

Università degli studi di Napoli Parthenope



Corso di Neurofisiologia del movimento

VALUTAZIONE DELL'EQUILIBRIO STATICO

Dott.ssa Roberta Minino

roberta.minino@collaboratore.uniparthenope.it

Slide:

https://www.dropbox.com/sh/9pgs768b77qjpd8/AAALhO1-qcSy_g7iGFbHB3-Pa?dl=0

EQUILIBRIO



L'equilibrio è oggetto di studio della **statica**, un ramo della meccanica classica newtoniana.

Un sistema è detto in condizione di *equilibrio* meccanico quando:

- La sommatoria di tutte le forze esterne risulti nulla
- La sommatoria di tutti i momenti esterni risulti nulla.

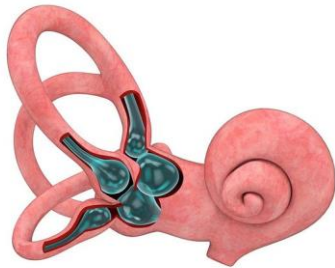


NEUROFISIOLOGIA DELL'EQUILIBRIO

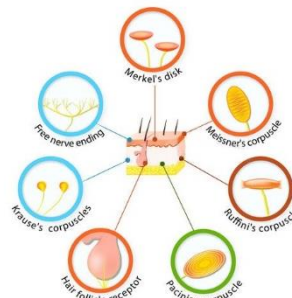
L'equilibrio è la capacità dell'individuo di mantenere il proprio corpo in posizione corretta rispetto alla forza di gravità (ed eventuali altre forze in gioco).

Numerosi sistemi raccolgono ed integrano le informazioni utili e necessarie al mantenimento dell'equilibrio.

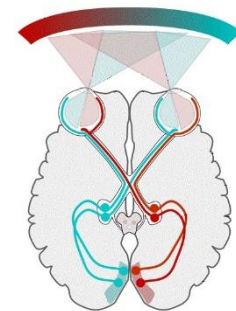
Sistema vestibolare



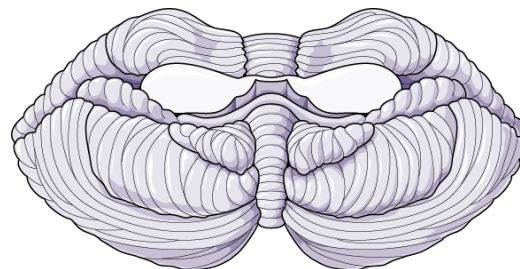
Sistema somato-sensitivo



Sistema visivo



Cervelletto



TIPI DI EQUILIBRIO STATICO

A seconda del potenziale interno del corpo nel punto di equilibrio statico, distinguiamo tra:

Equilibrio stabile in cui una piccola variazione delle condizioni causa un richiamo del sistema verso il punto di equilibrio (fig.1)

Equilibrio instabile in cui una piccola variazione causa una divergenza, o un allontanamento (fig.2)

Equilibrio indifferente in cui una piccola variazione porta a nuove configurazioni di equilibrio (fig.3)

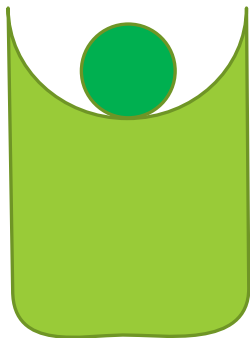


Fig.1

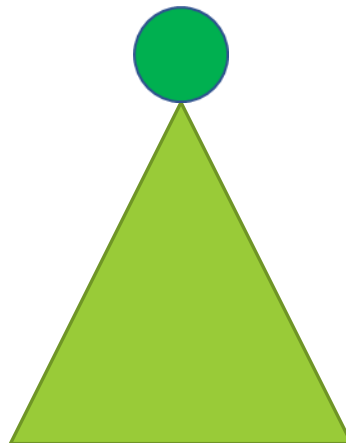


Fig.2

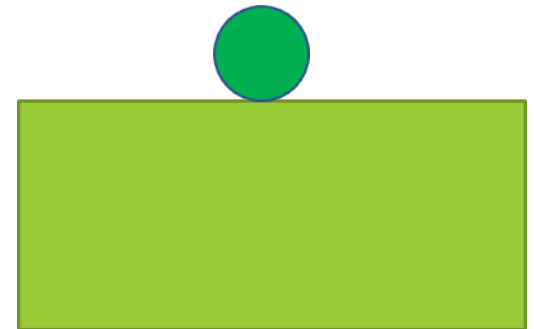


Fig.3

Centro di massa

Il centro di massa è il punto corrispondente al valore medio della distribuzione della massa del sistema nello spazio.

Rappresentiamo un corpo come un insieme di punti a ciascuno dei quali attribuiamo una “materialità” e quindi una massa: la posizione del centro di massa (CoM) di un insieme di punti è uguale alla media pesata della posizione dei singoli punti. Il peso associato a ciascun punto è uguale alla sua massa.

Dick Fosbury

Se un corpo è costituito da materiale omogeneo (stesso materiale in tutte le sue parti), allora il COM coincide con il centro geometrico (baricentro).



Forza di reazione al suolo

Ground Reaction Force (GRF)

In fisica (e nello specifico in biomeccanica), la forza di reazione al suolo è la forza esercitata dal suolo su di un corpo a contatto con esso.

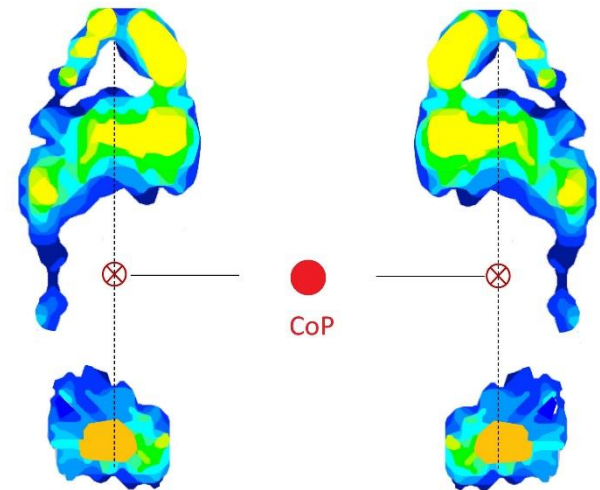
Ad esempio, una persona ferma in piedi, eserciterà una forza di contatto al suolo (pari al proprio peso) e allo stesso tempo una forza uguale ed opposta sarà esercitata dal suolo sulla persona.



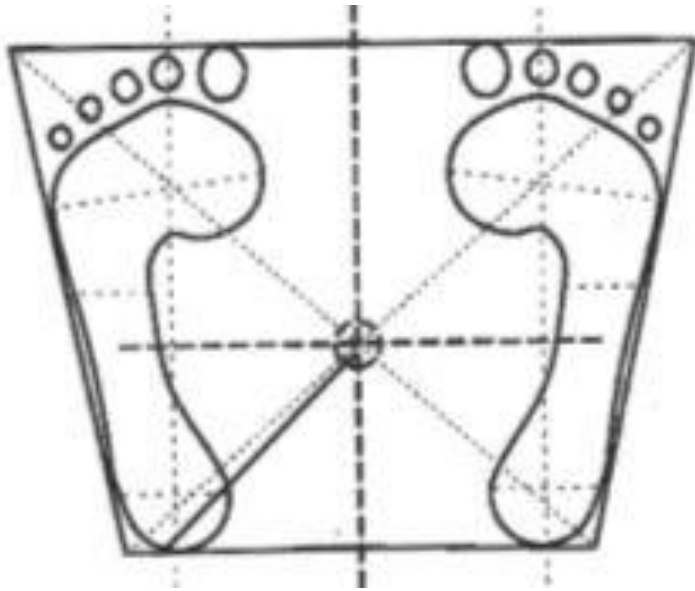
Centro di pressione

In biomeccanica, il centro di pressione (CoP) è il termine utilizzato per definire il punto di applicazione del vettore rappresentativo della forza di reazione al suolo. Tale vettore rappresenta la somma di tutte le forze che agiscono tra un dato oggetto e la superficie su cui poggia.

Se un solo piede è appoggiato sul terreno il CoP si troverà in un punto all'interno del piede stesso; se invece entrambi i piedi sono appoggiati al suolo la posizione del CoP varierà e sarà in un punto non meglio precisato compreso però fra i due piedi, spostato verso destra o sinistra in relazione alla distribuzione dei pesi.



BASE D'APPOGGIO:

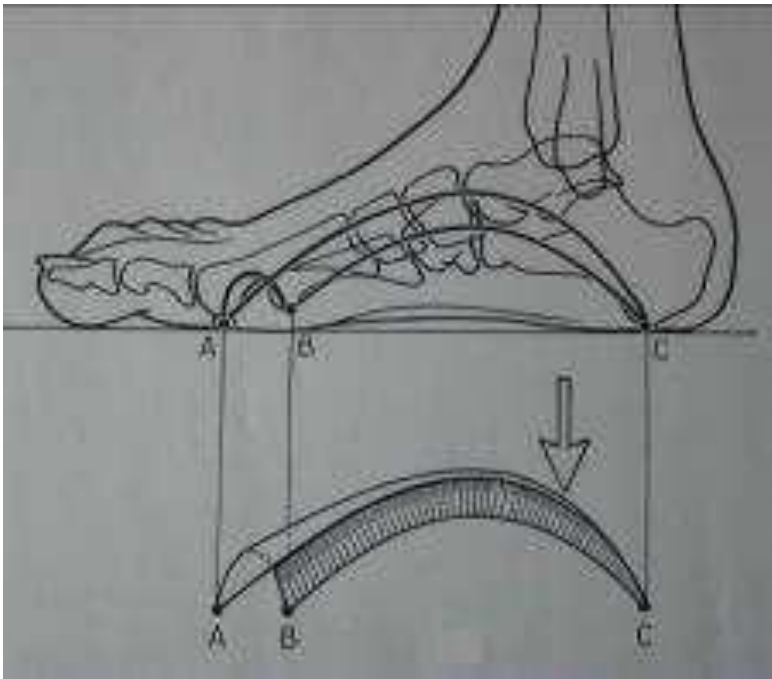


La base d'appoggio, in una condizione di posizione eretta, è quella parte compresa fra i due piedi e delimitata da due linee che collegano rispettivamente le punte delle dita e dei talloni.

Appoggio podalico

In fase di appoggio, nel piede umano, i punti di pressione principali sono tre:

- tallone
- primo metatarso
- quinto metatarso



Il piede è fondamentale per le funzioni dinamiche e posturali; numerosi studi di biomeccanica considerano la pianta del piede come una volta sostenuta da tre archi.

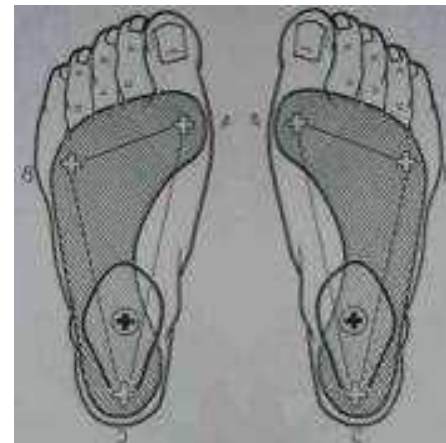
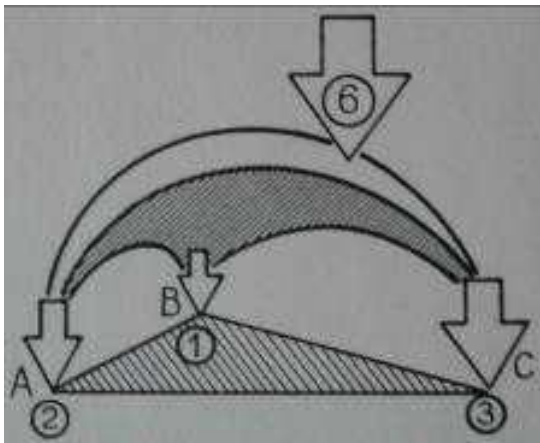
Il peso del corpo trasmesso all'arto inferiore si applica sul tarso posteriore a livello della puleggia astragalica, da qui le forze si ripartiscono in tre direzioni, verso i punti di appoggio della volta.

Di norma il peso viene ripartito sui tre punti di appoggio della volta seguendo la '**regola del sei**'.

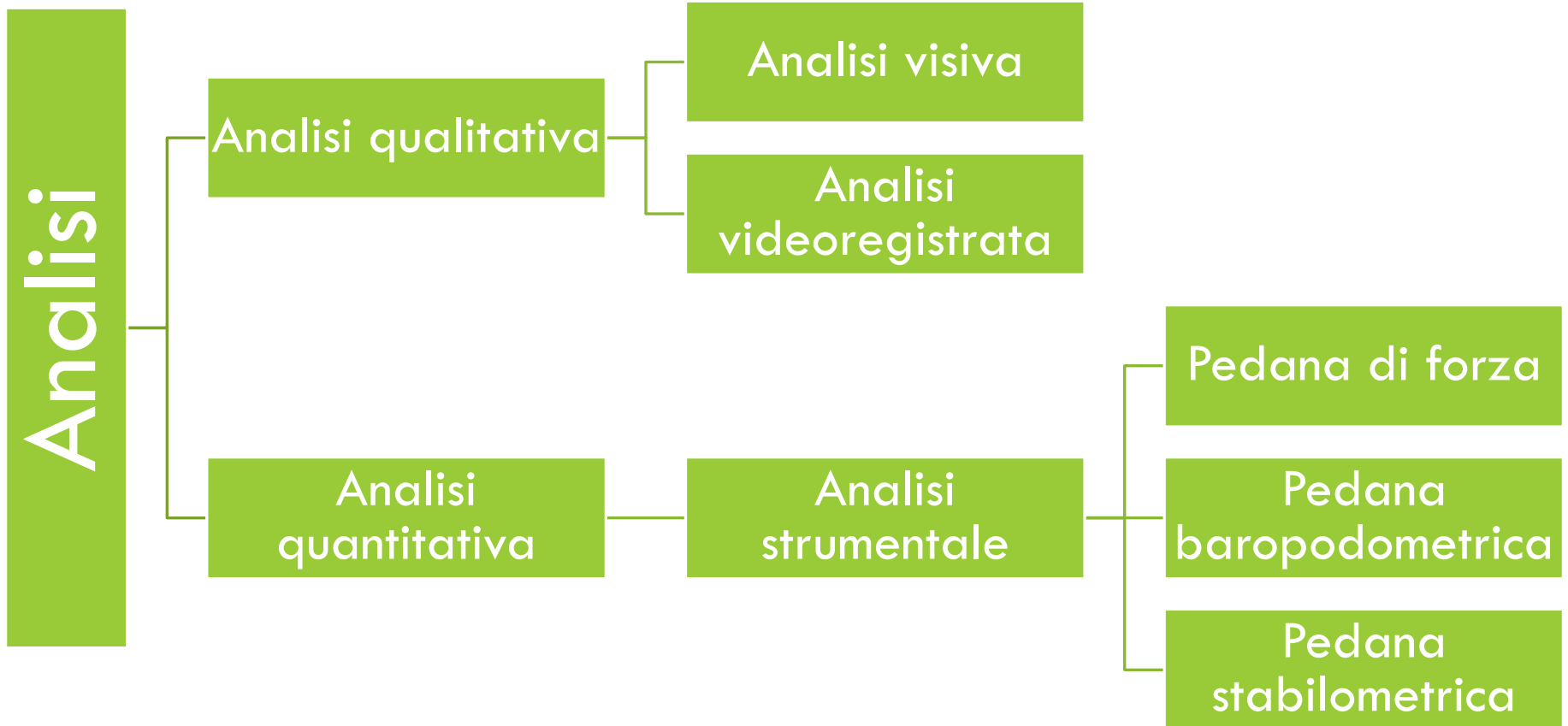
Quando 6 Kg vengono applicati sull'astragalo:

- 1 Kg si carica sull'appoggio antero-esterno
- 2 Kg sull'appoggio antero interno
- 3 Kg sul tallone.

Dunque, in posizione eretta, verticale e immobile, sono i talloni che sopportano lo sforzo principale, la metà del peso del corpo .



Tipi di analisi



Pedana di forza

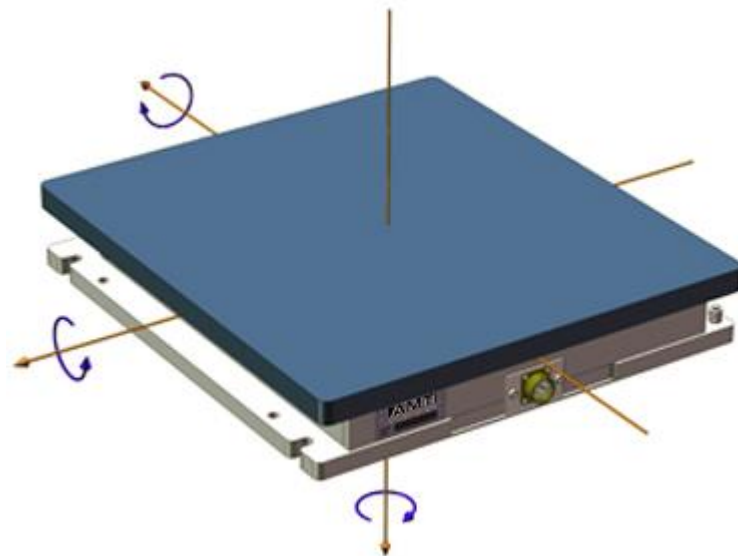
Si tratta di uno strumento in grado di ottenere informazioni quantitative.

Questo strumento misura le forze di reazione al suolo generate un corpo, sia esso fermo o in movimento. È in grado di quantificare l'equilibrio, fornire informazioni circa il cammino ed altri parametri biomeccanici.

Queste misurazioni avvengono grazie a trasduttori di forza che subiscono delle deformazioni meccaniche direttamente proporzionali all'intensità della forza da misurare.

L'utilizzo di pedane di forza trova grande applicazione in medicina e nello sport.

Questo strumento può essere utilizzato da solo o in combinazione con altre strumentazioni utili all'analisi cinematica.



Pedana baropodometrica

Questo tipo di pedana viene principalmente utilizzato per la valutazione della pressione esercitata dal piede.

Tale analisi viene effettuata sia in dinamica che in statica:

- Attraverso l'analisi dinamica è possibile acquisire informazioni sull'appoggio podalico durante il cammino, ottenendo inoltre dati cinematici.
- Con l'analisi statica è possibile quantificare le caratteristiche pressorie del piede durante l'equilibrio statico.

Dovendo acquisire il paziente durante il cammino, questa pedana è dotata di numerose celle di carico. Di conseguenza tale strumentazione presenterà costi estremamente elevati o celle di carico meno precise di quelle destinate ad utilizzi in sola statica.

Pedana stabilometrica

La pedana stabilometrica è uno strumento per l'analisi quantitativa dei parametri di equilibrio e stabilità. Effettua tale esame mediante analisi delle oscillazioni del centro di pressione.

Questo tipo di pedana è solitamente formato da:

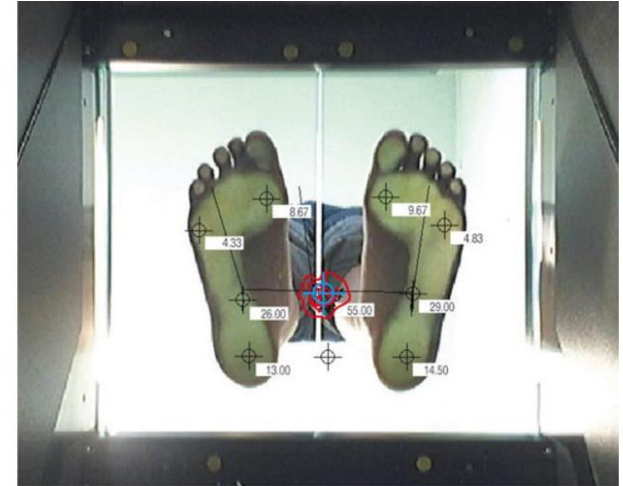
- Una superficie sulla quale il paziente andrà a posizionarsi in ortostatismo
- Celle di carico per la rilevazione e distribuzione del peso



Pedana stabilometrica PoData

Nello specifico, questo tipo di pedana presenta:

- Superficie di appoggio in vetro trasparente
- 6 celle di carico
- Fotocamera



Il software in dotazione prende il nome di GPS 5.0. Con esso è possibile posizionare le sei celle di carico nei punti predefiniti sotto ciascun piede e di conseguenza elimina completamente qualsiasi necessità di posizionamento obbligato del paziente sopra la pedana.

Il dispositivo è stato certificato come medicale di classe I con funzione di *misurazione*. L'esame stabilometrico può essere eseguito in diverse condizioni di esame, nella ricerca delle afferenze che influenzano l'atteggiamento posturale della persona.

Esame stabilometrico

La stabilometria statica computerizzata è un esame obiettivo rivolto allo studio quantitativo delle oscillazioni posturali

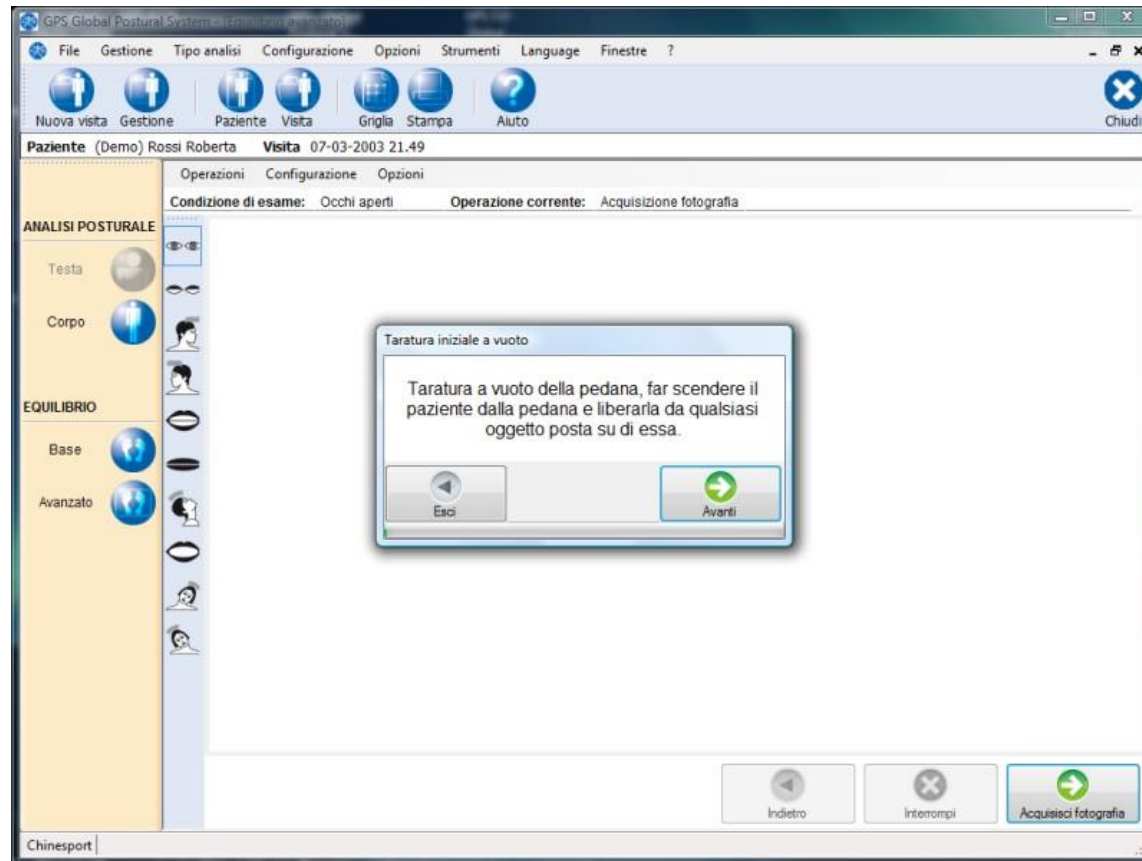
L'esame stabilometrico viene utilizzato per lo studio della postura del soggetto, valutando la distribuzione delle forze verticali sul piano di appoggio e misurando la stabilità del soggetto mediante la precisione del controllo posturale e l'energia utilizzata. Serve per stabilire se un determinato tipo di stazione o postura eretta rientri nei limiti della normalità



Esecuzione dell'esame

Taratura della pedana

La pedana va innanzitutto tarata a vuoto, dunque libera da qualunque peso. Completata la fase di taratura si potrà procedere alla fase successiva.



Esecuzione dell'esame

Preparazione del paziente

Non sono presenti controindicazioni per chi effettua questo esame.

È consigliabile, ai fini di una corretta valutazione, che il paziente si presenti ben riposato.

È necessario che il paziente comunichi di eventuali problematiche note, che possano compromettere l'esito dell'esame, siano esse di natura muscolo-scheletrica o neurologica.

È inoltre utile che l'esame venga effettuato a piedi nudi, con abbigliamento che non ingombri né ostruisca e permetta di permettere una corretta valutazione (costume da bagno, intimo, top e shorts).

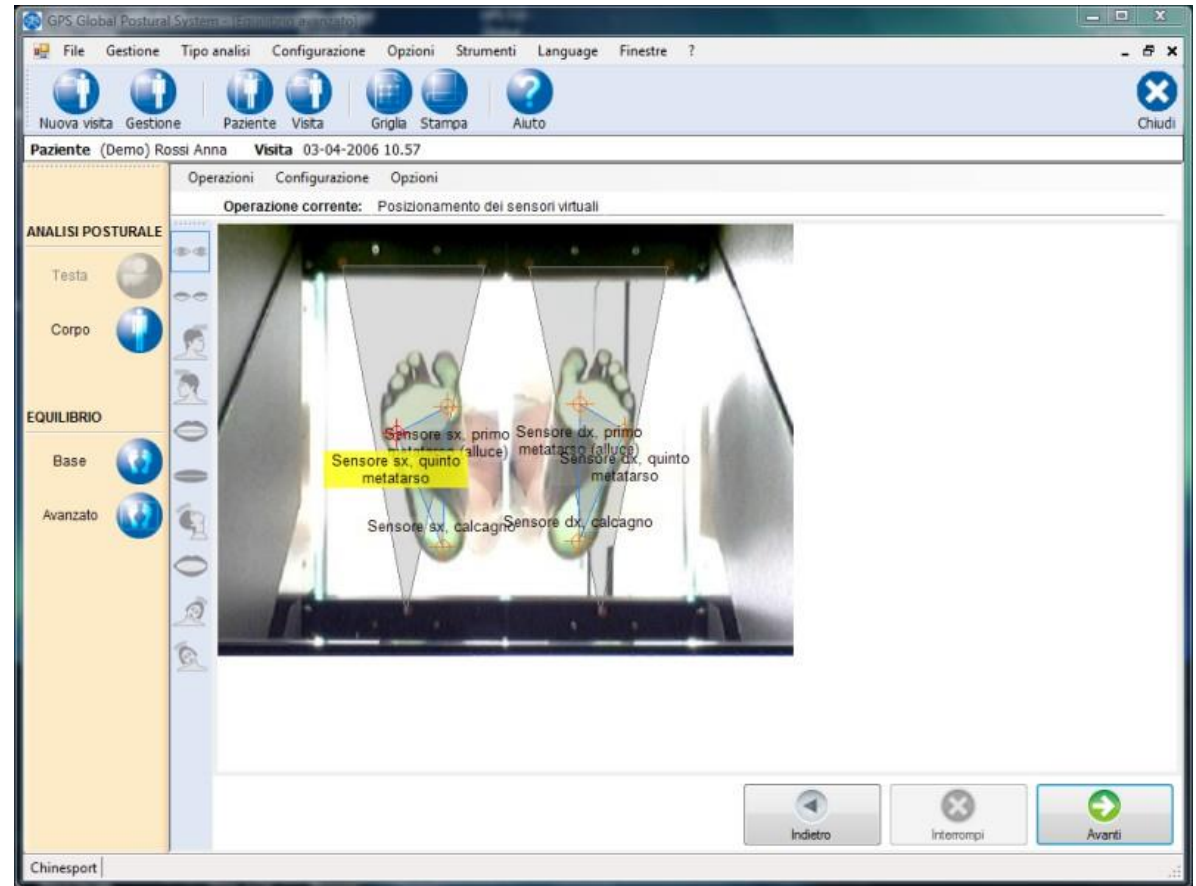
Esecuzione dell'esame

Acquisizione fotografica e posizionamento virtuale delle celle di carico

Il sistema acquisisce l'immagine della pianta del piede sulla quale verranno posizionati, tramite software, i sensori delle celle di carico.

Per ogni piede verranno posizionati 3 sensori:

- Calcagno
- I metatarso
- V metatarso



Esecuzione dell'esame

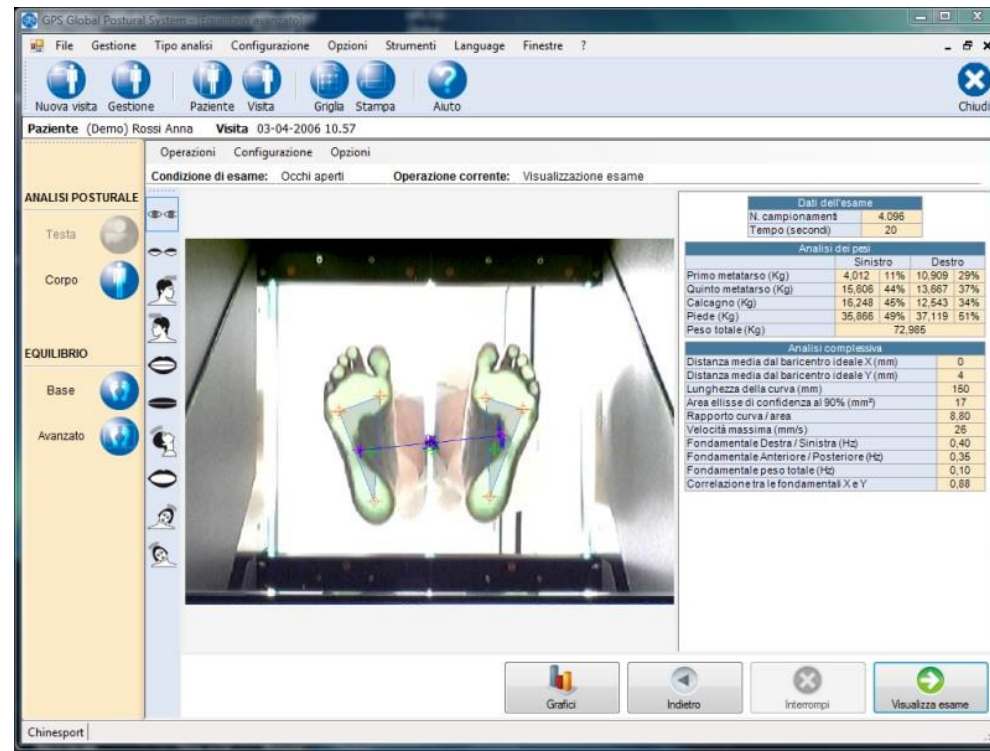
Acquisizione dei dati

Effettuate tutte le operazioni preliminari e si assicura che il paziente sia pronto a cominciare.

Gli verrà dunque comunicato di mantenere la posizione eretta e in equilibrio per il tempo prestabilito, senza mai spostare i piedi.

Il software ci mostrerà in tempo reale lo spostamento del nostro centro di pressione.

I dati faranno riferimento sia al CoP complessivo, che ai singoli piedi destro e sinistro.



Parametri

L'esame stabilometrico è in grado di effettuare due analisi:

- **Analisi dei pesi**

- Primo metatarso (Kg)
- Quinto metatarso (Kg)
- Calcagno (Kg)
- Piede (Kg)
- Peso totale (Kg)

- **Analisi complessiva**

- Distanza media del baricentro ideale X (mm)
- Distanza media del baricentro ideale Y (mm)
- Lunghezza della curva (mma)
- Area ellisse di confidenza al 90% (mm²)
- Rapporto curva/area
- Velocità massima (mm/s)
- Fondamentale Destra/Sinistra (Hz)
- Fondamentale Anteriore/Posteriore (Hz)

Analisi dei pesi

La pedana offrirà informazioni dettagliate circa la distribuzione del peso sulla nostra base d'appoggio.

Sarà in grado di discriminare l'entità del carico su ognuno dei 3 punti d'appoggio dell'arco podalico, per entrambi i piedi.

Offrirà di conseguenza la differenza

Analisi dei pesi				
	Sinistro		Destro	
Primo metatarso (Kg)	4,012	11%	10,909	29%
Quinto metatarso (Kg)	15,606	44%	13,667	37%
Calcagno (Kg)	16,248	45%	12,543	34%
Piede (Kg)	35,866	49%	37,119	51%
Peso totale (Kg)	72,985			



Analisi complessiva

L'analisi complessiva tiene conto di numerosi e importanti parametri di valutazione. Verranno di seguito trattati i principali tra questi.

Analisi complessiva	
Distanza media dal baricentro ideale X (mm)	0
Distanza media dal baricentro ideale Y (mm)	4
Lunghezza della curva (mm)	160
Area ellisse di confidenza al 90% (mm ²)	17
Rapporto curva / area	8,80
Velocità massima (mm/s)	26
Fondamentale Destra / Sinistra (Hz)	0,40
Fondamentale Anteriore / Posteriore (Hz)	0,35

Analisi complessiva

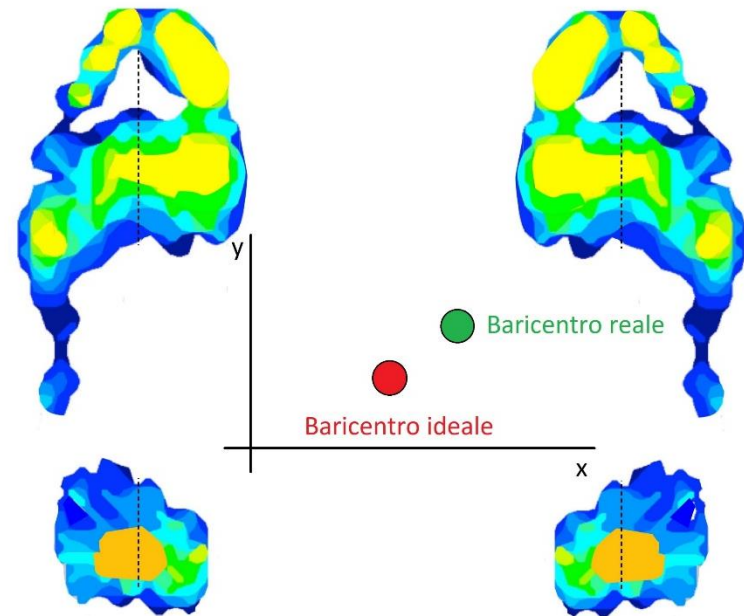
Distanza dal baricentro ideale X

Distanza media dal centro ideale X (mm)

E' la distanza in millimetri sull' asse X (asse sinistra / destra) rispetto al baricentro ideale del paziente.

A

In altre parole è un valore che indica quanto è distante il baricentro medio del paziente sull' asse destra / sinistra dal baricentro ideale.



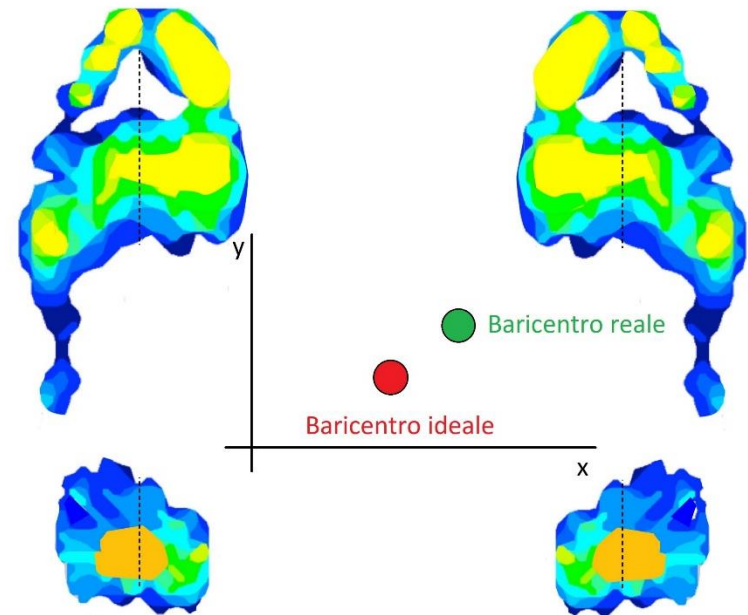
Analisi complessiva

Distanza dal baricentro ideale Y

Distanza media dal centro ideale Y (mm)

E' la distanza in millimetri sull' asse Y (asse anteriore / posteriore) rispetto al baricentro ideale del paziente.

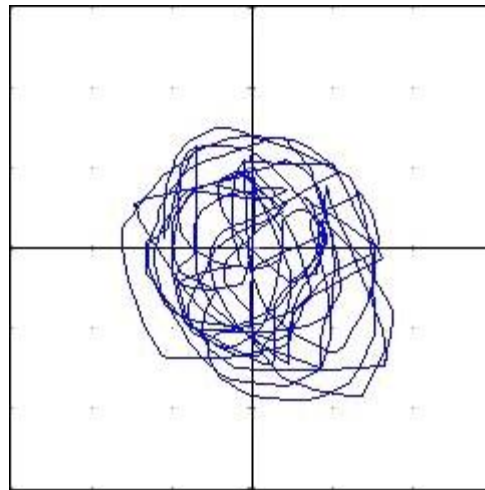
In altre parole è un valore che indica quanto è distante il baricentro medio del paziente sull' asse anteriore / posteriore dal baricentro ideale.



Analisi complessiva

Lunghezza della curva

La curva è la lunghezza in millimetri dello spostamento del baricentro del paziente durante l' esame



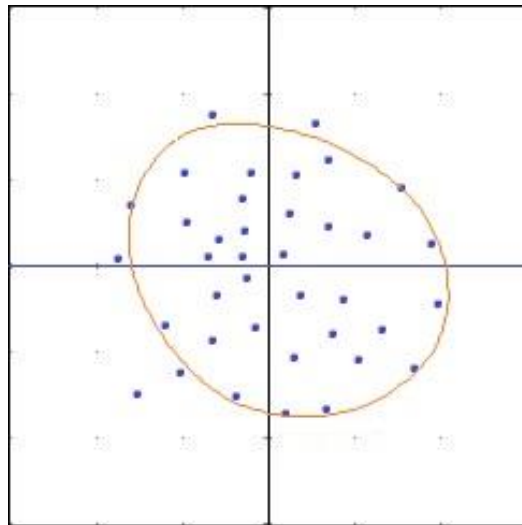
Immaginate di srotolare il gomitolo nell'immagine e misurarne la lunghezza. Quello sarà il percorso compiuto dal centro di pressione durante la registrazione.

Maggiore è il percorso compiuto, maggiore è l'energia spesa per il mantenimento dell'equilibrio.

Analisi complessiva

Area ellisse di confidenza al 90%

Misura che esprime la superficie dell'ellisse che include tutti i punti del Centro di Pressione misurati e riportati su sistema di assi cartesiani con una confidenza al 90%. Per confidenza al 90% si intende un calcolo statistico per eliminare dal calcolo dell'area gli spostamenti estremi del Centro di Pressione.



Questo parametro esprime la precisione del sistema posturale del paziente. Più piccola è l'ellisse, migliore sarà il controllo posturale.

Analisi complessiva

Velocità massima

È la velocità massima dello spostamento del COP medio espressa in millimetri al secondo.

Solitamente, negli individui sani la velocità di oscillazione non è mai troppo alta. Oscillazioni troppo brusche possono infatti aumentare il rischio di caduta.

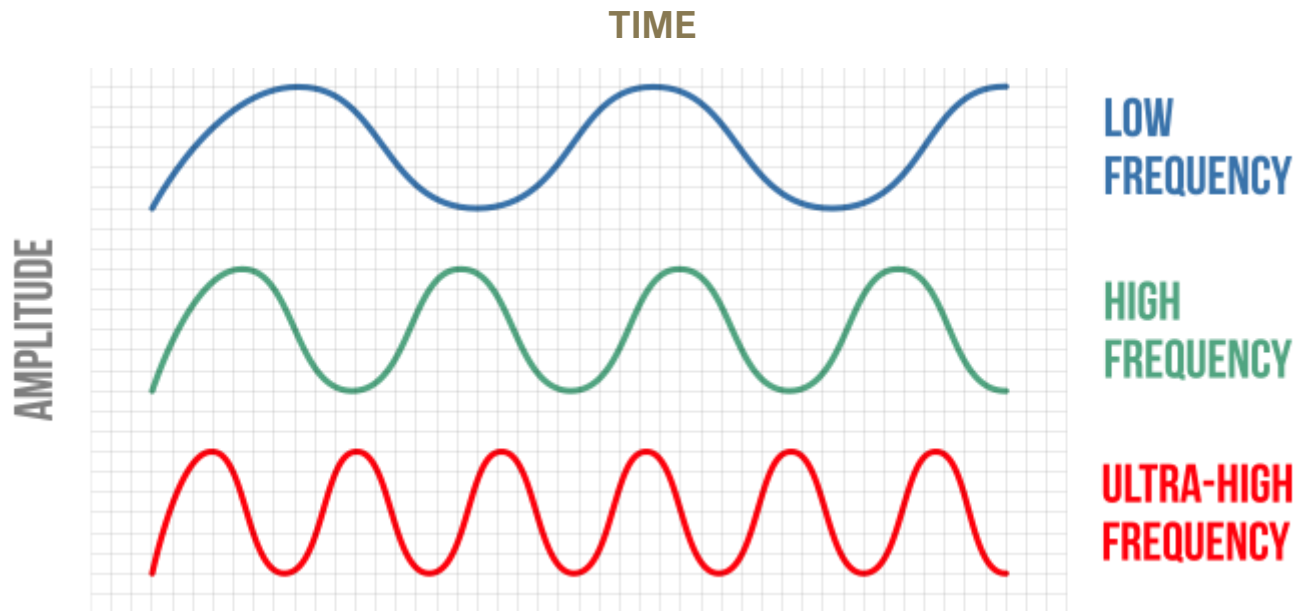


Analisi complessiva

Frequenze di oscillazione

Le oscillazioni del centro di pressione, possono essere considerate come un dato registrato nel tempo. È dunque possibile analizzare quindi lo stesso dato nel dominio delle frequenze. Ciò può essere fatto attraverso trasformata di Fourier.

In fisica la frequenza di un fenomeno è rappresentata dal numero di eventi che vengono ripetuti in una data unità di tempo. Tale valore è espresso in hertz (Hz).



Vengono valutate separatamente le oscillazioni sul piano frontale, asse X, e sul piano sagittale, asse Y. Fisiologicamente, maggiore è la frequenza e minore è la sua ampiezza. Il range di frequenze stabilite come naturale spostamento del corpo ricade nel range compreso tra 0,05 e 0,4Hz. Frequenze maggiori sono riconducibili ad aggiustamenti posturali dovuti a perdita di equilibrio.

Analisi complessiva

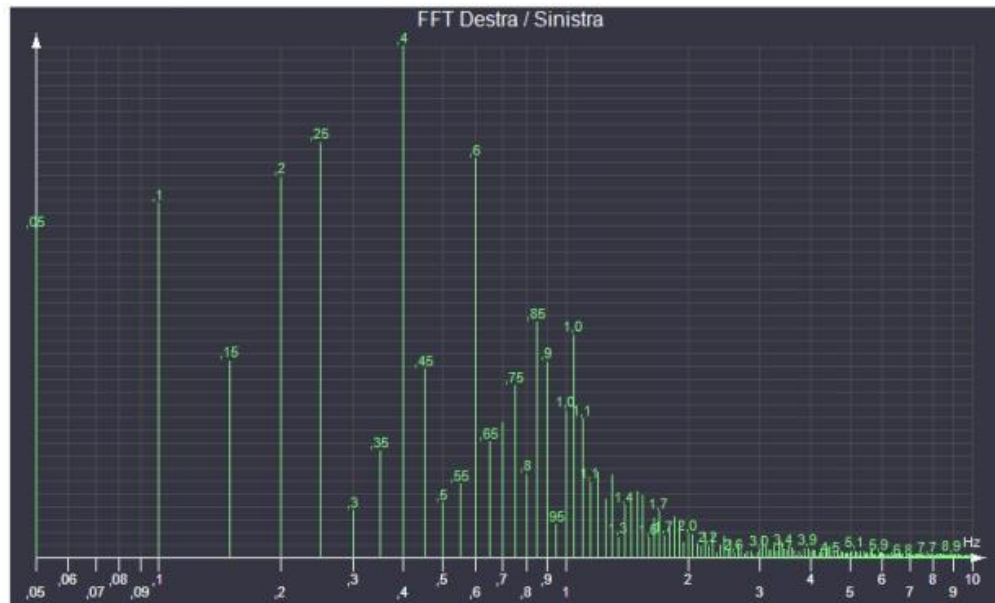
Frequenze di oscillazione

FFT è l' abbreviazione di trasformata di Fourier veloce (dall'inglese Fast Fourier Transform).

Come già spiegato, il sistema permette di scomporre le oscillazioni del paziente nelle frequenze e ampiezze che le compongono.

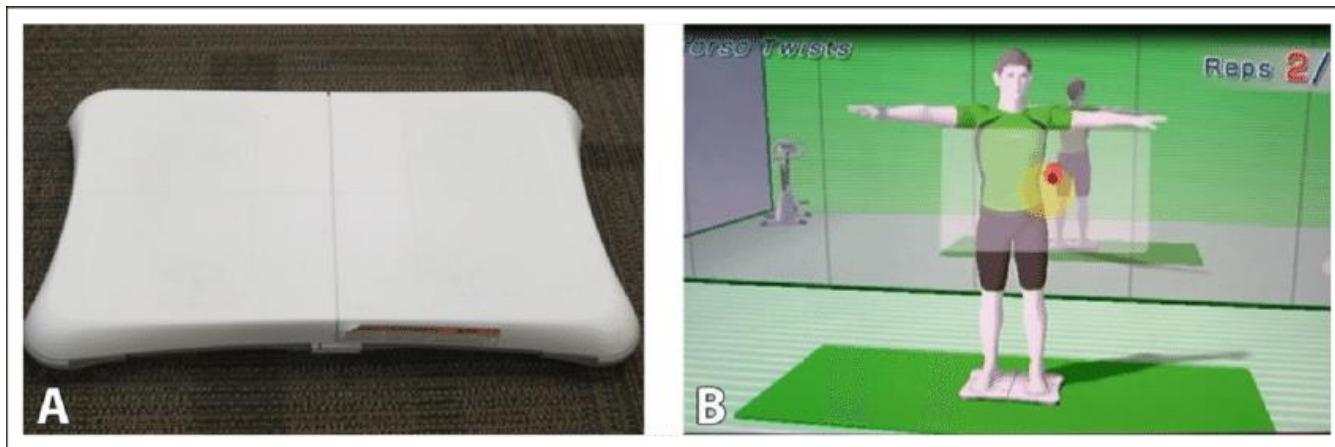
La scomposizione avviene sui due assi cartesiani:

- destra / sinistra
- anteriore / posteriore



WII BALANCE BOARD

La wii balance board è una bilancia in grado di rilevare elettronicamente lo spostamento del peso corporeo durante le fasi di gioco grazie agli estensimetri presenti nella parte inferiore.



La WBB contiene 4 trasduttori che forniscono le indicazioni sulla distribuzione delle forze. I protocolli di comunicazione wireless sono normalmente utilizzati dalla pedana per scambiare informazioni con la console di gioco. Essi però possono essere sfruttati per comunicazione con un PC munito di apposita interfaccia software adibita alla raccolta dei dati inviati dallo strumento.

WII BALANCE BOARD

Essa è in grado di misurare:

- la posizione del CoM (Centro di Massa)
- la posizione del CoP (Centre Of Pressure)
- il WBA (Weight bearing asymmetry)
- il path lenght
- Il path trajectory



- Costo molto basso
- Uso semplice ed intuitivo
- Non operatore-dipendente
- Facilmente trasportabile

- Bassa precisione

Condizioni d'esame



Occhi aperti

Occhi chiusi

Capo girato a sinistra

Capo girato a destra

Denti serrati

Bocca chiusa

Capo rivolto verso l'alto

Bocca aperta

Tilt capo sinistro

Tilt capo destro

Test di Romberg

Tale test fa riferimento ad un particolare esame diagnostico comunemente adoperato in neurologia e otorinolaringoiatria su pazienti che lamentano disordini dell'equilibrio o instabilità. Prende il nome dal suo ideatore, il neurologo Moritz Heinrich Romberg.

Il paziente deve rimanere in posizione ortostatica, mantenendo gli occhi aperti. Se il paziente mantiene senza problemi l'equilibrio per 30 secondi si esclude l'eventuale atassia cerebellare. Qualora dovesse manifestare invece gravi scompensi di equilibrio, i sospetti andranno a favore dell'atassia cerebellare.

In caso di negativa atassia cerebellare, il paziente ripeterà l'esame ad occhi chiusi. Se non vi saranno eventi di significativa perdita di equilibrio verrà esclusa anche l'atassia di informazione (derivante da deficit di informazione sensitiva). Qualora invece il paziente manifesti perdita di equilibrio importante, i sospetti andranno a favore dell'atassia informativa.

Quoziente di Romberg

Una delle possibili analisi supplementari è il calcolo del Quoziente di Romberg: ovvero in quale misura un soggetto utilizza la vista nel controllo della propria postura ortostatica.

È il rapporto tra i valori misurati ad occhi chiusi e i corrispondenti valori ad occhi aperti. Studia quindi l'influenza della visione sulla postura.



CAUSE E CONSEGUENZE DELLE CADUTE NEGLI ANZIANI



Cadute negli anziani

Tra i problemi clinici più seri degli anziani, le cadute e l'equilibrio instabile causano tassi di mortalità elevati, oltre a contribuire sostanzialmente alla limitazione della mobilità e all'ingresso prematuro in residenze assistite.

Approssimativamente, **684 000** cadute **MORTALI** si verificano ogni anno in tutto il mondo, e circa 37,3 milioni di cadute gravi si verificano ogni anno, che richiedono attenzione medica. Si stima che il 30-40% della popolazione sopra i 65 anni cadrà almeno una volta all'anno e questo tasso aumenta fino al 50% negli individui sopra gli 80 anni

Anche se la maggior parte di queste cadute non causa lesioni importanti, circa il 5% provoca una frattura o richiede il ricovero. Inoltre, i tassi di cadute e le complicazioni associate aumentano sensibilmente con l'età e raddoppiano nelle persone con più di 75 anni.

Tra gli anziani ospedalizzati dopo una caduta, solo la metà sopravvive più di un anno.

Gli anziani ricoverati in residenze assistite hanno tassi molto più alti. In questi contesti, le complicazioni sono più frequenti e più serie, con il 10-25% di cadute che esitano in fratture o lacerazioni.



Situazione in Italia

In Italia è stato stimato che il circa il 28% delle persone con 65 anni e più cade nell'arco di 12 mesi. Di questi, il 43% cade più di una volta.

Inoltre, il 60% delle cadute avvengono in casa e gli ambienti a maggior rischio sono:

- la cucina (25%)
- la camera da letto (22%)
- le scale interne ed esterne (20%)
- il bagno (13%).

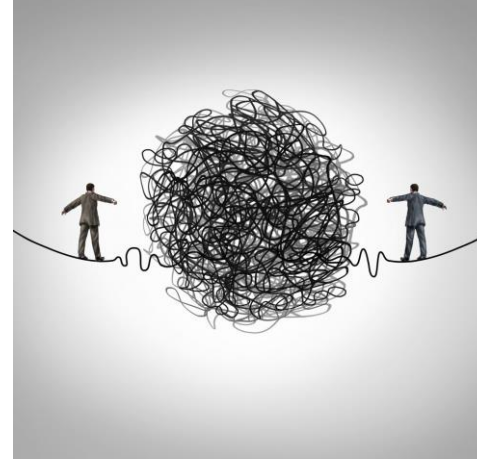


Conseguenze delle cadute

Il modo con cui una persona cade determina il tipo di lesione: le fratture del polso si verificano quando si cade in avanti o all'indietro appoggiandosi a terra con la mano, le fratture dell'anca si verificano tipicamente quando si cade sul lato, mentre le cadute all'indietro sui glutei sono associate più raramente a fratture.

Le fratture del polso sono più comuni di quelle dell'anca tra i 65 e 75 anni, mentre quelle dell'anca predominano in età più avanzata: ciò riflette probabilmente il rallentamento dei riflessi e la riduzione dell'abilità di proteggere l'anca, attuando la caduta con la mano (comportamento, questo, che appunto provoca le fratture del polso negli anziani più giovani).

Ulteriori complicazioni



Un'altra complicazione è la **sindrome ansiosa post caduta**, in cui un individuo riduce movimento e attività in modo eccessivamente cauto, proprio per paura di cadere. Ciò contribuisce a ridurre la forza muscolare, favorendo una deambulazione anormale e, a lungo andare, un ulteriore aumento del rischio di cadere. Inoltre la caduta, soprattutto se l'evento si ripete, riduce la propria autostima, per cui a volte l'anziano omette di raccontare quanto accaduto per vergogna.

Cause di caduta

Accidentale - correlata all'ambiente 31%

Disturbo di andatura, riduzione della forza muscolare 17%

Capogiri, vertigini 13%

Collasso 9%

Confusione 5%

Ipotensione posturale 3%

Disturbo visivo 2%

Altre cause specificate 15%

Cause sconosciute 5%

