



Università degli Studi di Cagliari  
Facoltà di Biologia e Farmacia

Corso di laurea in  
**Scienze Naturali**

*Anno accademico 2013/2014*

---

Validazione di un nuovo strumento ottico-elettronico  
per la misura affidabile, veloce ed economica  
del volume corporeo

---

Candidato

PAOLO LUSSU

Relatore

Prof.ssa ELISABETTA MARINI

## RIASSUNTO

Nell'ottica di sviluppare, in futuro, una possibile applicazione utile al miglioramento delle tecniche impedenziometriche di stima della composizione corporea, e in particolare della *BIVA specifica*, si considerano le prestazioni di un nuovo metodo e strumento ottico-elettronico di misura del volume per fini antropometrici (*metodo e strumento validandi*) e le si confronta con quelle del metodo di riferimento della volumetria attraverso il liquido spostato (*gold standard*), attuata con uno strumento appositamente realizzato (*metodo e strumento di riferimento*).

L'ipotesi sottoposta a verifica è se il metodo proposto possa applicarsi indifferentemente (*o con prestazioni superiori*) rispetto a quello di riferimento. La questione è suddivisa nei termini  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ .

Ipotesi nulla ( $H_0$ ). Nella stima del volume di solidi geometrici e arti umani per fini antropometrici:

$T_1$  – Metodo e strumento validandi non sono più accurati di quelli di riferimento;

$T_2$  – Metodo e strumento validandi non sono più precisi di quelli di riferimento;

$T_3$  – Metodo e strumento validandi non sono più veloci di quelli di riferimento.

Il protocollo sperimentale prevede il confronto delle prestazioni assolute dei metodi nella misura di 12 solidi geometrici di volume convenzionalmente noto, determinato con uno scanner laser 3D (*metodo geometrico*). Quindi si valutano le prestazioni relative del metodo validando rispetto a quello di riferimento nella misura del braccio destro in 30 volontari sani (*15 donne e 15 uomini*).

Negli esperimenti condotti sui solidi tre osservatori valutano tutti i misurandi tre volte con entrambi i metodi di misura; in quelli sui volontari due osservatori ripetono le misure due volte.

L'*accuratezza* è definita come l'*accordo* delle misure rispetto al volume di riferimento ed è valutata con lo *scostamento medio di misura* (*mean measurement bias, MMB*), il *limite dell'accordo* (*limit of agreement, LOA*) e il *grafico di Bland-Altman*. Per i solidi geometrici l'accordo è valutato per entrambi i metodi rispetto al volume geometrico; per i volontari l'accordo è quello del metodo validando rispetto al volume ottenuto con lo strumento di riferimento.

La *precisione* è espressa dall'*errore standard di misura* (*standard error of measurement, SEM*) intra- e inter-osservatore e dai *coefficienti di correlazione intra-classe* (*intra-class correlation coefficients, ICCs*), valutati secondo *Currier* per la correlazione intra- e inter-osservatore.

La *velocità* è espressa dal *tempo medio di misurazione* rilevato per gli esperimenti sui volontari.

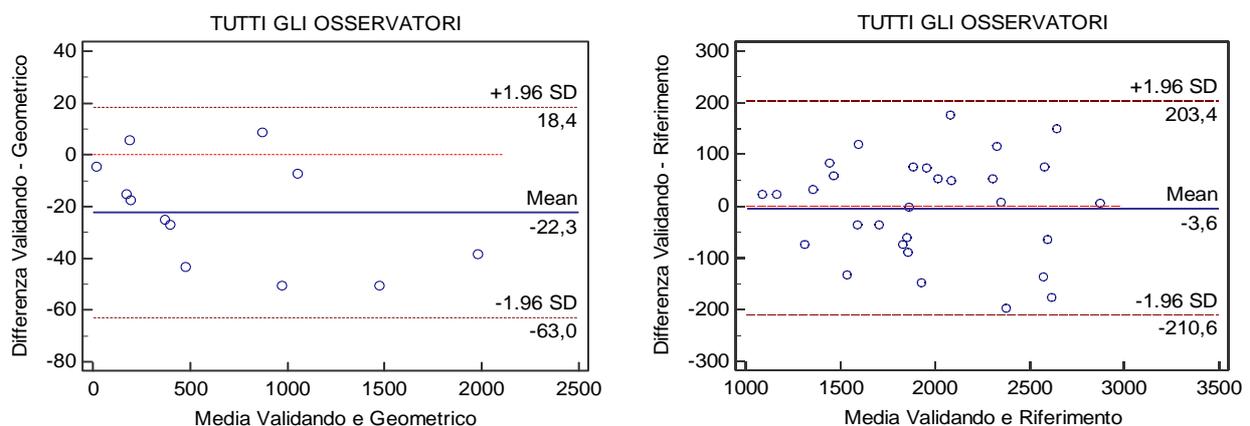
Il *test t di Student* è condotto per verificare la significatività della differenza riscontrata tra i metodi.

Nella misura dei solidi l'accuratezza si caratterizza per l'accordo notevole (Figura 1, a sinistra) e l'assenza di significative derive sistematiche. Pur evidenziandosi una lieve tendenza alla sottostima sistematica, l'MBB ed il LOA per il metodo validando ( $-22,3 \text{ cm}^3$  e  $-63,0 \sim 18,4 \text{ cm}^3$ ) sono simili a quelli del metodo di riferimento ( $-2,7 \text{ cm}^3$  e  $-16,4 \sim 11,0 \text{ cm}^3$ ).

La precisione è più alta per il metodo validando rispetto al riferimento. I SEM intra- ( $5,78, 5,78$  e  $5,80 \text{ cm}^3$ ) e inter-osservatore ( $5,79 \text{ cm}^3$ ) sono inferiori (rif.to:  $5,88, 5,86$  e  $8,39 \text{ cm}^3$ ;  $5,89 \text{ cm}^3$ ). Le correlazioni intra- ( $0,9999, 0,9999$  e  $0,9999$ ) e inter-osservatore ( $0,9999$ ) sono superiori (rif.to:  $0,9997, 0,9997$  e  $0,9996$ ;  $0,9999$ ). L'incertezza di misura è più bassa ( $U_r = 1,51 \cdot 10^{-2}$ ;  $U = \pm 10,203 \text{ cm}^3$ ); (rif.to:  $U_r = 2,83 \cdot 10^{-2}$ ;  $U = \pm 19,046 \text{ cm}^3$ ).

Nella misura dei volontari l'accuratezza del metodo validando, pur in assenza di derive sistematiche ( $MBB = -3,6 \text{ cm}^3$ ), mostra un LOA molto ampio ( $-210,6 \sim 203,4 \text{ cm}^3$ ) (Figura 1, a destra).

La precisione è inferiore per il metodo validando rispetto al riferimento. I SEM intra- ( $10,49$  e  $9,13 \text{ cm}^3$ ) e inter-osservatore ( $5,86 \text{ cm}^3$ ) sono superiori (rif.to:  $3,79$  e  $3,99 \text{ cm}^3$ ;  $2,33 \text{ cm}^3$ ). Entrambe le correlazioni intra- ( $0,9783$  e  $0,9813$ ) e inter-osservatore ( $0,9964$ ) sono inferiori (rif.to:  $0,9973$  e  $0,9964$ ;  $0,9990$ ). L'incertezza di misura è inferiore ( $U_r = 9,52 \cdot 10^{-3}$ ;  $U = \pm 18,701 \text{ cm}^3$ ) rispetto al metodo di riferimento ( $U_r = 2,66 \cdot 10^{-2}$ ;  $U = \pm 21,232 \text{ cm}^3$ ). Il tempo medio di misura ( $61,8 \text{ s}$ ) è significativamente inferiore ( $p = 0,0016$ ) per lo strumento validando (riferimento:  $82,2 \text{ s}$ ).



**Figura 1.** I grafici di Bland-Altman di confronto delle misure dello strumento validando con quelle geometriche dei cilindri di volume convenzionalmente noto (a sx) e con quelle dello strumento di riferimento nei volontari (a dx).

In conclusione lo strumento proposto risulta validato nelle misure di volumi convenzionalmente noti rispetto al gold standard della volumetria col liquido spostato.

Negli esperimenti condotti sui volontari, invece, lo strumento proposto non risulta ancora validato in quanto mostra risultati inferiori, in termini di accuratezza e precisione. Esso, tuttavia, è significativamente più veloce dello strumento di riferimento e fornisce prestazioni comparabili, o superiori, rispetto a metodi di misura fisici avanzati ben più complessi e costosi che si caratterizzano per valori di *MBB* e *LOA* peggiori o solo lievemente più contenuti.

Il decadimento prestazionale nelle misurazioni sui volontari può dipendere da due fattori critici:

- 1) la diversa concezione e applicazione del protocollo sperimentale per le alternative valutate (*strumento validando oppure di riferimento; solidi di volume convenzionalmente noto o volontari*);
- 2) l'influenza esercitata dalla scarsa precisione delle misure ottenute sui volontari.

Con opportune prescrizioni che migliorino la precisione delle misure negli esperimenti sui volontari, il nuovo strumento ottico-elettronico potrà essere proficuamente validato anche in questo ambito. Esso si è già dimostrato molto promettente e – per le sue caratteristiche di praticità, economicità, sicurezza e non invasività – potrebbe risultare ideale per valutare in modo affidabile e veloce il volume degli arti umani nelle applicazioni epidemiologiche o di monitoraggio sanitario.

In attesa di conferme più circostanziate si ritiene che lo strumento ottico-elettronico potrà applicarsi, una volta validato per le misure sui volontari, alla diagnosi ed al monitoraggio clinico del linfedema ed al miglioramento delle stime di composizione corporea con la *BIVA specifica*.