ci induce a lasciare il calibro in sede più di quanto non saremmo portati a fare in un bambino. Alcuni ricercatori lasciano il calibro in sede per circa 60 secondi, altri per 15 soltanto e altri ancora attendono che la misura si stabilizzi prima di registrarla. L'errore di misura per la plicometria in età infantile è approssimativamente dello stesso ordine di quello in età successiva (Branson et al., 1982; Vaucher et al., 1984).

## BIBLIOGRAFIA

Babson, S., & Lubchenco, L. (1975)  
*Fetal growth, Section 1. In W. Frankenburg & B. Camp (Eds.)*  
*Pediatrics screening tests.* Springfield, IL: Charles C Thomas.

Branson, R.S., Vaucher, Y.E., Harrison, G.G., Vargas, M., & Thies, C. (1982)  
Inter-and intraobserver reliability of skinfold measurements in newborns  
*Human Biology, 54*, 37-143

Brandt, I. (1980)  
Postnatal growth of preterm and full-term infants. In F. Johnston, A. Roche, & C. Susanne (Eds.)  
*Human physical growth and maturation* (pp. 139-160). New York: Plenum Press

Cameron, N. (1986)  
The methods of auxological anthropometry. In F. Falkner & J. Tanner (Eds.)  
*Human growth, a comprehensive treatise: Vol. 3. Methodology. Ecological, genetic and nutritional effects on growth* (2nd ed., pp. 3-46)  
New York and London: Plenum Press

Cravioto, J., & Delicardie, E. (1986)  
Nutrition, mental development, and learning. In F. Falkner & J. Tanner (Eds.)  
*Human growth, a comprehensive treatise: Vol. 3. Methodology. Ecological, genetic and nutrition effects on growth* (2nd ed., pp. 501-536)  
New York and London: Plenum Press

Garn, S., & Shamir, Z. (1958)  
*Methods for research in human growth* (pp. 35-57)  
Springfield, IL: Charles C Thomas

Harrison, G., Weiner, J., Tanner, J., & Barnicot, N. (1964)  
The size and shape of the body. *Human biology: An introduction to human evolution, variation and growth* (pp. 197-216)  
New York: Oxford University Press

Johnston, F. (1986)  
Somatic growth of the infants and preschool child. In F. Falkner & J. Tanner (Eds.)  
*Human growth, a comprehensive treatise: Vol. 2. Postnatal growth* (2nd ed., pp. 3-24)  
New York: Plenum Press

Krogman, W. (1970)  
Growth of the face, trunk, and limbs in Philadelphia white and Negro children of elementary and high school age. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 35*, 80

Marshall, W. (1966)  
Basic anthropometric measurements. In J. Van

Der Werff, Ten Bosch, & A. Haak (Eds.)  
*Somatic growth of the child* (pp. 1-5)  
Springfield, IL: Charles C Thomas

Roche, A.F., & Falkner, F. (1975)  
Physical growth charts. In W.K. Frankenburg &  
B.W. Camp (Eds.), *Pediatric screening tests*.  
Springfield, IL: Charles C Thomas

Ross, W., Drinkwater, D., Whittingham, N., &  
Faulkner, R. (1980)  
Anthropometric prototypes: Ages six to eighteen  
years. In K. Berg & B. Eriksson (Eds.), *Children &  
exercise IX* (p. 312)

Baltimore: University Park Press

Vaucher, Y.E., Harrison, G.G., Udall, J.N., &  
Morrow, G., III. (1984)  
Skinfold thickness in North American infants 24-  
41 weeks gestation  
*Human Biology*, **56**, 713-73

Weiner, J., & Lourie, J. (1981)  
*Practical human biology*  
New York: Academic Press.

## Capitolo 13

# Valutazione dello stato nutrizionale in adulti sani e portatori di handicap

William Cameron Chumlea – Alex F. Roche

### INTRODUZIONE

L'antropometria ci consente di stabilire lo stato nutrizionale di un soggetto attraverso la misura della taglia corporea e dello spessore del tessuto adiposo sottocutaneo o di aree muscolari sezionali degli arti. Una stima rigorosa delle riserve nutrizionali dell'organismo può essere effettuata soltanto con tecniche invasive quali la densitometria corporea, l'impiego di radiazioni gamma, la diluizione isotopica, la biopsia d'organo, la radiografia, la tomografia assiale computerizzata e la risonanza magnetica. Queste tecniche, oltre al limite rappresentato dalla loro invasività, sono costose e spesso riservate a centri specialistici. Al contrario, l'antropometria è economica, è relativamente semplice da effettuare, non invasiva e la sua strumentazione è facilmente trasportabile. Per questi motivi, non è difficile immaginare un futuro per la valutazione antropometrica dello stato nutrizionale.

Le misure raccomandate (Tabella 1) sono suddivise in due categorie: per adulti sani e per adulti portatori di handicap. Le tecniche di misurazione per l'adulto sano sono quelle descritte nei primi capitoli

di questo manuale, mentre quelle specifiche per l'adulto handicappato sono descritte in questo capitolo. In appositi capitoli di questo libro ci si preoccuperà inoltre di fornire informazioni sulla valutazione dello stato nutrizionale del paziente portatore di malattie specifiche (cancro, cardiopatia ischemica, diabete mellito e obesità, ecc.)

### VALUTAZIONE DELLO STATO NUTRIZIONALE NELL'ADULTO SANO

La Tabella 1 riporta la serie minima di misure raccomandate. Tutte dovrebbero essere rilevate direttamente, dal momento che anche i valori del peso e dell'altezza riportati dal paziente potrebbero essere spuri. I valori registrati dovrebbero essere poi comparati, perché la valutazione dello stato nutrizionale sia completa, con quelli di riferimento.

La Tabella 2 riporta le fonti di riferimento più attendibili per le misure raccomandate. I percentili o la distribuzione statistica del peso corporeo e della plica tricipitale possono servire da riferimento per il grasso totale corporeo sia nel singolo che in gruppi di individui. Il peso corporeo e la plica tricipitale sono ben correlati con la massa grassa totale (Roche et al., 1981). La plica sottoscapolare figura tra le variabili raccomandate per quanto la sua misura richieda un grado maggiore di "nudità" da parte del soggetto. La circonferenza del braccio e la plica tricipitale possono essere utilizzate per stimare l'area muscolare, adiposa e quella "muscolo più osso" del braccio. Le formule applicate in passato per il calcolo di tali aree sono poco attendibili, in particolare quelle che stimano l'area "muscolo più osso" (Heymsfield et al., 1982), ma i dati di riferimento disponibili sono stati ottenuti utilizzando le formule più

Tabella 1 Lista delle misure raccomandate

Adulti sani	Adulti portatori di handicap
Statura	Peso
Peso	Plica tricipitale
Plica tricipitale	Plica sottoscapolare
Plica sottoscapolare	Circonferenza braccio
Circonferenza braccio	Circonferenza polpaccio
Circonferenza polpaccio	Altezza ginocchio

vecchie (Frisancho, 1981). L'area adiposa del braccio è solo leggermente meglio correlata al grasso totale corporeo della plica tricipitale (Himes et al., 1980). Di conseguenza, consigliamo di evitare il calcolo routinario dell'area adiposa del braccio. L'area "muscolo più osso" è un indice della massa magra quando calcolata con la formula di Frisancho (1981), o un indice della massa muscolare quando calcolata utilizzando le nuove formule di Heymsfield (1982).

La circonferenza del polpaccio è un indice importante della massa magra, in particolare nell'anziano (Chumlea et al., 1984a). Inoltre, la stessa circonferenza è richiesta per la stima del grasso totale corporeo nelle donne unitamente all'impedenza bioelettrica (Guo et al., in stampa). Rapporti possono essere effettuati tra due differenti variabili antropometriche per individuare la massa grassa e magra totale o percentuale; gli stessi dati possono essere calcolati con apposite equazioni di regressione che includono più variabili antropometriche. Ad esempio, il peso ( $P$ ) e la statura ( $S$ ) possono essere combinati per ottenere indici strettamente correlati al grasso totale. Il meglio noto di questi è l'indice di massa corporea o *body mass index* ( $P/S^2$ ), facilmente ottenibile da un nomogramma (vedi Tabella 3). L'indice peso-altezza meglio correlato con il grasso percentuale è l'indice Fels ( $P^{1.2}/S^{3.3}$ ), almeno per un gruppo di soggetti statunitensi di razza bianca (Abdel-Malek et al., 1985), ed un apposito nomogramma è disponibile per il suo calcolo. La stima della statura è particolarmente importante per la valutazione dello stato nutrizionale in età anziana (Chumlea et al., 1985a).

Le variabili antropometriche possono essere utilizzate per la predizione della massa magra e grassa attraverso apposite equazioni di regressione, ma in tal caso esse devono essere misurate con le stesse tecniche utilizzate nel corso dello sviluppo di quelle equazioni. Altre variabili dovrebbero essere peraltro rilevate oltre a quelle riportate nella Tabella 1. Inoltre, le equazioni di regressione pubblicate, in modo particolare quelle che si applicano a gruppi non costituiti da giovani adulti bianchi, necessitano di una attenta revisione attraverso le recenti formule per la stima della composizione corporea a partire dalla densità corporea (Lohman, 1986).

Più importante ancora è osservare che la validità di un indice o predittore della composizione corporea sarà certificata soltanto quando la relazione tra la variabile misurata o calcolata e la variabile da calcolare, ad es. il grasso corporeo percentuale, venga stabilita in un sottogruppo randomizzato del campione al quale sia stato applicato un metodo diretto di valutazione della composizione corporea come, ad esempio, la densitometria corporea.

## VALUTAZIONE DELLO STATO NUTRIZIONALE IN ADULTI HANDICAPPATI

Le tradizionali tecniche antropometriche non possono essere applicate ad un adulto confinato su un letto od una carrozzella in quanto, quand'anche si riuscissero a superare la difficoltà tecniche connesse a tale applicazione, esse fornirebbero informazioni non attendibili. Perché questo gruppo di pazienti non abbia a risentire dell'impossibilità della valutazione del loro stato nutrizionale con i metodi tradizionali, soprattutto in relazione al rischio di sviluppare magrezza o obesità in vecchiaia e ai problemi relativi (Kemmer & Allcock, 1984; Mitchell & Lipschitz, 1982), tale valutazione può essere eseguita con i metodi dell'antropometria recombente. Questi, sviluppati per l'età anziana, eliminano gli effetti dello stato di relativa o totale immobilità che inficia la valutazione con le tradizionali tecniche (Chumlea et al., 1984b; Chumlea et al., 1985c). Le misure raccomandate (Tabella 1), da effettuare in posizione sdraiata, sono quelle delle pliche tricipitale e sottoscapolare, delle circonferenze del braccio e del polpaccio e dell'altezza del ginocchio (per la stima della statura). Le Fonti bibliografiche sono riportate nella Tabella 2. Utilizzando i metodi dell'antropometria recombente, accurati dati antropometrici possono essere ottenuti da pazienti non deambulanti o deambulanti ma incapaci di mantenere la corretta posizione per tutta la durata dell'esame (Chumlea et al., 1985b). Questi stessi metodi possono essere applicati a bambini ed adulti portatori di handicap (Chumlea & Roche, 1984), ma la relazione delle misure così ottenute con lo stato nutrizionale non è stata ancora stabilita in questi gruppi di individui.

La posizione del soggetto varia in funzione della misura che deve essere effettuata. Il peso può essere misurato con bilance sistemate sul letto o sulla sedia a rotelle. La misura delle circonferenze del braccio e del polpaccio nonché quella dell'altezza del ginocchio viene effettuata con il soggetto in posizione supina, quella delle pliche tricipitale e sottoscapolare con il soggetto recombente sul lato destro o sinistro. In posizione supina dovrebbero essere sempre misurate persone costrette su di una carrozzella, in quanto la misura effettuata con il paziente sulla sedia a rotella è maggiormente soggetta all'errore (Chumlea et al., 1985b). Nonostante la posizione supina del soggetto, i siti e le modalità di misurazione sono quelli standard (Chumlea et al., 1985c). Non si osservano differenze sistematiche tra i valori di una variabile misurata con il metodo tradizionale e quello "recombente" (Chumlea & Roche, 1984).

Tabella 2 Dati di riferimento per le misure consigliate

Misura	Riferimenti
Statura	Abraham et al. (1979) Chumlea et al. (1984 a)
Peso	Abraham et al. (1979) Chumlea et al. (1984 a)
Indice di massa corporea (uomini e donne)	Chumlea et al. (1984 a) Abraham et al. (1983) Cronk & Roche (1983)
Peso/statura <sup>1.5</sup> (donne)	Abraham et al. (1983)
Percentuale grasso corporeo dal rapporto peso <sup>1.2</sup> /altezza <sup>3.3</sup>	Roche
Plica tricipitale	Johnson et al. (1981) Chumlea et al. (1984 a) Chumlea et al. (1985 a)
Plica sottoscapolare	Chumlea et al. (1984 a) Chumlea et al. (1985 c) Cronk & Roche (1982)
Circonferenza braccio	Johnson et al. (1981) Chumlea et al. (1985 c)
Circonferenza polpaccio	Webb (1978) Chumlea et al. (1985 c)

Tabella 3 Indici, formule e fonti dei relativi nomogrammi per la valutazione dello stato nutrizionale nell'adulto

Indice	Formula	Monogramma a cura di
Indice di massa corporea (BMI)	$\frac{\text{peso}}{\text{statura}^2}$	Roche et al. (1981) Chumlea et al. (1984a)
Indice di Fels	$\frac{\text{peso}^{1.2}}{\text{statura}^{3.3}}$	Abdel-Malek et al. (1985)
Area adiposa braccio	$\frac{\text{circonferenza braccio} \cdot \text{plica tricipitale} / 10}{2}$ $\frac{\pi (\text{plica tricipitale} / 10)^2}{4}$	Gurney & Jelliffe (1973)
Area muscolo + osso braccio	$\frac{\text{circonferenza braccio} - (\pi \cdot \text{plica tricipitale} / 10)^2}{4\pi}$	Gurney & Jelliffe (1973) Chumlea et al. (1984a)
Statura nell'anziano	uomini = $64.19 - (0.04 \cdot \text{età}) + (2.02 \cdot \text{altezza ginocchio})$ donne = $84.88 - (0.24 \cdot \text{età}) + (1.83 \cdot \text{altezza ginocchio})$	Chumlea et al. (1984a, 1985c)
Peso nell'anziano	uomini = $(1.73 \cdot \text{circonferenza braccio}) + (0.98 \cdot \text{circonferenza polpaccio}) + (0.37 \cdot \text{plica sottoscapolare}) + (1.16 \cdot \text{altezza ginocchio}) - 81.69$ donne = $(0.98 \cdot \text{circonferenza braccio}) + (1.27 \cdot \text{circonferenza polpaccio}) + (0.40 \cdot \text{plica sottoscapolare}) + (0.87 \cdot \text{altezza ginocchio}) - 62.35$	Chumlea et al.

Con il soggetto in posizione supina, la circonferenza del braccio viene misurata al punto medio del braccio, essendo questo esteso lungo il corpo ed il palmo della mano rivolto in alto. Il metro è perpendicolare all'asse longitudinale del braccio ed è in rapporto stretto con i tessuti molli della loro regione ma non produce una loro compressione.

Per la misura della circonferenza del polpaccio, il soggetto mantiene la posizione supina con il ginocchio inclinato di 90°. Il metro viene sistemato lungo l'asse longitudinale della gamba e spostato fino a quando non se ne sia identificata la circonferenza massima. Ancora una volta si avrà cura che il metro venga in rapporto stretto con i tessuti molli del segmento senza che si abbia peraltro una loro compressione.

Per la misura dell'altezza del ginocchio, il soggetto, supino, piega il ginocchio e la caviglia ad un angolo di 90°. Un'estremità di un calibro Mediform a scorrimento viene sistemata sotto il calcagno e l'altra sulla superficie anteriore della coscia in corrispondenza dei condili femorali. La barra verticale del calibro è mantenuta parallela all'asse longitudinale del polpaccio appena posteriormente alla testa della fibula. Si esercita quindi la solita pressione per comprimere i tessuti molli.

La plica tricipitale è misurata, in posizione supina, sulla superficie posteriore del braccio sopra il muscolo tricipite in corrispondenza del punto contrassegnato. Con il soggetto recumbente su di un fianco, il braccio da misurare riposa sul tronco ed il palmo della mano è rivolto in basso. Una linea immaginaria tracciata tra i processi acromiali dei due lati dovrebbe risultare perpendicolare alla superficie del letto e alla colonna vertebrale. Con il soggetto ancora recumbente su di un lato, si procede poi a misurare la plica sottoscapolare al sito e con la tecnica tradizionale.

I dati antropometrici ricavati con l'antropometria recumbente possono essere utilizzati per la derivazione di addizionali indici nutrizionali (Tabella 3). Una stima della statura può essere ottenuta dall'altezza del ginocchio (Chumlea et al., 1985a), ed una stima del peso dalle circonferenze del braccio e del polpaccio, dalla plica sottoscapolare e dall'altezza del ginocchio (Chumlea et al., dati non pubblicati). Il peso e la statura sono necessari per il calcolo degli indici pondero-staturali e per la stima, attraverso la risoluzione di apposite equazioni, del metabolismo basale nel paziente anziano non deambulante (Chumlea et al., 1986).

Per l'antropometria recumbente sono disponibili dati di riferimento rilevati in persone anziane di razza bianca in età compresa tra 65 e 90 anni

(Chumlea et al., 1984; Chumlea et al., 1985, 1986). Comunque, a parità di età, tali dati non si discostano significativamente da quelli riportati dal National Center for Health Statistics (Chumlea et al., 1985). Poiché non sono descritte differenze significative tra i valori di una stessa variabile antropometrica calcolata con l'antropometria tradizionale e quella recumbente (Chumlea & Roche, 1984), questi dati possono essere utilizzati come riferimento per misure tradizionalmente effettuate in pazienti anziani deambulanti.

Non è noto se questi dati, rilevati nella razza bianca, possano essere utilizzati come riferimento anche per la razza nera. Sono descritte in letteratura differenze tra giovani adulti bianchi e neri americani per quanto attiene alle pliche tricipitale e sottoscapolare, nonché all'indice di massa corporea (Cronk & Roche, 1982). Comunque, al di là di queste differenze, questi dati possono essere effettivamente utilizzati per lo studio dello stato nutrizionale nell'età anziana, indipendentemente dalla razza.

#### BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Malek, A., Mukherjee, D., & Roche, A.F. (1985) A method of constructing and index of obesity. *Human Biology*, **57**, 415-430
- Abraham, S., Carroll, M.D., Najjar, M.F., & Fulwood, R. (1983) *Obese and overweight adults in the United States* (Data from the National Health Survey, Series 11, No. 230. Department of Health and Human Services Pub. No. [PHS] 83-1680). Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Abraham, S., Johnson, C.L., & Najjar, M.F. (1979) *Weight and height of adults, 18-74 years of age, United States, 1971-1974* (Vital and Health Statistics, Series 11, No. 211. Department of Health, Education and Welfare Pub. No. [PHS] 79-1695) Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Chumlea, W.C., & Roche, A.F. (1984) Nutritional anthropometric assessment of nonambulatory persons using recumbent techniques *American Journal of Physical Anthropology*, **63**, 146
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Mukherjee, D. (1984a) Nutritional assessment of the elderly through anthropometry. Columbus, OH: Ross Laboratories
- Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Mukherjee, D. (1986)



Some anthropometric indices of body composition for elderly adult  
*Journal of Gerontology*, **41**, 36-39

Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Steinbaugh, M.L. (1985a)  
Estimating stature from knee height for persons 60 to 90 years of age  
*Journal of the American Geriatric Society*, **33**, 116-120.

Chumlea, W.C., Roche, A.F., Steinbaugh, M.L., & Mukherjee, D. (1985b)  
Errors of measurement for methods of recumbent nutritional anthropometry in the elderly  
*Journal of Nutrition for the Elderly*, **5**, 3-11

Chumlea, W.C., Roche, A.F., & Webb P. (1984b)  
Body size, subcutaneous fatness and total body fat in older adults  
*International Journal of Obesity*, **8**, 311-317

Chumlea, W.C., Steinbaugh, M.L., Roche, A.F., Mukherjee, D., & Gopalaswamy, N. (1985c)  
Nutritional anthropometric assessment in elderly persons 65 to 90 years of age  
*Journal of Nutrition for the Elderly*, **4**, 39-51

Cronk, C.E., & Roche, A.F. (1982)  
Race and sex-specific reference data for triceps and subscapular skinfolds and weight/stature<sup>2</sup>  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **35**, 347-354

Frisancho, A.R. (1981).  
New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **34**, 2540-2545

Guo, S., Roche, A.F., Chumlea, W.C., Miles, D., & Pohlman, R.S. (in press)  
The use of bioelectric impedance in the prediction of body composition  
*Human Biology*

Gurney, J.M., & Jelliffe, D.B. (1973).  
Arm anthropometry in nutritional assessment: Nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle and fat areas  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **26**, 912-915

Heymfield, S.B., McManus, C., Smith, J., Stevens, V., & Nixon, D.W. (1982)

Anthropometric measurement of muscle mass: Revised equations for calculating bone-free arm muscle area  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **36**, 680-690

Himes, J.H., Roche, A.F., & Webb, P. (1980)  
Fat areas as estimates of total body fat  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **33**, 2093-2100

Johnson, C.L., Fulwood, R., Abraham, S., & Bryner, J.D. (1981)  
*Basic data on anthropometric measurements and angular measurements of the hip and knee joints for selected age groups 1-74 years of age: United States, 1971-1975*  
(Vital and Health Statistics, Series 1, No. 219, Department of Health Human Services Pub. No. [PHS] 81-1669). Washington, DC: U.S. Government Printing Office

Kemm, J.R., & Allcock, J. (1984)  
The distribution of supposed indicators of nutritional status in elderly patients  
*Age and Aging*, **13**, 21-28

Lohman, T.G. (1986)  
Applicability of body composition techniques and constants for children and youths  
*Exercise and Sport Sciences Review*, **14**, 325-357

Mitchell, C.O., & Lipschitz, D.A. (1982)  
Detection of protein caloric malnutrition in the elderly  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **35**, 398-406

Roche, A.F., Siervogel, R.M., Chumlea, W.C., & Webb, P. (1981)  
Grading body fatness from limited anthropometric data  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **34**, 2831-2838

Webb, P. (1978)  
*Anthropometric Source Book: Vol. II. A Handbook of Anthropometric Data*  
(NASA Reference Publication 1024)  
Washington, DC: Aeronautics and Space Administration.

# Capitolo 14

## Taglia corporea

John H. Himes — Roberto A. Frisancho

Più che una misura specifica, al termine "taglia corporea" corrisponde un concetto. Per quanto la taglia corporea sia definita soprattutto quale media di dimensioni scheletriche, con l'esclusione della statura e delle sue componenti segmentali, essa ci offre una descrizione informale dello sviluppo corporeo. La taglia corporea comprende le dimensioni di ossa, articolazioni, diametri e profondità di segmenti scheletrici rappresentative dell'apparato di sostegno dell'organismo. Vi potrebbe essere, comunque, un'apprezzabile indipendenza tra le differenti misure scheletriche (Skibinska, 1977). L'aggettivo popolare "ossuto" descrive una robustezza scheletrica inclusa nel concetto della taglia corpo-

**Tabella 1** *Categorie di taglia corporea in base all'ampiezza del gomito (cm) in uomini e donne statunitensi*

Età (anni)	Taglia corporea		
	piccola	media	grande
<b>Uomini</b>			
18 - 24	≤ 6.6	> 6.6 e < 7.7	≥ 7.7
25 - 34	≤ 6.7	> 6.7 e < 7.9	≥ 7.9
35 - 44	≤ 6.7	> 6.7 e < 8.0	≥ 8.0
45 - 54	≤ 6.7	> 6.7 e < 8.1	≥ 8.1
55 - 64	≤ 6.7	> 6.7 e < 8.1	≥ 8.1
65 - 74	≤ 6.7	> 6.7 e < 8.1	≥ 8.1
<b>Donne</b>			
18 - 24	≤ 5.6	> 5.6 e < 6.5	≥ 6.5
25 - 34	≤ 5.7	> 5.7 e < 6.8	≥ 6.8
35 - 44	≤ 5.7	> 5.7 e < 7.1	≥ 7.1
45 - 54	≤ 5.7	> 5.7 e < 7.2	≥ 7.2
55 - 64	≤ 5.8	> 5.8 e < 7.2	≥ 7.2
65 - 74	≤ 5.8	> 5.8 e < 7.2	≥ 7.2

Adattato da Frisancho

**Tabella 2** *Categorie di taglia corporea in base all'ampiezza del gomito (cm) e statura (cm) secondo la Metropolitan Life Insurance Company*

Statura	Taglia corporea		
	piccola	media	grande
<b>Uomini</b>			
158 + 161	< 6.4	6.4 - 7.2	> 7.2
162 + 171	< 6.7	6.7 - 7.4	> 7.4
172 + 181	< 6.9	6.9 - 7.6	> 7.6
182 + 191	< 7.1	7.1 - 7.8	> 7.8
192 + 193	< 7.4	7.4 - 8.1	> 8.1
<b>Donne</b>			
148 + 151	< 5.6	5.6 - 6.4	> 6.4
152 + 161	< 5.8	5.8 - 6.5	> 6.5
162 + 171	< 5.9	5.9 - 6.6	> 6.6
172 + 181	< 6.1	6.1 - 6.8	> 6.8
182 + 183	< 6.2	6.2 - 6.9	> 6.9

Dalla Metropolitan Life Insurance Company (1983)

rea, ma questa ed altre semplici descrizioni sono difficili da quantificare e misurare. Poiché non esiste alcuna misura standard della taglia corporea con la quale altre misure possano essere confrontate, non possiamo che stimare la taglia corporea ed indirettamente valutare l'appropriatezza della stima basandoci sull'assunzione di una particolare applicazione.

Diverse sono le applicazioni della taglia corporea. La distribuzione dei diametri scheletrici è importante nella progettazione di abiti ed equipaggiamenti (Damon et al., 1966), la loro analisi essendo effettuata, per ovvi motivi, in condizioni sia statiche che dinamiche. I diametri scheletrici sono importanti predittori della massa magra dal momen-

to che lo scheletro è una componente principale di quest'ultima, e sono inoltre predittori della massa muscolare, l'altro componente principale della massa grassa (Behnke, 1959).

Si ammette generalmente che il peso corporeo vari non solo con la statura e l'età ma che sia pure influenzato da ampiezza corporea, spessore delle ossa, masse muscolari e proporzioni corporee. Dunque, un'appropriate valutazione della variabilità ponderale interindividuale dovrebbe includere la stima di questi fattori. La taglia corporea potrebbe rappresentare la somma di tali fattori. Il motivo dell'inclusione della taglia corporea nella batteria di misurazioni antropometriche per il paziente obeso, è rappresentato, a parità di body mass index, dalle complicanze maggiori di un eccesso di massa grassa che non magra. La taglia corporea ci consente infatti distinguere chi presenta un eccesso di massa grassa e chi di massa magra.

Diversi metodi sono stati utilizzati per stimare la taglia corporea e diverse sono state le applicazioni dei dati rilevati. Nel 1959, la Metropolitan Life Insurance Company di New York pubblicò i pesi ideali per categorie di statura e taglia corporea basandosi sulla mortalità minima successiva di adulti statunitensi e canadesi da essa assicurati. La definizione della taglia corporea (piccola, media, grande) era soggettiva.

**Tabella 3** Correlazioni di estimatori della taglia corporea con la massa grassa totale e correlazioni parziali di controllo con la massa magra

Estimatori taglia corporea	Grasso percentuale		Grasso totale	
	Primo ordine	Parziale	Primo ordine	Parziale
	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>
<b>Uomini (n = 225)</b>				
spalle	0.22	0.26	0.35	0.26
gomito	0.22	0.25	0.33	0.24
polso	-0.01	-0.01	0.11	-0.02
fianco	0.41	0.47	0.53	0.48
ginocchio	0.23	0.30	0.39	0.30
caviglia	0.07	0.09	0.19	0.08
<b>Donne (n = 212)</b>				
spalle	0.14	0.26	0.30	0.26
gomito	0.25	0.38	0.46	0.41
polso	-0.08	0.00	0.07	0.00
fianco	0.48	0.62	0.63	0.62
ginocchio	0.33	0.50	0.53	0.52
caviglia	-0.02	0.08	0.14	0.07

Adattato da Himes and Bouchard (1985); coefficienti  $\geq .14$  differiscono significativamente da  $0, p \leq 0.05$

Le misure proposte come indicatori della taglia corporea comprendono il diametro della gabbia toracica misurato su radiogrammi standard (Garn et al., 1983), la circonferenza del polso (Grant, 1980) e il diametro del gomito, ovvero il diametro bicondiloideo dell'omero (Frisancho and Flegel, 1983). Frisancho (1984) ha definito, elaborando i dati dello NHANES I e II, categorie di taglia corporea in base all'ampiezza del gomito, nei vari gruppi di età, considerando i valori compresi tra il 15° e l'85° percentile (Tabella 1). Basandosi sugli stessi dati sono stati inoltre definiti i percentili di peso, plica tricipitale, plica sottoscapolare e area non ossea del braccio per categorie di statura, sesso e taglia corporea.

Quando la Metropolitan Life Insurance Company aggiornò le tabelle statura-peso precedentemente pubblicate, essa utilizzò l'ampiezza del gomito come estimatore della taglia corporea (1983). Le categorie peso-per-statura vennero definite in base alla mortalità minima successiva degli americani adulti assicurati ed i valori di riferimento per il gomito furono il 25° ed il 75° percentile nelle categorie di statura derivate dai dati dello NHANES I (Tabella 2). Un indice (HAT) più complesso della taglia corporea, basato sulla regressione della somma dei diametri biacromiale e bitrocantero sull'altezza, è stato proposto da Katch e Freedson (1982). Frisancho (1985), per ridurre la disparità tra taglia corporea e statura, ha proposto il seguente indice della taglia corporea:

$$\text{ampiezza del gomito} \cdot 10/\sqrt{\text{statura}}$$

Vi sono certe considerazioni teoriche da fare qualora si voglia stabilire l'idoneità di un'indicatore della taglia corporea. Quando si valuta il peso corporeo, il primo obiettivo è quello di identificare i pazienti con maggiore morbilità, disfunzione o mortalità. La taglia corporea, per i motivi su esposti, potrebbe essere uno strumento importante per tale identificazione. Per quanto le tabelle peso-per-statura della Metropolitan Life Insurance Company (1983) siano state compilate in base alla mortalità minima successiva (per un periodo compreso tra 4 e 22 anni) degli adulti assicurati, le categorie di taglia corporea che le accompagnano, basate sull'ampiezza del gomito, non sono state definite nel campione assicurato, né è nota la loro relazione con il rischio di mortalità. Le categorie del diametro della gabbia toracica (DGT) e del peso/DGT sono positivamente correlate con la mortalità per malattie cardiovascolari negli Scozzesi per un periodo di 16 anni (Garn et al., 1983), ma non è chiaro se considerando DGT un identificatore migliore dei soggetti a rischio al di là del solo peso o piuttosto peso e statura.

Non vi sono dati evidenti che testimoniano una correlazione tra la taglia corporea, la morbilità o stati di patologia. Data la mancanza di un tale tipo d'informazione, per stabilire l'appropriatezza di particolari estimatori della taglia corporea, non resta che affidarsi a valide assunzioni intermedie relative al suo uso e a quello del peso corporeo. Queste assunzioni comprendono restrizioni teoriche e la valutazione di come associazioni di estimatori della taglia corporea si correlino alla statura, peso, massa magra e grassa.

Le misure della taglia corporea dovrebbero essere altamente correlate con il peso corporeo, in particolare con la massa magra. Le categorie del diametro della gabbia toracica e del diametro del gomito separano le distribuzioni del peso corporeo più di quanto non facciano le rispettive categorie di statura (Frisancho & Flegel, 1983; Garn et al., 1983). Le categorie dell'indice gomito-statura della taglia corporea di Frisancho (1985) separano considerevolmente la distribuzione della massa muscolare del braccio, la quale può essere considerata correlata alla massa muscolare totale.

Una simile associazione è stata osservata tra le categorie dell'indice HAT e la massa magra (Katch & Freedman, 1982). I diametri di spalla, gomito, polso, fianco, ginocchio e caviglia hanno ognuno una correlazione significativa con la massa magra densitometricamente determinata (Himes & Bouchard, 1985), come pure le somme dei diametri di gomito, polso, ginocchio e caviglia (Behnke, 1959).

Coefficienti di correlazione parzialmente significativi con la massa magra, compresi tra 0.3 e 0.5, sono stati riportati per ciascuno dei sei diametri corporei (Himes & Bouchard, 1985). Le differenze tra le stime individuali della taglia corporea, in termini di correlazione al peso corporeo e alla massa magra, sono piccole. Di qui, il dubbio se la grandezza delle associazioni tra la taglia corporea e la massa magra giustifichi l'uso della taglia corporea nelle tabelle e negli indici peso-per-statura (Rookus et al., 1985).

Le misure della taglia corporea dovrebbero essere correlate minimamente al grasso corporeo, cosicché la variabilità della taglia corporea possa riflettere variazioni tissutali.

Il diametro del gomito è stato preferito da Frisancho e Flegel (1983) al diametro bitrocantero quale estimatore della taglia corporea per via delle sue correlazioni relativamente più basse con la somma delle pliche tricipitale e sottoscapolare. L'indice gomito-statura della taglia corporea presenta correlazioni similmente basse con le pliche corporee (Frisancho, 1985) allo stesso modo del diametro del gomito.

La Tabella 3 presenta le correlazioni di prim'ordine

di sei estimatori della taglia corporea con la percentuale di grasso totale e la massa grassa densitometricamente determinate in un gruppo di Canadesi francesi e le rispettive correlazioni parziali di controllo per la massa magra (Himes & Bouchard, 1985). Per quanto nessuna delle correlazioni con il grasso corporeo sia alta, proporzioni significative della variazione in grasso totale corporeo, sono condivise dai diametri di spalla, gomito, fianco e ginocchio. I diametri del polso e della caviglia presentano i coefficienti di correlazione più bassi e prossimi allo zero. Dunque, seguendo questo criterio, i diametri del polso e della caviglia sono gli indicatori preferibili della taglia corporea. L'utilizzo dei diametri del polso e della caviglia come indicatori della taglia corporea è peraltro limitato dall'assenza di validi dati di riferimento, gli unici utilizzabili al presente essendo quelli forniti dalla Metropolitan Life Insurance Company (1983) e da Frisancho (1984), sempre facendo attenzione ai loro limiti.

Alcune considerazioni andrebbero fatte sull'applicabilità di questi ed altri dati di riferimento a differenti gruppi etnici ma esse esulano dai limiti della presente trattazione.

Infine, è importante che gli indicatori della taglia corporea corrispondano a misurazioni effettive. Studiando la valutazione soggettiva della taglia corporea in un campione di giovani adulti, Katch et al. (1982), utilizzando come termine di paragone l'indice HAT, osservavano che il 41% forniva una valutazione (piccola, media, grande) errata della propria taglia. Si deve sottolineare che il misconoscimento della propria taglia corporea e della relazione taglia-peso corporeo si può associare ad un maggiore rischio di malattia per l'individuo che effettua tale "errore".

I più comuni estimatori della taglia corporea possono essere misurati con affidabilità (Himes & Bouchard, 1985); la strumentazione e le tecniche richieste vengono descritte altrove in questo manuale.

## BIBLIOGRAFIA

- Behnke, A.R. (1959)  
The estimation of lean body weight from "skeletal" measurements  
*Human Biology*, **32**, 295-315
- Damon, A., Stoudt, H.W., & McFarland, R.A. (1966)  
*The human body in equipment design*  
Cambridge, MA: Harvard University Press
- Frisancho, A.R. (1984)  
New standard of weight and body composition by

- frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **40**, 808-819
- Frisancho, A.R., (1985)  
*Standards of weight, fat, and muscle by frame size for assessment of nutritional status for adults and the elderly developed for use with the Frameter*  
Ann Arbor, MI: Health Products
- Frisancho, A.R., & Flegel, P.N., (1983)  
Elbow breadth as a measure of frame size  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **37**, 311-314
- Garn, S.M., Pesick, S.D., & Hawthorne, V.M. (1983)  
The bony chest breadth as a frame size standard in nutritional assessment  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **37**, 315-318
- Grant, J.P. (1980)  
*Handbook of total parenteral nutrition*  
Philadelphia: W.B. Saunders
- Himes, J.H., & Bouchard, C. (1985)  
Do the new Metropolitan Life Insurance weight-height tables correctly assess body frame and body fat relationships?  
*American Journal of Public Health*, **75**, 1076-1079
- Katch, V.L., & Freedson, P.S. (1982)  
Body size and shape: Derivation of the "HAT" frame size model  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **36**, 669-675
- Katch, V.L., Freedson, P.S., Katch, F.I., & Smith, L. (1982)  
Body frame: Validity of self-appraisal. *American Journal of Clinical Nutrition*, **36**, 676-679
- Metropolitan Life Insurance Company. (1959)  
New weight standards for men and women. *Statistical Bulletin*, **40**, 1-4
- Metropolitan Life Insurance Company. (1983)  
Metropolitan height and weight tables  
*Statistical Bulletin*, **64**, 2-9
- Rookus, M.A., Burema, J., Deurenburg, P., & van der Weil-Wetzels, W.A.M. (1985)  
The impact of adjustment of a weight-height index (W/H<sup>2</sup>) for frame size on prediction of body fatness. *British Journal of Nutrition*, **54**, 335-342
- Skibinska, A. (1977)  
A factor analysis of skeletal measurements in Warsaw students  
*Annals of Human Biology*, **4**, 73-78.

## Capitolo 15

# Antropometria e composizione corporea

Timothy G. Lohman

Dell'affidabilità dell'approccio antropometrico alla valutazione della composizione corporea esiste un'evidenza sia teorica che pratica. Questo capitolo si propone di esplorare i pregi ed i difetti dell'antropometria quale metodica di valutazione della massa grassa e magra, le equazioni e gli errori di predizione nonché la scelta di siti ottimali per studi futuri della composizione corporea.

### PLICHE CORPOREE

Le pliche corporee sono correlate al grasso totale corporeo attraverso la loro associazione con quello sottocutaneo. Se il rapporto di una data serie di pliche è strettamente correlato al grasso totale sottocutaneo e questo è strettamente correlato ad altri depositi di grasso, ad esempio quelli addominali e intermuscolari, allora pliche e grasso totale dovrebbero essere strettamente correlati.

In molti casi, la correlazione tra le pliche ed il grasso corporeo è moderata o moderatamente alta, essendo il 50-80% della varianza dovuto alla tecnica di riferimento e l'errore standard della stima pari al 3-4% (Lohman, 1982).

Questa relazione è stata stabilita nei bambini (Harsha et al., 1978; Mukherjee & Roche, 1984; Pařízková, 1961) e negli adulti (Durnin & Womenseley, 1974; Jackson & Pollock, 1984; Sloan et al., 1967; Sloan et al., 1962). Quale risultato di studi condotti in popolazioni sia attive che sedentarie, molte equazioni sono state sviluppate per descrivere la relazione tra l'antropometria e la composizione corporea. Alcune di queste equazioni sono state inoltre confrontate tra di loro e da questi studi è emerso che le equazioni lineari di Sloan (Sloan, 1967; Sloan et al., 1962), l'equazione logaritmica di

Durnin-Womenseley (1974), e le equazioni di Jackson e Pollock (1984) possono essere applicate alla popolazione adulta maschile e femminile (Tabella 1). In generale, le equazioni di Sloan sottostimano il grasso percentuale in un dato campione mentre quella di Durnin-Womenseley lo sovrastima. Oltre alla possibilità di una loro "conversione" nel grasso percentuale, le pliche corporee possono essere, come tali, utilizzate come indicatori della composizione corporea. A tal fine apposite tabelle di riferimento sono state create per le pliche tricipitale e bicipitale per tutte le età della vita.

### CIRCONFERENZE E DIAMETRI SCHELETRICI

Circonferenze e diametri scheletrici sono stati variamente combinati per stabilire la massa grassa e magra in diverse popolazioni. Behnke e Wilmore (1974) e Katch e Katch (1980) ci offrono una discussione sulla validità teorica ed empirica di quest'approccio antropometrico. Le circonferenze sono influenzate dalla massa grassa, da quella muscolare e dalle dimensioni scheletriche, e perciò presentano alcuni limiti nella predizione accurata della massa magra e grassa distrettuale.

Comunque la combinazione di un numero di circonferenze compreso tra tre e cinque fornisce risultati simili a quelli delle pliche nella predizione della massa grassa. La combinazione dei diametri scheletrici e delle circonferenze riduce l'errore di predizione, specialmente quando la massa magra è la variabile di riferimento. I diametri scheletrici da soli presentano errori di predizione più elevati delle sole circonferenze o pliche. La combinazione di pliche, circonferenze e diametri scheletrici offre i mi-

**Tabella 1** Siti plicometrici frequentemente utilizzati nella popolazione adulta maschile e femminile

	Sloan et al. (1967)		Durnin & Womersley (1974)	Jackson & Pollock (1974)	
	femmina	maschio	femmina e maschio	femmina	maschio
<b>Sito di misurazione</b>	tricipitale soprailiaco	sottoscapolare coscia	bicipitale tricipitale sottoscapolare soprailiaco	tricipitale soprailiaco addominale coscia	tricipitale sottoscapolare torace addominale coscia
<b>Equazione plicometrica</b>	lineare		logaritmica (log. della somma delle 4 pliche)	somma di 3 o 4 pliche (componenti lineari e quadratiche)	

giori risultati e rappresenta la soluzione ottimale quando più dimensioni antropometriche possono essere rilevate sul campione in esame. Comunque, non è a tutt'oggi possibile definire una serie di dimensioni "ideali". Tra le circonferenze più spesso correlate con la massa grassa e magra sono da ricordare quella del braccio, del polso, quella addominale e quella della coscia.

Comunque, poche delle equazioni disponibili sono state oggetto di validazione in differenti popolazioni per potersi asserire la loro applicabilità in quella generale.

#### SVILUPPO DELLE EQUAZIONI DI PREDIZIONE

Molte sono le procedure statistiche utilizzate per sviluppare equazioni antropometriche. Prima di tutto si deve scegliere un metodo di riferimento per la stima della massa grassa o magra totale o percentuale. Se tale metodo, come spesso accade, non consente una stima perfetta della massa grassa, come è ad esempio il caso della densitometria corporea, allora una certa parte dell'errore spetterà alla tecnica di riferimento. Per stabilire il grado di correlazione delle variabili antropometriche alla massa grassa o magra determinata si suole effettuare una analisi di regressione multipla. Questo ed altri approcci sono stati recentemente descritti, anche nei loro limiti, da Mukherjee e Roche (1984). Le procedure sviluppate per stabilire l'applicabilità generale delle equazioni antropometriche sono state discusse da Lohman (1981) ed applicate da Wilson (1984) e Sinning et al. (1985).

#### ERRORI DI PREDIZIONE

La valutazione antropometrica della massa grassa e magra totale e percentuale necessita di validazione, in condizioni standardizzate, in varie popolazioni. L'assenza di un protocollo standard di validazione nei

vari studi antropometrici sino ad oggi condotti non ci consente ancora di definire una serie di predittori antropometrici ottimali. Errori tipici di predizione del grasso percentuale oscillano, per le varie equazioni, tra il 3 ed il 4% (Lohman, 1982); essi sono parzialmente dovuti all'imperfetta correlazione delle dimensioni antropometriche alla composizione corporea e all'inadeguatezza del metodo di riferimento (densitometria, acqua totale corporea, potassio totale corporeo) (Lohman, 1981). Se quest'analisi dell'errore viene estesa ad una ipotetica situazione in cui il metodo di riferimento adottato è scevro da errore, allora possiamo calcolare un'errore teorico per la predizione antropometrica della massa grassa in una determinata popolazione.

Assumiamo, ad esempio, che l'errore di predizione antropometrico della massa grassa in una popolazione di giovani adulti sia pari al 3.5%, utilizzando la densità corporea come variabile di riferimento per la stima di tale massa. Assumiamo ancora che l'errore nella determinazione densitometrica della massa grassa in tale popolazione sia pari al 2.5% (Lohman, 1981). Assumendo che gli errori tra i metodi siano indipendenti, possiamo sottrarre l'errore della determinazione densitometrica all'errore totale e stimare l'errore ipotetico del metodo antropometrico, con la seguente formula:

$$\begin{aligned} \text{errore teorico} &= \sqrt{(\text{errore totale})^2 - (\text{errore metodo} \\ &\quad \text{riferimento})^2} \\ &= \sqrt{(3.5)^2 - (2.5)^2} = \\ &= 2.44 \end{aligned}$$

Dunque, l'errore teorico della predizione antropometrica è pari circa al 2.5% in tale popolazione. Quanto più preciso sarà il metodo di riferimento, tanto più l'errore teorico calcolato si avvicinerà a quello effettivo.

## CRITERI DI MISURAZIONE

In uno studio che si propone di stabilire l'affidabilità di misurazione di 13 siti plicometrici e la correlazione degli stessi con la composizione corporea, Roche et al. (1985) osservano che gli studi da loro esaminati consentono di definire cinque di questi siti come buoni predittori della composizione corporea, quattro dei quali pure misurabili con affidabilità (Tabella 2). Gli errori di misurazione dipendono dal grado di compressibilità del grasso sottocutaneo e dalla variazione dei siti e delle tec-

Tabella 2 Siti plicometrici selezionati per studi della composizione corporea

Sito	Indice della composizione corporea	Affidabilità della misurazione
sottoscapolare	*	*
torace	*	*
addome	*	*
tricipite	*	*
coscia	*	*
polpaccio*	?	*

\*La plica del polpaccio è stata inclusa soltanto in pochi studi della composizione corporea ma sembra essere un promettente indice di adiposità.

niche di misurazione. Inoltre, è stato dimostrato che l'errore di misurazione è funzione dello spessore della plica (Pollock et al., 1986). Per una plica il cui spessore sia compreso tra 10 e 40 mm, questo errore corrisponde al 10% circa. L'influenza della variazione del sito di misurazione nel determinismo dell'errore è ben illustrata dalla plica soprailiaca: tanti sono i siti a livello dei quali essa è stata misurata e tanta è la variazione dello spessore della plica che ad essi si associa, che essa presenta notevoli limitazioni quanto all'impiego in equazioni predittive della composizione corporea.

## EQUAZIONI POPOLAZIONE-SPECIFICHE

L'osservazione che certe equazioni antropometriche sono applicabili soltanto alla popolazione nella quale sono state derivate ha portato al concetto della loro "popolazione-specificità". Definiamo "popolazione-specifica" una equazione derivata in una determinata popolazione non applicabile ad altra in virtù dei fattori biologici che influenzano la relazione antropometria-grasso totale corporeo. In aggiunta a tali fattori biologici, noi sappiamo che vi

sono differenze nelle indagini che inficiano le equazioni sviluppate. Infatti, le equazioni popolazione-specifiche sono caratteristiche della popolazione oggetto di studio e non sono applicabili ad altre anche per via dei fattori metodologici che influenzano la relazione tra l'antropometria e il grasso totale corporeo. Tali fattori metodologici includono le procedure di selezione del campione (molti campioni sono non-random), la sua ampiezza, le variabili selezionate, la descrizione delle procedure e delle misurazioni effettuate, la metodica di riferimento per la stima della massa grassa, e le procedure statistiche utilizzate per sviluppare le equazioni di predizione.

Gli approcci statistici raccomandati sono stati descritti da Lohman (1981) e Mukherjee e Roche (1984). La difficoltà di distinguere gli effetti biologici da quelli metodologici è illustrata negli studi di validazione crociata di Sinning & Wilson (1984) e Sinning et al. (1985), dove si suggerisce una modifica delle equazioni di Jackson-Pollock tale da portare ad una stima più precisa della massa grassa in una popolazione di atleti.

Poiché la densità corporea è la variabile di riferimento e poiché la popolazione di atleti potrebbe differire da quella dei non-atleti per quanto attiene alla densità della massa magra, noi non siamo in grado di stabilire se ad essere differente è la relazione tra la plica ed il grasso corporeo o piuttosto quella tra il metodo di riferimento (densitometrico) e quello le cui relazioni con esso si vogliono studiare (antropometrico). Si ribadisce il concetto che lo sviluppo di equazioni antropometriche per questa ed altre particolari popolazioni (pediatrica ed anziana) richiede il confronto della tecnica antropometrica con più tecniche di riferimento, invasive e non invasive (Lohman, 1986).

## LISTA MINIMA RACCOMANDATA DI DIMENSIONI ANTROPOMETRICHE

La Tabella 3 riporta nove dimensioni antropometriche che si consiglia di includere in tutti i futuri studi della composizione corporea il cui intento sia quello di sviluppare equazioni antropometriche. Le pliche e le circonferenze consigliate sono quelle che meglio si correlano ad altre misure della massa grassa, presentano una buona affidabilità ed esprimono la distribuzione segmentale del grasso.

I diametri scheletrici consigliati consentono di definire i più comuni indici della taglia corporea. Addizionali variabili antropometriche verranno considerate in relazione alle finalità dello studio. Ad esempio, se si vuole validare l'impedenziome-



**Tabella 3** Lista minima delle dimensioni antropometriche da considerare nei futuri studi della composizione corporea

Pliche	Circonferenze	Ampiezze scheletriche
tricipitale	braccio	polso o gomito
sottoscapolare	cintura	caviglia o ginocchio
para-ombelicale	mediana coscia	iliaca o bicristale
mediana polpaccio		

tria come tecnica di valutazione della composizione corporea, sarebbe utile misurare le lunghezze segmentali specifiche, i diametri e le circonferenze, in virtù della dipendenza della resistenza bioelettrica dalle caratteristiche del bioconduttore (corpo umano), dalla sua lunghezza, e dall'area sezionale trasversale dello stesso.

Se i differenti ricercatori effettueranno sistematicamente questa batteria minima di misurazioni in ciascuno dei loro studi, sarà allora possibile una più rigorosa validazione crociata delle equazioni antropometriche, preludio indispensabile alla definizione di un approccio antropometrico via via migliore.

#### BIBLIOGRAFIA

- Behnke, A.R., & Wilmore, J.H. (1974)  
*Evaluation and regulation of body build and composition*  
Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Durnin, J.V.G.A., & Womersley, J. (1974)  
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years  
*British Journal of Nutrition*, **32**, 77-97
- Harsha, D.W., Frerichs, R.R., & Berenson, G.S. (1978)  
Densitometry and anthropometry of black and white children  
*Human Biology*, **50**, 261-280
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1984)  
Practical assessment of body composition  
*Physiology and Sports Medicine*, **13**, 76-82
- Katch, F.I., & Katch, V.L. (1980)  
Measurement and prediction errors in body composition assessment and the search for the perfect equation  
*Research Quarterly on Exercise and Sport*, **51**, 249-260
- Lohman, T.G. (1981)  
Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review  
*Human Biology*, **53**, 81-225
- Lohman, T.G. (1982)  
Body composition methodology in sports medicine  
*Physiology and Sports Medicine*, **10**, 46-58
- Lohman, T.G. (1986)  
Applicability of body composition techniques and constants for children and youth  
*Exercise and Sport Sciences Review*, **14**, 325-358
- Lohman, T.G., Pollock, M.L., Slaughter, M.H., Brandon, L.J., & Boileau, R.A. (1984)  
Methodological factors and the prediction of body fat in female athletes  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **16**, 92-96
- Mukherjee, D., & Roche, A.F. (1984)  
The estimation of percent body fat, body density and total body fat by maximum R<sup>2</sup> regression equations  
*Human Biology*, **56**, 79-109
- Pařízková, J. (1961)  
Total body fat and skinfold thickness in children  
*Metabolism*, **10**, 794-809
- Pollock, M.L., Jackson, A.J., & Graves, J.E. (1986)  
Analysis of measurement error related to skinfold, fat and sex  
*Medicine and Science in Sport and Exercise*, **18**, S32
- Roche, A.F., Abdel-Malek, A.K., & Mukherjee, D. (1985)  
New approaches to clinical assessment of adipose tissue. In *Body composition assessment in youth and adults (Report of the Sixth Ross Conference on Medical Research)*  
Columbus, OH: Ross Laboratories
- Sinning, W.E., & Wilson, J.R. (1984)  
Validity of "generalized" equations for body composition analysis in women athletes  
*Research Quarterly on Sport and Exercise*, **55**, 153-160
- Sinning, W.E., Dolny, D.G., Little, K.D., Cunningham, L.N., Racaniello, A., Siconolfi, S.F., & Sholes, J.L. (1985)

Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **17**, 124-130

Sloan, A.W. (1967)  
Estimation of body fat in young men  
*Journal of Applied Physiology*, **23**, 311-315

Sloan, A.W., Burt J.J., & Blyth, C.S., (1962)  
Estimation of body fat in young women  
*Journal of Applied Physiology*, **17**, 967-970

## Capitolo 16

# Antropometria ed obesità

George A. Bray — David S. Gray

L'obesità costituisce un problema ed al tempo stesso una sfida per la valutazione antropometrica dello stato nutrizionale. Innanzitutto, molte delle equazioni antropometriche comunemente utilizzate per la valutazione della composizione corporea sono state ricavate in campioni in cui figuravano pochi individui obesi e non è perciò chiaro il limite entro il quale esse possono essere applicate alla popolazione generale degli obesi. In secondo luogo, la notevole quantità di grasso sottocutaneo che caratterizza i soggetti obesi è spesso tale da non consentire l'applicazione delle tecniche di misurazione standard. Qui di seguito viene fornita una panoramica di questi problemi ed una serie di consigli al riguardo.

### PLICHE

Poiché il grasso sottocutaneo può rappresentare il 50% del grasso totale corporeo, la plicometria è una tecnica utile alla quantificazione di quest'ultimo. Dal momento che lo spessore di due strati di cute è di circa 1.8 mm (Edwards, 1955), la gran parte dello spessore di una plica è rappresentata dal grasso sottocutaneo. I problemi tecnici associati all'uso della plicometria nella valutazione della composizione corporea vengono discussi in dettaglio in un'altra sezione del libro. I problemi speciali posti dall'uso della plicometria nel soggetto obeso includono la scelta dei siti e l'idoneità degli strumenti di misurazione. Non solo la localizzazione dei siti di misurazione è più difficile nel soggetto obeso per la difficoltà d'identificazione dei punti di repere ossei, ma anche la misurazione di alcune pliche è spesso impossibile o per la difficoltà di sollevare una plica i cui margini siano paralleli tra loro o, quand'anche

**Tabella 1** Variazioni tra le misure delle pliche in 4 soggetti obesi e 4 magri

Soggetto	Bicipitale	Tricipitale
Magro		
1 (8)	7.6 ± 15.6	12.0 ± 10.7
2 (8)	3.2 ± 2.8	5.5 ± 2.0
3 (8)	9.7 ± 6.7	22.3 ± 14.4
4 (8)	10.8 ± 12.7	14.5 ± 9.3
Obeso		
5 (4)	27.7 ± 11.0	50.0 ± 20.8
6 (5)	32.0 ± 35.8	45.2 ± 22.1
7 (3)	30.0 ± 12.0	46.7 ± 9.9
8 (3)	34.6 ± 30.3	46.7 ± 12.5

*Dati da Bray et al. Media ± DS (mm). Le misure sono state effettuate da 3-8 clinici. I numeri tra parentesi indicano il numero di operatori che hanno effettuato la misura su ciascun soggetto e sono gli stessi per le pliche bicipitale e tricipitale*

ciò sia possibile, per via dello spessore della plica stessa, tale da eccedere la capacità di apertura dei calibri attualmente disponibili.

Per stabilire la variabilità interoperatore delle misurazioni effettuate, un gruppo di clinici in numero variabile tra tre ad otto ha effettuato una serie di misurazioni delle pliche bicipitale e tricipitale in quattro soggetti magri e in quattro obesi (Tabella 1, Bray et al., 1978). Come ci aspettavamo, lo spessore di queste pliche è maggiore nell'individuo obeso che in quello magro. In generale, la variabilità di misurazione risulta molto maggiore nel soggetto obeso che non in quello magro. La Tabella 2 riporta i dati inerenti alla

**Tabella 2** Differenze tra le misure ripetute di pliche effettuate da un operatore

Pliche	Numero di osservazioni possibili <sup>a</sup>		Differenze percentuale <sup>b</sup>
tricipitale	115		21.6 ± 1.7
bicipitale	116		20.4 ± 1.9
sottoscapolare	80		11.9 ± 1.2
sovrailiaca	82		13.5 ± 1.2
addominale	16		11.0 ± 4.1

*Dati da Bray et al., 1978.\* Le misure sono state ripetute dallo stesso operatore ad una settimana di distanza in 116 soggetti obesi, il numero di osservazioni possibili indica il numero di dati appaiati utilizzabili per il confronto, i dati di pliche troppo larghe per essere misurate con un calibro normale non sono riportati (corrispondenti ai dati "perduti")<sup>b</sup> Media ± ESM*

plicometria di 117 individui obesi che partecipavano ad un programma finalizzato alla perdita di peso: le pliche vennero misurate due volte, ad una settimana di distanza, dallo stesso operatore e con lo stesso calibro (Bray et al., 1978). Le pliche sottoscapolare e sovrailiaca risultarono misurabili soltanto nei due terzi dei soggetti mentre la tricipitale e la bicipitale furono misurate in pressoché tutti i soggetti. La plica addominale, d'altra parte, poté

essere misurata in 16 soggetti soltanto. In Tabella è pure riportata la differenza percentuale tra le due misurazioni: essa oscillava tra 11.0 e 21.6 % con un ESM compreso tra 1.2 e 4.1%. Queste osservazioni, per quanto effettuate su un piccolo campione, indicano le severe limitazioni associate alla misurazione delle pliche nel soggetto obeso. Alcuni ricercatori hanno sviluppato equazioni antropometriche che utilizzano più pliche rilevate a

**Tabella 3** Pesì corporei dei soggetti in studi di correlazione tra le misure antropometriche e la densità corporea

Studio	Numero di soggetti		Media + 2 DS peso corporeo <sup>a</sup> (Kg.)		Commenti
	Maschio	Femmina	Maschio	Femmina	
Allen et al. (1956)	87	—	—	—	9 con massa grassa > 40%
Pascale et al. (1956)	88	—	90	—	
Young et al. (1961)	—	94	—	72	bambini
Pařízková (1961)	123	118	—	—	
Sloan et al. (1962)	—	50	—	67	
Steinkamp et al. (1965)	416	438	99	81	peso massimo 85,7 Kg.
Sloan (1967)	50	—	—	—	
Durnin & Rahaman (1967)	60	45	90	74	cinque gruppi di età
Wilmore & Behnke (1970)	—	128	—	73	
Hermansen & von Döbeln (1971)	19	19	88	71	
Pařízková & Buzkova (1971)	101	—	88	—	
Forsyth & Sinning (1973)	50	—	95	—	
Katch & McArdle (1973)	53	69	89	75	
Durnin & Wormersley (1974)	209	272	94-104	80-101	
Jackson & Pollock (1978)	308	—	98	—	
	95	—	101	—	
Katch et al. (1979)	50	1357	—	—	
Jackson, et al. (1980)	—	249	—	72	ragazzi di 10 anni
	—	82	—	72	
Boileau et al. (1981)	86	—	48	—	
	97	—	44	—	
Mukherjee & Roche (1984)	140	135	104	84	
Slaughter et al. (1984)	317	—	—	—	
Thorland et al. (1984)	141	133	90	70	

<sup>a</sup> Per indicare il grado di obesità dei soggetti considerati nei vari studi viene fornito il peso superiore a 2 volte la deviazione standard (DS)

differenti siti (Tabella 3). Una equipe ha pure realizzato un nomogramma a tale fine (Sloan & de V. Weir, 1970). Poiché queste formule sono spesso il risultato di un'analisi di regressione lineare multipla, esse tendono ad essere popolazione-specifiche. Infatti, queste equazioni si applicano molto bene alla popolazione nella quale sono state sviluppate ma non a quella generale (Johnston, 1982). Una revisione della letteratura ci consente di affermare che gli individui obesi inclusi nei campioni dai quali sono state derivate queste equazioni è davvero molto esiguo. In Tabella 3 sono riportati i valori medi e le deviazioni standard del peso degli individui inclusi in diversi studi di validazione crociata della tecnica antropometrica con quella densitometrica. I bassi valori di peso costituiscono la prova che pochi individui obesi sono stati inclusi in questi studi, fatto che rende discutibile l'applicabilità di queste equazioni a tali individui al di là di ogni considerazione relativa alla fattibilità, accuratezza ed affidabilità delle misurazioni richieste. È inoltre chiaro che relazione plicometria-obesità varia con l'età come con la razza ed il sesso.

Nessuna dimostrazione è stata sino ad oggi data dell'applicabilità delle formule utilizzate per la valutazione del grasso corporeo alla popolazione obesa. Una revisione degli studi della composizione corporea umana effettuati su cadaveri (Brozek, 1963) dimostra che il BMI più elevato in essi considerato è pari a 31.4 Kg/m<sup>2</sup>, valore "borderline" per la diagnosi di obesità, molti degli altri individui essendo relativamente magri (Clarys et al., 1984).

## CIRCONFERENZE

La misura delle circonferenze del tronco e degli arti

costituisce un approccio addizionale alla valutazione antropometrica dell'obesità. I siti e le tecniche di misurazione per ciascuna delle circonferenze sono descritti in un'apposita sezione del libro.

Negli studi di Steinkamp et al. (1965) la circonferenza misurata alla cresta iliaca presenta un coefficiente di correlazione con il grasso corporeo variabile tra 0.815 e 0.938. Anche se si è dimostrato che nell'individuo normopeso le pliche sono meglio correlate delle circonferenze alla densità corporea (Boileau et al., 1981; Sloan et al., 1962), una simile dimostrazione manca nell'individuo obeso.

Weltman e Katch (1975) hanno proposto un'equazione di predizione del volume corporeo a partire da alcune circonferenze. Il volume corporeo, che in linea teorica è correlato alle circonferenze, viene poi utilizzato per il calcolo della densità corporea e del grasso corporeo percentuale.

Noi abbiamo osservato che la variabilità interoperatore associata alla misurazione delle circonferenze in individui sia obesi che magri è minore di quella associata alla misurazione delle pliche. La Tabella 4 mostra le misure delle circonferenze di 4 individui magri e 4 obesi effettuata da un numero di clinici compreso tra tre e otto (Bray et al., 1978). Le circonferenze di vita, torace e braccio sono più ampie, come ci aspettavamo, nel paziente obeso. I coefficienti di variazione risultano, in generale, più piccoli di quelli osservati per la misurazione delle pliche.

La differenza tra due successive misure, rilevate a distanza di una settimana da uno stesso operatore (Tabella 5), delle circonferenze di 117 individui obesi (incluse quelle di braccio, torace, vita, iliaca e coscia) oscillano in percentuale tra 1.90 e 2.85 con un ESM tra 0.16 e 0.32 (Bray et al., 1978). Le circonferenze risultavano misurabili in tutti i pazienti considerati, al contrario di quanto si verificava per le pliche. In con-

Tabella 4 Variazioni tra le misure delle circonferenze in 4 soggetti obesi e 4 magri

Soggetto	Cintura	Torace	Braccio (medio)
Magro			
1 (8)	35.2 ± 2.8	41.2 ± 0.8	13.9 ± 0.3
2 (8)	29.7 ± 2.3	33.2 ± 1.1	11.0 ± 0.1
3 (8)	40.2 ± 1.1	43.8 ± 4.2	14.7 ± 0.8
4 (8)	30.9 ± 2.0	40.5 ± 1.4	13.3 ± 0.6
Obeso			
5 (4)	47.2 ± 3.8	48.3 ± 4.6	17.5 ± 0.2
6 (5)	45.4 ± 3.4	46.0 ± 1.3	17.7 ± 0.9
7 (3)	42.8 ± 2.8	42.3 ± 1.0	17.5 ± 0.3
8 (3)	48.0 ± 5.2	45.8 ± 2.3	16.0 ± 0.2

Dati da Bray et al., 1978. I dati sono espressi come media ± ds. Le misurazioni sono state effettuate da 3-8 clinici. I numeri tra parentesi indicano il numero di operatori che hanno effettuato la misurazione.

**Tabella 5** Differenze tra le misure ripetute di circonferenze effettuate da un operatore

Circonferenza	Numero di osservazioni possibili	Differenza percentuale <sup>b</sup>
mediana braccio	117	2.10 ± 0.19
torace	116	1.90 ± 0.16
cintura	117	2.14 ± 0.17
iliaca	117	2.40 ± 0.32
coscia	117	2.85 ± 0.28

Dati da Bray et al., 1978. <sup>a</sup>Le misure sono state replicate dallo stesso operatore ad una settimana di distanza in 117 soggetti obesi, il numero di osservazioni possibili indica il numero di dati appaiati disponibili per il raffronto.

<sup>b</sup>Media ± ESM

clusione, le circonferenze sono da preferirsi alle pliche nella valutazione antropometrica dell'obesità in quanto rilevabili in tutti i soggetti e meno inficiate da una variabilità intra- ed inter-operatore.

## DISTRIBUZIONE DEL GRASSO CORPOREO

Oltre ad essere utile nella predizione della densità corporea, l'antropometria ci consente di definire la distrettualità della massa grassa. Mueller e Stallones (1981) hanno osservato come la variazione dello spessore di una plica dipenda principalmente da due fattori e dal loro grado di correlazione: il grasso totale corporeo e la sua distribuzione. Essi suggeriscono che una plica della gamba (ad es.: del polpaccio) ed una truncale (ad es.: soprailiaca, toracica laterale o addominale) sono le meglio rappresentative della distribuzione tronco-estremità del grasso totale. L'importanza della distribuzione del grasso totale corporeo è stata recentemente dimostrata da due gruppi di ricerca indipendenti. Kissebah (1982) e Krotkiewski et al. (1983) hanno considerato il rapporto tra la circonferenza della vita e quella dei fianchi e, per quanto ciascun ricercatore abbia definito diversamente i siti di misurazione, le conclusioni in termini di rischio di malattia sono state le stesse: di due individui obesi con lo stesso BMI, quello a rischio maggiore di malattia è quello con il maggior rapporto circonferenza vita/circonferenza fianchi. Studiando l'influenza dei fattori genetici nella distribuzione del grasso corporeo, Bouchard et al. (1985) hanno dimostrato che il rapporto tra le pliche del tronco e quelle delle estremità è quello soggetto a maggiore controllo genetico.

## CONCLUSIONI

Questa piccola revisione delle informazioni dispo-

nibili in letteratura ci consente di stabilire che la misura delle circonferenze deve essere preferita a quella delle pliche nell'individuo obeso per tre motivi: 1) la minore variabilità interoperatore, 2) la minore variabilità intraoperatore, 3) la possibilità di effettuare la misurazione in tutti gli individui. Comunque, molto lavoro necessita ancora per stabilire la variabilità relativa e la correlazione delle pliche e delle circonferenze con densità corporea. Al presente è meglio includere sia la misurazione delle pliche che quella delle circonferenze nei protocolli di valutazione antropometrica dell'obesità. Quando vengano misurate pliche e circonferenze di soggetti obesi, è opportuno includere misure degli arti superiori e del tronco al fine di stabilire la distribuzione del grasso corporeo oltre alla sua entità.

Almeno due pliche e/o circonferenze dovrebbero essere misurate sia al centro che alla periferia del corpo. Le misure consigliate sono le seguenti: a) pliche: tricipitale, bicipitale, polpaccio, sottoscapolare e soprailiaca, b) circonferenze: braccio, polpaccio, cintura e fianchi.

## BIBLIOGRAFIA

Allen, T.H., Peng, M.T., Chen, D.P., Huang, T.F., Chang, C., & Fang, H.S. (1956). Prediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity. *Metabolism*, **5**, 346-352

Boileau, R.A., Wilmore, J.H., Lohman, T.G., Slaughter, M.H., & Riner, W.F. (1981). Estimation of body density from skinfold thicknesses, body circumferences and skeletal widths in boys aged 8 to 11 years: Comparison of two samples. *Human Biology*, **53**, 575-592

Bouchard, C. Savard, R., Després, J.P., Tremblay,

- A., & Leblanc, C.J. (1985)  
Body composition in adopted and biological siblings  
*Human Biology*, **57**, 61-75
- Bray, G.A., Greenway, F.L., Molitch, M.E., Dahms, W.T., Atkinson, R.L., & Hamilton, K. (1978)  
Use of anthropometric measures to assess weight loss. *American Journal of Clinical Nutrition*, **31**, 769-773
- Brožek, J., Grande, F., Anderson, J.T., & Keys, A. (1963)  
Densitometric analysis of body composition: Revision of some qualitative assumptions. *Journal of the Annals of the New York Academy of Sciences*, **110**, 113-140
- Clarys, J.P., Martin, A.D., & Drinkwater, D.T. (1984)  
Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. *Human Biology*, **56**, 459-473
- Durnin, J.V.G.A., & Rahaman, M.M. (1967)  
The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *British Journal of Nutrition*, **21**, 681-689
- Durnin, J.V.G.A., & Womersley, J. (1974)  
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, **32**, 77-97
- Edwards, D.A.W., Hammond, W.H., Healy, M.J.R., Tanner, J.M., & Whitehouse, R.H. (1955)  
Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. *British Journal of Nutrition*, **9**, 133-143
- Forsyth, H.L., & Sinning, W.E. (1973)  
The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Medicine and Science in Sports*, **5**, 174-180
- Hermansen, L., & von Döbeln, W. (1971)  
Body fat and skinfold measurements. *Journal of Clinical and Laboratory Investigations*, **27**, 315-316
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1978)  
Generalized equations for predicting body density of men  
*British Journal of Nutrition*, **40**, 497-504.
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L., & Ward, A. (1980)  
Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **12**, 175-182
- Johnston, F.E. (1982)  
Relationships between body composition and anthropometry. *Human Biology*, **54**, 221-245
- Katch, F.I., Behnke, A.R., & Katch, V.L. (1979)  
Estimation of body fat from skinfolds and surface area. *Human Biology*, **51**, 411-424
- Katch, F.I., & McArdle, W.D. (1973)  
Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women. *Human Biology*, **45**, 445-454
- Kissebah, A.H., Videlingum, N., Murray, R., Evans, D.J., Hartz, R.J., Kalkhoff, R.K., & Adams, P.W. (1982)  
Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *Journal of Clinical and Endocrinological Metabolism*, **54**, 254-260
- Krotkiewski, M., Bjorntorp, P., Sjostrom, S., & Smith, U. (1983)  
Impact of obesity on metabolism in men and women  
*Journal of Clinical Investigation*, **72**, 1150-1162
- Mueller, W.H., & Stallones, L. (1981)  
Anatomical distribution of subcutaneous fat: Skinfold site choice and construction of indices. *Human Biology*, **53**, 321-335
- Mukherjee, D., & Roche, A.F. (1984)  
The estimation of percent body fat, body density, and total body fat by maximum R<sup>2</sup> regression equations. *Human Biology*, **56**, 79-109
- Pařížková, J. (1961)  
Total body fat and skinfold thickness in children. *Metabolism*, **10**, 794-807
- Pařížková, J., & Buzkova, P. (1971)  
Relationship between skinfold thickness measured by Harpenden caliper and densitometric analysis of total body fat in men. *Human Biology*, **43**, 16-21
- Pascale, L.R., Grossman, M.I., Sloane, H.S., & Frankel, T. (1956)  
Correlations between thicknesses of skinfolds and body density in 88 soldiers. *Human Biology*, **28**, 165-176
- Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.A., Stillman, R.J., VanLoan, M., Horswill, C.A., & Wilmore, J.H. (1984)  
Influence of maturation on relationship of skinfolds

to body density: A cross-sectional study  
*Human Biology*, **56**, 681-689

Sloan, A.W. (1967)  
Estimation of body fat in young men  
*Journal of Applied Physiology*, **23**, 311-315

Sloan, A.W., Burt, J.J., & Blyth, C.S. (1962)  
Estimation of body fat in young women. *Journal of Applied Physiology*, **17**, 967-970

Sloan, A.W., & de V. Weir, J.B. (1970)  
Nomograms for prediction of body density and total body fat from skinfold measurements.  
*Journal of Applied Physiology*, **28**, 221-222

Steinkamp, R.C., Cohen, N.L., Siri, W.E., Sargent, T.W., & Walsh, H.E. (1965)  
Mesures of body fat and related factors in normal adults: I & II. *Journal of Chronic Disease*, **18**, 1279-1289, 1291-1307

Thorland, W.G., Johnson, G.O., Tharp, G.D., Housh, T.J., & Cisar C.J. (1984)  
Estimation of body density in adolescent athletes.  
*Human Biology*, **56**, 439-448

Weltman, A., & Katch, V. (1975)  
Preferential use of casing (girth) measures for estimating body volume and density  
*Journal of Applied Physiology*, **38**, 560-563

Wilmore, J.H., & Behnke, A.R. (1970)  
An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **23**, 267-274.

Young, C.M., Martin, M.E.K., Chihan, M., McCarthy, M., Manniello, M.J., Harmuth, E.H., & Fryer, J.H. (1961)  
Body composition of young women  
*Journal of American the Dietetic Association*, **38**, 332-340



## Capitolo 17

# Antropometria e stati di patologia acuti e cronici

Steven B. Heymsfield

Una volta che le epifisi si sono saldate, le dimensioni dell'apparato scheletrico si mantengono relativamente costanti. Al contrario, i tessuti molli dell'organismo vanno soggetti ad un continuo rimodellamento. I tessuti molli, o non-ossei, consistono primariamente di acqua, trigliceridi, proteine e glicogeno. Nel loro insieme, i componenti organici non acquosi dei tessuti molli costituiscono le riserve di energia dell'organismo.

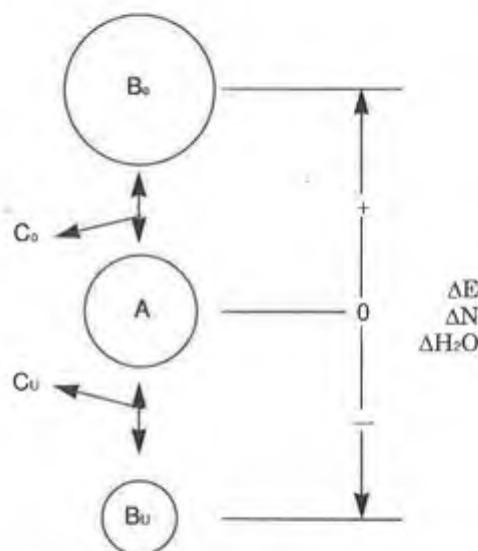
Nell'adulto sano, l'energia introdotta con gli alimenti compensa quella spesa in forma di lavoro e perduta in forma di calore o con gli escrementi: il bilancio complessivo dell'energia è dunque pari a zero e la composizione corporea si mantiene costante. I tessuti molli si accrescono peraltro nel caso di un bilancio energetico positivo: la conversione dell'eccesso di energia in trigliceridi determina l'espansione della massa grassa mentre la stimolazione della sintesi proteica e della glicogenosintesi favorisce quella della massa magra.

Un bilancio di energia a lungo positivo risulta nell'eccesso ponderale e nell'obesità.

La situazione opposta si realizza durante i periodi di bilancio energetico negativo: i tessuti molli vengono utilizzati per la produzione di energia e si assiste ad un calo ponderale. Man mano che la deplezione delle riserve energetiche e proteiche dell'organismo procede, si produce il quadro clinico della malnutrizione protido-energetica (Heymsfield et al., 1979). L'organismo umano adulto può supportare una grande massa di tessuti molli e con ciò avere una grande riserva energetica. La figura 1 offre una rappresentazione schematica di questo fatto. Il punto A rappresenta una condizione caratterizzata da peso e riserve energetiche compatibili con uno stato di salute: il bilancio dell'energia, delle proteine (derivato nell'esempio da quello dell'azoto) e dell'acqua è uguale a zero.

Un bilancio energetico a lungo positivo porta ad una espansione dei tessuti molli e ad un guadagno ponderale

inferiore al punto di obesità massima ipotetica  $B_o$ ; uno a lungo negativo ad una deplezione degli stessi tessuti e ad un calo ponderale superiore al punto di malnutrizione ipotetica massima  $B_u$ . Ne consegue che il quantitativo "biologico" di energia supportato dall'organismo umano adulto varia tra  $B_u$  e  $B_o$ . Più ci si allontana dal punto A alla volta dei punti  $B_u$  o  $B_o$ , più il rischio di morbidità aumenta. I punti  $C_u$  e  $C_o$  schematizzano le complicazioni della denutrizione e dell'obesità.



**Figura 1** Relazione tra il bilancio energetico ( $\Delta E$ ), proteico ( $\Delta N$ , derivato da quello azotato) e dell'acqua ( $\Delta H_2O$ ) e la massa corporea. I punti  $B_u$  e  $B_o$  rappresentano rispettivamente la quantità minima e massima di tessuti molli compatibili con la sopravvivenza di una data massa scheletrica. Il punto A rappresenta il range di variazione della composizione corporea di un gruppo di riferimento arbitrariamente scelto. I punti  $C_u$  e  $C_o$  rappresentano rispettivamente le complicanze associate con l'iper- e l'iponutrizione (da Heymsfield e Williams, in stampa)

Gli obiettivi della valutazione antropometrica dello stato nutrizionale nel paziente portatore di patologia acuta o cronica possono essere evinti dal diagramma di flusso della Figura 1:

- stabilire la normalità della riserva protido-energetica dell'individuo.
- stabilire se e a quale ritmo il bilancio protido-energetico varia nel corso di una osservazione o di una terapia nutrizionale.
- stimare il rischio delle complicazioni potenziali della denutrizione e dell'obesità.

### **PUNTI DI FORZA E LIMITI DELL'ANTROPOMETRIA**

L'antropometria costituisce un metodo semplice ed efficace per il raggiungimento di questi tre obiettivi (Bishop et al., 1981; Heymsfield et al., 1984). Combinando variamente il peso, le pliche e le circonferenze corporee, il clinico può stabilire la quantità ed il ritmo di variazione della riserva protido-energetica del paziente.

Inoltre, una letteratura in continuo accrescimento fornisce le informazioni necessarie per la definizione del rischio di complicanze di un determinato paziente (Frisancho, 1974; Heymsfield & Casper, in stampa). Per quanto l'antropometria abbia un punto di forza nella sua praticità, un certo numero di errori cui va soggetta, ne inficiano l'accuratezza. Le principali fonti di tali errori verranno ora brevemente descritte con un riferimento particolare al paziente patologico acuto o cronico.

#### **ERRORE DELL'OPERATORE**

L'errore inter- ed intra-operatore costituisce un importante sorgente di variabilità. Questo argomento è oggetto di una discussione approfondita in un apposito capitolo di questo manuale (cap. 6). Un training appropriato, l'utilizzazione di un solo operatore, il contrassegnamento dei siti di misurazione con inchiostro indelebile, contribuiscono tutti alla riduzione di questo errore (Bishop et al., 1981; Heymsfield et al., 1984).

#### **ERRORE STRUMENTALE**

L'utilizzo di strumenti di basso costo o forniti gratuitamente da case farmaceutiche è una pratica frequente in ambito ospedaliero. L'affidabilità di questi strumenti deve essere stabilita prima ch'essi vengano impiegati su larga scala. Questo non toglie che anche strumenti costosi come i plicometri di precisio-

ne possano diventare inefficienti se usati a lungo o danneggiati. Un controllo periodico della strumentazione antropometrica è fondamentale.

#### **ERRORI DIPENDENTI DALLA VARIAZIONE DELLA COMPOSIZIONE O DELLE PROPRIETÀ FISICHE DEI TESSUTI DEL PAZIENTE**

Variazioni della composizione tissutale dipendenti dall'età, dello stato di idratazione dell'organismo correlate al ciclo mestruale ed altre ancora possono essere fonte di errore nella valutazione antropometrica del soggetto sano. Ulteriori sorgenti di errore vengono a crearsi con lo stabilirsi dello stato di malattia. La relazione tra la massa e la riserva protido-energetica tissutale può essere alterata da un'espansione relativa dell'acqua totale corporea dovuta ad un calo ponderale, da un'iperalimentazione con introduzione di fluidi ad elevato contenuto sodico, da uno scompenso cardiaco congestizio, da epatopatie di varia natura e da numerose altre condizioni mediche. La dimensione (ad es., circonferenza) ed il contenuto proteico di un muscolo, per quanto usualmente correlati nell'individuo sano, possono essere alterati da un edema intermiofibrillare, dall'accumulo di grasso e da rapide variazioni del glicogeno intramiofibrillare. La serie di esempi potrebbe continuare a lungo ma ciò che importa è il concetto: nell'individuo ammalato non può essere assunta l'esistenza di una relazione fissa tra le dimensioni e la composizione di un tessuto, cosa che invece può essere fatta nell'individuo sano.

#### **UTILIZZAZIONE INAPPROPRIATA DEI DATI ANTROPOMETRICI**

Le due principali sorgenti di errore rientranti in questa categoria sono l'inaccuratezza dell'estrapolazione dei dati antropometrici a volumi corporei più estesi e l'applicazione di equazioni di predizione inaccurate o inidonee. Due esempi ci consentiranno di chiarire questi importanti concetti. Primo esempio: è pratica comune misurare una plica (ad es., tricipitale) ed assumere che questa sia proporzionale alla quantità assoluta ed al ritmo di variazione del grasso totale corporeo (Bishop et al., 1981; Heymsfield et al., 1984). Ovviamente le differenze individuali nella distribuzione del grasso ed i differenti ritmi di perdita o ripristino dello stesso a livello dei differenti siti anatomici, con le relative ripercussioni sul bilancio energetico, limitano l'accuratezza di questa assunzione. Secondo esempio: il grado di accuratezza delle equazioni antropometriche di predizione della massa magra in pazienti in stato di patologia acuta, specialmente quelli con alterata forma e composizione corporea (ad es., ascite) è ignoto.

## APPLICAZIONI CLINICHE DELL'ANTROPOMETRIA

Avendo in mente i punti di forza ed i limiti dell'applicazione clinica dell'antropometria, quale uso può essere fatto di questa tecnica nel paziente ospedalizzato?

Risponderemo a questa domanda in accordo con i tre obiettivi già schematizzati e ricordati.

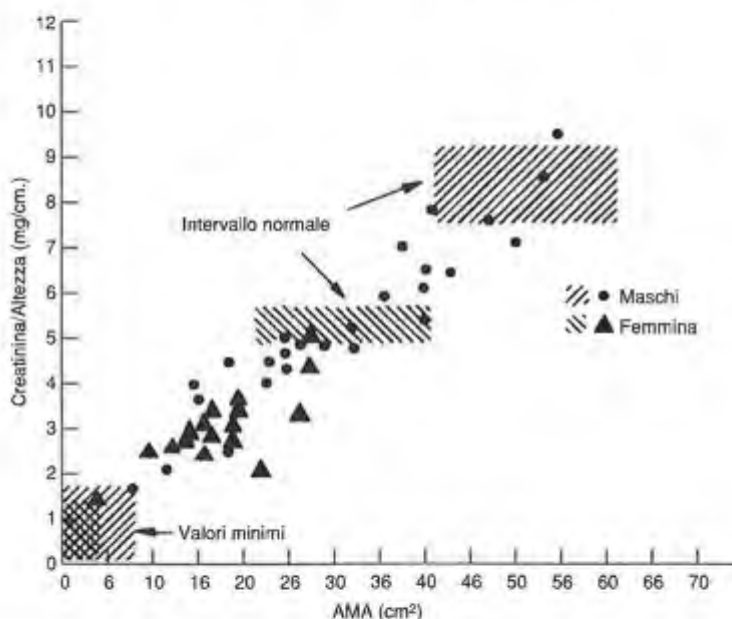
### PRIMO OBIETTIVO

Per i limiti ed i punti di forza dell'antropometria clinica si veda Heymsfield (1984). In questa sezione faremo raccomandazioni di ordine generale. Con le tecniche appropriate ed i pazienti idonei (esclusione di quelli con le complicazioni di cui sopra), l'antropometria ci consente di stabilire la posizione di un individuo tra i punti  $B_0$  e  $B_u$  della Figura 1. Per quanto le caratteristiche antropometriche dei pazienti che si collocano in questi due punti siano poco note, è pratica generale quella di comparare le misure del paziente a quelle di un gruppo di riferimento in stato di salute. La produzione dei valori di riferimento è un processo in continua evoluzione ed oggi sono disponibili alcune buone fonti di dati per diversi stati di patologia (Bishop et al., 1981; Frisancho, 1974). Pochi sono peraltro i dati disponibili per

le variabili antropometriche meno frequentemente misurate, l'età geriatrica e le minoranze etniche.

L'approccio usuale è quello di misurare e/o calcolare uno o più indici del contenuto energetico totale dell'organismo (ad es., plica corporea, massa grassa totale calcolata, massa magra totale calcolata) e della massa proteica totale (ad es., massa magra, area muscolare del braccio). I valori ottenuti vengono poi espressi in modo assoluto (ad es., in Kcal per la riserva energetica totale), quali percentili o percentuali rispetto ad un gruppo di riferimento. Negli studi accuratamente condotti molti degli indici antropometrici utilizzati nella pratica clinica si dimostrano correlati al rispettivo compartimento corporeo dell'organismo, valutato con le tecniche classiche (Figura 2).

Certamente, l'intervallo di predizione varierà in relazione alla variabile antropometrica considerata. Per quanto questa variabilità sia da tenere comunque presente, una particolare attenzione va rivolta al fatto che il range di variazione del contenuto energetico dei tessuti molli è piuttosto ampio (da  $B_u = 4 \cdot 104$  Kcal a  $B_0 = 4 \cdot 106$  Kcal), e che la tecnica antropometrica è ragionevolmente efficace nella valutazione dello stato protido-energetico di base relativo a questi due estremi e in quella del suo range normale.



**Figura 2** Correlazione tra l'indice creatinina-altezza e l'area muscolare del braccio in soggetti sani e denutriti. Ciascun punto rappresenta la media dei valori registrati in tre giorni di studio consecutivi in apposito reparto metabolico. I soggetti furono sottoposti ad una dieta priva di carne durante il periodo dello studio. I range di variazione normali sono ricavati da uomini e donne sane ( $n = 50$ ) analizzati nel nostro laboratorio. I valori minimi rappresentano i limiti oltre i quali gli adulti dimostrano una limitata sopravvivenza. La stretta correlazione tra la massa muscolare totale stabilita dalla creatinina urinaria e l'area muscolare del braccio risulta evidente dalla figura (da Heymsfield & Carper, in stampa)

## SECONDO OBIETTIVO: bilancio protido-energetico

Occasionali rilievi antropometrici effettuati nel corso di un programma di supporto ad una indagine nutrizionale possono fornire utili dati sulla variazione della composizione corporea nel tempo. Questo tipo di informazione può essere oggetto di discussione nel corso di appositi stages ed utilizzata per un successivo follow-up del paziente. Comunque, i dati antropometrici raccolti nel paziente sottoposto a terapia intensiva non si devono intendere sostitutivi delle più accurate valutazioni dirette del bilancio dell'azoto e dell'energia. I limiti di un monitoraggio antropometrico a breve termine del bilancio azotato sono evidenziati in Figura 3. I soggetti indagati sono pazienti denutriti o volontari in stato di salute partecipanti ad uno studio del bilancio metabolico durato una settimana (Heymsfield e Casper, in corso di stampa). Il bilancio dell'azoto è stato calcolato come differenza tra quello introdotto con gli alimenti e quello perduto con le feci e le urine; un fattore di correzione è stato applicato in modo da includere le perdite tissutali (7 mg/Kg) e le variazioni dell'urea totale corporea. La correlazione tra la variazione del bilancio azotato e quella dell'area muscolare del braccio non è risultata significativa. All'opposto di quanto si verifica per i pazienti ospedalizzati a breve termine, l'antropometria si rivela utile per stabilire le variazioni della riserva protido-energetica in

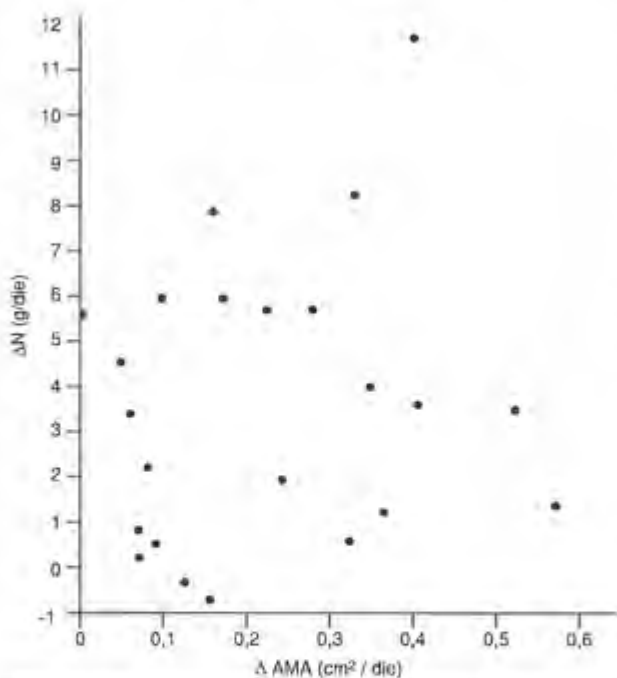


Figura 3 Correlazione tra il bilancio dell'azoto ( $\Delta N$ ) e la variazione dell'area muscolare del braccio ( $\Delta AMA$ ) in soggetti sottoposti ad uno studio metabolico di una settimana.

lunghi periodi di tempo. Un esempio è dato dal paziente con sindrome dell'intestino corto: severamente sottopeso, esso può essere portato ad uno stato di nutrizione normale con mesi o anni di nutrizione parenterale.

## TERZO OBIETTIVO: predizione delle complicazioni della iper- ed ipo-nutrizione

Le complicazioni della iper- e della ipo-nutrizione possono essere riassunte in due categorie principali. La prima categoria concerne l'inadeguatezza o l'eccessività delle riserve energetiche tissutali. Una iponutrizione sostenuta nel tempo si traduce in un bilancio energetico negativo, quindi in un esaurimento delle riserve metaboliche ed infine nell'exitus del paziente.

Alcune stime grossolane del punto  $B_u$  sono le seguenti (Heymsfield & Williams, in stampa; Heymsfield et al., 1984): il calo ponderale massimale nel digiuno totale è pari al 30% circa del peso corporeo iniziale; nel semi-digiuno cronico il peso corporeo può diminuire del 50-60% rispetto a quello ideale; e nel semi-digiuno cronico i soggetti prossimi o sul punto  $B_u$  presentano da 1 a 3 Kg di grasso corporeo totale e da 4 a 6 Kg di massa muscolare scheletrica (Heymsfield et al., 1984). Con un bilancio di energia cronicamente positivo ed un accumulo massivo di grasso, il paziente finirà per soccombere per insufficienza respiratoria e cardiaca (punto  $B_o$ ). Il peso corporeo massimale per soggetti di media altezza oscilla tra 300 e 400 Kg.

La seconda categoria di complicanze concerne la morbilità dell'iper- ed ipo-nutrizione (punti  $C_u$  e  $C_o$ ). Tra le complicanze della denutrizione ricordiamo infezioni, sepsi, deiscenza delle ferite ed aritmie cardiache; quelle della ipernutrizione comprendono ipertensione arteriosa, coronaropatie, colelitiasi, ipossia, ipertensione polmonare, scompenso cardiaco congestizio ed altre ancora. Alcuni recenti studi hanno cercato di predire le complicanze dell'iper- ed ipo-nutrizione a partire da dati antropometrici e da altri indici standard dell'assetto nutrizionale (Buzby & Mullen, 1984; Mullen et al., 1979). Per quanto le dimensioni antropometriche si rivelino in certi casi buoni predittori, la loro efficacia al riguardo è attualmente oggetto di analisi. Similmente, gli indici antropometrici funzionano da predittori delle complicanze dell'obesità.

## APPLICAZIONI UNICHE DELL'ANTROPOMETRIA

Alcune particolari applicazioni dell'antropometria

sono degne di menzione. La prima concerne il paziente con edema massivo: il peso corporeo di questa persona è influenzato dall'eccesso di liquido extracellulare e non può essere perciò più ritenuto un indice della riserva protido-energetica dell'organismo. Comunque, le estremità superiori, il collo e la testa sono di solito minimamente interessate dall'eccesso di acqua totale corporea. Dunque, l'antropometria specifica regionale (ad es., grasso del braccio ed indici muscolari) rappresenta in questi pazienti un'alternativa al peso corporeo per la valutazione della riserva protido-energetica. Per quanto un edema occulto possa interessare i tessuti del distretto superiore del corpo, gli errori di misurazione sono spesso relativamente piccoli.

Un altro esempio è rappresentato dall'aumento del peso corporeo determinato da una massiva crescita tumorale (il nostro gruppo talora valuta pazienti con neoplasie di 8-10 Kg). In questi pazienti il peso corporeo non costituisce un indice attendibile della riserva protido-energetica perché il decremento in massa grassa e magra corrisponde ad un aumento della massa tumorale. In questo caso, l'utilizzazione selettiva delle misure antropometriche potrebbe consentirci di stabilire la massa tissutale "non tumorale" dell'organismo. Vi sono altre due importanti applicazioni cliniche dell'antropometria.

La prima è permessa dalla facilità con cui l'antropometria consente di stimare i tessuti regionali del corpo. La distribuzione regionale della massa grassa e muscolare si correla con una serie di indici biochimici e fisiologici d'indubbio interesse per il medico pratico (Krotkiewski et al., 1983).

L'antropometria consente inoltre di stabilire il dispendio energetico di un individuo. Il consumo di ossigeno a riposo e quello massimale in corso di esercizio sono correlati alla massa magra, a quella muscolare e a quella grassa (Heymsfield et al., 1986). Queste componenti del peso corporeo possono essere stabilite con le tecniche antropometriche ed il metabolismo energetico evinto di conseguenza.

## CONCLUSIONE

L'antropometria è largamente utilizzata per la valutazione dello stato nutrizionale e della composizione corporea del paziente ospedalizzato. Necessitano di particolare attenzione: la preparazione e la validazione degli strumenti; la produzione di dati di riferimento per l'età geriatrica, per i pazienti indagati con i metodi dell'antropometria recumbente, per le misure antropometriche meno comunemente utilizzate; e la definizione della validità di specifiche tecniche antropometriche nel soggetto patolo-

gico. In ultimo, si sottolinea come vi sia tutto il potenziale per lo sviluppo di ulteriori applicazioni cliniche dell'antropometria.

## BIBLIOGRAFIA

- Bishop, C.W., Bowen, P.E., & Ritchey, S.J. (1981). Norms for nutritional assessment of American adults by upper arm anthropometry. *American Journal of Clinical Nutrition*, **34**, 2530-2539.
- Buzby, G.P., & Mullen, J.L. (1984). Analysis of nutritional assessment indices—Prognostic equations and cluster analyses. In R.A. Wright & S.B. Heymsfield (Eds.), *Nutritional assessment of the adult hospitalized patient* (pp. 141-155). Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Frisancho, A.R. (1974). Triceps skinfold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, **27**, 1052-1058.
- Heymsfield, S.B., Bethel, R., & Ansley, J. (1979). Enteral hyperalimentation: An alternative to central venous hyperalimentation. *Annals of Internal Medicine*, **90**, 63-71.
- Heymsfield, S.B., & Casper, K. *Anthropometric assessment of the adult hospitalized patient*. Manuscript submitted for publication.
- Heymsfield, S.B., Erbland, M., Casper, K., Grossman, G., Roongpisuthipong, C., Hoff, J., & Head, A. (1986). Enteral nutritional support: Metabolic, cardiovascular and pulmonary interrelations. *Chest Clinics of North America*, **7**, 41-67.
- Heymsfield, S.B., McManus, C., & Seitz, S. (1984). Anthropometric assessment of adult proteinenergy malnutrition. In R.A. Wright & S.B. Heymsfield (Eds.), *Nutritional assessment of the adult hospitalized patient* (pp. 27-82). Boston: Blackwell Scientific Publications, Inc.
- Heymsfield, S.B., Smith-Andrews, J.L., & Hersh, T. (1983). Home nasoenteric feeding malabsorption and weight loss refractory to conventional therapy.

*Annals of Internal Medicine*, **98**, 168-170

Heymsfield, S.B., & Williams, P.J. (in press)  
Nutritional assessment by clinical and biochemical  
methods. In M.E. Shils & V.R. Young (Eds.),  
*Modern nutrition in health and disease*

Philadelphia: Lea & Febiger.

Krotkiewski, M., Björntorp, P., Sjöström, L., &  
Smith, U. (1983)

Impact of obesity on metabolism in men and women  
*Journal of Clinical Investigation*, **72**, 1150-1162.

Mueller, H.M., & Martorell, R. (1988)

Reliability and accuracy of measurement

In T.G. Lohman, A.F. Roche, & R. Martorell (Eds.),  
*Anthropometric standardization reference manual*  
(pp. 83-86)

Champaign, IL: Human Kinetics

Mullen, J.L., Buzby, G.P., Waldman, M.T.,

Gertner, M.H., Hobbs, C.L., & Rosato, E.F. (1979)

Prediction of operative morbidity and mortality by  
preoperative nutritional assessment

*Surgical Forum*, **30**, 80-82.(...)

## Capitolo 18

# Topografia del grasso corporeo e rischio di malattia

Theodore B. Van Itallie

Diversi studi clinici ed epidemiologici hanno rilevato la correlazione esistente tra una varietà di dimensioni antropometriche ed il rischio di malattia. Queste dimensioni includono la statura, il peso relativo (ad es., relativo ad una serie di standard di peso), la massa muscolare, la taglia corporea, vari indici peso/altezza, la circonferenza della vita in relazione a quella toracica o a quella dei fianchi, le pliche corporee rilevate a diversi livelli e la distrettualità del grasso sottocutaneo.

L'associazione del peso relativo e del BMI con la morbilità e mortalità è già stata estensivamente descritta altrove (Build Study, 1979, 1980; Burton et al., 1985; Hubert et al., 1983; Van Itallie, 1985; Waaler, 1984) e non sarà perciò qui ripresa.

Questo capitolo discuterà invece l'associazione delle pliche corporee e della topografia del grasso sottocutaneo con il rischio di malattie cardiovascolari o di altro genere.

### IL FRAMINGHAM HEART STUDY: I CONTRIBUTI DI VARI INDICI

La quarta indagine biennale del Framingham Heart Study è stata condotta su 2420 donne e 1934 uomini in età compresa tra 34 e 68 anni, tra il 1954 ed il 1958. Le variabili misurate in quell'occasione includevano la statura, il peso, le circonferenze della vita, del braccio ed avambraccio, del polso, nonché le pliche dell'addome e del quadricipite (Stokes et al., 1985). La circonferenza dei fianchi non venne misurata. La correlazione di questi "indici di obesità" con la pressione sistolica, la colesterolemia e la glicemia non si rivelò particolarmente alta; essa risultò comunque significativa per via dell'ampio numero di osservazioni. In generale, la correlazione

più stretta si rivelò quella con la pressione sistolica. Per l'incidenza ventiduennale di coronaropatie, l'indice indipendente di obesità meglio correlato si dimostrò la plica sottoscapolare. Negli uomini la colesterolemia e la plica sottoscapolare risultarono contribuire al rischio di coronaropatia più dell'età. Nel Framingham Study l'obesità non si correlò con l'incidenza totale di cardiovasculopatia così bene come con quella di coronaropatia, dimostrandosi quale fattore di rischio più debole di colpo apoplettico e di altre cardiopatie che non la coronaropatia. L'incidenza ventiduennale di coronaropatia stabilita dalla plica sottoscapolare risultò massima in donne al di sotto dei 50 e nei maschi tra i 50 e i 59 anni di età.

La circonferenza della vita e le quattro pliche si dimostrarono migliori predittori di coronaropatia nell'uomo che non nella donna e nel giovane che non nell'anziano. Le pliche sottoscapolare e tricipitale si dimostrarono migliori predittori di coronaropatia rispetto a quelle della vita e del quadricipite.

### PLICA SOTTOSCAPOLARE CONTRO TRICIPITALE: RELAZIONE COL RISCHIO DI IPERTENSIONE

Blair et al. (1984) hanno utilizzato i dati del primo National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES I, 1971-1974) per stabilire la relazione esistente tra la pressione arteriosa e la topografia del grasso sottocutaneo in 5506 persone in età compresa tra 30 e 59 anni. Questi Autori assunsero le pliche tricipitale e bicipitale quali indici approssimativi del grasso sottocutaneo periferico e centrale. Gli effetti della razza, del sesso e dell'età sulla relazione obesità-pressione arteriosa furono oggetto

d'indagine e si trovò che la plica sottoscapolare era il migliore predittore delle pressioni sistolica e diastolica in ciascun gruppo razza-sesso. La variabilità della pressione arteriosa stabilita dalla plica sottoscapolare, da sola o congiunta all'età, non risultò particolarmente elevata: al massimo l'età e la plica espressero il 22% della varianza nella pressione arteriosa sistolica di donne bianche.

In conclusione, i risultati di questo studio (Blair et al., 1984) indicano che la pressione arteriosa di americani di mezza età è meglio correlata al grasso a deposizione centrale che non a quello periferico.

### **MASSA MUSCOLARE E TAGLIA CORPOREA: RELAZIONE CON IL PESO CORPOREO, SOVRAPPESO E CORONAROPATIA**

I dati dello NHANES I hanno dimostrato che gli Americani in età compresa tra 20 e 74 anni che siano in sovrappeso ma non obesi o siano sovrappeso ed obesi, hanno una taglia corporea (inferita dall'ampiezza del gomito) ed una massa muscolare più ampia di quelli normopeso con la stessa altezza e età (Van Itallie & Abraham, 1985). Questi dati suggeriscono che l'incremento della taglia corporea possa costituire un fattore di rischio per lo sviluppo dell'obesità o che l'obesità (forse la forma sviluppata durante la fanciullezza) favorisca in qualche modo un aumento della taglia corporea.

In epoca meno recente, alcuni Autori (Rissanen, 1975; Robinson, 1941) hanno richiamato l'attenzione sulla relazione esistente tra l'aumento della massa muscolare (tipica del mesomorfo) ed il parallelo aumento del rischio di coronaropatia precoce. Robinson e Brucer (1940) hanno esaminato la relazione esistente tra l'ipertensione ed la struttura corporea concludendo che quest'ultimo è un fattore predisponente alla coronaropatia più importante dell'eccesso ponderale.

### **TOPOGRAFIA DEL GRASSO SOTTOCUTANEO E RISCHIO DI CARDIOPATIE E DI MORTE**

#### **CIRCONFERENZA ADDOMINALE IN RELAZIONE ALLA CIRCONFERENZA DEL TORACE ESPANSO**

Nel 1914 venne pubblicata una relazione sulla mortalità di una popolazione costituita da individui assicurati nella quale, tra gli altri parametri si definiva il rischio di mortalità correlato alla circonferenza addominale rispetto ad una toracica al massimo

dell'espansione (Medico-Actuarial Mortality Investigation, 1914). Nell'ambito di questa categoria, vennero distinti quattro gruppi in base all'eccesso addominale (espresso in pollici): A. 0-1; B. 1.25-2; C. 2.25-3; D. oltre 3. Un ulteriore divisione venne fatta in gruppi di peso (da 0 a 5), rappresentativa del grado di discostamento dal peso medio all'età di 37 anni. In alcuni dei gruppi di peso (1.3 e 5) fu particolarmente evidente l'aumento della mortalità in relazione all'aumento dell'eccesso della circonferenza addominale su quella toracica espansa. Si calcolò inoltre che, se i gruppi 2 e 5 venivano combinati, i rapporti di mortalità erano del 105% per i gruppi di circonferenza A e B e del 109% per i gruppi C e D. Dunque, si concluse che la mortalità relativa degli individui con un'ampia circonferenza addominale è maggiore di quella, peraltro già elevata, di individui dello stesso peso ma con una differente quantità grasso addominale.

#### **RAPPORTO TRA LA CIRCONFERENZA DELLA VITA E DEI FIANCHI IN RELAZIONE AL RISCHIO DI CARDIOPATIA ISCHEMICA E COLPO APOPLETTICO**

Larsson et al. (1984) hanno recentemente pubblicato i risultati di uno studio prospettivo dei fattori di rischio per la cardiopatia ischemica (CI). Questi Autori hanno studiato 792 uomini Svedesi nati nel 1913 ed esaminati per la prima volta nel 1967. Trent'anni più tardi i rilievi antropometrici di base vennero riconsiderati in relazione al numero di uomini che avevano successivamente sviluppato una CI, un colpo apoplettico o erano morti per entrambe le cause. Nessuno degli indici di obesità inizialmente rilevati (BMI, somma di tre pliche, circonferenza della cintura o del polso) si dimostrò significativamente correlato ad uno dei tre elementi considerati. Comunque, il rapporto tra la circonferenza della vita e quello dei fianchi (WHR, waist/hip ratio) dimostrò un'associazione significativa con l'occorrenza di colpo apoplettico ( $p=0.002$ ) e CI ( $p=0.04$ ). Il rischio relativo per il più alto quintile di WHR fu di 1.7 per la morte, 2.5 per la CI e 5.9 per il colpo apoplettico rispetto al quintile più basso. Un elevato WHR si associava ad un elevato rischio di colpo apoplettico, ben evidenziato dal raffronto del rischio relativo per i soggetti al 95° percentile e oltre, pari a 11.5, con quello dei soggetti nel quintile più basso. Nessun colpo apoplettico venne osservato negli uomini al 10° percentile o inferiore.

Lapidus et al. (1984) hanno studiato la relazione esistente tra la distribuzione del grasso sottocutaneo ed il rischio di malattia cardiovascolare e di morte in 1462 donne svedesi in età compresa tra 38 e 60 anni. Essi hanno trovato una correlazione significativa tra il WHR e l'incidenza in 12 anni di infarto cardiaco,



angina pectoris, colpo apoplettico e morte. Di tutte le variabili antropometriche studiate, il WHR fu quello che si risultò meglio correlato a questi eventi.

#### RAPPORTO TRA LA CIRCONFERENZA DELLA VITA E DEI FIANCHI IN RELAZIONE AL RISCHIO DI DIABETE MELLITO, IPERTENSIONE, COLELITIASI E ANOMALIE DEL CICLO MESTRUALE

In tempi recenti, Hartz et al. (1984) hanno descritto la relazione esistente tra la distribuzione del grasso sottocutaneo ed il rischio di malattia in 21605 donne tra 40 e 59 anni e in 11791 donne tra 20 e 39 anni, tutte partecipanti ad un programma TOPS (una organizzazione nazionale con obiettivo il calo ponderale con l'aiuto dei partecipanti). Sono stati valutati il peso, l'altezza e le circonferenze corporee. Questo studio dimostra una significativa correlazione del WHR con il diabete mellito, l'ipertensione e la colelitiasi nelle donne in età compresa tra 40 e 59 anni e con alcune anomalie del ciclo mestruale in quelle tra i 20 e i 39 anni.

Il grasso depositato nei pressi della vita, quando comparato a quello dei fianchi, si dimostrava associato ad una maggiore incidenza di malattia, anche tra donne con la stessa quantità di grasso totale.

#### RELAZIONE TRA LA DISTRIBUZIONE DEL GRASSO CORPOREO E COMPLICANZE METABOLICHE DELL'OBESITÀ

Gli studi di Kissebah et al. (1982) conferiscono ai siti adiposi predominanti della donna l'importante ruolo di indicatori prognostici di intolleranza glicidica, iperinsulinemia ed ipertrigliceridemia.

In corso di carico orale di glucosio i livelli plasmatici di insulina e glucosio risultano più alti nelle donne con obesità prevalente del distretto superiore (UBSO, upper body segment obesity) che in quelle con obesità prevalente del distretto inferiore (LBSO, lower body segment obesity).

Delle 16 donne con UBSO, 10 presentavano curve di tolleranza glicidica di tipo diabetico; al contrario, nessuna delle donne con LBSO risultò diabetica. La trigliceridemia a digiuno si rivelò parimenti più alta nelle donne con UBSO.

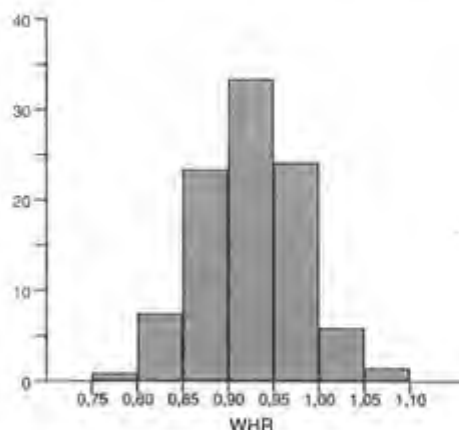
Gli adipociti addominali delle donne con UBSO presentavano dimensioni aumentate (circa 0.58 nl/cellula), mentre quelli dell'addome e delle cosce delle donne con LBSO presentavano dimensioni medie nella norma, rispettivamente di 0.28 e 0.30 nl/cellula. Le dimensioni degli adipociti addominali si correlavano bene con l'insulinemia e la glicemia postprandiali. Il volume degli adipociti della coscia non si

correlava con le complicanze metaboliche; comunque, questi adipociti dimostrarono una ridotta lipolisi in seguito a stimolazione con epinefrina.

Altri dati, ottenuti da Evans et al. (1984) hanno permesso di verificare la relazione tra il WHR e la resistenza insulinica. Al progressivo aumento del WHR corrisponde infatti quello dell'insulinemia a digiuno e, dopo carico orale di glucosio, quello della glicemia oltre a quello dell'insulinemia. Il livello di obesità si dimostrò similmente correlato con questi indici metabolici. Comunque, un'analisi di regressione multipla dimostrò che gli effetti della topografia del grasso corporeo sono indipendenti ed additivi a quelli dell'obesità.

#### OBESITÀ ANDROIDE E GINOIDE

Nel 1947, Vague richiamò l'attenzione sulla diversa significatività, in termini di rischio di malattia, della differente distribuzione del grasso sottocutaneo nell'uomo e nella donna obesi. L'obesità maschile (androide) è prevalentemente a carico del distretto superiore del corpo: nuca, collo, guance, spalle, torace e addome superiore. Al contrario, l'obesità ginoide, più tipica delle donne, è predominante nella metà inferiore del corpo (fianchi, natiche, cosce e addome inferiore). Come lo stesso Vague ha rilevato, la necessità di una distinzione tra queste due forme di obesità risiede nel fatto che quella androide più frequentemente si associa ad un aumentato rischio di diabete mellito del tipo II, aterosclerosi ed iperuricemia. L'obesità ginoide, se anche comporta problemi di tipo meccanico e psicologico, non sembra invece associarsi a complicanze metaboliche. Per quanto l'obesità androide non sia poi così rara nelle donne e quella ginoide negli uomini,



**Figura 1** Distribuzione percentuale del WHR in soggetti maschi di 54 anni. Da "Abdominal Adipose Tissue Distribution", e "Risk of Cardiovascular Disease and Death" di B. Larsson et al., 1984 Ristampata su permesso dell'Autore.

non sono ancora stati effettuati studi su larga scala con l'intento di stabilire la prevalenza di questi due tipi di obesità nei due sessi. In Figura 1 sono riportati i dati della distribuzione del WHR in uomini Svedesi anziani ( $n = 792$ , età = 54 anni). In accordo con Kissebah et al. (1985), l'aumento della circonferenza della vita nell'uomo dipende principalmente da quello delle riserve intraddominali di grasso, nella donna a quello di quelle sottocutanee.

Comunque, Ashwell et al. (1985) hanno utilizzato la tomografia assiale computerizzata per dimostrare che le donne con alto WHR presentano una distribuzione del grasso intraddominale simile a quella dell'uomo.

Kissebah et al. (1895) hanno suggerito che lo squilibrio tra le attività ormonali andro- ed estro-genica possa giocare un importante ruolo nella determinazione della distribuzione del grasso nei distretti superiori od inferiori del corpo. Quali indici di attività androgenica essi hanno utilizzato la percentuale di testosterone libero plasmatico e la globulina plasmatica vettrice degli ormoni sessuali (SHBG, sexual hormon binding globulin), estremamente sensibile alle variazioni del bilancio androgeni/estrogeni. In questo modo si trovò che il grado di attività androgenica nei soggetti obesi era correlato con il volume degli adipociti dell'addome ma non con quello di quelli della coscia. Si concluse che un aumento dell'attività androgenico-estrogenica può risultare in una redistribuzione del grasso corpo-

reo con una espansione degli adipociti addominali ed un decremento della SHBG, quadro simile a quello osservato nelle donne con grasso predominante nei distretti superiori.

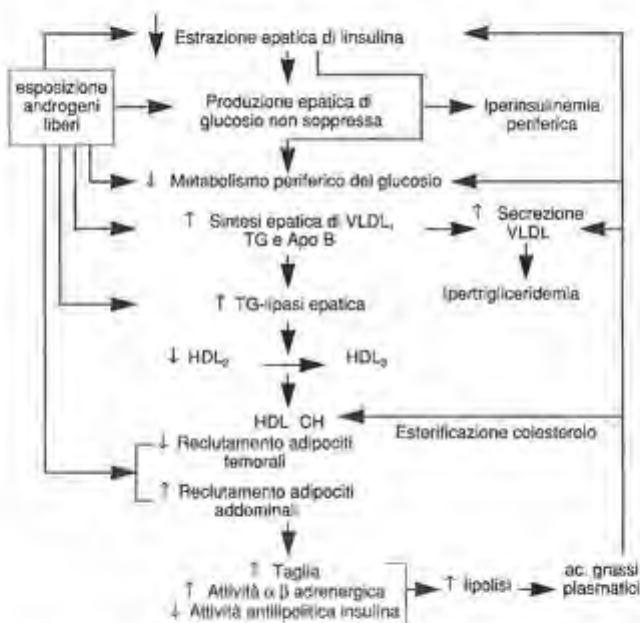
## DISCUSSIONE E RACCOMANDAZIONI

Poiché il WHR è oggi oggetto di un grande interesse, riteniamo utile considerare i criteri con cui viene effettuato il suo calcolo dai vari Autori.

Il gruppo di Gothenburg (Larsson et al., 1984; Lapidus et al., 1984) misura la circonferenza della vita dell'uomo a livello dell'ombelico, con il soggetto in posizione eretta e in corso di respirazione normale. Nelle donne, la circonferenza della vita è misurata a mezza via tra il margine inferiore dell'ultima costa e la cresta iliaca. La circonferenza dei fianchi è misurata nell'uomo a livello della cresta iliaca, presumibilmente sulla spina iliaca antero-superiore. Nelle donne, la circonferenza dei fianchi è misurata in corrispondenza del punto più largo tra il fianco e la natica.

Il gruppo di Milwaukee (Evans et al., 1984) misura la circonferenza "minima" della vita e la circonferenza "massima" dei fianchi, con il soggetto in posizione eretta. È plausibile che, in soggetti molto obesi, la misura della circonferenza della vita all'ombelico possa essere inficiata da un addome pendulo; inoltre in questi soggetti la palpazione della cresta iliaca potrebbe essere difficile. Non essendo nota quale delle tecniche di misurazione meglio predica le complicanze metaboliche od il rischio di morbilità, si raccomanda di rilevare la circonferenza massima delle natiche come "circonferenza del fianco". La "circonferenza della vita" dovrebbe essere rilevata quale circonferenza minima della vita (o circonferenza naturale della vita). Se non vi è alcuna vita naturale, la misura dovrebbe essere effettuata a livello dell'ombelico.

La Tabella 1, compilata da Kissebah et al. (1985) dimostra l'efficacia del WHR nella predizione dei livelli plasmatici di glucosio ed insulina, efficacia paragonabile a quella di indici ben più complessi quali il rapporto adiposo-muscolare braccio-femorale di Vague (Vague, 1986). Dai dati riportati da Larsson et al. (1984) sembrerebbe che il maggiore rischio di sviluppare colpo apoplettico o CI occorra negli uomini con WHR uguale o superiore a 0.90. Gli studi di Kissebah delle complicanze metaboliche nelle donne indicano che un WHR maggiore di 0.85 si associa con un accelerato aumento della resistenza insulinica (Evans et al., 1984). Nel Paris Prospective Study (Ducimetiere et al., 1985) il rischio di colpo apoplettico e di CI negli uomini aumenta gradualmente per



**Figura 2** Ipotesi di lavoro riassuntive i possibili modi di interazione, diretta e indiretta, tra l'aumento dell'attività androgenica e il profilo metabolico nell'obesità del distretto inferiore del corpo. Da "Metabolic complications of human obesities" (pp. 31-38), J. Vague et al., 1985. Ristampato col permesso dell'Autore

**Tabella 1** Grado di correlazione tra il profilo metabolico e gli indici della distribuzione del grasso corporeo in donne in periodo premenopausale

Indici della distribuzione del grasso	Glucosio	Insulina
WHR	0.50*	0.53*
Pliche		
Sottoscapolare	0.52*	0.66*
Cresta iliaca	0.47*	0.32
Bicipitale	0.16*	0.28
Tricipitale	0.17	0.33
Mediale coscia	0.10	0.12
Laterale coscia	0.10	0.12
Indice di grasso diabetogenico di Vague	0.37*	0.48*
Rapporto adiposo-muscolare braccio femorale (TAC)	0.46*	0.51*
Rapporto grasso intra-ed extra addominale	0.79*	0.81*

\*  $p < 0.05$  Dati da *Metabolic Complications of Human Obesity* (p.115-130) J. Vague et al., 1985. Ristampa autorizzata

valori di WHR superiori a 1.0, nelle donne a 0.8. Si osserva inoltre una tendenza per l'obeso moderato con un alto WHR a dimostrare il maggiore rischio di colpo apoplettico e CI.

Poiché la distribuzione del grasso corporeo si configura come un importante predittore del rischio di complicanze dell'obesità, è importante che chi si occupa di antropometria convalidi i vari metodi di valutazione della topografia del grasso corporeo e con ciò stabilisca pure quello con maggiore sensibilità e specificità. Diversi degli Autori citati nel corso della discussione hanno caratterizzato il WHR come un metodo di definizione dei siti corporei di prevalenza adiposa particolarmente efficace. Ci raccomandiamo a che il WHR sia determinato ogni qualvolta sia in programma un esame antropometrico.

Gli studi da noi esaminati indicano che le pliche tricipitale e sottoscapolare sono predittori migliori della CI che non le pliche misurate a livello della cintura o del distretto inferiore del corpo (Blair et al., 1984). Dunque, si raccomanda di misurare le pliche tricipitale e bicipitale nel corso di un qualsiasi studio antropometrico, indipendentemente dalle altre pliche rilevate.

Bjorntrop (1985) ha osservato che vi sono due teorie in grado di spiegare la scarsa associazione tra l'obesità e la precipitazione della CI.

Secondo la prima delle due, un fattore primario causa l'obesità e precipita la CI (o altre malattie) come fenomeno secondario. La seconda teoria vuole invece che l'associazione dell'obesità con le cardio-

vasculopatie (o altre malattie) sia propria solo di un sottogruppo di persone obese; questo effetto potrebbe risultare poi diluito in ampie popolazioni dopo un lungo periodo di osservazione (pag. 994-995). Bjorntrop suggerisce come plausibile la seconda teoria. I futuri studi prospettici necessiteranno di una sufficiente quantità di misure antropometriche per consentire la verifica di queste ed altre teorie plausibili.

## BIBLIOGRAFIA

- Ashwell, M., Cole, T.J., & Dixon, A.K. (1985). Obesity: New insight into the anthropometric classification of fat distribution shown by computed tomography. *British Medical Journal*, **290**, 1692-1694
- Blair, D., Habicht, J.-P., Sims, E.A.H., Sylvester, D., & Abraham, S. (1984). Evidence for an increased risk for hypertension with centrally located body fat and the effect of race and sex on this risk. *American Journal of Epidemiology*, **119**, 526-540
- Bjorntrop, P. (1985). Regional patterns of fat distribution. *Annals of International Medicine*, **103**, 994-995
- Build Study 1979. (1980). Chicago: Society of Actuaries and Association of Life Insurance Medical Directors of America
- Burton, B.T., Foster, W.R., Hirsch, J., & Van Itallie, T.B. (1985). Health implications of obesity: An NIH consensus development conference. *International Journal of Obesity*, **9**, 155-169
- Ducimetiere, P., Richard, J., Cambien, F., Avons, P., & Jacqueson, A. (1985). Relationships between adiposity measurements and the incidence of coronary heart disease in a middleaged male population-The Paris Prospective Study I. In J. Vague, P. Bjorntrop, B. Guy-Grand, M. Rebuffé-Scrive, & P. Vague (Eds.) *Metabolic complications of human obesity* (pp. 31-38). Amsterdam: Elsevir
- Kissebah, A.H., Evans, D.J., Hoffmann, R.G., Kalkoff, R.K. (1984). Relationship of body fat topography to insulin sensitivity and metabolic profiles in premenopausal women

*Metabolism*, **33**, 68-75

- Evans, D.J., Murray, R., & Kissebah, A.H. (1984) Relationship between skeletal muscle insulin resistance, insulin-mediated glucose disposal, and insulin binding: Effects of obesity and body fat topography  
*Journal of Clinical Investigation*, **74**, 1515-1525
- Hartz, A.J., Rupley, D.C., & Rimm, A.A. (1984) The association of girth measurements with disease in 32, 856 women  
*American Journal of Epidemiology*, **119**, 71-80
- Hubert, H.B., Feinleib, M., McNamara, P.M., & Castelli W.P. (1983) Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: A 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study,  
*Circulation*, **67**, 968-977
- Kissebah, A.H., Evans, D.J., Peiris, A., & Wilson, C.R. (1985) Endocrine characteristics in regional obesity: Role of sex steroids. In J. Vague, P. Bjorntorp, B. Guy-Grand, M., Rebuffé-Scrive, & P. Vague (Eds.), *Metabolic complications of human obesities* (pp. 115-130). Amsterdam: Elsevier
- Kissebah, A.H., Vydellingum, N., Murray, R., Evans, D.J., Hartz, A.J., Kalkhoff, R.K., & Adams, P.W. (1982). Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **54**, 254-260
- Lapidus, L., Bengtsson, C., Larsson, B., Pennert, K., Rybo, E., & Sjostrom, L. (1984) Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: A 12-year follow-up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden  
*British Medical Journal*, **289**, 1257-1261
- Larsson, B., Svardsudd, K., Welin, L., Wilhelmsen, L., Bjorntorp, P., & Tibblin, G. (1984) Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13-year follow-up of participants in the study of men born in 1913. *British Medical Journal*, **288**, 1401-1404  
*Medico-Actuarial Mortality Investigation, 1914. Vol. IV, Part I* (pp. 19-23). New York: The Association of Life Insurance Medical Directors and The Actuarial Society of America
- Rissanen, V. (1975) Coronary and aortic atherosclerosis in relation to body-build factors  
*Annals of Clinical Research*, **7**, 402-411
- Robinson, S.C. (1941) Hypertension in relation to height: Its variation with body-build and obesity  
*Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, **26**, 930-949
- Robinson, S.C., & Brucer, M. (1940) Body build and hypertension  
*Archives of International Medicine*, **66**, 393-417
- Stokes, J., III, Garrison, R.J., & Kannel, W.B. (1985) The independent contributions of various indices of obesity to the 22-year incidence of coronary heart disease. In J. Vague, P. Bjorntorp, B. Guy-Grand, M. Rebuffé-Scrive, & P. Vague (Eds.), *Metabolic complications of human obesities* (pp. 49-57). Amsterdam: Elsevier
- Vague, J. (1947) La différenciation sexuelle, facteur déterminant des formes de l'obésité [The sexual difference, determinant factor of the forms of obesity]  
*Press Med*, **55**, 339-340
- Vague, J. (1956) The degree of masculine differentiation of obesities: A factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout and uric calculus disease  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **4**, 20-34
- Vague, J., Bjorntorp, P., Guy-Grand, B., Rebuffé-Scrive, M., & Vague, P. (Eds.), (1985) *Metabolic Complications of Human Obesities*. Amsterdam: Elsevier
- Van Itallie, T.B. (1985) Health implications of overweight and obesity in the United States. *Annals of Internal Medicine*, **103**, 983-988
- Van Itallie, T.B., & Abraham, S. (1985) Some hazards of obesity and its treatment. In J. Hirsch & T.B. Van Itallie (Eds.), *Recent advances in obesity research IV* (pp. 1-19). London: John Libbey.
- Waalder, H.T. (1984). Height, weight and mortality: The Norwegian experience  
*Acta Medica Scandinavica* (Suppl. 679), 1-56.
- (...)

## Capitolo 19

# Antropometria e cancro

Marc S. Micozzi

Mentre la mortalità dovuta a coronaropatia e colpo apoplettico va diminuendo, il cancro è ancora una priorità in materia di salute pubblica. Per una migliore prevenzione e terapia del cancro, la ricerca oncologica si è estesa a nuove aree direttamente correlate alla biologia umana, come la dieta e la nutrizione. La dieta è oggi ritenuta un fattore di primaria importanza nella cancerogenesi, essendo il rischio medio di malattia neoplastica ad essa attribuito pari al 35% (10-70%) (Doll & Peto, 1981). Il potenziale valore dell'antropometria in campo oncologico risiede nella sua essenza di strumento di valutazione indiretta dello stato nutrizionale. Considerata la difficoltà di applicazione di altre tecniche di valutazione e controllo dello stato nutrizionale (Block, 1982), l'antropometria potrebbe aggiungere una nuova utile dimensione all'investigazione dei rapporti tra cancro e dieta.

### **DIETA E CANCRO: L'EVIDENZA EPIDEMIOLOGICA DELLA LORO ASSOCIAZIONE**

L'epidemiologia umana e la sperimentazione animale suggeriscono che l'eccesso di macronutrienti (grassi, proteine, calorie totali) e il difetto relativo di certi micronutrienti (carotenoidi, selenio) si associ ad una aumentata morbilità e mortalità per alcuni tumori specifici.

Evidenza scientifica e statistica vi è pure di una relazione tra l'alimentazione nell'infanzia ed il rischio successivo di malattia neoplastica (si vedano gli studi sull'immigrazione di Buell & Dunn, 1985 e quelli di Miller, 1977). Poiché il cancro è attualmente considerato una malattia multifattoriale con un lungo periodo di latenza, l'alimentazione dell'infan-

zia e della giovinezza potrebbe influenzarne, condizionando la crescita dell'organismo, il rischio. In linea teorica, i parametri auxologici misurabili nell'adulto (ad es., statura, altezza da seduto, taglia corporea, massa magra) possono essere ritenuti espressivi di un modello di nutrizione infantile responsabile di un aumentato rischio di cancro.

Le variabili antropometriche suscettibili di correlazione con i costumi o modelli nutrizionali dell'individuo (ad es. grasso corporeo totale o percentuale), sono inoltre associate con il rischio di talune neoplasie (Miller et al., 1978). Dato che la crescita è funzione parziale della dieta (Johnston, 1981), lo studio crociato dell'incidenza dei tumori (standardizzata per età) e di varie misure antropometriche effettuate durante l'adolescenza in varie popolazioni, potrà fornire ulteriori informazioni sull'impatto della dieta, specialmente dell'ipernutrizione, sul cancro.

Si osservano correlazioni significative tra la mortalità per cancro e la statura media età-specifica, il peso, il diametro biacromiale ed altre dimensioni antropometriche (Micozzi, 1986a, 1986b). Differenti dimensioni antropometriche possono integrare indici di crescita lineare, taglia corporea e massa magra con indici del grasso corporeo. Il modello di alimentazione seguito nell'infanzia è espresso da uno qualsiasi di questi indici nell'adulto (Garn et al., 1982; Himes & Roche, 1986; Roche, 1984).

Informazioni addizionali possono essere fornite dal raffronto delle correlazioni di differenti variabili antropometriche età-specifiche, rilevate nell'infanzia, con l'incidenza di cancro nell'età adulta (ad esempio il carcinoma della prostata e quello del pancreas nel maschio). Le correlazioni crociate tra il peso specifico per età, le circonferenze del braccio e del torace (indici della taglia corporea, della massa grassa e

**Tabella 1** Considerazioni fatte per la scelta di pliche idonee per gli studi epidemiologici del cancro

Sito pliche	Accessibilità	Correlazione	Utilizzo
Tricipitale	Eccellente	Grasso arto superiore	Molto frequente
Sottoscapolare	Accettabile	Tronco superiore	Molto frequente
Medio ascellare	Accettabile	Tronco superiore	Medio comune
Soprailiaca	Scarsa	Grasso pelvi	Comune
Mediana polpaccio	Scarsa	Estr. inf. corpo	Meno comune

*Eccellente: minimo grado di "denudamento", tempo di misurazione relativamente breve, minima difficoltà tecnica, e/o minimo fastidio dell'operatore o del soggetto. Scarsa: massimo grado di denudamento, tempo di misurazione relativamente lungo, relativa difficoltà tecnica, e/o non confortevole per l'operatore o il soggetto*

magra sono significativamente maggiori che quelle della plica tricipitale (indice di adiposità) nella popolazione pediatrica statunitense. La stessa relazione è stata osservata in soggetti di sesso femminile per il cancro del pancreas, dell'ovaio e della mammella (Micozzi, 1985, 1986b). Dunque, la discriminazione del rischio di cancro sulla base di vari indicatori antropometrici di crescita varierà con le dimensioni misurate. Come molte delle tecniche di valutazione dello stato nutrizionale utilizzate nell'epidemiologia del cancro, l'antropometria è una tecnica indiretta. Nessuna singola misura può essere al presente considerata espressiva di una esperienza nutrizionale effettuata in un lungo arco di tempo, delle dimensioni dell'intero organismo o del rischio complessivo di cancro.

### CRITERI DI SCELTA DELLE TECNICHE ANTROPOMETRICHE

Una accurata scelta dei siti e delle tecniche di misurazione antropometrica consente di produrre dati rilevanti e di qualità accettabile con i quali testare la relazione dieta-cancro, pur con i limiti propri di ogni indagine epidemiologica. Alcune considerazioni di base devono essere fatte per gli studi antropometrici, utilizzati in chiave cancro-epidemiologica, siano essi prospettivi o retrospettivi.

In primo luogo l'adozione della tecnica antropometrica deve essere giustificata sia in chiave teorica che pratica e consentire la predizione di un parametro teoricamente rilevante per la relazione tra nutrizione, taglia corporea e cancro. Ne consegue che i dati antropometrici raccolti con l'intento di verificare una ipotesi specifica sono più rilevanti ed utili di quelli raccolti su larga scala.

L'applicazione clinica dell'antropometria si basa sulle seguenti considerazioni: a) l'accessibilità del

sito di misurazione, b) la sua correlazione con altre dimensioni, c) la possibilità di comparazione della dimensione con quelle misurate in altri studi, e d) la sua affidabilità. Con questi criteri in Tabella 1 vengono riportate le pliche indagate negli studi epidemiologici sul cancro. Nel corso degli studi antropometrici di controllo dei tumori, il sito di misurazione dovrebbe essere sempre quello non affetto dalla malattia, data la possibilità di effetti fisiopatologici della malattia, del trattamento medico e chirurgico.

Si dovrebbero stabilire sia l'affidabilità che il significato biologico delle dimensioni antropometriche indagate. L'affidabilità di misurazione caratterizza, in generale, il peso e l'altezza (Abdel-Malek et al., 1985; Roche, 1984) ma il significato o l'utilità biologica di queste due variabili può essere meno rilevante di quello di altre, sia pure misurate con minore affidabilità. L'accuratezza della plicometria potrebbe costituire un particolare problema.

Ad esempio, nella stima del grasso corporeo effettuata nel corso degli NHANES I e II, la circonferenza del braccio appare meglio correlata all'eccesso ponderale che non la plica tricipitale. Questa osservazione può scaturire non dal fatto che la circonferenza del braccio ha maggiore rilevanza biologica della plica tricipitale, ma dal fatto che è più affidabile (Micozzi et al., 1986). Non vi è bisogno di insistere sul fatto che un adeguato equipaggiamento e training costituiscono la condizione indispensabile alla produzione di dati antropometrici affidabili anche nello studio di malattie neoplastiche.

### DIMENSIONI DEL CAMPIONE

L'antropometria presenta vantaggi non trascurabili per la ricerca epidemiologica su vasta scala. Per il grado di variabilità dietetica interumana ed il pic-

colo rischio relativo associato ai fattori dietetici, il campione indagato deve essere ampio perché si possano produrre dati con cui testare la relazione dieta-cancro (Wynder & Bross, 1961).

## CONSIDERAZIONI METODOLOGICHE

L'utilizzazione dell'antropometria nella ricerca onco-epidemiologica differisce da quella auxologica tradizionale.

Negli studi auxologici longitudinali, l'unità di misura è costituita dalla variazione della misura nel tempo, ed il grado di precisione da richiedersi alla misurazione è perciò alto. Nell'epidemiologia del cancro, lo studio è trasversale ed i dati sono raccolti in condizioni che comportano elevati errori casuali. Per questo motivo, i ricercatori spesso scelgono di dividere il range di osservazione in categorie (ad es., quintili) per identificare i gruppi che si collocano agli estremi, che sono quelli che più interessano all'epidemiologo. Proprio per via dell'interesse nei gruppi agli estremi della distribuzione, l'equipaggiamento, le tecniche, le equazioni e gli indici di massa corporea devono essere selezionati con prudenza e la loro applicabilità a queste popolazioni deve essere parimenti stabilita. Perciò, come suggerito in altra sede (Abdel-Malek et al., 1985; Roche, 1984), è opportuno effettuare una validazione crociata delle tecniche indirette e dirette di valutazione dello stato nutrizionale, in un campione rappresentativo della popolazione oggetto di studio.

## CONCLUSIONI

L'antropometria può essere convenientemente utilizzata per testare l'ipotesi di una presunta relazione tra la dieta ed il cancro nell'uomo, identificare individui e popolazioni a rischio di cancro ed aiutarci a comprendere l'adattabilità della crescita e della taglia corporea. Quando la relazione tra nutrizione e cancro sarà meglio compresa, allora un importante posto spetterà all'Antropometria nella validazione dell'ipotesi dell'associazione tra dieta e cancro.

## BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Malek, A.K., Mukherjee, D., & Roche, A.F. (1985)  
A method of construction of an index of obesity  
*Human Biology*, **57**, 415-430
- Block, G. (1982)  
A review of validations of dietary assessment methods  
*American Journal of Epidemiology*, **115**, 492-505
- Buell, P., & Dunn, J. (1965)  
Cancer mortality of Japanese Isei and Nisei of California  
*Cancer*, **18**, 656-664
- Doll, R., & Peto, R. (1981)  
The causes of cancer: Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today  
*Journal of the National Cancer Institute*, **66**, 1191-1308
- Garn, S.M., Ryan, A.S., & Higgins, M.W. (1982)  
Implications of fatness and leanness.  
*American Journal of Physical Anthropology*, **5**, 191
- Himes, J.H., & Roche, A.F. (1986)  
Subcutaneous fatness and stature: Relationship from infancy to adulthood  
*Human Biology*, **58**, 737-750
- Johnston, F.E. (1981)  
Physical growth and development and nutritional status: Epidemiological considerations  
*Federation Proceedings*, **40**, 2583-2587
- Micozzi, M.S. (1986a)  
*Childhood nutrition, growth, and development: Relation to the long-term risk of breast cancer in human populations*  
Unpublished doctoral dissertation, University of Pennsylvania, Philadelphia
- Micozzi, M.S. (1986b)  
Cross-national correlations of food consumption, childhood growth, and cancer rates  
*American Journal of Physical Anthropology*, **69**, 240 (abstract)
- Micozzi, M.S. (in press)  
Cross-cultural correlations of childhood growth patterns and adult breast cancer  
*American Journal of Physical Anthropology*
- Micozzi, M.S., Albanes, D., Jones, D.Y., & Chumlea, W.C. (1986)  
Correlations of body mass indices with weight, stature, and body composition in men and women in NHANES I and II  
*American Journal of Clinical Nutrition*, **44**, 725-731
- Micozzi, M.S., & Schatzkin, A.G. (1985)  
International correlation of anthropometric variables and adolescent growth patterns with

breast cancer incidence

*American Journal of Physical Anthropology*, **66**,  
206-207 (abstract)

Miller, A.B. (1977)

Role of nutrition in the etiology of breast cancer  
*Cancer*, **39**, 2704-2708

Miller, A.B., Kelly, A., Choi, N.W., Matthews, V.,  
Morgan, R.W., Munan, L., Burch, J.D., Feather, J.,  
Howe, G.R., & Jain, M. (1978)

A study of diet and breast cancer

*American Journal of Epidemiology*, **107**, 499-509

Roche, A.F. (1984)

Anthropometric methods: New and old, what they  
tell us

*International Journal of Obesity*, **8**, 509-523

Wynder, E.L., & Bross, I.I. (1961)

A study of etiological factors in cancer of the  
esophagus

*Cancer*, **14**, 389-413



## Capitolo 20

# Antropometria e Medicina dello Sport

Jack H. Wilmore

La medicina sportiva è il risultato dell'unione, realizzatasi nel corso degli ultimi cinquant'anni, delle discipline della medicina, dell'educazione fisica e della fisiologia. Al giorno d'oggi, in accordo con l'American College of Sports Medicine, la medicina sportiva include più di 40 specialità mediche e non mediche tra le quali la fisiologia del lavoro, la biomeccanica, la riabilitazione cardiovascolare e polmonare, l'ortopedia, la podiatria, l'allenamento, la terapia fisica e l'idoneità fisica. In virtù di questa varietà d'interessi, l'antropometria ha avuto molte e diverse applicazioni nel campo della medicina sportiva. Tali applicazioni ed altre futuribili saranno discusse in questo capitolo.

### COMPOSIZIONE CORPOREA

Uno degli aspetti più importanti della preparazione agonistica di un atleta è rappresentato dalla definizione del peso ottimale per la performance. Vi sono pochi dubbi sul fatto che la performance atletica si correli per molti sport con la massa magra ed il grasso corporeo relativo (Boileau & Lohman, 1977).

Per molti sport, una massa magra ampia ed una massa grassa relativamente piccola, sono considerate la condizione ottimale in termini di performance atletica. Per quegli sport dove un'ampia massa magra non costituisce un vantaggio, ad esempio la corsa sulle lunghe distanze, si osserva l'effetto positivo del mantenimento di un ridotto livello di grasso corporeo relativo (Wilmore, 1983). La valutazione della composizione corporea degli atleti ebbe inizio negli anni '20 con l'antropometria e la somatotipizzazione (Carter, 1982). Il concetto della valutazione della composizione corporea

nell'ambito della medicina sportiva risale ad uno studio di Welham & Behnke (1942) nel quale venne determinata la densità corporea dei membri della squadra di football americano dei Washington Redskins. In questo studio si fa una chiara distinzione tra i termini "eccesso di peso" ed "eccesso di grasso", ovvero obesità. Diciassette dei 25 giocatori presentavano un peso che non sarebbe stato ritenuto idoneo per il servizio militare e maggiore di quello che una compagnia di assicurazioni avrebbe giudicato idoneo ad un'assicurazione "di prima classe" sulla vita. Comunque, i valori della densità corporea dimostrarono che solo due di questi atleti presentavano più del 20% di grasso corporeo. Inoltre, 19 dei 25 atleti presentavano un grasso corporeo inferiore al 14%. Secondo gli standard odierni, valori di grasso corporeo compresi tra 6% e 18% sono da ritenersi accettabili per il football americano, in relazione al ruolo giocato dall'atleta (Wilmore, 1983).

La composizione corporea può essere più accuratamente determinata con tecniche di laboratorio quali la pesata idrostatica, le tecniche di diluizione per la determinazione dell'acqua totale corporea, la radiografia con potassio-40, la diluizione con gas inerti e la conduttività elettrica totale corporea. Comunque, il dovere portare i soggetti nel laboratorio ogni volta che si debbano analizzare, non è certo cosa pratica.

La portabilità fa dell'antropometria una tecnica particolarmente utile nella determinazione "sul campo" della composizione corporea. Numerose equazioni sono state sviluppate per il calcolo della densità e del volume corporeo nonché della massa magra e grassa, a partire da una o più variabili antropometriche: pliche, diametri, circonferenze o una loro combinazione. Per quanto si sia insistito

sulla necessità di utilizzare equazioni popolazione-specifiche per gli atleti in ciascuna disciplina sportiva, le più recenti equazioni generalizzate di Jackson e Pollock (1978) e di Jackson et al. (1980) sembrano valutare ragionevolmente la composizione corporea di atleti praticanti sport specifici (Sinning & Wilson, 1984; Sinning et al., 1985).

## PERFORMANCE

La definizione di un peso ottimale per la performance dell'atleta è un concetto importante in medicina sportiva. In passato, oggetto di particolare considerazione era il peso minimo che l'atleta doveva o era invitato a raggiungere. Per varie ragioni, troppo spesso capitava che agli atleti venivano "assegnati" pesi ben inferiori a quello fisiologico ottimale. Di conseguenza, vi è una crescente attenzione per gli atleti che diventano troppi magri e sviluppano disordini nutrizionali come la bulimia e l'anoressia nervosa. È dunque imperativo che molti atleti vengano forniti di un range di pesi ottimali compresi tra un valore massimo ed uno minimo. Si deve infatti prendere adeguata coscienza del fatto che, quando il peso corporeo scende al di sotto di un determinato livello, differente per ciascun individuo, non solo la performance ma anche la salute è compromessa.

L'amenorrea secondaria è la possibile conseguenza di un basso peso corporeo e di una scarsa quantità di grasso (Shangold, 1985), e la stessa affezione nelle donne che corrono lunghe distanze, è stata messa in relazione a serie alterazioni del metabolismo osseo (Drinkwater et al., 1984). Dunque, sembrerebbe importante definire un peso minimo al di sotto del quale non permettere all'atleta di allenarsi o gareggiare. Una particolare attenzione dovrà essere rivolta ai fantini, ai lottatori, ai corridori, ai ginnasti, ai ballerini, ed agli atleti di sesso femminile che si dimostrino preoccupati per il loro peso.

Le potenzialità dell'antropometria nella definizione dei pesi minimi devono essere investigate. All'altro estremo, vi è probabilmente un peso massimo che l'atleta dovrà considerare. Al contrario di quello minimo, il peso massimo è il valore più grande di peso che l'atleta può raggiungere senza compromettere performance o salute. In sport come il football ed il basketball, la taglia corporea comporta un vantaggio significativo per l'atleta e l'acquisto ponderale viene spesso "prescritto". Così, sarebbe importante fare in modo che il guadagno in peso corrisponda principalmente ad un guadagno in massa magra e non grassa. Qual è il massimo livello di massa magra che un atleta può rag-

giungere senza ricorrere all'ausilio di farmaci? A questa importante domanda non è stata ancora data risposta, o comunque non si può dire ch'essa sia stata ancora accuratamente affrontata dai ricercatori. È molto probabile che la capacità di guadagno in massa magra sia funzione delle dimensioni scheletriche dell'individuo; se ciò è vero, l'antropometria costituirebbe un ottimo strumento d'indagine delle potenzialità di "acquisto in massa magra" di un individuo.

Fino a questo punto si è discusso principalmente dell'utilizzazione dell'antropometria nella valutazione della composizione corporea, del peso ottimale e del peso massimo e minimo. Le dimensioni antropometriche presentano, peraltro, diversi altri usi nell'ambito della Medicina dello Sport. L'altezza, ad esempio, è un elemento di primaria importanza nello stabilire il ruolo di un giocatore di basket, sia la scelta del ruolo personale o operata da un allenatore.

## BIOMECCANICA

Le lunghezze segmentali e/o quelle degli arti condizionano notevolmente la performance di un atleta. La lunghezza del braccio e dell'avambraccio detta infatti il massimo rendimento meccanico di queste leve e dei muscoli associati, sia influenzando la forza e la velocità del movimento che la velocità di oggetti lanciati da questo sistema di leve (Atwater, 1979). Nella corsa, la lunghezza e la frequenza del passo sono le determinanti della velocità, e la lunghezza della gamba si è dimostrata proporzionale, per quanto la correlazione non sia perfetta, all'ampiezza del passo (Williams, 1985).

Misurazioni antropometriche sono state inoltre utilizzate per la predizione dei momenti segmentali d'inerzia (Hinrichs, 1985) e per lo studio delle proprietà di massa e densità del corpo in toto o di suoi segmenti.

## FISICA E PROPORZIONI CORPOREE

Come riportato in precedenza, la determinazione del somatotipo o della costituzione fisica di un atleta risale ai primi anni '30. Il sistema di somatotipizzazione inizialmente utilizzato fu quello classico di Sheldon, ma la sua complessità portò i ricercatori allo sviluppo di più pratici metodi antropometrici di somatotipizzazione. Il più recente e più frequentemente usato è quello introdotto da Heath e Carter nel 1967 (Carter, 1982). Le dimensioni antropometriche considerate dalla tecnica di Heath-

MODULO DI DEFINIZIONE DEL SOMATOTIPO DI HEATH-CARTER																										
NOME: _____			ETÀ: _____			SESSO: M F			N°: _____																	
OCCUPAZIONE: _____			GRUPPO ETNICO: _____			DATA: _____																				
PROGETTO: _____			OPERATORE: _____																							
Pliche (mm)		PLICHE TOTALI (mm)																								
Tricipitale	=	Limite sup.	10.9	14.9	18.9	22.9	26.9	31.2	35.8	40.7	46.2	52.2	58.7	65.7	73.2	81.2	89.7	98.9	108.9	119.7	131.2	143.7	157.2	171.9	187.9	204.0
Sottoscapolare	=	Punto Medio	9.0	13.0	17.0	21.0	25.0	29.0	33.5	38.0	43.5	49.0	55.5	62.0	69.5	77.0	85.5	94.0	104.0	114.0	125.5	137.0	150.5	164.0	180.0	196.0
Sopraillaca	=	Limite inf.	7.0	11.0	15.0	19.0	23.0	27.0	31.3	35.9	40.8	46.3	52.3	58.8	65.8	73.3	81.3	89.8	99.0	109.0	119.8	131.3	143.6	157.3	172.0	188.0
PLICHE TOTALI	=	<input type="text"/>																								
Polpaccio	=	<input type="text"/>																								
		PRIMA COMPONENTE	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12
Altezza (in.)	=	<input type="text"/>	55.0	56.5	58.0	59.5	61.0	62.5	64.0	65.5	67.0	68.5	70.0	71.5	73.0	74.5	76.0	77.5	79.0	80.5	82.0	83.5	85.0	86.5	88.0	89.5
Oss: Omero (cm)	=	<input type="text"/>	5.19	5.34	5.49	5.64	5.78	5.93	6.07	6.22	6.37	6.51	6.65	6.80	6.94	7.09	7.23	7.38	7.52	7.67	7.81	7.96	8.10	8.25	8.39	8.54
Femore	=	<input type="text"/>	7.41	7.62	7.83	8.04	8.24	8.45	8.66	8.87	9.08	9.28	9.49	9.70	9.91	10.12	10.33	10.53	10.74	10.95	11.16	11.37	11.58	11.79	12.00	12.21
Muscolo: Bicipite (cm)	=	<input type="text"/>	23.7	24.4	25.0	25.7	26.3	27.0	27.7	28.3	29.0	29.7	30.3	31.0	31.6	32.2	33.0	33.6	34.3	35.0	35.6	36.3	37.1	37.8	38.5	39.3
Polpaccio	=	<input type="text"/>	27.7	28.5	29.3	30.1	30.8	31.6	32.4	33.2	33.9	34.7	35.5	36.3	37.1	37.8	38.6	39.4	40.2	41.0	41.8	42.6	43.4	44.2	45.0	45.8
		SECONDA COMPONENTE	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9						
Peso (lb)	=	Limite sup.	11.99	12.32	12.53	12.74	12.95	13.15	13.36	13.56	13.77	13.98	14.19	14.39	14.59	14.80	15.01	15.22	15.42	15.63						
Altezza <sup>3</sup> /Peso	=	<input type="text"/>	Punto Medio	e	12.16	12.43	12.64	12.85	13.05	13.26	13.46	13.67	13.88	14.01	14.25	14.50	14.70	14.91	15.12	15.33	15.53					
		Limite inf.	sotto	12.00	12.33	12.54	12.75	12.96	13.16	13.37	13.57	13.78	13.99	14.20	14.40	14.60	14.81	15.02	15.23	15.43						
		TERZA COMPONENTE	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9						
			PRIMA COMPONENTE	SECONDA COMPONENTE	TERZA COMPONENTE	Operatore .....																				
Somatotipo antropometrico																										
Somatotipo antropometrico + fotoscopico																										

Figura 1 Modulo di definizione del somatotipo di Heath-Carter.

Carter sono l'altezza, il peso, le pliche (tricipitale, sottoscapolare, soprailiaca e mediale del polpaccio), le circonferenze (del bicipite flessa e del polpaccio) e i diametri (gomito e ginocchio, o omero e femore). La determinazione del somatotipo di un individuo è relativamente semplice con questa tecnica (Figura 1). Sono oggi disponibili, quali risultato di una paziente raccolta negli anni, i somatotipi di atleti praticanti differenti discipline sportive. Tra questi somatotipi figurano anche quelli degli atleti olim-

#### Variazione percentuale della circonferenza da D

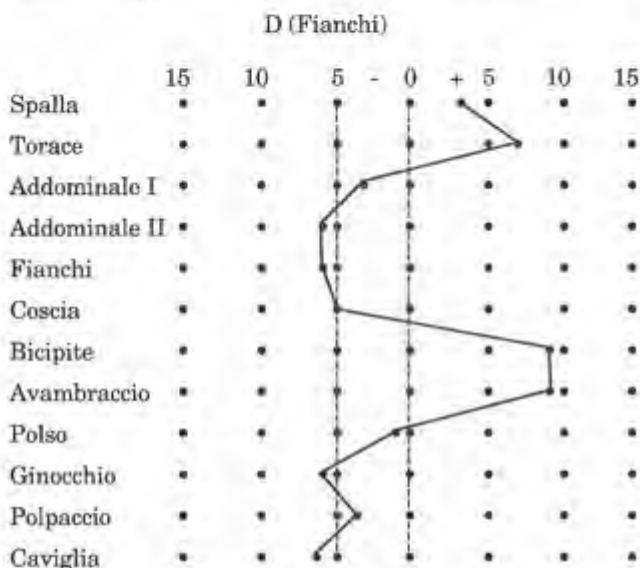


Figura 2 Somatogramma di un sollevatore di pesi.

picci dalle Olimpiadi del 1960 ad oggi. Questi dati dimostrano che le variazioni del somatotipo degli atleti praticanti un determinato sport sono piccole.

Le proporzioni corporee costituiscono un'altra variabile di notevole interesse nel campo della Medicina sportiva. Il cosiddetto "somatogramma", sviluppato da Behnke (Behnke & Wilmore, 1974), è illustrato in Figura 2. Lo scopo del somatogramma è quello di fornire un'informazione visiva della simmetria corporea di un individuo rispetto ad un determinato gruppo di riferimento. Il somatogramma presentato è quello di un sollevatore di pesi: esso dimostra una notevole deviazione delle circonferenze del torace, del bicipite e dell'avambraccio. Behnke e Wilmore (1974) hanno proposto l'estrapolazione dell'"eccesso di muscolatura" dal somatogramma, proposta che potrebbe avere notevoli ripercussioni pratiche. Per quanto il somatogramma non sia stato diffusamente usato, le sue potenziali applicazioni sono considerevoli. Il soma-

togramma consente inoltre di tracciare la simmetria dei due emisomi, applicazione particolarmente utile nel controllo di atleti in fase di riabilitazione.

## RICERCA

L'antropometria è stata ampiamente utilizzata nella ricerca medico-sportiva. Ad esempio, le variazioni della circonferenza muscolare conseguenti ad un assiduo allenamento sono state assunte quali indici non invasivi di ipertrofia muscolare. La variazione di determinate pliche corporee prima e dopo un allenamento è stata utilizzata per stimare la modificazione della composizione corporea con l'allenamento generale, e l'efficacia della riduzione corporea in determinati punti con specifici tipi di allenamento. In un recente studio, per determinare le modificazioni della morfologia della mammella conseguenti ad esercizi finalizzati ad un suo notevole aumento, le dimensioni antropometriche erano ricavate da fotografie (Wilmore et al., 1985). Uno studio simile utilizza una serie di circonferenze e pliche per valutare la veridicità di quanto pubblicizzato per due apparecchi "dimagranti" (Wilmore et al., 1985).

L'utilizzo degli "slim-skins", un paio di pantaloni di plastica che si attaccano ad un aspiratore dove, secondo le dichiarazioni del produttore, fare perdere da 13 a 15 pollici di circonferenza di vita, addome, fianchi e coscia dopo 3 giorni di esercizio della durata di 8-10 minuti e 15 minuti di recupero. Il secondo apparecchio, l'Astro-Trimmer, una cintura massaggiatrice da piazzare attorno alla coscia, doveva anch'essa fornire simili risultati dopo un uso a breve termine. Precise misurazioni antropometriche effettuate prima e dopo ciascuno di questi interventi hanno dimostrato l'infondatezza delle dichiarazioni pubblicitarie.

## STANDARDIZZAZIONE DELLE MISURAZIONI ANTROPOMETRICHE

Data l'estensione del campo d'indagine della medicina sportiva, è difficile, se non impossibile, definire una batteria standard di misurazioni antropometriche che si adatti alle diverse situazioni. È opportuno che ogni batteria di misurazioni antropometriche sia definita individualmente in relazione agli obiettivi della ricerca. Infatti, potrebbe essere talvolta necessario utilizzare siti di misurazione non proprio standardizzati, in relazione a particolari finalità dello studio.

Le misurazioni ottenute dalle fotografie delle mammelle di cui si è detto costituiscono un esempio in tal senso: non erano disponibili siti di misurazione standardizzati e di nuovi dovevano essere definiti, inoltre dovevano essere investigate le tecniche di misurazione standard e la riproducibilità delle misurazioni. In molti casi, comunque, i siti di misurazione standardizzati in questo libro, si riveleranno adeguati. In futuro potrebbe essere possibile stabilire una batteria antropometrica standard per uno sport particolare, od una più generale che possa essere utilizzata per pressoché tutti gli sport.

#### BIBLIOGRAFIA

- Atwater, A.E. (1979)  
Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries  
*Exercise and Sport Review*, **7**, 43-85
- Behnke, A.R., & Wilmore, J.H. (1974)  
*Evaluation and regulation of body build and composition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Boileau, R.A., & Lohman, T.G. (1977)  
The measurement of human physique and its effect on physical performance  
*Orthopedic Clinics North America*, **8**, 563-581
- Carter, J.E.L. (Ed.). (1982)  
*Physical structure of Olympic athletes: Part. I. Medicine and sport*  
(Vol. 16). New York: S. Karger
- Drinkwater, B.L., Nilson, K., Chestnut, C.H., III, Bremner, W.J., Shainholtz, S., & Sourthworth, M.B. (1984)  
Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes  
*New England Journal of Medicine*, **311**, 277-281
- Hinrichs, R.N. (1985)  
Regression equations to predict segmental moments of inertia from anthropometric measurements: An extension of the data of Chandler et al.  
*Journal of Biomechanics*, **18**, 621-624
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1978)  
Generalized equations for predicting body density of men.  
*British Journal of Nutrition*, **40**, 497-504
- Jackson, A.S., Pollock, M.L., & Ward, A. (1980)  
Generalized equations for predicting body density of women  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **12**, 175-182
- Shangold, M.M. (1985). Causes, evaluation, and management of athletic oligo-/amenorrhea  
*Medical Clinics of North America*, **69**, 83-95
- Sinning, W.E., Dolny, D.G., Little, K.D., Cunningham, L.N., Racaniello, A., Siconolfi, S.F., & Sholes, J.L. (1985)  
Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes  
*Medicine and Science in Sports and Exercise*, **17**, 124-130
- Sinning, W.E., & Wilson, J.R. (1984)  
Validity of "generalized" equations for body composition analysis in women athletes  
*Research Quarterly for Exercise and Sport*, **55**, 153-160
- Welham, W.C., & Behnke, A.R., Jr. (1942)  
The specific gravity of healthy men  
*JAMA*, **118**, 498-501
- Williams, K. (1985)  
Biomechanics of running  
*Exercise and Sport Science Review*, **13**, 389-441
- Wilmore, J.H. (1983)  
Body composition in sport and exercise: Directions for future research  
*Medicine and Science in Sport and Exercise*, **15**, 21-31
- Wilmore, J.H., Atwater, A.E., Maxwell, B.D., Wilmore, D.L., Constable, S.H., & Buono, M.J. (1985)  
Alterations in breast morphology consequent to a 21-day bust developer program  
*Medicine and Science in Sport and Exercise*, **17**, 106-112
- Wilmore, J.H., Atwater, A.E., Maxwell, B.D., Wilmore, D.L., Constable, S.H., & Buono, M.J. (1985)  
Alterations in body size and composition consequent to Astro-Trimmer and Slim-Skins training programs  
*Research Quarterly for Exercise and Sport*, **56**, 90-92
- Winter, D.A. (1979)  
*Biomechanics of human motion*.

## Capitolo 21

# Antropoplicometria assistita da calcolatore elettronico

Giorgio M. Bedogni — Sandra Mari — Edgar Marziani — Nino C. Battistini — Pietro Morini(\*)  
 (\*)Dietosystem Centro Ricerche Nutrizionali — Milano

### INTRODUZIONE

Fino ad una quindicina di anni orsono, l'elaborazione elettronica di dati di un qualsiasi genere era appannaggio esclusivo di pochi specialisti, in relazione alla difficoltà di gestione e programmazione dei sistemi deputati a tal fine. L'entrata sul mercato dei "personal computers" (PC) ha consentito una rapida diffusione del calcolatore elettronico. Questa diffusione è ogni giorno maggiore, in relazione alle conquiste della tecnologia che consente un rapporto qualità/prezzo sempre migliore. Il calcolatore elettronico trova oggi tante applicazioni che a buon diritto si potrebbe affermare che l'unico limite alla sua "applicabilità" è la "fantasia" dell'utente.

L'obbiettivo di questo capitolo è quello di rilevare la convenienza dell'applicazione dell'informatica computerizzata alla medicina per quanto attiene alla valutazione antropoplicometrica dello stato nutrizionale nell'uomo. La discussione che seguirà potrà comunque essere applicata a diversi altri contesti medico-informatici e di informatica computerizzata in generale.

### LE RISORSE INFORMATICHE NECESSARIE ALL'ELABORAZIONE DI UN SOFTWARE BIO-MEDICO

Riteniamo che questo sia il punto meno importante della questione: la scelta delle risorse informatiche (calcolatore, memorie di massa e periferiche varie) dipende dalle possibilità economiche del futuro utente e dall'utilizzo che esso ne vuole fare. Per scrivere un software di ausilio nella ricerca o nella pratica clinica non occorrono strutture

informatiche particolari. Tanto più che del software prodotto si dovrà garantire la "portabilità" da un calcolatore all'altro: se più clinici o ricercatori lavorano con esso in ospedali o laboratori diversi, le strutture informatiche necessarie a fare "girare" quel software dovranno essere anche qui presenti. Sviluppare un software in un ambiente operativo estremamente sofisticato e costoso ne limita spesso la "applicabilità" in un contesto clinico.

### LA PRODUZIONE DI UN SOFTWARE PER LA VALUTAZIONE ANTROPOMETRICA DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA E DELLO STATO NUTRIZIONALE

Il nostro gruppo di ricerca affronta la preparazione di un software in due tappe fondamentali:

a) *Progettazione*: essa include la revisione critica di tutta la letteratura disponibile sull'argomento (nel nostro caso: valutazione della composizione corporea e dello stato nutrizionale) e la pianificazione degli usi del futuro software. A questa fase partecipano tutti i componenti del gruppo, ciascuno con le proprie competenze specifiche.

È importante che il programmatore del software sia competente in materia: la nostra personale esperienza dimostra una drastica riduzione dei tempi di sviluppo con un programmatore esperto nel campo.

b) *Programmazione*: affidata al/ai programmatore/i. È questa in realtà la parte meno difficile del problema: una volta che sia stato chiarito l'uso del software e le sue specifiche, ne viene realizzato il prototipo. Dal prototipo, testato e validato, si passerà alla versione definitiva. Un solo accenno,

per chi ne fosse interessato, all'ambiente di programmazione da noi utilizzato: linguaggio BASIC e MODULA-2 per lo sviluppo dei prototipi e linguaggio C per le versioni definitive, in ambiente MS-DOS e/o Macintosh.

#### PERCHÈ UN SOFTWARE BIO-MEDICO DI VALUTAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA E DELLO STATO NUTRIZIONALE

L'idea di produrre un software di valutazione antropometrica della composizione corporea e dello stato nutrizionale è scaturita da una necessità obiettiva: le equazioni antropometriche utilizzate a tal fine sono numerose e richiedono una considerevole quantità di tempo per essere sviluppate a mano o con una "semplice" calcolatrice. Senza considerare l'"errore dell'operatore", potenzialmente molto maggiore nell'ultimo caso.

Del software esistono attualmente due versioni: una per l'età adulta ed una per quella pediatrica. È in fase di realizzazione una versione per l'età geriatrica.

#### VALUTAZIONE ANTROPOPLICOMETRICA ASSISTITA DA CALCOLATORE IN ETÀ ADULTA E PEDIATRICA

Molti dei metodi di valutazione della composizione corporea oggi disponibili si fondano su un modello per cui il corpo umano consiste di due compartimenti: una massa grassa o lipidica (FAT) ed una massa magra (FFM, fat free mass) (Forbes, 1987; Hill and Beddoe, 1988).

Più complesso è il modello del corpo umano proposto da Keys e Brozek (1953), i quali hanno distinto in esso quattro compartimenti: acquoso, proteico, osseo e lipidico. Sul modello a due e quattro compartimenti una serie di tecniche invasive e non invasive di valutazione della composizione corporea è stata sviluppata ed è oggi disponibile al ricercato-

re/clinico (vedi capitolo 22).

Le tecniche non invasive presentano alcune caratteristiche che le rendono preferibili a quelle invasive sia da parte del soggetto che del ricercatore: esse sono poco lesive per il corpo umano, facilmente "trasportabili" dal laboratorio ad altri ambienti (Garrow, 1983; Lukaski, 1987) e, in genere, poco costose. Nel XIX secolo Quetelet sviluppò una tecnica antropometrica per quantificare le differenze nella morfologia corporea dell'uomo; Richer fu il primo ad utilizzare la plica cutanea come indice di adiposità e Matiegka, perfezionando le vecchie tecniche di misurazione, fu l'iniziatore della "plicometria nutrizionale".

Pliche e circonferenze misurate a vari siti e livelli del corpo umano possono essere utilizzate, tramite l'inserimento in formule sviluppate con opportuni criteri statistici e matematici, per la predizione di densità corporea, FFM, FAT, metabolismo basale ed altri utili parametri (Durnin & Womersley, 1974; Jackson and Pollock, 1978; Heymsfield and Williams, 1988).

I software da noi sviluppati sono intesi come ausilio all'opera del ricercatore che ha scelto di supportare questa tecnica non invasiva (Bedogni G., et al., 1989; Battistini & Luppi, 1989; Ballestrazzi, et al., 1989).

#### SPECIFICHE

I software di valutazione antropometrica della composizione corporea e dello stato nutrizionale da noi prodotti "girano" su un qualsiasi calcolatore IBM PC compatibile sotto sistema operativo PC-DOS o MS-DOS versione 2.0 o superiore.

#### ETÀ ADULTA

Dal menù principale possono essere attivate le seguenti opzioni:

- 1) Inserimento dei dati antropometrici (Tabella 1)
- 2) Valutazione della composizione corporea, stato nutrizionale e metabolismo basale con uscita dei dati su schermo e/o stampante.

**Tabella 1** Le variabili antropometriche richieste dal programma per la valutazione della composizione corporea e stato nutrizionale di uomini e donne in età 19-60 anni

Anamnesi	Dati generali	Circonferenze	Pliche
Nome e Cognome	Peso	Polso sinistro	Tricipitale
Luogo di nascita	Altezza	Polso destro	Bicipitale
Data di nascita	Ampiezza gomito	Avambraccio	Sottoscapolare
Data controllo	Altezza ischiatica	Braccio sinistro	Soprailiaca
	Mese di gravidanza	Braccio destro	Addominale
		Cintura	Coscia (anteriore)
		Fianchi	Coscia (posteriore)
		Coscia (radice)	Ginocchio
		Coscia (mediana)	

Il programma fornisce in uscita i seguenti dati

- peso Ideale in Kg (Knapp, 1983);
- delta peso in Kg e percentuale del peso corporeo (Keys, Fidanza, Karvonen et al., 1972);
- Indice di Massa Corporea con valutazione del tipo e grado di una eventuale obesità (Quetelet, 1869; Sinopolous e Van Itallie, 1984; Garrow, 1988).
- taglia corporea e struttura scheletrica (Grant, 1980; Frisancho e Flegal, 1983).

Il programma provvede inoltre al calcolo di:

- Area muscolare e adiposa del braccio (AMA e AFA)
- Circonferenza muscolare del braccio (AMC)
- Area muscolare e adiposa della coscia (AMA e AFA) (Frisancho, 1981; Heymsfield, Mc Manus, Seitz et al., 1984)
- Massa muscolare totale (TBM) in Kg e percentuale del peso corporeo (Heymsfield, Mc Manus, Smith et al., 1982)
- Acqua totale corporea (TBW) (Hume and Weyers, 1971)
- FAT e FFM del soggetto non obeso (Hume e Weyers, 1971; Garrow and Webster, 1985; Durnin e Womerseley, 1974; Jackson e Pollock, 1978; Abdel Malek e Roche, 1985), metabolismo basale (Cunningham, 1982; Webbs, 1981) e consumo calorico giornaliero (Krause, 1984)
- FAT e FFM del soggetto obeso (Garrow & Webster, 1985; Abdel Malek, 1985; Weltman, Levine, Seip et al., 1988)
- Rapporti di circonferenza: fianchi/coscia (WTR) e fianchi/polso (WHR) (Seidell, Baxk, de Boer et al., 1985; Wadden, Stunkard, Johnston et al., 1988)

#### ETÀ PEDIATRICA

Il software specifico per l'età pediatrica o ELE.N.A. (ELEMENTS for Nutritional status Assessment) richiede in entrata le variabili riportate in Tabella 2. Esso offre in uscita:

- dati anamnestici;

- rapporti auxologici: lunghezza supina / età, peso /età, circonferenza della testa / età, velocità di crescita (gr/mese), indice dell'altezza da seduto (Hamill, Drizd e Hohnson, 1979; Dibley et al., 1987);
- circonferenza della testa (per il raffronto con quella fornita dalle growth-charts) (Brandt, 1978; Bossi e Milani, 1987);
- aree adipose e muscolari distrettuali: AMA, AFA, TMA, TFA;
- superficie corporea (Du Bois e Du Bois, 1916);
- peso del cervello (nell'intervallo di età 1 mese-2 anni) (Dobbing e Sands, 1973);
- TBMM
- FAT e FFM calcolati

- a) dalla densità corporea e dall'acqua totale corporea per il soggetto in età compresa tra 1 e 36 mesi.
- b) dalle formule proposte da Brook (1971), Johnston (1985), Westrate-Deurenberg (1988), Durnin-Ramahan (1967), Durnin-Womerseley (1967) per il soggetto in età compresa tra i 4 e i 18 anni.

- Peso desiderabile calcolato dalla FFM e dal FAT desiderabile.
- Indici di obesità: Delta Peso, Delta Peso percentuale, Indice Ponderale (Rohrer), BMI, pliche tricpitale e sottoscapolare, circonferenza del braccio, rapporto peso/altezza, FAT calcolato (Keys et al., 1972; Lohman, 1981; Roche et al., 1981; Roland Cachera et al., 1982; Knapp, 1983; Krause and Mahan, 1984; Abdel Malek et al., 1985; Roland Cachera et al., 1987)
- Rapporti di circonferenza: WHR e WTR.
- TBW (Mellits e Cheeck, 1970; Boileau, 1984; Boutton, 1987)
- Metabolismo basale: calcolato in funzione di età, peso e altezza (James, 1985; SINU, 1987)

#### AREE DI APPLICAZIONE

Le intuizioni di Matiegka sono oggi una realtà: tecniche sofisticate ci consentono di stabilire la

**Tabella 2** Variabili antropometriche richieste dal software per la valutazione della composizione corporea e stato nutrizionale in età 1 mese-18 anni. Le variabili sottolineate sono richieste solamente in età compresa tra 1 mese e 4 anni.

Dati generali	Dati opzionali	Pliche	Circonferenze
Nome e Cognome	FAT desiderabile	Tricipitale	<u>Testa</u>
Sesso	Peso ideale	Bicipitale	Braccio
Età		Sottoscapolare	Vita
Peso		Soprailiaca	Fianchi
Altezza		Addominale	Coscia (radice)
<u>Lunghezza supina</u>		Coscia (anteriore)	Coscia (mediana)
Altezza da seduto		Coscia (posteriore)	
Arm-span			



composizione corporea dell'uomo ed una letteratura che va crescendo di giorno in giorno ci offre critiche e suggerimenti sempre nuovi. Le capacità di calcolo e di immagazzinamento dati di un PC ne fanno uno strumento ideale anche in quest'area di ricerca. Non più di una manciata di secondi è richiesta per la risoluzione di decine e decine di equazioni e meno di un minuto per la stampa dei risultati. In pochi minuti è quindi possibile avere sulla scrivania un tabulato con una completa valutazione dello stato nutrizionale del nostro paziente o soggetto dello studio. Se a questo aggiungiamo la possibilità di un raffronto automatico dei dati rilevati con quelli di riferimento (growth charts di Tanner, NHCS e WHO), l'utilità di quest'approccio risulta ancora più evidente.

Ma altro tempo può essere "salvato" oltre a quello speso per lo sviluppo manuale delle equazioni. Entrambi i software incorporano un database che ci consente di registrare e seguire i nostri pazienti nel tempo, oltre a permetterci di raggrupparli in categorie per ogni dimensione antropometrica considerata, opzione quest'ultima utile per studi statistici ed epidemiologici.

A questo punto della discussione è però doveroso ricordare i principali limiti dell'antropometrica, peraltro già ripetutamente sottolineati in questo manuale: il suo campo d'indagine è rappresentato dal grasso sottocutaneo, il quale non è linearmente correlato a quello totale e, perciò, la variazione dell'uno non segue fedelmente quella dell'altro. È inoltre opportuno sottolineare l'importanza di fattori come razza, sesso, assetto ormonale, tipo di nutrizione e attività fisica nel determinismo della distribuzione ed estensione delle riserve di grasso (Heymsfield et al., 1984; Huttunen, Knipp & Pavilainen, 1986; Frisancho and Housh, 1988).

Dunque l'antropometrica dovrebbe essere considerata una tecnica descrittiva ma non predittiva della massa grassa (Hattatori et al., 1987), anche se una stima più precisa dei depositi di grasso può essere ottenuta con la misurazione di più pliche e circonferenze a differenti livelli anatomici (Owen, 1982; Johnston, 1982).

I software descritti includono le equazioni antropometriche i cui risultati meglio si correlano a quelli ottenuti utilizzando tecniche invasive per il distretto specifico in esame.

## BIBLIOGRAFIA

Abdel Malek A.K. Mukherjel D., Roche A.F. (1985)  
A method of constructing an index of obesity

*Hum. Biol.* 1985; 57: 415-430

Balestrazzi A., Ballardini D., Battistini N., Merlini L.  
Growth pattern and body composition in spinal muscular atrophy. In: Merlini, Granata, Dubowitz, eds.: *Current Concepts in childhood spinal muscular atrophy*, 1989: Springer-Verlay New York: 221-226

Bedogni G., Battistini N., De Lorenzo A., Rompianesi G. and Brancati A.  
ELE.N.A.: A software for anthropometric evaluation of nutritional status. 1989: Atti della *Riunione congiunta di SIBS, SIF, SINU*, pp. 85

G. Luppi, N. Battistini  
Elaborazione computerizzata di dati antropometrici per la valutazione della composizione corporea e del fabbisogno calorico giornaliero nell'adulto  
*Alim. Nutr. Metab.* 1989;10: 45-52

Boileau R.A. et al.  
Hydration of the fat free body in children during maturation  
*Hum. Biol.* 1984; 56: 651-666

Bossi A., Milani S.  
Italian standards for crown-heel length and head circumference at birth  
*Ann. of Hum. Biol.* 1978; 14: 321-335

Boutton T.W. et al.  
Body composition of Peruvian children with short stature and high weight-for-height. Total body water measurements and their prediction from anthropometric values  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1987; 45: 513-525

Brandt I.  
Growth dynamics of low-birth-weight infants with emphasis on the perinatal period. In: Falkner F. and J. Tanner, eds. *Human growth: an advanced treatise*, vol. II. 1978; Plenum Press New York, 415-474.

Brook C.G.D.  
Determination of body composition of children from skinfold measurements  
*Archives of disease in childhood* 1971; 46: 182-186

Cunningham J.J.  
An individualization of dietary requirements for energy in adults  
*Am. J. Diet. Ass.* 1982; 80: 335-339

- Dibley M.J., Staheling N., Nieburg P., Trowbridge F.L.  
Interpretation of Z-score anthropometric indicators derived from the international growth reference  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1987; 46: 749-762
- Dobbing J., Sands J.  
Quantitative growth and development of human brain  
*Arch. Dis. Child.* 1973; 48: 757-767
- Du Bois D., Du Bois E.F.  
A formula to estimate the approximate surface area if height and weight are known  
*Arch. Int. Med.* 1916; 17: 863-871
- Durnin J.V.G.A., Ramahan M.M.  
The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness  
*Br. J. Nutr.* 1967; 21: 681-689
- Durnin J.V.G.A., Womersley J.  
Body fat estimates from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurement on 481 men and women aged 16-72 years  
*Br. J. Nutr.* 1974; 32, 77-97
- Fomon S.J., Haschke F., Ziegler E.E., S.E. Nelson  
Body composition of reference children from birth to age 10 year  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1982; 35: 1169-1175
- Forbes G.B.  
Techniques for estimating body composition.  
In "Human Body Composition: growth, aging and nutrition" 1987; Springer-Verlag NY
- Frisancho A.R.  
New norms of upper limbs fat and muscle areas for assessment of nutritional status  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1981; 34: 2540-2545
- Frisancho A.R., Flegal P.N.  
Elbow breadth as a measure of frame size for US males and females  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1983; 37: 311-314.
- Frisancho A.R. and Housh C.H.  
The relationship of maturity rate to body size and body proportions in children and adults  
*Hum. Biol.* 1988; 60: 759-770
- Garrow J.S.  
Indices of adiposity  
*Nutr. Abstr. Rev.* 1983; 53: 697-708
- Garrow J.S., Webster J.  
Quetelet's index ( $w/h^2$ ) as a measure of fatness  
*Int. J. Obes.* 1985; 9: 147-153
- Garrow J.S.  
Health implications of obesity in "Obesity and related diseases" 1988;  
Churchill Livingstone: Edinburgh, 1-21
- Grant J.P.  
*Handbook of total parenteral nutrition, 1980;* W.B. Saunders Company: Philadelphia
- Hamill P.V.V., Drizd T.A., Hohnson C.L., Reed R.B., Roche A.F. and W.M. Moore  
Physical growth: National Center for Health statistics percentiles  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1979; 32: 607-629
- Heymsfield S.B., Mc Manus C. B., Smith J., Stevens V., Nixon D.W.  
Anthropometric measurements of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1982; 36: 680-690
- Heymsfield S.B., Mc Manus C.B., Seitz S.B., Nixon D.W., Andrews J.S.  
Anthropometric assessment of Adult Protein-Energy malnutrition. In "Nutritional Assessment". 1984; Blackwell Scientific Publications: Boston, 27-82
- Heymsfield S.B., Williams P.J.  
Nutritional Assessment by clinical and biochemical methods. In "Modern Nutrition in Health and Disease", 7th edn 1988;  
Lea & Febiger: Philadelphia, 817-860
- Hill G.L., Beddoe A.H.  
Dimensions of human body and its compartments. In "Nutrition and Metabolism and patient care" 1988; W.B. Saunders Company: Philadelphia, 89-118
- Hume R., Weyers E.  
Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects  
*J. Clin. Path.* 1971. 24: 234-238
- Huttunen N.P., Knip M., Paavilainen T.  
Physical activity and fitness in obese children 1986; *Int. J. Obes.* 10, 519-525
- Jackson A.S., Pollock M.L.  
Generalized equations for predicting body density

of men

*Br. J. Nutr.* 1978; 40: 497-504

James W.P.

Comments on the new equations. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* 1989; 39 Suppl. 1: 92-96

Johnston F.E.

Validity of triceps skinfold and relative weight as measures of adolescent obesity  
*Journal of adolescent health care* 1985; 6: 185-190

Johnston F.E.

Relationships between body composition and anthropometry  
*Hum. Biol.* 1982; 54: 221-245

Keys A. and Brozek J.

Body Fat in adult man  
*Phys. Rev.* 1953; 33: 245-325

Keys A., Fidanza F., Karvonen M., M.J. Kimura and Taylor H.L.

Indices of relative weight and obesity  
*J. Chron. Dis.* 1972; 25: 329-343

Knapp T.R.

A methodological approach of the "ideal weight" concept  
*JAMA* 1983; 250: 506-510

Krause M.V., Mahan L.K.

*Food Nutrition and Therapy: a textbook of nutritional care. 7th edn.* 1984;  
W.B. Saunders Company: Philadelphia, 9-23

Hattatori K., Becque M.D., Katch V.L., Rocchini A.P.

Fat patterning of adolescents  
*Ann. Hum. Biol.* 1987; 14: 23-28

Lohman T.G.

Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review  
*Hum. Biol.* 1981; 53: 181-225.

Lukasky H.C.

Methods for assessment of the human body composition: traditional and new  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1987; 46: 537-556

Mellits E.D., Cheek D.B.

The assessment of body water and fatness from infancy to adulthood  
*Monographs of the Society for Research in child development, 1970;* 35:12-26

Owen G.

Measurement, recording and assessment of skinfold thickness in childhood and adolescence: report of a small meeting  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1982; 35: 629-638

Quetelet L.A.J. (1869):

*Physique Sociale. vol 2: 92*, Brussels;  
C. Muquardt

Roche A.F., Siervogel R.M., W. Cameron Chumlea and Webb P.

Grading body fatness from limited anthropometric data  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1981; 31: 2831-2838

Rolland Cachera M.F., Semple M., Guilloud-Bataille M.G., Patois E., Pequignot-Guggenbuhl F. and Fautrad V.

Adiposity indices in children  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1982; 36: 178-184

Rolland-Cachera M.F., Deheeger M., Guillod-Bataille M.

Tracking the development of adiposity from one month of age to adulthood  
*Ann. Hum. Biol.* 1987. 14: 219-229

Rolland-Cachera, Bellisle F., Sempe M.

The prediction in boys and girls of the weight/height<sup>2</sup> index and various skinfold measurements in adults: a two-decade follow-up study  
*Int. J. Obes.* 1989. 13: 305-311

Seidell J.C., Bakx J.C., De Boer E., Deurenberg P. and Hautvast J.G.A.J.

Fat distribution of overweight persons in relation to morbidity and subjective health  
*Int. J. Obes.* 1985; 9: 363-374

Sinopolous A.P., Van Itallie T.B.

Body weight, health and longevity  
*Ann. Int. Med.* 1984; 100: 285-295

Società Italiana di Nutrizione Umana (SINU).

LARN: livelli di assunzione giornaliera raccomandati di energia e nutrienti per la popolazione italiana  
Roma: 1987

Wadden T.A., Stunkard A.J., Johnston F.E., Wang J., Pierson R.N., Van Itallie T.B., Castello E., Pena E.

Body fat deposition in adult obese women. Changes in fat distribution accompanying weight reduction

*Am. J. Clin. Nutr.* 1988; 47: 229-234

Webbs P.

Energy expenditure and fat free mass in men and women

*Am. J. Clin. Nutr.* 1981; 34: 1816-1821.

Weltman A., Seip R.L. and Zung Vu Tran

Practical assessment of Body composition in adult obese males

*Hum. Biol.* 1987; Vol 59 No 3: 523-535

Westrate J.A., Deurenberg P.

Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat from total body density or skinfold-thickness measurements

*Am. J. Clin. Nutr.* 1989; 50: 1104-1115

WHO working group

Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status

*Bulletin of the World Health Organization* 1986; 64: 929-941

## Capitolo 22

# Metodi di determinazione della Composizione Corporea

G. Enzi

### INTRODUZIONE

La conoscenza della composizione corporea è indispensabile in diversi settori della ricerca di base, della ricerca applicata e della pratica clinica, allorché sia necessaria l'esatta valutazione di spazio di distribuzione di farmaci, la definizione di fabbisogni nutrizionali, la valutazione di terapie dietetiche o farmacologiche.

I metodi di determinazione della composizione corporea si basano sostanzialmente su due principi:

1) La distribuzione elettiva di traccianti introdotti dall'esterno o naturalmente presenti in specifici compartimenti dell'organismo, che permette, misurando la diluizione dei traccianti stessi di calcolare le dimensioni del rispettivo pool di distribuzione. Le tecniche che si valgono di questo principio sono definite tecniche diluzionali e mi-

surano singoli componenti da cui vengono poi estrapolati altri compartimenti (tecniche monocompartimentali).

2) Le differenti proprietà fisico-chimiche dei componenti corporei quali peso specifico, conduttività elettrica e magnetica, attenuazione di energia di raggi X o fotoni, risonanza magnetica nucleare o attivazione neutronica. Su queste basi è possibile misurare contemporaneamente più compartimenti (tecniche pluricompartimentali).

Nella Tabella 1 sono riportate schematicamente le tecniche conosciute per la determinazione della composizione corporea.

A queste tecniche di misura diretta vanno aggiunti i metodi antropometrici, che dai rilievi dello spessore delle pliche cutanee, della statura e dal peso corporeo permettono di estrapolare con adeguate formule, la composizione corporea.

Nella Tabella 2 sono riassunti i principi chimico-fisici cui si ricorre per la valutazione della composizione corporea.

**Tabella 1** Metodi di analisi della composizione corporea

#### A - Metodi monocompartimentali

- 1) Misura dell'acqua corporea
  - a. diluizione di traccianti (isotopi radioattivi, isotopi freddi, sostanze chimiche)
  - b. impedenza bioelettrica
  - c. conduttanza magnetica
- 2) Misura del potassio corporeo (K<sup>40</sup> spontaneamente presente o K40 iniettato)

#### B - Metodi pluricompartimentali

- 1) Analisi chimica diretta su cadavere
- 2) Peso specifico per pesata subacquea
- 3) Tomografia assiale computerizzata
- 4) Densitometria a doppio raggio fotonico
- 5) Risonanza magnetica nucleare
- 6) Attivazione neutronica

#### METODI DI ANALISI MONOCOMPARTIMENTALI

##### 1) MISURA DELL'ACQUA CORPOREA TOTALE

L'acqua corporea, suddivisa in intra-, trans-, ed extracellulare costituisce la parte più rilevante della massa non adiposa.

Si è concordi nel ritenere che l'acqua corporea totale (TBW) costituisca il 73% del peso della massa magra, che si può quindi calcolare nel modo seguente:

$$\text{massa magra} = \text{TBW}/0.73$$

La massa adiposa si ricava semplicemente per differenza del peso o massa corporea:

$$\text{massa adiposa} = \text{massa corporea} - \text{massa magra}.$$

Tabella 2 Principi chimico-fisici per la determinazione della composizione corporea

Proprietà fisico-chimiche del compartimento	Modello a due compartimenti		Tecniche di misura
	Due compartimenti		
	Massa magra	Massa grassa	
Peso specifico a 37°C (g/cc)	1.1	0.91	Bilancia idrostatica. Pletismografia corporea
Contenuto di acqua	72-74%	anidra	Diluizione isotopica ( $^3\text{H}_2\text{O}$ , $\text{D}_2\text{O}$ , $\text{H}_2\text{O}^{18}$ ) Impedenziometria
Contenuto di K	60-70 mM/kg 50-60 mM/kg	nullo	Diluizione isotopica $\text{K}^{42}$ misurazione isotopo $\text{K}^{40}$
Solubilità di gas	nulla	ottimale	Concentrazione dello Xenon nel tessuto adiposo, curve di diluizione
Metaboliti muscolari	proporzionale alla massa proteica muscolare	nulla	Dosaggio urinario/24h della creatinina o della 3-metilistidina
Attenuazione raggi X		da -50 a -250UH*	TAC
Conduttanza	elevata	nulla	Conduttanza magnetica
Modello multicompartimentale			
Assorbimento di energia fotonica	Diverso assorbimento della massa ossea, massa muscolare, massa adiposa		Assorbimento fotonico a doppio raggio
Contenuto di azoto e Ca	Diverso contenuto della massa proteica muscolare e non muscolare, massa grassa, massa ossea		Attivazione nucleare
Risonanza magnetica	Diverso comportamento dei vari nuclei atomici		Risonanza Magnetica Nucleare

\* UH= Unità Haunsfield, rapportate ai valori di attenuazione dell'acqua fatti pari a 0

È stato però recentemente dimostrato che nei soggetti normali l'idratazione della massa magra varia da 0.685 a 0.754, e che questa variabilità aumenta in condizioni patologiche: ad esempio in pazienti sottoposti ad interventi chirurgici o malnutriti essa varia da 0.670 a 0.830. L'assunzione che il valore di idratazione della massa magra è costante (0.73) introduce un errore sistematico nel calcolo della massa magra a partire dall'acqua corporea.

La misurazione dell'acqua corporea si ottiene con tre metodi:

#### a) diluizione di traccianti.

Il metodo più affidabile per determinare la TBW è la misura della spazio di diluizione di traccianti radioattivi, quali gli isotopi dell'idrogeno e dell'ossigeno o di traccianti chimici quali l'etanolo e l'urea. L'uso di tale metodo, per l'esposizione radioattiva, è limitato alla ricerca e alla validazione di tecniche non invasive. In pratica si infonde una quantità nota di acqua tritiata o deuterata e al tempo dell'equilibrio si misura nel plasma la concentrazione del tracciante e se ne calcola quindi la diluizione subita: la concentrazione del tracciante

è inversamente proporzionale allo spazio di distribuzione; secondo la seguente equazione:

$$V = \frac{C_i}{C_m}$$

dove  $C_i$  è la quantità di tracciante iniettato e  $C_m$  la concentrazione finale del tracciante.

Alcune semplici regole vanno ricordate: 1) il tempo di equilibrio deve essere noto; 2) il volume da determinare non deve modificarsi durante la misurazione; 3) il tracciante non deve uscire in quantità apprezzabili dal pool di distribuzione e, se così è, deve esserne misurata l'eliminazione; 4) Il tracciante non deve essere metabolizzato in quantità apprezzabili durante il periodo di equilibrio; 5) il tracciante non deve diluirsi in pools diversi da quello da misurare; 6) Il tracciante non deve ricircolare nel periodo di equilibrio.

L'isotopo più largamente utilizzato è l' $^3\text{H}$ , che misura il pool totale dell'idrogeno scambiabile, inclusi gli atomi di H presenti nelle proteine, nel glicogeno

e nei lipidi, che corrispondono al 5.2% dell'idrogeno totale. Considerato però l'elevato tempo di scambio tra idrogeno dell'acqua e idrogeno delle molecole organiche, è corretto assumere che ai tempi di equilibrio abitualmente utilizzati (2-3 ore) venga misurata esclusivamente l'acqua corporea. La misurazione separata dell'acqua intra ed extracellulare è possibile utilizzando traccianti che si distribuiscono solo nello spazio extracellulare. Il metodo più usato è quello del bromo, che ha una precisione del 4%. Calcolata l'acqua extracellulare e l'acqua corporea totale, è possibile per differenza conoscere il volume dell'acqua intracellulare. Il metodo del Bromo sovrastima leggermente lo spazio dell'acqua extracellulare rispetto al metodo del tiosolfato e dell'inulina, ma i livelli di equilibrio del Br sono molto più soddisfacenti.

Recenti metodi permettono il rilevamento del Br plasmatico a bassissime concentrazioni, rendendo possibile la determinazione dell'acqua extracellulare con somministrazione di piccole quantità (2-3g) di cloruro di Bromo per os.

#### b) Analisi dell'impedenza bioelettrica.

L'impedenza che il corpo offre al passaggio di una corrente elettrica sinusoidale può essere utilizzata per determinare l'acqua corporea (6-8). L'impedenza bioelettrica può essere così espressa:

$$Z^2 = (\text{resistenza})^2 + (\text{reattanza})^2$$

Per poter capire il principio di questa nuova tecnica è necessario spiegare il concetto di resistenza e reattanza. La resistenza dell'organismo ad un flusso elettrico dipende dalla frazione di massa magra e di tessuto adiposo.

I tessuti magri sono a bassa resistenza (buoni conduttori) perché hanno grandi quantità di acqua ed elettroliti; il tessuto adiposo (costituito quasi esclusivamente da trigliceridi) al contrario è un cattivo conduttore. È evidente che la resistenza totale corporea è inversamente proporzionale al contenuto di acqua corporea totale e di massa magra, e direttamente proporzionale alla quantità di tessuto adiposo.

Su tali premesse sono state elaborate equazioni che permettono di calcolare dalla resistenza l'acqua corporea totale.

La più utilizzata è quella di Kushner:

maschi:

$$TBW = 0.396 (AH/R) + 0.143 (\text{Peso}) + 8.399$$

femmine:

$$TBW = 0.382 (AH/R) + 0.105 (\text{Peso}) + 8.315$$

Come metodi di riferimento per la validazione di queste formule sono stati usati la diluizione radioisotopica e la pesata con bilancia idrostatica.

La reattanza o resistenza capacitiva è la forza che si oppone al passaggio di una corrente elettrica a causa di una capacità (condensatore). Un condensatore è costituito da due piastre conduttive separate tra loro da uno strato non conduttivo o isolante e serve per immagazzinare cariche elettriche.

Le cellule non adipose, avendo una membrana cellulare costituita da uno strato lipidico non conduttivo si comportano da condensatori e quando sono attraversate da una corrente elettrica oppongono una resistenza e una reattanza.

Le cellule adipose viceversa essendo delle sfere di trigliceridi non si comportano da condensatori, cioè hanno una resistenza ma non una reattanza.

La reattanza quindi è una misura della quantità di membrane cellulari capacitive, ed è un indice di massa cellulare corporea. L'analisi di impedenza bioelettrica in pratica consiste nel rilevare resistenza e reattanza corporea durante il passaggio di una corrente alternata (800μA, 50 KHz). Per convenzione gli elettrodi adesivi sono applicati alla mano destra (epifisi metacarpale 3 dito) e al piede destro (epifisi metatarsale 2 dito, dorsalmente); gli elettrodi rilevatori sono posizionati sulla bisettrice passante per l'epifisi ulnare destra e alla caviglia tra il malleolo mediale e laterale dorsalmente.

Il soggetto deve essere a digiuno da almeno 4 ore, in equilibrio idro-elettrolitico, e deve rimanere durante il test in posizione supina con arti abdotti.

Numerosi studi hanno dimostrato che l'analisi della impedenza bioelettrica permette di stimare l'acqua corporea totale e la massa magra con risultati sovrapponibili a quelli ottenuti con i metodi isotopici. Questa tecnica di misura dell'acqua corporea, di rapida esecuzione e non invasiva, è di grande utilità nelle indagini che debbono fare riferimento alla composizione corporea, come studi di farmacocinetica, indagini nutrizionali, follow-up di pazienti in trattamento con farmaci che possono modificare la composizione corporea, in obesi in terapia dimagrante, in ustionati.

Tale tecnica, per semplicità e rapidità di esecuzione, può costituire un valido ausilio anche ambulatoriale nello studio della composizione corporea e può essere utilizzata anche in indagini epidemiologiche.

Va comunque ricordato che l'impedenziometria misura con accuratezza l'acqua corporea e che la composizione corporea viene successivamente estrapolata con formule, il cui valore sicuramente varia a seconda delle caratteristiche del soggetto e della popolazione studiati, in funzione princi-

palmente dell'età, del sesso, del livello di attività fisica, dello stato nutrizionale, di eventuali situazioni fisiologiche o patologiche interferenti con lo stato nutrizionale.

Ciò rende necessario che ciascun ricercatore si crei gruppi di controllo specifici per la validazione dei risultati ottenuti.

#### CONDUTTIVITÀ ELETTRICA CORPOREA

##### (TOTAL BODY ELECTRICAL CONDUCTIVITY • TOBEC)

Questo metodo, correntemente usato per la determinazione a scopo commerciale del contenuto di grassi nelle carni e nella carcassa di animali, utilizza le differenze della conduttività elettrica e delle proprietà dielettriche della massa proteica e del tessuto adiposo.

Lo strumento consiste in un solenoide cilindrico attraverso cui viene fatta passare una corrente oscillante di 5 MHz di frequenza.

Il campo magnetico induce una corrente elettrica in ogni materiale conduttivo posto all'interno del cilindro, di intensità correlata al contenuto di elettroliti. I valori ottenuti con il TOBEC in animali da esperimento correlano strettamente con l'acqua corporea totale e la massa magra determinante chimicamente nella carcassa.

Nell'uomo il TOBEC di 2ª generazione per adulti ha fornito stime dell'acqua corporea totale e quindi di massa magra altamente correlate con i valori ottenuti usando il metodo della diluizione isotopica. I migliori coefficienti di correlazione ( $r = 0.997$ ) e i più bassi errori standard della stima (0.68 Kg) si avevano applicando formule di predizione che consideravano il 1 e 3 coefficiente di Fourier dei segnali TOBEC trasformati nonché l'età, l'altezza e la circonferenza di segmenti corporei.

L'analisi della TOBEC è stata validata anche per l'uso in mini pigs del peso di 3-10 Kg assimilabili ai bambini.

#### 2) Misura del potassio corporeo totale

Il potassio è un catione essenzialmente intracellulare, presente in quantità costante nei tessuti magri in particolare nel tessuto muscolare ed assente nelle cellule adipose.

La determinazione del potassio corporeo totale permette quindi di stimare la massa magra.

Ciò è possibile misurando l'isotopo  $K^{40}$  naturalmente presente nell'organismo o lo spazio di diluizione del  $K^{42}$  iniettato. Il  $K^{40}$ , è presente in rapporto costante dello 0.01 per cento con l'isotopo stabile. Il  $K^{40}$  decade con una emivita di 1.3-10 anni emettendo particelle  $\gamma$  di energia di 1.46 MeV. Può essere misurato con un "Total Body Counter" a rivelatori allo jodio. La tecnica di misura non è invasiva,

la determinazione del  $K^{40}$  e il calcolo del potassio corporeo totale sono rapidi (10-30 minuti, ma lo strumento è molto costoso e richiede una rigorosa schermatura ed una accurata taratura su fantocci riproducenti la sagoma umana e a contenuto noto di  $K^{40}$  o  $K^{42}$ . Richiede inoltre la validazione mediante misura diretta in volontari del  $K^{40}$  iniettato in quantità note.

#### 3) Misura dell'azoto corporeo totale

È un indice di massa magra essendo il tessuto adiposo costituito essenzialmente di trigliceridi, e quasi privo di azoto. Attualmente la misura precisa dell'azoto corporeo totale viene eseguita con l'analisi di attivazione neutronica "in vivo".

La misura dell'azoto totale permetterà il calcolo della massa proteica secondo la equazione:

$$\text{proteine totali} = \text{Azoto totale} \times 6.25.$$

Il vantaggio teorico di questa tecnica di misurazione della massa proteica è data dalla possibilità di ottenere una valutazione istantanea, a differenza dei metodi che misurano il bilancio azotato, che richiedono tempi di misura di almeno 24 ore e sono meno accurate.

L'uso di questa tecnica è tuttora limitata a centri altamente specializzati.

### METODI DI ANALISI PLURICOMPARTIMENTALI

#### 1) Peso specifico corporeo

Tale metodo è basato sul principio che il corpo è costituito da componenti con diversa densità o peso specifico (massa magra = 1.1; tessuto adiposo = 0.91); pertanto il peso specifico globale, (rapporto tra peso e volume corporeo) è inversamente proporzionale alla quota di tessuto adiposo dell'organismo.

La densità corporea (o peso specifico) si ottiene in pratica rapportando il peso del corpo in esame con il peso del corpo pesato sott'acqua:

$$\text{Densità} = \frac{\text{peso corporeo}}{\text{peso corporeo in acqua}} \times D_t$$

$D_t$ : peso di un litro di acqua alla temperatura in cui si opera. Con tale metodo la massa ossea (peso specifico: 1.43-2.00) e l'idratazione della massa magra sono considerati costanti, mentre deve essere misurato il contenuto aereo polmonare; il contenuto intestinale di gas non è invece misurabile e costituisce una fonte di imprecisione. Calcolato il peso specifico, si può estrapolare la massa magra e la massa adiposa.



Le formule più frequentemente utilizzate per risalire alla percentuale di tessuto adiposo sono riportate nella Tabella 3.

La pesata in vasca idrostatica richiede la collaborazione del paziente ed è pertanto difficilmente utilizzabile nei bambini, negli anziani, nei soggetti malati o comunque non in grado di collaborare. Sono state elaborate equazioni per predire la densità e quindi la composizione corporea da misure antropometriche, particolarmente dalla plicometria.

**Tabella 3** Equazioni usate per calcolare la percentuale di tessuto adiposo dalla misura della densità corporea (peso specifico)

**Formula di Rathbun e Pace**

$$\left( \frac{5.548}{D} - 5.044 \right) \cdot 100$$

**Formula di Siri**

$$\left( \frac{4.950}{D} - 4.5 \right) \cdot 100$$

**Formula di Brozek**

$$\left( \frac{4.971}{D} - 4.519 \right) \cdot 100$$

**2) Tomografia assiale computerizzata (TAC)**

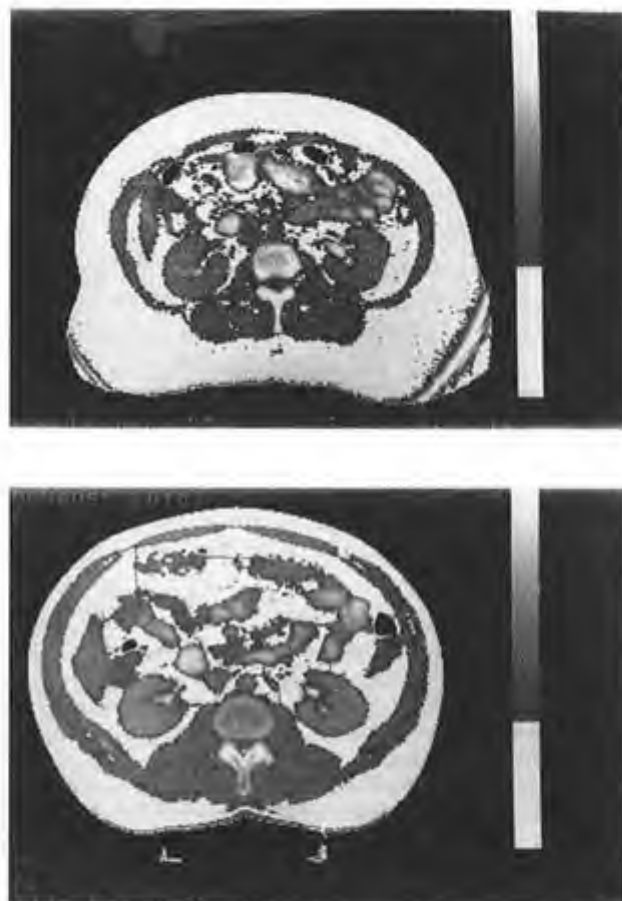
La TAC è un moderno metodo radiografico che permette di determinare la composizione corporea regionale.

Sfruttando il differente coefficiente di attenuazione dei tessuti ai raggi X, tale metodica fornisce, con l'ausilio del computer, immagini corporee bidimensionali in cui il tessuto adiposo, muscolare, osseo ed i vari parenchimi si riconoscono per la specifica attenuazione della luminosità (Figura 1).

È stato utilizzato quindi anche per la misura della composizione corporea.

La tomografia assiale computerizzata, per l'elevata dose di radiazioni assorbite ed i costi di esercizio non può essere utilizzata a tali scopi routinariamente, ma può servire come riferimento per la validazione e la taratura di altri metodi.

La TAC è invece un metodo insostituibile per la valutazione della distribuzione del tessuto adiposo e dei rapporti tra tessuto adiposo sottocutaneo e viscerale e delle variazioni relative che si hanno in funzione del sovrappeso, dell'età e di malattie en-



**Figura 1** TAC: scansione a livello dell'ilo renale. Il tessuto adiposo, reso a massima luminosità, appare chiaramente differenziato rispetto a muscoli e parenchimi.

A = obesità con prevalente accumulo sottocutaneo  
B = obesità con prevalente accumulo viscerale

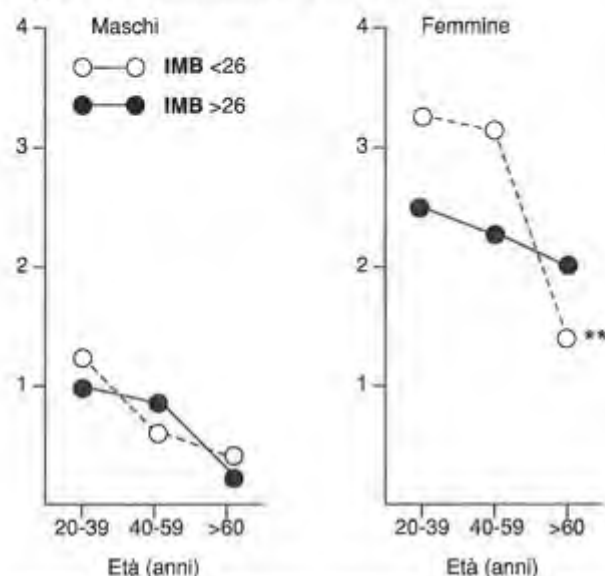
docrine e metaboliche. Già negli anni '50 Jean Vague aveva intuito e dimostrato l'importanza della distribuzione del tessuto adiposo e del rapporto tra adipe e muscolo quale predittore di rischio metabolico. Aveva così distinto l'obesità ginoide, con distribuzione del grasso alla regione sottocutanea della metà inferiore del corpo e l'obesità tipo androide, con accumulo viscerale del grasso.

L'obesità di tipo androide, tipica del maschio ma presente anche nelle donne, si associa a diabete, dislipidemia, iperuricemia e ipertensione con frequenza molto maggiore di quanto sia nell'obesità ginoide.

Poiché la massa adiposa viscerale risulta essere il miglior predittore di rischio metabolico, si sono cercate tecniche più accurate di misura della distribuzione del grasso, che permettessero la quantificazione dei depositi viscerali.

La tomografia assiale computerizzata si è mostrata adeguata allo scopo. Come già detto, il tessuto

## Rapporto area sottocutanea area viscerale



**Figura 2** Variazione della distribuzione del tessuto adiposo (rapporto area sottocutanea/area viscerale alla TAC addominale) in funzione di sesso, di età e di sovrappeso, di rapporto S/V è più basso (accumulo viscerale di grasso) negli uomini rispetto alle donne e negli anziani rispetto ai giovani. Viceversa il rapporto S/V è più alto nelle donne obese rispetto alle donne non obese (obesità sottocutanea).

adiposo può essere differenziato sulla base di specifici valori di attenuazione (da 50 a -250 unità Haunsfield). L'area del tessuto adiposo sottocutaneo e viscerale può quindi essere misurata sulla immagini TAC ai livelli desiderati.

Il rapporto tra area sottocutanea ed area viscerale (rapporto S/V) viene quindi assunto come indicatore della prevalenza di accumulo sottocutaneo o viscerale di adipe.

È stato così possibile dimostrare (Figura 2) che nell'uomo il rapporto S/V è molto più basso che nella donna, indipendentemente dal grado di sovrappeso e dall'età, mentre nella donna il rapporto S/V dipende sia dal grado di sovrappeso che dall'età: è cioè significativamente ridotto nelle donne in sovrappeso oltre i 60 anni di età.

Si può inoltre dimostrare che l'accumulo viscerale di adipe all'addome è predittivo di accumulo viscerale di adipe al torace (adiposità mediastinica).

La valutazione della massa adiposa mediastinica può essere utile per lo studio dei disturbi respiratori nell'obesità.

### 3) Densitometria a doppio raggio fotonico (DPA)

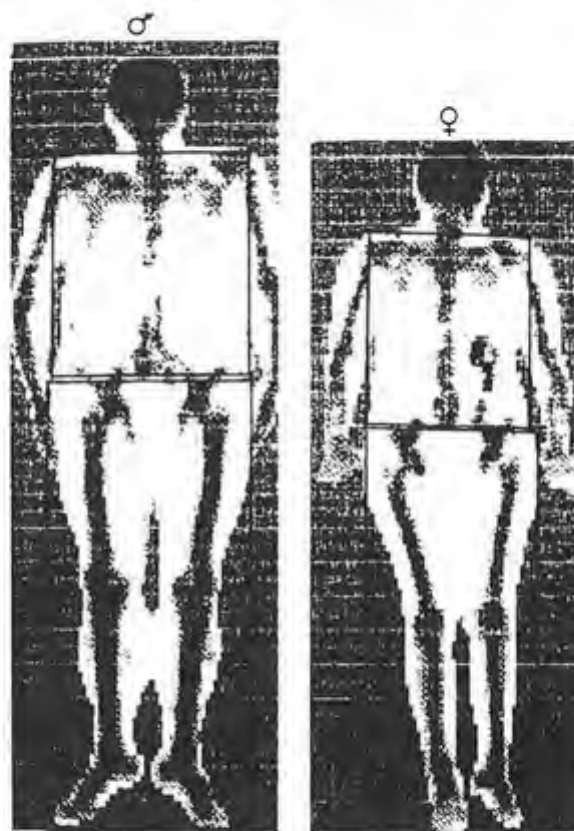
Tale tecnica è basata sul principio del differente coefficiente di attenuazione dei tessuti quando sono attraversati da un doppio raggio di diffe-

rente energia (44 e 100 Kev) emesso da una sorgente radioattiva.

La densitometria a doppio raggio fotonico è stata impiegata inizialmente per stimare la componente minerale ossea vertebrale nello studio dell'osteoporosi. Recentemente, utilizzando scansioni "total body" la densitometria a doppio raggio fotonico ha permesso di stimare anche la componente proteica e grassa e quindi di determinare la composizione corporea dell'organismo. Tale tecnica misura il tessuto minerale osseo e i tessuti molli suddivisi in tessuto adiposo e tessuto non adiposo (Figura 3); inoltre consente di valutare la composizione di singoli segmenti corporei.

I limiti all'uso routinario della densitometria a doppio raggio fotonico sono il costo elevato della strumentazione e i costi di esercizio, la durata dell'esame e la collaborazione del paziente (immobilità durante il test).

Il suo impiego è pertanto circoscritto allo studio di gruppi selezionati di popolazione, a studi di composizione corporea distrettuale.



**Figura 3** Determinazione della composizione corporea mediante densitometria.

I principali compartimenti corporei vengono direttamente misurati. È possibile anche la misurazione della composizione distrettuale

#### 4) Risonanza magnetica nucleare (RMN)

È una tecnica molto recente basata sul principio che nuclei atomici (protoni e neutroni) se inseriti in un campo magnetico, assumono un orientamento ordinato; in tali condizioni essi assorbono energia quando sono colpiti da onde elettromagnetiche e la cedono quando lo stimolo cessa.

L'emissione di energia, caratteristica per ogni tessuto in rapporto alle molecole presenti, è registrata dallo strumento ed elaborata un'immagine tridimensionale.

La RMN in tal modo, pur avendo un impiego elettivo nella diagnostica patologica non invasiva, permette anche di stimare dettagliatamente la composizione corporea.

Attualmente tale tecnica ha un impiego solo sperimentale negli studi di composizione corporea, per gli elevatissimi costi di esercizio.

## CONCLUSIONI

Attualmente nell'approccio a svariati problemi di fisiologia, di patologia e di farmacocinetica è necessario conoscere con la maggior precisione possibile la composizione corporea.

Le formule antropometriche, che permettono di stimare il peso ideale, l'entità del sovrappeso e la composizione corporea pur fornendo informazioni molto utili nella pratica clinica e in indagini su popolazioni numerose non sono sufficientemente precise per studi "caso-controllo" e per ricerca scientifica.

A tale scopo devono essere eseguite indagini strumentali che permettono di determinare la composizione corporea (massa magra e tessuto adiposo) con maggior accuratezza.

Dei metodi descritti in questo lavoro alcuni sono molto indaginosi (densitometria corporea, potassio corporeo totale, diluizione di isotopi) o hanno costi di esercizio elevati (TAC, Risonanza Magnetica Nucleare, Densitometria a doppio raggio fotonico) per cui servono solo a scopo di ricerca e di validazione di altri metodi, o per studi di composizione distrettuale, e sono utilizzabili in centri specializzati.

Altri metodi, primo fra tutti l'impedenziometria pur se meno precisi, sono viceversa più semplici e di rapida esecuzione e sono quindi utilizzabili sia nella pratica ambulatoriale che in indagini su popolazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Shoeller DA, van Santen E et al  
Total body water measurement in humans with O and H labeled water  
*Am.J.Clin.Nutr.* 1980; 33: 2686-2693

Leopky JA, Myhre LG, Venters MD.  
Total body water and lean body mass estimated by ethanol dilution  
*J.Appl.Physiol* 1977; 232 R54 - 59

Mc Cance RA, Widdonson EM  
A method of breaking down the body weights of living persons into terms of extracellular fluid cell mass and fat and some application of it to physiology and medicine  
*Proc. Roy Soc. B* 1951; 138: 115-130

Leonhardt W., Hanefeld M., Julius U., Schulze J., Fischer S., Weck M., and Haller H.  
Predictive value of the index of desirable body weight for total body fat mass as measured by dilution of tritiated water-Problems and limitations  
*Int. J. of Obesity* 1987; 11:221-28

Shao Hr., Liu QX., Enzi G., Moschini G., Sergi G.  
Evaluation of the extracellular water in human body by determination of Br concentration  
*Inst. Meth. Phys. Res.* 49: 238-240, 1990

Kushner R. F and Shoeller D. A.  
Estimation of totale body water by bioelectrical impedance analysis  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1986; 44: 417-424

Segal K. R., Van Loan M, Fitzgerald P, Hodgdon JA, Van Itallie TB.  
Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study  
*Am.J.Clin.Nutr.* 1988; 47:7-14

Lukaski HC  
Methods for the assessment of human- body composition: traditional and new  
*Am.J.Clin.Nutr.* 1987; 46:537-56

Presta E., Segal K. R., Gutin B., Harrison G. G., Van Itallie T. B  
Comparison in man of total body electrical conductivity and lean body mass derived from body density validation of a new body composition method.  
*Metabolism* 35: 524-527, 1983

Keim N. L., Mayclin Pl., Taylor Sj., Brown Dl.  
Total-bod electrical conductivity method for estimating body composition: validation by direct carcass analysis of pigs  
*Am.J.Clin.Nutr.* 47: 180-185-, 1988

Van Loan M., Mayclin P. L.  
A new TOBEC instrument and procedure for the

assessment of body composition: use of Fourier coefficients to predict lean body mass and total body water

Vartsky D, Ellis KJ, Cohn SH

In vivo measurement of body nitrogen by analysis of prompt gamma from neutron capture  
*J. Nucl. Med.* 1979; 20: 1158-65

McNeill KG, Mernagh GR, JeeJeebhoy KN

In vivo measurements of body protein based on the determination of nitrogen by prompt gamma analysis  
*Am. J. Clin. Nutr.* 1979; 32, 1955 - 61

Rathbun EN. and Pace N.

"Studies on Body Composition"  
*J. Biol. Chem.* 158 May 1945, 667-76

Siri WB. The gross composition of the body

In: Tobias CA, Lawrence JH, eds. *Advances in biological and medical physics* Vol 4.  
New York: Academic Press, 1956 239-80

Brozek J., Henschel A., eds

Techniques for measuring body composition Washington DC: National Academy of Sciences-National Research Council, 1983

Lohman TG. Skinfolts and body density and their relation to body fatness: a review

*Hum. Biol.* 1981; 53: 181-225

Jackson AS, Pollok ML

Generalized equations for predicting body density of men  
*Br. J. Nutr.* 1978; 40: 497-504

Durnin JVGA, Womersley J.

Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurement on 481 men and women aged 16 to 72 years  
*Br. J. Nutr.* 1974; 32: 77-97

Kvist H., Chowdhury B., Grangard U., Tylen U., Sjostrom L.

Predictive equations of total and visceral adipose tissue volumes derived from measurements with

computed tomography in adult men and women.

Enzi G., Gasparo M., Biondetti PR., Fiore D., Semisa M., Zurlo F.

Subcutaneous and visceral fat distribution according to sex, age and overweight, evaluated by computed tomography  
*Am. J. Clin. Nutr.* 4: 7-13, 1987

Borkam GA., Gerzof SG., Robbins Ah., Hutts DE., Silbert CK., Silbert JE.

Assessment of abdominal fat content by computed tomography  
*Am., J. Clinic., Nutr.* 4: 7-13, 1987

Tokunaga K., Matsuzawa Y., Ishakawa K., Tarui S.

A novel technique for the determination of body fat by computed tomography  
*Int. J. Obesity* 39: 631-637, 1984

Vague J.: La differentiation sexuelle - facteur determinant des formes de l'obesité  
*Press Med.*, 30, 339-340, 1947.

Vague J., Vague P., Meignen Jm., Jubelin J, Tramon M. Android and Gynoid Obesities, past and present in, J. Vague, P. Bjorntorp, B. Guygrand, M. Rebuffe-Scrive, P. Vague  
"Metabolic complications of human obesities"  
pp 3-11, excerpta medica pub., Amsterdam 1985

Mazess RB., Peppler WW and Gibbons M.  
Total body composition by dual photon (153 Gd) absorptiometry

*Am. J. Clin. Nutr.* 1984; 40:834-839

Gotfredsen A, Jensen J, Borg J, Christiansen C.

Measurement of lean body mass and total body fat using Dual Photon Absorptiometry  
*Metabolism* 1986; 88-93

Foster MA, Hutchison JMS, Mallard JR and Fuller MF

Nuclear magnetic resonance pulse sequence and discrimination of high and low-fat tissue.

Fuller MF, Foster MA and Hutchison JMS. Estimation of body fat by nuclear magnetic resonance imaging

*Proc. Nutr. Soc.* 1985; 44: 108

## Appendice

---

### Lista delle attrezzature e Fornitori specializzati in Italia

Nel panorama nazionale riferimento tra i Fornitori e' la DIETOSYSTEM di Milano che produce alcuni strumenti e metodologie e distribuisce in esclusiva i prodotti di numerose case quali :  
HARPENDEN, HOLTAIN, SECA, LAFAYETTE, BRITISH INSTRUMENTS, TAKEI, EM-SCAN ed altri.

#### Tra le attrezzature :

##### **ANTROPOMETRI**

Antropometro secondo HARPENDEN  
Calibro BICONDILAR VERNIER  
Martin Pelvimeter  
Large Anthropometer  
Small Anthropometer  
Chest Caliper  
Pelvic Level

##### **STADIOMETRI**

Stadiometro da parete  
Stadiometro portatile

##### **MISURATORI SPECIALI**

Tavolo per misurazioni supine  
Tavolo per misurazioni infanzia  
Misuratore di altezza vertico-ischiatica  
Neonatometro

##### **PLICOMETRI**

Plicometro HOLTAIN Tanner-Whitehouse  
Plicometro Lafayette  
Plicometro TAKEI

##### **BILANCE**

Bilance a bascula  
Bilance digitali  
Bilance da letto  
Bilance a poltrona

##### **ORCHIDOMETRI**

Orchidometro secondo PRADER

##### **NASTRI ANTROPOMETRICI**

Metro flessibile HOLTAIN  
Measurator LAFAYETTE per definizione dei punti di repere

##### **ALTRI PRODOTTI**

Scoliometro OSI  
Goniometro digitale  
Set di goniometri professionali  
Goniometro per dita  
Flessometro artometrico Leighton  
Inclinometro Plurimeter  
Bastoni per flessibilita' scapolo omerale  
Dinamometro per adulti  
Dinamometro pediatrico  
Dinamometro idraulico

#### **Applicazioni specialistiche computerizzate**

\* SOFTWARE SPECIALISTICO  
DI VALUTAZIONE ANTROPO-PLICOMETRICA

- KIT DI PLICOMETRIA ETA' ADULTA  
con strumenti
- KIT DI PLICOMETRIA ETA' PEDIATRICA  
con strumenti
- KIT DI PLICOMETRIA ETA' GERIATRICA  
con strumenti

\* SOFTWARE IMPEDENZIOMETRICO  
PER LA VALUTAZIONE  
DELLA COMPOSIZIONE  
CORPOREA

\* SOFTWARE PER LA VALUTAZIONE  
DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA METODO  
PESATA IDROSTATICA

**Altri metodi di determinazione  
della composizione corporea**

\* SISTEMI DI VALUTAZIONE  
IMPEDENZIOMETRICA (B.I.A.)  
HUMAN-IM SCAN  
mono e multifrequenze

\* SISTEMI DI VALUTAZIONE  
ELETTROMAGNETICA TOBEC  
(nei settori di ricerca sull'adulto, in eta' pediatrica  
e sugli animali).