

Pedana di forza

# FORZE

La forza è data da qualsiasi causa capace di modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo. Una forza è l'azione di un corpo su di un altro.

Per descrivere una forza applicata, tre elementi sono necessari:

Punto d'applicazione

Intensità

Direzione e verso

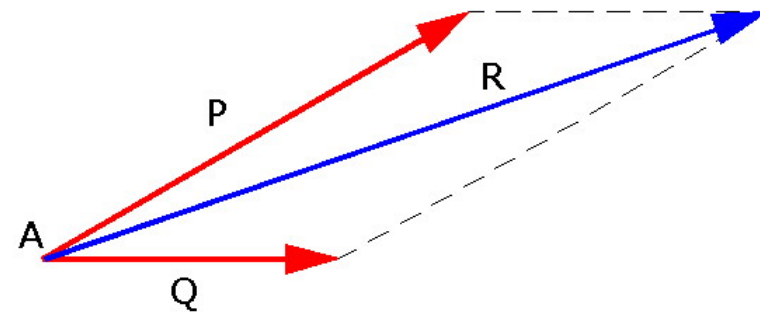
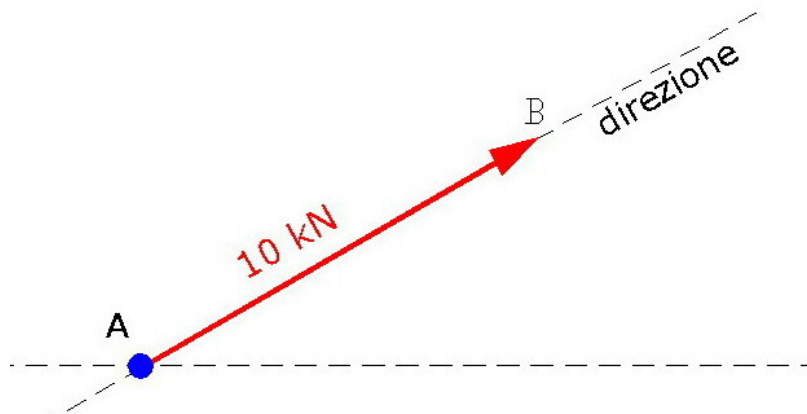
Il punto d'applicazione è il punto del corpo a cui è applicata la forza (il punto A della figura).

L'intensità (oppure il modulo o la grandezza) di una forza è il numero espresso in Newton [N] che misura il valore della forza.

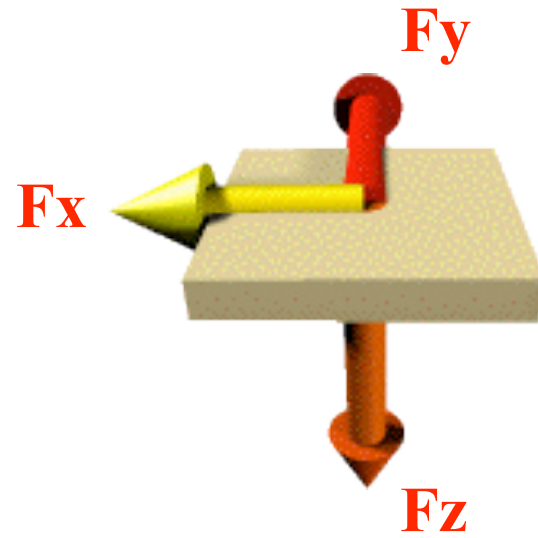
La direzione è definita dalla retta d'azione ed il verso dalla freccia.

Due forze P e Q, applicate nel punto A, possono venire riassunte nell'unica forza R, che esercita lo stesso effetto su A.

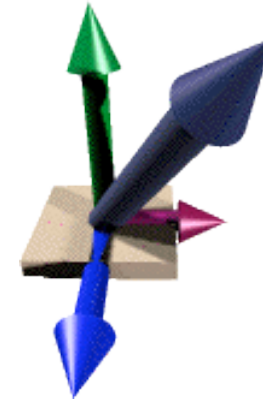
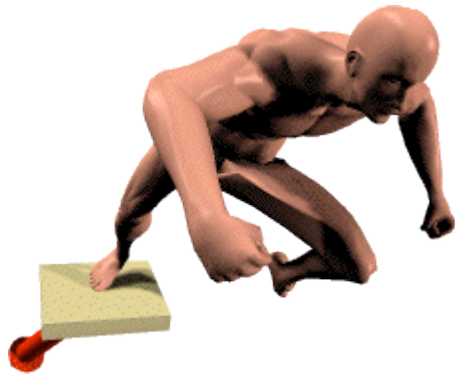
Tale forza R prende il nome di Risultante. Questo modo di comporre le due forze P e Q, prende il nome di regola



# Le Forze misurate su tre assi



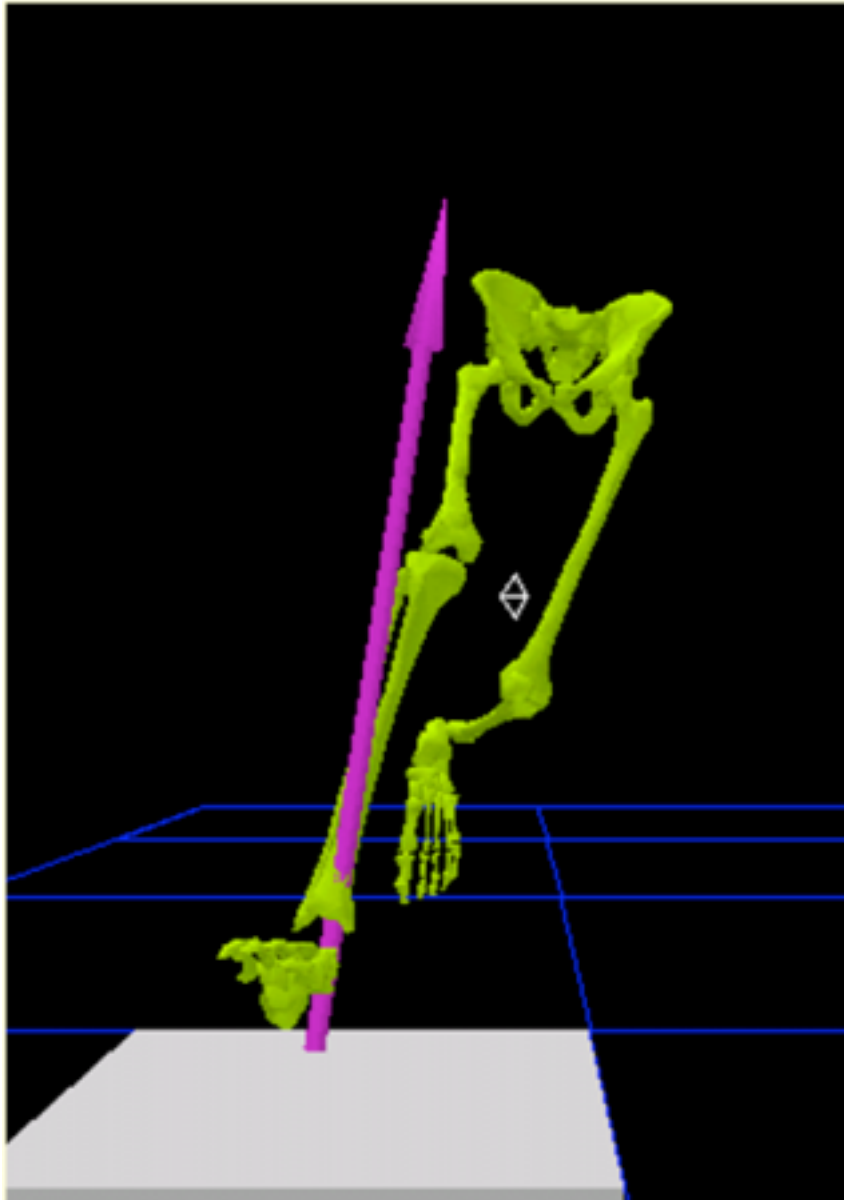
Forza Risultante



**Poter interpretare correttamente il segnale della pedana è indispensabile conoscere la “cinematica” del movimento che si sta studiando**

**La pedana può essere usata in vari ambiti:**

- ✓ **Studio delle posture**
- ✓ **Studio dei movimenti sportivi (salti, corse)**
- ✓ **Diagnostica**
- ✓ **Riabilitazione**



Fondamentale  
analizzare i  
pattern motori  
includendo  
anche la  
cinematica alla  
dinamica

A parità di  
pressione e di  
forza prodotta  
posso ottenere  
diverse  
configurazioni  
corporee

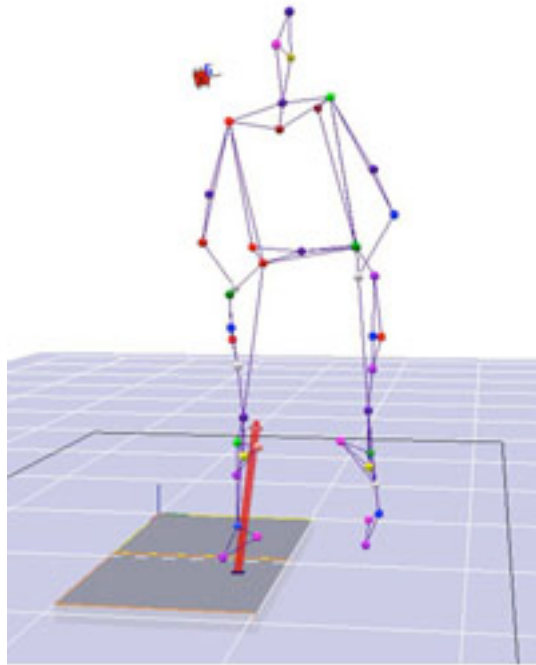


Image by Pat Buchanan

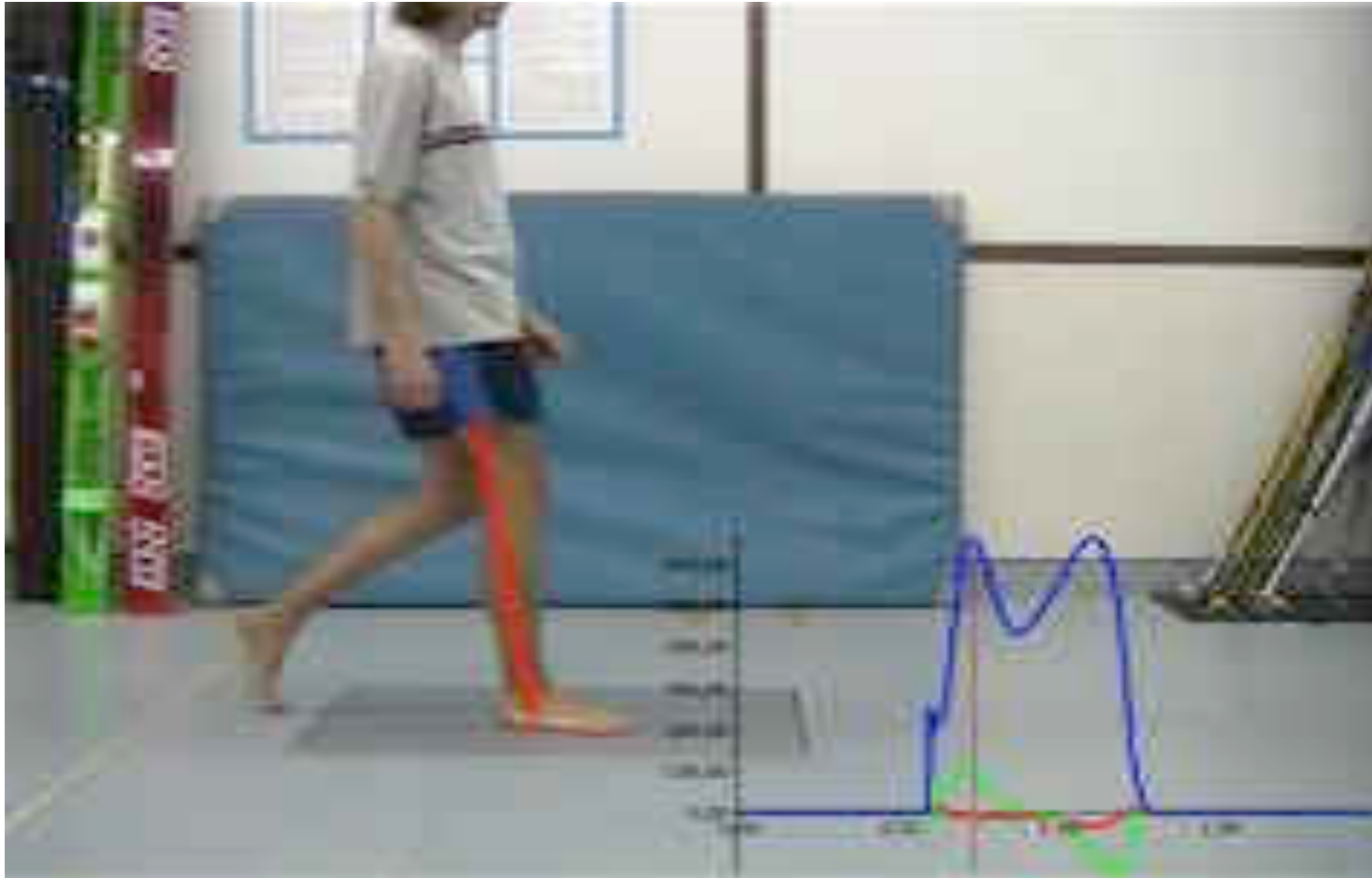
# La pedana di forza

- **Permette di misurare :**
- **- Le forze su tre assi**
- **- Gli spostamenti antero-posteriori e latero-laterali**

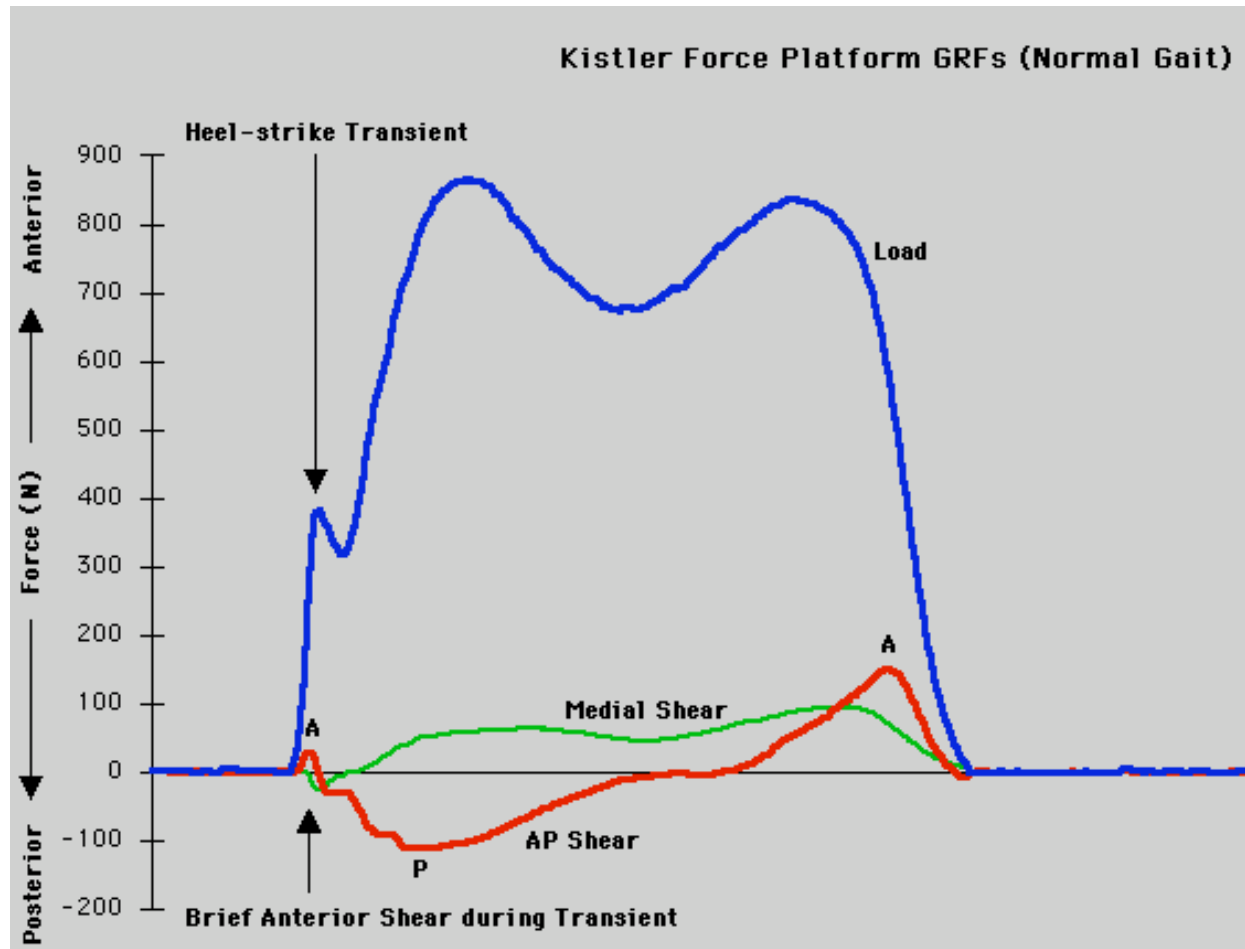




# La pedana

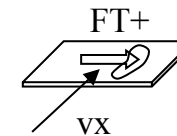
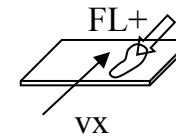
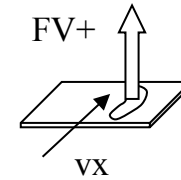
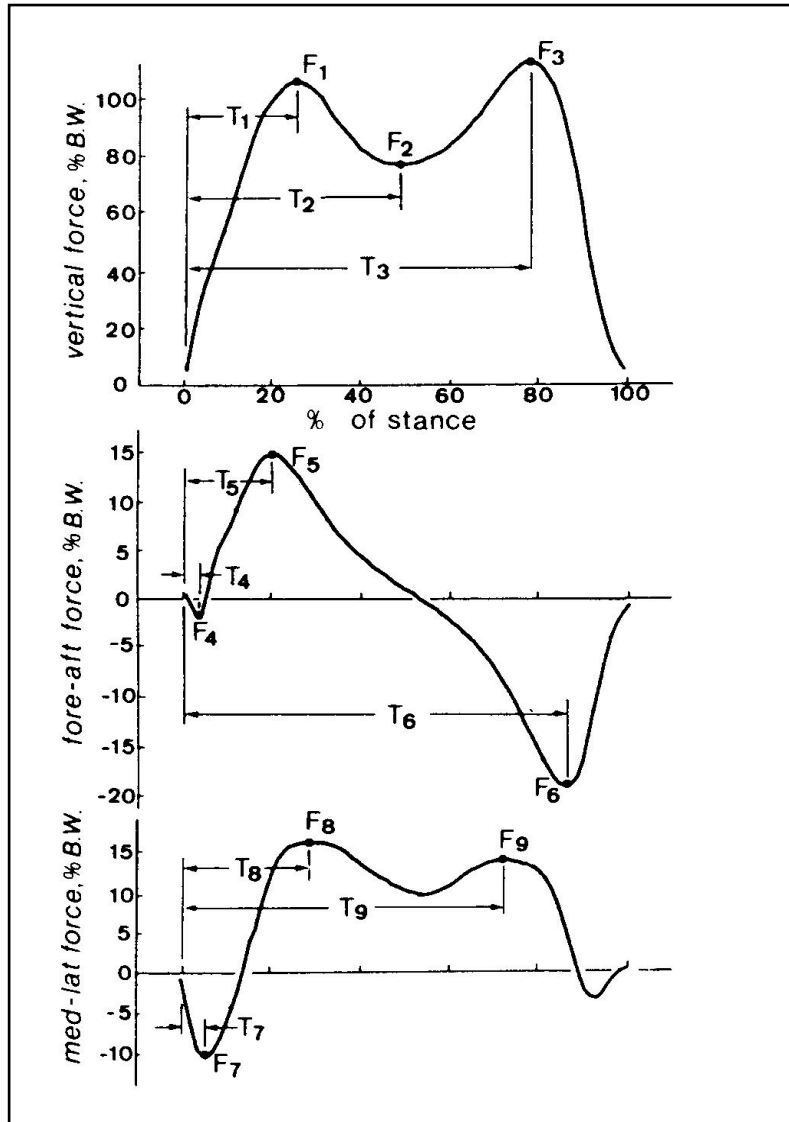


# Ground Reaction Force





# CICLO del PASSO



## Parameters of Gait

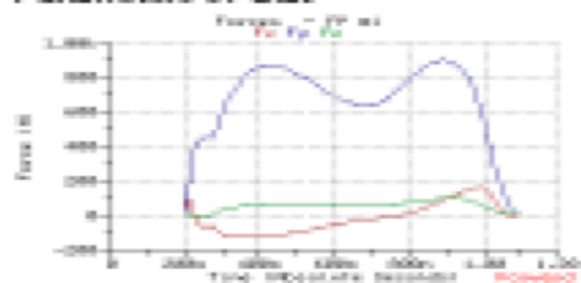


Fig. 2: Ground reaction forces (GRF)

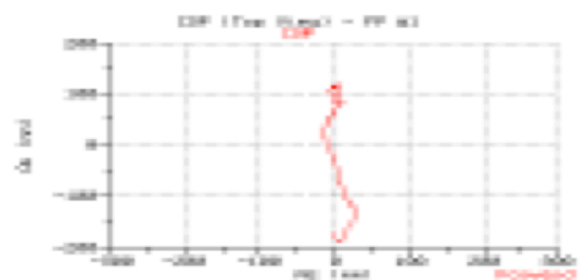


Fig. 3: Center of pressure (COP)

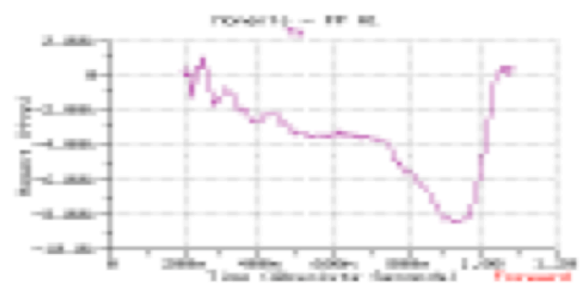


Fig. 4: Frictional torque T,

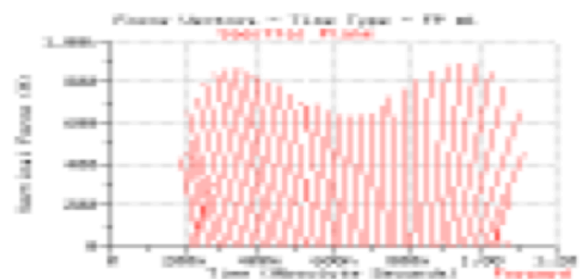
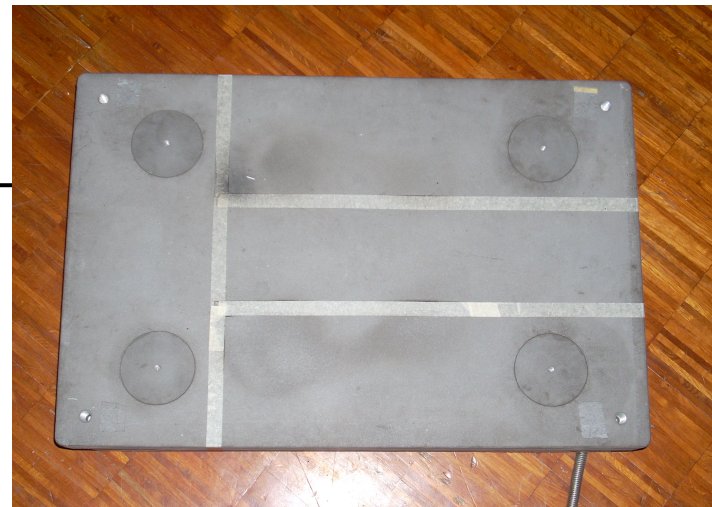
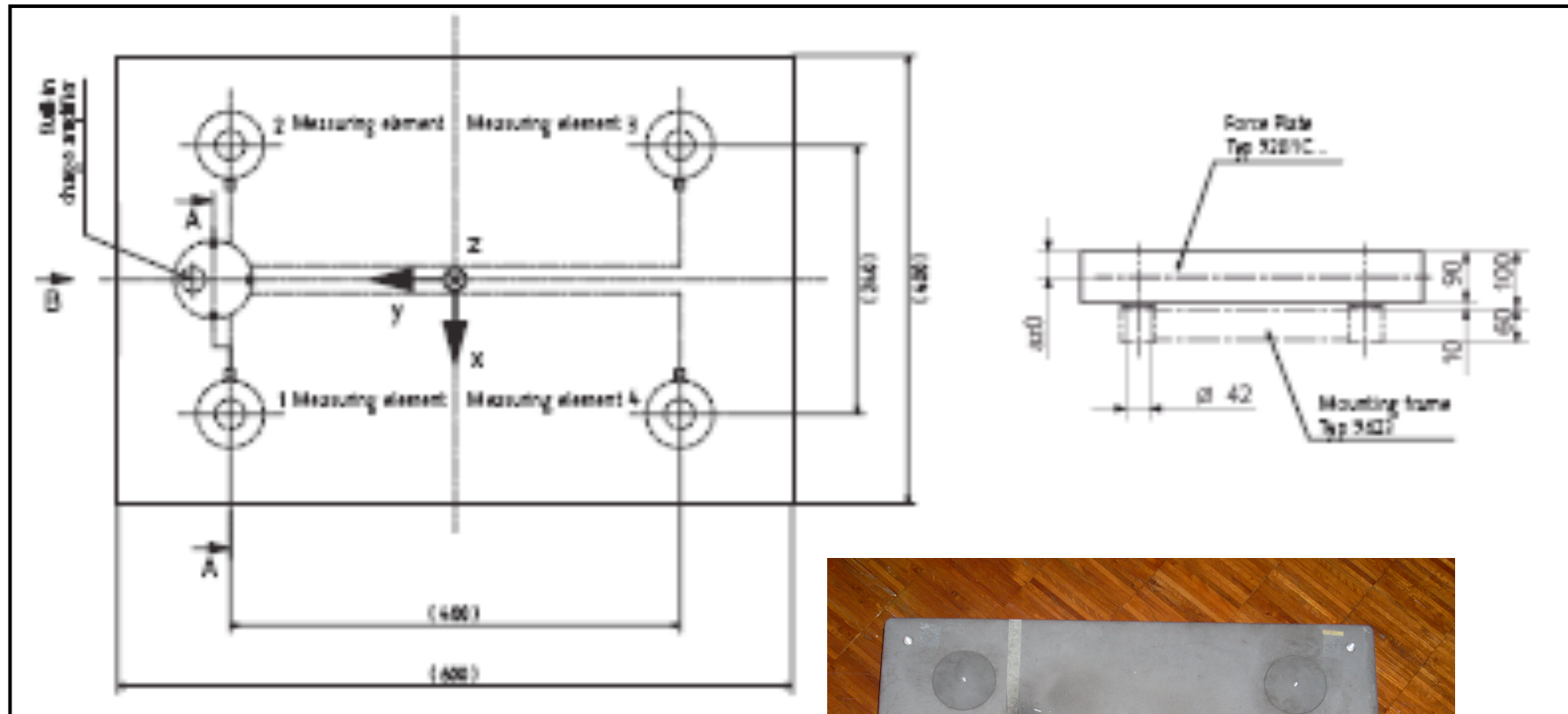


Fig. 5: Force vector

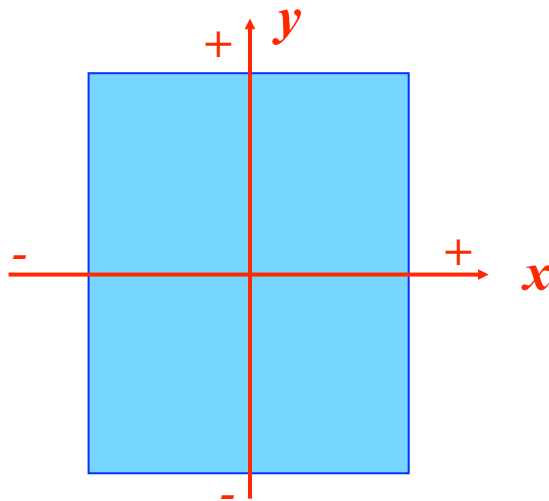


# PEDANA KISTLER



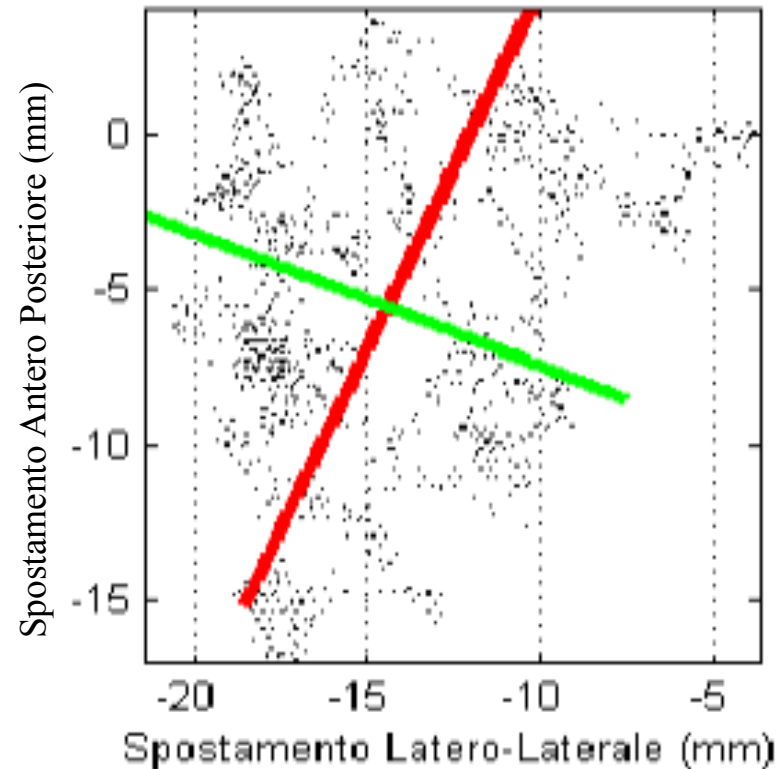
## Gli spostamenti

- ❖ Sono riferiti allo spostamento del Centro di Pressione (COP)
- ❖ Il Centro di Pressione (COP) è la proiezione sul piano della pedana del baricentro del soggetto quando rimane fermo;
- ❖ Si possono misurare gli spostamenti del COP rispetto ai due assi cartesiani:
  - Spostamento latero-laterale ( $S_x$ )
  - Spostamento antero-posteriore ( $S_y$ )



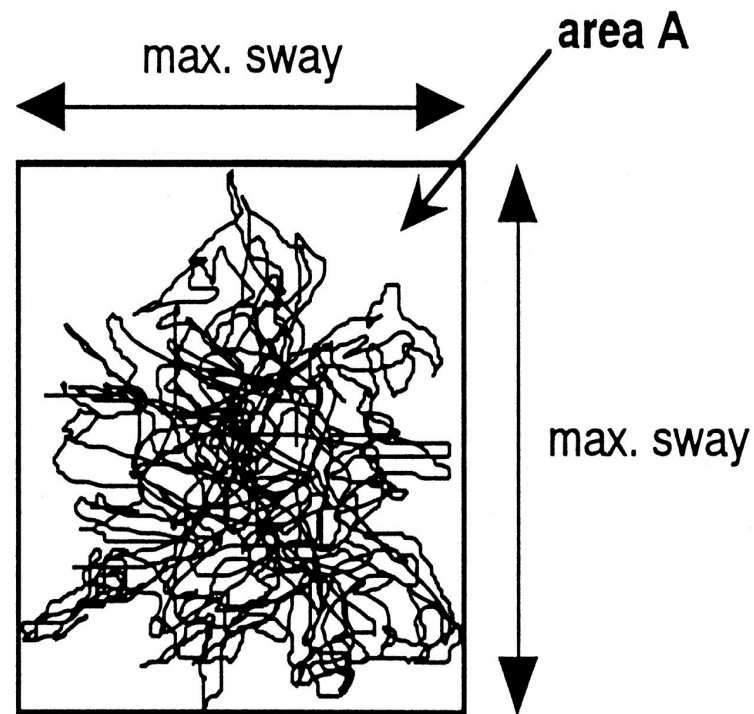
# Dinamica

- Area descritta dal gomitolo formato dalla migrazione del Centro di Pressione che e' definito come la proiezione del Centro di Massa sul terreno.



# Centro di pressione

anteroposterior  
direction



mediolateral direction



# Esempi dalla letteratura riferiti alla patologia del parkinson

# Postural Sway and Effect of Levodopa in Early Parkinson's Disease

Anne Beuter, Roberto Hernández, Robert Rigal, Julien Modolo,  
Pierre J. Blanchet

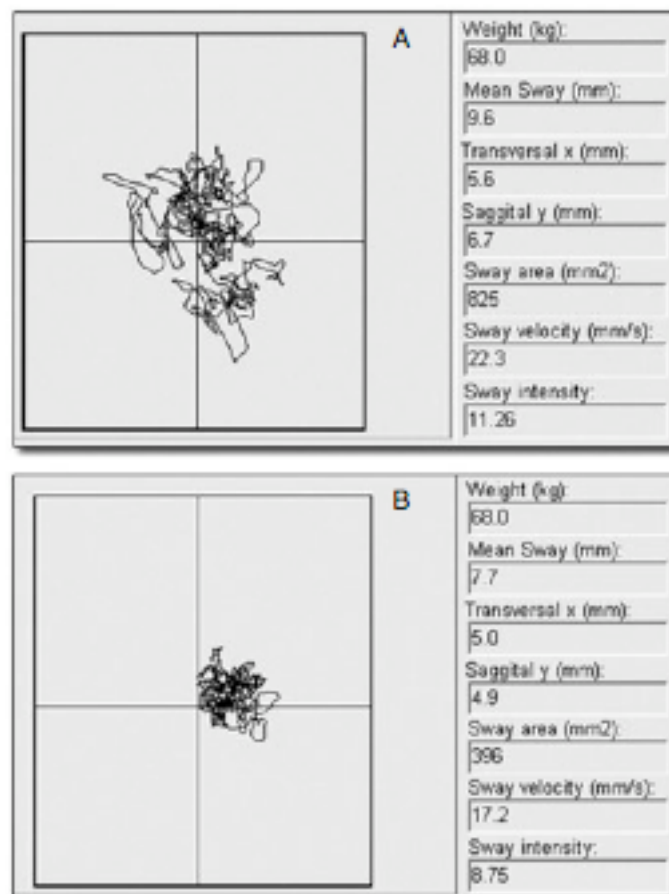


Figure: Example of the sway area of the centre of pressure (CoP) displacement recorded with a CATSYS platform in case #2: (A) OFF levodopa, (B) ON levodopa.

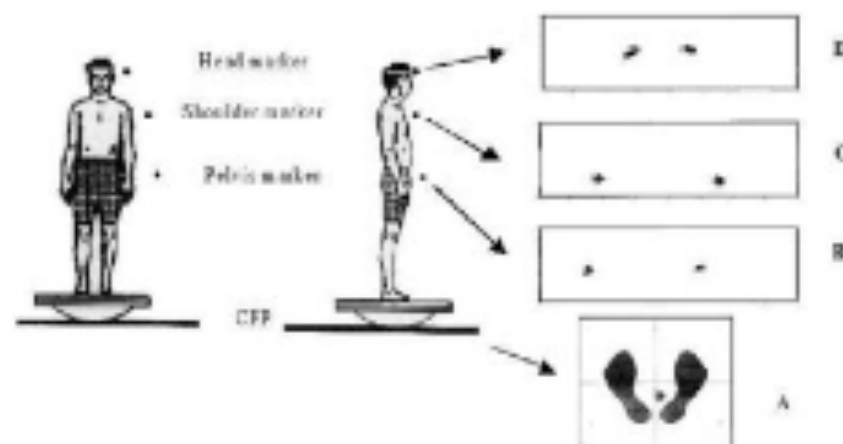
## Discordance Between Measured Postural Instability and Absence of Clinical Symptoms in Parkinson's Disease Patients in the Early Stages of the Disease

Nathalie Chastan, MD,<sup>1,2</sup> Bertrand Debono, MD,<sup>1,2</sup> David Maltête, MD,<sup>3</sup>  
and Jacques Weber, MD, PhD<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Neurophysiology, Rouen University Hospital, Rouen, France

<sup>2</sup>EA 3234 (ADEN), Institute for Biomedical Research, University of Rouen, Rouen, France

<sup>3</sup>Department of Neurology, Rouen University Hospital, Rouen, France



**FIG. 1.** Diagram of the sway areas of the center of pressure (CFP) (A) calculated by the platform, of the pelvic markers (in the X–Y plane) (B), of the shoulder markers (C), and of the head markers (D), for static and dynamic posturography. The right panel shows the displacements of, respectively, head (D), shoulder (C), and pelvis (B) markers.

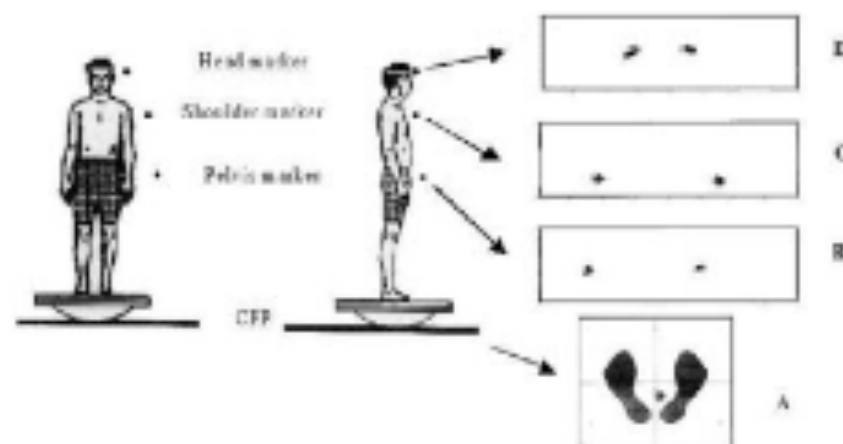
## Discordance Between Measured Postural Instability and Absence of Clinical Symptoms in Parkinson's Disease Patients in the Early Stages of the Disease

Nathalie Chastan, MD,<sup>1,2</sup> Bertrand Debono, MD,<sup>1,2</sup> David Maltête, MD,<sup>3</sup>  
and Jacques Weber, MD, PhD<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Neurophysiology, Rouen University Hospital, Rouen, France

<sup>2</sup>EA 3234 (ADEN), Institute for Biomedical Research, University of Rouen, Rouen, France

<sup>3</sup>Department of Neurology, Rouen University Hospital, Rouen, France



**FIG. 1.** Diagram of the sway areas of the center of pressure (CFP) (A) calculated by the platform, of the pelvic markers (in the X–Y plane) (B), of the shoulder markers (C), and of the head markers (D), for static and dynamic posturography. The right panel shows the displacements of, respectively, head (D), shoulder (C), and pelvis (B) markers.

# Definizione del gruppo sperimentale

TABLE 1. *Clinical and anthropological characteristics of the nine de novo PD patients*

	Sex	Age (yr)	H & Y stage	UPDRS (III)	Duration PD symptoms (yr)	L-Dopa equivalent doses (mg/day)
1	F	57	1	7	7	300
2	F	55	1	12	2	300
3	F	64	1	11	2	150
4	F	69	1.5	13	5	250
5	M	65	1	10	5	100
6	M	66	1	11	2	0
7	M	54	1.5	12	2	0
8	M	57	1.5	9	1	150
9	M	80	1.5	8	3	150
Mean		63	1.22	10.3	3.2	155.6
SD		8.3	0.26	2	2	113

H & Y: Hoehn and Yahr stage; UPDRS: Unified Parkinson's Disease Rating Scale.

# Risultati

Area più ampia per il park.

postural assessments in the same order. Static and dynamic posturography were performed without break between assessments. Fall security was maintained by two persons during recordings. All analyses were performed off-line.

SA than control subjects ( $P = 0.04$ ).

In both groups, the results worsened in CE conditions for all the parameters in medio lateral and antero posterior conditions.

**TABLE 2.** *Static posturography*

	Sway area (mm <sup>2</sup> )	Total length (mm)	SLR	Length X (mm)	Length Y (mm)	Total energy X (V <sup>2</sup> /Hz)	Total energy Y (V <sup>2</sup> /Hz)
Control subjects							
OE	221 ± 93	557 ± 192	1.25 ± 0.35	317 ± 127	387 ± 138	51 ± 24	97 ± 64
CE	229 ± 109	769 ± 407	1.65 ± 0.75	387 ± 189	581 ± 339	46 ± 22	100 ± 69
<i>P</i> value	ns	0.02	0.02	ns	0.01	ns	ns
PD patients							
OE	719 ± 472	687 ± 280	1.1 ± 0.54	361 ± 141	504 ± 216	189 ± 95	318 ± 332
CE	470 ± 348	958 ± 412	1.71 ± 0.64	487 ± 234	718 ± 312	102 ± 62	199 ± 218
<i>P</i> value	ns	0.01	0.0007	0.01	0.01	0.02	ns

Comparison of data measured by the platform (mean ± standard deviation) in PD patients and control subjects in the open eyes (OE) and closed eyes (CE) conditions.

SLR: surface length ratio; ns: not significant; PD: Parkinson's disease.

# Dati dinamici

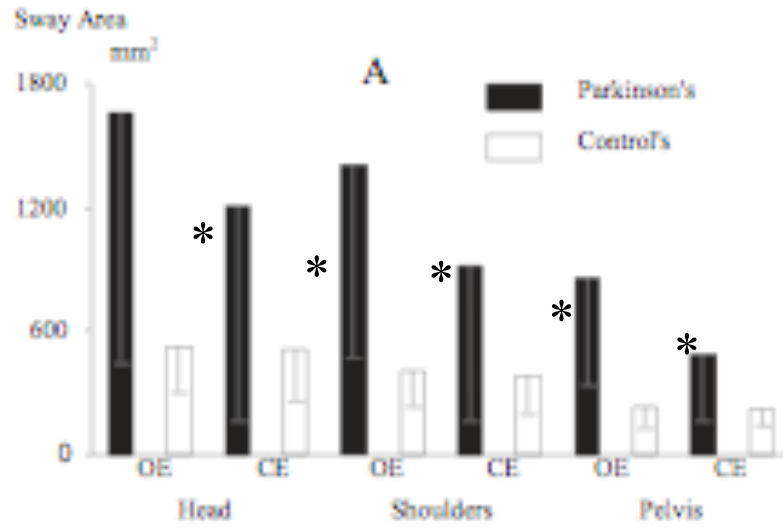
Area uguale!

TABLE 3. Dynamic posturography: medio lateral and antero posterior conditions

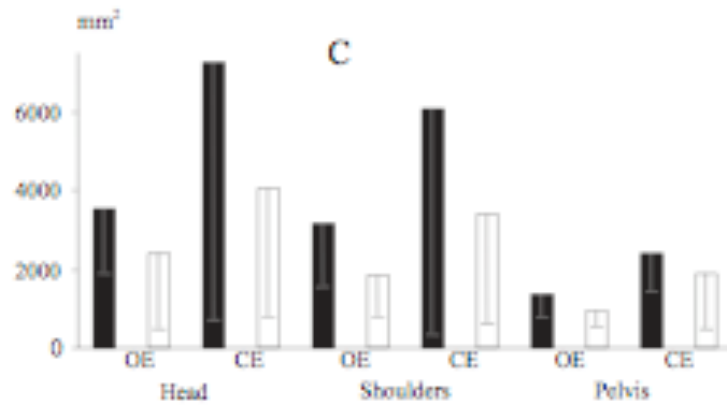
	Sway area (mm <sup>2</sup> )	Total length (mm)	Length X (mm)	Length Y (mm)	Total energy X (V <sup>2</sup> /Hz)
<i>Medio lateral condition</i>					
Control subjects					
OE	1110 ± 475	889 ± 214	601 ± 141	520 ± 157	1043 ± 659
CE	2235 ± 1561	1333 ± 476	845 ± 284	833 ± 337	2265 ± 1740
<i>P</i> value	0.003	0.0001	0.0004	0.0001	0.001
PD patients					
OE	1347 ± 475	1107 ± 684	587 ± 99	520 ± 155	1744 ± 1222
CE	3012 ± 1780	1313 ± 362	821 ± 151	826 ± 34	3964 ± 2292
<i>P</i> value	0.02	ns	0.0008	0.01	0.02
<i>Antero posterior condition</i>					
Control subjects					
OE	664 ± 396	837 ± 260	243 ± 77	753 ± 252	1214 ± 694
CE	1536 ± 590	1541 ± 664	431 ± 169	1411 ± 604	3963 ± 1564
<i>P</i> value	0.00007	0.00001	0.00001	0.00001	0.00007
PD patients					
OE	761 ± 253	956 ± 257	289 ± 95	851 ± 238	1117 ± 673
CE	2704 ± 1700	1950 ± 1015	606 ± 237	1721 ± 994	4911 ± 2814
<i>P</i> value	0.007	0.02	0.0007	0.03	0.004

Comparison of data measured by the platform (mean ± standard deviation) in PD patients and control subjects in open eye (OE) and closed eyes (CE) conditions.

PD: Parkinson's disease.



Condizione  
statica

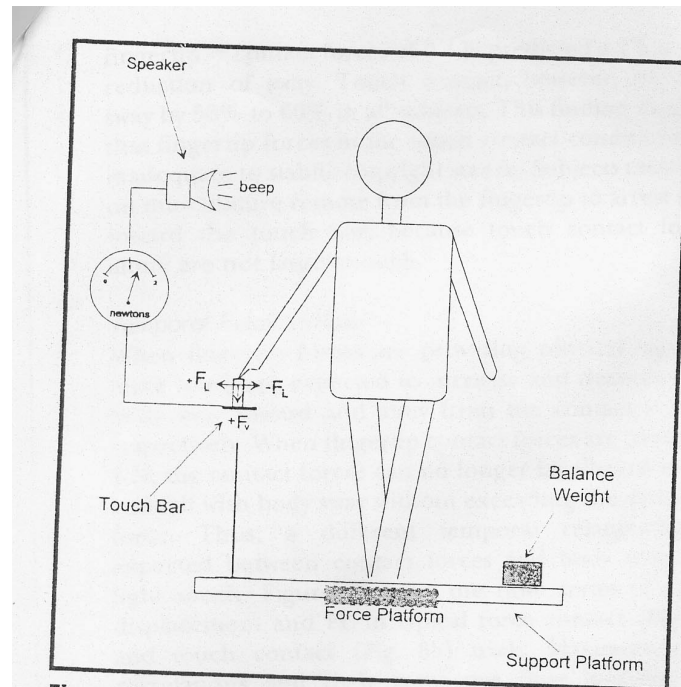


Condizione  
dinamica

**FIG. 2.** Surface area of the ellipse for head, shoulders, and pelvis in static posturography (A); dynamic posturography, anteroposterior condition (B); medio lateral condition (C). OE: open eyes; CE: closed eyes. Mean  $\pm$  standard deviation.



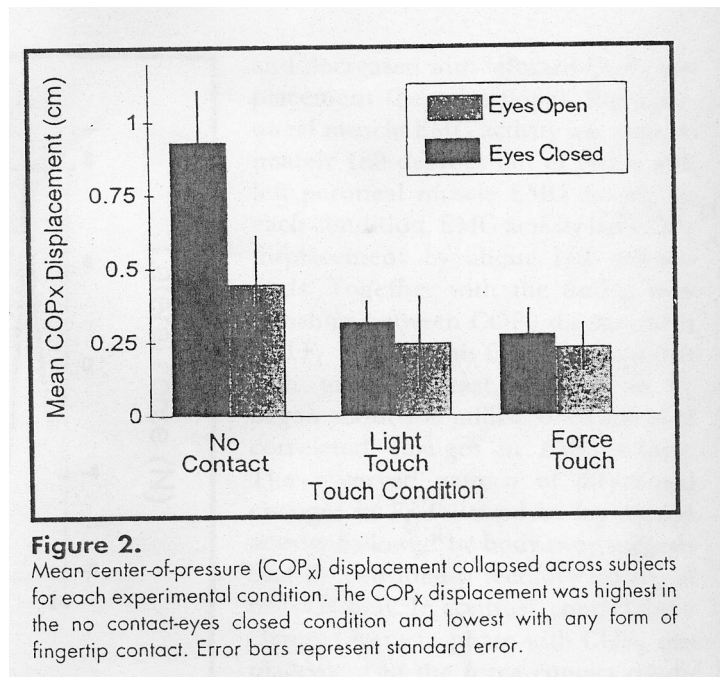
# Integrazione percettivo-motoria



**Figure 1.**

A subject depicted in the heel-to-toe stance on the force platform in a touch contact condition with the tip of the right index finger on the touch bar. For the sake of illustration, the subject is shown exceeding a typical threshold force of 1 N and the alarm is sounding. In actual experiments, this occurred in less than 5% of all touch contact trials. In the force contact conditions, the auditory alarm was turned off and the subject could apply as much force as desired. In the no contact conditions, the subject's arms hung passively by the sides.  $F_L$  and  $F_V$  refer to applied contact forces in the lateral and vertical directions, respectively.

Percezione tattile  
Pochi N di forza  
Alta stabilità posturale



# Le variabili da considerare

L'analisi del movimento della salita delle scale può essere affrontato considerando diversi parametri:

Abbiamo già affrontato: Modello a-dimensionale che considera il rapporto fra i parametri corporei e le dimensioni delle scale per definire invarianze percettivo-motorie

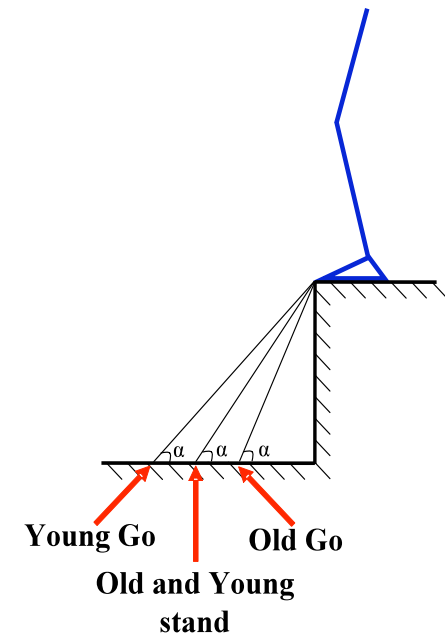
Ora definiamo: modelli di dinamica della salita (Ground Reaction Forces - GRF) per confrontare strategie motorie attuate a diverse età

Importante anche il coefficiente di frizione richiesto (Required Coefficient of Friction - RCOF) per non scivolare durante la salita

# Analisi dimensionale

## Se il compito motorio è più difficile

L'angolo ( $\alpha$ ) cambia con il variare del compito motorio (Cesari, 2005)



**Da dove deriva questo angolo?**

**Un modo è studiare la dinamica delle forze**

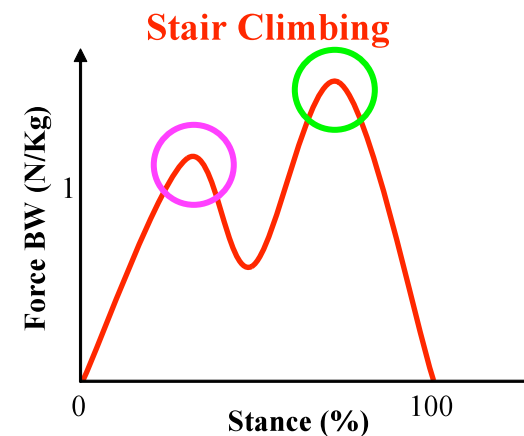
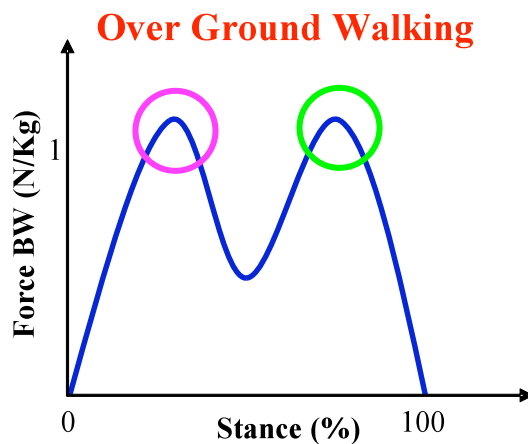
**Come si comportano le forze?**

# Il profilo della forza

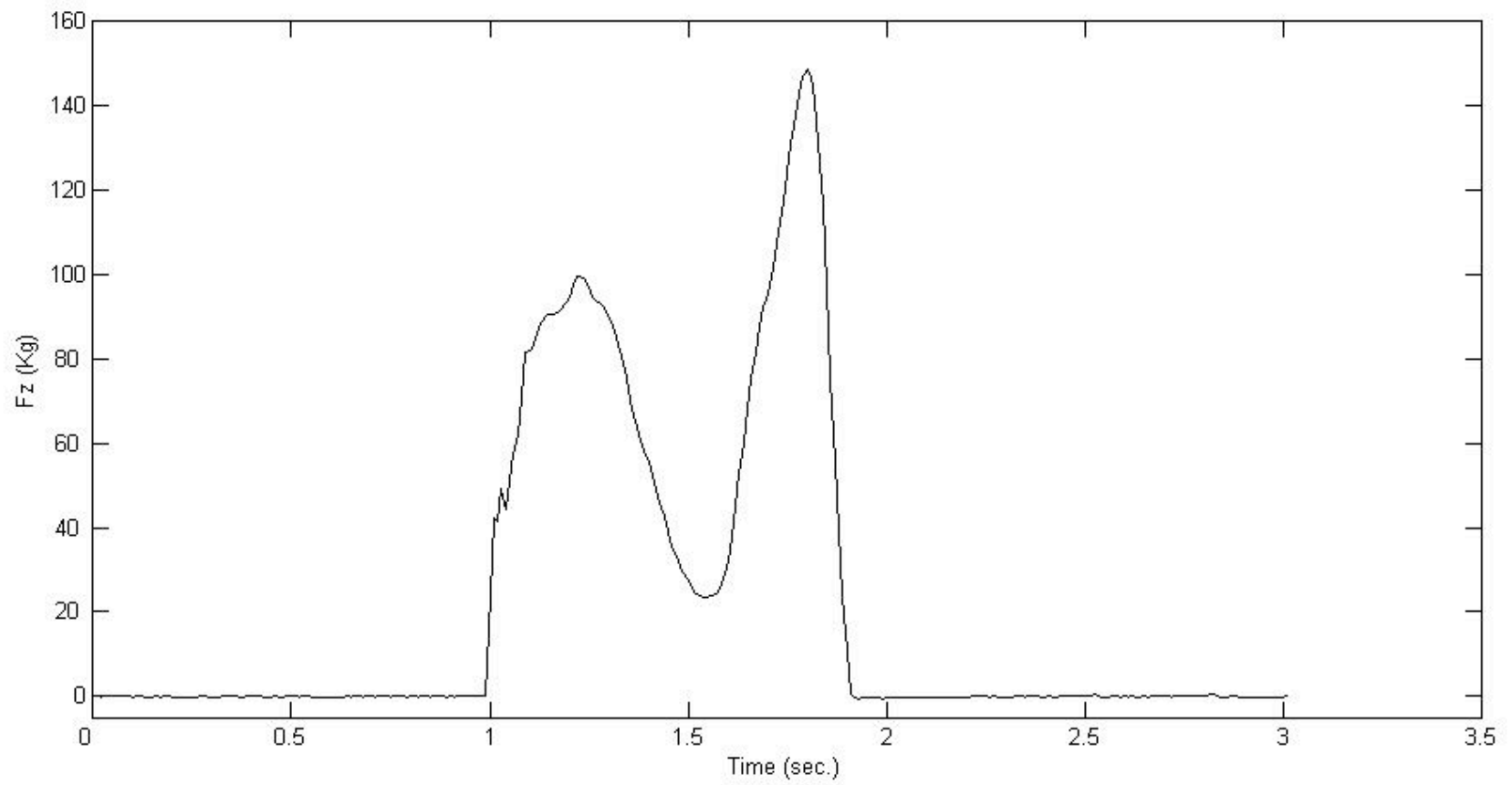
Come cambiano le forze esercitate sul terreno (GRF) durante l'azione della salita dello scalino o durante una camminata normale e considerando diverse fasce d'età?

Vi è una sostanziale differenza tra il profilo della forza verticale esercitata sul terreno durante il cammino e durante l'azione della salita dello scalino. I giovani esprimono più forza dimostrando una più elevata dinamicità del gesto.

(McFayden & Winter, 1988; Zachazewski, Riley, & Krebs, 1993; Redfern et al., 2001; Reiner, Rabuffetti, & Frigo, 2002; Stacoff et al., 2005)

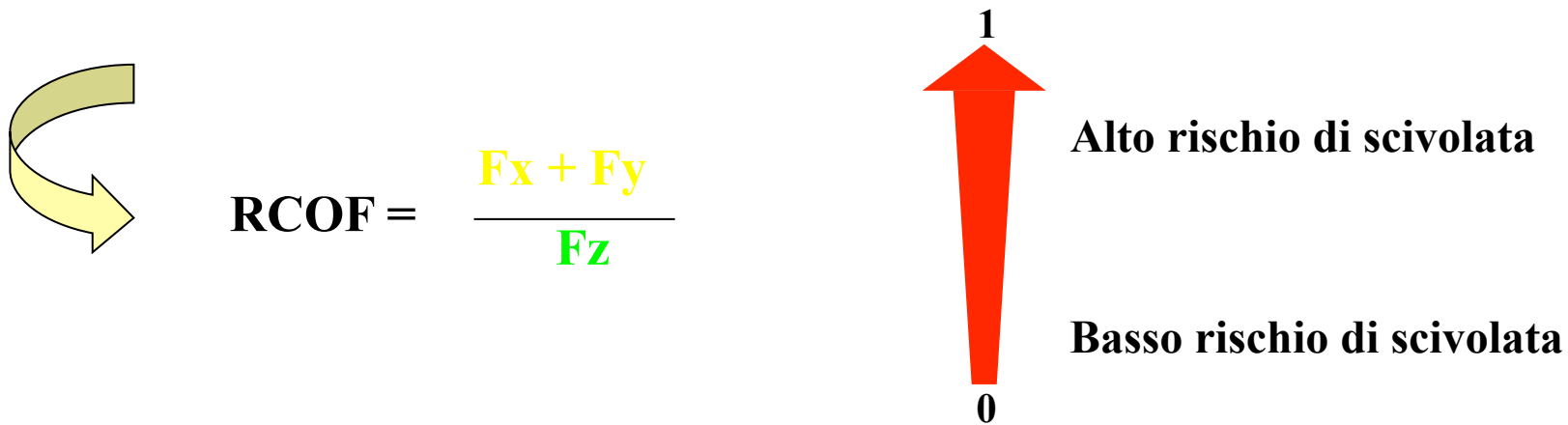


# Una Prova



# Il coefficiente di frizione

- ❖ Per quanto riguarda il coefficiente di frizione (Required Coefficient of Friction – RCOF):
- ❖ Definisce la probabilità con la quale una persona è soggetta allo scivolamento durante diversi tipi di andatura (camminata normale, su terreni inclinati, salita e discesa di scalini, ecc...) (Redfern & Andres, 1984, Buczek et al., 1990; Hanson, Redfern, & Mazumdar, 1999; Redfern et al., 2001; Reiner, Rabuffetti, & Frigo, 2002)


$$\text{RCOF} = \frac{F_x + F_y}{F_z}$$

1  
Alto rischio di scivolata  
Basso rischio di scivolata  
0

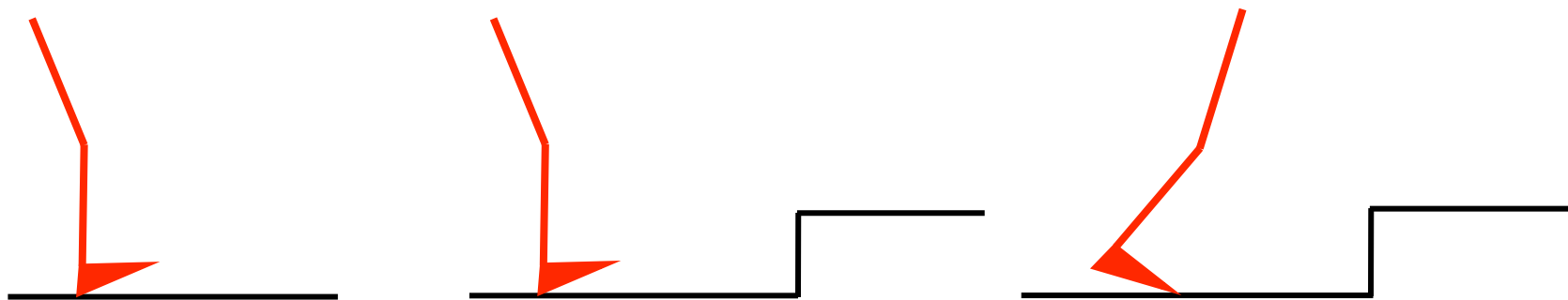
$F_x$  e  $F_y$  latero-laterale; antero-posteriore

$F_z$  normale

# Fasi del movimento e coefficiente di frizione

- Durante la fase di attacco del tallone non sono state riscontrate diversità nel RCOF fra una semplice camminata e la salita delle scale, mentre durante la fase di spinta (push-off) il valore di RCOF, è quasi doppio rispetto alla camminata (Redfern et al. = 0.39, Hamel et al. = 0.38)

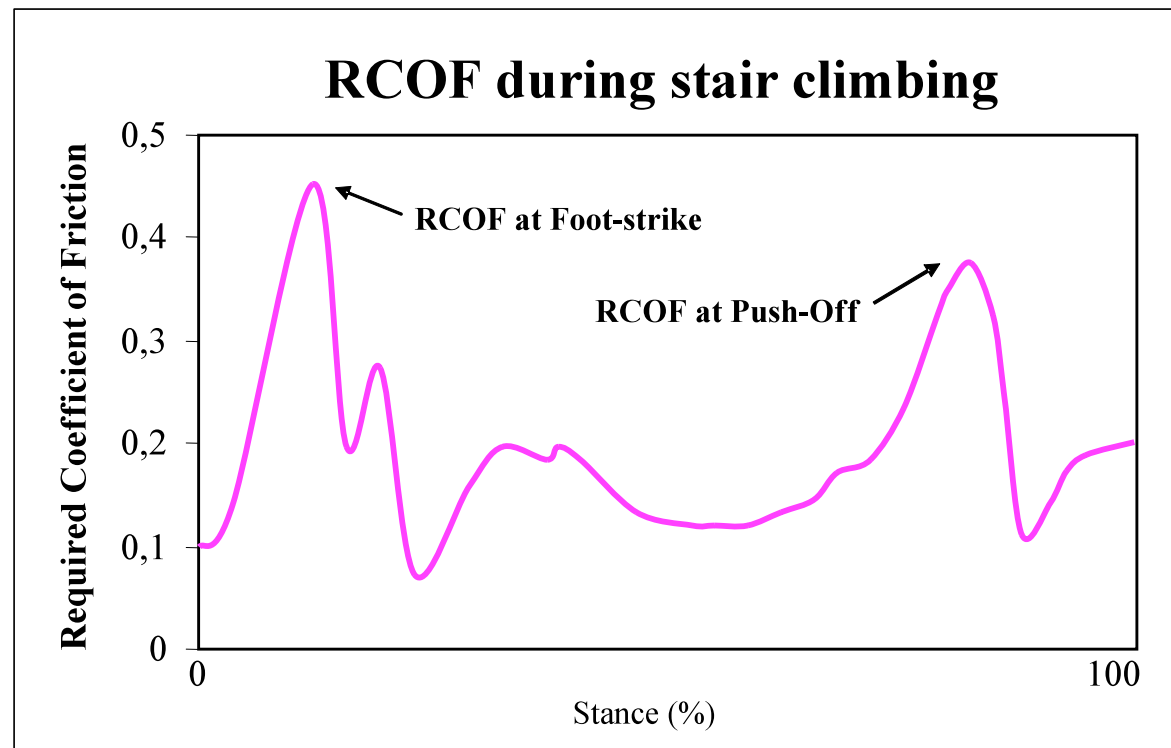
**Per questo la fase di spinta (push-off) rappresenta il momento più a rischio di scivolamento per la gamba d'appoggio**





# Profilo del coefficiente di frizione

3. In condizioni di aumentata difficoltà ipotizziamo valori più bassi del Coefficiente di Frizione (RCOF) nella popolazione anziana che indica una strategia motoria più vincolata e quindi a basso rischio di scivolamento e/o caduta



# Metodo/1

## Soggetti

- 9 giovani (6 maschi, 3 femmine) → età media 26.3 anni  $\pm$  4.3
- 9 anziani (6 maschi, 3 femmine) → età media 66.4 anni  $\pm$  4.7
- Nessun soggetto ha avuto infortuni malattie e/o infortuni gravi da compromettere l'esperimento

<b>Soggetti</b>	<b>Età</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Altezza (cm)</b>	<b>Lunghezza gambe (cm)</b>
Giovani	26.3 $\pm$ 4.3	68.5 $\pm$ 10.2	175.2 $\pm$ 8.7	82.9 $\pm$ 5.6
Anziani	66.4 $\pm$ 4.7	71.9 $\pm$ 12.2	167.2 $\pm$ 11.1	79.2 $\pm$ 7.1

# Metodo/3

## Procedura/2

- Ad ogni soggetto è stato chiesto di salire lo scalino scelto senza l'aiuto delle mani

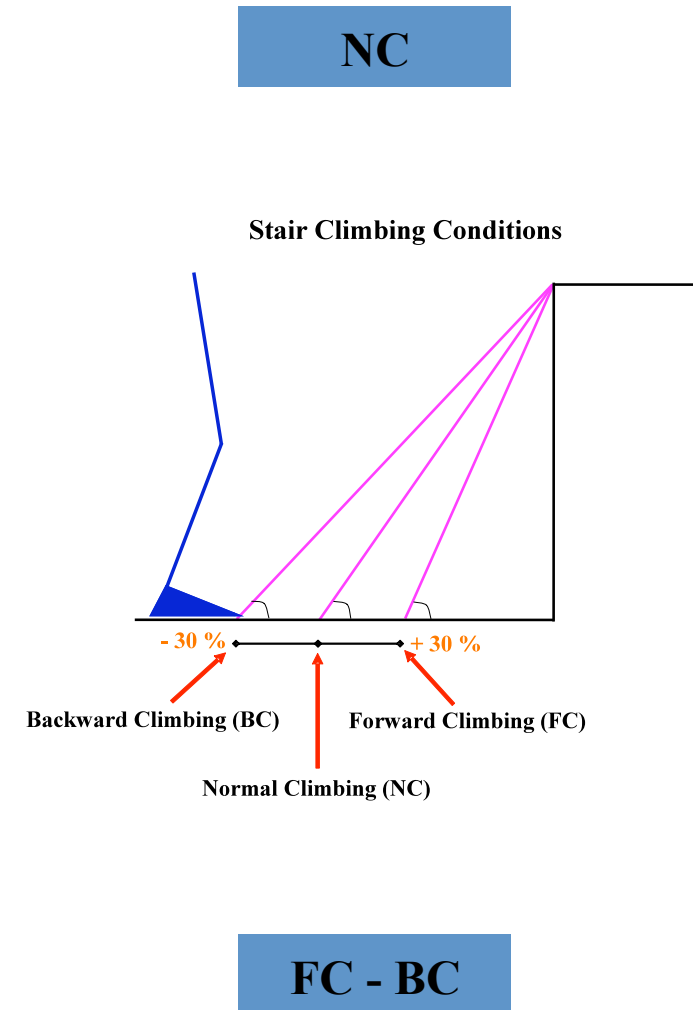
↳ Condizione **NC** (Normal Climbing)

- Successivamente al soggetto è stato chiesto di salire lo scalino appoggiando il piede il 30% più avanti rispetto alla condizione NC

↳ Condizione **FC** (Forward Climbing)

- ... e poi appoggiando il piede il 30% più indietro rispetto alla condizione NC

↳ Condizione **BC** (Backward Climbing)



# Metodo/4

## Procedura/3

- Ogni soggetto eseguiva 10 prove per condizione, per un totale di 30 prove;
- Prima dell'inizio dell'esperimento ciascun soggetto eseguiva 4 prove di pratica;
- Le condizioni FC e BC sono state eseguite in modo casuale per ciascun soggetto;
- Inoltre ogni soggetto è stato sottoposto ad un test di flessibilità dell'articolazione dell'anca (coxo-femorale):
  - Egli doveva rimanere in piedi appoggiato con la schiena al muro;
  - Gli è stato chiesto di flettere la coscia che preferiva cercando di non flettere il ginocchio della gamba di sostegno;
    - ... prima aiutandosi sollevando il ginocchio con le mani (**Condizione Passiva**) e poi senza aiutarsi (**Condizione Attiva**);
  - La misura presa è stato l'angolo tra la coscia e il tronco.

# Metodo/5

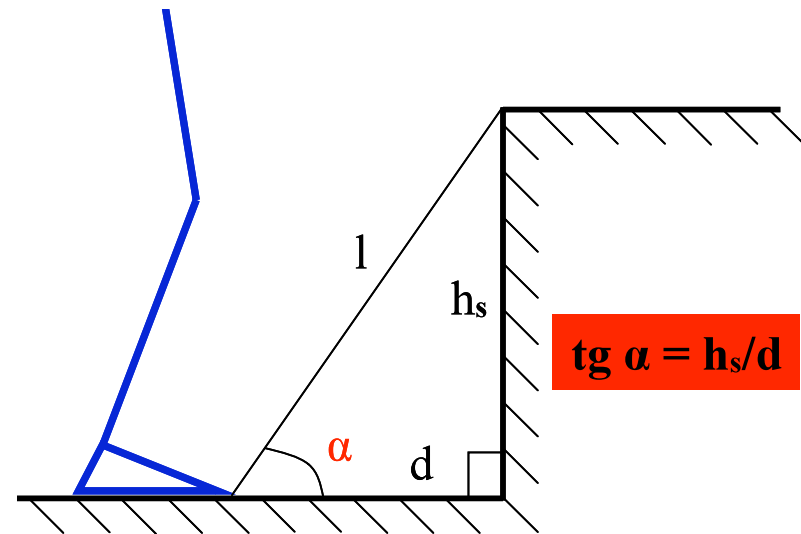
## Variabili calcolate/1

❖ Angolo ( $\alpha$ )

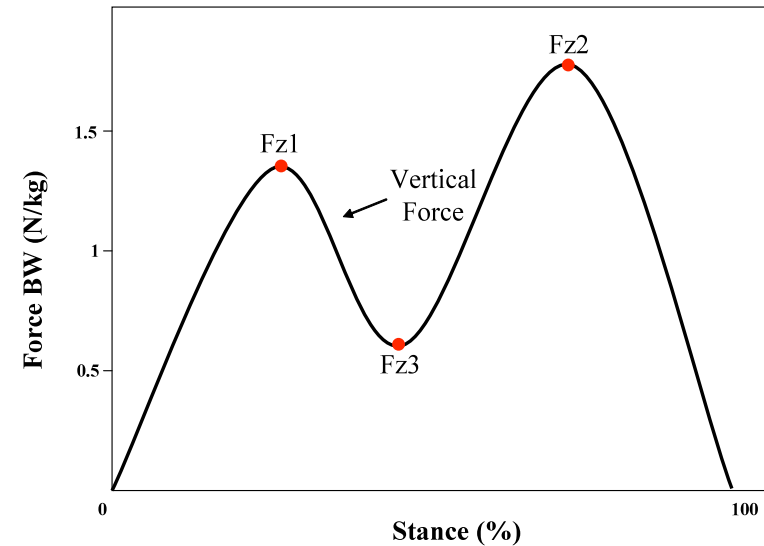
❖  $Fz_1$

❖  $Fz_2$

❖  $Fz_3$



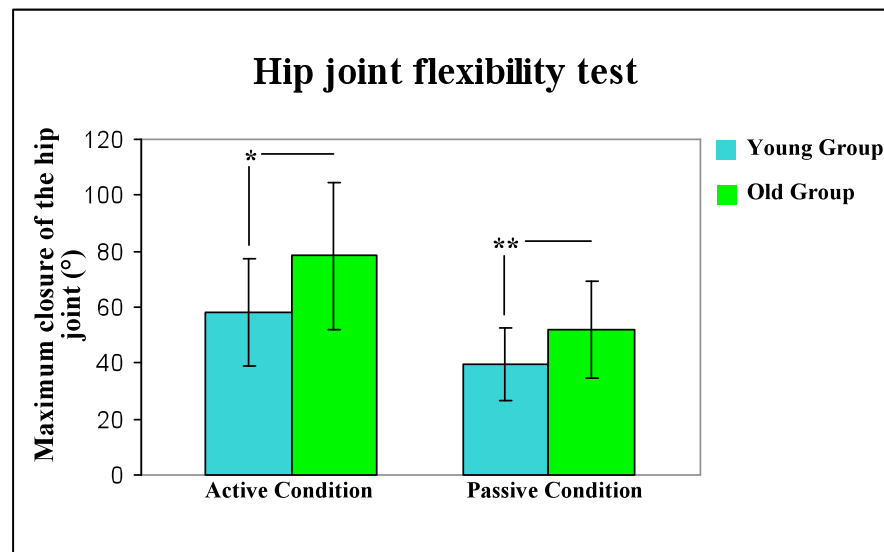
Stair Climbing vertical GRF Profile



# Risultati/1

## Test flessibilità dell'anca

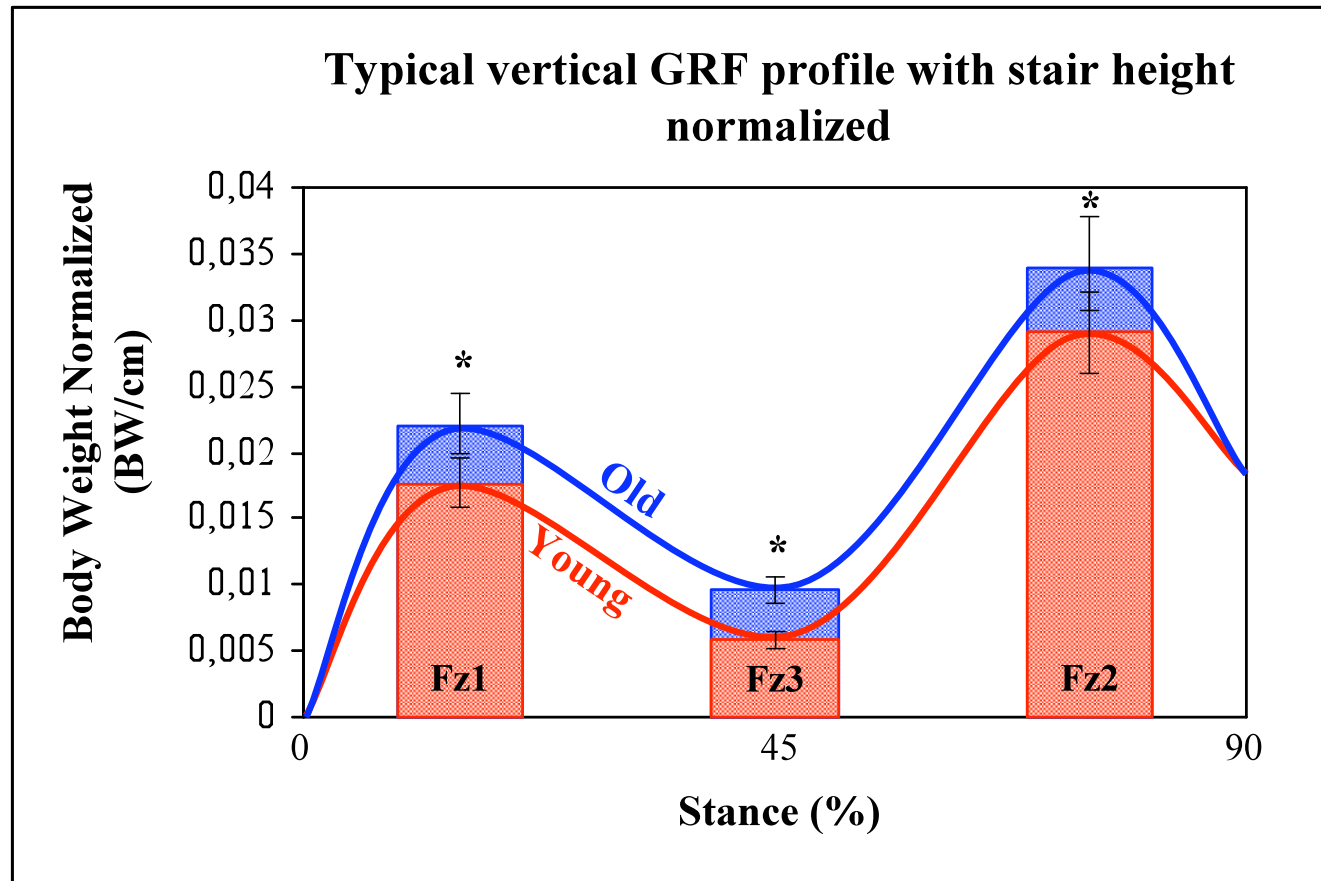
Giovani presentavano una maggiore mobilità articolare dell'anca in entrambe le condizioni



# Risultati/3

## Forze (GRF)

Gli anziani esercitano maggior forza sul terreno rispetto ai giovani durante tutto il movimento ( $Fz_1$ ,  $Fz_2$ ,  $Fz_3$ ) per tutte e tre le condizioni (NC, FC, BC)

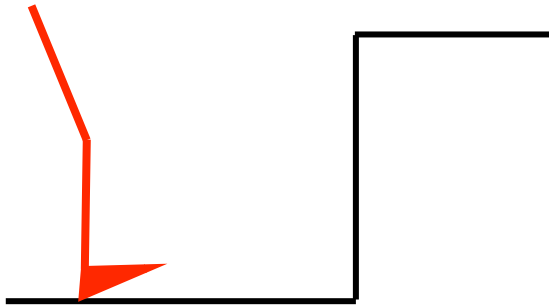


# Risultati/4

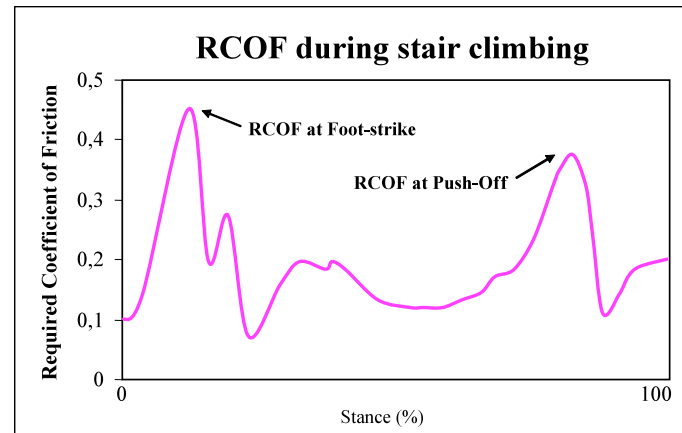
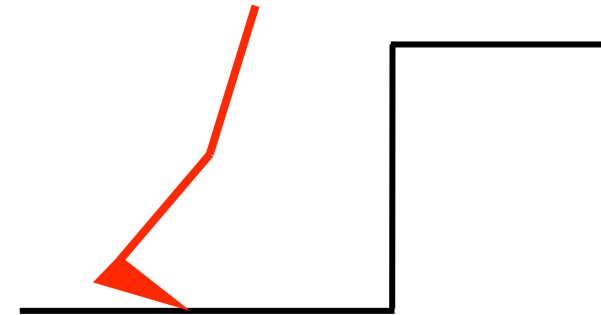
## Coefficiente di Frizione (RCOF)/1

RCOF è stato calcolato nei suoi 2 picchi principali: durante l'appoggio del tallone a terra (RCOF-FS) e durante la spinta dell'avampiede (RCOF-PO)

**RCOF-FS**



**RCOF-PO**

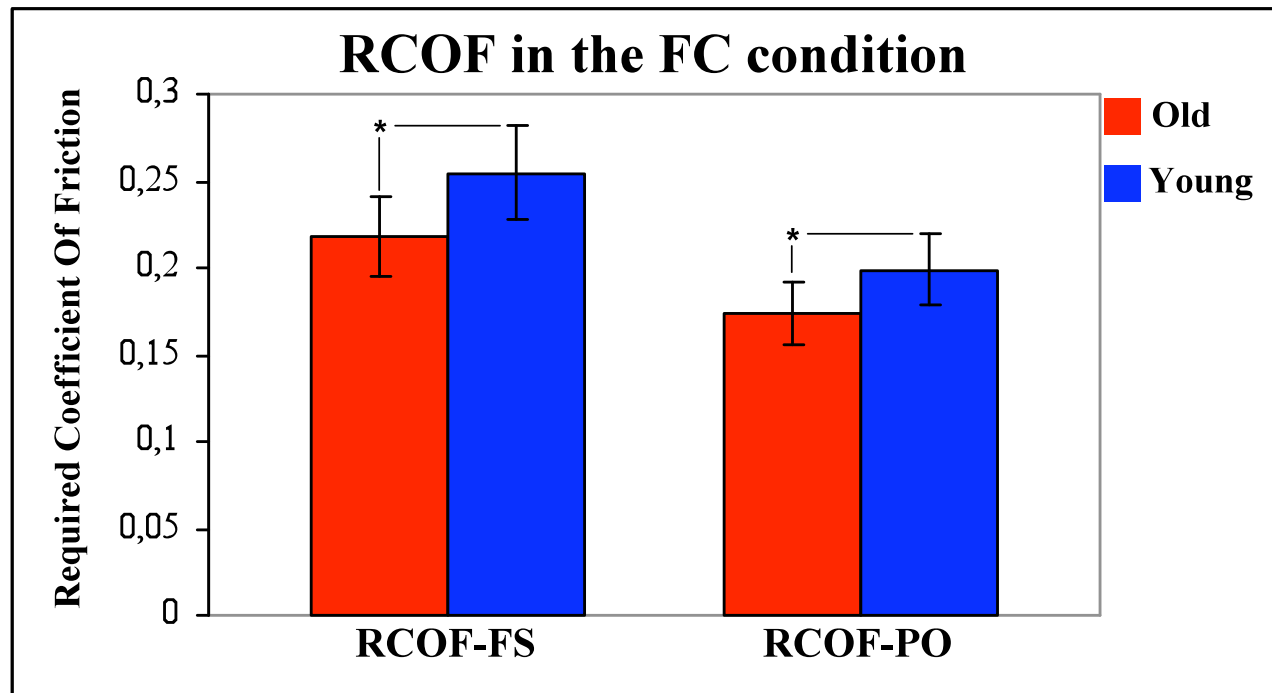




# Risultati/5

## Coefficiente di Frizione (RCOF)/2

Gli anziani presentano un coefficiente di frizione minore in particolare nella condizione FC sia durante l'appoggio del tallone che durante la spinta

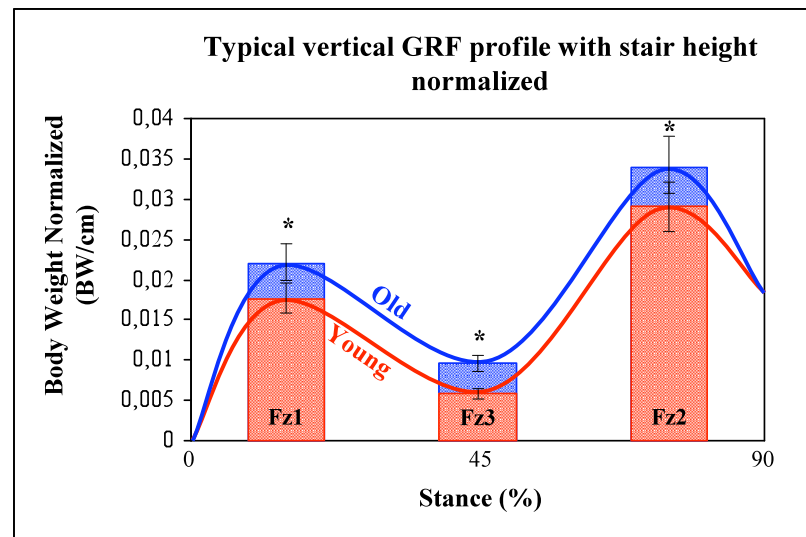


# Discussione/2

## Effetti dell'età nelle forze (GRF)

Gli anziani si preparano al movimento di salita esercitando più forza sul terreno rispetto ai giovani sia durante l'appoggio del tallone che durante la spinta in tutte le condizioni

Questo è dovuto anche ad una loro minor mobilità articolare che viene così compensata da una spinta maggiore dall'arto inferiore sul terreno

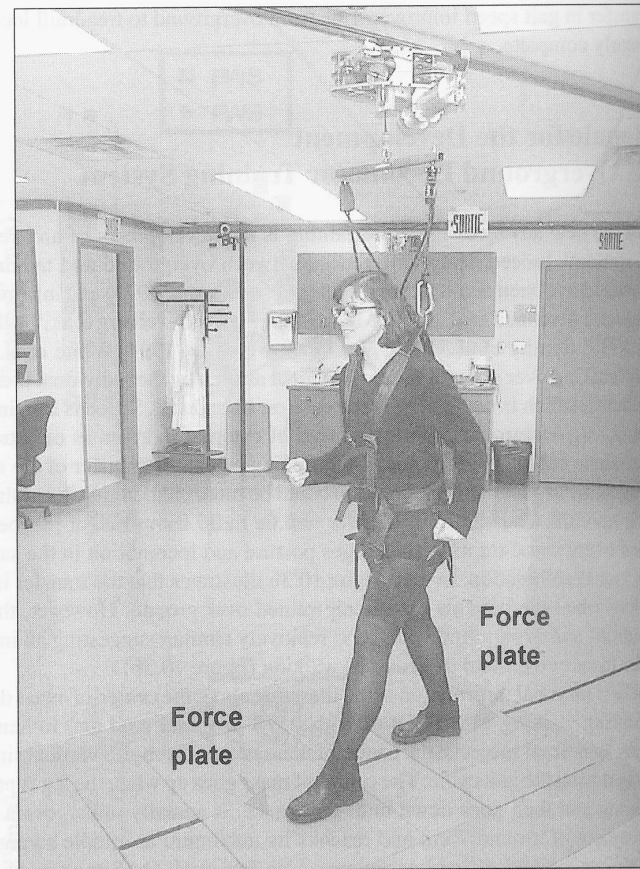


# Interpretazione dei risultati

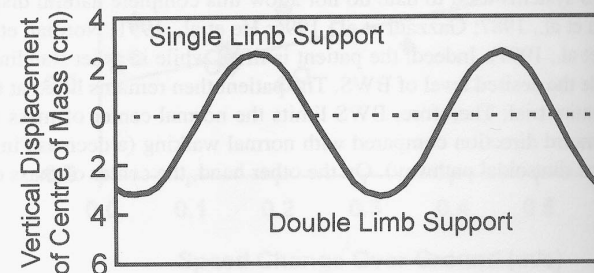
In una situazione dinamica di salita di uno scalino al limite delle individuali capacità biomeccaniche gli anziani tendono ad utilizzare strategie motorie più “conservative” rispetto ai giovani

- Scelgono parametri dimensionali diversi, tendendo a posizionare il piede di spinta più lontano dallo scalino rispetto ai giovani per far fronte ad una minor mobilità articolare
- Applicano una maggior quantità di forza durante le fasi di appoggio e di spinta del piede per aumentare la loro stabilità
- In presenza di un elevato grado di difficoltà del compito diminuiscono il Coefficiente di Frizione per ridurre il rischio di scivolamento

# La camminata con supporto



a



b

**Figure 10.4** (a) The subject is mechanically supported in a harness while walking on two force plates to determine the amount of BWS provided. (b) The center of mass goes up during single limb support and then down until double limb support period while walking in the harness in (a).