InBody

2 Metodi di analisi della composizione corporea

Argomenti

A Principali metodi di analisi della composizione corporea

B Limiti della BIA tradizionale in quanto metodo doppiamente indiretto

C Indicazioni sui principi di funzionamento della BIA

Indice

1 Introduzione

2 Suddivisione dei metodi

3 Gold Standard

4 Metodi diretti

5 Metodi indiretti

6 Metodi doppiamente indiretti

7 Conclusioni

1. Introduzione

Perchè analizzare la composizione corporea?

1. Per valutare lo stato nutrizionale e lo stato di salute

2. Per monitare i cambiamenti fisici durante le varie fasi della vita, un percorso di dieta e/o attività fisica, o durante una patologia cronica.

3. Per formulare gli interventi terapeutici appropriati.

I metodi disponibili variano in relazione alla facilità di utilizzo, al costo, all'invasività e ad altri parametri; ciascuno ha dei limiti per quello che riguarda la metodica e un certo grado di errore di misurazione.



2. Suddivisione dei metodi

I metodi di valutazione della composizione corporea sono molteplici e sono raggruppabili in:

1 **METODI DIRETTI**

Misurazioni dirette sul compartimento di interesse. Richiedono talvolta un approccio demolitivo, incompatibile con la conservazione del soggetto.
Esempio: dissezione o analisi chimica dei cadaveri.

2 **METODI INDIRETTI**

Il compartimento di interesse (esempio: massa magra/densità tessuti) viene calcolato indirettamente a partire da un altro parametro misurato (esempio: potassio corporeo totale/dxa). Il potassio è infatti costante nella massa magra, la densità è specifica per ogni tessuto. Questo parametro e il compartimento di interesse sono legati da una relazione matematica verificata dalle metodiche dirette: la quantità di potassio presente nella massa magra e la densità dei tessuti sono state infatti scoperte grazie alla dissezione da cadavere.
Esempio: potassio corporeo totale, DXA.

3 **METODI DOPPIAMENTE INDIRETTI**

Sono necessari più passaggi matematici per ottenere la stima del compartimento di interesse.
Per avere validità diagnostica, devono essere validati con i gold standard.
Esempio: plicometria, bioimpedenziometria (BIA).

3. Gold standard

La tecnica di riferimento, o **gold standard**, è l'esame diagnostico più accurato per confermare un determinato dato strumentale, al quale ogni altro esame (soprattutto se effettuato con una nuova tecnologia) deve rapportarsi per avere validità diagnostica.

I metodi diretti e indiretti per l'analisi della composizione corporea **sono considerati tutti gold standard** e vengono quindi utilizzati come tecniche di riferimento per validare i metodi doppiamente indiretti.

Il metodo da validare deve risultare al contempo:
Accurato: ovvero il valore stimato non si deve scostare troppo dal gold standard.
Preciso: ovvero riproducibile, il che significa che misurando più volte bisogna ottenere valori simili.

4. Metodi diretti

Misurazioni dirette sul compartimento di interesse:

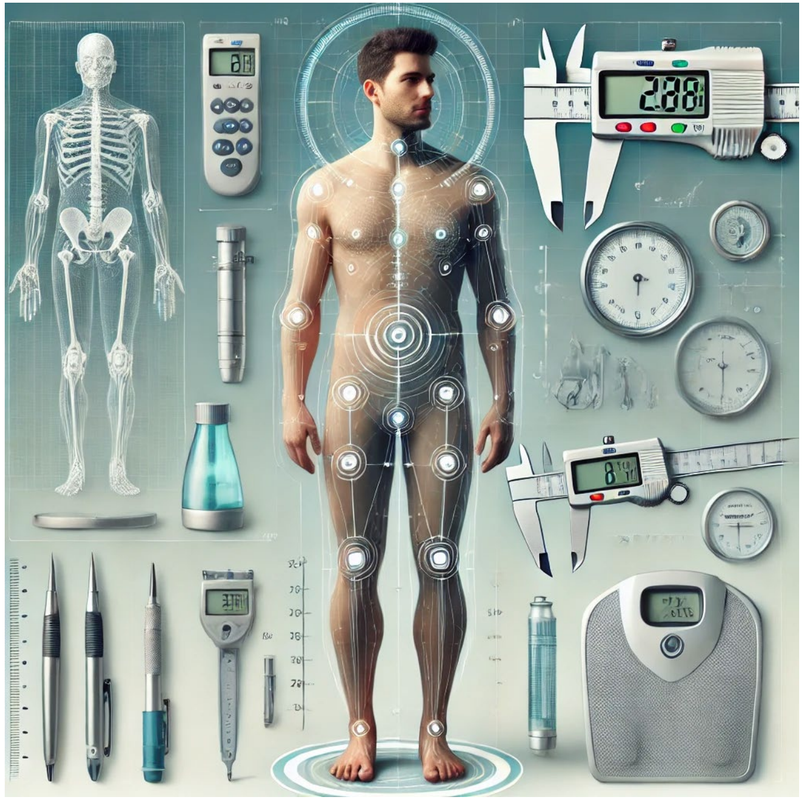
1. **ANALISI CHIMICA SU CADAVERE**: tramite esterificazione dei grassi. Rappresenta la metodica gold standard. → Non è applicabile all'uomo per ovvi motivi.

2. **ATTIVAZIONE NEUTRONICA**: si basa sulla misurazione di carbonio, idrogeno, calcio, azoto, effettuata irradiando il soggetto con neutroni veloci di energia che interagiscono con questi elementi chimici del corpo, provocando emissioni di raggi gamma che possono essere misurati. Viene effettuata in vivo. L'azoto fornisce informazioni sulle proteine e sulla massa cellulare, l'idrogeno sul contenuto di acqua, il carbonio sul grasso, il calcio sul tessuto osseo... → Questo metodo necessita di apparecchiature costose, inoltre viene utilizzata una debole emissione di radiazione ionizzante: questo fa si che l'attivazione neutronica venga usata solo pereffettuare sperimentazioni in cliniche specializzate.

5. Metodi indiretti

Il compartimento di interesse viene calcolato indirettamente a partire da un altro parametro misurato. Questo parametro e il compartimento di interesse sono legati da una relazione matematica verificata dalle metodiche dirette.

1. PESATA IDROSTATICA
2. PLETISMOGRAFIA
3. DXA
4. TAC
5. RMN
6. DILUIZIONE ISOTOPICA
7. POTASSIO CORPOREO TOTALE



5.1 Pesata idrostatica

1 **La pesata idrostatica rappresenta un metodo gold standard per misurare il contenuto corporeo di grasso.**

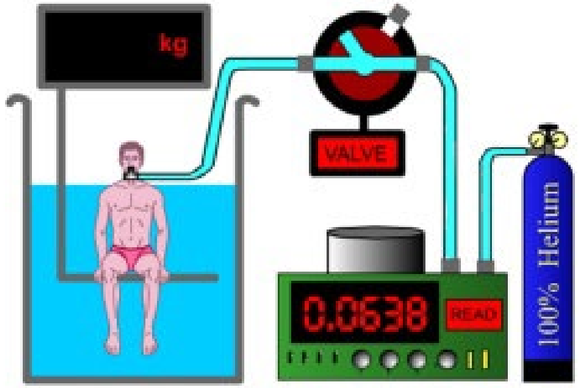
2 **La persona viene pesata e in seguito fatta immergere in una piscinetta dal volume noto**, deve trattenere il respiro per qualche secondo. Viene misurata la **densità corporea**.

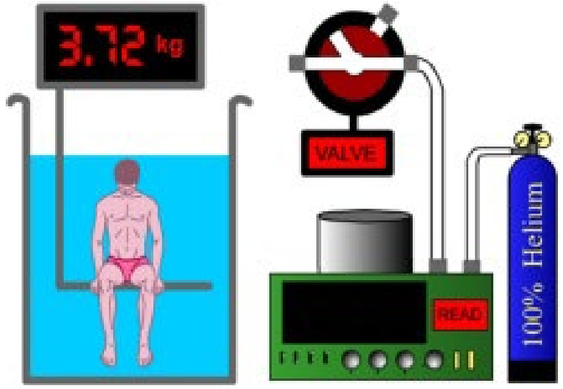
3 **Il metodo si basa sul principio di Archimede**, il quale stabilisce che il volume di un corpo immerso in un liquido è uguale al peso del liquido spostato.

4 **Dalla densità corporea possono essere stimate la massa grassa e, per differenza, la massa magra.**

5 **La tecnica è lunga e complessa**, ma ha un errore estremamente basso (circa 1-1,5%).

6 **É un esame indicato soprattutto ai fini di ricerca** e non è destinato alla routine o alla valutazione di ampie categorie di soggetti.





5.2 Pletismografia

1 Come la pesata idrostatica, la pletismografia misura **la densità corporea**, ma attraverso lo spostamento di aria piuttosto che l'immersione in acqua.

2 **Anche questo modo è considerato un gold standard per la misurazione del grasso corporeo.**

3 Con la pletismografia**, il volume corporeo viene definito indirettamente** misurando il volume di aria che si sposta dentro una camera chiusa, che ha temperatura costante.

4 **Il peso e il volume della persona vengono usati per calcolare la densità corporea** e successivamente la percentuale di grasso corporeo, da cui la percentuale della massa magra.

5 **Il tempo richiesto per le misurazioni è breve (intorno ai 3-5 minuti) e l'esaminato può continuare a respirare.** Può essere misurato anche il metabolismo e il test può essere eseguito su tutte le persone, comprese quelle alte, robuste o muscolose.

6 **Al momento ci sono solo due modelli disponibili in commercio** che utilizzano la 'pletismografia a spostamento d'aria per la misura della composizione corporea: bod pod (per bambini e adulti) e pea pod (per neonati).



5.3 Dual Energy X-Ray Absorption (DXA)

1 **Viene considerata il gold standard per la determinazione della densità dei tessuti ossei (**mineralizzazione).

2 **Utilizza una sorgente di raggi x a doppia energia** con un basso dosaggio, che viene attenuata in relazione al tipo di tessuto che incontra.

3 **Questa attenuazione viene misurata e tramite degli algoritmi validati è possibile calcolare anche il valore di massa grassa e massa magra.**

4 **Presenta una buona riproducibilità e precisione**, ma lo strumento è molto costoso, espone ad una piccola dose di radiazioni e necessita di personale specializzato.

5 Essendo l'acqua radiotrasparente, la **DXA non è in grado di fornire alcuna informazione sullo stato di idratazione** del soggetto misurato



5.4 Tomografia Assiale Computerizzata (TAC)

1 La TAC è una metodica di diagnostica per immagini, **sfrutta radiazioni ionizzanti che consentono di riprodurre sezioni o strati corporei per effettuare elaborazioni tridimensionali.**

2 La **densità radiologica** del tessuto adiposo è omogenea, mentre la massa magra comprende organi e tessuti a densità radiologica molto diversa tra loro.

3 **Per avere dati precisi e accurati sarebbero necessarie una grande quantità di scansioni**, e l'esame diverrebbe troppo costoso e pericoloso per la persona.

4 Sezioni tomografiche all'**addome** possono essere utili per valutare le dimensioni e la localizzazione del **grasso viscerale** e di quello **sottocutaneo**.



5.5 Risonanza Magnetica Nucleare (RMN)

1 **Tecnica che consente di creare immagini tridimensionali dell'interno del corpo, senza radiazioni ionizzanti.**

2 **Utile per valutare la quantità e la localizzazione del tessuto adiposo.**

3 A causa della bassa disponibilità e dell'elevato costo della strumentazione, l'utilizzo della risonanza magnetica in questo campo è piuttosto limitato.



5.6 Ecografia a ultrasuoni

1 Tecnica non invasiva per la misura del solo spessore di **grasso sottocutaneo e viscerale**.

2 **La metodica** è destinata a personale molto preparato ed esperto (ecografista) e **risulta operatore-dipendente.**

3 Tempi superiori ai 20 minuti per una misurazione.



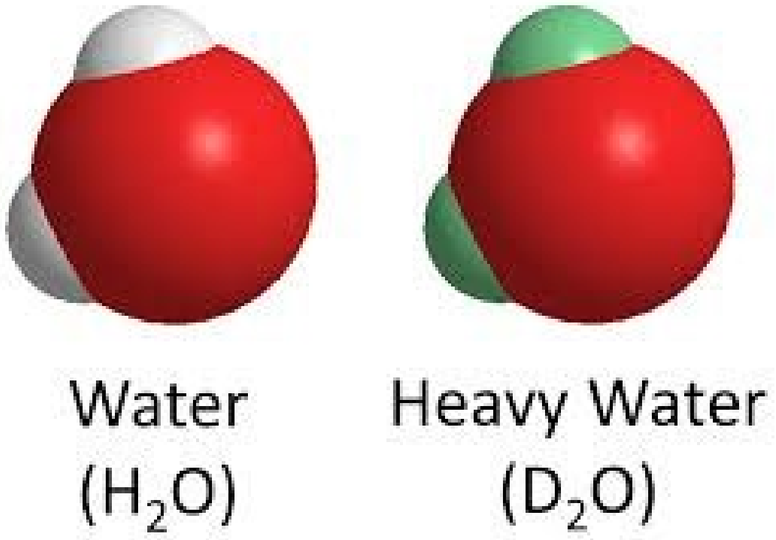
5.7 Diluzione Isotopica

1 **Consiste nell'iniettare sostanze debolmente radioattive**, innocue nel corpo, come il deuterio o il bromo.

2 Dopo alcune ore la sostanza si diluisce completamente nell'acqua corporea, dai liquidi biologici si misura la sua concentrazione.

3 Dalla quantità iniziale di sostanza iniettata e dalla sua concentrazione si ricava l'**acqua corporea totale** e anche l'**acqua extracellulare**.

4 **Questo metodo richiede tempo ed è costoso**, in più necessita di personale esperto.



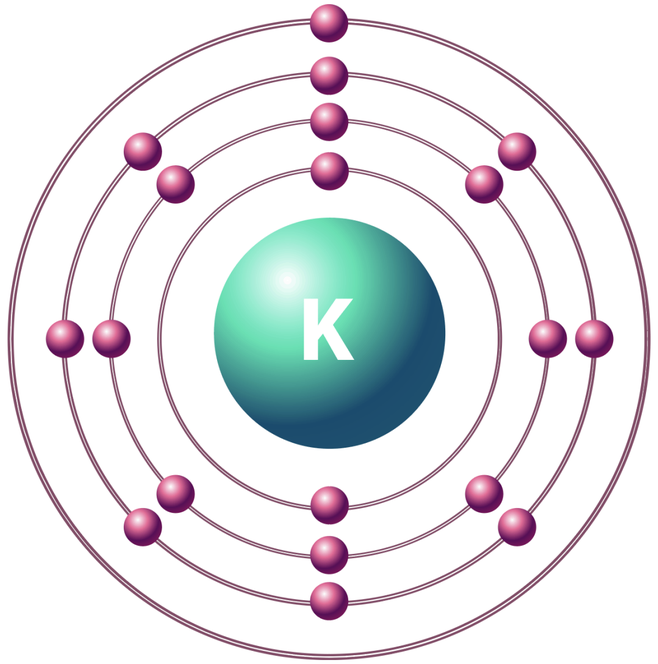
5.8 Potassio Corporeo Totale

1 L'isotopo radioattivo potassio 40 è presente nel corpo in proporzioni costanti rispetto al potassio corporeo totale, che è in proporzioni costanti nella massa magra.

2 L'isotopo emette una radiazione captabile da alcuni strumenti, grazie alla quale si risale al potassio corporeo totale.

3 Il potassio corporeo totale viene utilizzato per calcolare la **massa magra** (free fat mass) oppure la **massa cellulare metabolicamente attiva**.

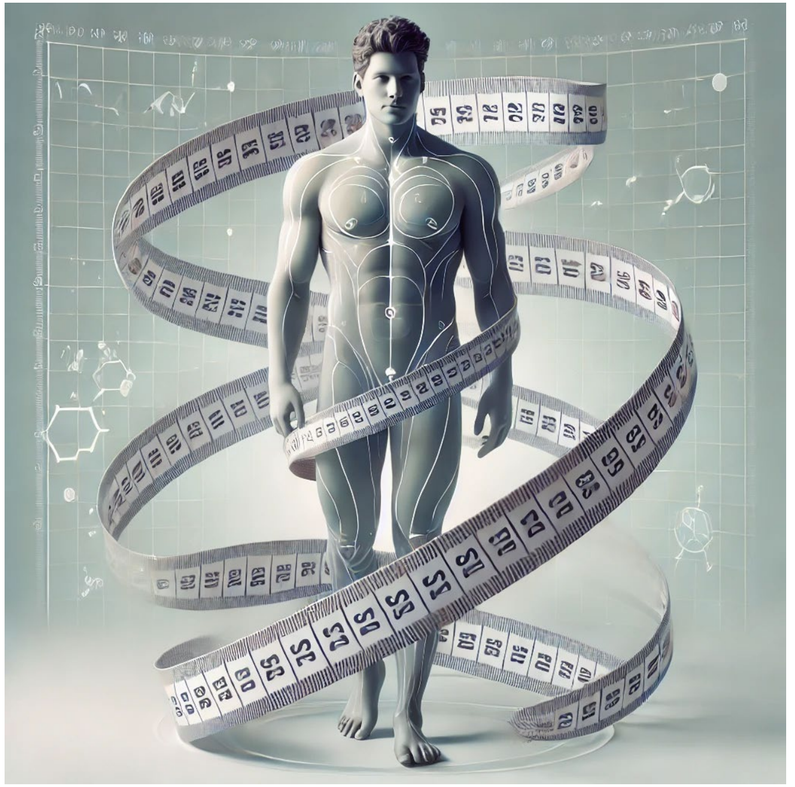
4 **Si tratta di una metodica estremamente precisa,** l'esame dura 15 minuti e non è pericoloso per la salute. Ma le attrezzature hanno costi proibitivi per un largo utilizzo.



6. Metodi doppiamente indiretti

Tali metodiche misurano un determinato parametro, che poi è messo in relazione, attraverso un'equazione matematica, a un altro parametro che risulta quindi misurato con una metodica indiretta. Con questa metodica risaliamo all’analisi del compartimento di interesse in maniera doppiamente indiretta. Devono essere validate, ovvero correlate con le altre metodiche di riferimento (dirette o indirette).
Ecco alcuni esempi di metodi doppiamente indiretti:

1. ANTROPOMETRIA
2. PLICOMETRIA
3. BIOIMPEDENZIOMETRIA

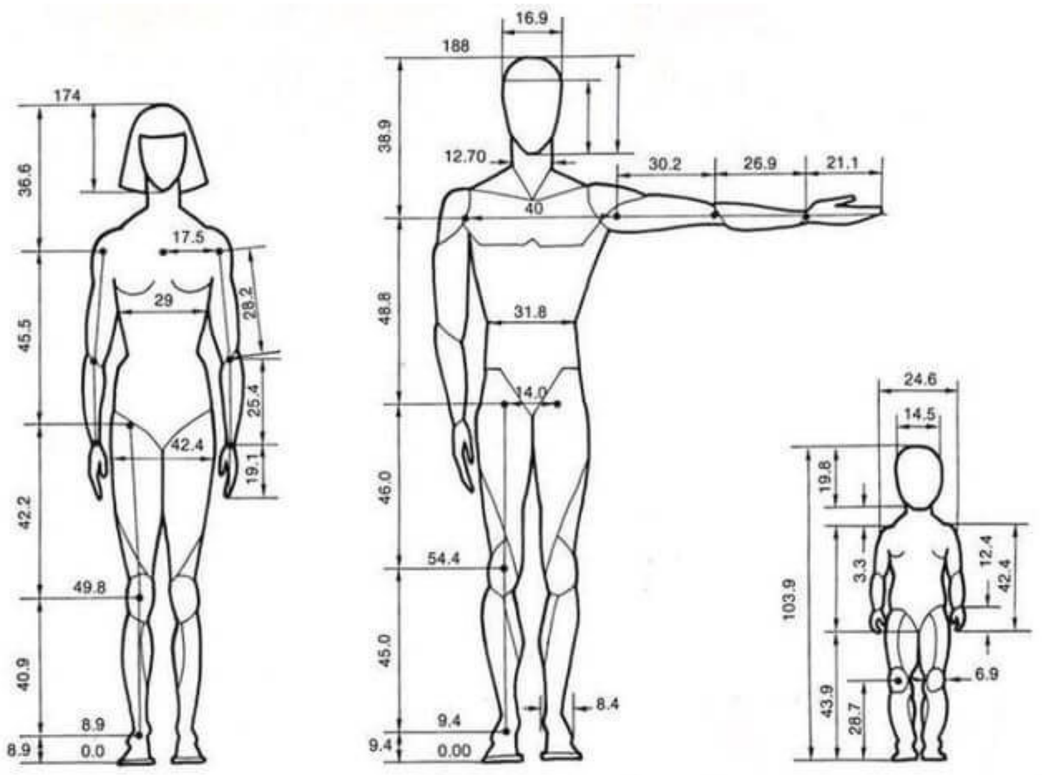


6.1 Antropometria

1 Il metodo antropometrico utilizza peso, altezza, aree muscolari, circonferenze corporee, ampiezza di polso e gomito, lunghezza di arti per stimare la composizione corporea.

2 Da queste misure si possono ottenere info su:
- Adeguatezza di peso e altezza
- Struttura scheletrica (ampiezza gomito)
- Biotipo (obesità androide o genoide)
- Stima della **massa magra** e **grassa**
- Fabbisogno energetico basale
- Peso desiderabile

3 Metodo poco costoso, ma altrettanto poco accurato e poco riproducibile.



6.2 Plicometria

1 Tecnica che consiste nel misurare lo spessore di grasso sottocutaneo con un calibro detto plicometro, in varie sedi del corpo (bicipite, tricipite, coscia, addome, ecc...)

2 Attraverso una serie di equazioni viene calcolata la **massa grassa corporea**.

3 Il calibro è facilmente trasportabile e la misurazione è semplice e poco costosa.

4 La misurazione è difficoltosa sia in ambito pediatrico che nelle persone obese. Inoltre la **riproducibilità dei risultati è molto ridotta**, in quanto dipende dall'abilità dell'operatore.



6.3 Bioimpedenziometria (BIA)

1 La **BIA** consiste nella misurazione dell'**impedenza bioelettrica del corpo.**

2 L'impedenza si può considerare come la capacità del corpo di opporsi al passaggio di una corrente elettrica alternata, di minima intensità e assolutamente innocua.

3 Dal valore dell'impedenza si stima direttamente l'**acqua corporea totale e l'acqua extracellulare** e, indirettamente, altri compartimenti corporei come ad esempio:
-Acqua Intracellulare
-Massa grassa
-Massa metabolicamente attiva
-Minerali
-Proteine



6.3 / Principi di funzionamento della BIA

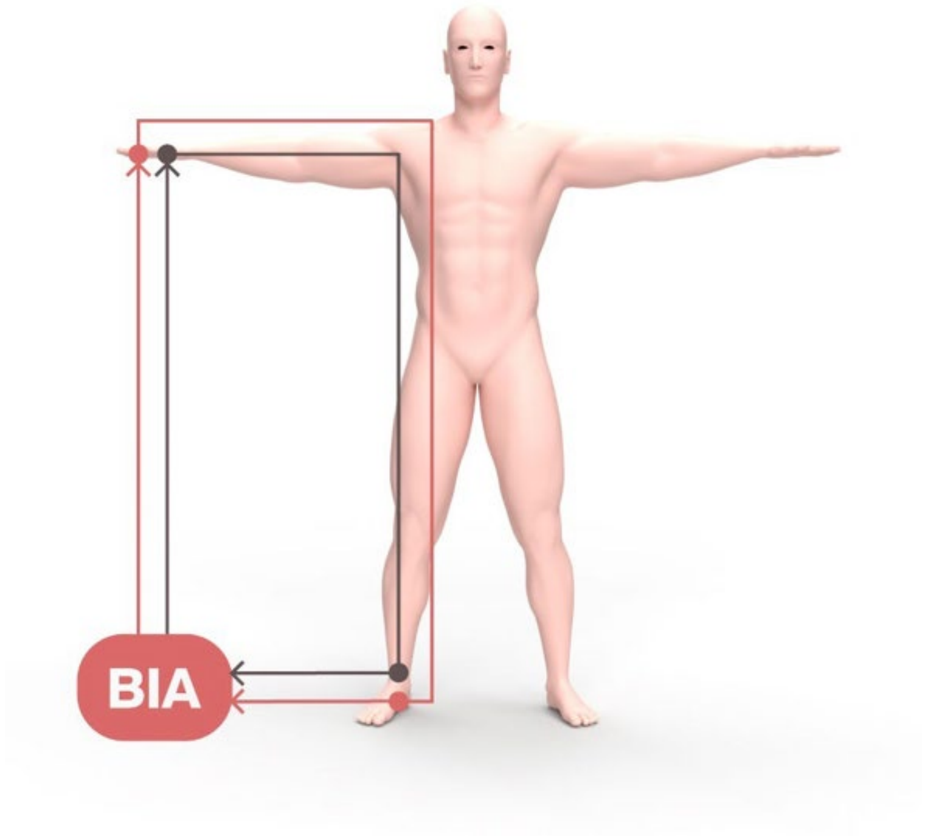
La **definizione** fisica di **impedenza bioelettrica** è:

"Il rapporto tra la differenza di potenziale alternato e l'ampiezza della corrente alternata in un conduttore biologico"

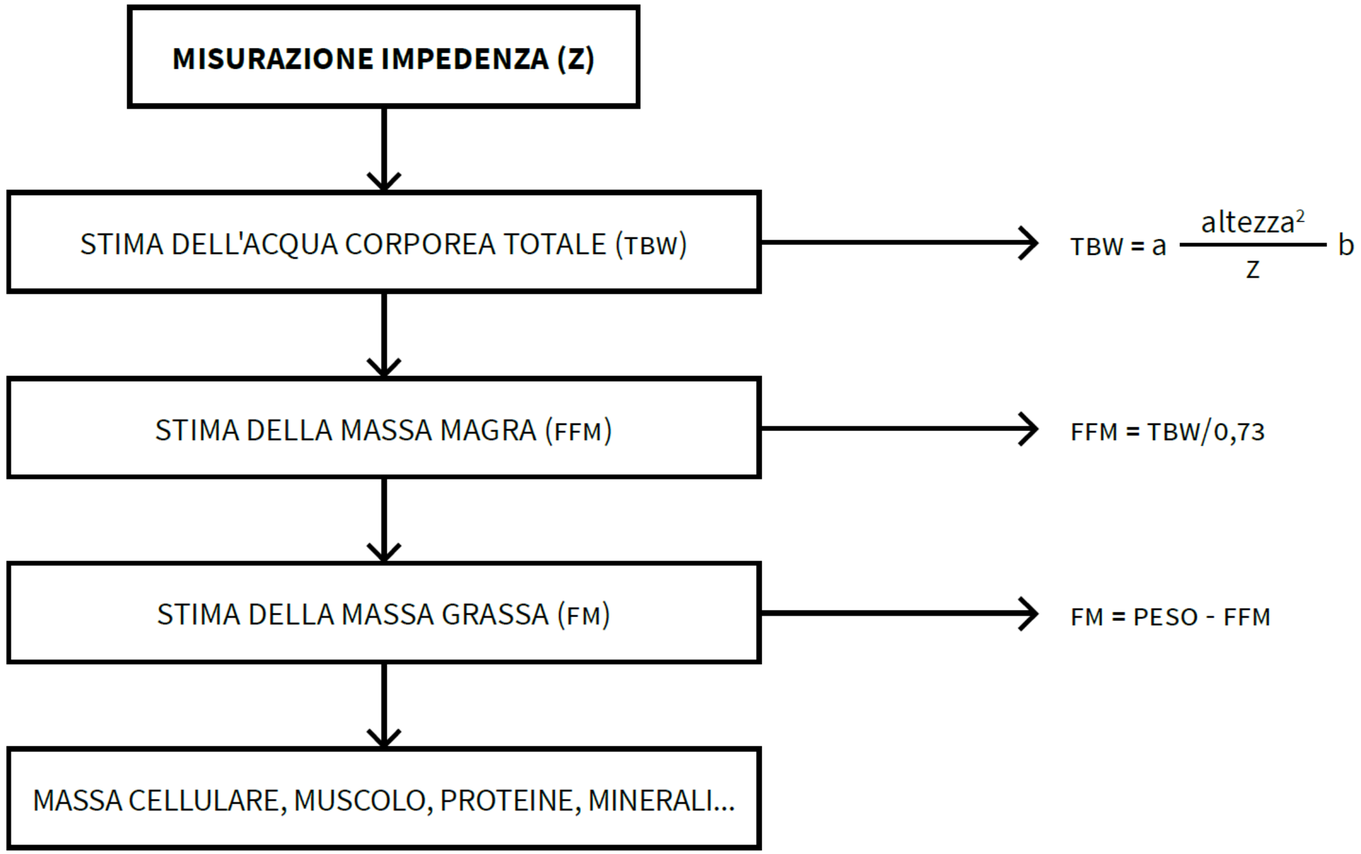
impedenza **=** differenza di potenziale **/** intensità di corrente

ELETTRODI ROSSI: Applico una corrente alternata ad una certa intensità e frequenza. → **CIRCUITO ROSSO:** Intensità di corrente.

ELETTRODI NERI: Misuro la differenza di potenziale che si crea al passaggio della corrente. → **CIRCUITO NERO**: Differenza di potenziale.



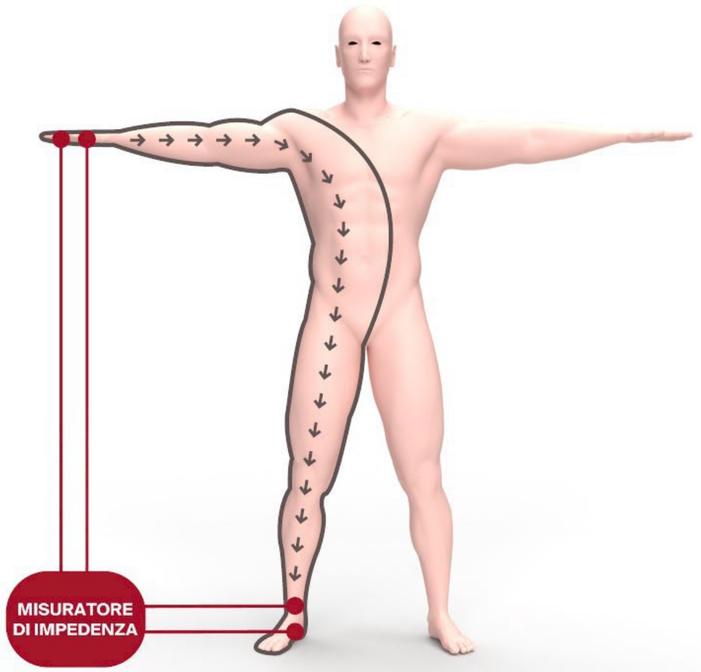
6.3 / Principi di funzionamento della BIA



6.3 / Principi di funzionamento della BIA

L'impedenza del corpo si può considerare la capacità del corpo di opporsi al passaggio della corrente elettrica.

L'impedenza si modifica in base:
- alla quantità e al tipo di strutture presenti (acqua, membrane cellulari, grasso, ecc...)
- alla geometria (lunghezza, area trasversa) del corpo e dei segmenti corporei (braccia, tronco, gambe).

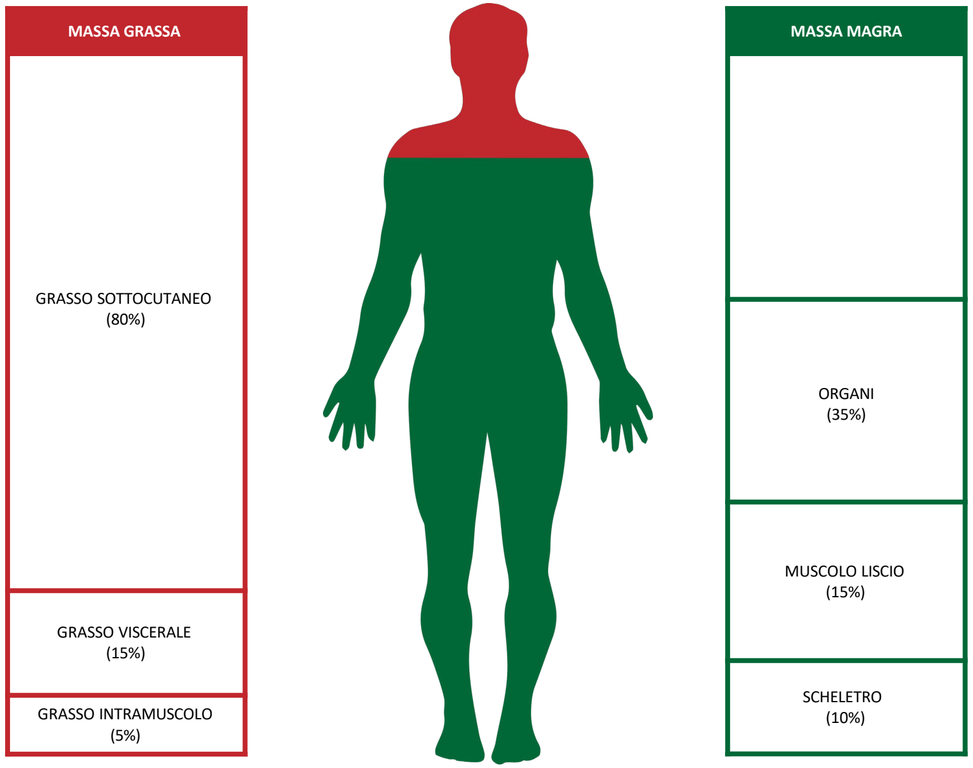


6.3 / Principi di funzionamento della BIA

I 2 tipi di massa che compone il corpo umano:

MASSA MAGRA o **FAT FREE MASS (FFM)**:
- Ricca di acqua
- Buon conduttore
- Bassa impedenza

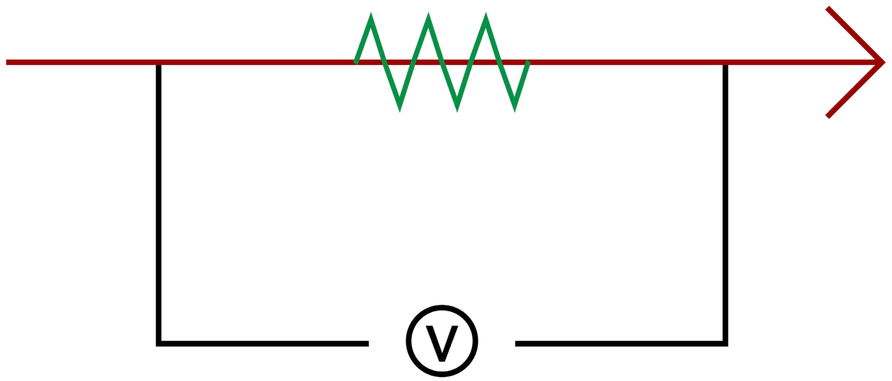
MASSA GRASSA:
- Povera di acqua
- Cattivo conduttore
- Elevata impedenza



6.3 / Principi di funzionamento della BIA

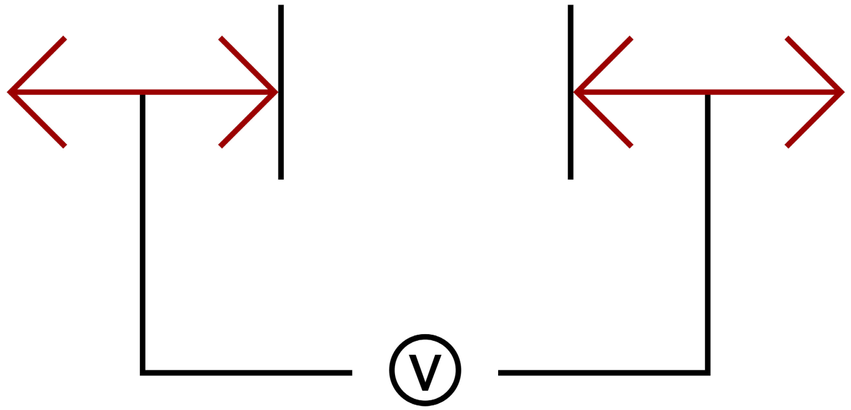
A livello matematico l'impedenza si può scorporare nelle sue due componenti, la resistenza e la reattanza.

1 **RESISTENZA CORPOREA (R):** capacità del corpo di opporsi al passaggio di corrente elettrica grazie al tipo di tessuto che incontra. E' legata ai fluidi corporei: meno acqua è presente nel tessuto (es. osso, lipidi) più alta è la resistenza corporea. Viceversa più acqua è presente, minore è la resistenza.



RESISTENZA

2 **REATTANZA CORPOREA (Xc):** capacità del corpo di opporsi al passaggio di corrente elettrica grazie alla presenza delle membrane cellulari, che nel corpo si comportano come un condensatore (costituito da due piastre separate tra loro da uno strato isolante) che immagazzina cariche elettriche.



REATTANZA

6.3 / Principi di funzionamento della BIA

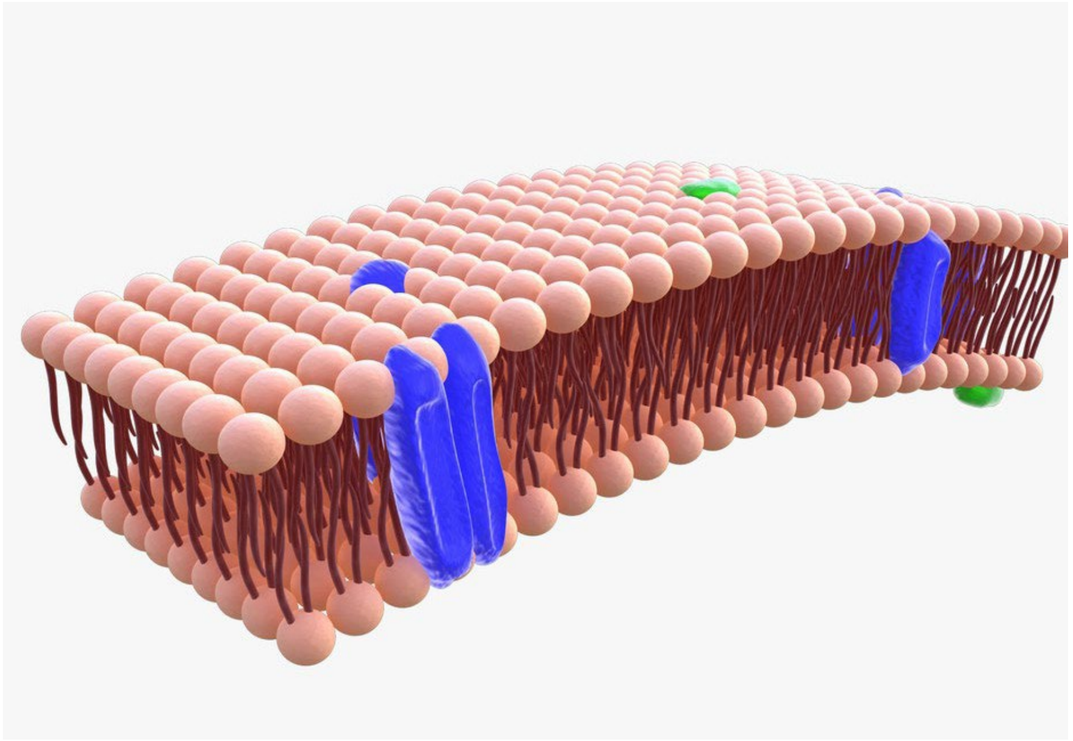
1 La membrana cellulare è il condensatore del corpo umano.

2 I versanti intra ed extracellulari della membrana sono idrofili, la parte interna è idrofoba, perchè è fatta di materiale lipidico.

3 Con corrente a basse frequenze, la maggior parte delle cariche elettriche si accumulano sulla superficie esterna della membrana e solo una piccola parte la attraversa.

4 Questa particolare opposizione che si genera prende il nome di **reattanza**.

5 **Ad alte frequenze invece la corrente riesce a penetrare in maniera omogenea la membrana cellulare.**



6.3 / Principi di funzionamento della BIA

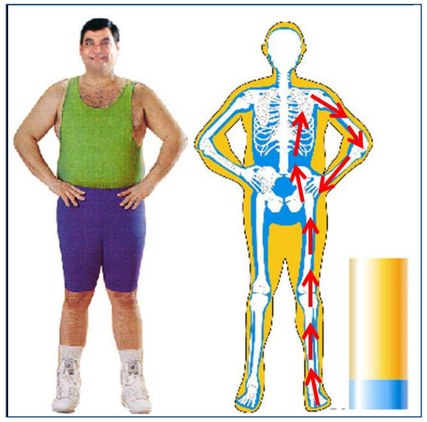
L'impedenza totale del corpo è determinata più dalla resistenza che dalla reattanza ed è approssimativamente distribuita come segue:
- 50% negli arti inferiori
- 40% agli arti superiori
- 10% al tronco

Il valore dell'impedenza diminuisce con l'aumentare della frequenza della corrente alternata applicata al corpo. A basse frequenze la corrente passa solo attraverso i liquidi extracellulari. Ad alte frequenze la corrente si distribuisce equamente tra l'ambiente intra ed extracellulare.

MASSA MAGRA
Ricca di acqua
Buon conduttore
Bassa impedenza



MASSA GRASSA
Povera di acqua
Cattivo conduttore
Elevata impedenza

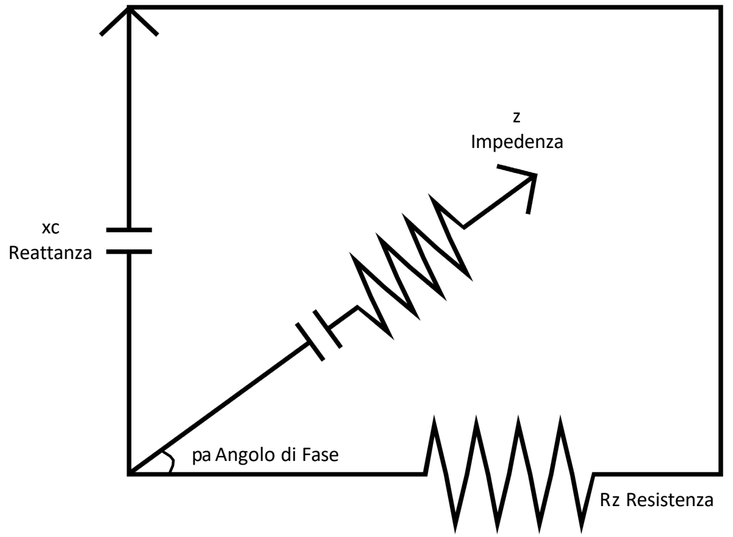


6.3 / Principi di funzionamento della BIA

L’angolo di fase viene calcolato direttamente nella BIA da un analizzatore di fase. Matematicamente, rappresenta il rapporto che c'è fra resistenza e reattanza e sul piano cartesiano è rappresentato dall’angolo che si forma tra l’asse delle ascisse (resistenza) e il vettore dell’impedenza.

A livello clinico è considerato un **ottimo indicatore dello stato fisico e dell’integrità cellulare**.

L’angolo di fase è stato definito uno dei migliori indicatori non invasivi predittivi per la sopravvivenza a lungo termine dei soggetti patologici.



6.4 / Vantaggi della BIA

1 FACILE DA ESEGUIRE

2 VELOCE (MENO DI 60 SECONDI)

3 NON INVASIVA

4 POCO COSTOSA

5 RIPRODUCIBILE

6 ACCURATA



6.5 / Popolazione target per l'analisi BIA

1 Persona con **eccesso di peso**, permette di determinare l'efficacia della terapia nutrizionale e motoria, per poi riuscire ad ottimizzarle.

2 Per la **persona sportiva** è utile a valutare la quantità di muscolo scheletrico, la percentuale di grasso corporeo e lo stato di idratazione.

3 Per la **persona con patologia severa**, è utile a monitorare lo stato di nutrizione e di idratazione, così da adeguare la terapia farmacologica e le integrazioni nutrizionali.

4 Per il bambino e per l'adolescente è necessaria per valutare al meglio la **crescita**.

5 Per la **persona anziana** è utile a monitorare i cambiamenti che fisiologicamente avvengono con l'avanzare del tempo.



7. Conclusioni

Esistono molte tecniche per la misurazione della composizione corporea:

- I metodi più accurati, considerati gold standard, sono molto costosi e utilizzati solo in ambito clinico e/o sperimentale.
- Altri metodi sottopongono la persona a radiazioni ionizzanti, quindi non possono essere ripetuti con tempistiche ravvicinate.
- Altri ancora, spesso quelli meno costosi, sono poco accurati e poco precisi (riproducibili).

Per la sua affidabilità, il costo contenuto, la facilità di esecuzione, l'assenza di invasività e la portabilità, la bioimpedenziometria è oggi il metodo più utilizzato per l'analisi della composizione corporea.