

Stima della densità corporea tramite plicometria: valutazione della ripetibilità e considerazioni applicative

Chiarella Sforza, Federica Zaccheo, Giovanni Michielon,
Franco Mauro e Virgilio F. Ferrario

Laboratorio di Anatomia Funzionale dell'Apparato Locomotore, Istituto Superiore di Educazione Fisica della Lombardia, Università degli Studi di Milano

INTRODUZIONE

La valutazione *in vivo* della composizione corporea viene comunemente impiegata nei diversi campi della medicina dello sport e dell'educazione fisica. I soggetti sottoposti a tali indagini non sono soltanto gli atleti, nei quali è di grandissima importanza il controllo del rapporto reciproco fra massa magra (e quindi attiva) e massa adiposa nel tentativo di migliorare la performance (Gualdi Russo et al., 1992; Kim et al., 1994; Sforza et al., 1989; Somenzini et al., 1990; Withers et al., 1987a, c), ma anche soggetti che praticano attività fisica di intensità diversissima sia a livello amatoriale sia nell'ambito di programmi di fitness o dimagrimento (Heitmann, 1990, 1994; Kim et al., 1994; Kohrt et al., 1992; Magnoni et al., 1986; Nielsen et al., 1992; Tanaka et al., 1993; Withers et al., 1987b).

Oggi sono disponibili numerosi metodi per la valutazione della composizione corporea, la cui complessità e affidabilità variano a seconda del campo di applicazione: ricerche di laboratorio, indagini in Medicina dello Sport o in Medicina Generale, comune pratica clinica e metodi cosiddetti "da campo" (Heitmann, 1994; Jebb e Elia, 1993; Jensen, 1992; Nielsen et al., 1992). Nell'am-

bito della medicina dello sport vengono utilizzate tre metodiche principali: valutazioni antropometriche tra cui la misura delle pliche cutanee, l'impedenza bioelettrica, e la spettroscopia dell'infrarosso prossimo.

La plicometria è sicuramente la tecnica più utilizzata nella comune pratica clinica e "sul campo" per valutare indirettamente la composizione del corpo; dalla misura dello spessore del pannicolo adiposo sottocutaneo in sedi anatomiche opportunamente standardizzate si risale, tramite apposite equazioni, alla densità corporea e da qui alla percentuale di grasso dell'individuo (Gualdi Russo et al., 1992; Heitmann, 1990; Jebb e Elia, 1993). Facilità di utilizzo, basso costo, nessun effetto collaterale sono i motivi di tale scelta. Inoltre, gli altri due metodi citati hanno ancora alcune limitazioni sia per quanto riguarda i soggetti che possono essere indagati sia per la necessità di seguire protocolli eccessivamente rigidi, il che limita la possibilità di utilizzo di tali strumenti in ambito sportivo (Deurenberg et al., 1991; Heitmann, 1994; Kaminsky e Whaley, 1993; Van Loan, 1990).

Purtroppo, la plicometria è un metodo talmente semplice da poter essere utilizzato anche da persone non esperte e in modo non standardizzato, con conseguente perdita di validità dei risultati. Ad esempio, l'intervento

dell'operatore è critico, e può modificare in modo decisivo i risultati. In effetti, tutte le indagini finora riportate in letteratura sono state condotte da équipes formate da ricercatori e tecnici altamente specializzati (Gualdi Russo et al., 1992; Kohrt et al., 1992; Orphanidou et al., 1994; Tanaka et al., 1993; Withers et al., 1987a, b, c), condizione che ben difficilmente si verifica in realtà, dove le misurazioni sul campo e in palestra vengono in genere effettuate da diplomati in Educazione Fisica e Sport. Scopo di questa indagine è verificare la ripetibilità della plicometria nella stima della densità corporea in condizioni il più possibile vicine alla pratica sportiva reale.

MATERIALI E METODI

Campione e operatori

Hanno partecipato allo studio quattro operatori, due donne e due uomini, tutti diplomati ISEF appositamente addestrati per la misurazione delle pliche cutanee. Tutti gli operatori sono stati istruiti dallo stesso istruttore (un medico specialista in Medicina dello Sport), e si sono "allenati" per almeno un mese prima di partecipare allo studio.

Sono stati misurati 12 donne e 12 uomini di età compresa tra i 21 e i 25 anni, tutti studenti dell'ISEF Lombardia (Milano). I soggetti, informati delle modalità di svolgimento e degli scopi dell'indagine, hanno volontariamente partecipato alla sperimentazione.

Protocollo sperimentale

Le misurazioni sono state eseguite in tre sessioni sperimentali distinte, a distanza di circa un mese l'una dall'altra. Ciascuna sessione prevedeva misurazioni in tre giorni alterni, tutte effettuate alla stessa ora. In ciascuna sessione sono stati esaminati quattro uomini e quattro donne, e ciascun soggetto è stato misurato in tutti e tre

i giorni da entrambi gli operatori dello stesso sesso.

Per le misurazioni delle pliche cutanee è stato utilizzato un plicometro Harpenden (Holtain Ltd, Crymmych, UK); la pressione esercitata tra le branche è di 10 gm/mm², costante in tutti i gradi di apertura, e l'apparecchio è calibrato ad intervalli di 0,2 mm. Ciascuna misura è stata ripetuta tre volte e ne è stato calcolato il valore medio, utilizzato per tutte le valutazioni successive.

È stato seguito il protocollo precedentemente approntato presso l'ISEF Lombardia (Sforza et al., 1989; Somenzini et al., 1990). In breve, nelle misurazioni la cute viene sollevata dall'operatore verticalmente; la rilevazione viene effettuata leggendo il valore corrispondente dopo 2 secondi circa di pressione. In ogni soggetto sono state rilevate le seguenti pliche cutanee:

- 1) plica bicipitale (BC): verticalmente, in corrispondenza della faccia anteriore del terzo medio del braccio, con avambraccio flesso;
- 2) plica tricipitale (TR): verticalmente sulla superficie posteriore del braccio, ad uguale distanza tra acromion ed olecrano, con l'avambraccio esteso;
- 3) plica sottoscapolare (SS): verticalmente 2 cm al di sotto e medialmente all'angolo inferiore della scapola;
- 4) plica soprailiaca (SI): 2 cm superiormente alla spina iliaca anterosuperiore, in direzione verticale.

Tutte le pliche sono state rilevate sul lato destro.

La densità corporea (D) dei soggetti è stata quindi calcolata con le formule proposte da Durnin e Rahaman (1967) per individui adulti:

Maschi: $D = 1.1610 - 0.0632 \times \text{Log} \sum (BC+TR+SS+SI)$

Femmine: $D = 1.1581 - 0.0720 \times \text{Log} \sum (BC+TR+SS+SI)$.

Analisi statistica

La densità corporea stimata nei soggetti dai diversi operatori è stata con-

frontata con un'analisi della varianza con disegno fattoriale (Snedecor e Cochran, 1972) valutando in particolare la variabilità tra operatori entro ciascun soggetto. Con tale analisi è possibile misurare il contributo dato da diversi fattori alla variazione dei dati. Nel nostro caso, ci permette di scindere la variabilità biologica esistente fra volontari dalla variazione dovuta ai differenti operatori (e quindi ai possibili errori di misura). I confronti sono stati effettuati entro sesso ed entro sessione sperimentale. I fattori analizzati sono stati gli operatori (due) e i soggetti (quattro), utilizzando le misure ripetute nei tre giorni di ogni sessione come repliche. È stata inoltre calcolata l'interazione tra operatore e soggetto. Sono stati considerati significativi i valori di $p \leq 0,05$. Per l'analisi della varianza è stato utilizzato un computer Z-Station 466 Xn (Zenith Data System Co., St. Joseph, MI, USA), appositamente programmato.

RISULTATI

Le tabelle 1 e 2 riportano le misure di densità corporea rilevate nei 12 uomini e nelle 12 donne dai due operatori relativi. Entrambi i gruppi sono composti da soggetti praticanti sport a livello piuttosto intenso, e che hanno un'altra densità corporea (e di conseguenza una massa grassa relativamente bassa). Già un'analisi visiva dei dati indica come i due gruppi non siano omogenei fra loro, essendo formati da uomini e donne con composizione corporea diversa.

I risultati dell'analisi della varianza sono riportati nelle tabelle 3 (uomini) e 4 (donne). Come atteso, il secondo fattore B (i soggetti) è risultato significativamente diverso in tutte e tre le sessioni sperimentali, ed in entrambi i sessi. Il confronto fra operatori (primo fattore A) ha messo in evidenza differenze statisticamente significative in tutte le sessioni del gruppo ma-

schile, e nella seconda e terza sessione del gruppo femminile. I due operatori, quindi, hanno prodotto misure differenti nello stesso soggetto, e la relativa stima della densità corporea è risultata differente. In ultimo, l'interazione operatore-soggetto è risultata significativa solo nella prima sessione del gruppo femminile.

DISCUSSIONE

La stima della densità corporea, e di conseguenza del rapporto fra massa magra e massa grassa, effettuata tramite misure antropometriche (pliche cutanee, diametri, circonferenze, o più semplicemente con altezza e peso) è sicuramente approssimativa, e risente di tutte le limitazioni del modello corporeo utilizzato (Jebb e Elia, 1993; Jensen, 1992; Martin e Drinkwater, 1991; Tanaka et al., 1993). In effetti, tutte le diverse componenti corporee (muscoli, scheletro, visceri, tessuto adiposo, ecc.) sono suddivise in due sole categorie: grasso e non-grasso. Modelli più complessi (multi-componenti) potrebbero consentire valutazioni più precise (Heitmann, 1994; Jebb e Elia, 1993; Martin e Drinkwater, 1991), ma d'altra parte necessitano di metodiche di più difficile applicazione, specialmente quando si debbano effettuare misure ripetute direttamente sul campo. I presupposti teorici di tali modelli sono inoltre più complessi, e possono risultare meno facilmente comprensibili ed applicabili in pratica (Jebb e Elia, 1993; Jensen, 1992).

Fra gli altri metodi non invasivi e più facilmente applicabili si trovano in particolare l'impedenza bioelettrica (bioelectrical impedance) e la spettroscopia dell'infrarosso prossimo (near-infrared spectrophotometry) (Deurenberg et al., 1991; Eckerson et al., 1992a, b; Heitmann, 1990, 1994; Hortobagyi et al., 1992a, b; Jebb e Elia, 1993; Kaminsky e Whaley, 1993; Nielsen et al., 1992; Stout et

al., 1994; Tanaka et al., 1993; Van Loan, 1990; Vehrs et al., 1994). L'impedenza bioelettrica sembrerebbe essere sufficientemente riproducibile entro operatore e caratterizzata da una variabilità delle misure inferiore all'antropometria classica (Heitmann, 1990; 1994; Jebb e Elia, 1993; Kim et al., 1994; Tanaka et al., 1993), ma scarsamente riproducibile fra operatori (Kaminsky e Whaley, 1993). Inoltre, le percentuali di tessuto adiposo da essa stimate spesso non sono in accordo con i valori forniti da metodi di riferimento come il peso idrostatico (Stout et al., 1994): in particolare, non è affidabile per soggetti troppo magri o troppo grassi (Eckerson et al., 1992a, b; Jebb e Elia, 1993; Jensen, 1992; Kaminsky e Whaley, 1993; Vano Loan, 1990; Vehrs et al., 1994), per bambini o anziani (Deurenberg et al., 1991; Van Loan, 1990). In ogni caso, per una corretta applicazione dell'impedenza sono necessarie condizioni sperimentali strettamente controllate: posizionamento degli elettrodi (Deurenberg et al., 1991; Heitmann, 1994; Van Loan, 1990), condizioni dei soggetti (temperatura cutanea, stato di idratazione, distanza dai pasti o da esercizi fisici intensi, momento del ciclo mestruale) (Heitmann, 1994; Lukaski et al., 1990; Van Loan, 1990). Secondo Heitmann (1994) il metodo è indicato per misure sulla popolazione, ma non per valutazioni individuali ripetute, come affermato anche da Tagliabue et al. (1992). Nel campo sportivo, la più grossa limitazione sembra essere la già ricordata mancanza di affidabilità per soggetti con adiposità inferiore alla media della popolazione, come possono essere le ginnaste, i maratoneti o gli atleti di endurance (Graves et al., 1987). Anche la spettroscopia dell'infrarosso prossimo ha una buona riproducibilità ma l'accuratezza e la precisione delle misure sono ancora insufficienti per consentire un'utile applicazione (Hortobagyi et al., 1992a, B.; Jebb e Elia, 1993; Nielsen et al., 1992;

Vehrs et al., 1994). Anche in questo caso, il metodo non è valido per soggetti agli estremi gradi di adiposità (Stout et al., 1994).

Il costo di entrambi i metodi è sicuramente molto più elevato di quello di un plicometro, e questo fattore può essere discriminante in molti ambiti sportivi, specialmente in mancanza di una chiara dimostrazione dei benefici dei metodi più costosi. Al contrario, il confronto fra plicometria, impedenza bioelettrica, e spettroscopia recentemente effettuato da Stout et al. (1994) ha messo in rilievo come la percentuale di grasso di un gruppo di giovani adulti fosse stimata con il minore errore totale proprio dalla plicometria. Anche gli studi di Deurenberg et al. (1991), Eckerson et al., (1992a) e Hortobagyi et al. (1992a, b) hanno concluso che le due tecniche più complesse e costose non offrono reali vantaggi rispetto alle tecniche antropometriche.

La riproducibilità della plicometria, quando eseguita da operatori esperti, è buona (Kohrt et al., 1992; Orphanidou et al., 1994). Purtroppo, come già esposto, nei campi della medicina dello sport e dell'educazione fisica non è sempre possibile disporre di un gruppo di tecnici esperti a cui affidare le misurazioni. L'impegno ricade spesso su allenatori e preparatori atletici che, anche se ben addestrati, non hanno una competenza specifica nel campo. Valutazioni quantitative dell'impatto di tali operatori sulla stima della composizione corporea mancano in letteratura, ed il presente studio, utilizzando giovani diplomati ISEF, ha cercato di colmare tale lacuna.

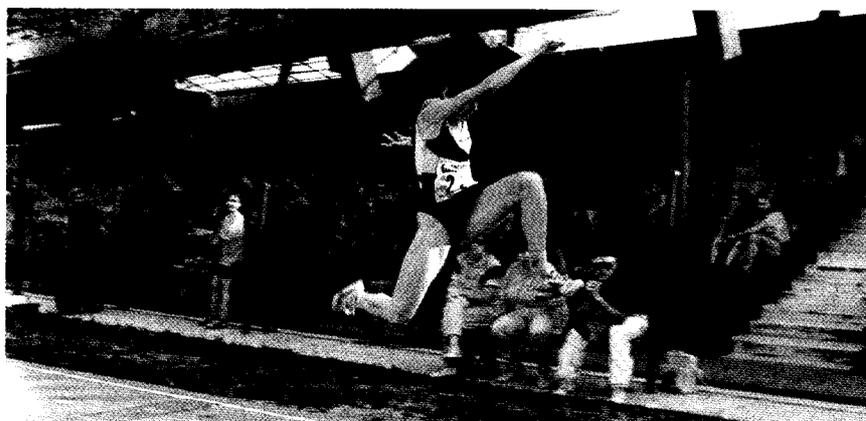
In effetti, le variazioni nelle misure dello spessore del pannicolo adiposo provengono da due diverse sorgenti, una biologica, e legata alla variabilità dei soggetti e dello stesso soggetto nel tempo, ed una tecnica. Gli errori tecnici che si possono effettuare nella rilevazione delle pliche cutanee sono dovuti alle differenze fra operatori (riproducibilità della misura) e alla variabilità esistente entro operatore

(oggettività della misura). Per ridurre tali errori tecnici al minimo è quindi indispensabile un protocollo di misura estremamente accurato (Tanaka et al., 1993). Nonostante in questo studio sia stato seguito un protocollo accuratamente standardizzato, i risultati indicano che la stima della densità corporea tramite plicometria è notevolmente influenzata dall'intervento dell'operatore, dato che le valutazioni effettuate sugli stessi soggetti da due operatori sono risultate significativamente diverse fra loro (tabelle 3 e 4). Diversi fattori possono essere chiamati in causa. Il plicometro utilizzato non ha probabilmente influenzato la mancanza di ripetibilità, dato che, secondo Sloan e Shapiro (1972), le misure rilevate con il plicometro Harpenden hanno la migliore ripetibilità fra operatori rispetto alle misure effettuate con altri apparecchi (Lange o MNL).

La constatazione di un'alta densità corporea, e di conseguenza di una prevedibile bassa massa grassa, è in accordo con il tipo di soggetti esaminati (studenti dell'ISEF Lombardia), tutti praticanti sport a livello piuttosto intenso. La densità corporea stimata nei maschi è risultata superiore a quella stimata nelle femmine (in media 1.073 kg/m^3 nei maschi e 1.056 kg/m^3 nelle femmine, entrambi i valori sono ben confrontabili con i valori rilevanti con metodi antropometrici o idrodensitometrici su ampi campioni di giovani sportivi di simile età sia italiani (1.071 kg/m^3 negli uomini, 1.062 kg/m^3 nelle donne, Gualdi Russo et al., 1992) sia australiani (1.076 kg/m^3 uomini, 1.057 kg/m^3 donne, Withers et al., 1987a, c). Tali valori risultano invece maggiori dei valori rilevati su giovani di simile età ma con un'attività fisica molto meno intensa (1.046 kg/m^3 in donne australiane, Withers et al., 1987b; 1.063 kg/m^3 in uomini e 1.044 kg/m^3 in donne estoni, Jurimae et al., 1992). Nonostante che tutti gli operatori siano stati istruiti contemporaneamente dalla medesima persona, sia siano al-

lenati insieme per circa un mese prima di iniziare la ricerca, ed abbiano seguito lo stesso protocollo per le misurazioni, non si può escludere un problema tecnico, probabilmente legato alla "non consapevolezza" della delicatezza della procedura.

In conclusione, la notevole variabilità fra operatori riscontrata pone seri limiti ad un utilizzo pratico "sul campo" della plicometria in tutte quelle occasioni dove, dato l'alto numero di soggetti, o la lunga durata della ricerca (studi longitudinali), sia necessario l'intervento di più operatori. Ciò potrebbe portare a consigliare l'utilizzo di altri metodi, considerati più ripetibili della plicometria. Purtroppo, non solo questi metodi sono relativamente troppo complessi o costosi per essere applicati in molte situazioni sportive, ma la loro stessa affidabilità



è stata sempre valutata in ambito specialistico, e non in condizioni pratiche, e con diplomati ISEF come operatori, come in questo caso. Pertanto, finché non sarà possibile dimostrare la bontà di altri metodi, la plicometria, e le misurazioni antropometriche in genere, restano il metodo di scelta

per l'educazione fisica e lo sport al di fuori dell'ambito specialistico. È da ribadire, alla luce di questa ricerca, la necessità di protocolli estremamente rigorosi, di un continuo controllo dei risultati, di modelli statistici che tengano conto delle possibili differenze fra operatori.

Tabella 1

Densità corporea stimata tramite plicometria in un gruppo di 12 giovani uomini ($D = 1.1610 - 0.0632 \times \text{logaritmo della somma delle pliche bicipitale, tricipitale, sottoscapolare e soprailiaca}$).

| Prima Sessione | | | | Seconda Sessione | | | | Terza Sessione | | | |
|----------------|---|-----------|---------|------------------|---|-----------|---------|----------------|---|-----------|---------|
| Soggetto | | Operatore | | Soggetto | | Operatore | | Soggetto | | Operatore | |
| | | N.F. | A.M. | | | N.F. | A.M. | | | N.F. | A.M. |
| G.M. | a | 1.07641 | 1.07666 | R.P. | a | 1.08136 | 1.08106 | C.F. | a | 1.07933 | 1.07905 |
| | b | 1.07692 | 1.07796 | | b | 1.08106 | 1.07850 | | b | 1.07961 | 1.07961 |
| | c | 1.07770 | 1.07566 | | c | 1.08076 | 1.07905 | | c | 1.07823 | 1.07823 |
| F.G. | a | 1.07332 | 1.07591 | D.L. | a | 1.06437 | 1.06469 | F.A. | a | 1.07743 | 1.07691 |
| | b | 1.07423 | 1.07566 | | b | 1.06553 | 1.06553 | | b | 1.07823 | 1.07493 |
| | c | 1.07377 | 1.07591 | | c | 1.06570 | 1.06373 | | c | 1.07823 | 1.07446 |
| R.M. | a | 1.07265 | 1.07692 | C.D. | a | 1.07199 | 1.07377 | P.M. | a | 1.06934 | 1.06973 |
| | b | 1.07518 | 1.07518 | | b | 1.07265 | 1.07446 | | b | 1.6838 | 1.06701 |
| | c | 1.07423 | 1.07616 | | c | 1.07199 | 1.07354 | | c | 1.06764 | 1.06764 |
| L.G. | a | 1.06657 | 1.06692 | M.A. | a | 1.06746 | 1.06820 | P.S. | a | 1.07877 | 1.07493 |
| | b | 1.06622 | 1.05746 | | b | 1.06838 | 1.06469 | | b | 1.07905 | 1.07691 |
| | c | 1.06728 | 1.06896 | | c | 1.06820 | 1.06604 | | c | 1.07769 | 1.07542 |

a, b, c: misurazione ripetuta alla stessa ora in giorni alterni

Tabella 2
 Densità corporea stimata tramite plicometria in un gruppo di 12 giovani donne ($D = 1.1581 - 0.0720 \times \text{logaritmo della somma delle pliche bicipitale, tricipitale, sottoscapolare e soprailiaca}$).

| Prima Sessione | | | Seconda Sessione | | | Terza Sessione | | | | | |
|----------------|-----------|---------|------------------|-----------|------|----------------|-----------|------|---|---------|---------|
| Soggetto | Operatore | | Soggetto | Operatore | | Soggetto | Operatore | | | | |
| | G.B. | M.P. | | G.B. | M.P. | | G.B. | M.P. | | | |
| G.D. | a | 1.06878 | 1.07220 | G.E. | a | 1.04876 | 1.05032 | P.M. | a | 1.05368 | 1.05469 |
| | b | 1.07342 | 1.06042 | | b | 1.04535 | 1.04934 | | b | 1.05504 | 1.05550 |
| | c | 1.07470 | 1.07470 | | c | 1.04746 | 1.05112 | | c | 1.05368 | 1.05527 |
| B.S. | a | 1.05324 | 1.05574 | CrM. | a | 1.04587 | 1.04570 | C.I. | a | 1.04354 | 1.04765 |
| | b | 1.05770 | 1.05196 | | b | 1.04198 | 1.04639 | | b | 1.04604 | 1.04783 |
| | c | 1.05745 | 1.05527 | | c | 1.04275 | 1.04518 | | c | 1.04639 | 1.04783 |
| S.I. | a | 1.04915 | 1.05622 | F.G. | a | 1.05744 | 1.05898 | CaM. | a | 1.05112 | 1.05195 |
| | b | 1.04877 | 1.06092 | | b | 1.05574 | 1.05719 | | b | 1.05052 | 1.05302 |
| | c | 1.04877 | 1.05481 | | c | 1.05670 | 1.05872 | | c | 1.04959 | 1.06259 |
| T.S. | a | 1.07301 | 1.06688 | G.B. | a | 1.06260 | 1.06380 | C.B. | a | 1.04746 | 1.04783 |
| | b | 1.07427 | 1.07220 | | b | 1.06173 | 1.06260 | | b | 1.04934 | 1.05052 |
| | c | 1.07363 | 1.07101 | | c | 1.06144 | 1.06290 | | c | 1.04839 | 1.05299 |

a, b, c: misurazione ripetuta alla stessa ora in giorni alterni

Tabella 3
 Analisi della varianza con disegno fattoriale a due vie. Densità corporea nelle tre sessioni sperimentali del gruppo maschile. Sorgenti di variabilità: A: tra operatori, B: tra soggetti, AxB: interazione operatore per soggetto.

| Sorgente | gl | Prima Sessione | | Seconda Sessione | | Terza Sessione | |
|----------|----|----------------|--------|------------------|--------|----------------|--------|
| | | F | p | F | p | F | p |
| A | 1 | 9,14 | <0,01 | 5,33 | <0,05 | 12,92 | <0,005 |
| B | 3 | 132,06 | <0,005 | 238,57 | <0,005 | 132,30 | <0,005 |
| AxB | 3 | 2,03 | n.s. | 1,77 | n.s. | 1,43 | n.s. |
| errore | 16 | | | | | | |

gl: gradi di libertà; F: rapporto di varianze; p: valore di probabilità; n.s.: non significativo ($p > 0,05$)

Tabella 4

Analisi della varianza con disegno fattoriale a due vie. Densità corporea nelle tre sessioni sperimentali del gruppo femminile. Sorgenti di variabilità: A: tra operatori, B: tra soggetti, AxB: interazione operatore per soggetto.

| Sorgente | gl | Prima Sessione | | Seconda Sessione | | Terza Sessione | |
|----------|----|----------------|--------|------------------|--------|----------------|--------|
| | | F | p | F | p | F | p |
| A | 1 | 0,38 | n.s. | 20,84 | <0,05 | 18,28 | <0,005 |
| B | 3 | 143,32 | <0,005 | <303,67 | <0,005 | 63,23 | <0,005 |
| AxB | 3 | 3,65 | <0,025 | 0,16 | n.s. | 0,76 | n.s. |
| errore | 16 | | | | | | |

gl: gradi di libertà; F: rapporto di varianze; p: valore di probabilità; n.s.: non significativo (p>0,05)

BIBLIOGRAFIA

DEURENBERG P., VAN DER KOOY K., LEENEN R., WESTSTRATE J.A., SEIDELL J.C.: *Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study.* Int. J. Obes. 15:17-25, 1991.
 DURIN J.V.G.A., RAHAMAN M.M.: *The assessment of the amount of fat in the human body from measurement of skinfold thickness.* Br. J. Nutr. 21:681-689, 1967.
 ECKERSON J.M., HOUSH T.J., JOHNSON G.O.: *The validity of visual estimations of percent body fat in lean males.* Med. Sci. Sports Exerc. 24:615-618, 1992a.
 ECKERSON J.M., HOUSH T.J., JOHNSON G.O.: *Validity of bioelectrical impedance equations for estimating fat-free weight in lean males.* Med. Sci. Sports Exerc. 24:1298-1302, 1992b.
 GRAVES J.E., POLLOCK M.L., SPARLING P.B.: *Body composition of elite female distance runners.* Int. J. Sports Med. 8:96-102, 1987.
 GUALDI RUSSO E., GRUPPIONI G., GUESI P., BELCASTRO M.G., MARCHESINI V.: *Skinfolds and body composition of*

sports participants. J. Sports Med. Phys. Fitness 32:303-313, 1992.
 HEITMANN B.L.: *Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study.* Eur. J. Clin. Nutr. 44:831-837, 1990.
 HEITMANN B.L.: *Impedance: a valid method in assessment of body composition?* Eur. J. Clin. Nutr. 48:228-240, 1994.
 HORTOBAGYI T., ISRAEL R.G., HORMARD J.A., MCCAMMON M.R., O'BRIEN K.F.: *Comparison of body composition assessment by hydrodensitometry, skinfolds, and multiple site near-infrared spectrophotometry.* Eur. J. Clin. Nutr. 46:205-211, 1992a.
 HORTOBAGYI T., ISRAEL R.G., HORMARD J.A., O'BRIEN K.F., JOHNS R.A., WELLS J.M.: *Comparison of four methods to assess body composition in black and white athletes.* Int. J. Sport Nutr. 2:60-74, 1992.
 JEBB S.A., ELIA M.: *Techniques for the measurement of body composition: a practical guide.* Int. J. Obes. 17:611-621, 1993.
 JENSEN M.D.: *Research techniques for body composition assessment.* J. Am. Diet. Assoc. 92:454-460, 1992.

JURIMAE T., JAGOMAGI G., LEPP T.: *Body composition of University students by hydrostatic weighing and skinfold measurement.* J. Sports Med Phys. Fitness 31:387-393, 1992.
 KAMINSKY L.A., WHALEY M.H.: *Differences in estimates of percent body fat using bioelectrical impedance.* J. Sports Med. Phys. Fitness 33:171-177, 1993.
 KIM H.K., TANAKA K., NAKADOMO F., WATANABE K.: *Fat-free mass in Japanese boys predicted from bioelectrical impedance and anthropometric variables.* Eur. J. Clin. Nutr. 48:482-489, 1994.
 KOHRT W.M., MALLEY M.T., DALSKY G.P., HOLLOSZY J.O.: *Body composition of healthy sedentary and trained, young and older men and women.* Med. Sci. Sports Exerc. 24:832-837, 1992.
 LUKASKI H.C., BOLONCHUK W.W., SIDERS W.A., HALL C.B.: *Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements.* J. Sports Med. Phys. Fitness: 30: 434-440, 1990.
 MAGNONI V., BONINI L., REALE I.: *Elaborazione computerizzata di dati antropometrici nella valutazione dello*

stato nutrizionale e dei fabbisogni energetico-nutrizionali nell'uomo. Clin. Dietol. 13:41-48, 1986.

MARTIN A.D., DRINKWATER D.T.: *Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique?* Sports Med. 11:227-288, 1991.

NIELSEN D.H., CASSADY S.L., WACKER L.M., WESSELS A.K., WHEELLOCK B.J., OPPLIGER R.A.: *Validation of the Futrex-5000 near-infrared spectrophotometer analyzer for assessment of body composition.* JOSPT 16:281-287, 1992.

ORPHANIDOU C., MCCARGAN L., BIRMINGHAM C.L., MATHIESON J., GOLDNER E.: *Accuracy of subcutaneous fat measurement: comparison of skinfold calipers, ultrasound, and computed tomography.* J. Amer. Diet. Assn. 94:855-858, 1994.

SFORZA C., SOMENZINI L., VALADE' C., LOMBARDI M.: *Caratteristiche antropometriche di giovani calciatori di squadre dilettantistiche e professionistiche. Studio longitudinale.* Med. Sport. 42:153-160, 1989.

SLOAN A.W., SHAPIRO M.: *A comparison of skinfold measurements with three standard calipers.* Hum. Biol. 44:29-36, 1972.

SOMENZINI L., SFORZA C., LOMBARDI M., VALADE' C.: *Andamento dei valori delle pliche cutanee in atlete impegnate nella stagione agonistica indoor.* Atleticastudi 1-2:91-101, 1990.

SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G.: *Statistical methods.* Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1972.

STOUT J.R., ECKERSON J.M., HOUSH T.J., JOHNSON O., BETTS N.M.: *Validity of percent body fat estimations in males.* Med. Sci. Sports Exerc. 26:632-636, 1994.

TAGLIABUE A., CENA H., TRENTANI C., LANZOLA E., SILVA S.: *How reliable is bioelectrical impedance analysis for individual patients?* Int. J. Obes. 16:649-652, 1992.

TANAKA K., HIYAMA T., WATANABE Y., ASANO K., TAKEDA M., HAYAKAWA Y., NAKADOMO F.: *Assessment of exercise-induced alterations in body composition of patients with coronary heart disease.* Eur. J. Appl. Physiol. 66:321-327, 1993.

VAN LOAN M.D.: *Bioelectrical impedance analysis to determine fat-free mass, total body water and body fat.* Sports Med. 10:205-217, 1990.

VEHRS P.R., GEORGE J.D., PAYEN C., PEUGNET J., BRYCE G.R., FELLINGHAM G.W., FISHER A.G.: *Reliability of four methods of body composition assessment.* Med. Exerc. Nutrit. Healt 3:2-8, 1994.

WITHERS R.T., WITTINGHAM N.O., NORTON K.I., LA FORGIA J., ELLIS M.W., CROCKETT A.: *Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes.* Eur. J. Appl. Physiol. 56:169-180, 1987a.

WITHERS R.T., NORTON K.I., CRAIG N.P., HARTLAND M.C., VENABLES W.: *The relative body fat and anthropometric prediction of body density of South Australian females aged 17-35 years.* Eur. J. Appl. Physiol. 56:181-190, 1987b.

WITHERS R.T., CRAIG N.P., BOURDON P.C., NORTON K.I.: *Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes.* Eur. J. Appl. Physiol. 56:191-200, 1987c.

Indirizzo dell'Autore:

Prof.ssa Chiarella Sforza

Istituto di Anatomia Umana Normale

Via Mangiagalli, 31

20133 Milano

