

IMPEDENZIOMETRIA

MISURA DELL'IMPEDENZA BIOELETTRICA

La **bioimpedenziometria (BIA)** è una tecnica che misura la resistenza opposta dal corpo umano al passaggio di una corrente tanto blanda da non essere percepita dal soggetto ($800 \mu A$). I valori ottenuti possono essere utilizzati come tali o trasformati attraverso *equazioni predittive* (popolazione-specifiche) in stime di massa magra, di massa grassa e idratazione corporea.

In particolare la tecnica consiste nella somministrazione per via transcutanea di una corrente alternata, ad una frequenza fissa o in multifrequenza, tramite:

- 1. elettrodi iniettori**, sistemati sulla superficie dorsale della mano e del piede ai metacarpi e metatarsi distali rispettivamente;
- 2. elettrodi rilevatori**, sistemati tra le prominenze distali del radio e dell'ulna e tra il malleolo mediale e laterale della caviglia, provvedono a registrare l'impedenza del corpo alla corrente elettrica.

IMPEDENZIOMETRIA

MISURA DELL'IMPEDENZA BIOELETTRICA

- **Total Body:** si considera l'organismo come un unico cilindro la cui altezza corrisponde all'altezza del soggetto;
- **Segmentale:** in cui vengono considerati 5 cilindri, il tronco, 2 cilindri per gli arti inferiori, 2 cilindri per gli arti superiori

Questa tecnica ha il vantaggio di un'elevata riproducibilità fra differenti operatori, un basso costo e assenza di invasività. Inoltre è particolarmente utile in presenza di *alterazioni dello stato di idratazione*, difficilmente identificabili attraverso il semplice esame antropometrico.

IMPEDENZIOMETRIA

DETERMINAZIONE DELL'ACQUA CORPOREA TOTALE, INTRA ED EXTRACELLULARE

- L'acqua corporea varia con l'età e con lo stato fisiologico. L'uso della BIA in **multifrequenza**, negli studi di composizione corporea, consente di determinare la ripartizione dell'acqua all'esterno e all'interno delle cellule. Essa si basa sul principio fisico per cui il passaggio di una corrente elettrica attraverso vie ad elevata resistenza, come le membrane cellulari, è facilitato dall'impiego di frequenze elevate.
- Nel caso del corpo umano, frequenze *inferiori a 50 kHz* sono state proposte per la predizione dei fluidi **extracellulari**, ricchi di elettroliti e pertanto buoni conduttori anche a basse frequenze, mentre, per superare l'ostacolo delle membrane cellulari, frequenze *superiori a 50 kHz* sono indicate per predire l'idratazione **totale**. Per differenza si risale all'idratazione **intracellulare**.
- La conoscenza dell'idratazione intra- ed extracellulare può fornire importanti informazioni sullo **stato di salute cellulare** e sullo **stato nutrizionale** del paziente. Ad esempio negli *obesi* si osserva generalmente un aumento dell'acqua extracellulare, e questo assume rilevanza clinica perché si associa spesso ad aumento della volemia (volume sanguigno) con incremento del rischio di ipertensione e malattie cardiovascolari.

Prima legge di Ohm:

$$I=V/R$$

I= Intensità della corrente elettrica (iniettata)

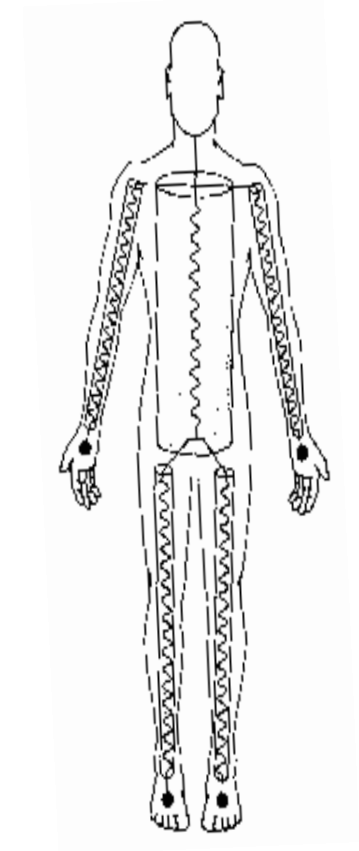
V= Voltaggio (registrato con gli elettrodi)

R= Resistenza elettrica, caratteristica del conduttore

$$R= V/I$$

L'Impedenza elettrica del corpo umano è approssimata a quella di un conduttore cilindrico isotropico (percorso dalla stessa densità di corrente in ogni punto.)

Il corpo umano può essere assimilabile ad un **sistema formato da tanti conduttori paralleli di natura diversa**, ciascuno dei quali, oppone, al passaggio di una corrente elettrica, valori di impedenza molto diversi.



Seconda legge di Ohm:

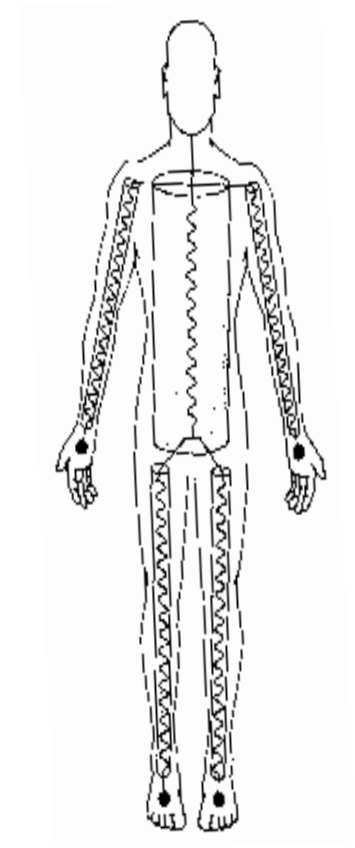
$$R = \rho \cdot L / S$$

ρ = Resistività

L = lunghezza

S = Sezione

La resistenza che un conduttore oppone al passaggio della corrente elettrica dipende dalla sua forma geometrica. Per un conduttore di forma cilindrica la resistenza è direttamente proporzionale alla sezione e inversamente proporzionale alla lunghezza a meno di una costante rappresentata dalla resistività specifica (ρ)



Calcolo del volume di H₂O dalla resistenza

$$R = \rho L/S$$

Il volume conduttore del cilindro ($V=L \times S$) può essere calcolato a partire dalla resistenza se nella formula precedente moltiplichiamo numeratore e denominatore per L :

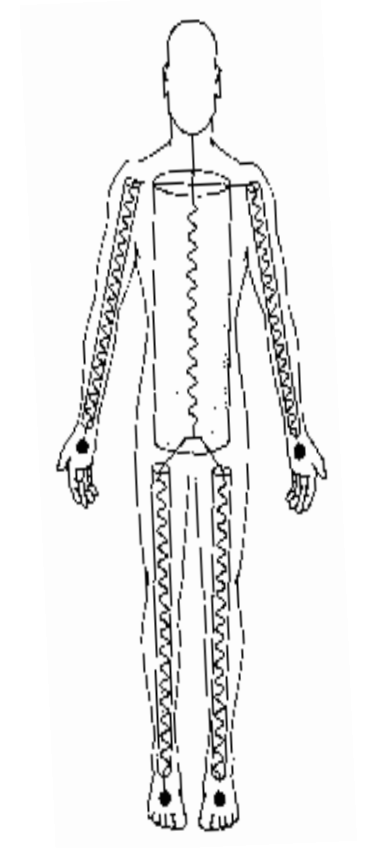
$$R = \rho L \cdot L/S \cdot L = \rho L^2/V$$

Da cui

$$V = \rho L^2/R$$

Il parametro L^2/R viene chiamato indice impedenziometrico.

Nei conduttori fisici la **resistività specifica** (ρ), che dipende dal materiale del conduttore, è facilmente determinabile; nell'uomo invece tale valore non è facilmente determinabile perché il corpo umano è paragonabile ad una serie di conduttori di composizione eterogenea ed altamente strutturata



Equazioni predittive per la determinazione dell'acqua totale corporea in base all'impedenza

Poiché la resistività specifica non può essere calcolata per l'uomo, l'equazione predittiva del volume di acqua corporea viene derivata empiricamente da **studi di popolazione** in cui vengono determinati indipendentemente:

- la **resistenza (o impedenza)** mediante l'impedenziometria;
- l'**altezza** (con lo stadiometro);
- il **volume di acqua totale corporea (V)** mediante la **metodica meccanicistica di riferimento**

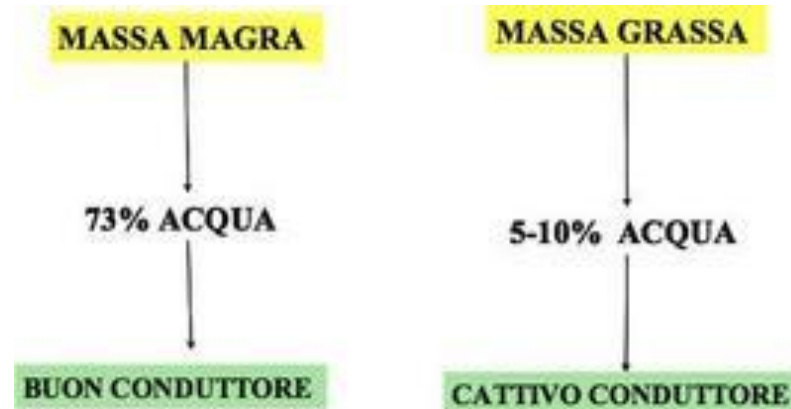
Quindi mediante **analisi statistiche di regressione lineare** viene determinata l'equazione della retta che spiega la correlazione tra:

- volume di acqua totale corporea calcolata
- indice impedenziometrico (L^2/R)

IMPEDENZIOMETRIA

DETERMINAZIONE DELLA MASSA GRASSA E DELLA MASSA MAGRA

- Tutte le strutture biologiche offrono una **resistenza** al passaggio di una corrente elettrica. I tessuti privi di grasso, ovvero la *massa magra*, sono buoni conduttori: essi sono ricchi di fluidi corporei che oppongono al passaggio della corrente alternata una bassa resistenza. Al contrario la *massa grassa* è un cattivo conduttore, in quanto povera di fluidi ed elettroliti, divenendo così una via elettrica fortemente resistiva.



- La **reattanza**, conosciuta anche come resistenza capacitiva, è la forza che un condensatore oppone al passaggio di una corrente elettrica. Le cellule presenti nell'organismo si comportano come dei condensatori che oppongono alla corrente alternata una resistenza capacitiva. La reattanza è quindi una misura indiretta delle membrane cellulari integre ed è proporzionale alla massa

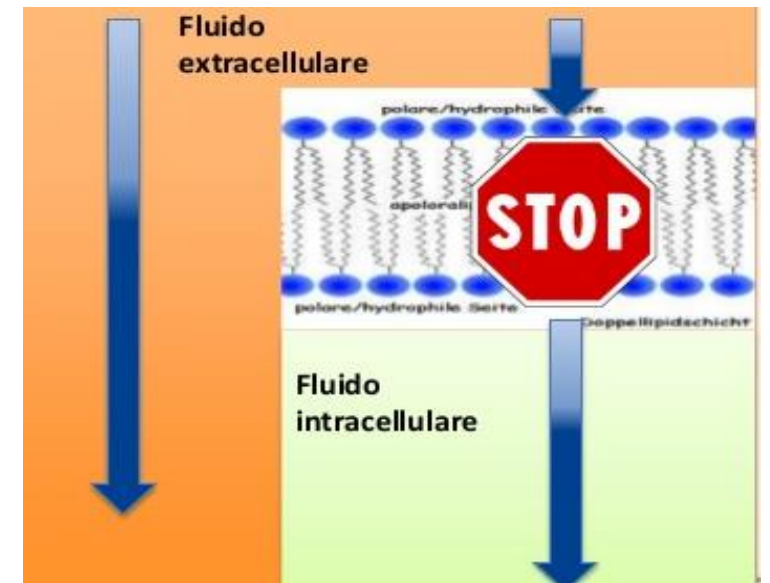
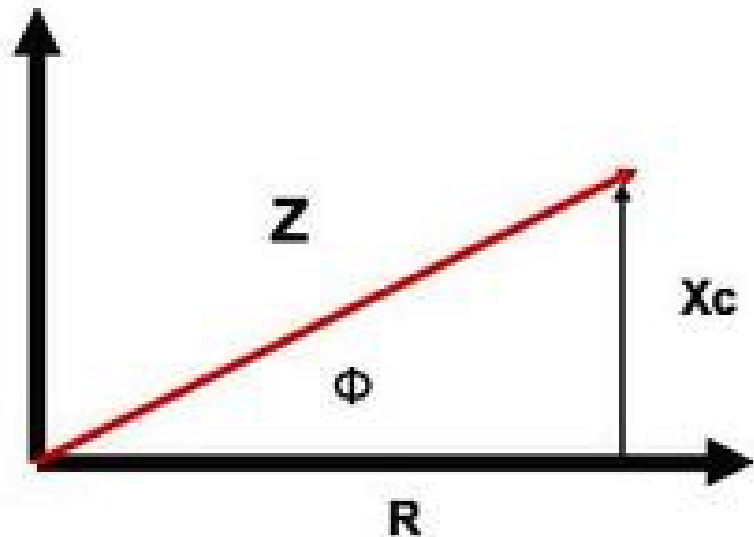
IMPEDENZIOMETRIA

DETERMINAZIONE DELLA MASSA GRASSA E DELLA MASSA MAGRA

L'opposizione del corpo umano al passaggio della corrente è denominata **impedenza** (Z), e consta di due diverse componenti: la **resistenza** (R) legata alle soluzioni elettrolitiche intracellulari ed extracellulari, e la **reattanza** (Xc), legata alle strutture cito-tissutali. L'angolo creato dal vettore viene definito angolo di fase (Φ).

In particolare l'impedenza è un vettore con modulo

$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

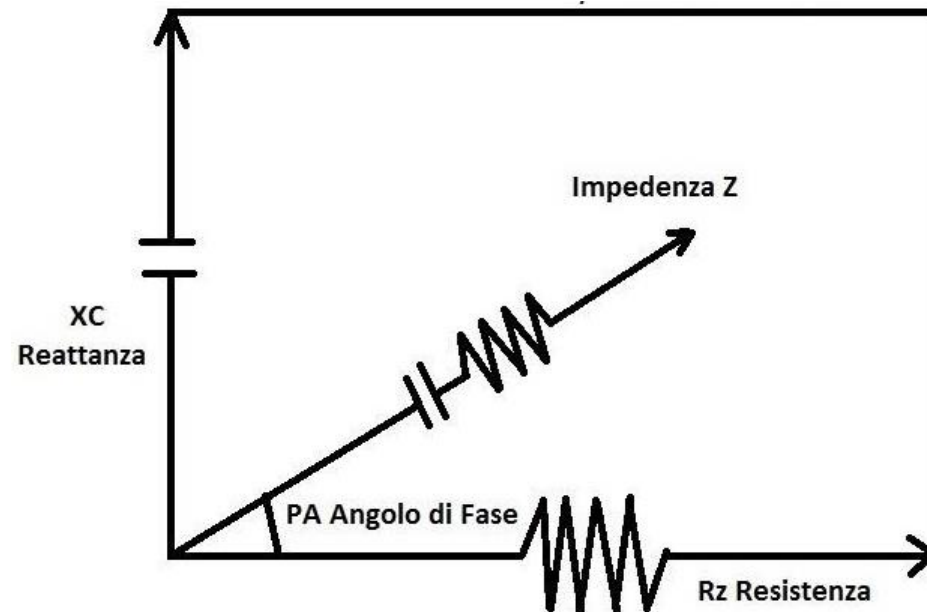


Cellule non adipose: oppongono resistenza e reattanza.

Cellule adipose: sfere di trigliceridi non si comportano da condensatori, cioè hanno una resistenza ma non una reattanza.

Reattanza (X_c) come misura delle quantità di membrane cellulari capacitive (massa cellulare metabolicamente attiva).

L'impedenza elettrica del corpo umano è quindi riconducibile a proprietà resistive (ascritte all'acqua intra-ed extra-cellulare) ed a proprietà capacitive (ascritte alle membrane cellulari)



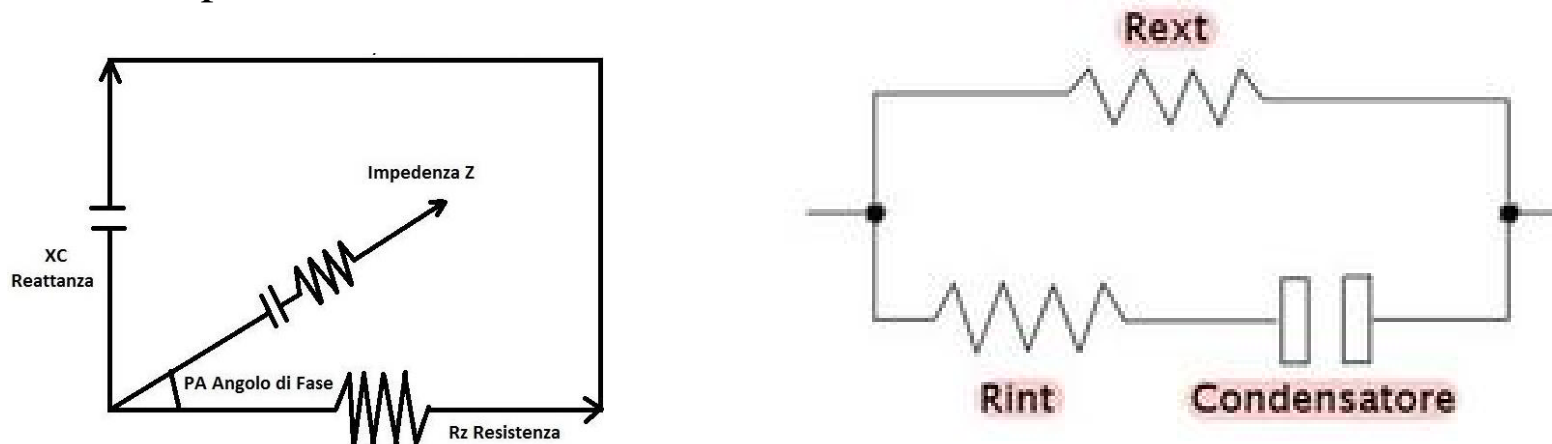
Circuito elettrico RRC serie-parallelo: resistenza posta in parallelo + complesso RC-serie

I componenti di questo circuito sono:

- il **condensatore** = membrane cellulari;
- la **resistenza opposta dai fluidi intracellulari**
- la **resistenza in serie al condensatore** = fluidi interstiziali (R_{int});
- la **resistenza in parallelo** = fluidi extracellulari (R_{ext}).

Un **circuito RC** è un circuito elettrico basato su una resistenza e sulla presenza di un elemento dinamico, il condensatore.

Circuito di Fricke è quello che meglio rappresenta l'organismo umano in quanto presenta una relazione frequenza della corrente-impedenza più vicina a quella determinata sperimentalmente sull'uomo



IMPEDENZIOMETRIA

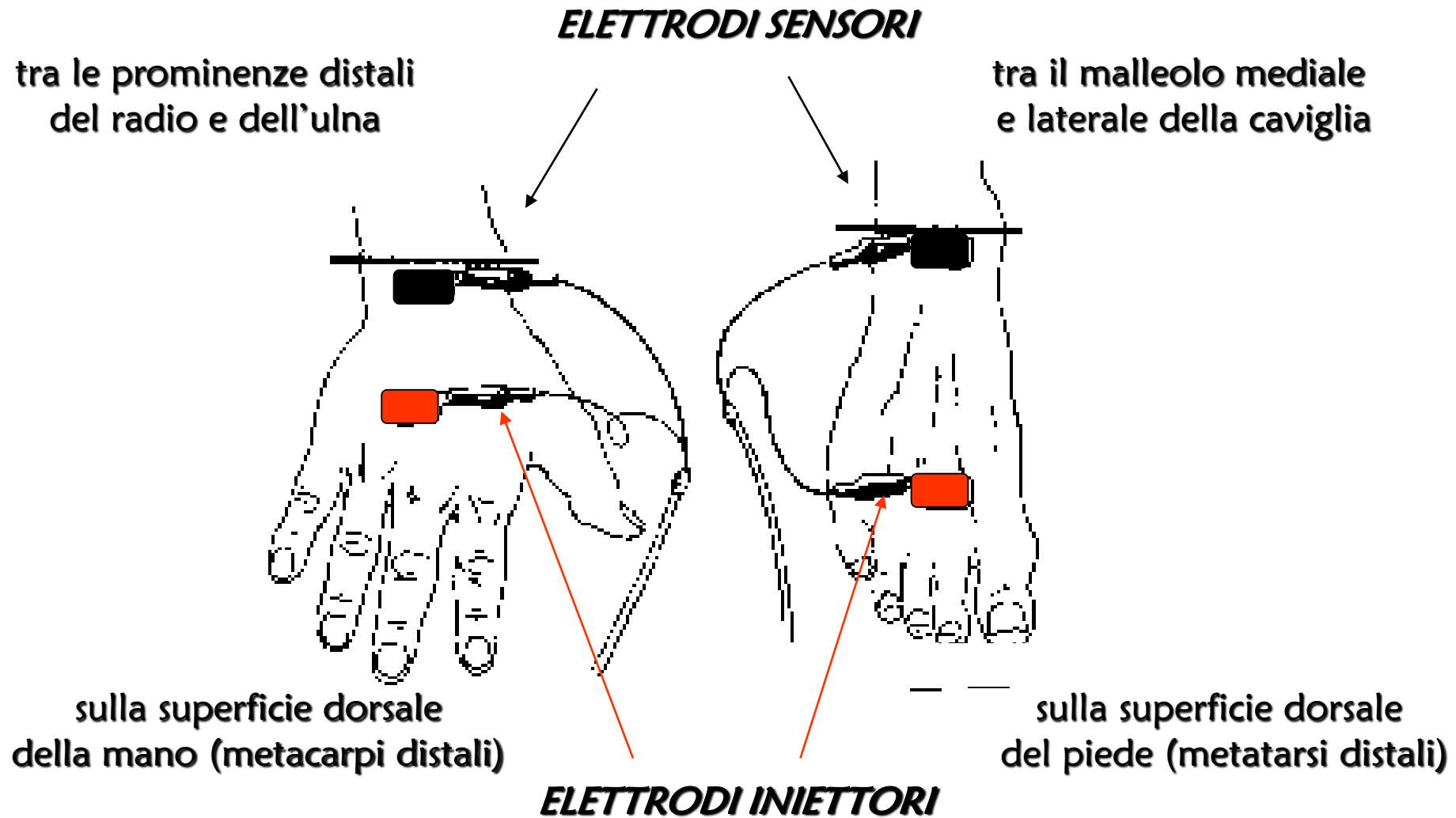
L'angolo di fase (PA) è il valore bioelettrico che dipende dal rapporto tra reattanza e resistenza ed è un indice della massa cellulare attiva, ovvero la componente metabolicamente attiva della massa magra

$$PA = \arctg (X_c/R_z) \times 180/3.14$$

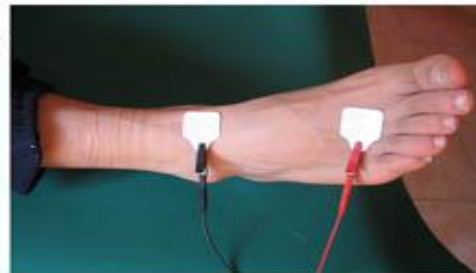
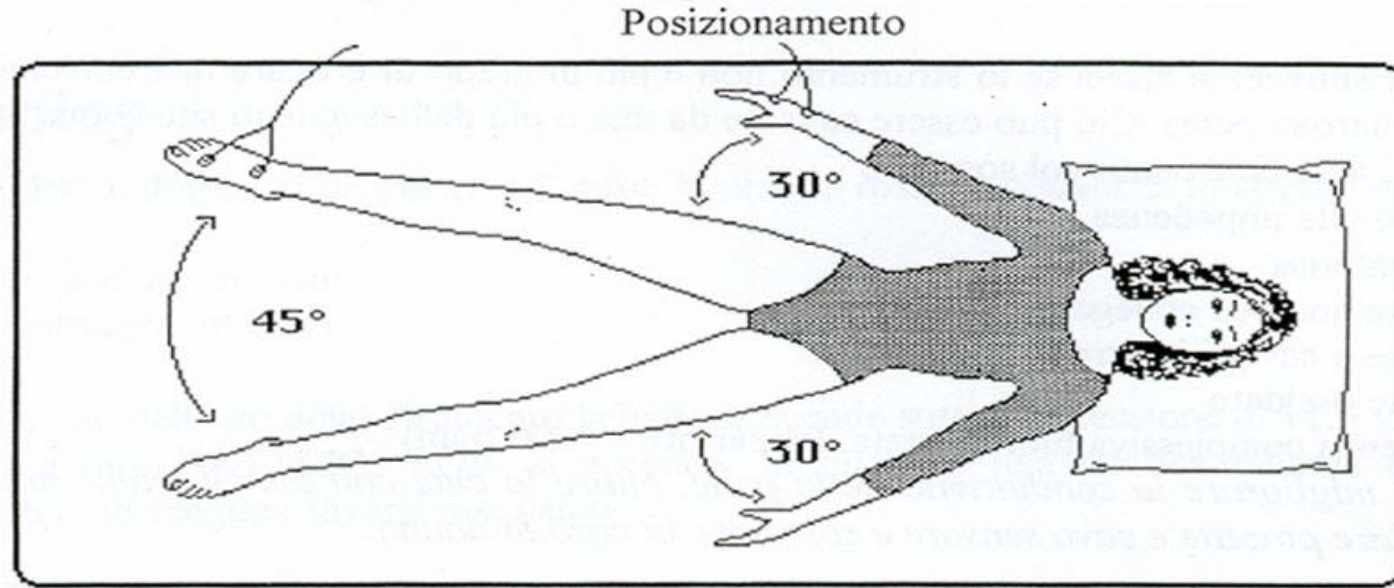
Se un corpo fosse ipoteticamente costituito solo da membrane cellulari si otterrebbe un angolo di fase di 90 gradi. Se viceversa fosse composto esclusivamente da fluidi l'angolo di fase sarebbe di 0 gradi. Il range fisiologico di angolo di fase è di 5-8 gradi.

- Valori al di sotto di tale range indicano uno stato forte di disidratazione oppure deperimento e danno cellulare.
- Valori più alti, invece, rivelano ritenzione idrica (edema) o elevata massa cellulare (come nel caso degli sportivi).

POSIZIONAMENTO DEGLI ELETTRODI



IN QUALI CONDIZIONI DEL SOGGETTO SI SVOLGE LA MISURA



IN QUALI CONDIZIONI DEL SOGGETTO SI SVOLGE LA MISURA

- Il soggetto deve essere posto in posizione supina, su una superficie piana non conduttiva, con le gambe e le braccia leggermente divaricate.
- Bisogna aspettare almeno **5 minuti** prima di effettuare la misura, onde permettere un'omogenea distribuzione dei fluidi corporei.
- Trattare con **alcol etilico** la superficie di cute su cui si posizionano gli elettrodi, per allontanare secrezioni, cellule desquamate o eventuali residui di creme idratanti al fine di migliorare la conducibilità elettrica.
- Preferibilmente **non mangiare né bere** nelle 5 ore precedenti, o almeno evitare bevande particolarmente zuccherine e cibi salati nelle 3-4 ore precedenti al test.
- Non eseguire **esercizio fisico** nelle 12 ore precedenti il test, perché la resistenza diminuisce dopo esercizio fisico intenso e prolungato. Infatti la maggior perdita di acqua rispetto agli elettroliti provoca un aumento della concentrazione elettrolitica dei fluidi corporei, quindi una maggiore conduzione e una minore resistenza.
- **Urinare** almeno 30 minuti prima del test.
- Non assumere **alcol** nelle 48 ore precedenti il test.
- Non assumere **diuretici** nei 7 giorni precedenti al test.
- In presenza di **febbre** la misura è inattendibile, così come sarebbe preferibile mantenere la temperatura ambientale tra 24 e 34° C, che altrimenti avrebbe effetti sul microcircolo cutaneo e sull'omeostasi idro-elettrolitica.
- Per le donne in età fertile, evitare di eseguire la prova durante il **ciclo mestruale**.