



# Scienze della Valutazione Motorio-Sportiva e Tecniche di analisi e progettazione dello Sport per disabili

**Giuseppe Baldassarre**

Tecniche e Valutazioni delle attitudini  
sportive

ANALISI DEL MOVIMENTO E NT

# Metodologia della Ricerca

## Caratteristiche del Metodo Scientifico

Provare quanto si afferma basandolo su osservazioni empiriche pubbliche e su ragionamenti espliciti validi logicamente;  
Interconnessione tra metodo e conoscenza: il carattere oggettivo della conoscenza scientifica è dato dalla rigorosità, condivisibilità e riproducibilità delle procedure impiegate per la sua acquisizione.

# OBIETTIVI

Prospettare nuovi itinerari di ricerca che a partire dall'originale connubio tra attività motorie e nuove tecnologie, contribuiscano alla:

- strutturazione di percorsi innovativi;
- formazione di figure professionali con competenze informatico-tecnologico e della diversabilità;
- creazione di spazi sperimentali che consentano l'applicabilità di specifiche apparecchiature.

# BASI EPISTEMOLOGICHE DELLA RICERCA

## RICERCHE

### IDIOGRAFICHE

- Si interessano ad eventi singoli
- I fenomeni sono studiati in situazione
- La “comprensione” di un fenomeno è derivata dal contesto

## RICERCHE

### NOMOTETICHE

- Si concentrano sulla ricerca di leggi generali studiando l'aspetto singolo e ricorrente
- Consentono la previsione

# RICERCA PURA vs RICERCA APPLICATA

## *Ricerca pura*

- Intesa ad accrescere le conoscenze per l'identificazione di principi esplicativi

## *Ricerca applicata*

- Orientata alla risoluzione di problemi pratici, consentendo di prendere decisioni ed effettuando interventi

# IMPOSTAZIONE DELLA RICERCA

## ESPLORARE VS PROVARE

- STUDI DESCRITTIVI

- STUDI CORRELAZIONALI

- STUDI SPERIMENTALI

Dallo studio descrittivo allo sperimentale aumentano i vincoli imposti allo sperimentatore ma aumenta la potenza del risultato

# STUDIO DESCRITTIVO

Obiettivo:

Verificare  
l'andamento del  
fenomeno senza  
aver fatto previsioni  
o formulato ipotesi

# STUDIO CORRELAZIONALE

Si osserva come  
si correlano due  
variabili



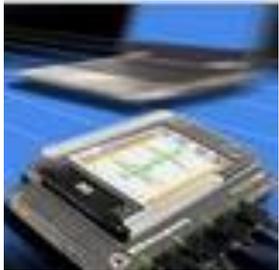
Non consente  
di stabilire  
rapporti causali

# STUDIO SPERIMENTALE

Consente di stabilire rapporti causali tra due variabili

E' necessario che una variabile venga manipolata per dimostrare e provare che un fenomeno è causa dell'altro

# GLI STRUMENTI PER LE RICERCHE



1. CALORIMETRO
2. PIATTAFORME  
DINAMOMETRICHE
3. ELETTROMIOGRAFO  
Pocket EMG
4. GRIP SYSTEM
5. SISTEMA MOVEN  
MOTION CAPTURE
6. SMART D
7. NIRVANA
8. PERFORMANCE  
ANALYSIS FOCUS X.2-3



# Analisi del movimento

## DEFINIZIONE

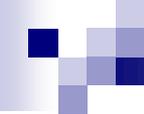
- L'analisi del movimento è una tecnica applicata in diversi ambiti che vanno dalla ricerca scientifica, alla clinica, all'intrattenimento.

## POTENZIALITA'

- Consente la misurazione e la descrizione di differenti aspetti di un atto locomotorio (cinematica dei segmenti articolari, forze scambiate con l'ambiente esterno, pressioni di interfaccia, cinetica articolare, attività muscolare).

## SCOPI

- E' finalizzata al miglioramento della prestazione motoria, all'approfondimento delle conoscenze fisiologiche, alla valutazione del recupero post-infortunio, al miglioramento tecnologico delle attrezzature presenti in ambiente formativo.



# Le nuove tecnologie nell'analisi del movimento

La diffusione delle nuove tecnologie nella vita quotidiana ha determinato l'avvento della cosiddetta "Società dell'Informazione".

Una società in cui le nuove tecnologie offrono nuovi sistemi di interazione, nuove modalità di fruizione dei servizi, nuove opportunità di intervento nella vita politica e sociale, nuove forme di comunicazione.

# Le nuove tecnologie nell'analisi del movimento

Le NT per:

- Strutture Sportive (Piste, Campi, Palestre)
- Accessori (Scarpe, sci, racchette tennis)
- Esseri umani (statica e dinamica, biomeccanica, chinesi, controllo e coordinazione del movimento – sistema neurale)

# Calorimetro

**Un sistema versatile di monitoraggio, clinicamente validato che consente di monitorare l'attività fisica metabolica giornaliera, il metabolismo, lo stile di vita, in condizioni free living.**

Possibili applicazioni:

Medicina dello sport

Medicina Preventiva

Medicina del Lavoro

Cardiologia

Neurologia

Medicina Interna

Trials Clinici

Wellness/fitness

Riabilitazione

Geriatrics

# Calorimetro

Il sistema comprende il SenseWear® Armband, uno strumento comodo e clinicamente validato da indossare sul braccio.

L' Armband registra in continuo una serie di dati fisiologici corporei. I dati raccolti vengono quindi analizzati dal software InnerView, mostrati graficamente e presentati su un referto che evidenzia chiaramente il dispendio energetico del paziente (calorie bruciate), durata e livello dell'attività fisica, numero di passi, e lo stato sonno/veglia.

# Funzioni armband

La SenseWear® Armband utilizza 4 sensori di segnali fisiologici



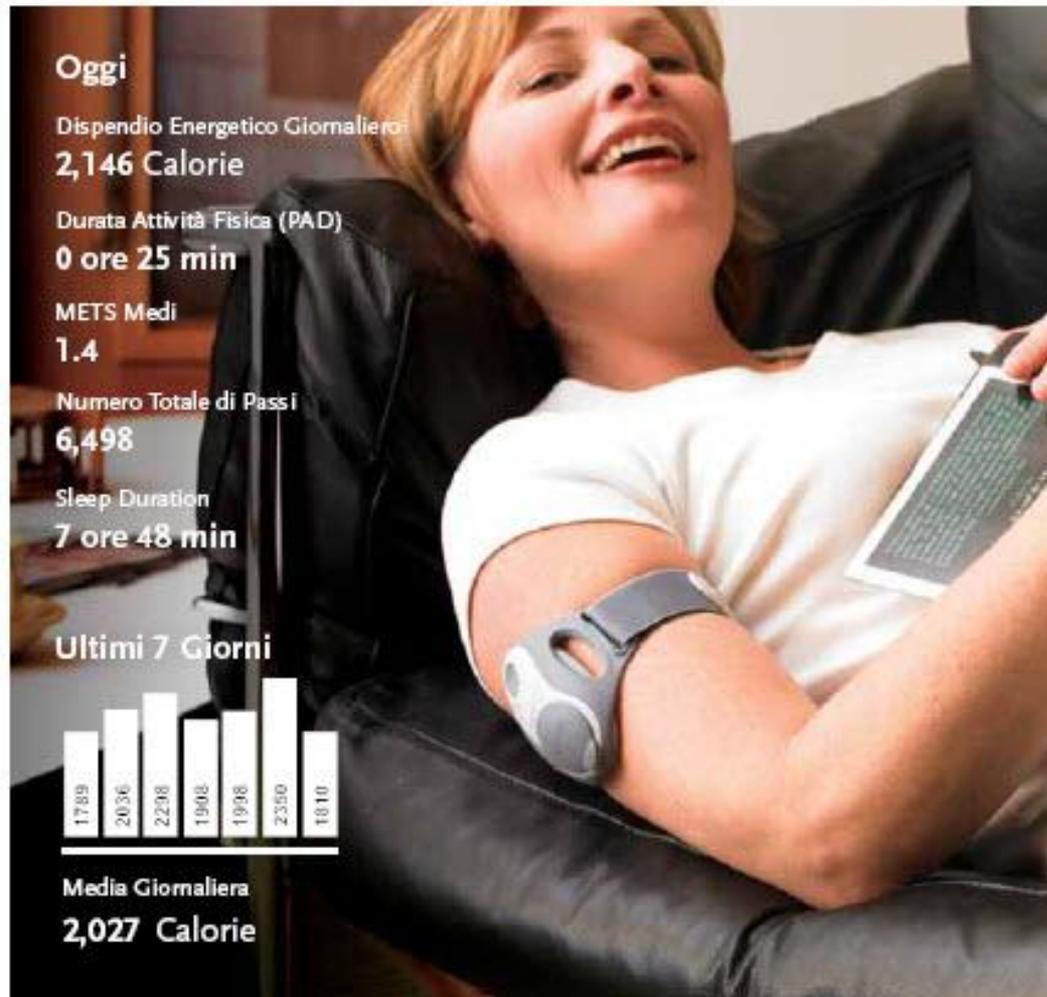
1. Temperatura cutanea  
misura la temperatura della superficie cutanea
2. Risposta galvanica della cute  
misura l'impedenza della pelle che riflette il contenuto idrico cutaneo e la costrizione o dilatazione dei vasi periferici
3. Calore dissipato  
misura la frequenza di dissipazione del calore dal corpo
4. Accelerometro a 2 assi  
misura del movimento

Questi sensori abbinati allo stato dell'arte dei nostri algoritmi, calcolano e refertano:

- ▶ Dispendio Energetico Totale (kcal)
- ▶ Dispendio Energetico Attivo (kcal)
- ▶ Dispendio Energetico a Riposo (kcal)
- ▶ METS
- ▶ Numero totale dei passi
- ▶ Durata dell'attività fisica (PAD)
- ▶ Durata del sonno
- ▶ Tempo sdraiato



# Funzioni armband



# BMI – body mass index

- E' un indice che mette in rapporto il peso corporeo con l'altezza: Peso corporeo espresso in kilogrammi diviso Altezza in metri al quadrato.

Esempio: Se il tuo peso è 80 kg. e l'altezza è 160 cm. il tuo B.M.I. sarà:  $80 : (1,6 \times 1,6) = 31,25$

Questi valori valgono sia per l'uomo che per la donna

# BMI – body mass index

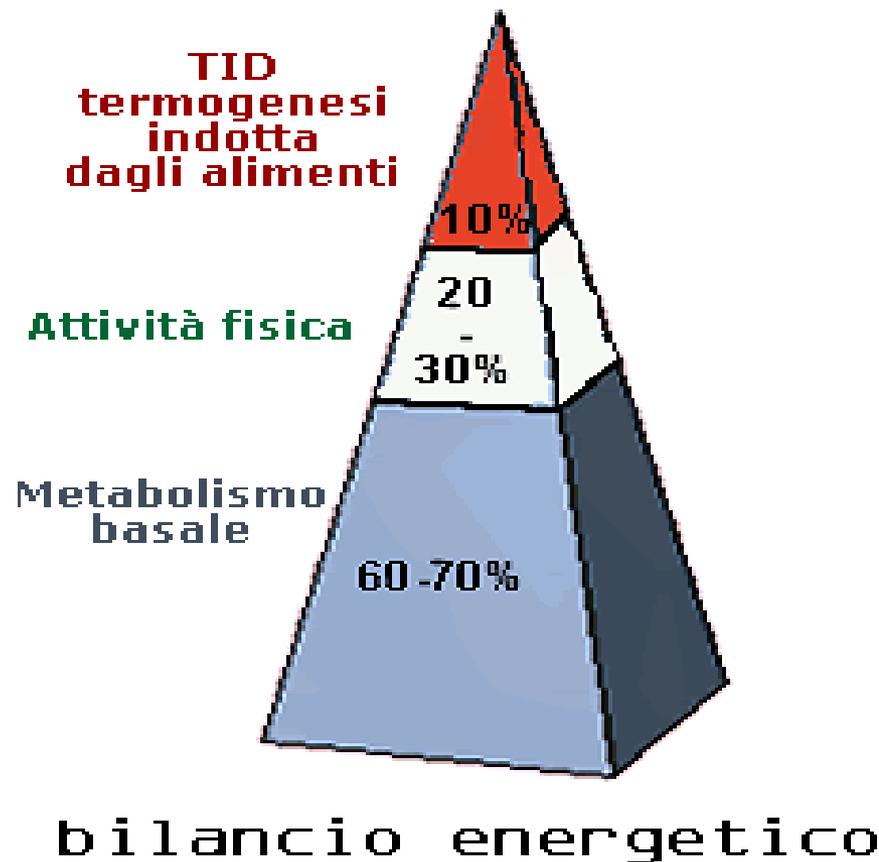
<b>&gt; 40</b>	Sovrappeso di 3° grado	<b>Grave obeso</b>
<b>30-40</b>	Sovrappeso di 2° grado	<b>Obeso</b>
<b>25-30</b>	Sovrappeso di 1° grado	<b>Sovrappeso</b>
<b>18,5-25</b>	Normopeso	<b>Normale</b>
<b>&lt; 18,5</b>	Sottopeso	<b>Magro</b>

# Calorie e dispendio energetico

**Il fabbisogno calorico** quotidiano dipende da tre diversi componenti:

- **il metabolismo basale** (MB O MBR dall'inglese: "basal metabolic rate")
- **TID: termogenesi indotta dagli alimenti**
- **Attività fisica**

# Calorie e dispendio energetico



# Calorie e dispendio energetico

## METABOLISMO BASALE:

rappresenta la quantità di energia impiegata in condizioni di neutralità termica, nel soggetto sveglio, ma in condizioni di totale rilassamento fisico e psichico.

E più alto negli uomini rispetto alle donne, cala con l'età ed è direttamente legato alla massa magra del soggetto.

# Calorie e dispendio energetico

**TID:** rappresenta l'energia spesa dall'organismo per digerire, assorbire ed utilizzare il cibo introdotto.

Il TID varia in base al tipo e alla quantità di macronutrienti come riportato nella seguente tabella

Macronutriente	Grassi	Carboidrati	Proteine	Alcol
<b>TID (%)</b>	<b>0-3%</b>	<b>5-10%</b>	<b>20-30%</b>	<b>10-30%</b>

La presenza di fibra alimentare nella dieta riduce la TID a causa del rallentato assorbimento.

# Calorie e dispendio energetico

La termogenesi indotta si distingue in:

- facoltativa, che riguarda la quantità di alimenti assunti e coinvolge l'attivazione del sistema nervoso simpatico;
- obbligatoria, che rappresenta l'energia spesa per l'utilizzazione dei singoli nutrienti (digestione, assorbimento, trasporto, metabolismo, deposito).

# Calorie e dispendio energetico

## **ATTIVITÀ FISICA:**

ogni movimento del corpo indotto dai muscoli scheletrici in grado di dare luogo ad una spesa energetica eccedente rispetto alla condizione di riposo.

- Il costo energetico dell'attività fisica dipende dalla frequenza e dall'intensità delle attività svolte. Può variare da circa un 15% per stili di vita sedentari, fino a 3 4 volte il metabolismo di base per attività occupazionali molto pesanti o per alcuni atleti.

# Calorie e dispendio energetico

L'esercizio fisico che comporta un impegno muscolare notevole, sembrerebbe mantenere elevata la spesa energetica per lunghi periodi di tempo (fino a 24 ore dopo la sospensione dell'attività).

La spesa energetica da attività fisica varia in rapporto a:

- Tipo di attività
- Intensità
- Durata
- Massa corporea

# Calcolo fabbisogno calorico

- Tabella per i calcolo
- Esempio di calcolo

# Calcolo calorie introdotte ( cibo)

- Tabella per il calcolo delle calorie in base al cibo ed alla quantità assunta.

# La potenza aerobica e il mets

La massima potenza aerobica è equivalente alla massima quantità di ossigeno che può essere utilizzata nell'unità di tempo da un individuo, nel corso di una attività fisica coinvolgente grandi gruppi muscolari, di intensità progressivamente crescente e protratta fino all'esaurimento.

Viene in genere espressa come **Vo2Max** : il massimo volume di ossigeno consumato per minuto.

# La potenza aerobica e il mets

**Massimo consumo di ossigeno =  
Frequenza cardiaca x Gittata sistolica x  
differenza artero-venosa di ossigeno**

$$\text{VO}_2 \text{ max} = \text{FC} \times \text{Gs} \times (\Delta a-v)$$

# La potenza aerobica e il mets

La frequenza cardiaca (FC) rappresenta il numero di battiti che il cuore compie in un minuto. Tale parametro viene solo marginalmente influenzato dall'allenamento.

La gittata sistolica (GS) esprime il volume di sangue (in ml) che esce dal ventricolo sinistro del cuore ad ogni contrazione (sistole). Tale valore aumenta soprattutto nel periodo iniziale dell'allenamento poi si stabilizza.

# La potenza aerobica e il mets

La differenza artero-venosa di ossigeno è il parametro più importante. Esso rappresenta la quantità di ossigeno che le cellule riescono ad estrarre dal circolo sanguigno durante il passaggio del sangue nei capillari.

Tale parametro è fortemente influenzato sia dalla genetica che dall'allenamento e dipende essenzialmente da:

# La potenza aerobica e il mets

- ventilazione polmonare
- trasporto periferico di ossigeno da parte dei globuli rossi e dell'emoglobina in essi contenuta
- densità del letto capillare a livello muscolare
- composizione in fibre (bianche e rosse) del tessuto muscolare
- numero, dimensione ed efficienza degli enzimi che catalizzano le reazioni energetiche
- numero, dimensione ed efficienza dei mitocondri

# METs

E' un' unità di equivalente metabolico e viene utilizzato per stimare il costo metabolico di una attività fisica secondo la relazione:

1 MET=3.5 ml di ossigeno consumato per Kg di peso corporeo al minuto

Il MET, viene utilizzato per indicare il costo metabolico dell'esercizio.

Esempio: costo metabolico dell'esercizio 8 METS

$$VO_2 = 8 * 3,5 = 28 \text{ mlO}_2/\text{Kg}$$

# Possibili applicazioni



# Possibili applicazioni



# Possibili applicazioni



# Possibili applicazioni



# Possibili applicazioni



# Possibili applicazioni



# La pedana stabilometrica (dinamometrica)



# Aspetti Tecnici

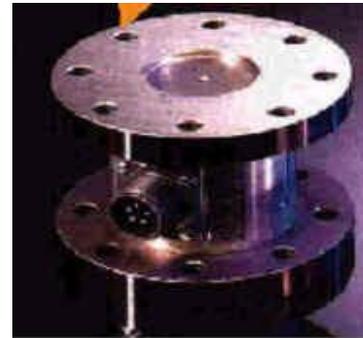
La misura può essere realizzata avvalendosi di due principali sistemi di trasduzione alternativi:

- **estensimetrico**: misura della variazione della resistenza elettrica del sensore causata da fenomeni di compressione o trazione. (*Fig. A*)
- **piezoelettrico**: misura della polarizzazione elettrica per effetto di deformazione meccanica applicata a particolari materiali. (*Fig. B*)

# Aspetti Tecnici



*(Fig. A)*



*(Fig. B)*

Diverse configurazioni e diverse topologie di sensori permettono la misura di tutte e/o alcune grandezze cinetiche: forze e/o momenti delle forze

# La pedana stabilometrica (dinamometrica) Laboratorio h

La pedana multifunzione di misurazione **Zebris FDM 153X60.5X2.1 cm (L x W x H)** opera con **8064 sensori capacitivi di nuova generazione sistemati** in una matrice di 144 per 56 cm.

Permette analisi delle forze statiche e dinamiche e della distribuzione pressoria del piede nudo e con calzatura.

Le aree di applicazione coprono la semplice e veloce analisi dinamica del rotolamento e l'analisi statica della distribuzione dei carichi. Queste analisi possono essere utilizzate per determinare la funzionalità del piede.

Può essere registrato un numero illimitato di esami. Il calcolo del valore medio appare automaticamente nel "Report".

# MISURE

Cosa misura la pedana

Misura il punto di applicazione del vettore forza corrispondente alla reazione vincolare del suolo e rappresenta una media pesata delle pressioni sulla superficie di contatto con il suolo ". Tale punto viene detto centro di pressione e viene comunemente indicato dall'acronimo inglese **COP**.

*Definizione* " La proiezione del centro di massa al suolo identifica un punto che chiamiamo **COM**"

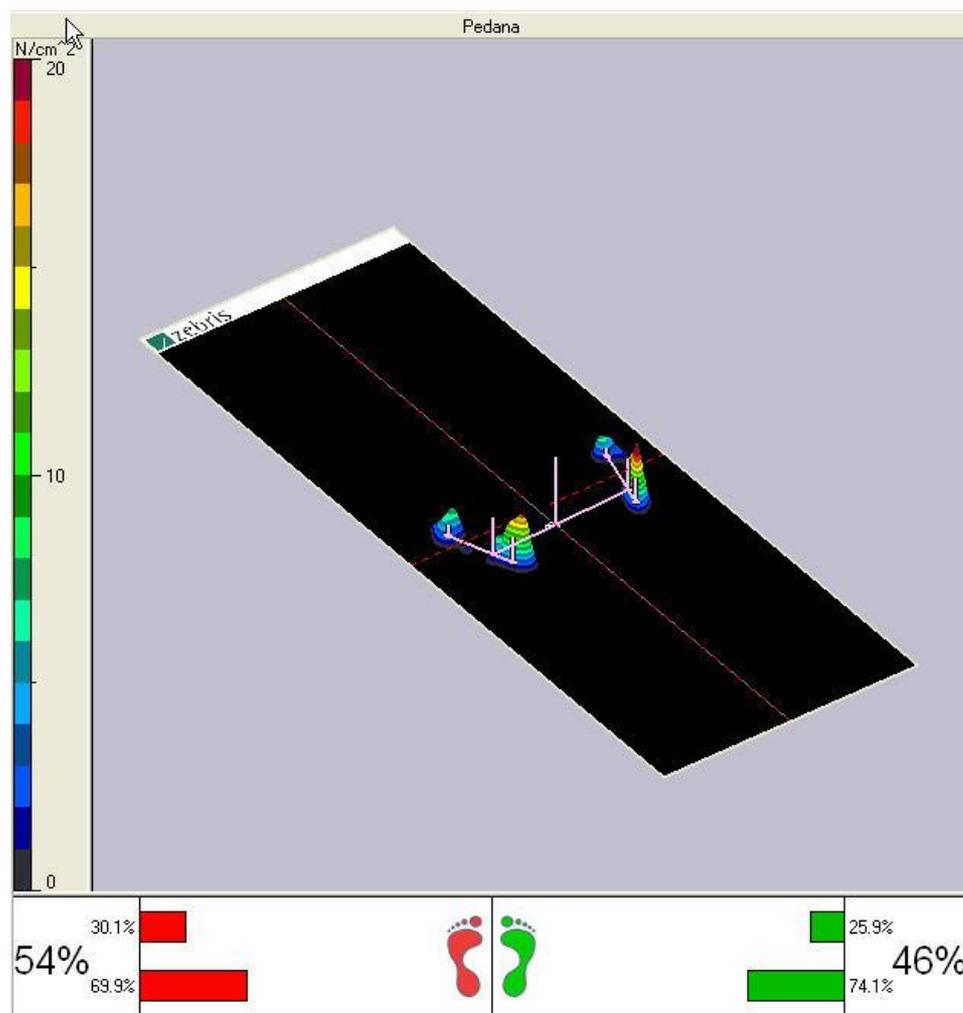
Le due variabili sono da un punto di vista biomeccanico strettamente collegate: possiamo dire che una dipende dall'altra, ma **NON sono la stessa cosa**. Il loro significato fisico e le informazioni che possiamo trarre dal loro studio sono profondamente diversi.

# MISURE

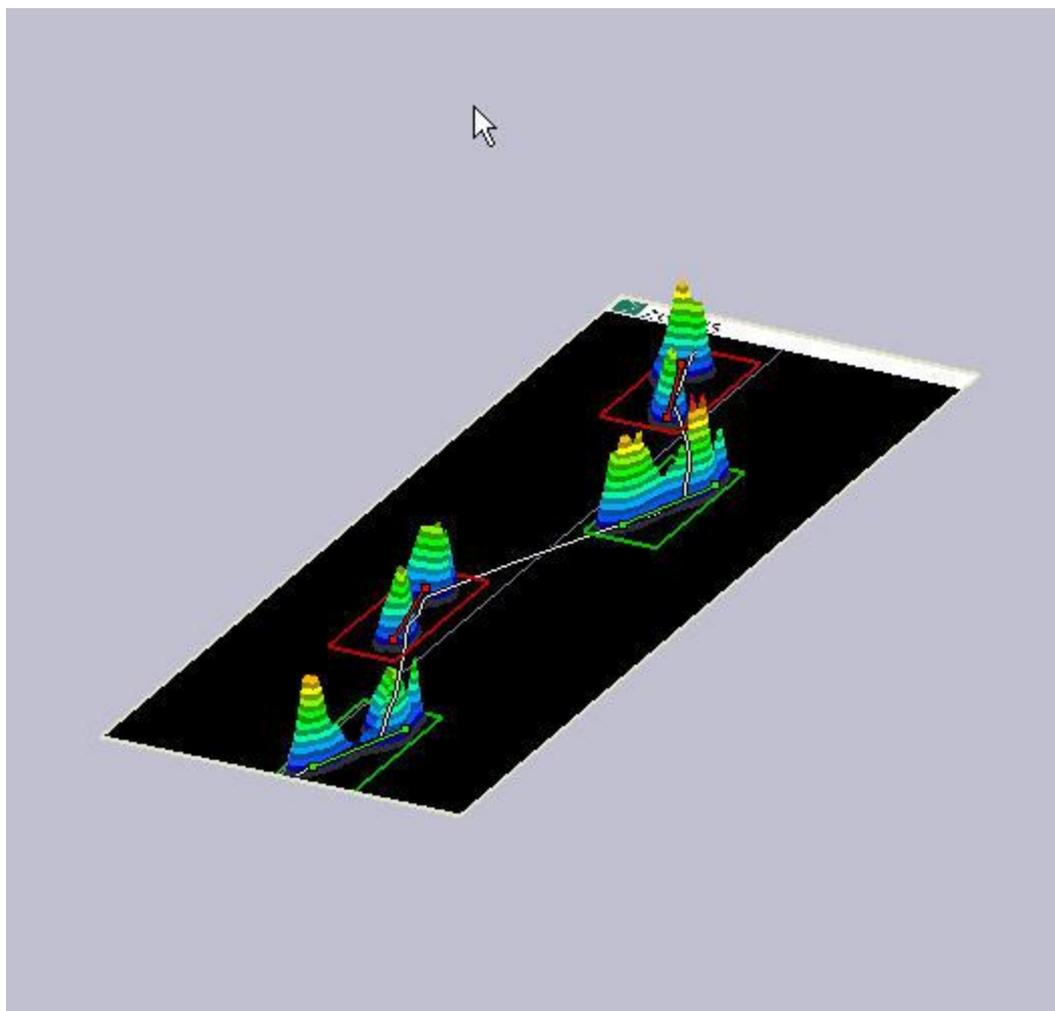
**COP(Centro di Pressione):** E' la manifestazione delle forze agenti sulla caviglia per il mantenimento della postura eretta e fornisce quindi un importante strumento per indagare le strategie di controllo e verificare i modelli sperimentali. Non rappresenta il movimento, ma l'entità fisica che lo genera.

**COM (Centro di Massa):** E' la posizione del centro di massa del sistema che viene continuamente spostato dalle forze in gioco. Rappresenta il movimento vero e proprio ed è il risultato del movimento del COP

# Funzioni - Statiche



# Funzioni - dinamiche



# Posturologia

La POSTUROLOGIA, studia l'equilibrio umano e le condizioni fisiologiche che lo rendono possibile.

La stazione eretta è una condizione instabile perché il baricentro è al di sopra del punto di vincolo, ossia al di sopra della base di appoggio.

Il corpo di una persona, ferma in posizione eretta, è quindi soggetto a micro-moti continui, per mantenere il proprio bilanciamento posturale.

# Posturologia

L'equilibrio si mantiene per l'azione concomitante di diversi sistemi:

- Muscolo-scheletrico;
- Sistema nervoso centrale;
- Recettori sensoriali.

Qualsiasi alterazione a uno di questi sistemi può avere conseguenze sull'assetto posturale.

# Posturologia

## Sviluppo psicofisico nel controllo posturale

La crescita del bambino comporta una serie di cambiamenti non solo a livello morfologico ma anche a livello dei diversi sistemi deputati al controllo della postura e dell'equilibrio. Il mantenimento della postura eretta è una capacità acquisita dal bambino intorno all'anno di vita.

A due anni, la padronanza dei movimenti si è perfezionata ulteriormente, e col raggiungimento dei tre anni di vita, il bambino è in grado di correre, pedalare sul triciclo e saltare, sia a piedi uniti che su un piede solo.

# Posturologia

## Modificazioni nel sistema di controllo

Molti ricercatori hanno analizzato in senso quantitativo le oscillazioni posturali in bambini sani di diverse età. Alcuni, hanno valutato l'oscillazione posturale in bambini di età compresa fra i 3,5 e i 17 anni, attraverso le registrazioni di una piattaforma di forza. Essi hanno individuato un legame tra età del soggetto ed ampiezza delle oscillazioni, infatti all'aumentare dell'età diminuiscono gli spostamenti sia in direzione antero-posteriore che in quella medio laterale

# Posturologia

## Modificazioni anatomico-funzionali

Altri autori hanno descritto i cambiamenti nella superficie di contatto della pianta del piede e dello spostamento della posizione media della proiezione del centro di gravità sul terreno. Essi hanno osservato che **l'area di contatto aumenta all'aumentare dell'età, anche se la dipendenza da questa ultima non è lineare**, mentre la formazione dell'arco plantare può essere suddivisa in tre eventi successivi:

# Posturologia

**STADIO INIZIALE:** l'arco plantare si sviluppa a partire dal secondo anno di vita, e incomincia ad assumere la sua forma definitiva all'età di 3 anni. Lo stadio iniziale è considerato completato intorno ad i 5-6 anni, dato che l'area di contatto incomincia ad aumentare in modo più marcato. Infatti, nel primo stadio di sviluppo, non si hanno delle notevoli variazioni nell'area di contatto perché in corrispondenza di un aumento delle dimensioni del piede, si ha un passaggio da una pianta del piede piatta ad una pianta arcuata.

# Posturologia

**STADIO DI MATURAZIONE:** l'età di 6-7 anni è considerata come un punto di transizione nella formazione delle strutture anatomiche del piede.

A tale età si ha un aumento di stabilità evidenziato da una diminuzione dell'area di oscillazione.

# Posturologia

## COMPLETAMENTO DELL'ARCO PLANTARE

ADULTO: lo sviluppo dell'arco plantare porta, infatti, il centro di pressione a spostarsi in avanti rispetto al tallone, assumendo così una posizione più facilmente controllabile.

Una posizione del centro di gravità prossima agli estremi del piede, tallone o punta, è, infatti, indice di maggior stabilità, poiché anche per piccoli spostamenti si può avere perdita dell'equilibrio.

# I disturbi dell'equilibrio

## **Postura, equilibrio, orientamento**

Il termine postura può essere riferito a tutto il corpo, ovvero all'atteggiamento del corpo in diverse condizioni statiche o dinamiche, oppure a parti del corpo, intendendo così fare riferimento alla posizione ed alla relazione reciproca di diversi segmenti. Si usano talvolta indifferentemente i termini postura ed equilibrio. In senso stretto, esiste una differenza tra postura ed equilibrio: il termine postura di per sé non implica equilibrio.

.

# I disturbi dell'equilibrio

Il concetto di equilibrio emerge quando si parla della postura antigravitaria, la quale consiste nella postura del corpo e dei suoi segmenti durante la stazione eretta, sia in condizioni statiche che durante un movimento che implichi un movimento contro gravità.

In questo caso, il mantenimento della postura è condizionato da un buon controllo dell'equilibrio, ovvero dal fatto che la proiezione del centro di massa del corpo cada all'interno della base di appoggio.

# I disturbi dell'equilibrio

La conservazione di una postura antigravitaria è un processo attivo che implica il mantenimento prolungato di determinate posizioni del corpo e dei suoi segmenti, lo sviluppo della forza necessaria a sostenere il peso del corpo contro l'azione della gravità, l'esecuzione di movimenti correttivi per compensare possibili perturbazioni interne od esterne che minaccino l'equilibrio, ovvero lo spostamento del centro di massa del corpo rispetto alla base di appoggio.

# I disturbi dell'equilibrio

Il termine postura di per sé non implica di solito orientamento dei diversi segmenti o dell'intero corpo nello spazio. Il termine orientamento si riferisce in particolare alla postura del corpo e dei suoi segmenti durante un compito motorio direzionale, in riferimento a coordinate spaziali dell'ambiente. Durante la stazione eretta, il corpo si dice orientato nella direzione della gravità, durante la locomozione, il corpo o la testa possono essere orientati nella direzione della traiettoria. L'orientamento viene percepito sulla base di sensori inerziali (vestibolo) ma anche di segnali visivi e propriocettivi.

Alla costruzione dei riferimenti spaziali per l'orientamento contribuisce anche il contesto e l'anticipazione del soggetto.

# I disturbi dell'equilibrio

## **La stazione eretta**

La postura antigravitaria è controllata dal sistema nervoso che contrasta la forza di gravità attraverso il controllo del tono muscolare dei muscoli posturali (ad esempio il tricipite della sura, il quadricipite, i muscoli estensori paravertebrali, i muscoli dorsali del collo), mantiene una adeguata posizione dei segmenti corporei (per esempio tenendo i due piedi attaccati al suolo o le braccia lungo il corpo), controlla la stabilità della stazione eretta a fronte di perturbazioni (il vero e proprio controllo dell'equilibrio).

# I disturbi dell'equilibrio

**Quali sono le modalità di controllo dell'equilibrio durante la stazione eretta?**

Si individuano tre meccanismi fondamentali (Massion, 1992; Massion et al., 2004):

- 1) a feedback continuo (come nella stazione eretta quieta), una condizione in cui il sistema nervoso riceve continuamente input dalla cute dei piedi, dai muscoli, dalle articolazioni, dagli occhi, dal labirinto ed integra queste informazioni (toniche) nell'attività del sistema di controllo dell'equilibrio;

# I disturbi dell'equilibrio

2) a feedback discontinuo (come nella stazione eretta perturbata), condizione in cui il normale input tonico dai recettori sensoriali viene scavalcato da un'improvvisa salva (fasica) di informazioni provenienti dai recettori già menzionati prima, che viene trattata dal sistema nervoso centrale in modo differente (si scatenano riflessi);

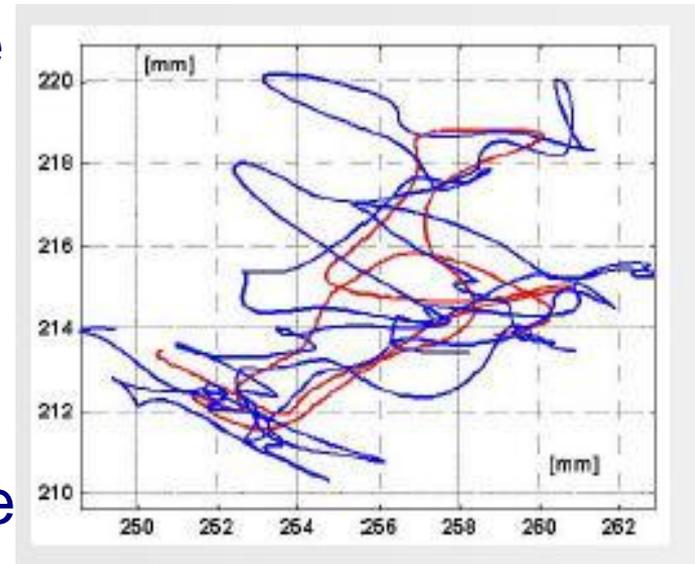
# I disturbi dell'equilibrio

3) a feed-forward, ovvero in condizioni di perturbazioni prevedibili, come quando la perturbazione dell'equilibrio origina dal movimento volontario: questa è la condizione nella quale si osservano aggiustamenti posturali anticipatori, ovvero movimenti preparatori che spostano il corpo verso un punto dal quale è più difficile essere destabilizzati dal movimento impellente; la coordinazione tra postura e movimento che si osserva durante la locomozione (un compito in cui il controllo dell'equilibrio è la ovvia condizione per poter procedere tranquillamente nella direzione voluta) è un altro esempio di feed-forward .

# I disturbi dell'equilibrio

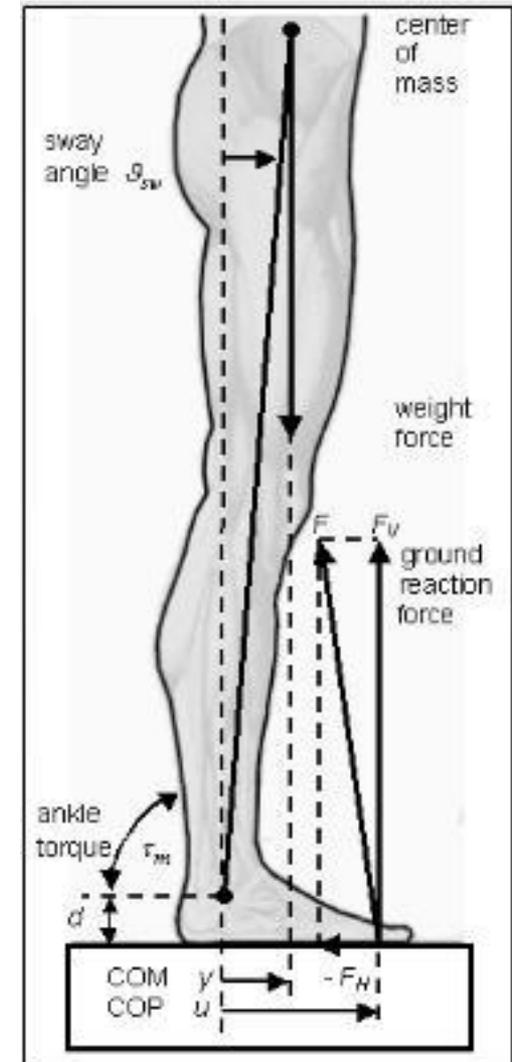
## Misura dell'equilibrio durante la stazione eretta tranquilla non perturbata

Lo stabilogramma è una misura delle oscillazioni del centro di pressione dei piedi registrato da una pedana dinamometrica (Dichgans et al., 1976). Il centro di pressione si sposta normalmente di qualche millimetro intorno ad una posizione media (calcolata sull'arco di tempo in esame), in modo tale da disegnare un immaginario gomitolato sul piano orizzontale.

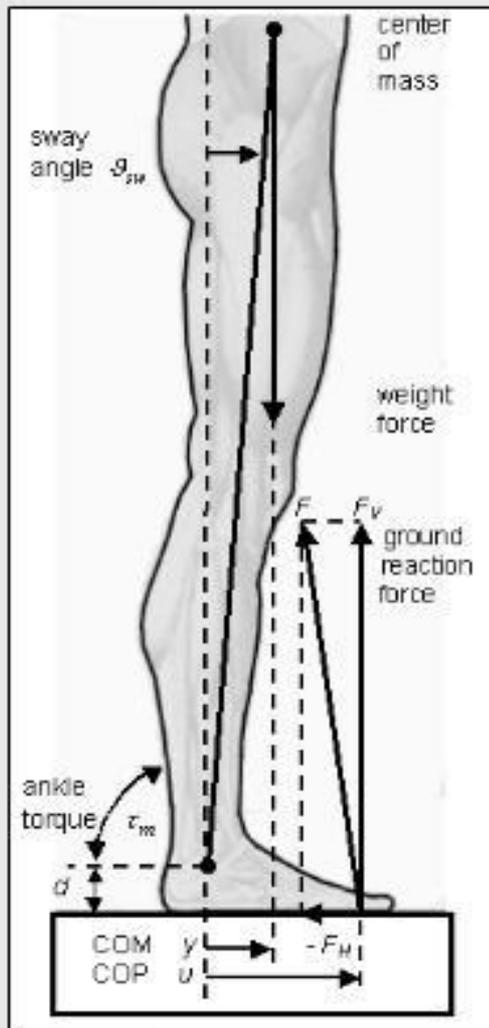


# I disturbi dell'equilibrio

In condizioni di stazione eretta tranquilla, questo punto corrisponde grosso modo alla proiezione del centro di massa del corpo sul piano di appoggio (Gurfinkel, 1973). Il punto si trova tra i due piedi, un po' al davanti dei malleoli, e giace quindi all'interno della base di appoggio del corpo (Schieppati et al., 1994).



# I disturbi dell'equilibrio



Le variabili in gioco:

1. Centro di massa (COM)
2. Centro di spinta (COP)
3. Forza di gravità (applicata al COM)
4. Reazione del terreno (applicata al COP)
5. Coppia muscolare alla caviglia

**Posturogramma:** andamento del COP al variare del tempo (componente AR e ML)

**Statocinesigramma:** evoluzione delle due componenti del COP (AR e ML) sulla base di appoggio

# I disturbi dell'equilibrio

Dello stabilogramma si può misurare la superficie coperta dal gomito e la lunghezza del medesimo (Chiari et al., 2000). Tipicamente tali variabili aumentano in condizioni di instabilità: si dice che le oscillazioni del corpo aumentano (Diener e Dichgans, 1988). Normalmente le oscillazioni aumentano chiudendo gli occhi, a dimostrazione dell'esistenza e dell'efficacia del feed-back continuo fornito dalla vista (Gagey, 1991). Incrementi anormali delle oscillazioni si verificano nelle neuropatie periferiche (Nardone e Schieppati, 2004) ed anche in molte altre condizioni patologiche (Horak, 2001): evidentemente qualunque disturbo della motricità non potrà che fare risentire i suoi effetti a livello dell'unico punto in cui il corpo interagisce con il suo ambiente, vale a dire a livello del suolo.

# I disturbi dell'equilibrio

## **Origine delle oscillazioni posturali**

Le oscillazioni posturali forniscono al sistema nervoso centrale un input sensoriale di riferimento proveniente dai diversi recettori attivati da questi piccoli movimenti. I recettori sono certamente quelli cutanei della pianta dei piedi, i recettori muscolari dei muscoli sede delle corrispondenti minime variazioni di lunghezza, dal vestibolo e dagli occhi, se sono aperti. Quali siano le cause delle oscillazioni posturali non è chiaro. Certamente esse sono la condizione per permettere la attivazione dei recettori: poiché molti dei recettori sono a rapido adattamento, l'assenza di movimenti non verrebbe segnalata al sistema nervoso centrale.

# I disturbi dell'equilibrio

Meglio quindi piccoli movimenti intorno ad una posizione virtuale media del centro di pressione dei piedi, che può essere ricostruita 'integrando' il gomitolino, piuttosto che nessuna informazione da un corpo ipoteticamente bloccato nello spazio. Peraltro le oscillazioni sono a loro volta collegate a piccole perturbazioni della stazione e retta e dipendono dalla normale presenza di forze destabilizzanti l'equilibrio, quali l'attività cardiaca, l'attività respiratoria, l'attività incostante delle unità motorie.

# I disturbi dell'equilibrio

## **Controllo della postura e dell'equilibrio**

A fronte di queste ed altre perturbazioni, quali per esempio il movimento volontario, il sistema nervoso centrale oppone componenti passive ed attive stabilizzanti l'equilibrio.

Tra le prime ci sono l'inerzia del corpo e la visco-elasticità di legamenti, tendini e muscoli.

Tra le seconde, ci sono i meccanismi prima citati di controllo a feedback continuo, quali quelli che controllano la stazione eretta quieta e che sono basati sulle informazioni sensoriali citate prime.

# I disturbi dell'equilibrio

## **Controllo della postura e dell'equilibrio**

Vanno inoltre considerati i meccanismi quelli a feedback discontinuo quali quelli che contribuiscono al mantenimento della stazione perturbata da qualche evento esterno od interno, ed i meccanismi a feed-forward, che intervengono nel controllo della coordinazione posturo-cinetica, ovvero del passaggio dalla stazione eretta ad un movimento od alla coordinazione tra postura e movimento, una volta che questo sia iniziato.

# Meccanismi di stabilizzazione posturale

Esistono 3 possibili meccanismi di stabilizzazione:

1. **Meccanismo fisico**, legato alla stiffness muscolare: si tratta di un controllo a feedback implicito, che agisce istantaneamente, senza ritardo.
2. **Meccanismo reattivo**, determinato da diversi tipi di riflessi agenti in modo indipendente: si tratta di un controllo in catena chiusa o a feedback, che agisce con i significativi ritardi di propagazione del segnale nervoso (diverse decine di millisecondi).
3. **Meccanismo anticipativo**, di natura integrativa e di tipo centrale: si tratta di un meccanismo di controllo in catena aperta o a feedforward basato su un modello interno di fusione sensoriale e di predizione della dinamica, in grado di annullare i ritardi di trasduzione e propagazione delle informazioni sensoriali.

# I disturbi dell'equilibrio

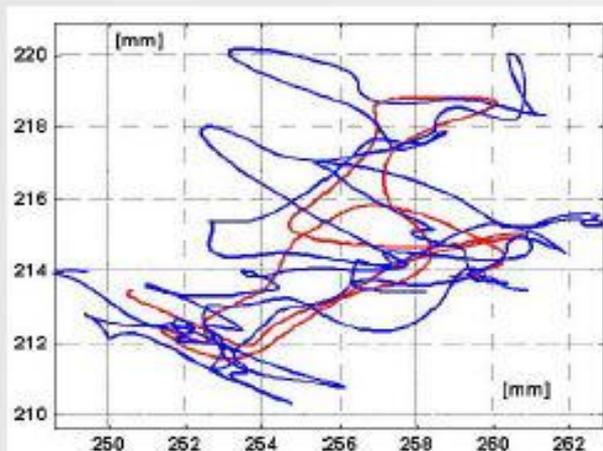
È evidente, quindi, che il sistema nervoso nel suo complesso interviene nel controllo dell'equilibrio, e che questo controllo vede meccanismi riflessi interagire con meccanismi più complessi che implicano anche l'intervento di centri superiori. Certamente solo i centri superiori possono essere in grado di anticipare le possibili perturbazioni legate alla destabilizzazione provocata dalla esecuzione di un movimento volontario. Per esempio, come è riscontro comune, sollevare una valigia implica aggiustamenti posturali anticipatori, che dipendono dalla posizione del corpo e dalla postura dei suoi segmenti, dalla quale si parte per sollevare la valigia, ma anche dalla previsione che ci si fa del peso della valigia.

# I disturbi dell'equilibrio

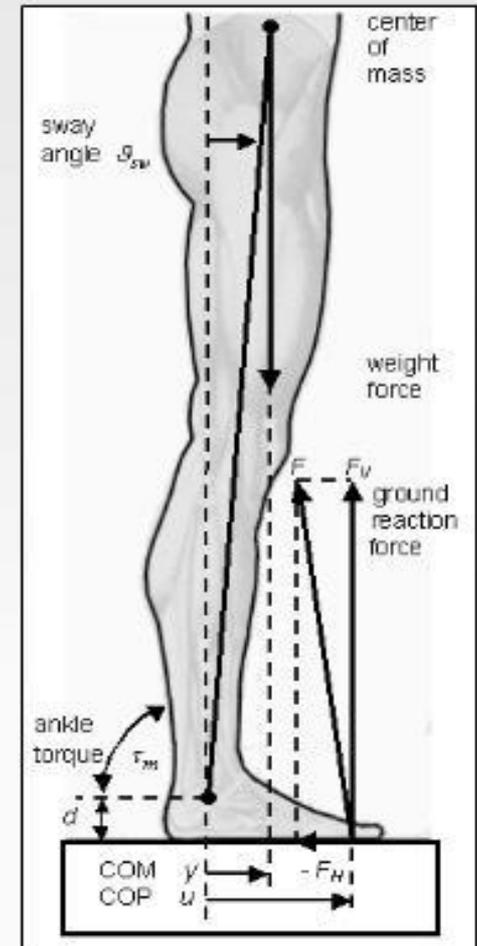
Anche durante il mantenimento della postura eretta in condizioni di quiete ci sono delle oscillazioni del COM e del COP sulla base di appoggio.

Le variazioni del COM sono un effettivo movimento di tutta la massa corporea.

Le variazioni del COP sono proporzionali alla coppia muscolare della caviglia e quindi non rappresentano alcun movimento



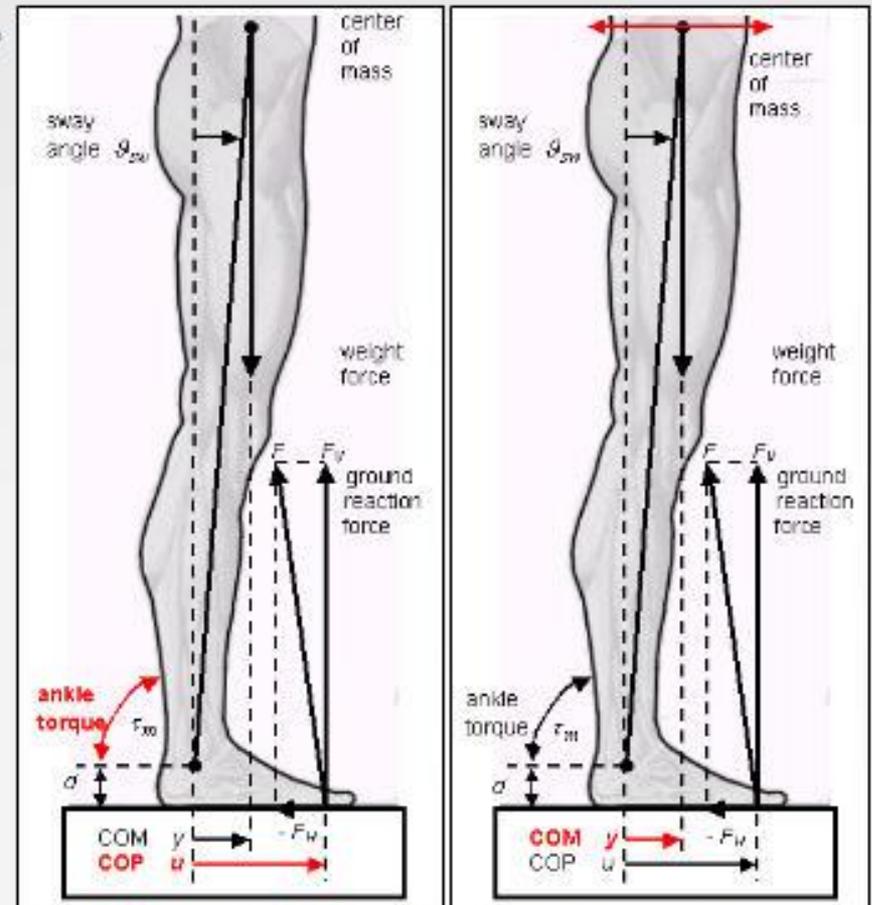
**COM ≠ COP**



# I disturbi dell'equilibrio

Per impedire alla differenza COM-COP di alimentare la naturale tendenza a cadere, due sono i possibili meccanismi di controllo:

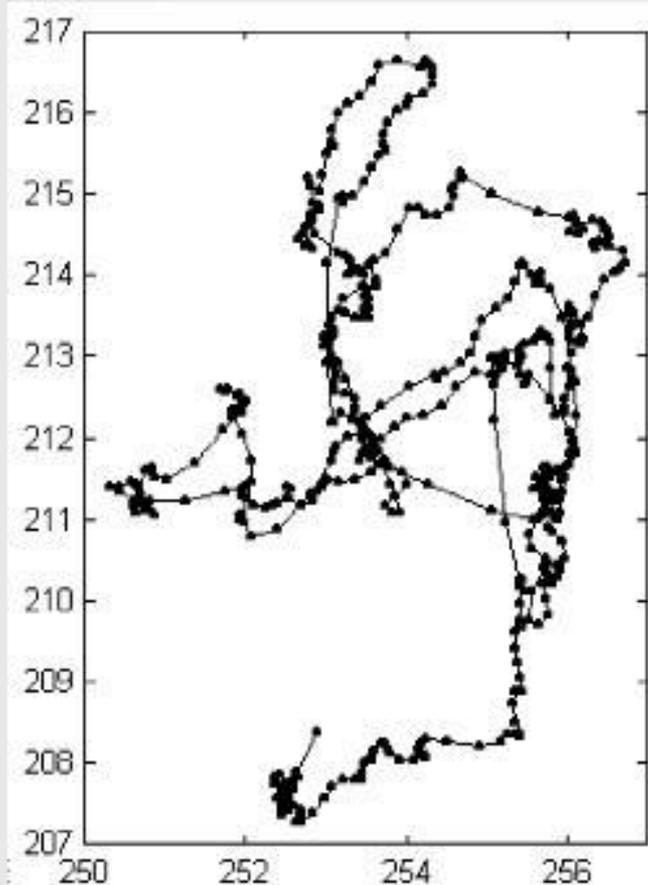
1. Agire sul COP modulando l'attivazione dei muscoli della caviglia (**strategia di caviglia**): *meccanismo diretto e veloce*
2. Agire sul COM mediante spostamenti relativi di parti del corpo (**strategia di anca** o più in generale strategia di bilanciamento "distale"): *meccanismo indiretto e lento*



**Strategia prossimale  
o di caviglia**

**Strategia distale  
o di anca**

# I disturbi dell'equilibrio



L'analisi del posturogramma rivela una struttura regolare, nascosta dall'apparenza casuale:

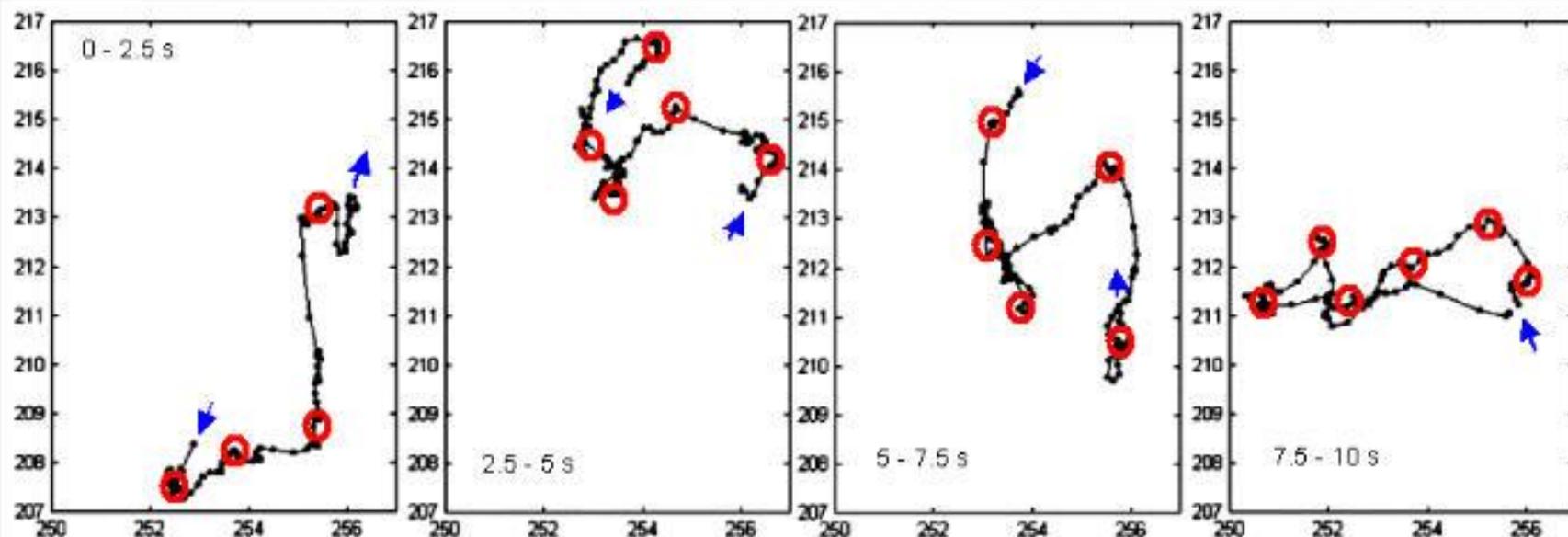
1. aree di addensamento dei campioni
2. fasi di spostamento rapido da un cluster all'altro



Definizione di curva di Sway-Density

# I disturbi dell'equilibrio

- Identificazione dei picchi di addensamento del posturogramma
- Calcolo dei parametri di sway-density:
  1. Ampiezza dei picchi di addensamento
  2. Distanza tra i picchi
  3. Intervallo temporale tra i picchi



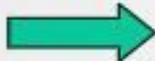
# I disturbi dell'equilibrio

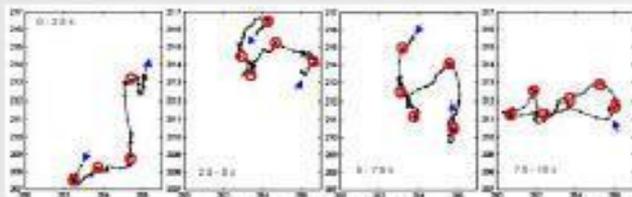
L'intervallo temporale tra i picchi di sway density è un invariante molto stabile che non correla con la patologia e dipende soltanto dalla biomeccanica:  $0.6 \pm 0.04 s$

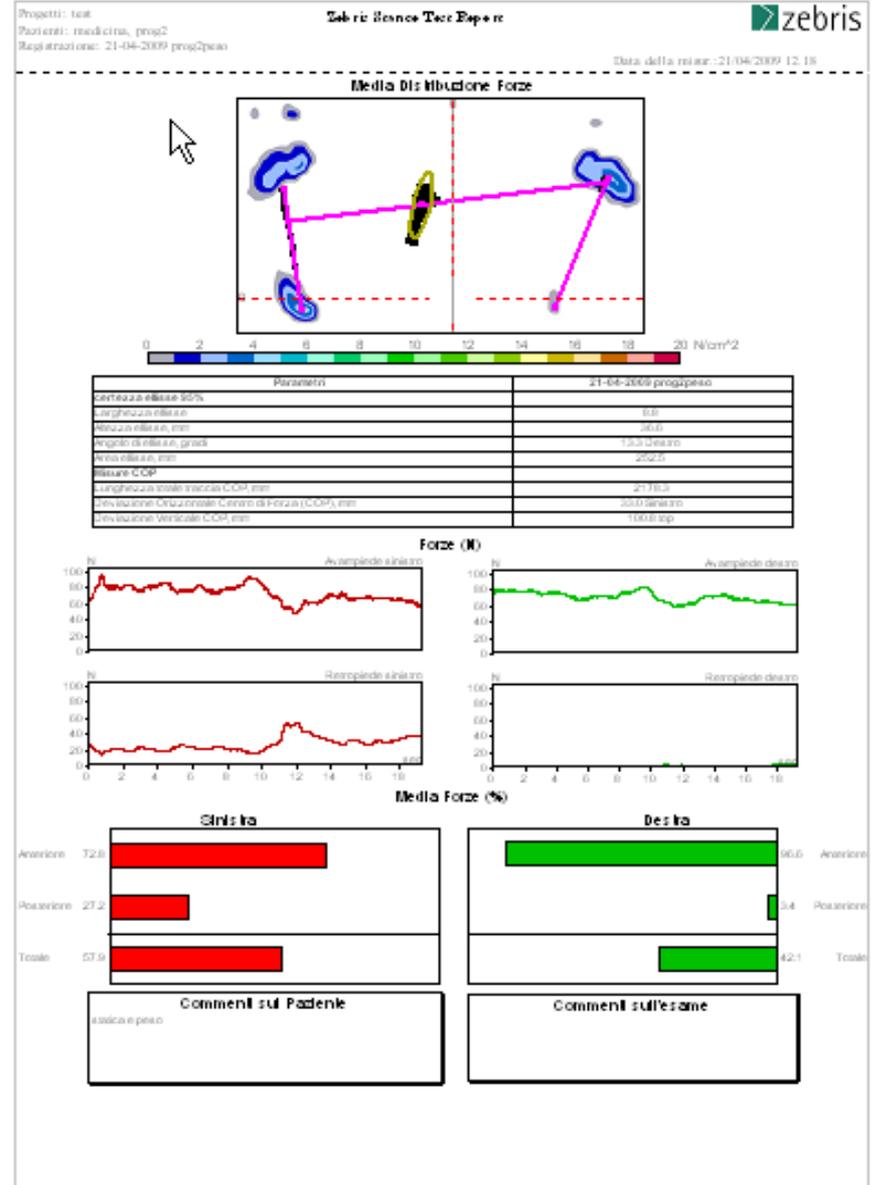
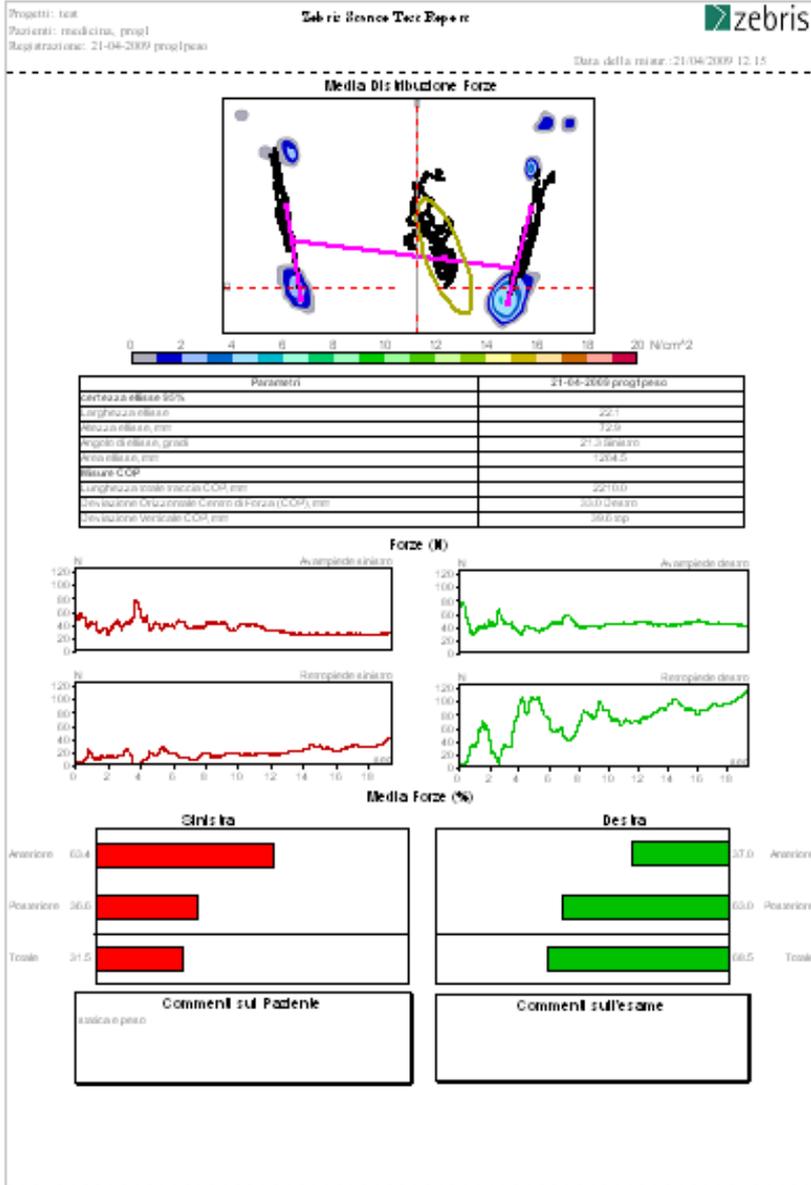
L'ampiezza dei picchi e la distanza tra i picchi correlano con la patologia

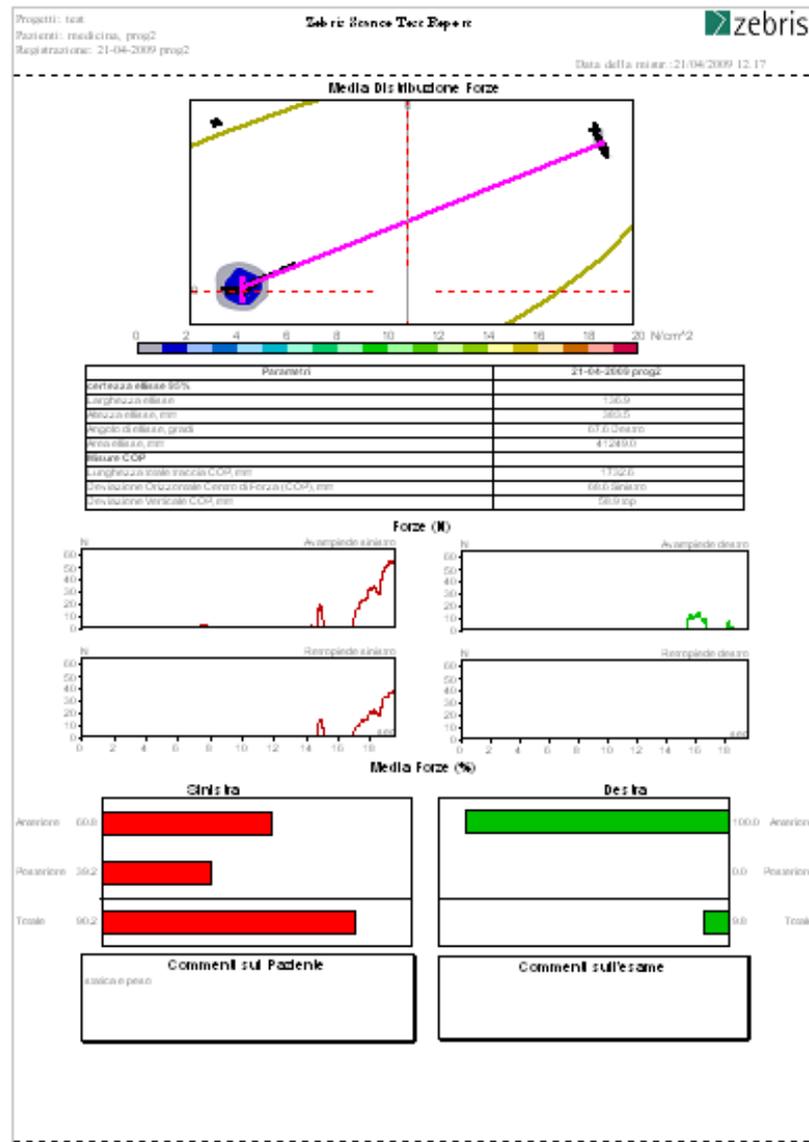
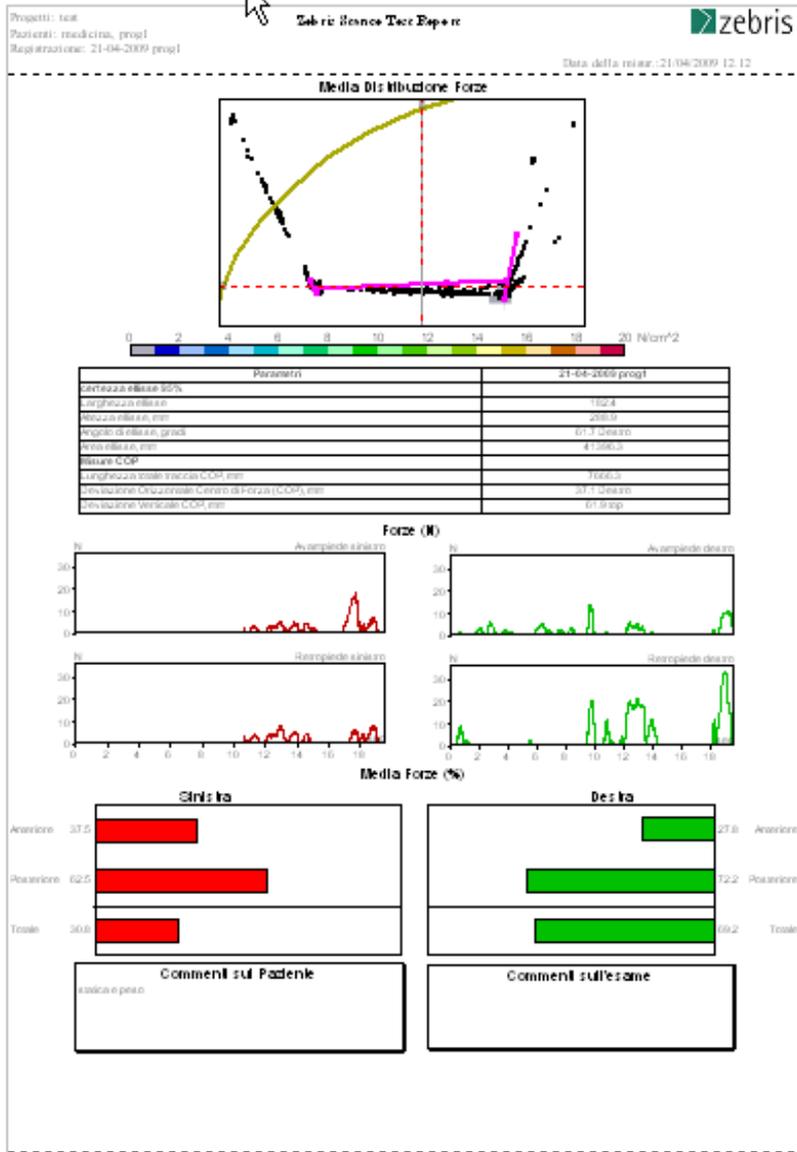


Il controllo posturale anticipativo si configura come una sequenza di cadute controllate, stabilizzate da precisi e rapidi spostamenti del COP

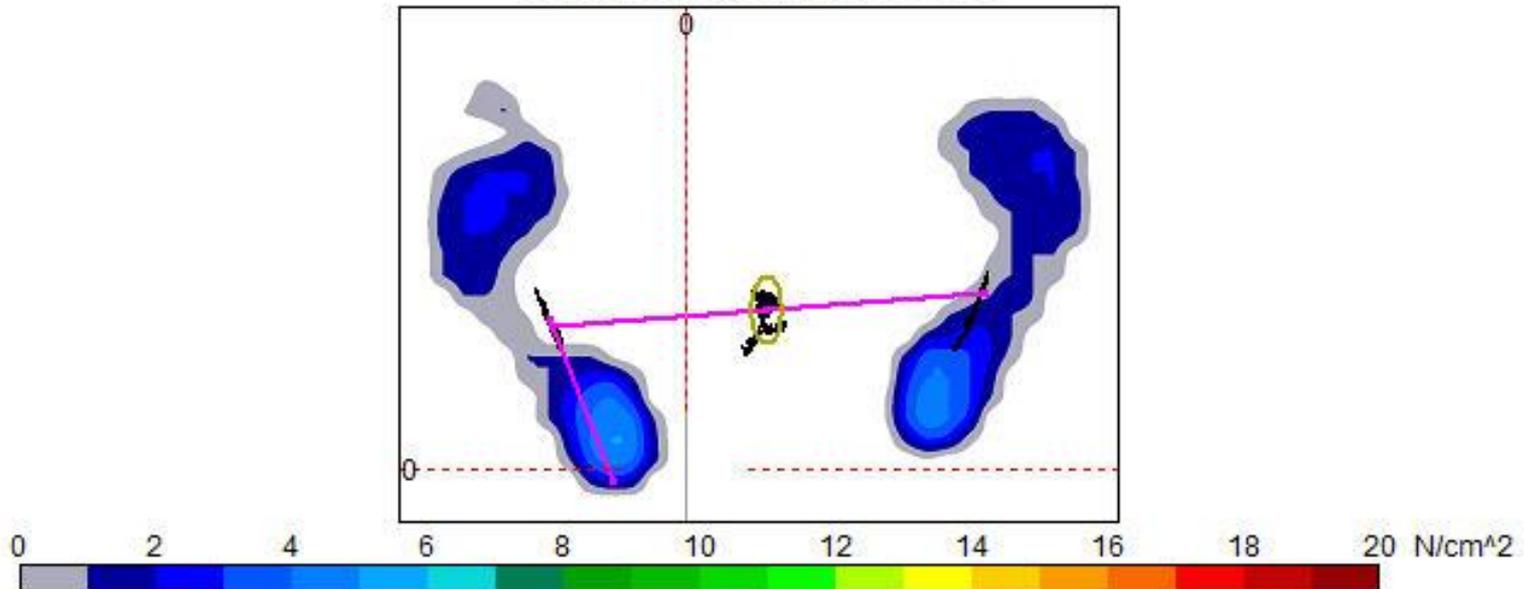
Il deficit di controllo posturale deriva principalmente da un' deficienza delle informazioni sensoriali che non permettono al modello interno di operare con precisione  ne deriva un maggiore ricorso alla stiffness e al controllo a feedback a livello dell'anca.





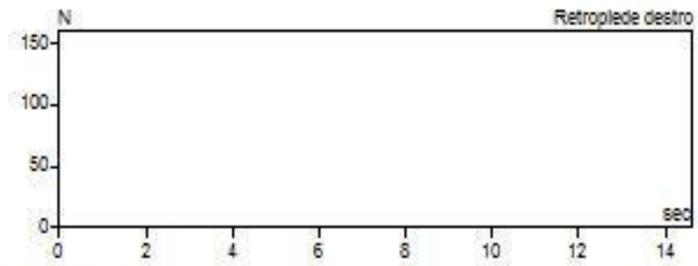
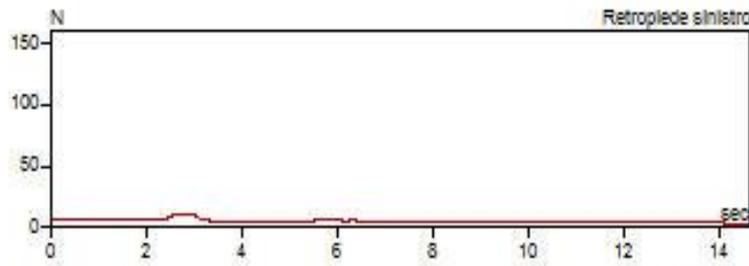
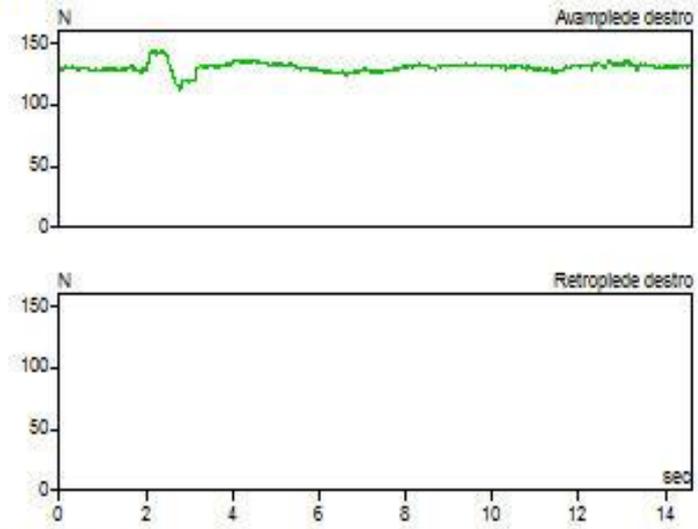
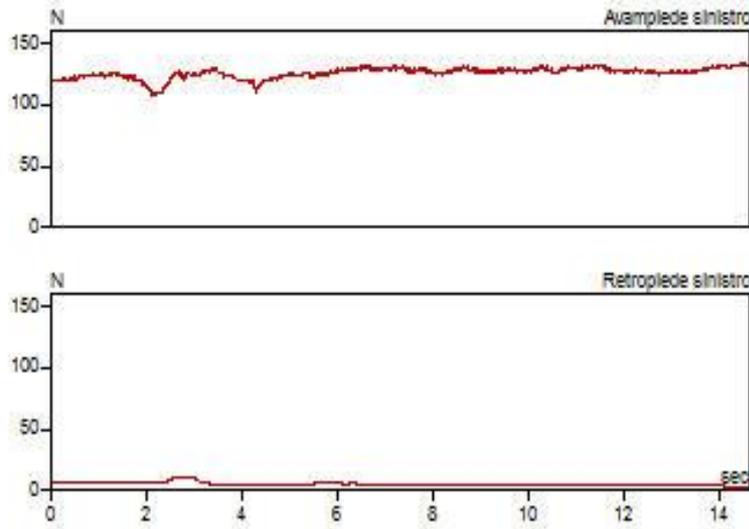


## Media Distribuzione Forze



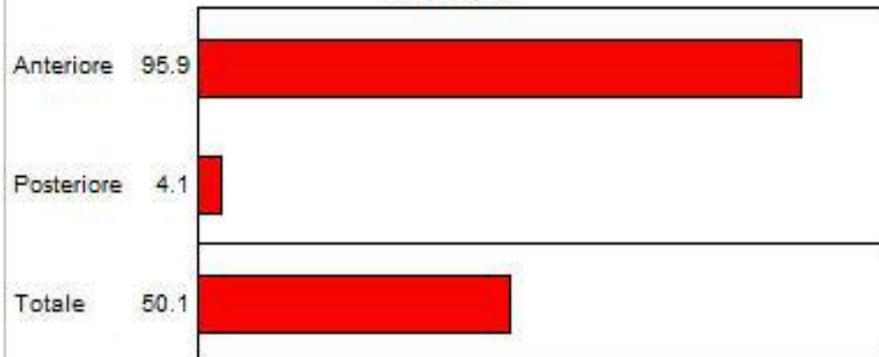
Parametri	23-04-2009 1_2A
<b>certezza ellisse 95%</b>	
Larghezza ellisse	6.0
Altezza ellisse, mm	13.5
Angolo di ellisse, gradi	0.2 Sinistro
Area ellisse, mm	63.3
<b>Misure COP</b>	
Lunghezza totale traccia COP, mm	659.6
Deviazione Orizzontale Centro di Forza (COP), mm	32.5 Destro
Deviazione Verticale COP, mm	66.2 top

### Forze (N)

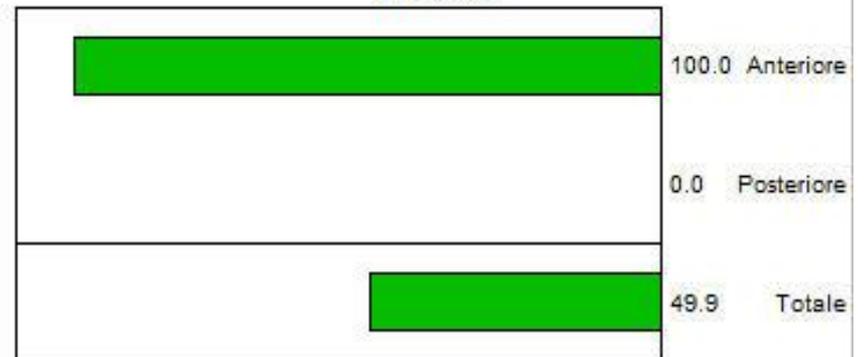


### Media Forze (%)

#### Sinistra



#### Destra



# GAIT ANALYSIS

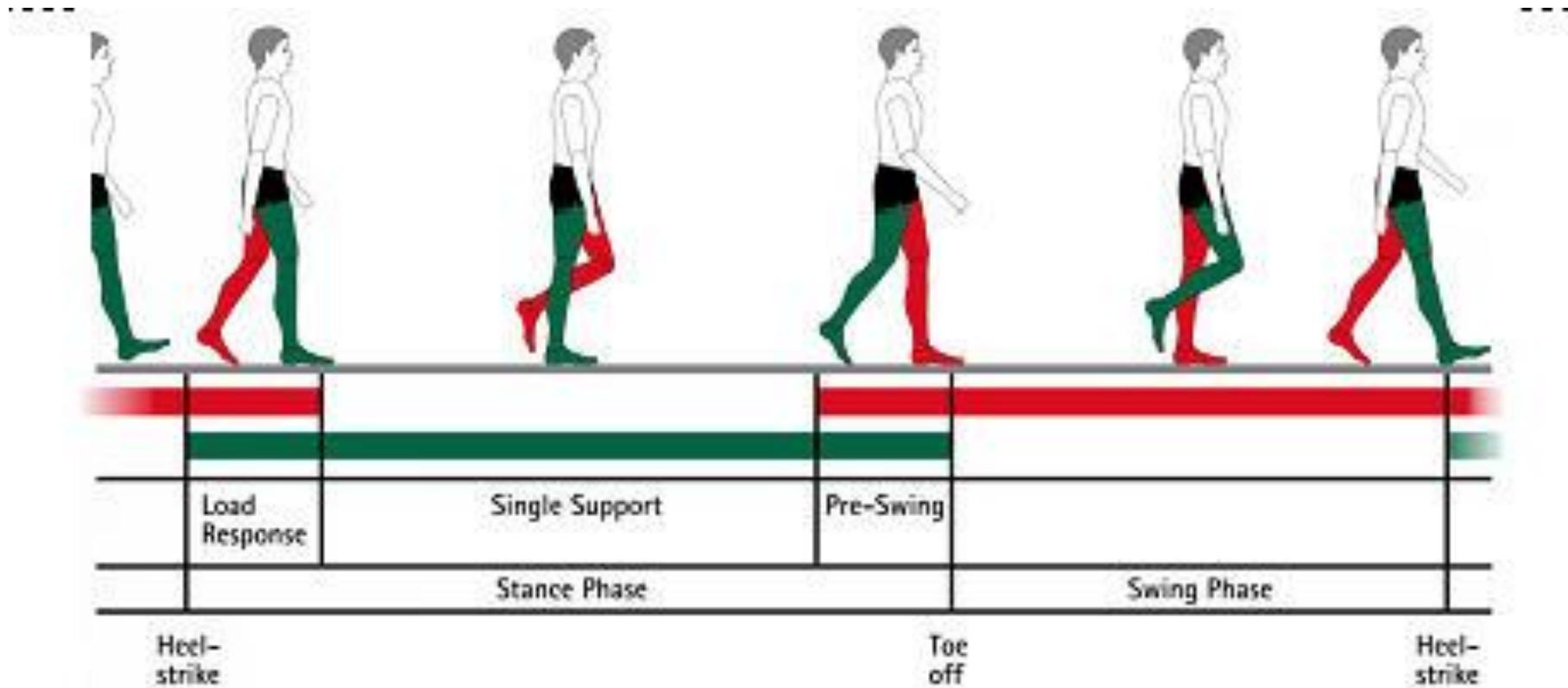
## **Il Ciclo del cammino (Gait Cycle) – Esame dinamico**

Nell'analisi del passo bisogna considerare le principali funzioni svolte dall'apparato locomotore e precisamente: generazione di una forza propulsiva, mantenimento della stabilità che si contrappone al continuo cambiamento posturale, assorbimento dello shock dovuto dall'impatto del piede col terreno, conservazione dell'energia durante il passo per minimizzare lo sforzo da parte dei muscoli.

# GAIT ANALYSIS

Il ciclo del cammino o Gait Cycle è il periodo che intercorre tra due appoggi successivi dello stesso arto al terreno. Si divide in due fasi distinte:

- **fase di Stance**, o fase di appoggio, durante la quale il piede rimane a contatto con il terreno. Nella normale deambulazione occupa circa il 60% del ciclo del passo, diminuendo sensibilmente con la corsa fino ad arrivare al 35/37 % con la corsa veloce;
- **fase di swing**, o fase di trasferimento. L'arto viene portato avanti per prepararsi all'appoggio successivo.



# GAIT ANALYSIS

L'esame con la pedana evidenzia le aree di appoggio, il grado e l'orientamento delle forze estrinsecate dai piedi al suolo durante il cammino.

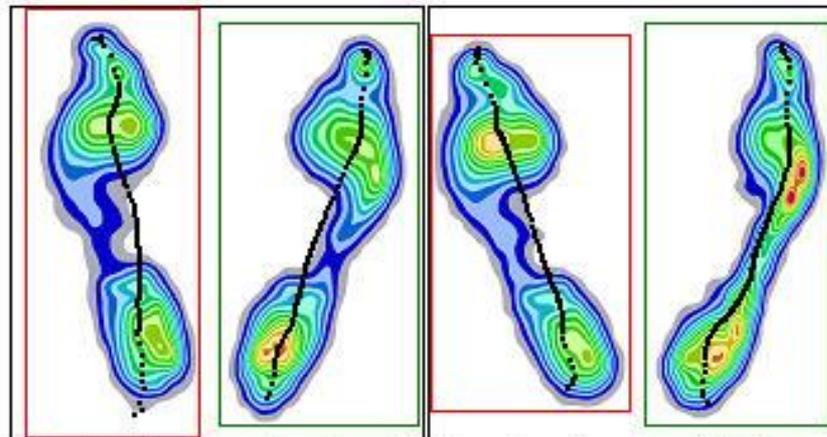
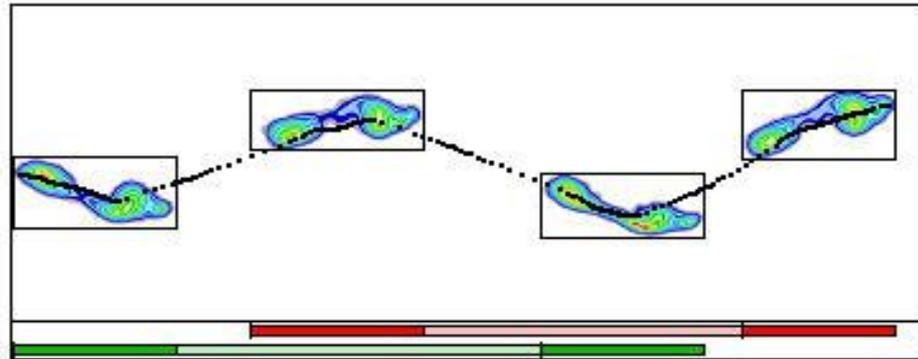
Permette di stabilire la presenza di alterazioni e/o asimmetrie dinamiche dei due arti inferiori. Con questo esame è possibile analizzare quantitativamente e qualitativamente lo svolgimento delle forze al suolo durante il cammino.

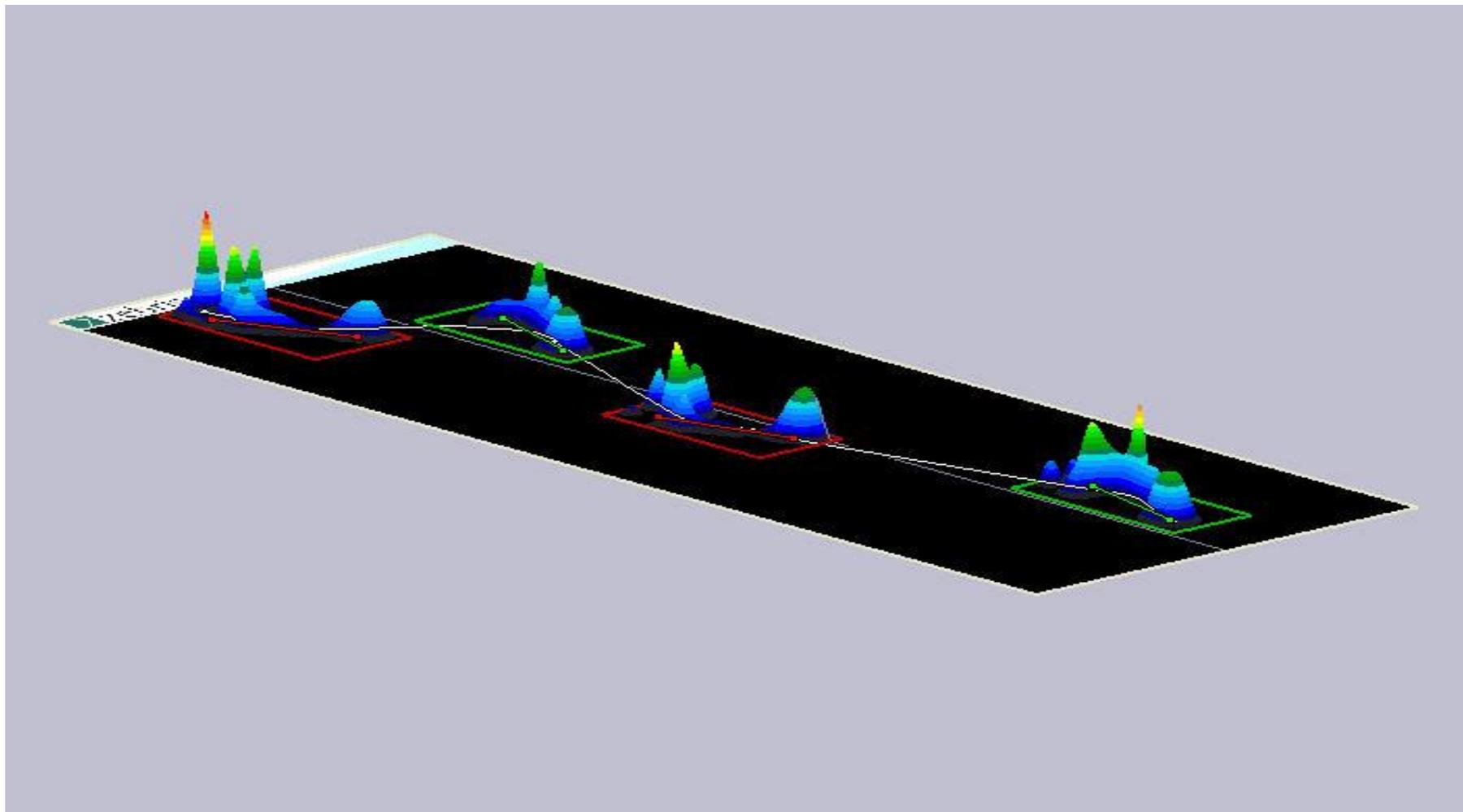
# GAIT ANALYSIS

Il soggetto viene fatto camminare sulla pedana che è in grado di registrare le forze espresse al suolo durante tali movimenti e le variazioni spaziali dei punti di appoggio attraverso il software WINFDM che elabora direttamente il report con i risultati.

Sulla pedana si può evidenziare la direzione dello spostamento del centro di pressione al suolo durante la marcia (angolo del passo), l'andamento temporale e l'entità delle forze verticali durante tutte le fasi di appoggio del piede

Visualizzazione Piede Dx/Sx





Rotazione piede, deg	Sinistro	16.2	-40		60
	Destro	12.3	-40		60
Ampiezza passo, cm		7±0			100
Lunghezza passo, cm (%di lunghezza gamba)	Sinistro	19 (20)			130
	Destro	43 (46)			130
Tempo passo (Step time), sec	Sinistro	0.60			3
	Destro	0.67			3
Fase statica (Stance phase), %	Sinistro	70.1			100
	Destro	65.2			100
Risposta di carico in %	Sinistro	15.7			100
	Destro	-			100
Supporto singolo (Single support), %	Sinistro	37.0			100
	Destro	-			100
Pre-fase aerea (Pre-swing), %	Sinistro	17.3			100
	Destro	14.8			100
Fase aerea (Swing phase), %	Sinistro	29.9			100
	Destro	34.8			100
Total Double support, %		33.1			100
Lunghezza falcata, cm (% di lunghezza gamba)		79±17 (84±18)			200
Tempo progressione (Stride time), sec		1.31±0.04			3
Cadenza (Cadence), pass/min		46±1			100
Velocity, km/h		2.16±0.73			10
Variability of velocity, %		34			100



# Pedana dinamometrica

PROTOCOLLI DI APPLICAZIONE

DAVIS

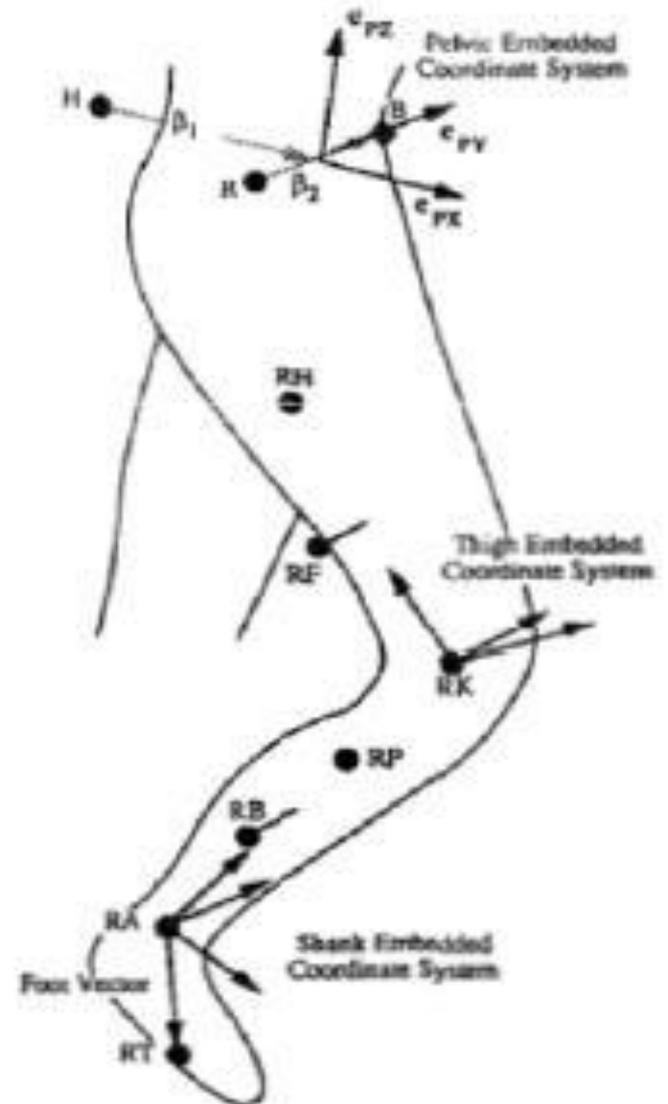
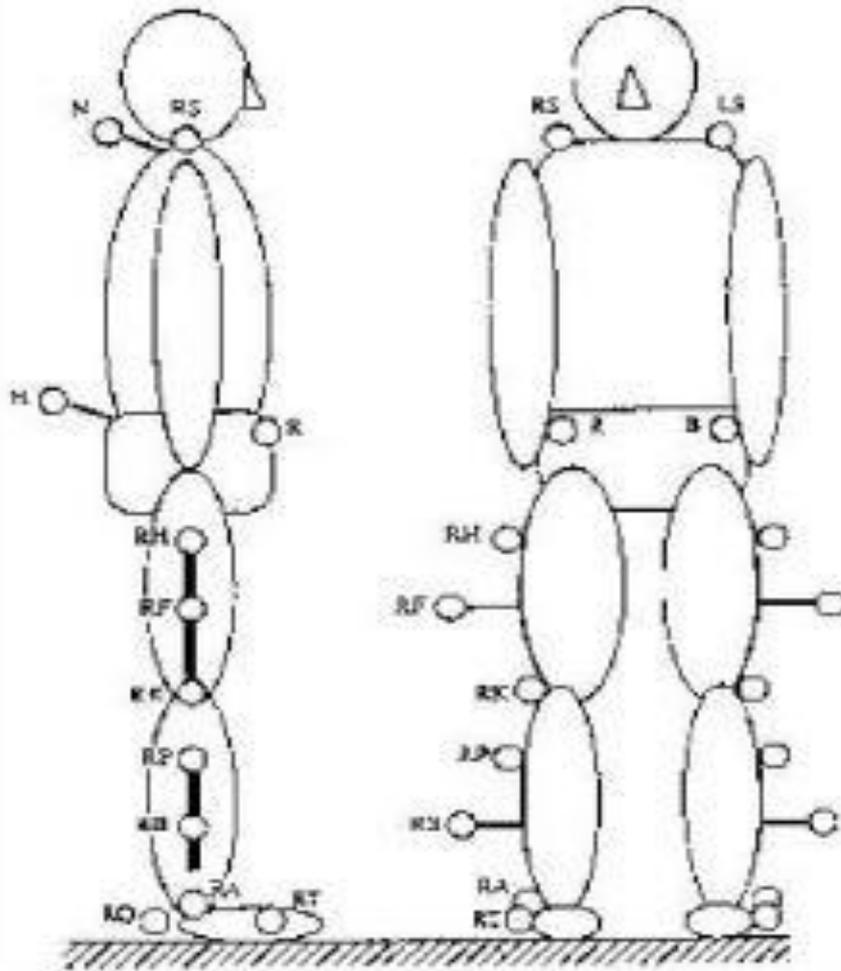
KADABA

ROMBERG

CAPPOZZO

POSSIBILI UTILIZZI

# Davis



# Elettromiografo - EMG

Il sistema ZEROWIRE è un innovativo EMG elettromiografo dotato di elettrodi wireless.

Ciascun elettrodo è dotato di una unità miniaturizzata di processamento e trasmissione del segnale.

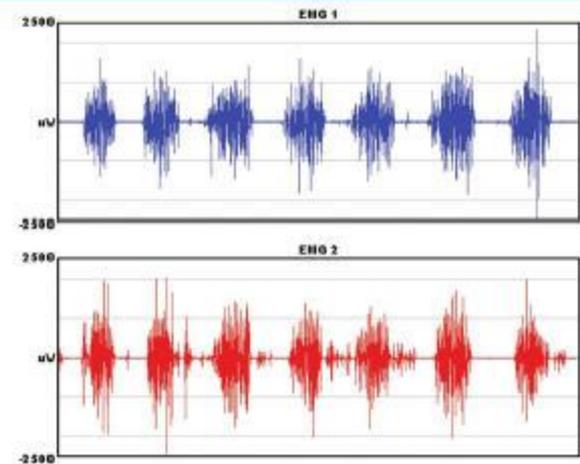
ZeroWire permette di effettuare misure in maniera accurata e veloce, lasciando al paziente la più completa libertà di movimento.



# Elettromiografo - EMG

## AREE APPLICATIVE

- Neurologia
- Fisiatria e Riabilitazione
- Ortopedia
- Ergonomia
- Medicina dello sport
- Veterinaria



# Elettromiografo - EMG

E' un sistema dedicato all'acquisizione di segnali bioelettrici in condizione di libero movimento del paziente.

Tale caratteristica è richiesta in numerosi casi presenti nelle attività cliniche e di ricerca scientifica, tra cui la valutazione funzionale del cammino di soggetti patologici o in fase di riabilitazione.

# Elettromiografo - EMG

Il sistema è composto da:

Unità di base

Unità emg

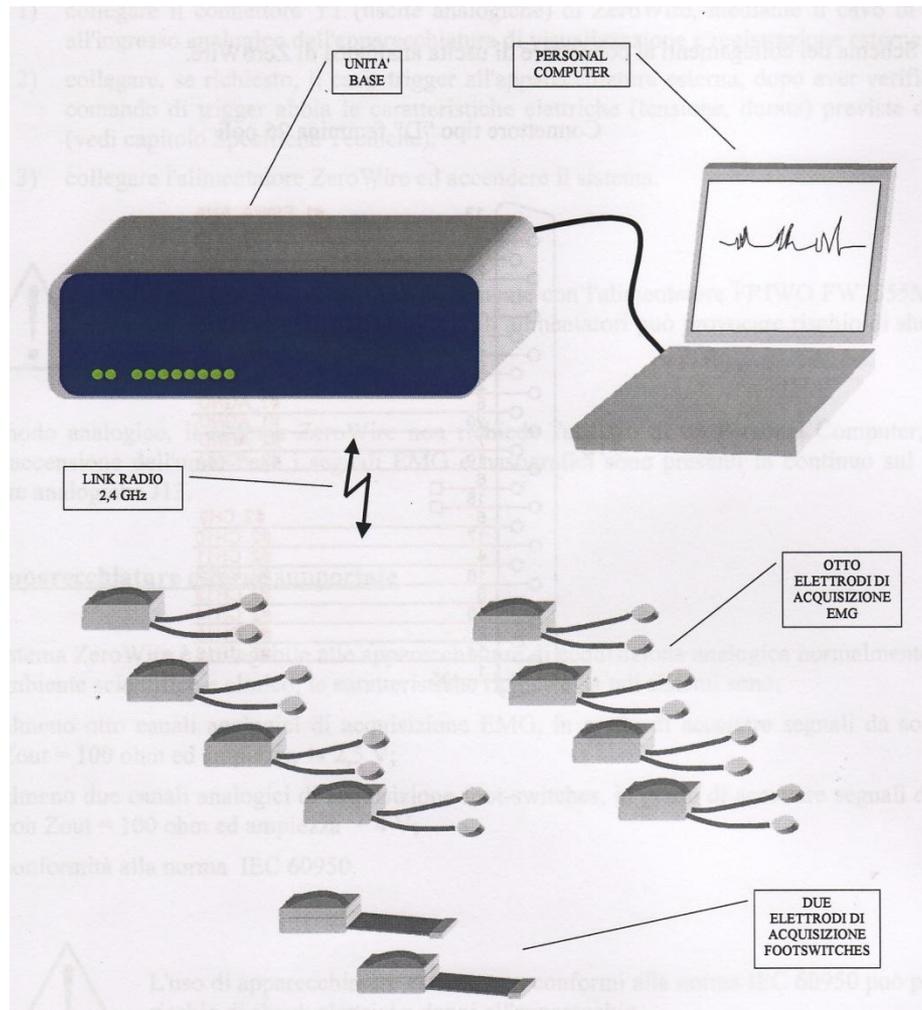
Elettrodi Pregelled

Unità footswitches

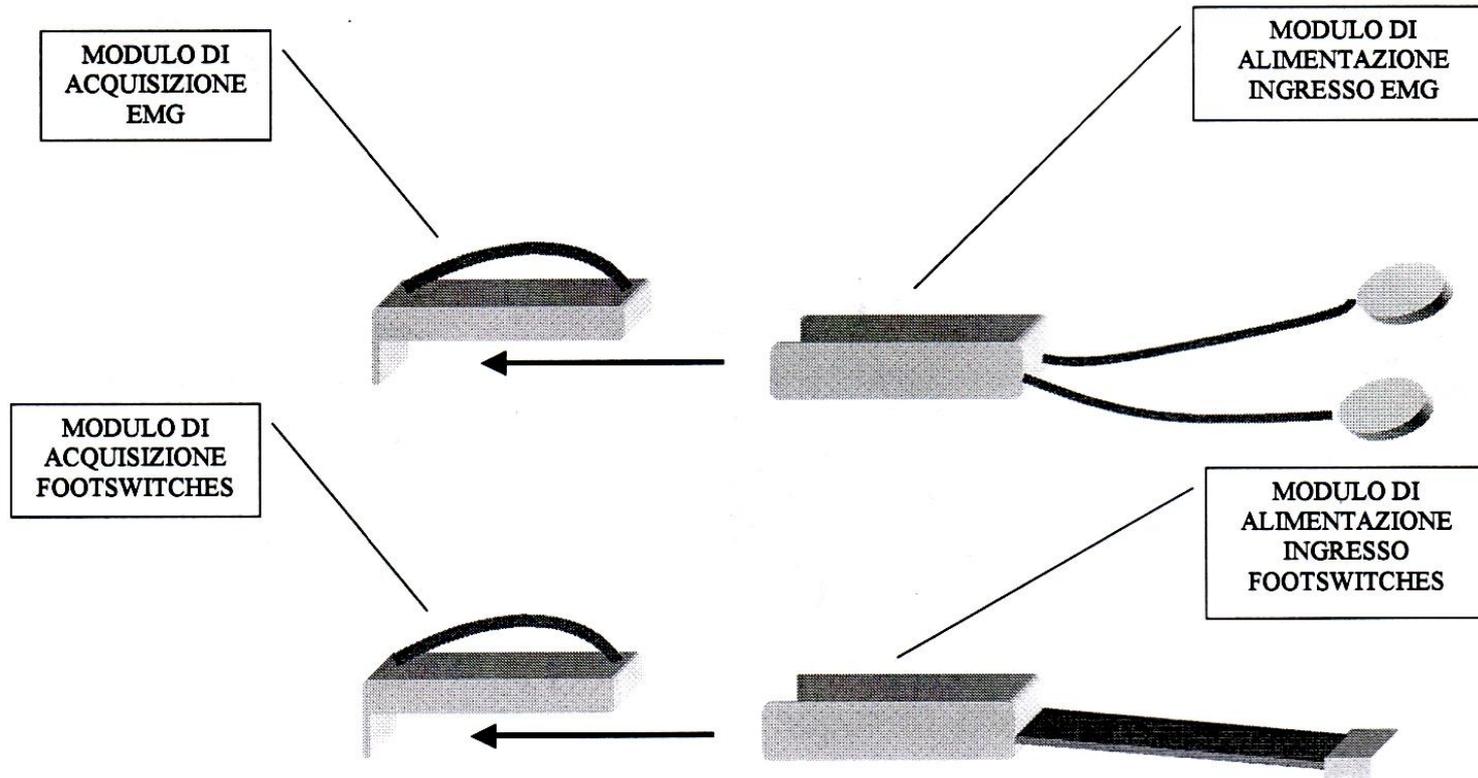
Sensore piezoresistivo

Software di gestione

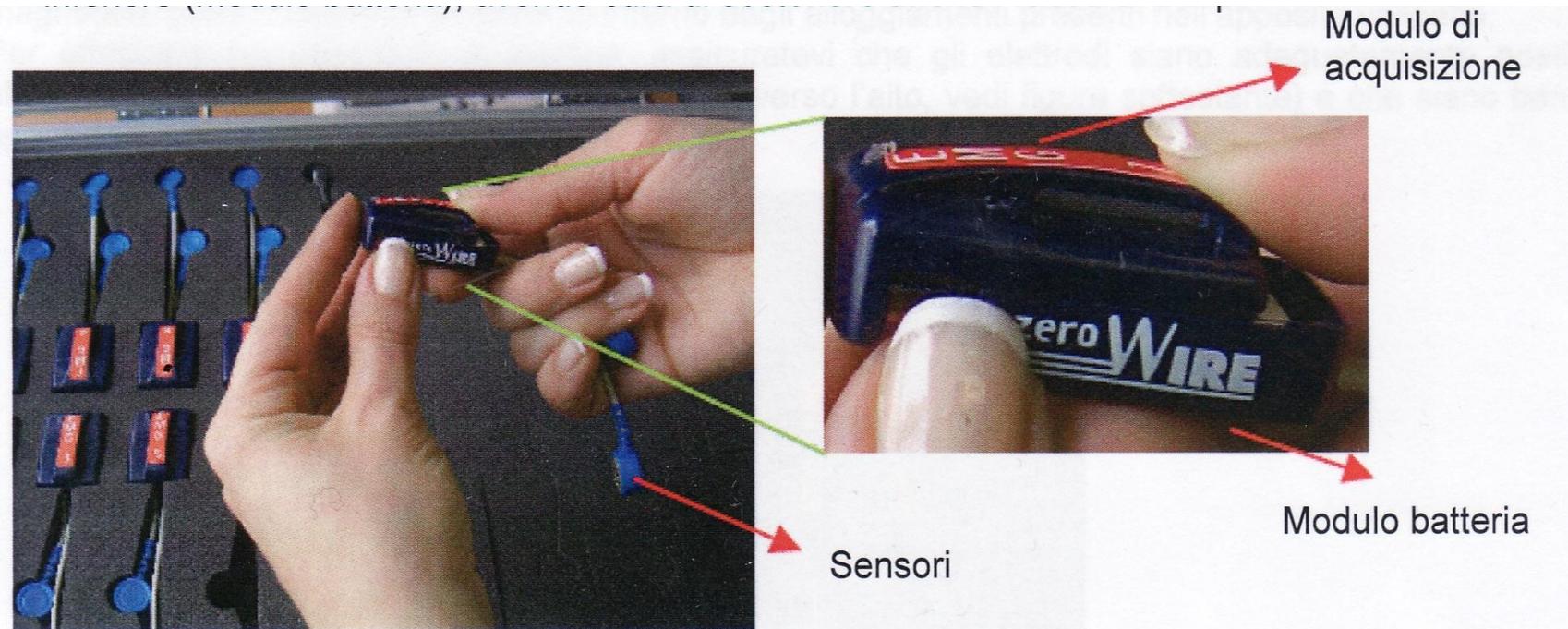
# Elettromiografo



# Elettromiografo



# Elettromiografo



# Elettromiografo

zeroWIRE  
EMG

Nuovo Apri Salva con nome Cfg File C:\Programmi\Aurion\ZeroWire\Data\Rossella braccio

**Emg**

Tutti	Nome
1	<input type="checkbox"/> Canale EMG 1
2	<input checked="" type="checkbox"/> L bicipite
3	<input type="checkbox"/> Canale EMG 3
4	<input checked="" type="checkbox"/> R bicipite
5	<input type="checkbox"/> Canale EMG 5
6	<input type="checkbox"/> Canale EMG 6
7	<input type="checkbox"/> Canale EMG 7
8	<input type="checkbox"/> Canale EMG 8
9	<input type="checkbox"/> Canale EMG 9
10	<input type="checkbox"/> Canale EMG 10
11	<input type="checkbox"/> Canale EMG 11
12	<input type="checkbox"/> Canale EMG 12
13	<input type="checkbox"/> Canale EMG 13
14	<input type="checkbox"/> Canale EMG 14
15	<input type="checkbox"/> Canale EMG 15
16	<input type="checkbox"/> Canale EMG 16
17	<input type="checkbox"/>
18	<input type="checkbox"/>
19	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>
21	<input type="checkbox"/>
22	<input type="checkbox"/>
23	<input type="checkbox"/>
24	<input type="checkbox"/>
25	<input type="checkbox"/>
26	<input type="checkbox"/>
27	<input type="checkbox"/>

Sposta Su

Sposta Giù

**Foot Sw**

	Nome	Tipo
FSW A:	<input checked="" type="checkbox"/> Canale FSW A	Destro
FSW B:	<input checked="" type="checkbox"/> Canale FSW B	Sinistro

Un'area  Due aree  Quattro aree

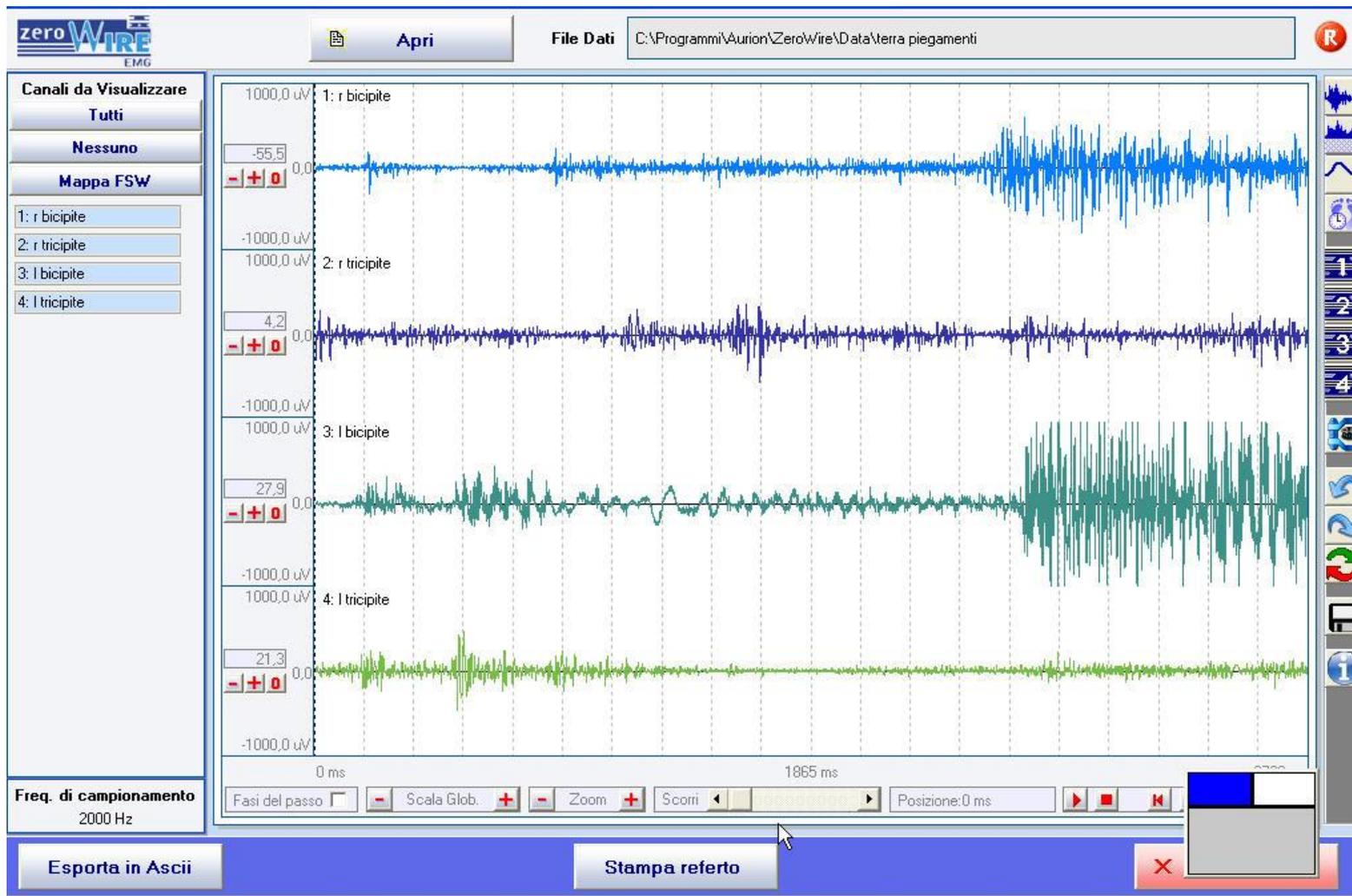
Sinistro Destro

FSW B FSW A

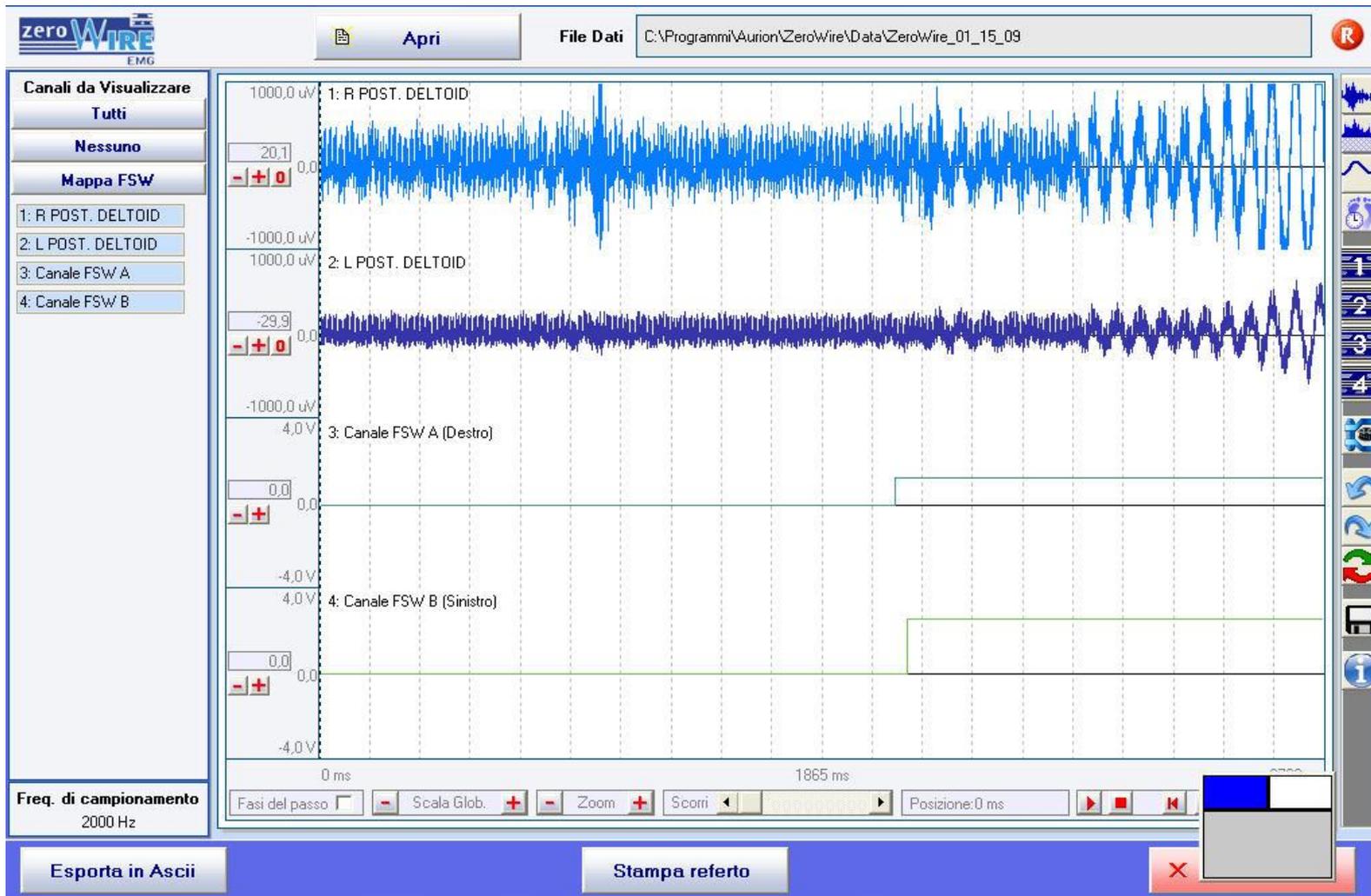
Mostra soglie

Acquisisci Visualizza Avanzate... Config. Sistema

# Elettromiografo



# Elettromiografo



# ENG vs EMG

1. Lo studio della Conduzione Nervosa, chiamato più propriamente Elettroencefalografia (ENG) si occupa della valutazione funzionale dei tronchi nervosi attraverso la stimolazione elettrica e la registrazione di superficie e misura la capacità dei nervi di trasmettere comandi motori ai vari muscoli, oppure di trasmettere informazioni di senso dai recettori periferici ai centri midollari.

# ENG vs EMG

2. L'elettromiografia vera e propria (EMG) si occupa dello studio dell'attività muscolare e dei Potenziali di Unità Motoria (PUM) registrate con un elettrodo sul muscolo.

# ENG vs EMG

L'ENG utilizza elettrodi di superficie per il sistema di registrazione e per quello di stimolazione e la terra. Si applicano sul nervo degli stimoli elettrici noti, che attivano le fibre sensitive o quelle muscolari evocando potenziali d'azione che viaggiano lungo il nervo e che saranno registrati da elettrodi posti ad una certa distanza. Tramite l'elettromiografo verranno calcolati i parametri neurofisiologici di questi potenziali, rappresentati dall'Ampiezza, la Velocità di Conduzione e le Latenze Distali e Prossimali. I valori registrati saranno poi confrontati con valori di riferimento, normalizzati per età, altezza, e temperatura cutanea.

# ENG vs EMG

L'EMG non utilizza stimoli elettrici, ma si avvale di agolettrodo monouso o elettrodi di superficie, che registrano l'attività delle fibre muscolari indagate in diverse condizioni: a riposo, durante una contrazione volontaria e progressiva fino al massimo sforzo, e durante una contrazione media sostenuta. In tal modo si studierà il tipo di reclutamento muscolare, la morfologia dei Potenziali di Unità Motoria (PUM) e la presenza o meno di attività elettrica spontanea in condizioni di riposo. Lo studio EMG Grafico della Singola Fibra, si rivela molto utile nella diagnosi differenziale con i disturbi della trasmissione neuromuscolare, come nella Miastenia e nelle S. Miasteniformi.

# Elettromiografia

L'elettromiografia è un esame strumentale in grado di dare informazioni sulla funzionalità dei nervi periferici e dei muscoli scheletrici. Un deficit a carico del Sistema Nervoso Periferico (SNP) evidenziato dalla visita neurologica, dovrebbe essere approfondito con l'esame elettromiografico, soprattutto quando non sono chiare: la sede di lesione, l'entità ed il tipo di lesione. Lo studio elettromiografico non è rappresentato da una sequenza fissa o prestabilita di misurazioni, ma queste vanno di volta in volta stabilite sulla base dei problemi presentati dal paziente.

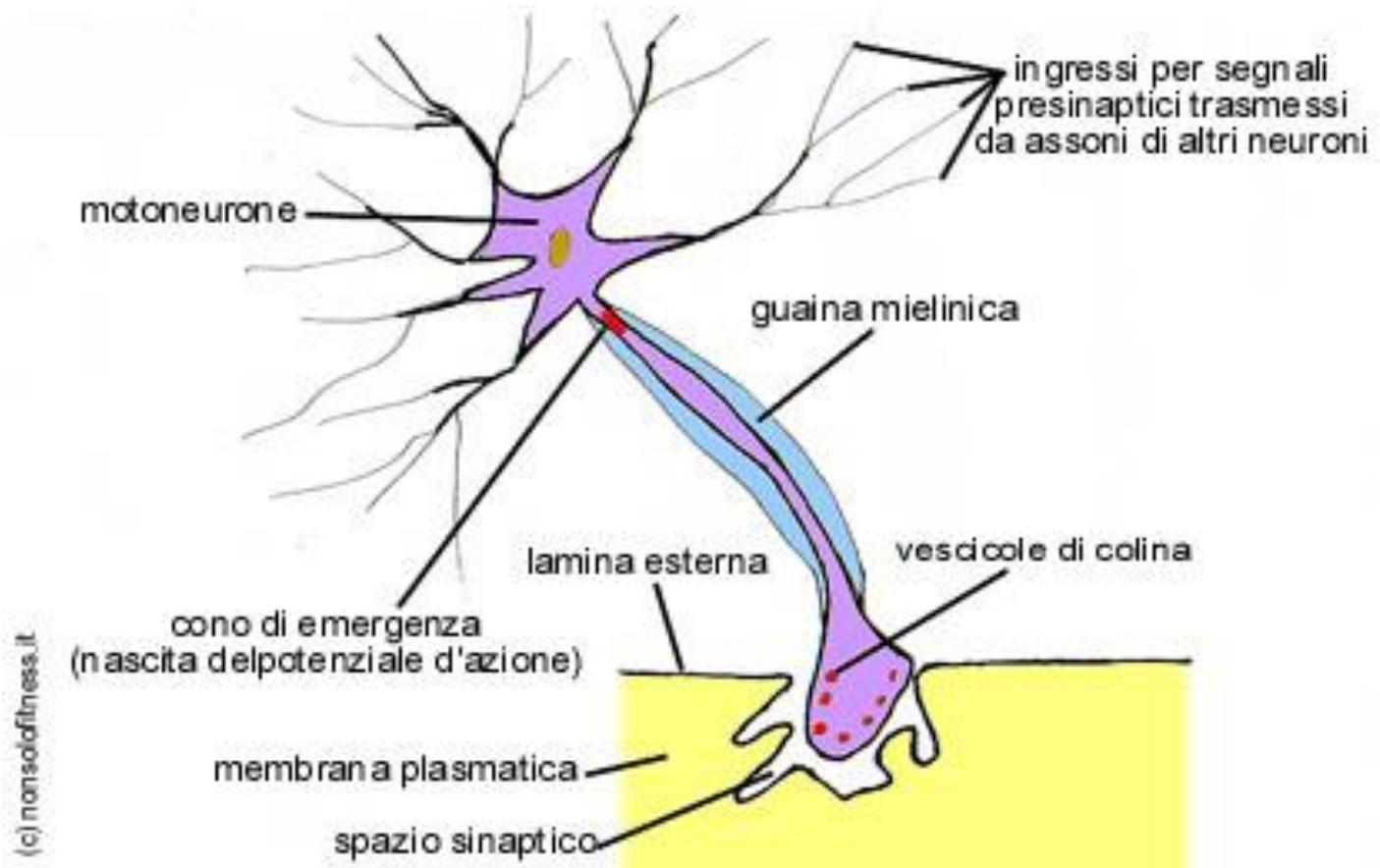
# Elettromiografia

L'EMG consiste nello studio dell'attività elettrica muscolare registrata con elettrodi posti sui muscoli da esaminare.

L'Elettromiografia (EMG) consente lo studio funzionale dell'Unità Motoria intesa come unità elementare del movimento, costituita dall'insieme di un alfa motoneurone, del suo assone motore e delle fibre muscolari da esso innervate.

La maggior parte dei 434 muscoli del corpo umano risulta relativamente accessibile all'esplorazione elettromiografia.

# Elettromiografia



# Elettromiografia

Lo studio elettromiografico del muscolo consta essenzialmente di due parti:

- a. Studio dell'attività elettrica a riposo
- b. Studio dell'attività muscolare volontaria, durante le varie fasi della contrazione muscolare:
  1. Contrazione muscolare volontaria e progressivamente crescente, per esaminare il pattern del reclutamento delle varie unità motorie durante la contrazione e al massimo sforzo.
  2. Contrazione muscolare sostenuta di media intensità, per focalizzare le varie Unità Motorie.

# Elettromiografia

Lo studio dell'attività a riposo si esegue posizionando l'elettrodo sul muscolo mantenuto dal paziente il più possibile rilassato, valutando la presenza di attività a riposo ed il tipo di tale attività.

Nel normale, a riposo, non si dovrebbe trovare alcuna attività elettrica, anche se talora possiamo osservare sporadici PUM da incompleto rilasciamento o piccoli potenziali aritmici nelle vicinanze di una placca terminale. Quando si escludano queste condizioni, e sia presente un'attività aritmica e persistente, è da considerare patologica e rappresentativa della sofferenza di una parte dell'Unità Motoria. Tra i diversi tipi di attività a riposo, riconosciamo le Fibrillazioni, le Fascicolazioni e i Potenziali Positivi o Jasper.

# Elettromiografia

Dopo lo studio dell'attività a riposo si passa alla seconda fase dell'esame, con lo studio del reclutamento muscolare durante uno sforzo muscolare isometrico, di intensità crescente fino al raggiungimento della massima capacità contrattile.

Nel corso di una contrazione muscolare, le varie unità motorie vengono reclutate secondo processi di sommazione temporale e sommazione spaziale:

# Elettromiografia

La sommazione temporale avviene attraverso un progressivo aumento di frequenza di scarica della stessa unità motoria, parallela all'aumento dello sforzo muscolare.

La sommazione spaziale avviene attraverso il reclutamento di altre unità motorie, che scaricano in maniera asincrona l'una dall'altra. Tale asincronia renderà più vantaggiosa ed uniforme la contrazione muscolare.

# Elettromiografia

La forza muscolare è proporzionale al numero di UM reclutate ed alla loro frequenza di scarica.

In caso di perdita di unità motorie per danni assonali, vi sarà un tentativo di compensazione attraverso la sommazione temporale delle UM rimaste integre.

Sulla base delle diverse modalità di reclutamento è possibile distinguere le patologie primitivamente muscolari da quelle primitivamente neuronali od assonali.

# La stimolazione Muscolare

I muscoli sono responsabili della locomozione e dei movimenti reciproci delle varie parti del corpo. Sono suddivisi in 2 categorie generali (**lisci** e **striati**) sulla base della presenza o meno di una regolare successione di bande, disposte trasversalmente rispetto al decorso delle fibre.

I **muscoli lisci** sono innervati dal sistema nervoso autonomo e la loro contrazione non dipende dal controllo della volontà.

I **muscoli striati** si suddividono in 2 tipi distinti, lo **scheletrico** ed il **cardiaco**. Le fibre della muscolatura scheletrica sono sinciziali, sono innervate dai nervi del sistema cerebrospinale e si contraggono sotto il **controllo volontario** ; le fibre del muscolo cardiaco sono composte da unità cellulari distinte, capaci di **contrazione ritmica involontaria**.

# La stimolazione Muscolare

Il **muscolo volontario (scheletrico)** è l'organo più grande del corpo umano e conta per il 40% o anche più del peso corporeo: in un uomo di 70 kg si ha una media di 30 kg, cioè il 42,85%. Il numero dei muscoli che possono essere contati nel corpo umano dipende dal grado di suddivisione che viene utilizzato per valutare un dato muscolo e dal numero di muscoli considerati. Secondo Sappey sarebbero circa 501 i muscoli presenti nel corpo umano, 500 per il Chiarugi.

Nei muscoli scheletrici si distinguono due estremità: l'**origine** e la **inserzione**. L'origine è quella situata sulla parte ossea che non viene mossa dal muscolo, l'inserzione sulla parte che viene spostata.

# La stimolazione Muscolare

Negli arti l'origine è sempre prossimale, l'inserzione distale. In corrispondenza dell'origine si trova il **capo muscolare**, al quale segue il **ventre**, che termina con il **tendine**. I muscoli, contraendosi, compiono un lavoro meccanico che consiste generalmente nell'avvicinamento di un segmento scheletrico ad un altro. Il segmento che si muove corrisponde a quella macchina semplice conosciuta in meccanica con il nome di leva.

Nell'uomo sono rappresentati tutti e tre i tipi di leva, ma predomina quella di terzo genere, pur essendo la meno economica, per il fatto che le possibilità di accorciamento di un muscolo sono limitate. La forza del muscolo dipende dal suo diametro, che risulta dalla somma di tutti i diametri delle fibre muscolari; in tal modo si può determinare la forza muscolare assoluta.

# La stimolazione Muscolare

A seconda del modo con il quale le fibre muscolari si portano verso il tendine, si distinguono varie forme muscolari.

Il **muscolo fusiforme** è costituito da fibre lunghe che permettono movimenti estesi ma con poca forza; il tendine è relativamente breve.

Un'altra forma è il **muscolo semipennato** che ha un tendine lungo dove si inseriscono fibre muscolari brevi; quindi si ottiene un diametro fisiologico alto con una forza muscolare maggiore.

Il **muscolo bipennato** corrisponde nella sua morfologia a quello semipennato, solo che l'inserzione delle fibre muscolari sul tendine è bilaterale. Esistono, inoltre, i muscoli multipennati con fibre muscolari orientate in varie direzioni.

# La stimolazione Muscolare

Un muscolo può funzionare sia passivamente come muscolo posturale, che attivamente come muscolo di movimento.

Per la funzione dei muscoli sono necessari vari dispositivi ausiliari:

- **fasce**, cioè **guaine connettivali** che avvolgono muscoli singoli o gruppi muscolari e quindi permettono lo scivolamento dei vari muscoli
- **guaine tendinee (vagine sinoviali tendinee)** che migliorano le capacità di scorrimento dei tendini. Esse sono costituite da due strati: lo strato interno, strato sinoviale, è formato da una lamina viscerale, avvolta direttamente intorno al tendine, ed una lamina parietale collegate tra loro mediante il mesotendine. Tra queste due lamine si trova la sinovia che migliora lo scivolamento. Verso l'esterno lo strato sinoviale è rivestito dallo strato fibroso.

# La stimolazione Muscolare

- **borse di scivolamento (borse sinoviali)** che hanno la funzione di proteggere il muscolo nei punti ove esso ha maggior attrito con l'osso.
- **ossa sesamoidi** che si trovano nei punti dove i tendini sono sottoposti a fenomeni di pressione. Il più voluminoso osso sesamoide è la patella.
- **cuscinetti adiposi**, situati tra i vari muscoli ed anch'essi favorevoli lo scivolamento; sono distribuiti in numero variabile in tutto il corpo (per esempio il corpo adiposo ascellare).

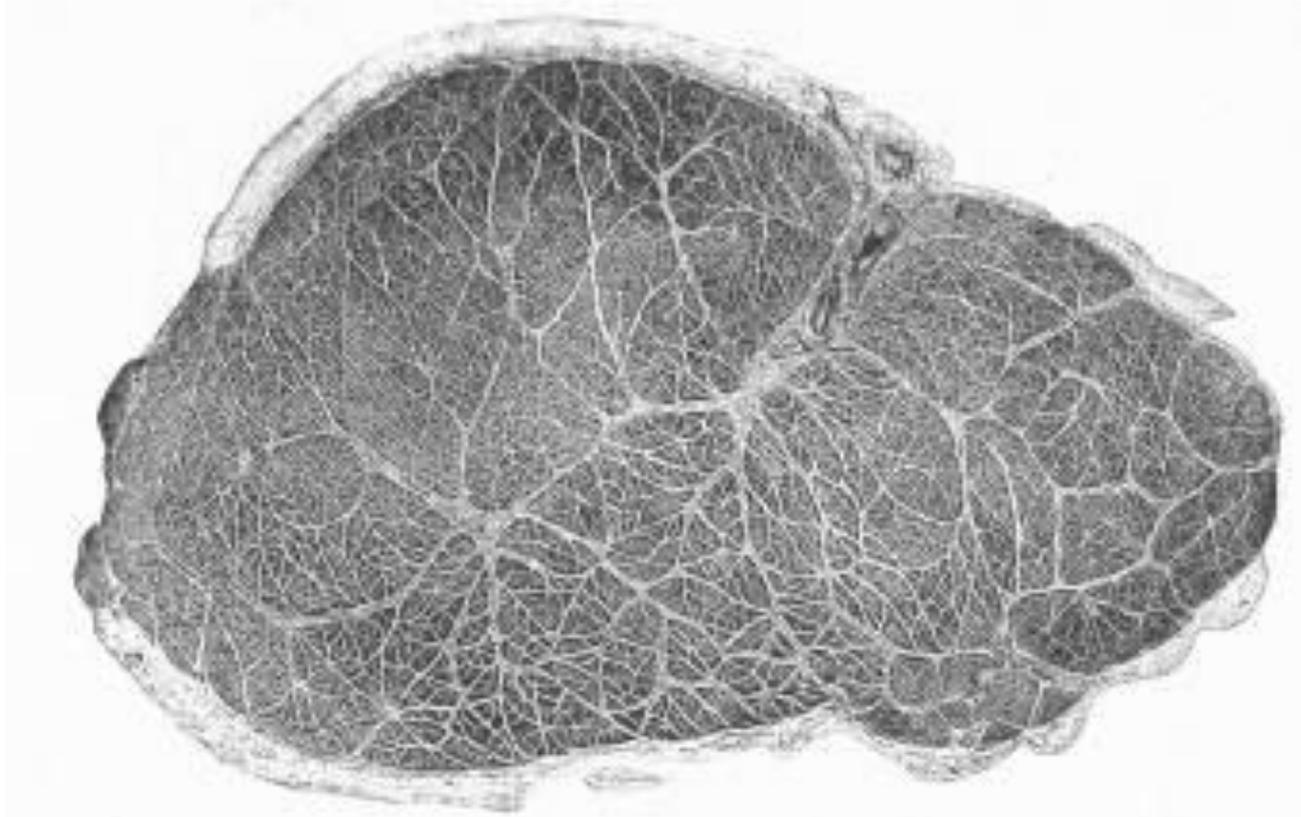
# Istologia del Muscolo

- L'entità morfologica che è alla base dell'organizzazione del muscolo scheletrico è rappresentata dalla fibra muscolare, lunga cellula cilindrica multinucleata i cui parametri dimensionali sono di ordine microscopico.

# Istologia del Muscolo

- Ciascuna fibra muscolare, ciascun fascetto di fibre ed il muscolo nel suo insieme sono avvolti da tessuto connettivo. Il muscolo nel suo insieme è avvolto da una lamina connettivale detta **epimisio**; i sottili setti connettivali, formati da fibre collagene, che penetrano all'interno del muscolo avvolgendo i fascetti muscolari costituiscono il **perimisio**, infine il delicatissimo connettivo reticolare che inguaina ogni fibra muscolare costituisce l'**endomisio**.

# Istologia del Muscolo



Sezione trasversale del muscolo sartorio di uomo. Il tessuto connettivo lo suddivide in fasci di varie dimensioni

# Istologia del Muscolo

## Citologia della fibra muscolare

Ogni fibra muscolare è rivestita da una membrana delicata detta **sarcolemma**. I nuclei della fibra muscolare striata sono molti, il loro numero effettivo dipende dalla lunghezza del muscolo, hanno forma allungata con asse maggiore parallelo alla direzione della fibra. la loro posizione varia a secondo del tipo di muscolo e della specie animale, di solito sono alla periferia, subito al di sotto del sarcolemma.

# Istologia del Muscolo

Il **sarcoplasma** della fibra muscolare corrisponde al citoplasma degli altri elementi cellulari e può essere definito come la sostanza che si trova all'interno del sarcolemma, si compone di una matrice citoplasmatica tipica e degli usuali organuli ed inclusi citoplasmatici, nel vivente contiene la **mioglobina**, una proteina che è in parte responsabile del colore del muscolo. La maggior parte della fibra muscolare è occupata da **miofibrille** del diametro di 1-2  $\mu$ ; in sezione trasversale appaiono come piccoli punti ora uniformemente distribuiti ora raggruppati in aree poligonali dette **campi del Cohnheim**.



# Istologia del Muscolo

## Ultrastruttura delle miofibrille

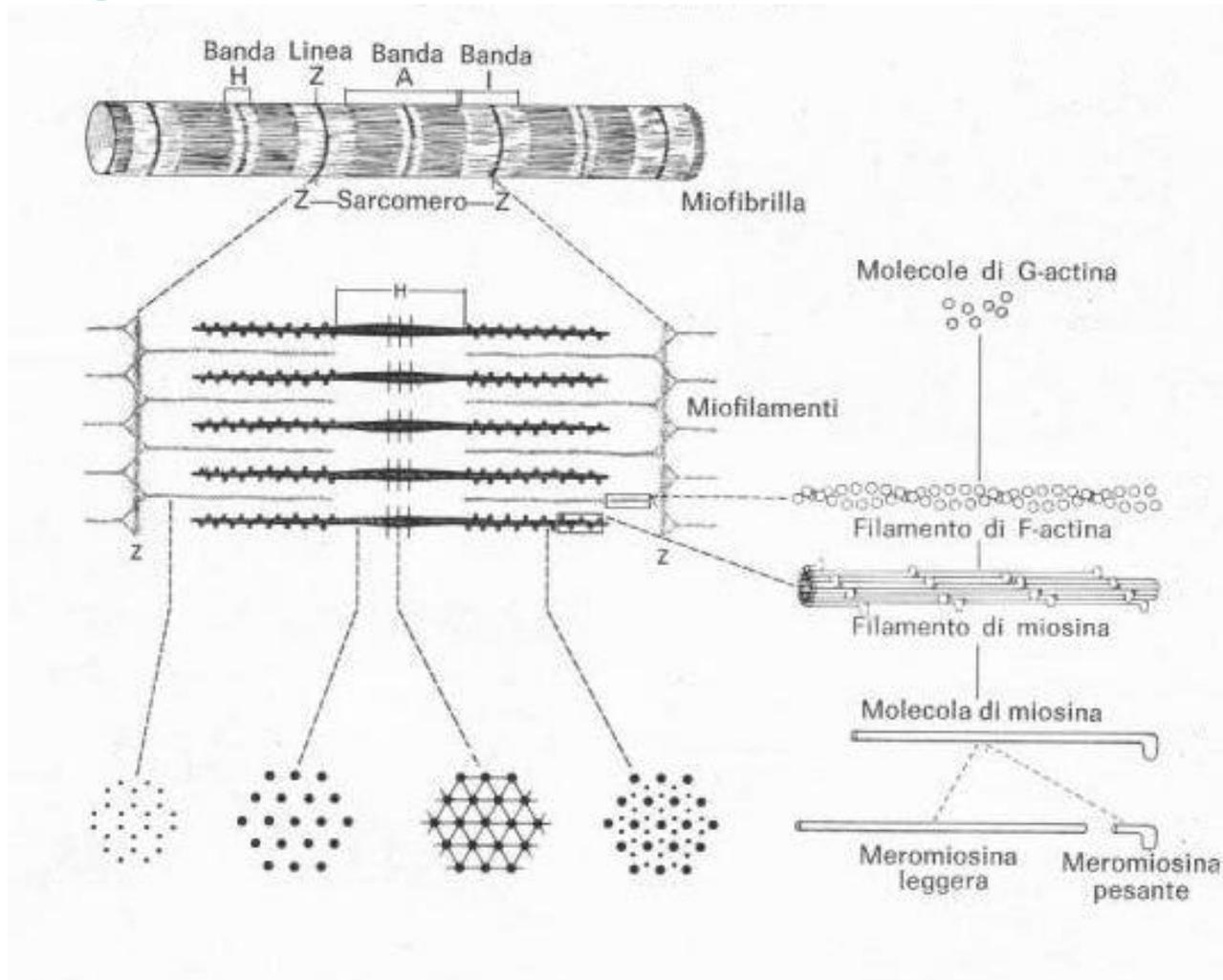
Le miofibrille sono le più piccole unità contrattili e sono costituite da subunità più piccole dette **miofilamenti**. Questi appartengono a 2 tipi, differenti per dimensioni e composizione chimica; la striatura trasversale della fibra muscolare riflette le particolari modalità con cui sono disposti nella miofibrilla i 2 sistemi di filamenti submicroscopici. I filamenti più spessi sono costituiti da miosina, hanno un diametro di 100 Å e lunghezza di 1,5 μ, sono paralleli tra loro e distano 450 Å l'uno dall'altro. Un fascio di filamenti di miosina tra loro paralleli rappresenta il principale costituente della banda A e ne determina la lunghezza.

# Istologia del Muscolo

## Ultrastruttura delle miofibrille

I filamenti più sottili sono costituiti da actina, hanno un diametro di  $50 \text{ \AA}$  e si estendono per circa  $1 \mu$  da ciascuna parte della linea Z, compongono pertanto la banda I, ma non sono limitati a questa poiché penetrano per un certo tratto nelle adiacenti bande A, occupando gli interstizi compresi tra i filamenti spessi. Pertanto nelle sezioni trasversali che interessano le estremità della banda A ogni filamento di miosina appare circondato dalle sezioni puntiformi di 6 filamenti di actina disposti ad uguale distanza l'uno dall'altro.

# Istologia del Muscolo

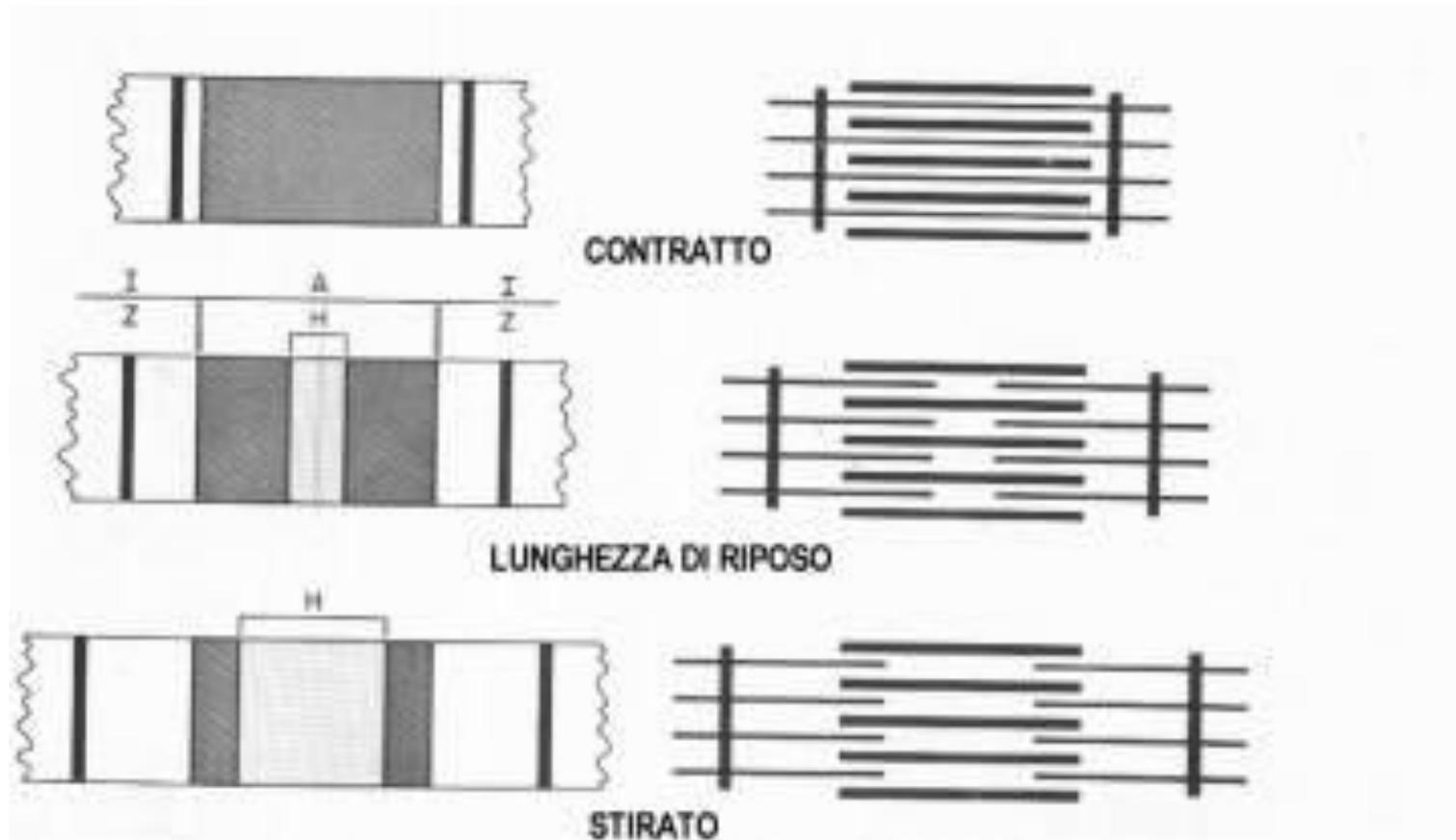


# La contrazione Muscolare

## **Meccanismo della contrazione : scorrimento reciproco dei miofilamenti**

Durante la contrazione la lunghezza della banda A rimane costante mentre quella della banda H e quella della banda I diminuiscono. Quando la fibra muscolare si contrae i filamenti spessi e quelli sottili conservano inalterata la loro lunghezza, ma scorrono gli uni rispetto agli altri in modo tale che le estremità dei filamenti di actina si approfondano sempre di più nella banda A, provocando la riduzione ed infine la scomparsa della banda H, mano a mano che i filamenti I penetrano sempre più profondamente nella banda A, la linea Z si avvicina alle estremità delle 2 bande A adiacenti e la miofibrilla nel suo insieme si accorcia.

# La contrazione Muscolare



# La contrazione Muscolare

La contrazione del muscolo non consiste in un vero accorciamento dei componenti proteici, ma in uno scorrimento dei filamenti di actina lungo quelli di miosina; questo scorrimento implica l'interazione della miosina e della actina con formazione di legami trasversali. Le "teste" delle molecole di miosina hanno attività ATPasica  $\text{Ca}^{2+}$  dipendente e l'energia liberata viene utilizzata per promuovere il legame di una subunità di actina con una "testa" di una molecola di miosina successiva. Il processo si ripete portando a progressivo scorrimento e perciò accorciamento della fibra muscolare. In definitiva **la contrazione consiste nella formazione e scissione alterna e ripetuta di legami tra le teste della miosina ed i monomeri di G-actina dei filamenti sottili.**