

L'analisi quantitativa del movimento: strumenti, metodi e applicazioni

Ing. Maurizio Ferrarin, PhD

*Centro di Bioingegneria FDG
Fondazione Don Carlo Gnocchi Onlus IRCCS
Milano*



L'analisi del movimento umano

E' l'insieme di tecniche che permette la valutazione del movimento umano e delle sue alterazioni al fine di:

- aiutare nella diagnosi funzionale di disordini motori,
- impostare e valutare una terapia (riabilitativa, chirurgica, ortesica, ...),
- effettuare ricerche sulla fisiologia/patologia del movimento,
- sviluppare nuovi dispositivi (protesi, FES, ...),
- ottimizzare il gesto atletico,
- progettare oggetti/ambienti ergonomici, ...

<u>Valutazione</u>	soggettiva	oggettiva
qualitativa	Descrizione basata sull'osservazione	Ripresa video
quantitativa	Scale di valutazione (Barthel, FIM, Borg, ...)	Valutazione strumentale

Analisi del Movimento: componenti significative

- Cinematica: *quanto* si muove ?

Dati: posizione/movimento/velocità/accelerazione dei segmenti anatomici e delle articolazioni

- Dinamica: *perché* si muove ?

Dati: forze (esterne/interne), momenti e potenze articolari

- Elettromiografia cinesiologica: *quando e quanto* i muscoli sono attivi ?

Dati: segnali elettromiografici

Analisi quantitativa strumentale

Basata su: 1) strumenti di acquisizione
2) modelli per il calcolo di variabili non misurabili

Strumenti

Sistemi optoelettronici

Piattaforme dinamometriche

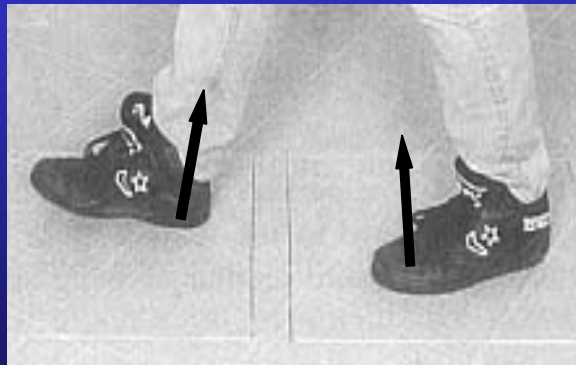
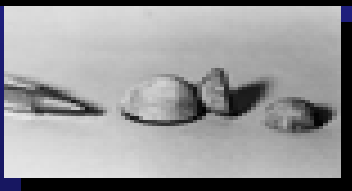
Elettromiografi

Variabili misurate

coordinate 3D punti anatomici

forze di reazione al terreno

potenziali mioelettrici



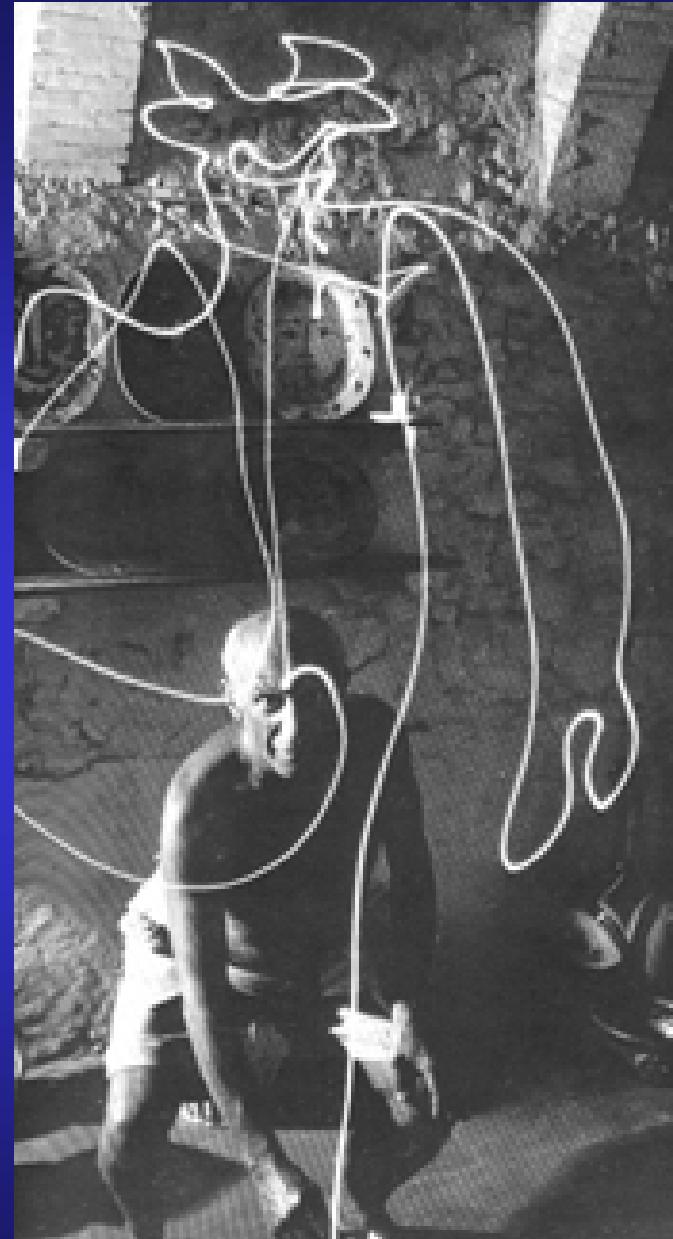
Strumenti per la misura di
variabili cinematiche :

i sistemi optoelettronici

Registrazione del movimento (fotografia a shutter aperto)

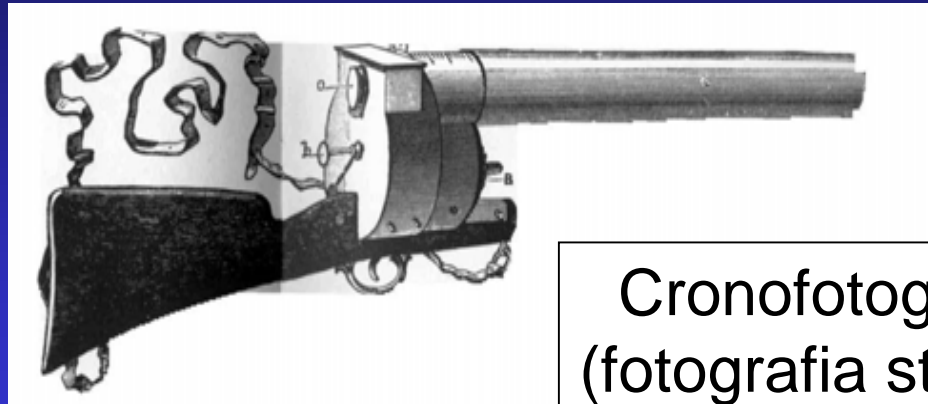
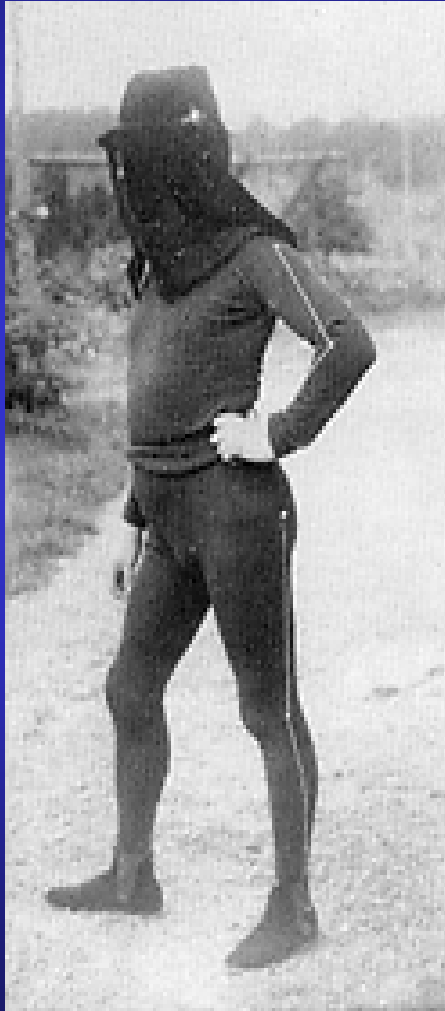


Bruno Munari

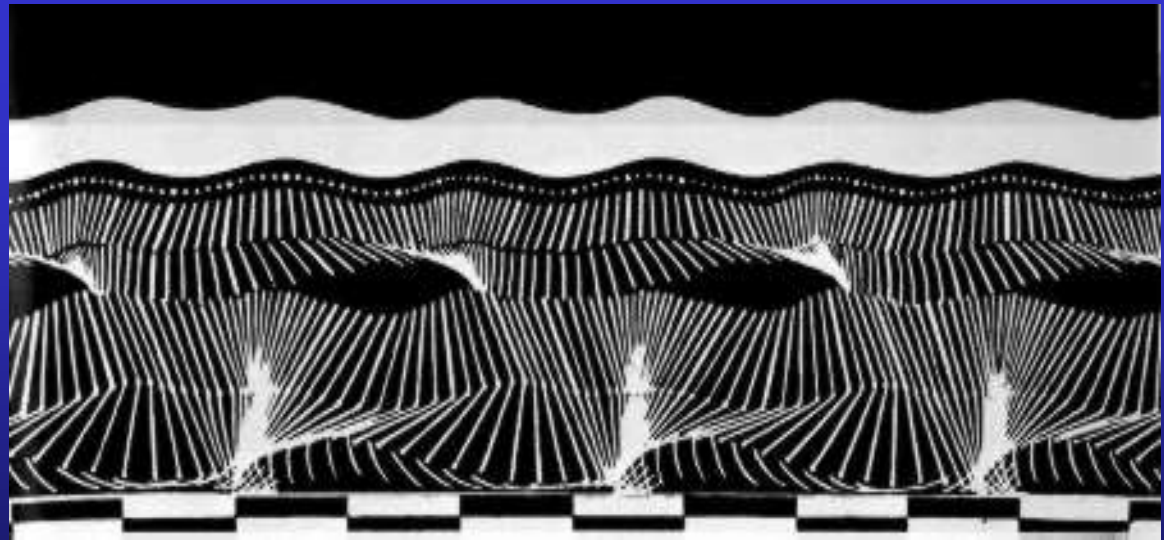


Pablo Picasso

Etienne-Jules Marey (Francia, 1830-1904)

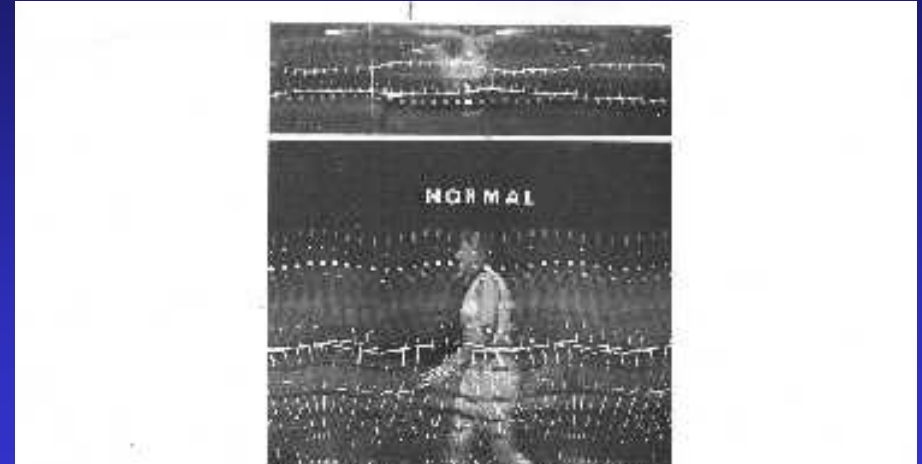


Cronofotografia (1887)
(fotografia stroboscopica)

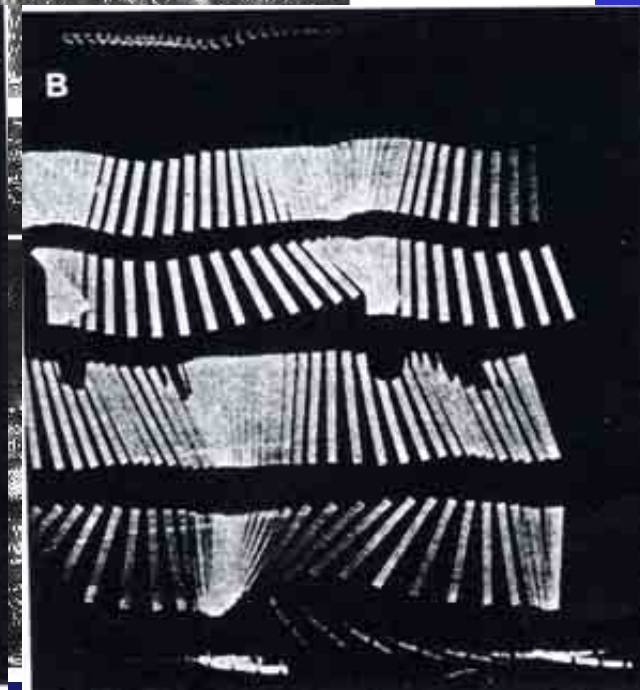
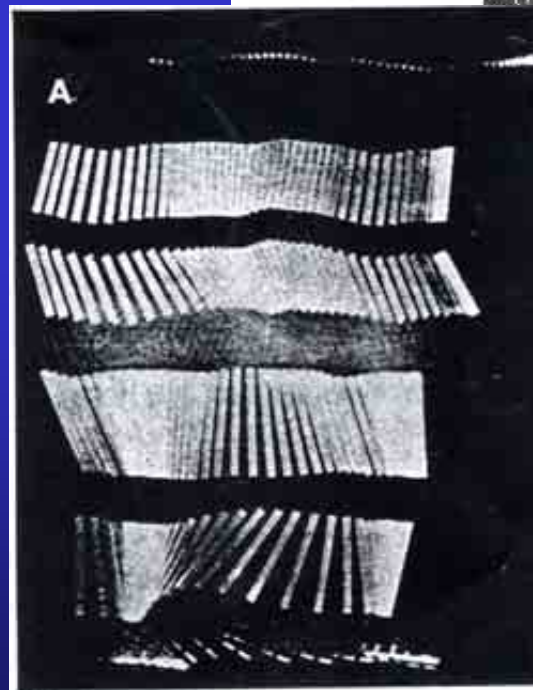


Applicazioni della fotografia stroboscopica

Murray MP et al., "Walking pattern of normal men", *J Bone Jt Surg*, 46: 335-360, 1964



Knutson et al., "Quantitative effects of L-dopa in Parkinsonian gait", *Scand J Rehab Med*, 3(3):121-30, 1971.

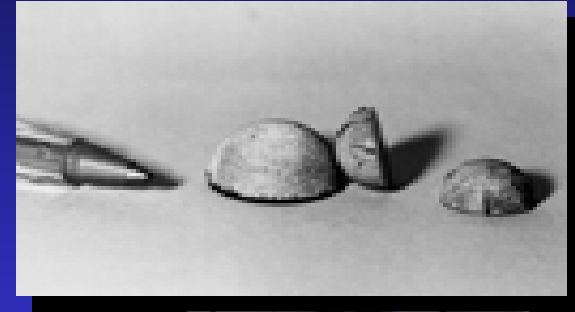


Before L-dopa

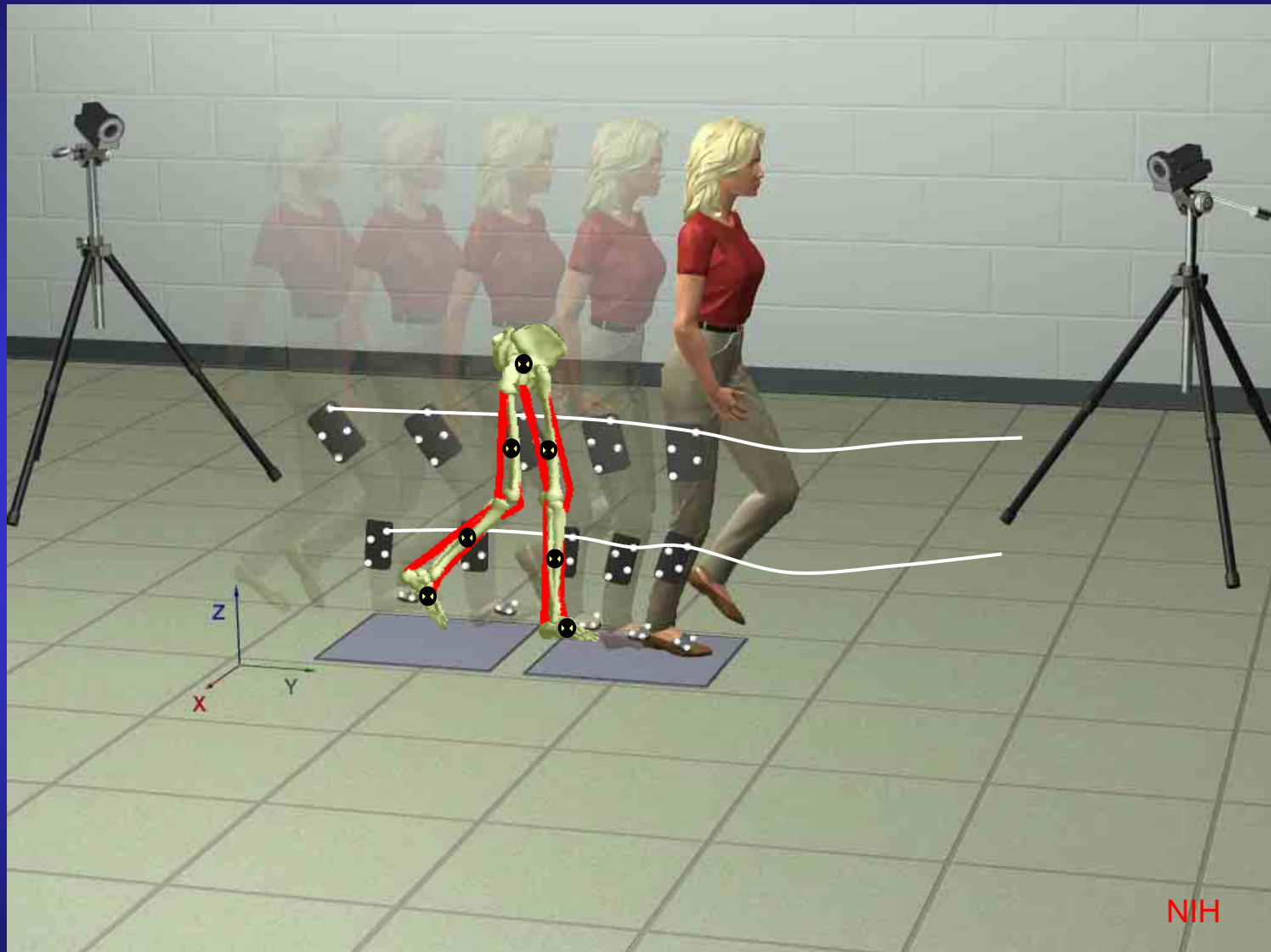
After L-dopa

Sistemi optoelettronici

- Basati su telecamere all'infrarosso che rilevano marcatori passivi di piccole dimensioni
- Posizionamento di tali marcatori su reperi anatomici
- Riconoscimento automatico della loro presenza e posizione nello scenario ripreso da diverse telecamere
- Ricostruzione della posizione 3D mediante algoritmi di stereofotogrammetria

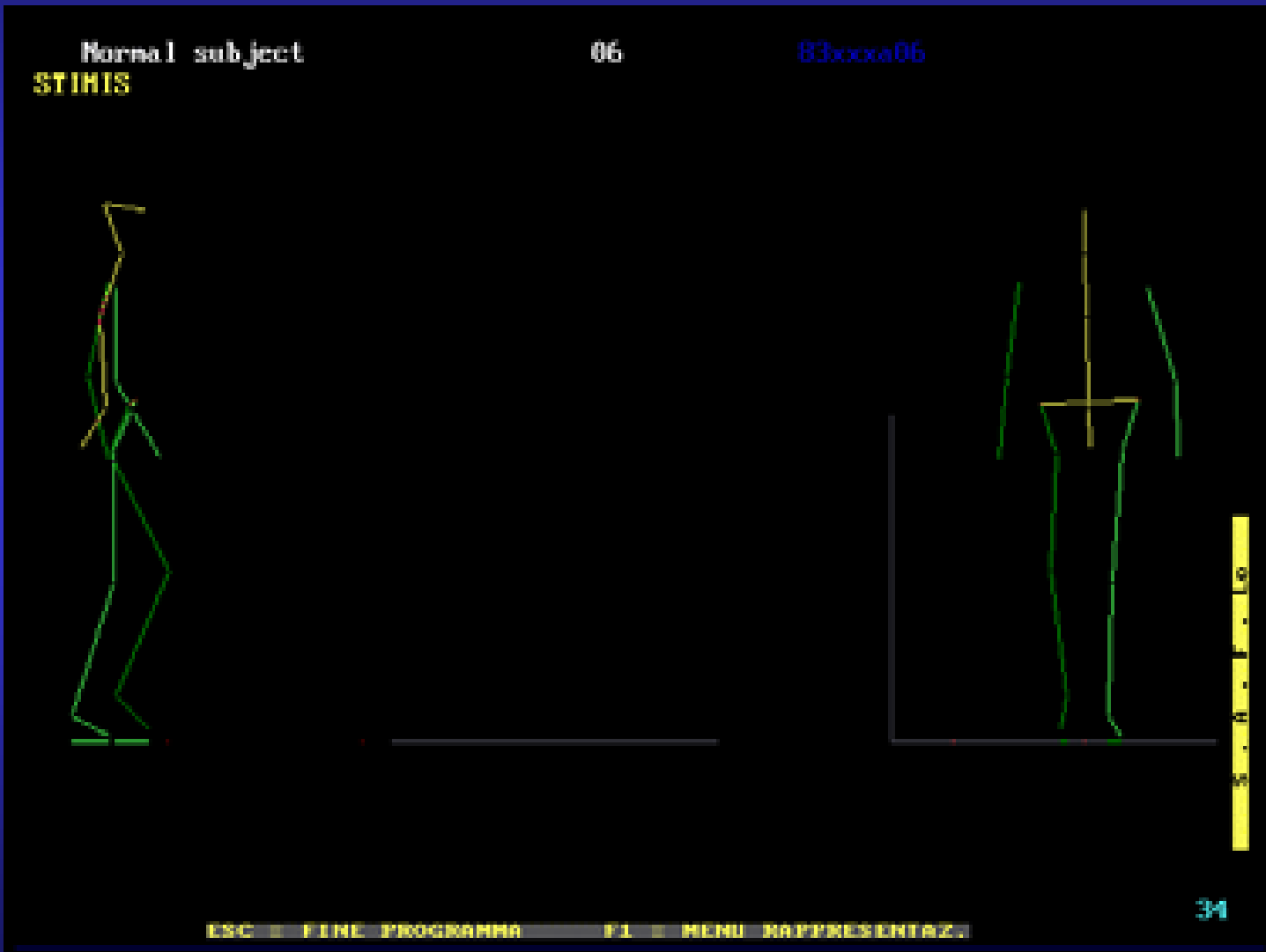


Sistemi optoelettronici

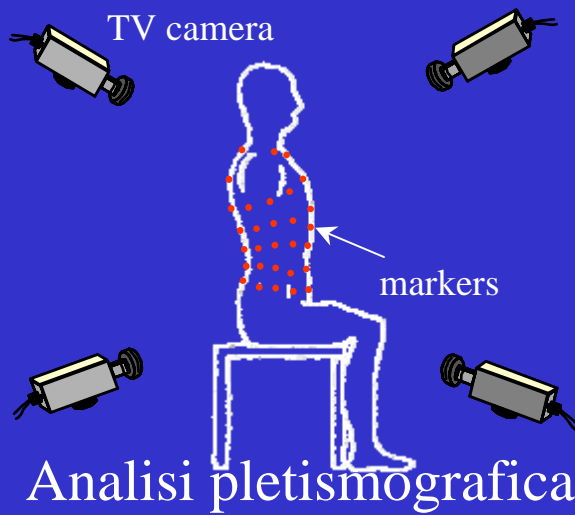
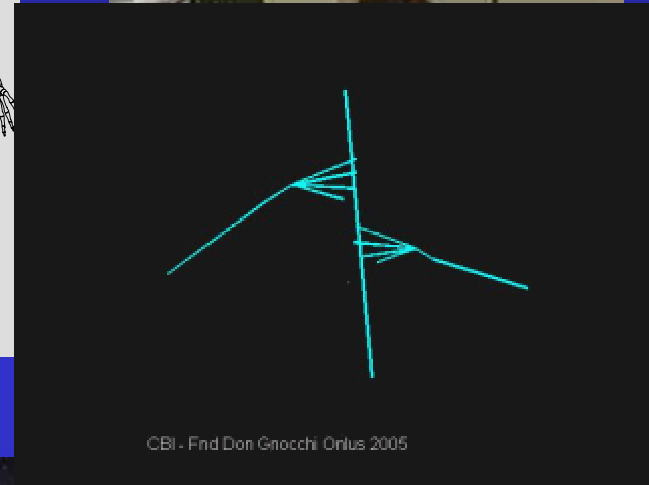
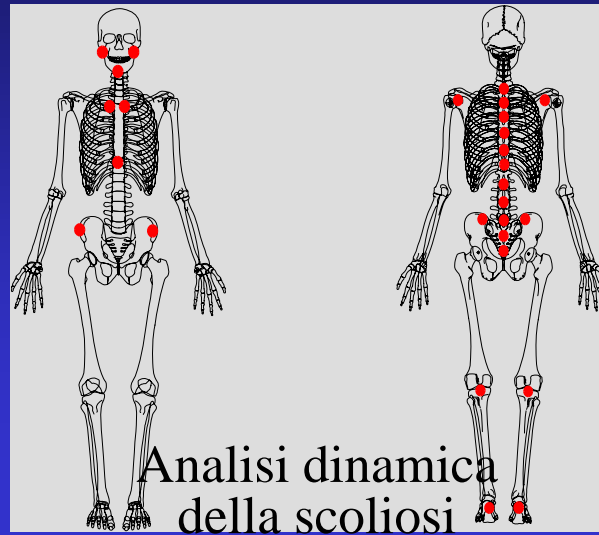


Sistemi optoelettronici

Animazione dati acquisiti: Stick Diagram



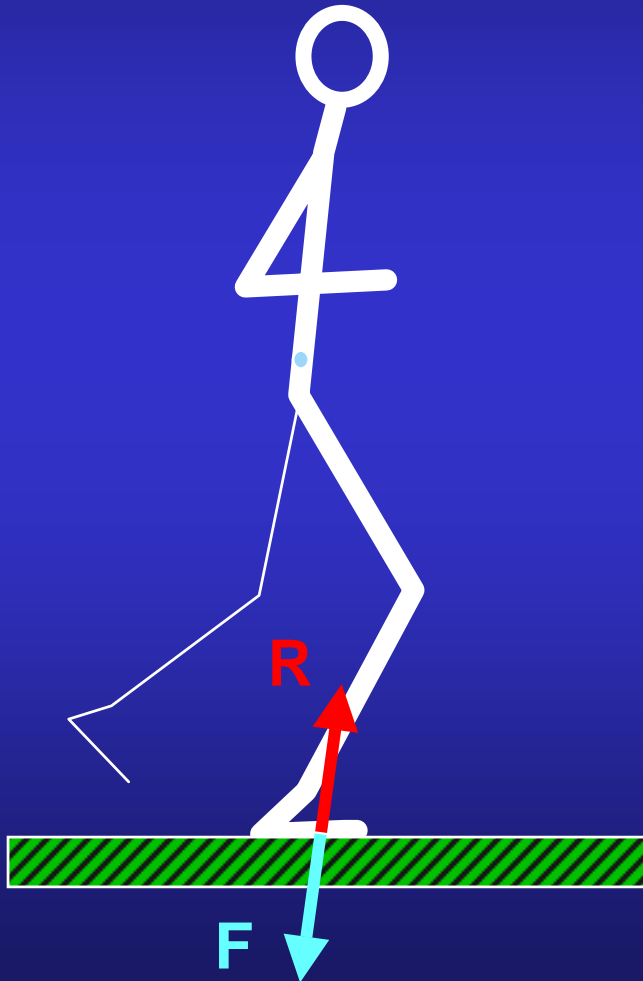
Protocolli di posizionamento marcatori



Strumenti per la misura di variabili dinamiche

Principio di Azione e Reazione:

ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria $F = R$

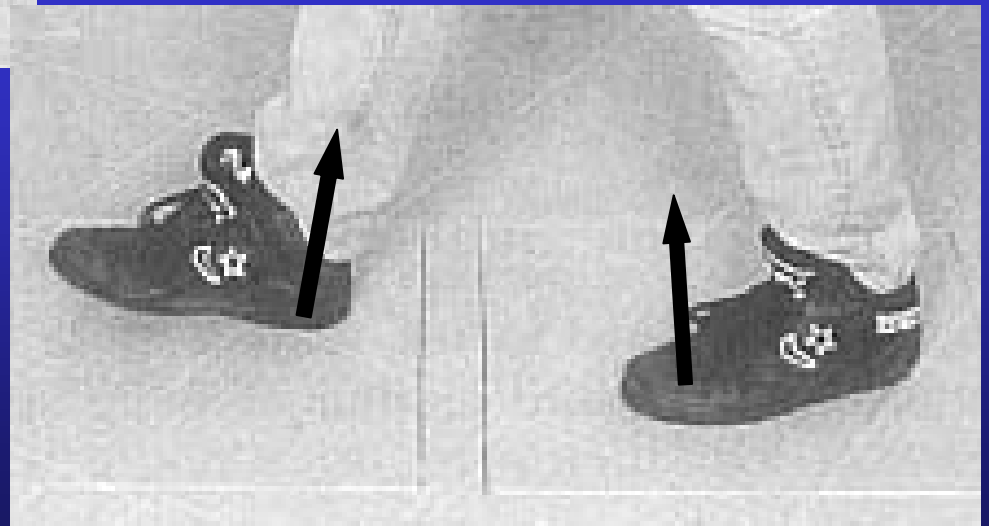
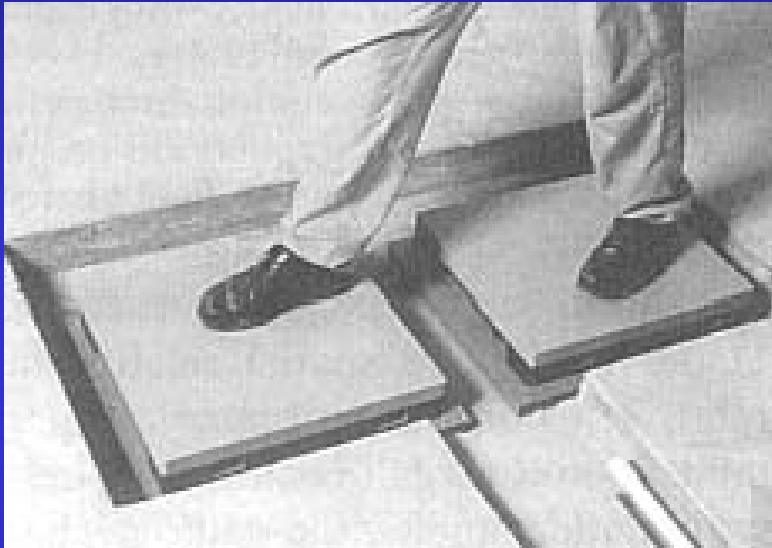


Reazione al terreno (GRF)

E' un vettore caratterizzato da: modulo, direzione, verso, e punto di applicazione

Piattaforma dinamometrica

E' dotata di sensori di forza (piezo-elettrici o a strain-gauge) nei 4 vertici, da cui è possibile ricavare la reazione al terreno



Reazione al terreno

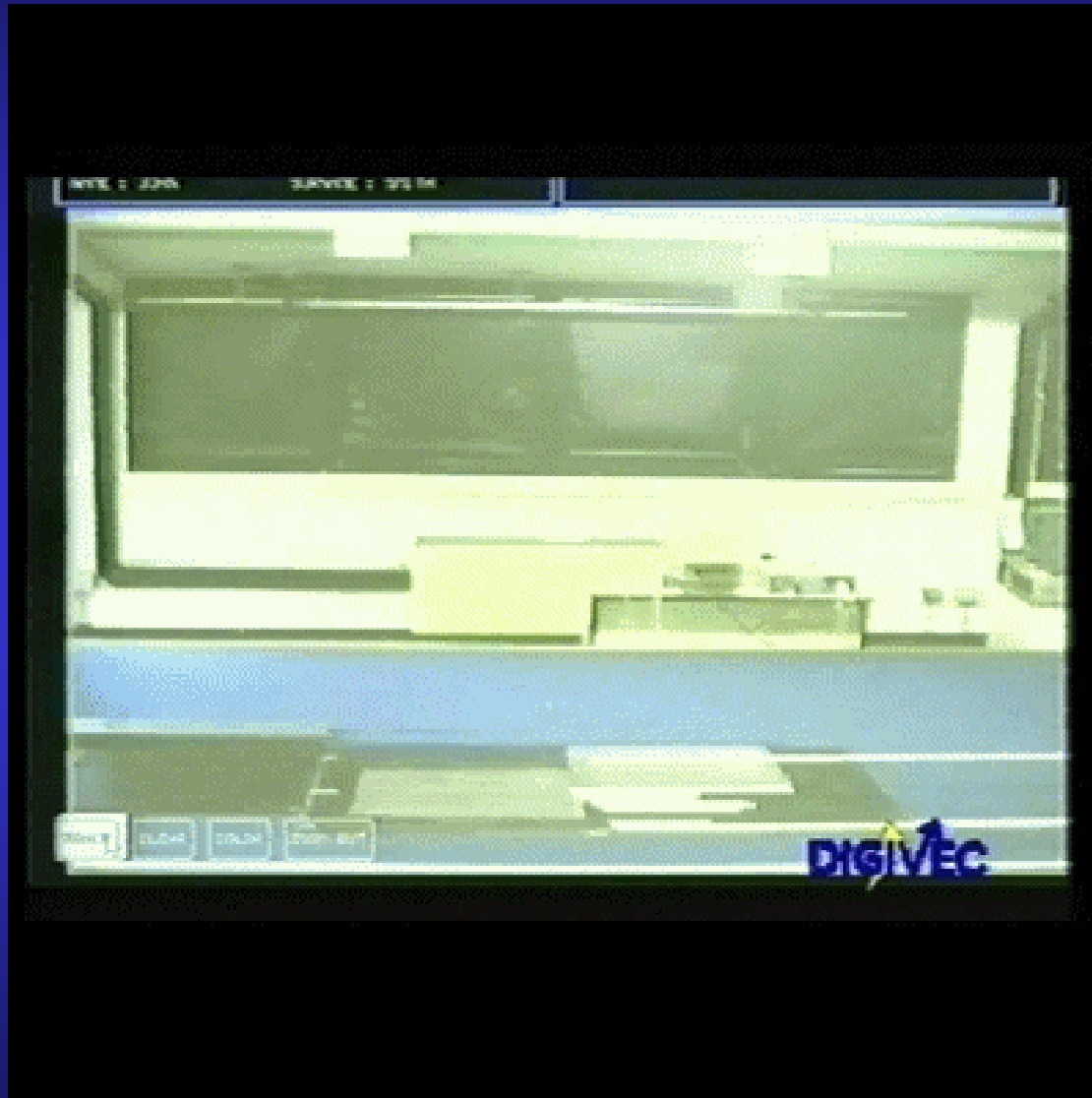


Diagramma vettoriale

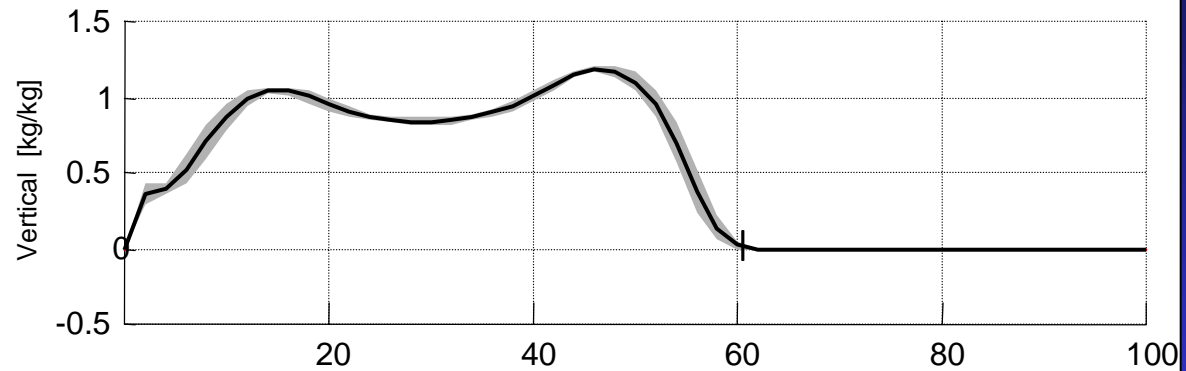


Traiettoria del CoP
(Centro di Pressione)

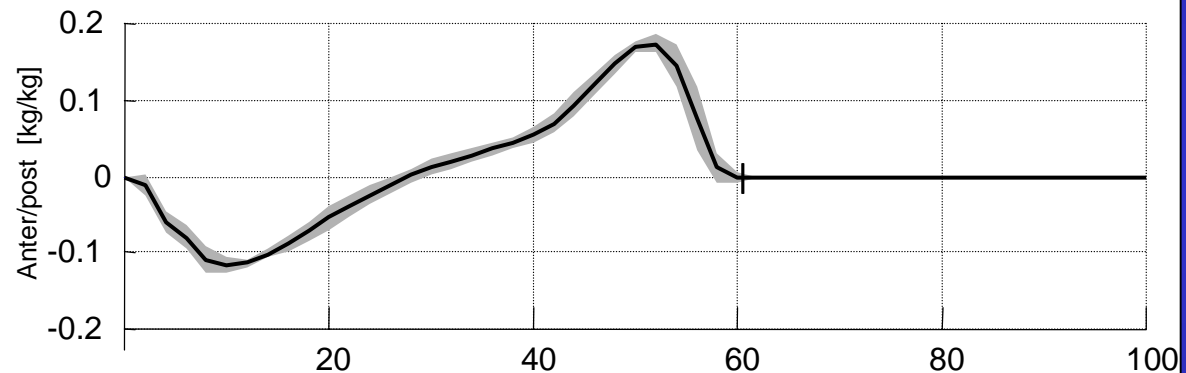


Componenti della reazione al terreno

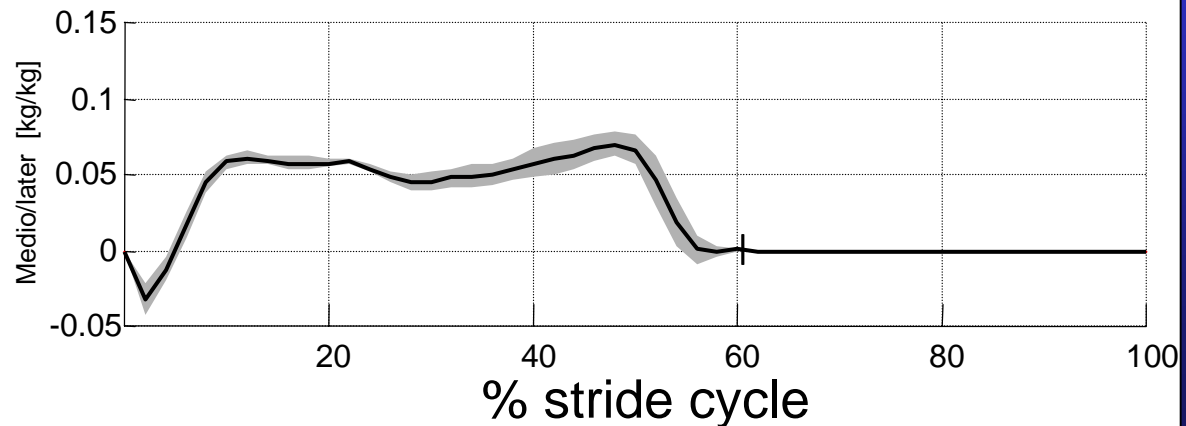
Verticale



Antero-post



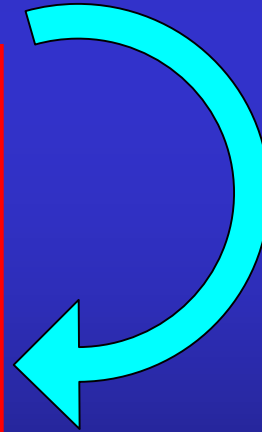
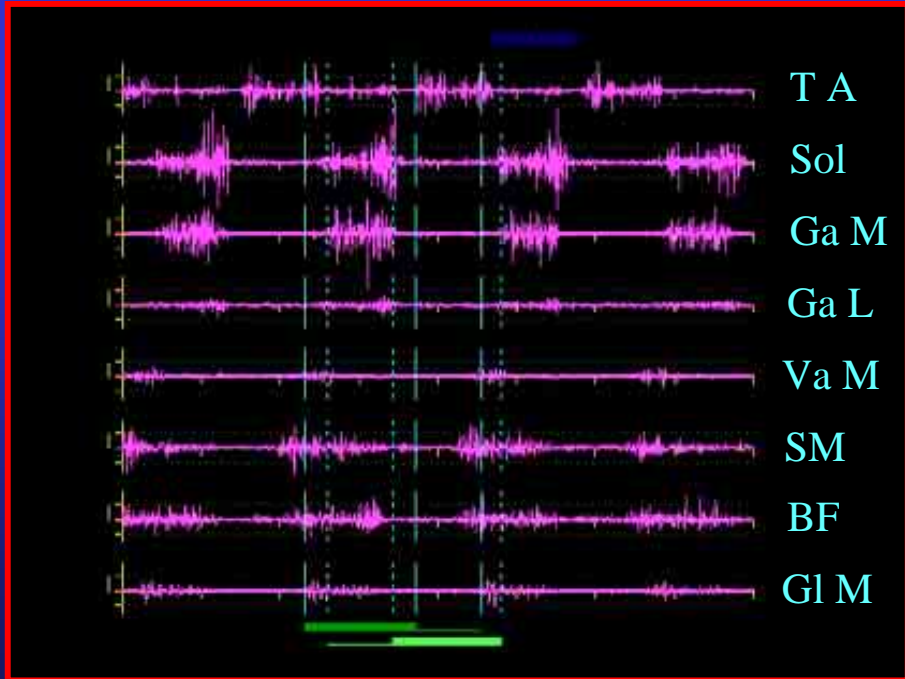
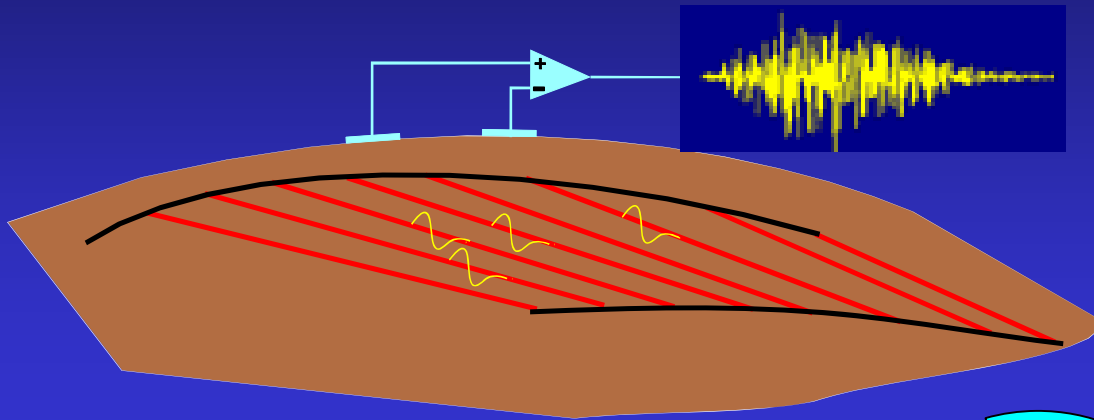
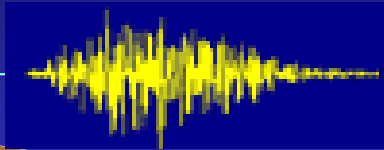
Medio-laterale



Strumenti per la misura dei segnali elettromiografici

Il segnale elettromiografico

EMG: segnale interferenziale



Aspetti critici dell'EMG

- configurazione degli elettrodi (dimensioni, distanza, ...)
- posizionamento degli elettrodi
 - qualità del segnale
 - selettività
- pre e post-elaborazione del segnale
- normalizzazione

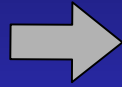
Raccomandazioni Europee per l'EMG di superficie:



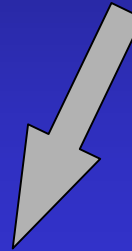
Surface Electromyography for the Non-Invasive
Assessment of Muscles

<http://www.seniam.org/>

Movimento
umano



Analisi quantitativa



Strumentazione

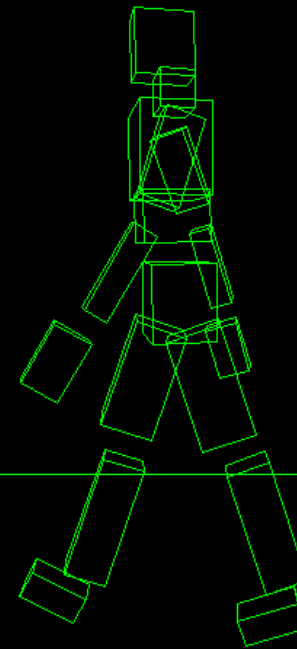
Rilevazione delle
variabili misurabili:
posizione punti
anatomici, forze, EMG

Modelli

Calcolo delle variabili non
direttamente misurabili:
angoli, momenti articolari, ...

Ipotesi di base dell'analisi del movimento

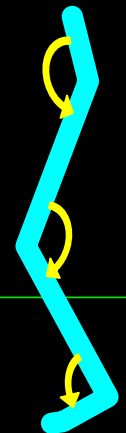
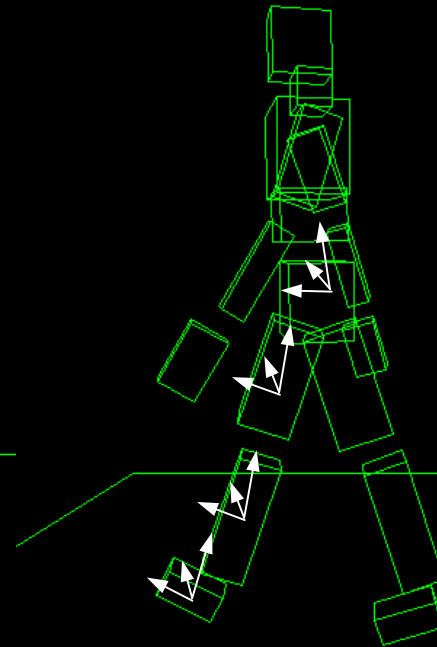
Il corpo umano è un sistema composto da segmenti rigidi (segmenti corporei), vincolati mutuamente fra loro tramite le articolazioni.



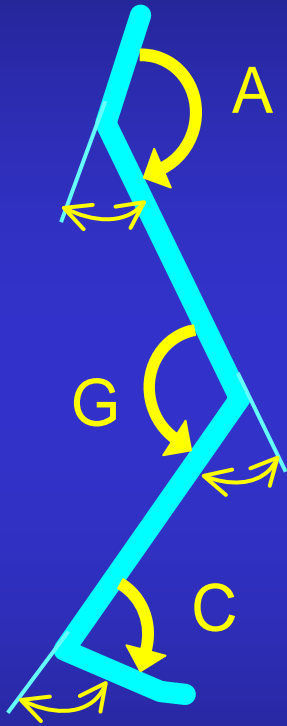
- 1) Modelli per la cinematica articolare: angoli art. e orient. segmenti
- 2) Modelli per la dinamica articolare: momenti e potenze articolari

1) Calcolo angoli articolari

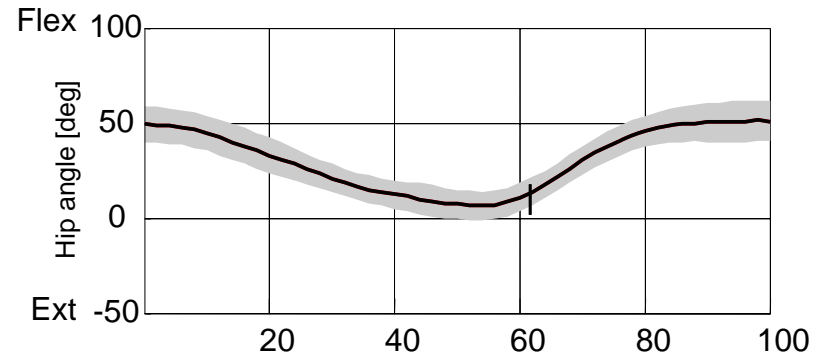
- associazione di un sistema di riferimento locale (assi cartesiani) ad ogni segmento anatomico
- misura del movimento dei sistemi di riferimento locali tramite i marcatori esterni
- calcolo trigonometrico degli angoli articolari



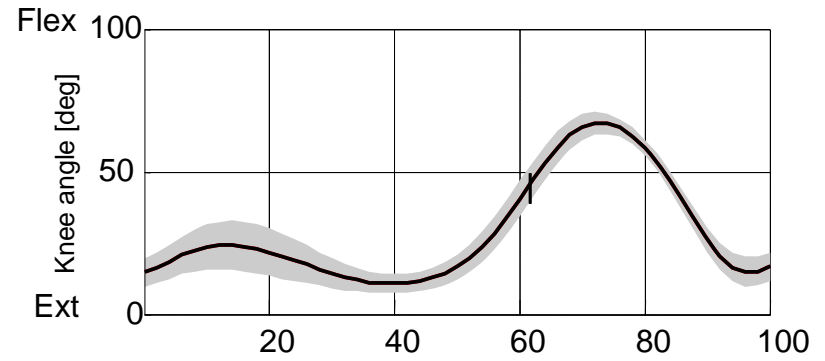
Angoli relativi (articolari) nel piano sagittale



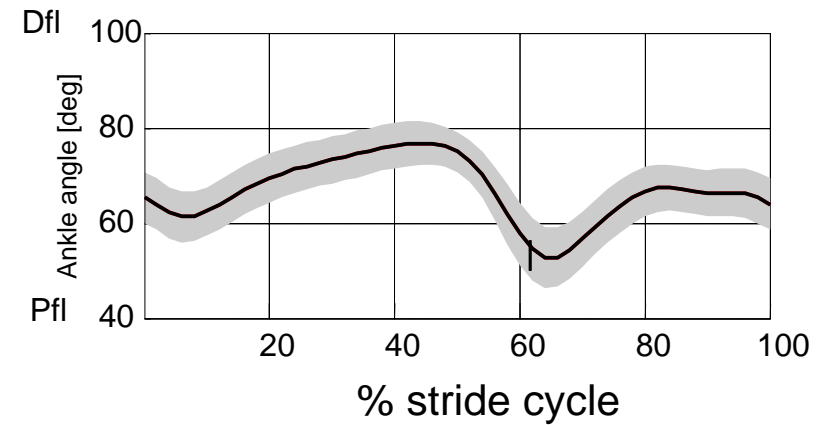
Anca



Ginocchio

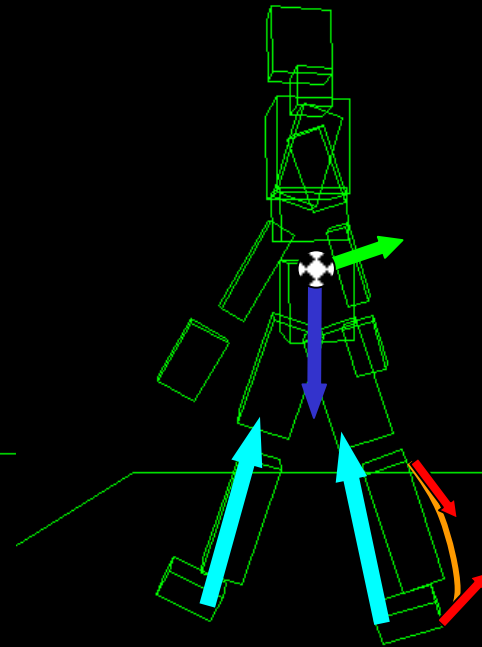


Caviglia



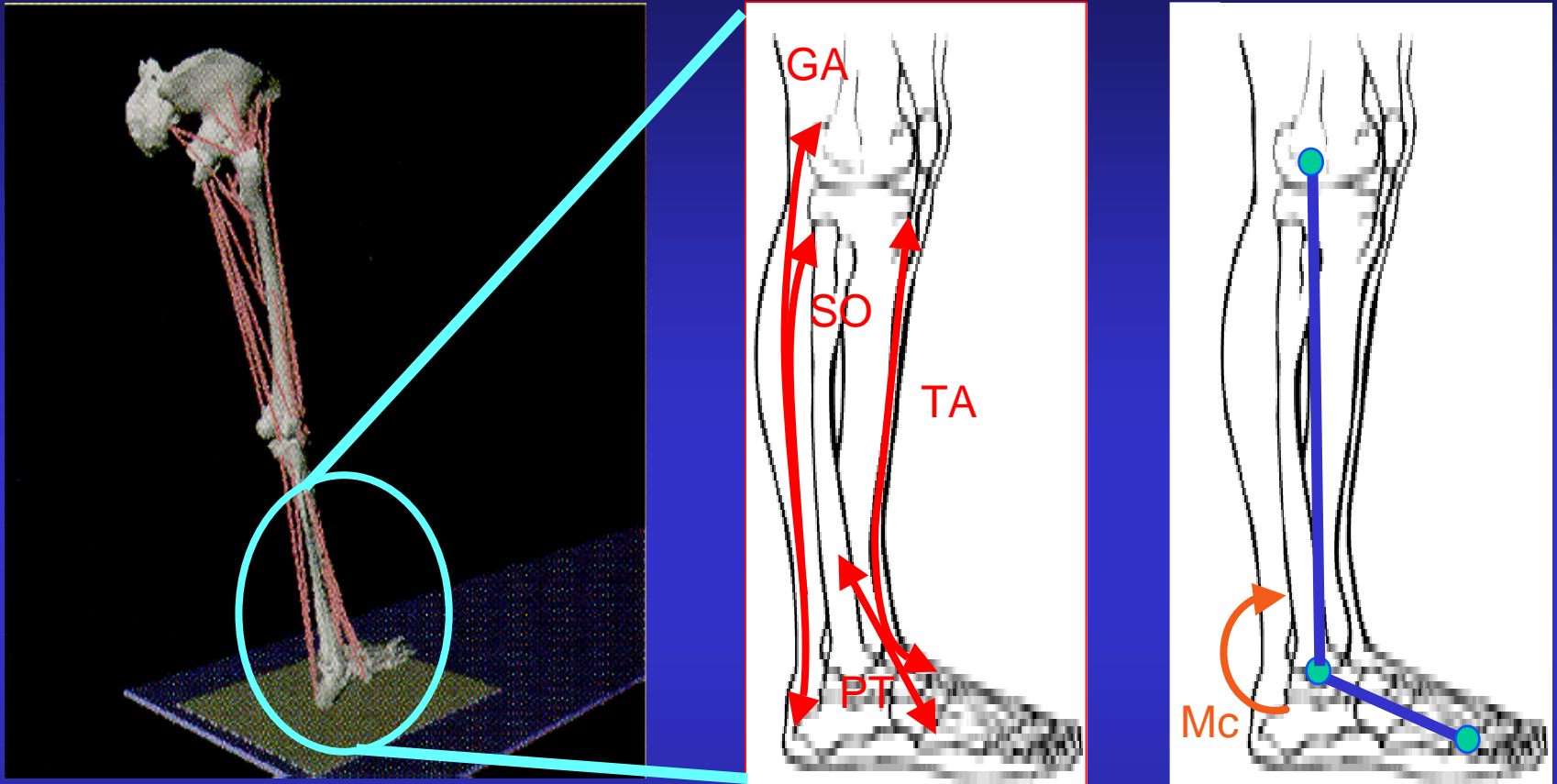
2) Modelli per la dinamica articolare

Il sistema multisegmentale umano è sottoposto a forze esterne (reazioni vincolari) e interne (forze muscolari)



Questo sistema è sottoposto alla forza di gravità e alle forze/momenti d'inerzia

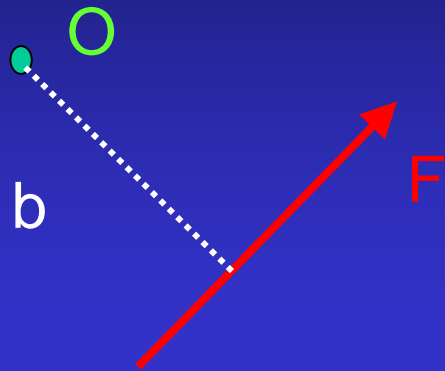
Come schematizzare l'effetto meccanico di N muscoli ?



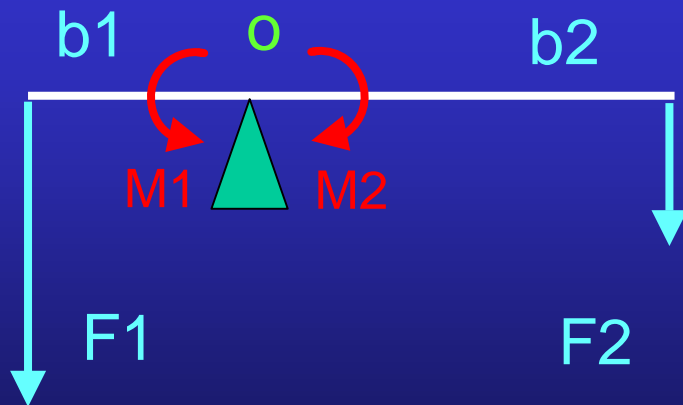
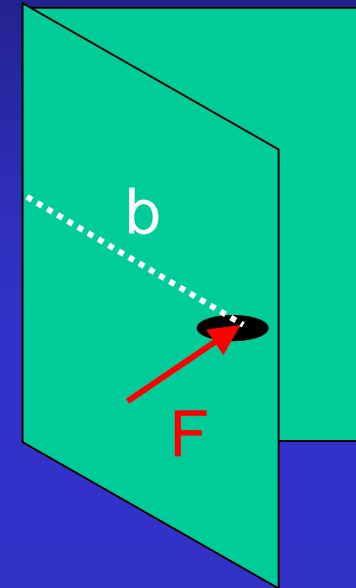
L'insieme delle azioni dei muscoli e dei tessuti passivi (tessuti molli, legamenti) che agiscono su una articolazione, determinano un **momento articolare interno** (estensorio/flessorio)

Cos'è il momento di una forza?

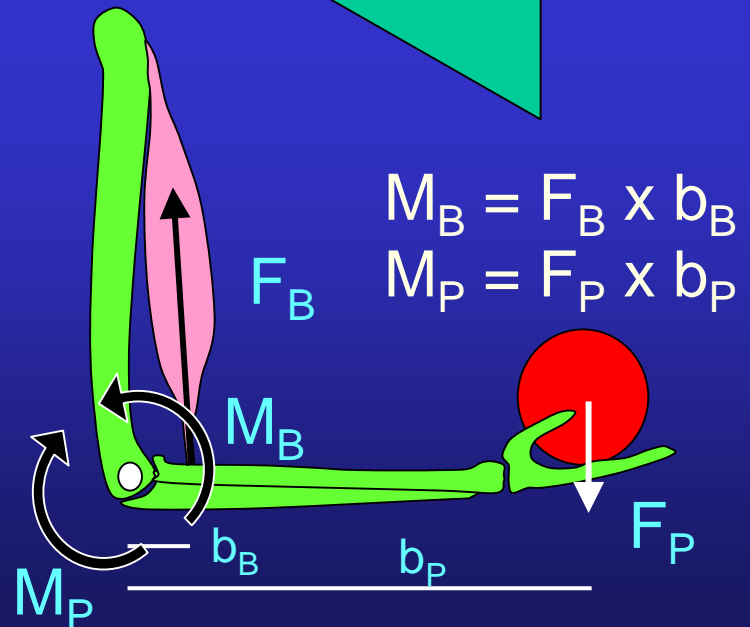
E' la misura dell'effetto rotatorio della forza rispetto ad un punto



$$M = F \times b \text{ [Nm]}$$

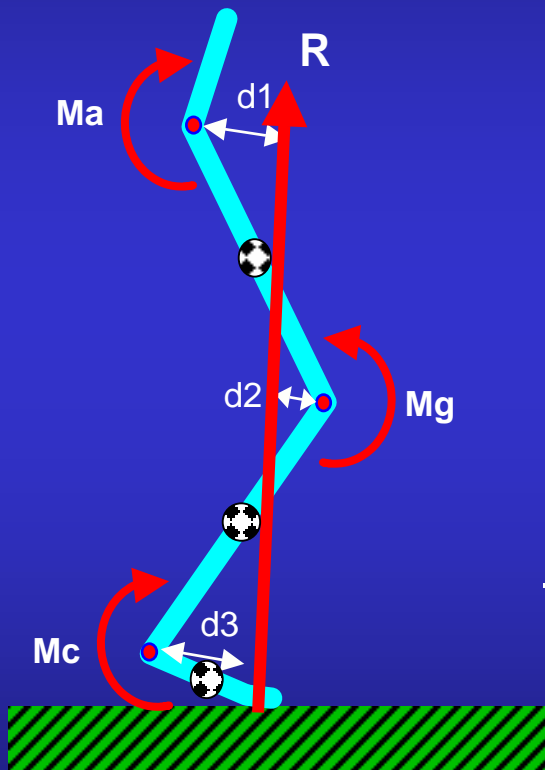


$$M_1 = M_2 \rightarrow F_1 \times b_1 = F_2 \times b_2$$



$$M_B = F_B \times b_B$$
$$M_P = F_P \times b_P$$

Il momento interno equilibra dinamicamente il momento esterno (di segno opposto), dovuto alle altre componenti: forza di gravità, forze inerziali, reazioni vincolari

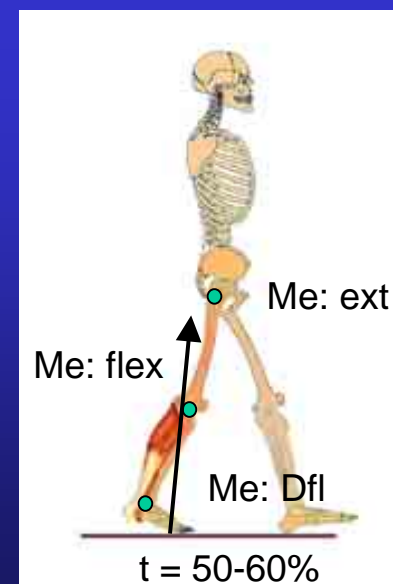
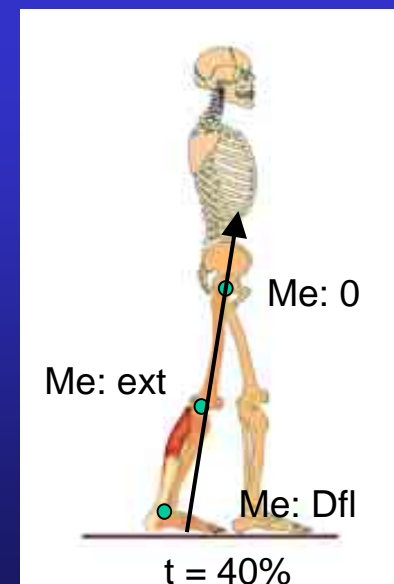
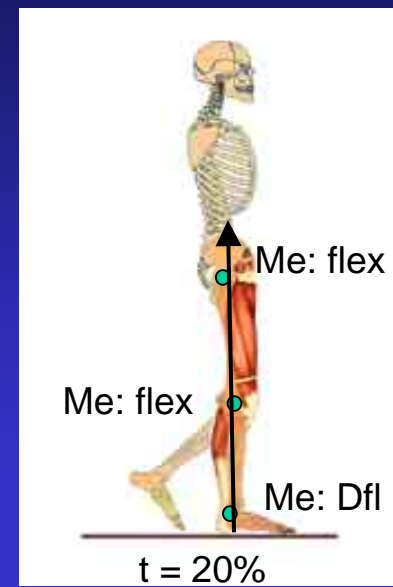
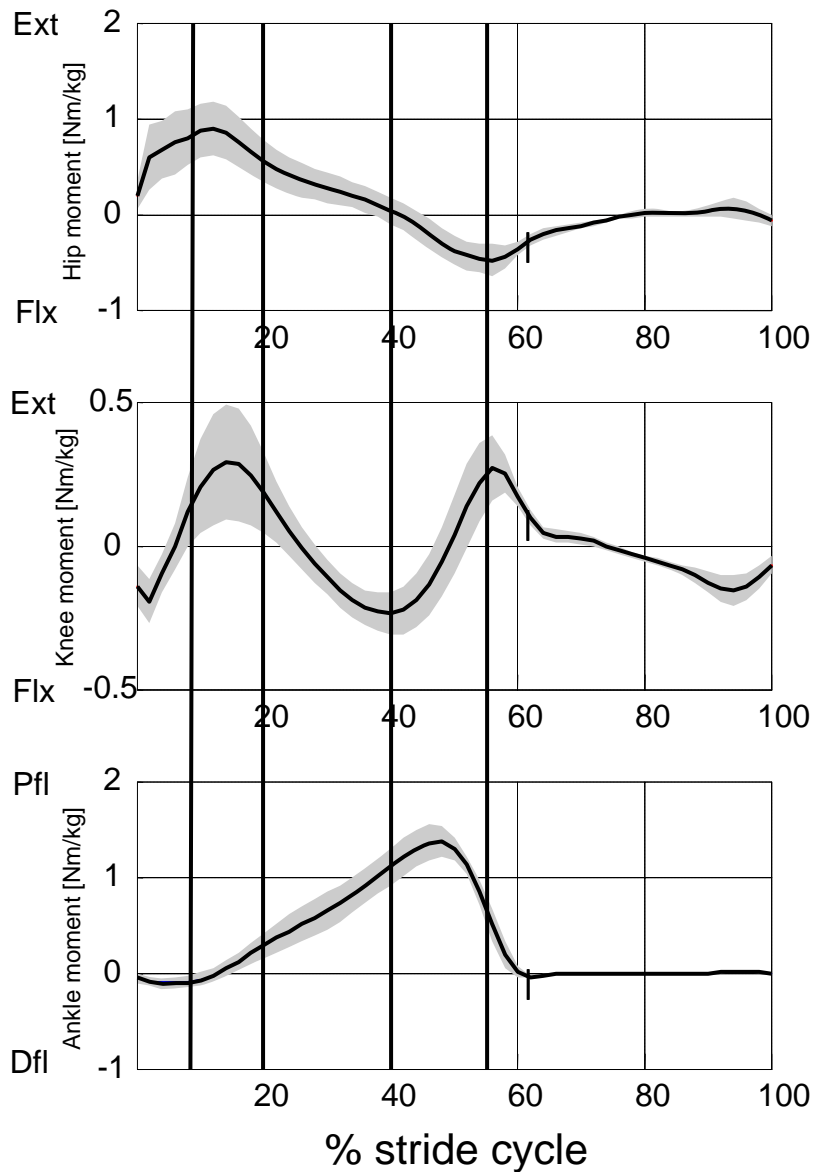


$$\begin{cases} \Sigma \mathbf{F}_p + \Sigma \mathbf{R} = m \mathbf{a}_p \\ \Sigma \mathbf{M}_c + \Sigma \mathbf{M}_r = I_p \boldsymbol{\alpha}_p \end{cases}$$

Le equazioni della dinamica permettono di calcolare i momenti articolari esterni (non misurabili) partendo da grandezze misurabili (reazione al terreno, movimento dei segmenti anatomici) e da parametri stimati (parametri antropometrici)

Momenti articolari

Joint internal moment



Anca

Ginocchio

Caviglia

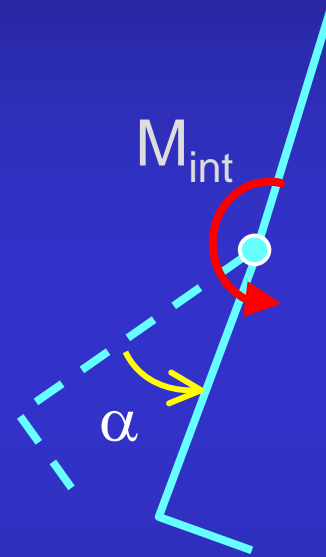
Lavoro muscolare e potenze articolari

- Definizione di lavoro meccanico (Joule)

Nei movimenti traslatori: Lavoro = Forza x spostamento

Nei movimenti rotatori: Lavoro = Momento x rotazione angolare

$$L_m = M_{int} \times \alpha$$



- Definizione di potenza meccanica (Watt)

Energia prodotta/consumata nell'unità di tempo: $P = L / t = F \times s / t = F \times v$

Nei movimenti traslatori: $P = \text{Forza} \times \text{velocità lineare}$

Nei movimenti rotatori: $P = \text{Momento} \times \text{velocità angolare}$

$$P_m = M_{int} \times \omega$$

Potenze articolari

$$P_m = M_{int} \times \omega$$

Nel cammino si alternano fasi di produzione ($P > 0$) e fasi di assorbimento ($P < 0$) di energia nelle tre articolazioni.

Potenza nulla: articolazione non in movimento, oppure momento nullo

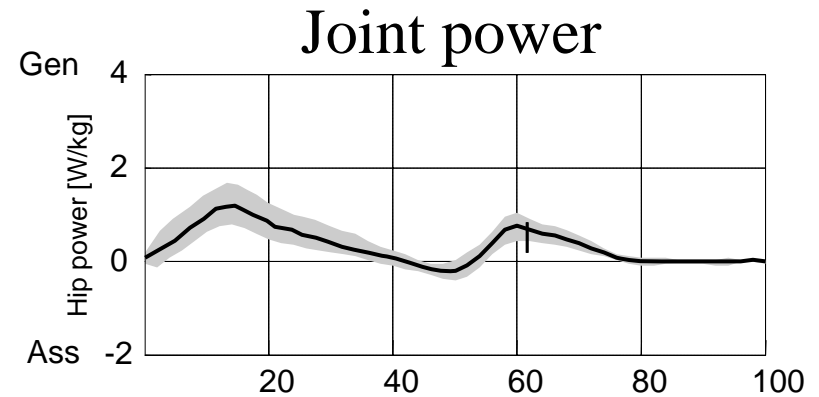
$$P < 0$$

movimento articolare opposto al momento interno

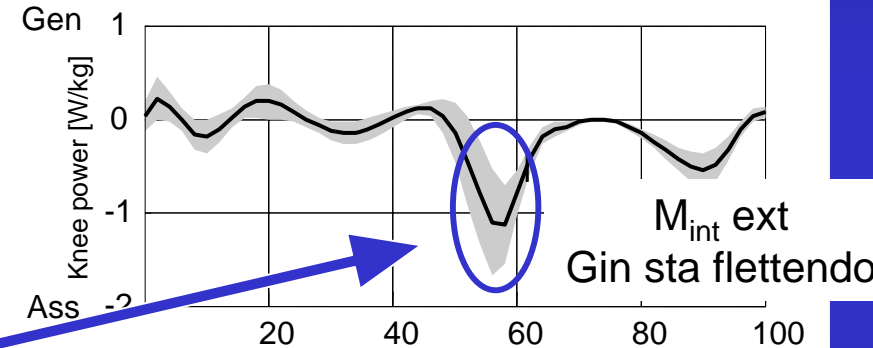
$$P > 0$$

movimento articolare concorde con il momento interno:
- contrazione muscolare concentrica

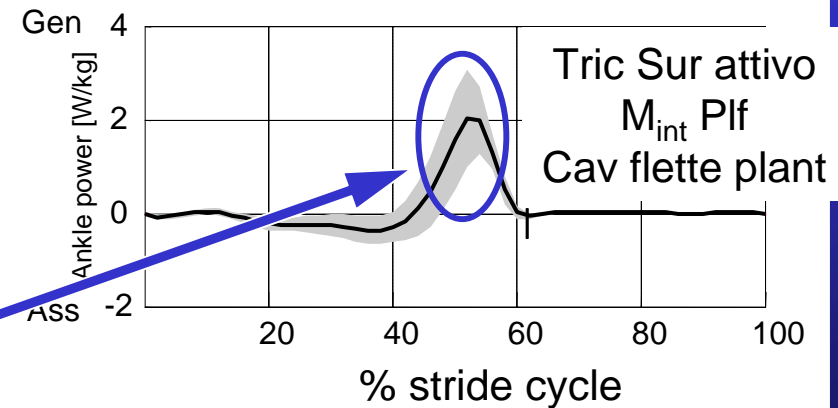
Anca



Ginocchio



Caviglia



LAM - Laboratorio di Analisi del Movimento

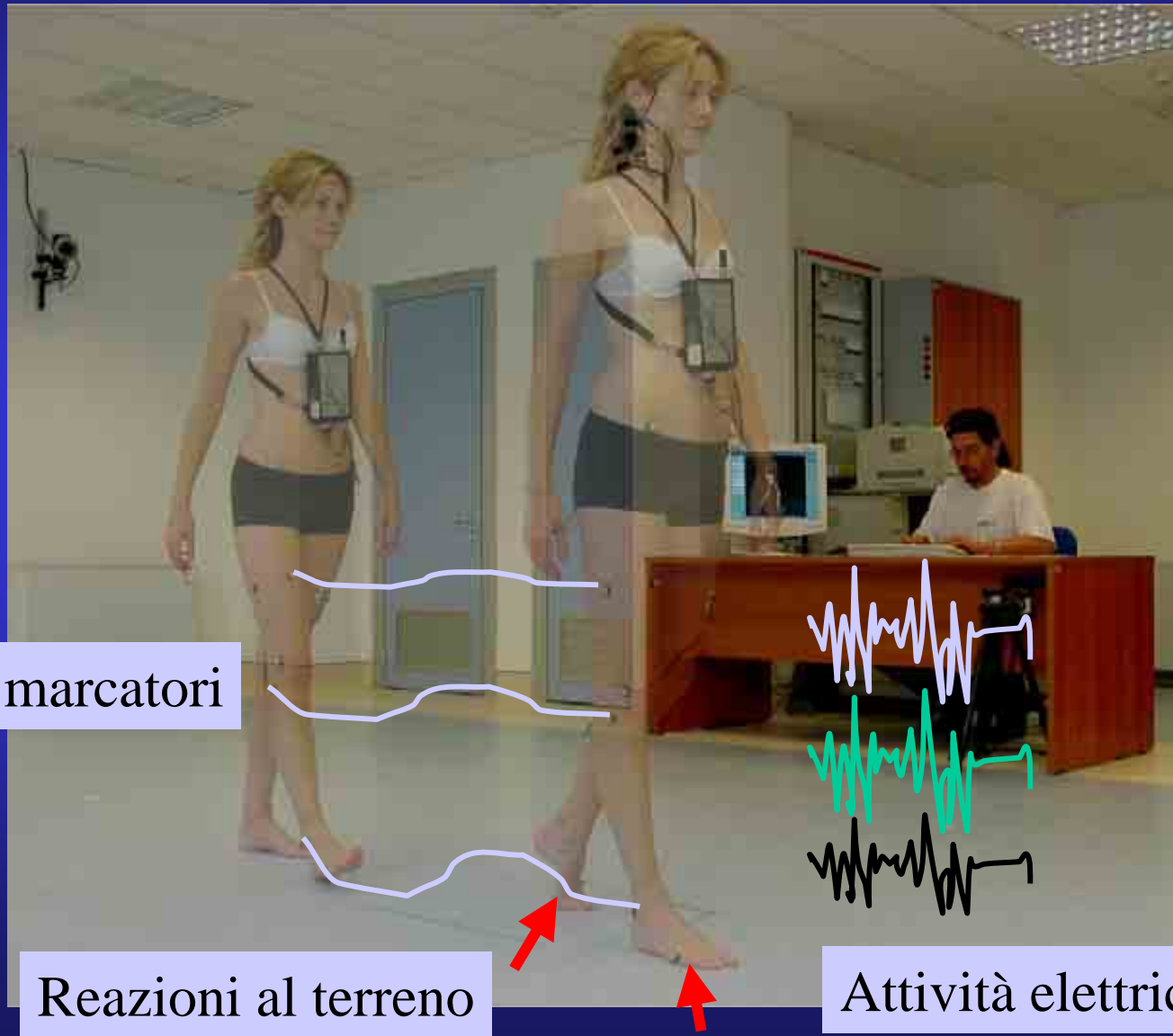
Centro di Bioingegneria

IRCCS S. Maria Nascente, Milano – Fond. Don Carlo Gnocchi

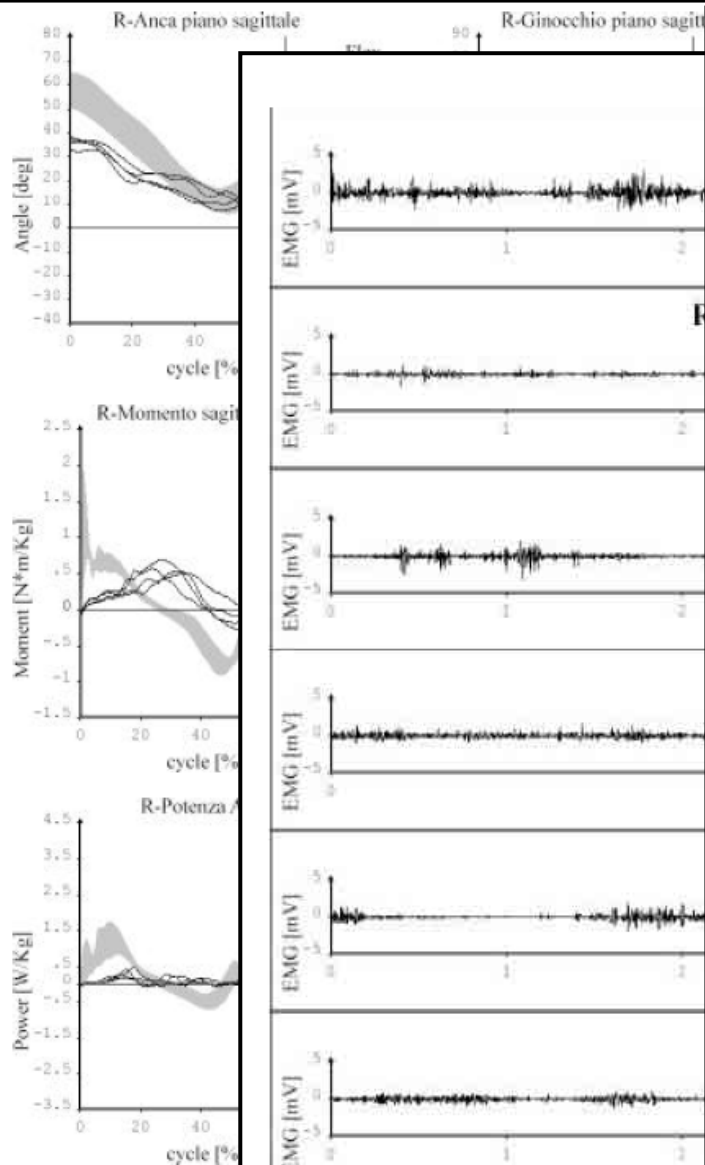


SAFLo – Servizio di Analisi della Funzionalità Locomotoria

IRCCS S. Maria Nascente, Milano – Fond. Don Carlo Gnocchi
saflo@dongnocchi.it



Esempio di report



S.A.F.Lo - Servizio di Analisi della Funzionalità Locomotoria

Fondazione
Don Carlo Gnocchi
Onlus

I.R.C.C.S. S. Maria Nascente

Paziente _____ n° _____ data _____

ANALISI DEI DATI

PARAMETRI GENERALI

La riduzione dell'80% circa della velocità media è determinata da una diminuzione in termini assoluti sia della lunghezza che della frequenza del passo: in termini relativi la frequenza tende ad essere maggiore rispetto a quella adottata fisiologicamente per questa velocità.

Lieve tendenza ad aumentare la lunghezza del passo anteriore destro.
Aumento significativo della durata dell'appoggio sinistro.

ALTERAZIONI FUNZIONALI

LA FINE DELLA FASE DI VOLO, come preparazione al contatto, è caratterizzata da un'accentuata retroversione del bacino, da una riduzione dell'inclinazione in avanti della coscia e soprattutto della gamba, con la tibiotarsica in maggiore flessione plantare.

IL CONTATTO avviene quindi con la punta, con la t.t. in maggiore flessione plantare, con il ginocchio più flessso e con l'anca in minore flessione.

Queste condizioni cinematiche sono a loro volta determinate principalmente da:

- 1) un insufficiente reclutamento del Tibiale A.
- 2) un preclutamento del Tricipite, perché caratterizzato da continui 'spikes' nel Gastrocnemio
- 3) un eccessivo reclutamento degli ischiocrurali, a cui si oppone un'azione antagonista del Vasti, nel tentativo di vincere la 'resistenza'.

Nella PRIMA PARTE DELL'APPOGGIO l'antiversione del bacino e la ridotta potenza prodotta dall'anca esprimono un chiaro deficit delle strutture estensorie.

Durante la FASE CENTRALE DELL'APPOGGIO, mentre il piede si appoggia completamente e la tibiotarsica si dorsiflette progressivamente, l'alterazione più significativa è rappresentata dall'estensione completa del ginocchio, sollecitato da un maggiore momento estensorio.

- È normale che il momento dorsiflessorio sia anticipato visto il contatto anteriore, la sua ridotta intensità in pieno appoggio esprime una NON ECCESSIVA resistenza (stiffness) del tricipite.-

In fase PROPULSIVA si osservano principalmente due fenomeni:

- 1) un nettissimo DEFICIT DI RECLUTAMENTO del Tricipite, in misura praticamente totale del Gastrocnemius, espresso meccanicamente dalla ridottissima potenza prodotta.
- 2) intervento del Retto F. come 'motore' della flessione dell'anca a compenso del deficit propulsivo distale, ma che innesca un'intervento in COCONTRAZIONE degli Ischiocrurali per flettere il ginocchio.

Data insufficiente clearance dell'arto inferiore destro per il volo, nonostante i meccanismi descritti, alla strategia di compenso al distacco si associa il comportamento del bacino, che si eleva ed arretra a destra, mentre la coscia inizia una traiettoria non rettilinea ma costruita su un arco di cerchio (falcata della coscia e meno in fuori della gamba). Netto aumento dell'orientamento in dentro del piede in propulsione (verosimilmente legato ad un aumento della supinazione).

Utilità della gait analysis nelle PCI

1. Impostazione del trattamento terapeutico/riabilitativo

Identificazione dei fattori patogenetici (Crenna, 1998):

- Paralisi: deficit di reclutamento
- Co-contrazioni: reclutamento simultaneo di muscoli antagonisti (non fisiologico)
- Spasticità: ipereccitabilità del riflesso da stiramento
- Componenti non-neurali: modifiche delle proprietà meccaniche del sistema osteo-muscolo-tendineo

Utilità della gait analysis nelle PCI

1. Impostazione del trattamento terapeutico/riabilitativo
2. Follow up del paziente:
 - Verifica efficacia del trattamento terapeutico/riabilitativo (chirurgico, farmacologico, stimolazione elettrica, ...)
 - Valutazione dell'evoluzione del quadro clinico
 - Scelta/ottimizzazione del supporto ortesico

Utilità della gait analysis nelle PCI

1. Impostazione del trattamento terapeutico/riabilitativo
2. Follow up del paziente:
3. Studi di gruppo
 - Descrivere/classificare le alterazioni del cammino nelle PCI (Tylkowski et al., 1991; Hoffinger et al., 1993; Sojka et al., 1995; Hullin et al., 1996; Delp et al., 1996; Kelly et al., 1997; Crenna, 1998; Galli, Fazzi et al., 1999; Damiano et al., 2000; Crenna et al., 2005; ...)
 - Valutare l'efficacia di diversi trattamenti terapeutico/riabilitativi (chirurgia, botox, ortesi, FES, ...)

Utilità della gait analysis nelle PCI

Benefici nell'uso della Gait Analysis per l'indicazione di chirurgia funzionale:

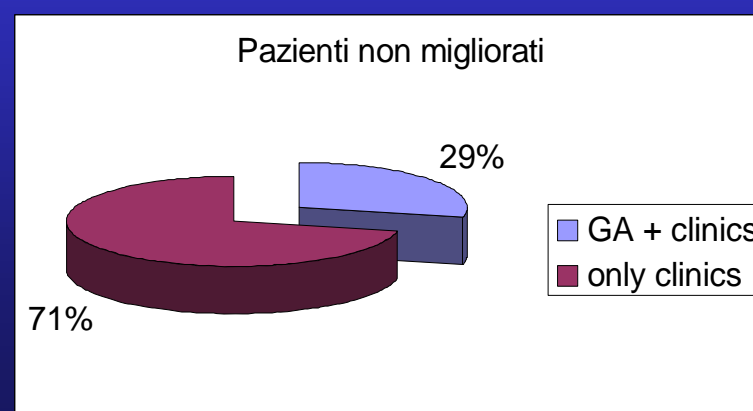
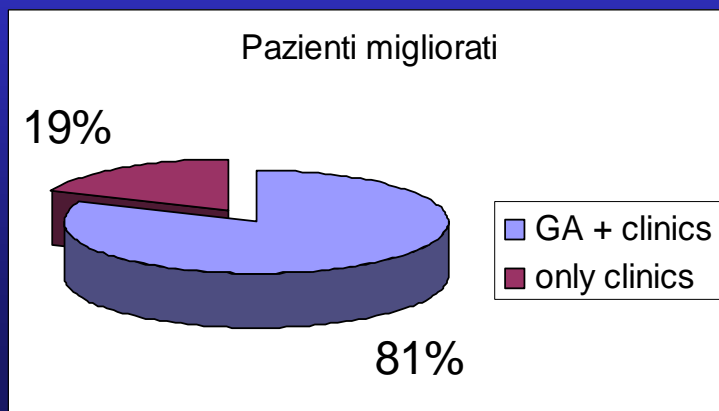
Lee et al., Arch Pys Med Rehab, 1992

23 bambini PCI diplegici con indicazione di chirurgia funzionale:

- gruppo (a): 15 pz operati sulla base sia della valutazione clinica che dei risultati della gait analysis
- gruppo (b): 8 pz operati sulla base solo della valutazione clinica

Risultati analisi postoperatoria (follow up a 1 anno):

- 16 migliorati (param sp. temp., pattern angolari e EMG): 13 a, 3 b
- 7 non migliorati: 2 gruppo a, 5 gruppo b



Ruolo dell'AM nel campo delle ortesi

Fornire datai quantitativi per:

- sviluppare nuove ortesi / ottimizzare quelli esistenti
- adattare l'ortesi alle caratteristiche del singolo soggetto
- verificarne l'uso corretto / monitorare le performance del pz
- confrontare diverse soluzioni ortesiche

Vedremo alcuni esempi di AM nella:

- progettazione nuove ortesi HKAFO
- gait analysis di pz. paraplegico con ortesi AFO
- analisi degli effetti di splint nella distonia focale

Esempio 1

Studio degli effetti della rotazione orizzontale
dell'articolazione d'anca nella
Reciprocating Gait Orthosis

Ferrarin M.*, Rabuffetti M.*, Lusvardi M.#

* *Centro di Bioingegneria FDG, Don Gnocchi Found., Milano, Italy*

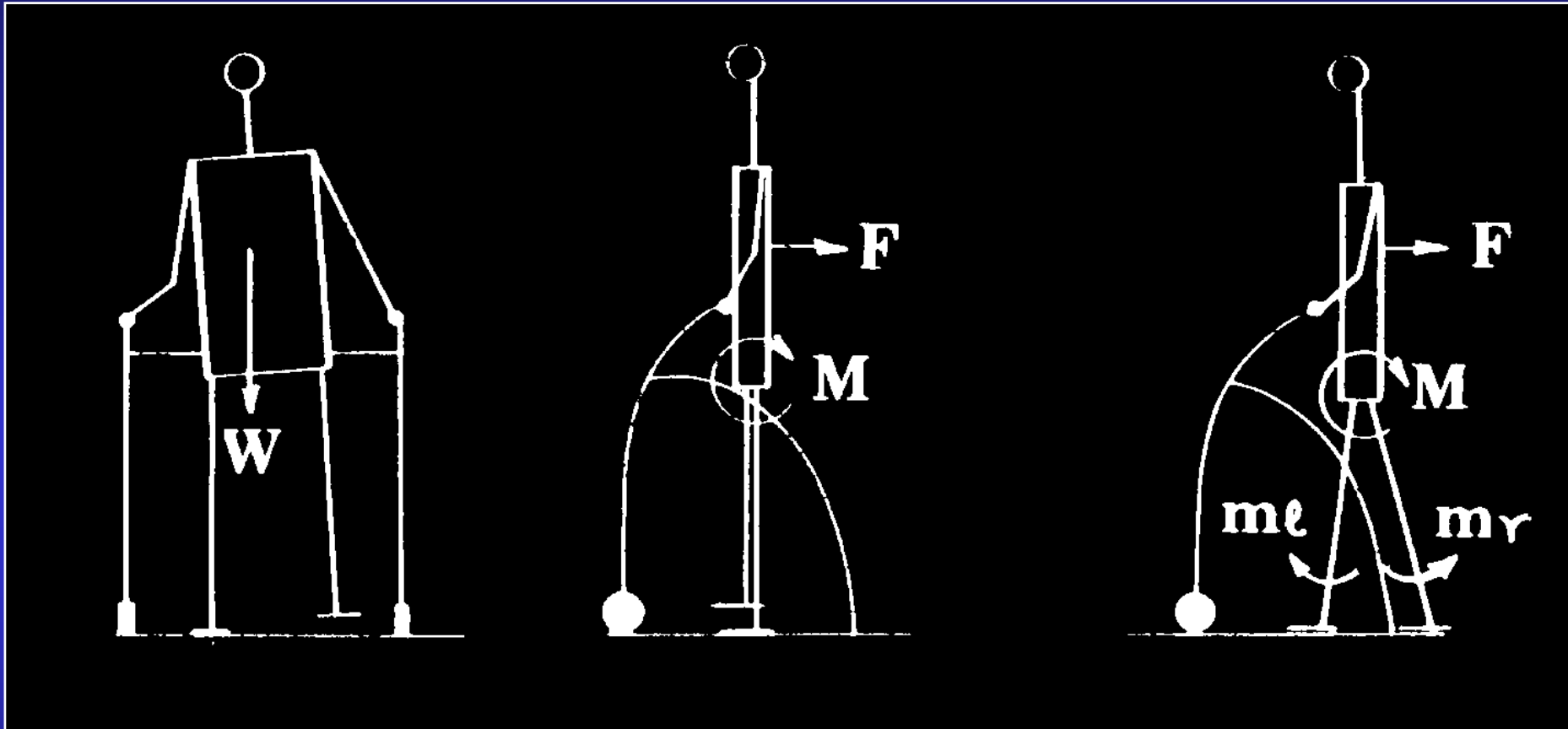
Rizzoli Orthopaedic Workshop, Bologna, Italy

RGO - Reciprocating Gait Orthosis

- Sviluppata presso la LSU (New Orleans, 1983) per bambini con spina bifida
- Costituita da:
 - aste in alluminio
 - valve in polipropilene con inserti in fibra di carbonio
 - articolazione d'anca 1 g.d.l. con meccanismo reciprocato
 - AFO in polipropilene
- Cammino con deamb/stampelle



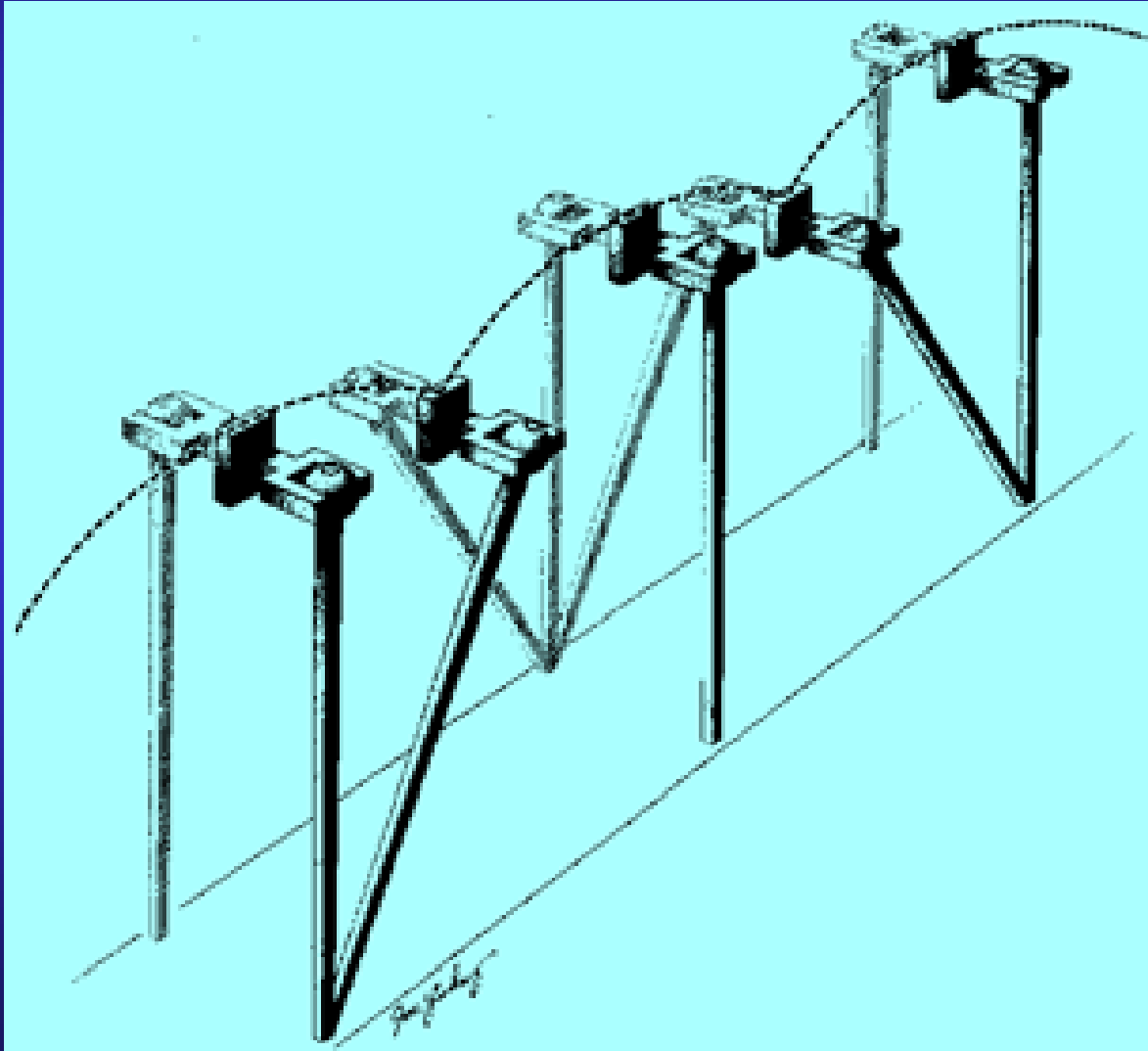
RGO - Modalità di cammino



- Spostamento laterale del peso sull'arto in posizione avanzata
- Estensione tronco - fase di volo - riposizionamento deambulat.

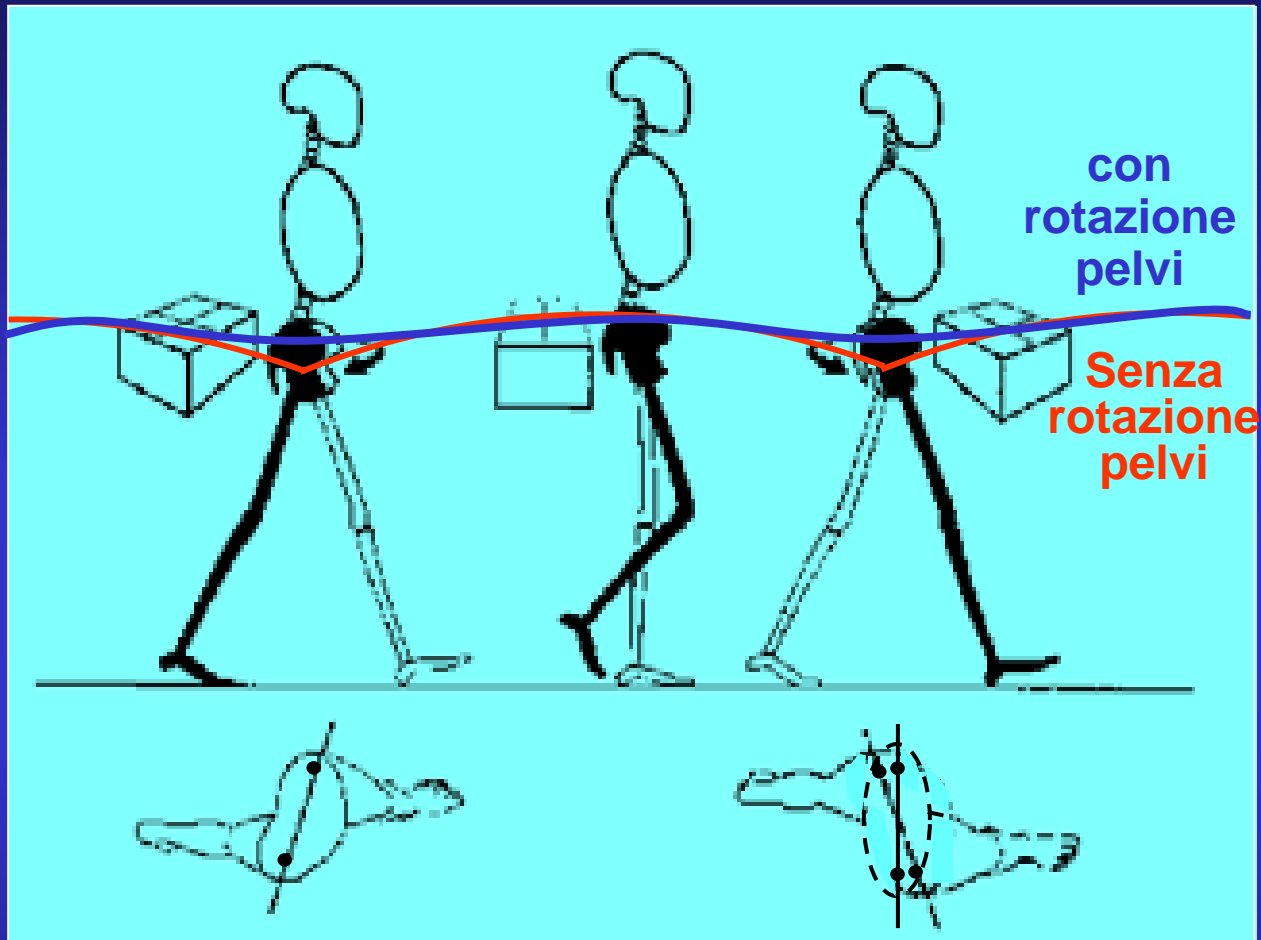
Cammino con RGO

Cammino bipede con gambe rigide
e senza rotazione del bacino



Da Saunders e
coll., 1953

Cammino normale: rotazione del bacino



Modificato da
Perry, 1992

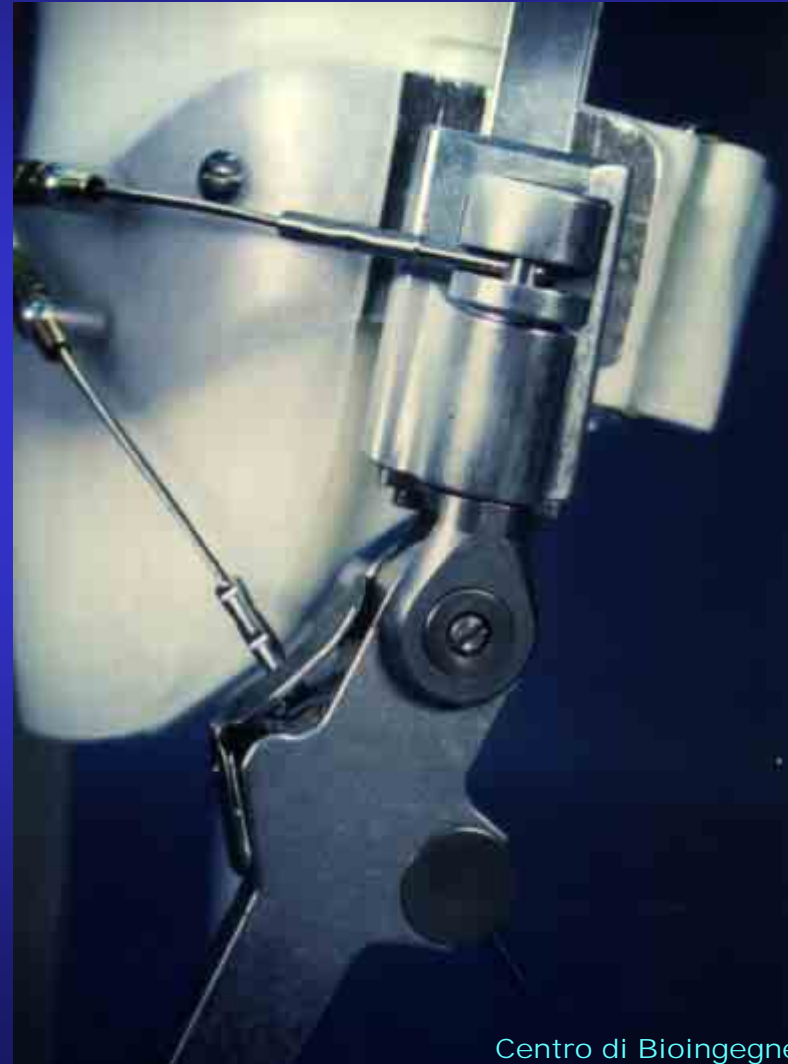
- riduzione del range di flex/ext dell'anca a parità di lungh del passo
- riduzione dell'escursione verticale del centro di massa (CoM)
- riduzione delle forze necessarie per modificare la direz. del CoM

Articolazione d'anca a 2 gdl: R²GO

Flessione/estensione

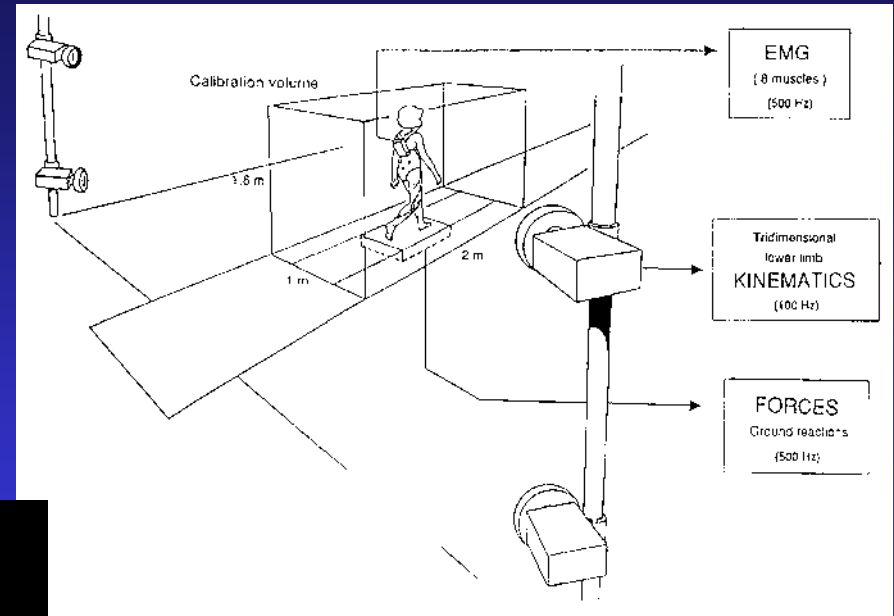


Flessione/estensione +
rotazione esterna/interna



Metodi

Studio cinematico 3D
Protocollo total body



- Maschio, 22 anni, paraplegia completa, lesione spinale T5
- Utente RGO esperto (>3 anni)
- Cammino con RGO e R²GO
- Nessuna differenza significativa nei parametri spazio-temporali del cammino
- $V = 0.4 \text{ m/s}$

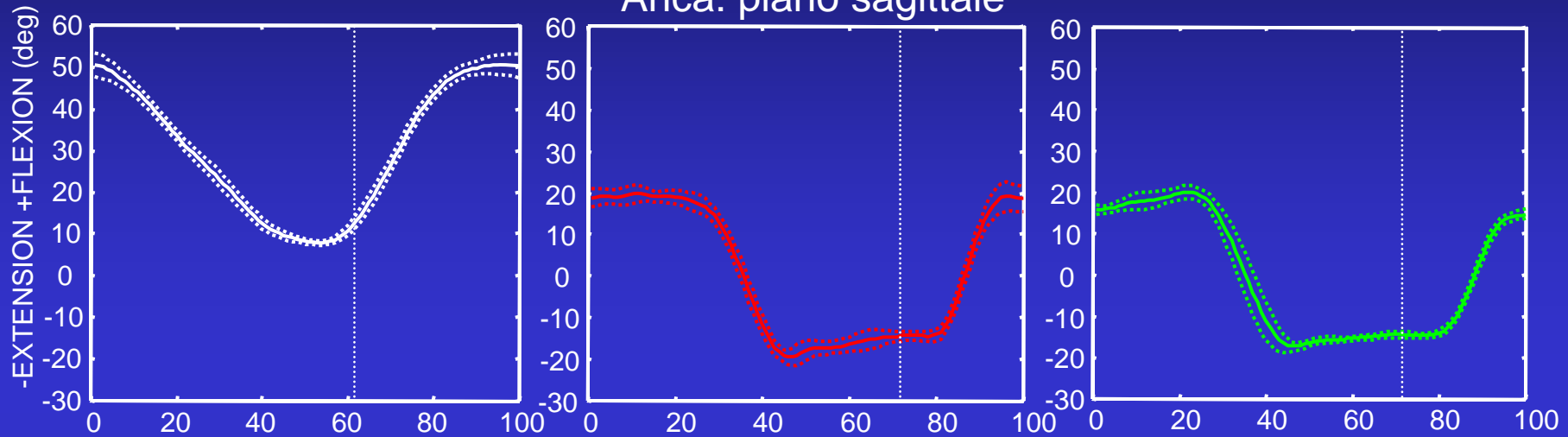
Confronto RGO – R²GO

Normale

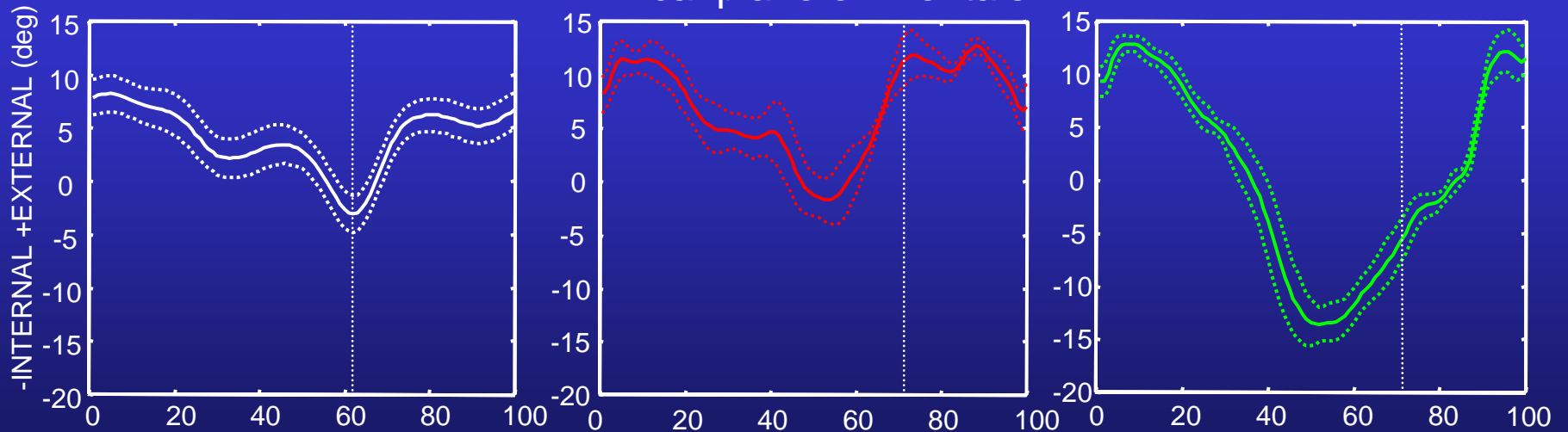
RGO

R²GO

Anca: piano sagittale



Anca: piano orizzontale



Ciclo del passo (%)

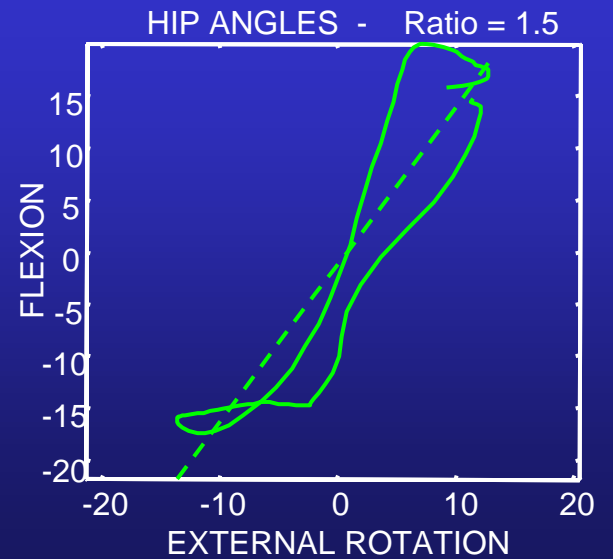
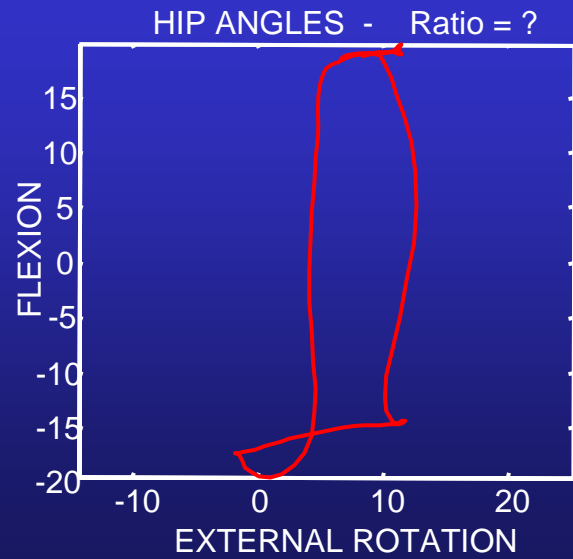
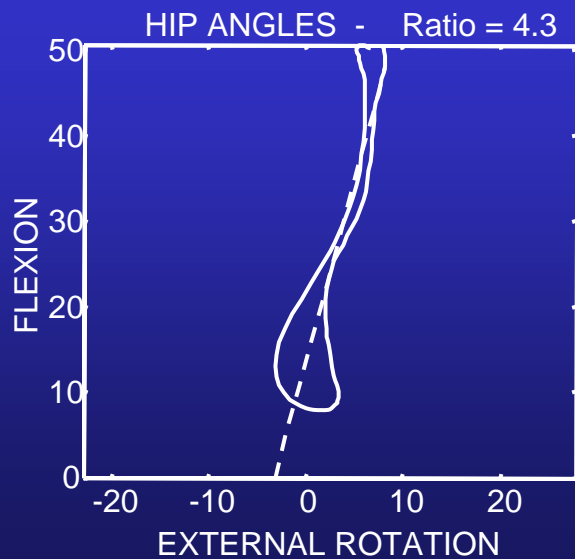
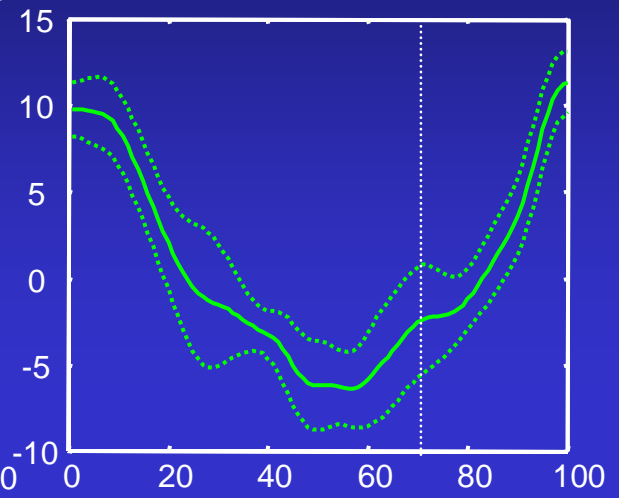
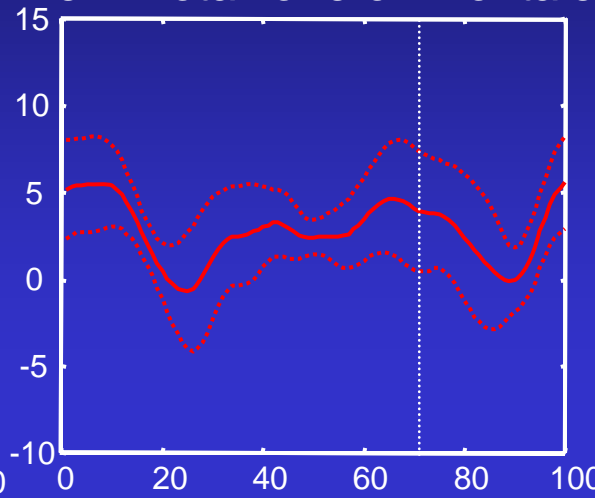
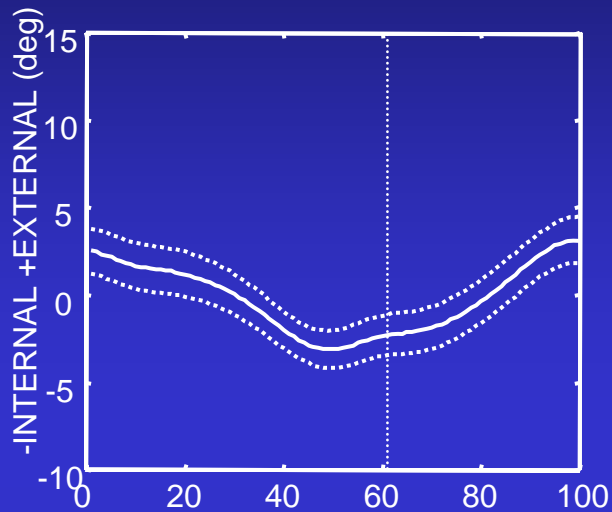
Confronto RGO – R²GO

Normale

RGO

R²GO

Pelvi: rotazione orizzontale



Confronto RGO - R²GO

	Hip sagittal range [°]	Hip transv. range [°]	Pelvis horizon. range [°]	Hip rotation ratio	CoM vertical displac. [mm]
RGO	42	12	5	absent	39
R²GO	37	25	18	1.5	31
Normal	40	10	6	4.3	20

Conclusioni

La rotazione trasversale dell'anca migliora il cammino di soggetti paraplegici con ortesi RGO perchè:

- permette la rotazione orizzontale del bacino
- correla i movimenti sagittali e trasversali dell'anca
- riduce l'escursione verticale del COM

Il rapporto fra rotazione sagittale e trasversale dell'articolazione d'anca deve essere ottimizzato (aumentato)



r2godemo.bat

Esempio 2



Gait analysis di un paziente paraplegico che
utilizza ortesi AFO (Vannini-Rizzoli boots)

Ferrarin M.*, Vannini A.#, Rabuffetti M.*, Pedotti A.°

* *Centro di Bioingegneria FDG, Don Gnocchi Found., Milano, Italy*

Montecatone Rehabilitation Institute, Imola, Italy

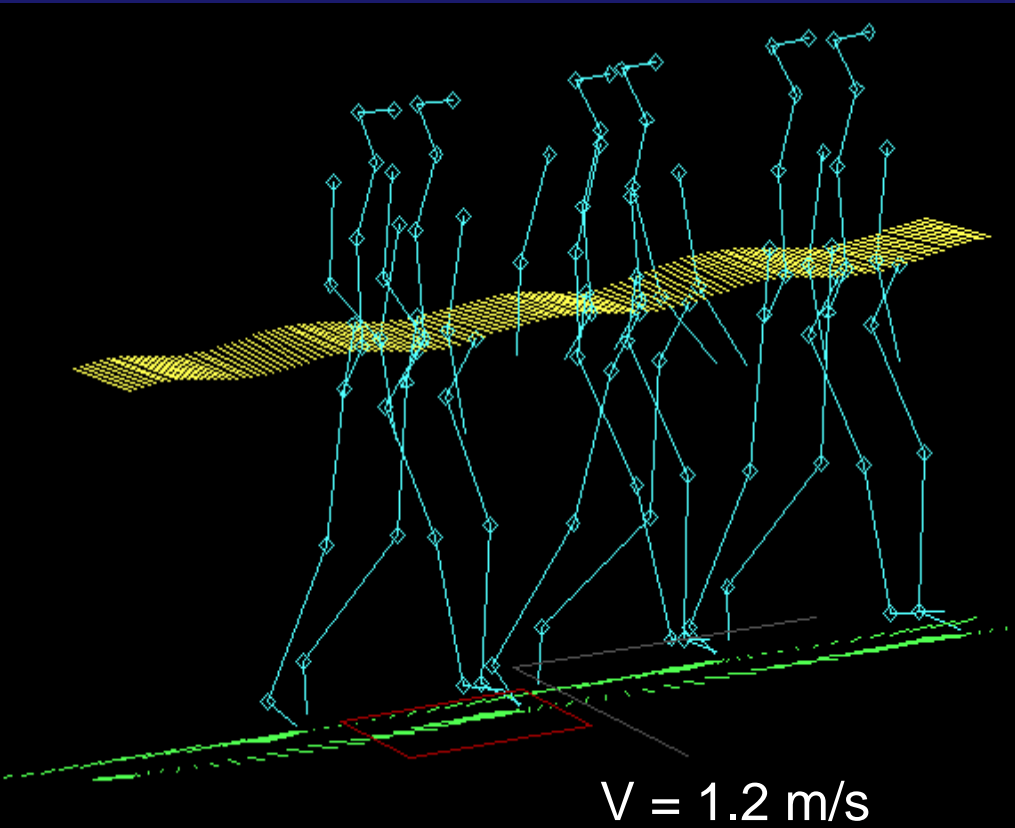
° *Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano, Italy*

3D Walking pattern (Stick Diagram)



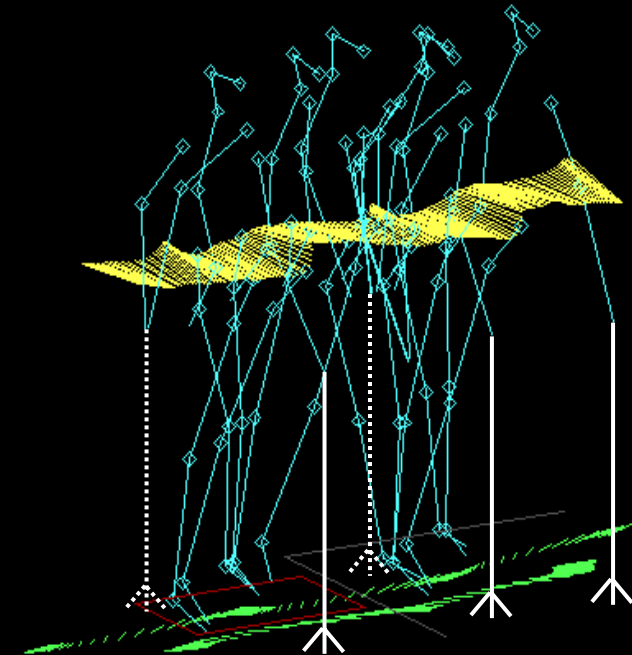
Paraplegic patient (T12) using Vannini-Rizzoli (AFO) boots

97xxxx07



Normal walking

$V = 1.2 \text{ m/s}$

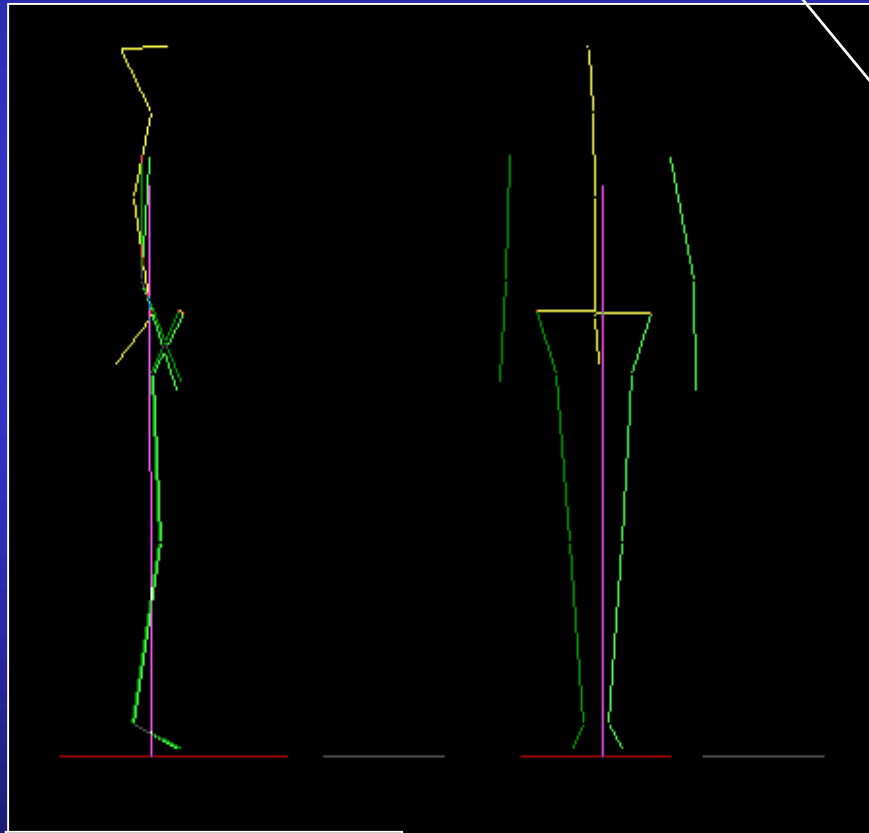


$V = 0.3 \text{ m/s}$

ESC = FINE PROGRAMMA F1 = MENU RAPPRESENTAZ.

S . A . F . Lo

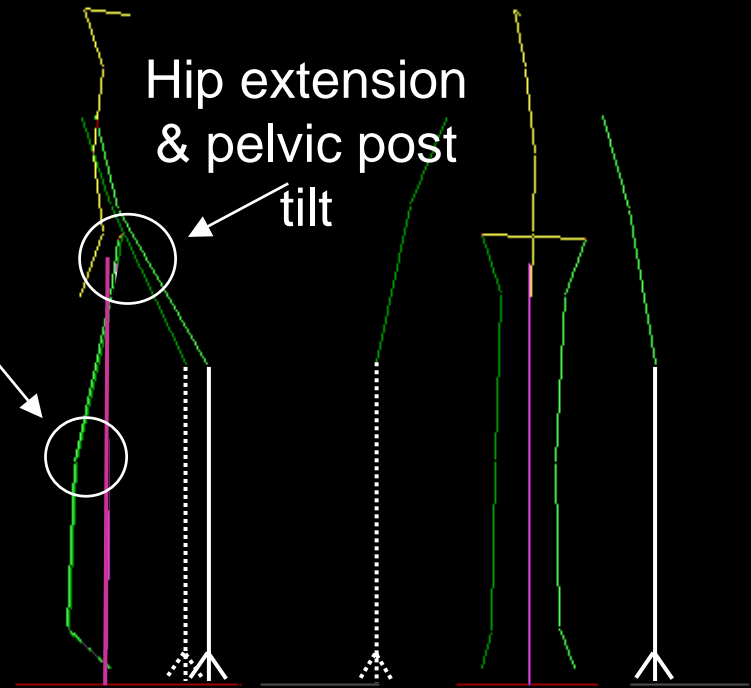
Standing posture



Normal subject

Knee hyperextension

Paraplegic patient with AFO boots



To avoid joints' collapse
GRF must be in front of the
knee and behind the hip

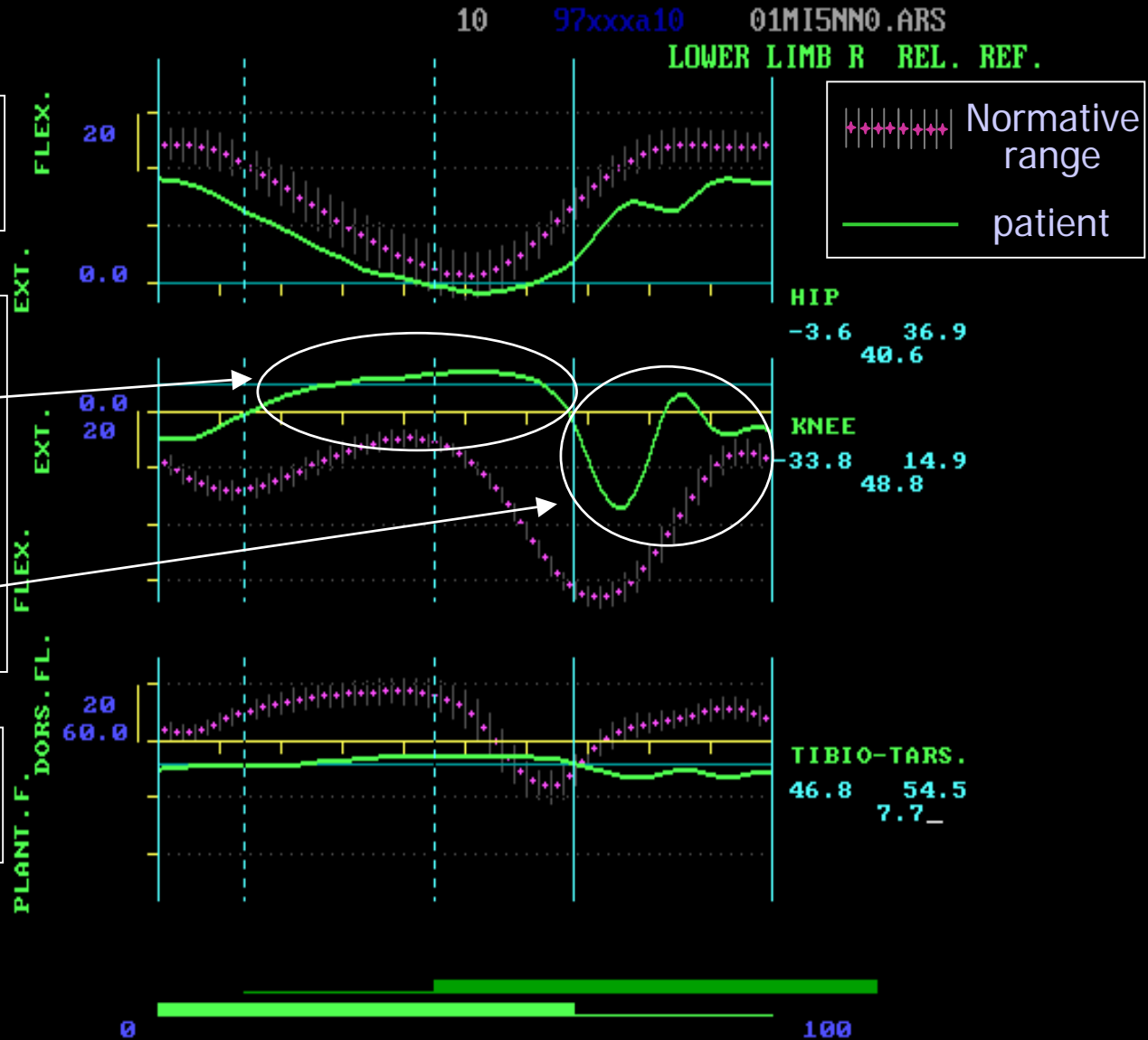


Lower limb joints' kinematics

- Hip joint always in slight extension

- Knee joint in hyperextension during stance
- Free oscillation during swing

- Ankle joint locked in plantarflexion

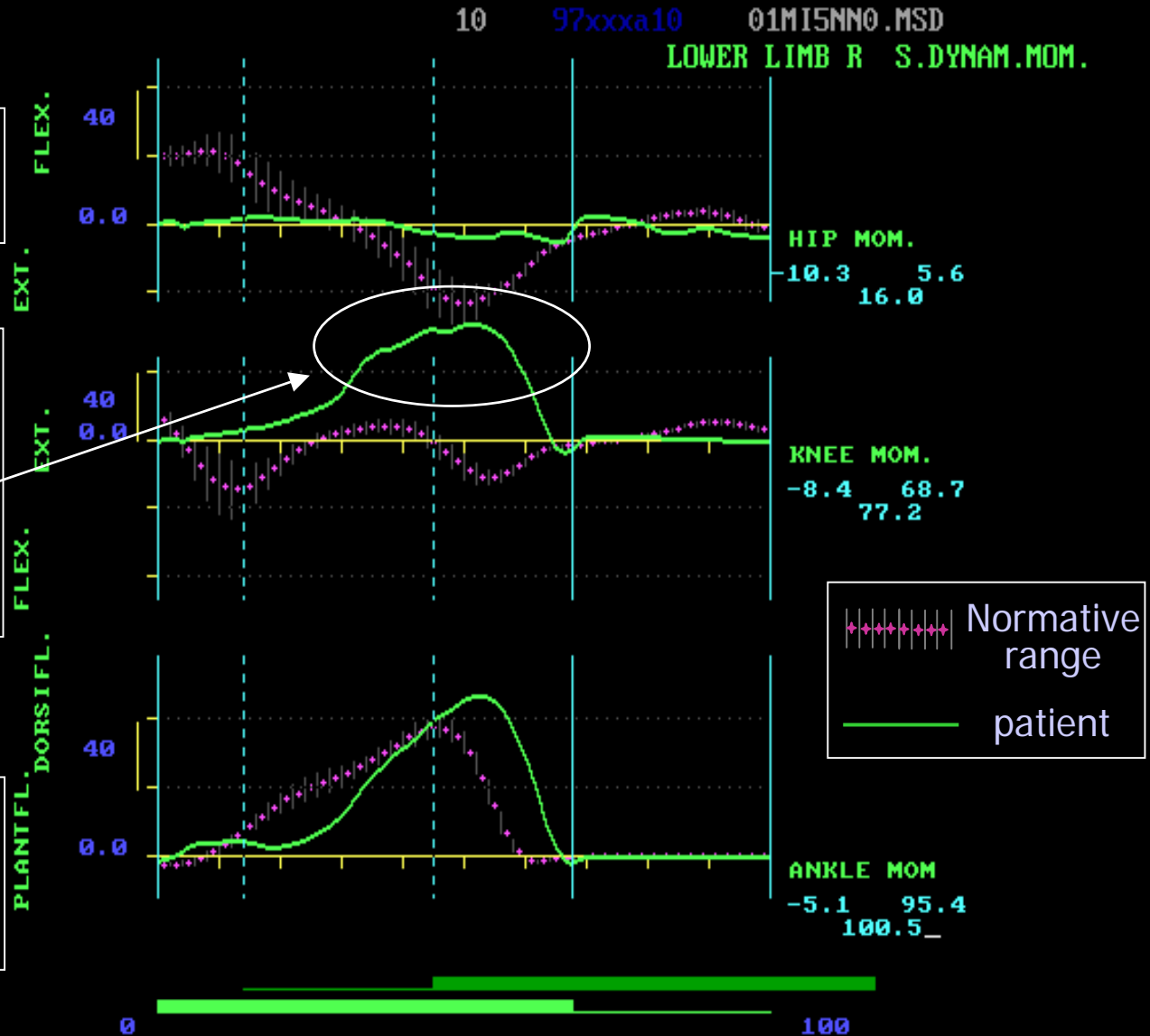


Lower limb joints' moments

- Almost no moment at the hip

- Large extension moment at the knee (up to 70 Nm!)
supported by joint passive tissues

- Dorsiflexion moment at the ankle supported by AFO



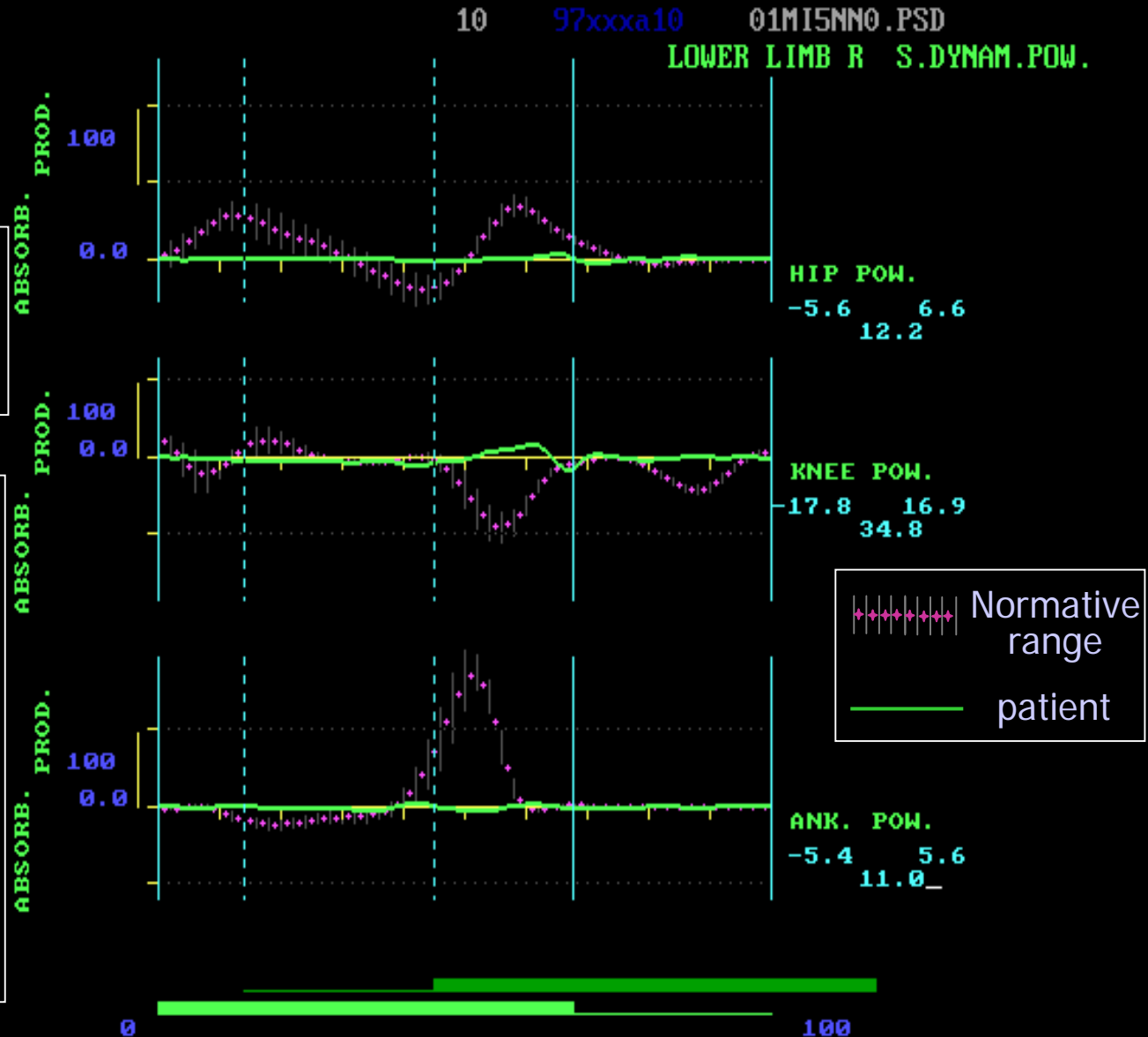
Lower limb joints' power

$V = 0.3 \text{ m/s}$

No power production/absorption at lower limb joints

Where does the energy to walk come from?

- Gravity & inertia: leg oscillation during the swing phase
- Residual muscles: upper limbs & trunk



Analisi degli effetti funzionali di splint nella distonia focale: il crampo del musicista

La distonia focale (crampo del musicista) è una sindrome caratterizzata da involontarie e simultanee co-contrazioni di muscoli agonisti e antagonisti, che limita la velocità, destrezza e coordinazione nell'esecuzione di specifici movimenti (o pezzi musicali). E' altamente invalidante e può determinare la fine della carriera concertistica. (Incidenza: 1 su 500; dall'8 al 14% delle patologie profes.)



Opzioni terapeutiche :

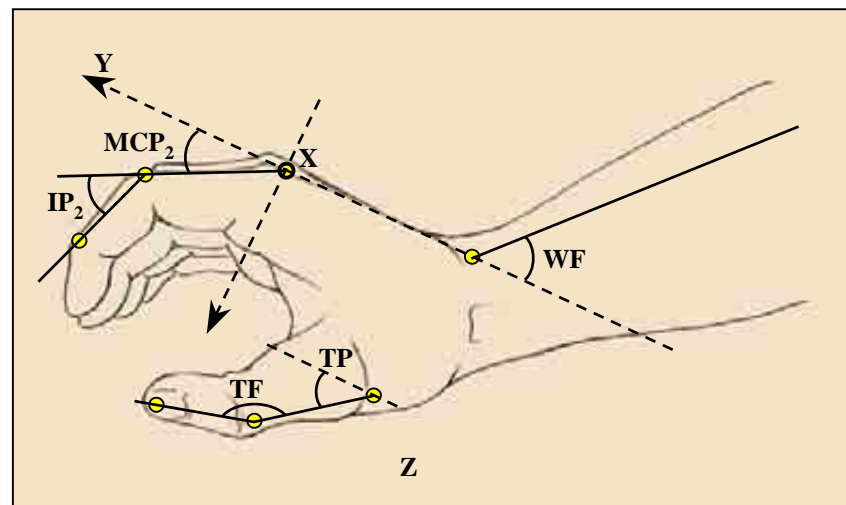
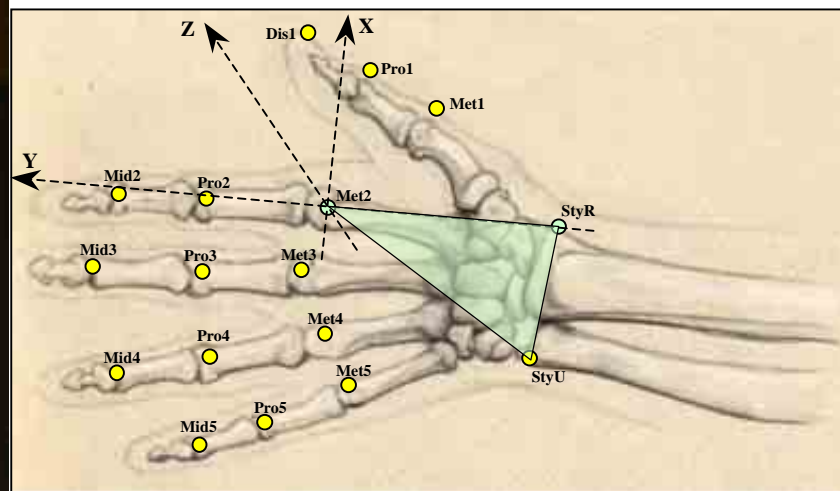
- Rieducazione al gesto
- Tossina botulinica
- Splint

Case study



- Pianista professionista, anni 42
- Distonia focale alle dita della mano destra
(insorgenza sul 2° dito, poi coinvolgimento del 1° e 3°)
- Trattamento mediante splint su 1°, 2° e 3° dito
- Protocollo sperimentale: esecuzione di scale con entrambe le mani “ad aprire” e “a chiudere”, velocità di esecuzione 448 note/minuto

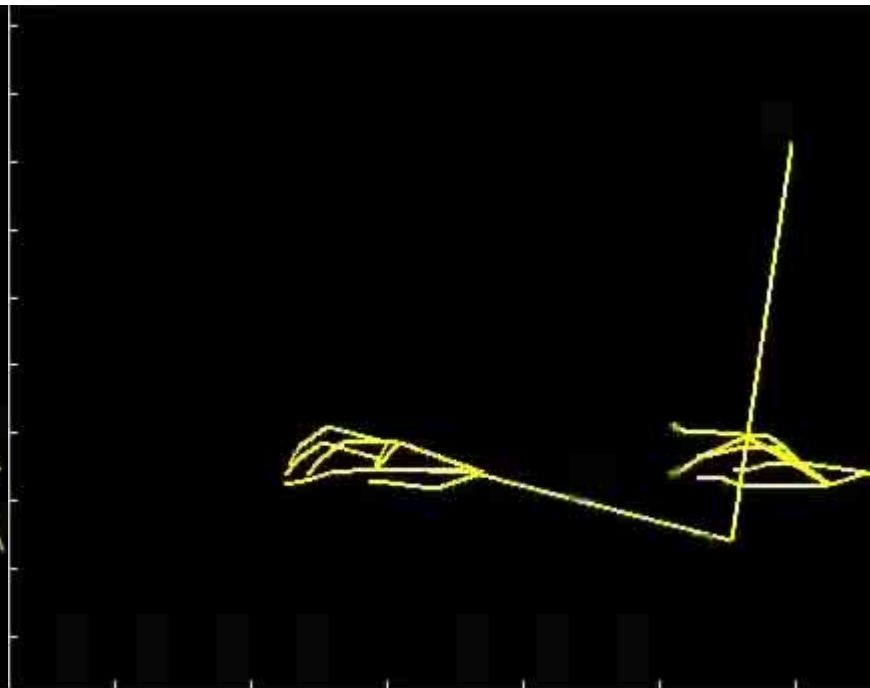
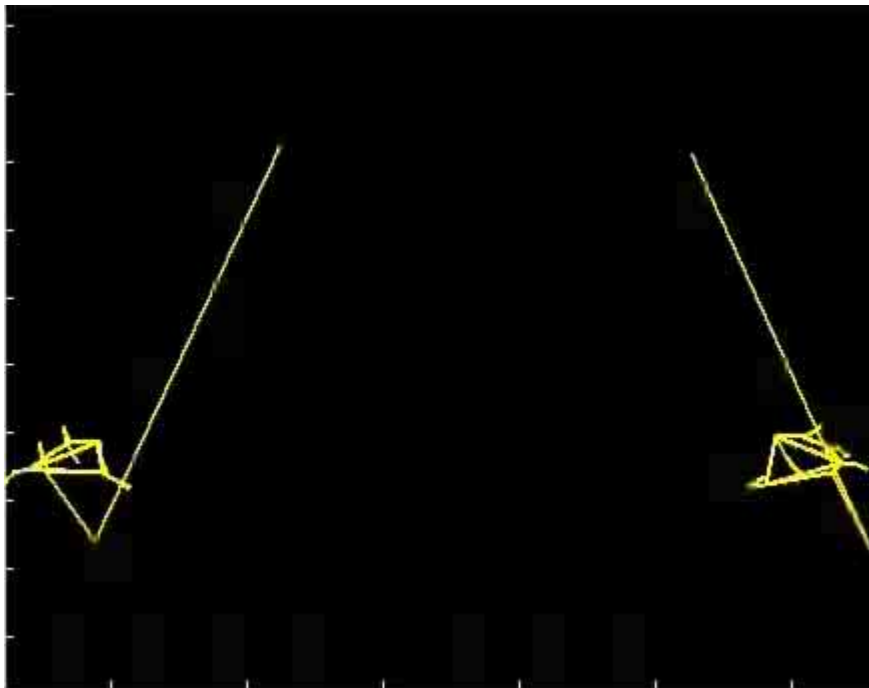
Protocollo pianisti: aspetti tecnici



23 marcatori per arto: 19 mano,
2 polso, 1 gomito, 1 spalla

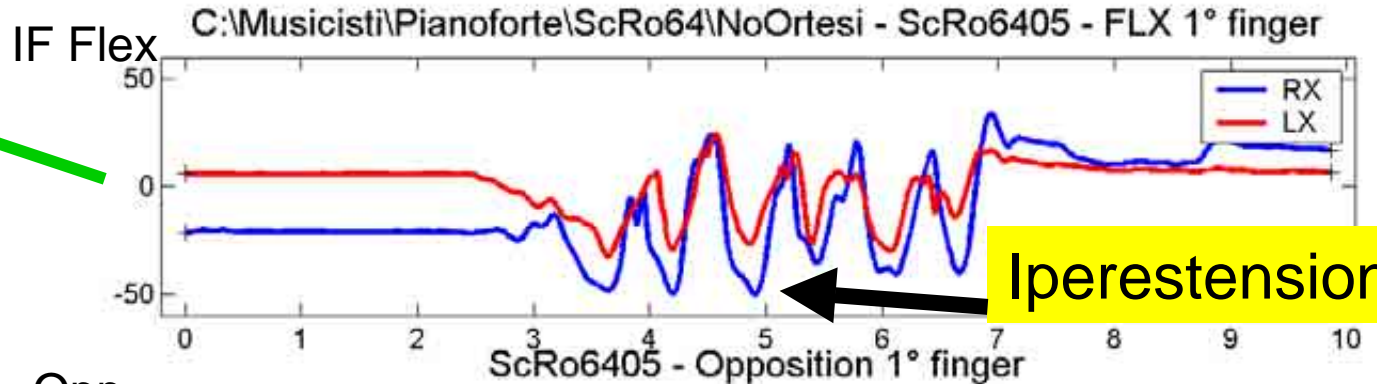
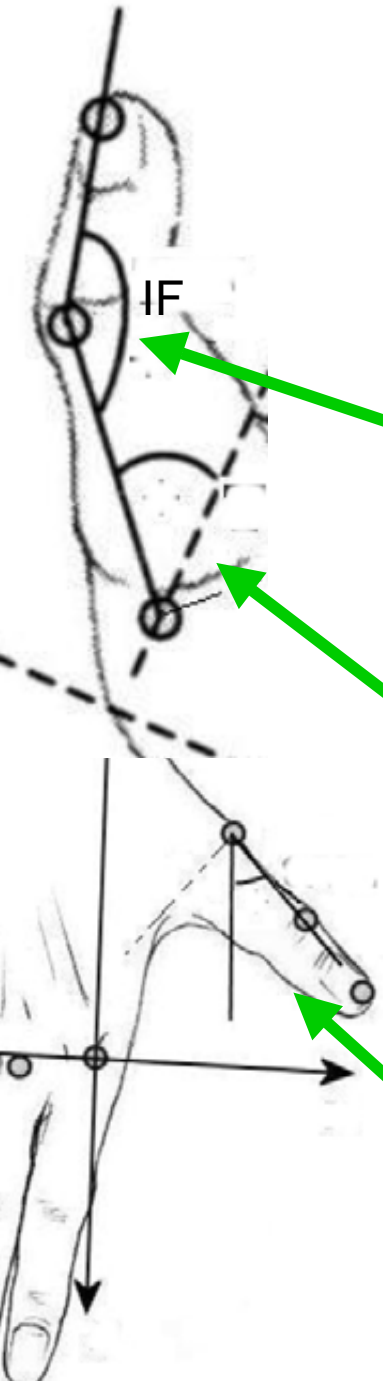
sEMG 3 canali per arto: muscoli
flessori (radiale e ulnare) ed
estensori di polso e dita

Variabili: - fl/ext MCF (2,3,4,5 dito)
- fl/ext IF prox-dist (2,3,4,5 dito)
- fl/ext IF, abd/add, opp (pollice)

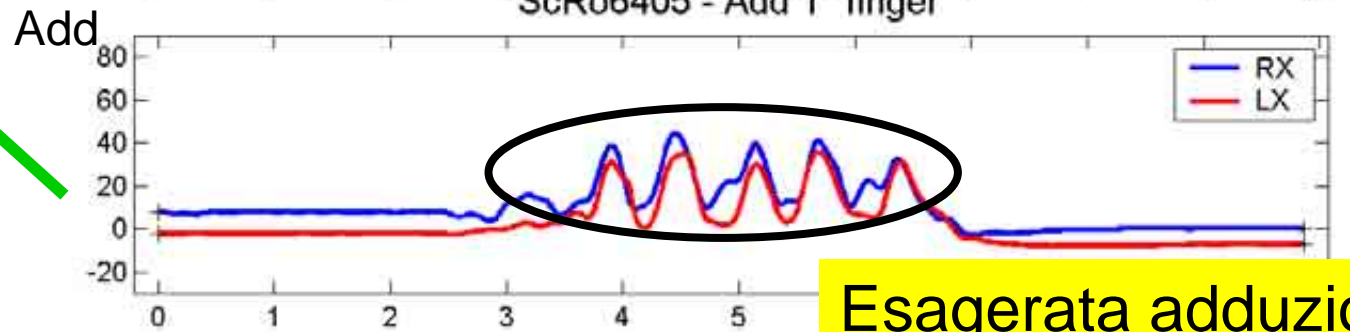
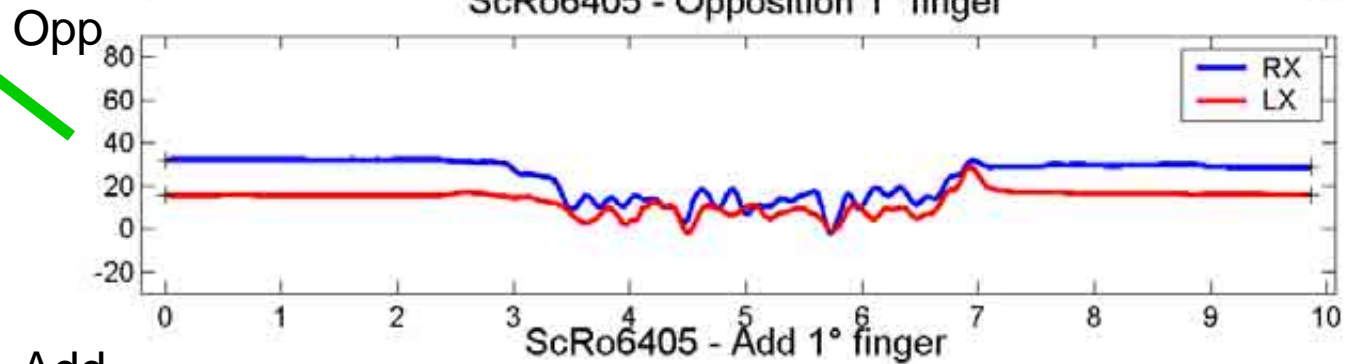


- Gravi difficoltà riportate dalla musicista
- Eccessiva estensione del 2° dito della mano destra rilevabile visivamente
- L'esame visivo non consente di identificare
 - Alterazioni di ampiezza minore
 - Timing delle alterazioni

1° dito – No Splint



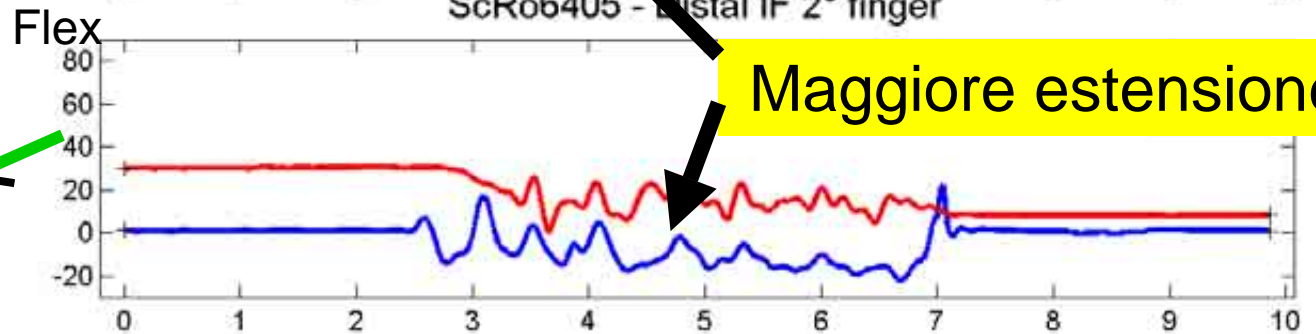
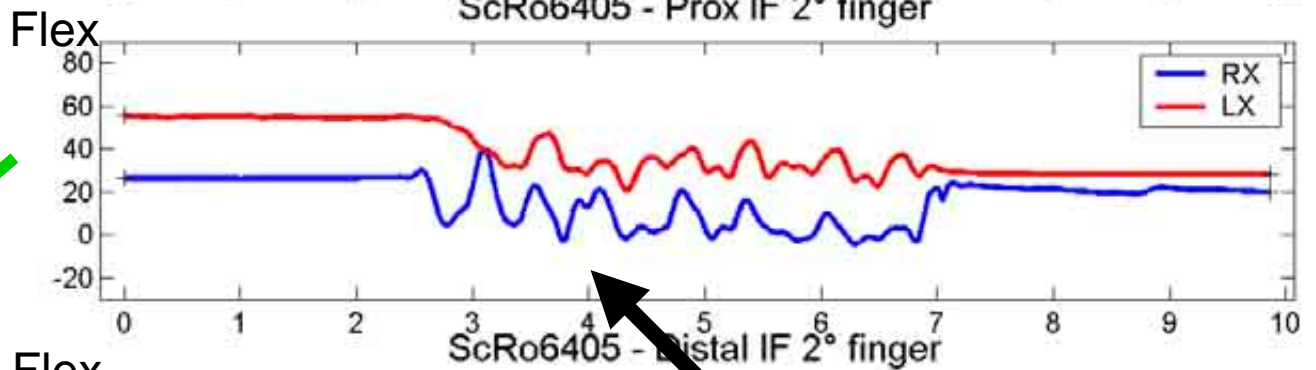
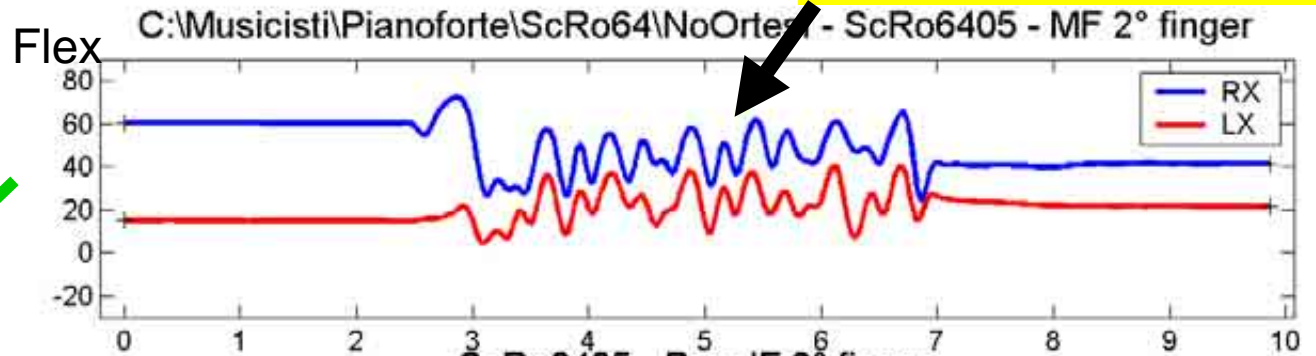
Iperestensione



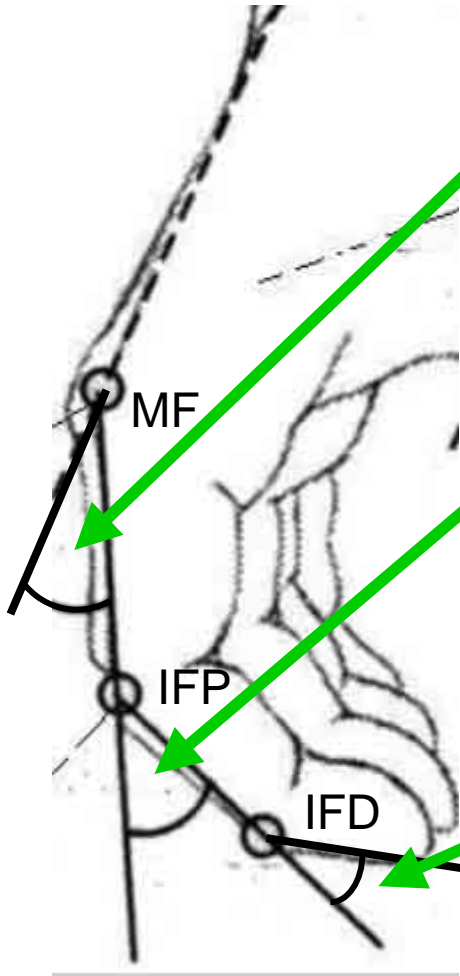
Esagerata adduzione

2° dito – No Splint

Maggiore flessione

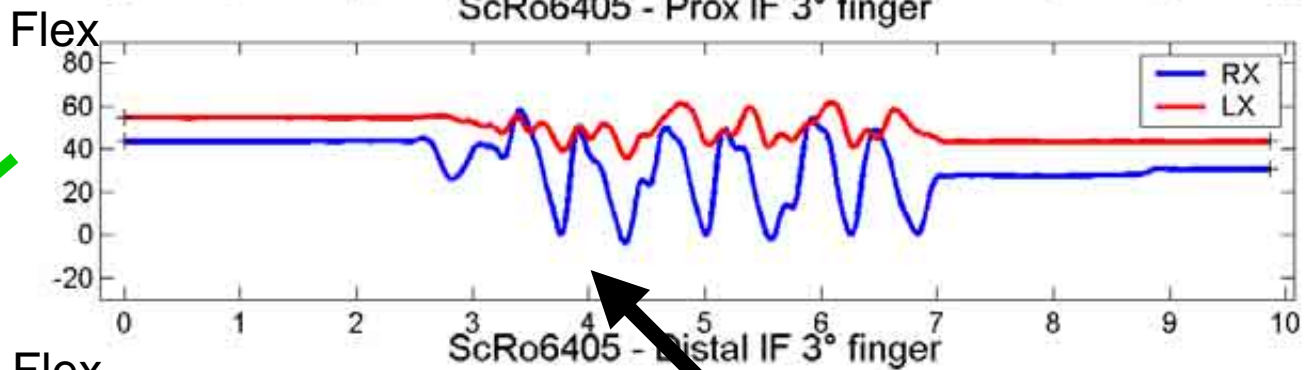
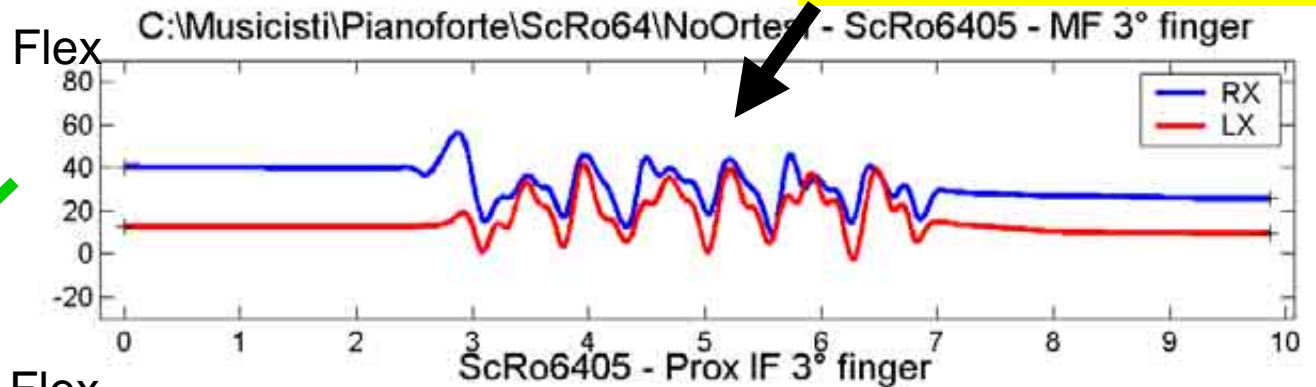


Maggiore estensione

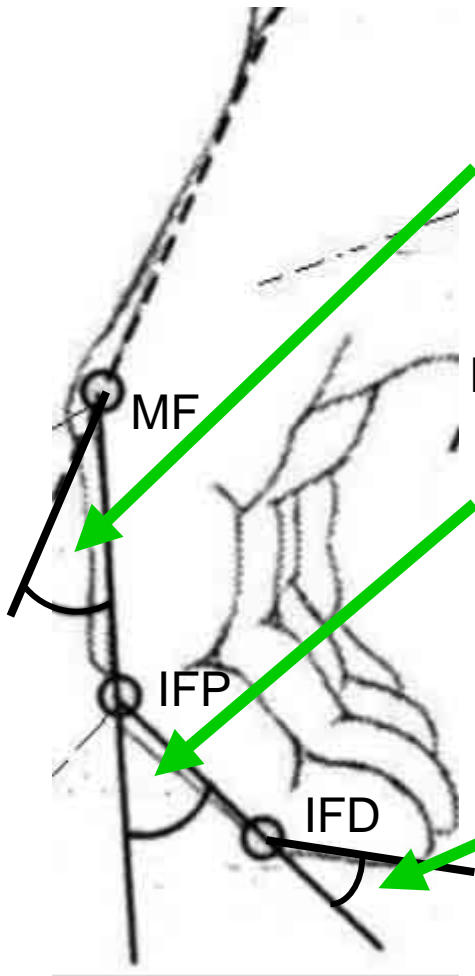
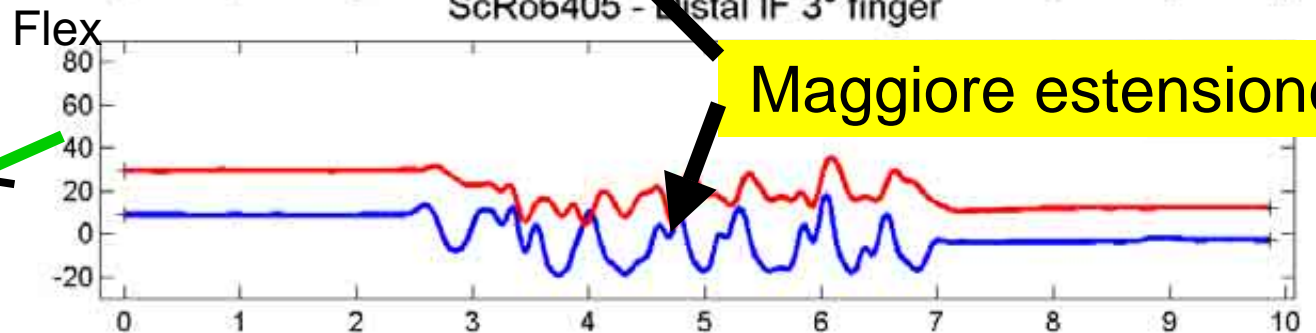


3° dito – No Splint

Maggiore flessione

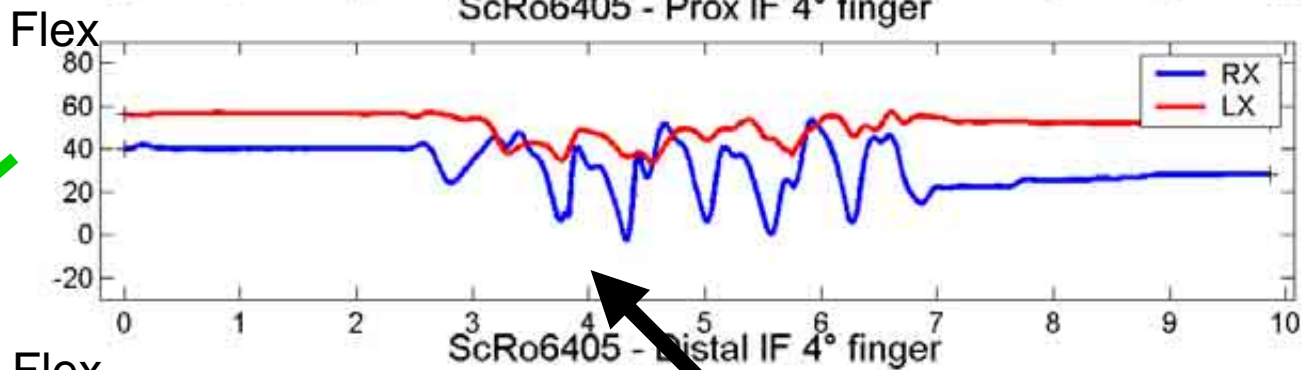
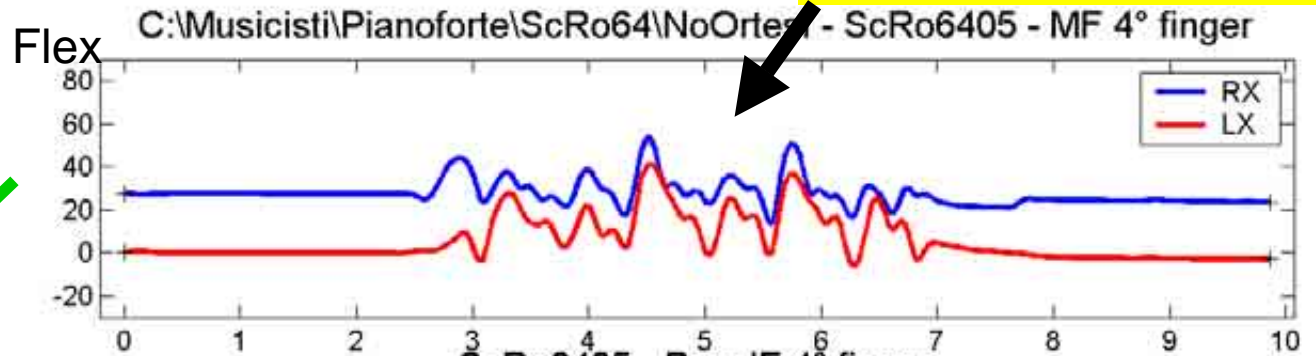


Maggiore estensione

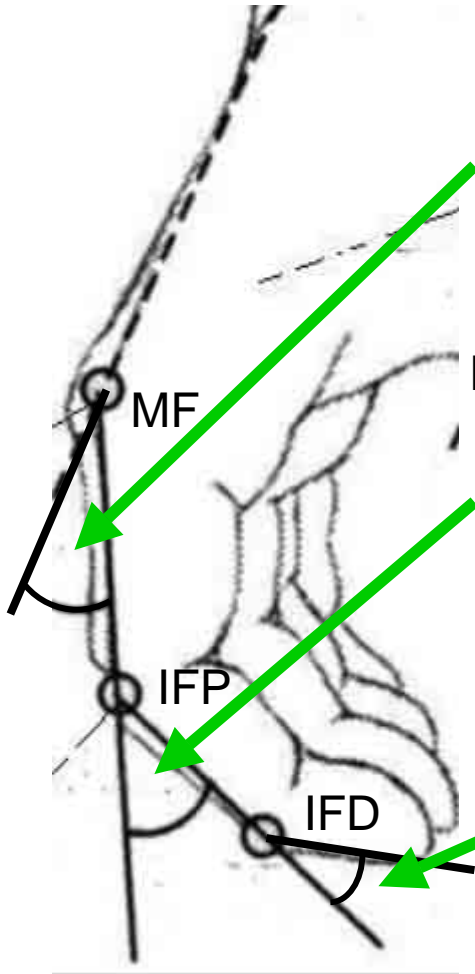
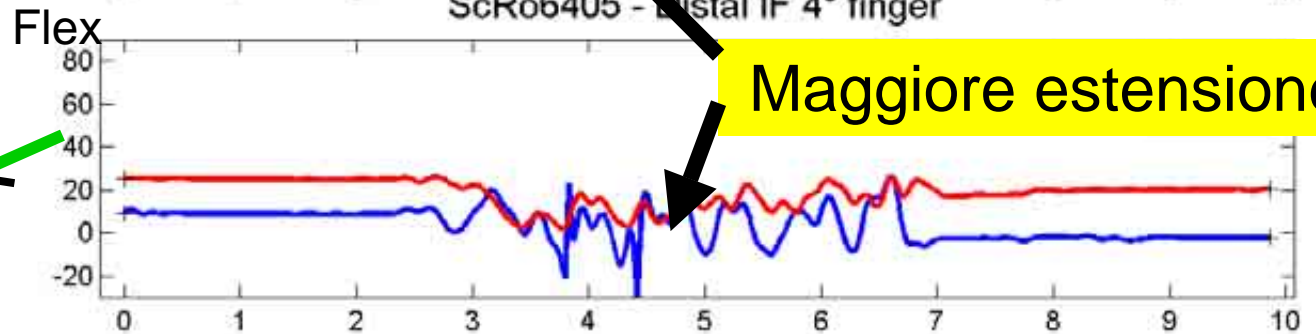


4° dito – No Splint

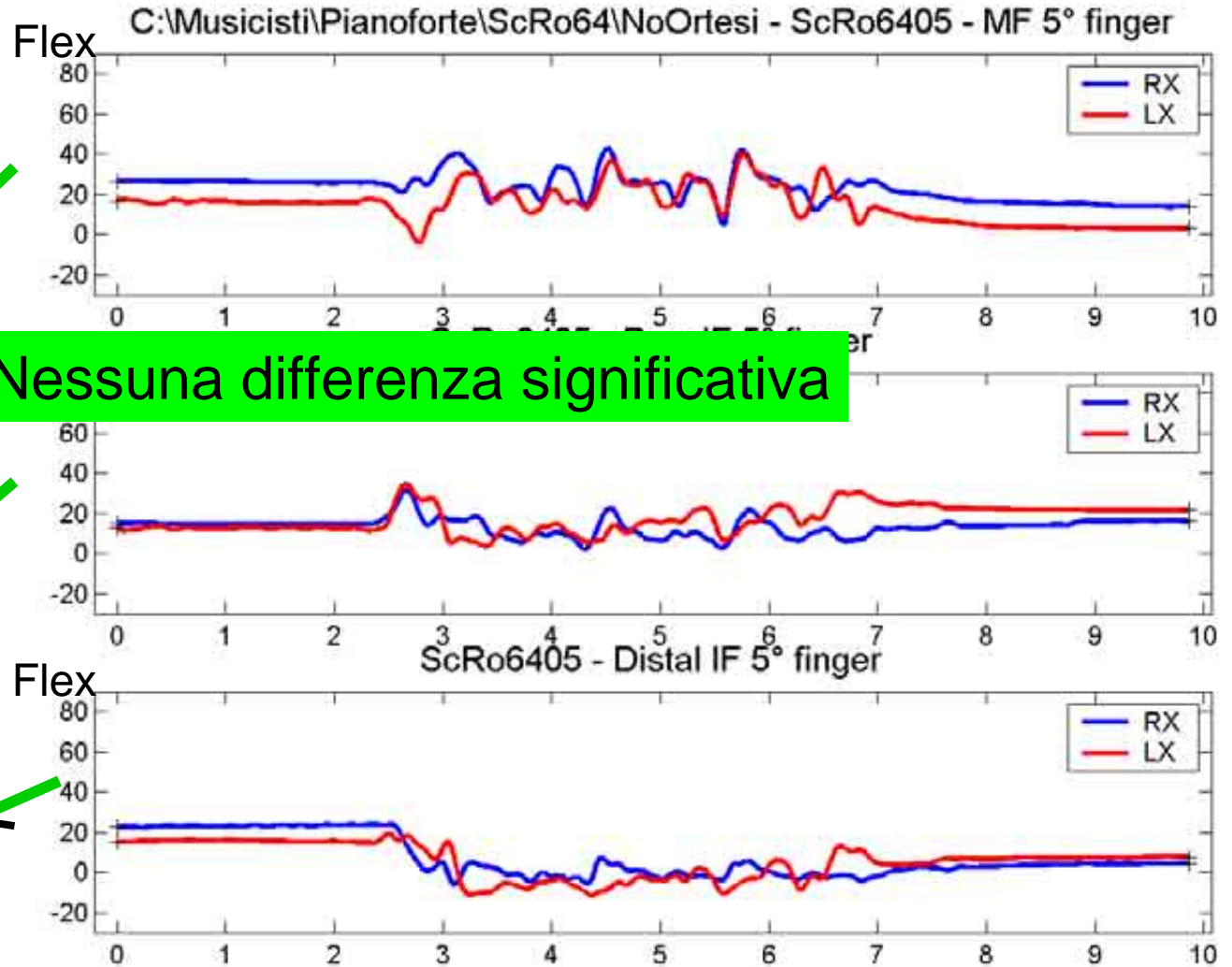
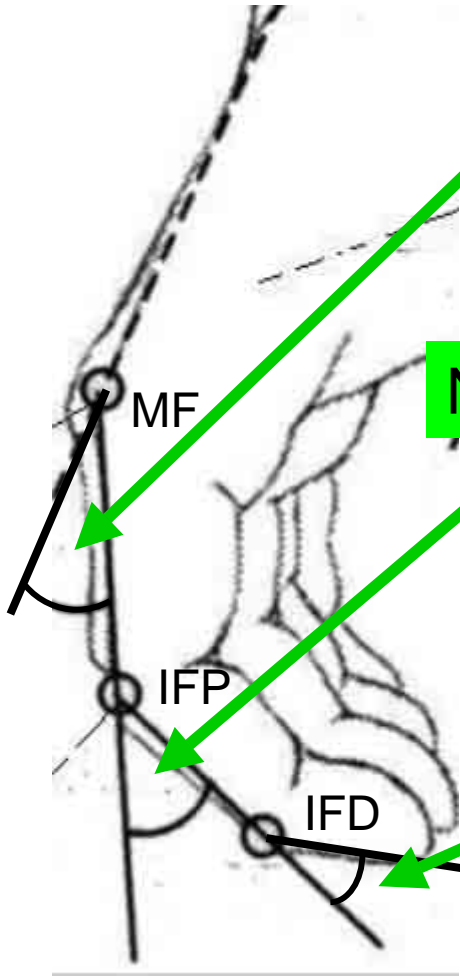
Maggiore flessione



Maggiore estensione



5° dito – No Splint



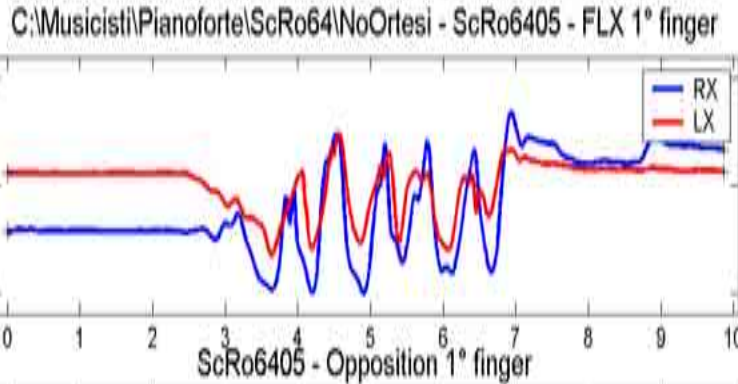
1° dito

No Splint

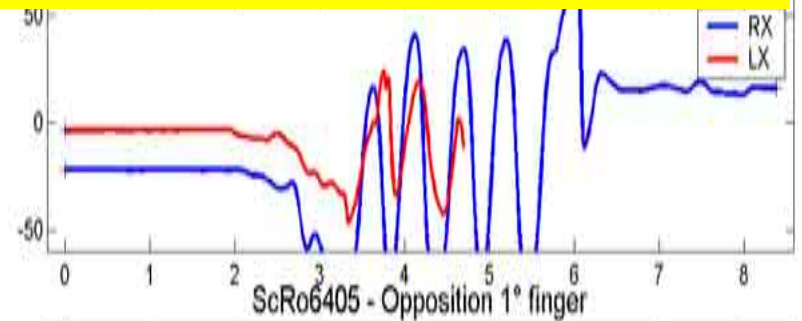


Splint12

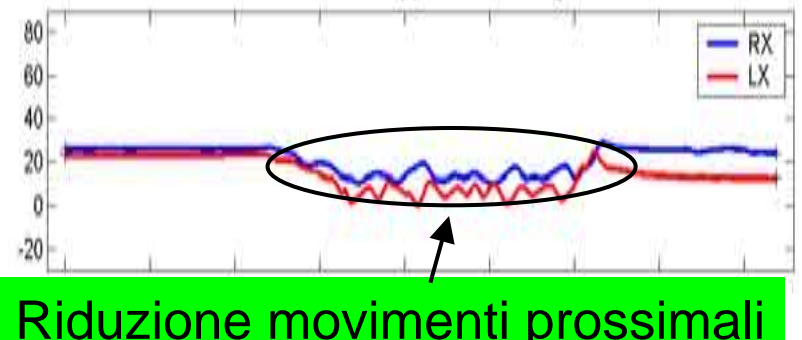
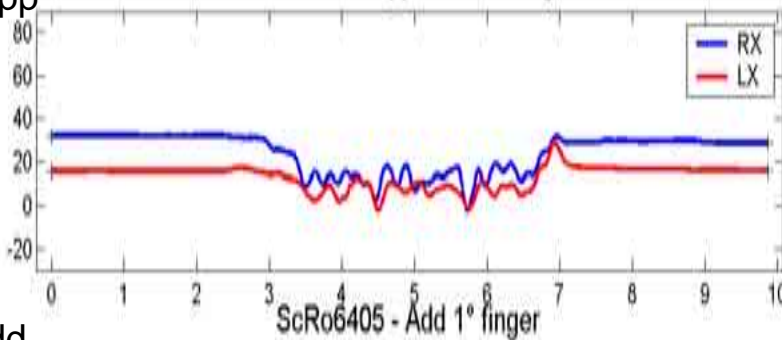
IF Flex



Aumento range IF per compenso

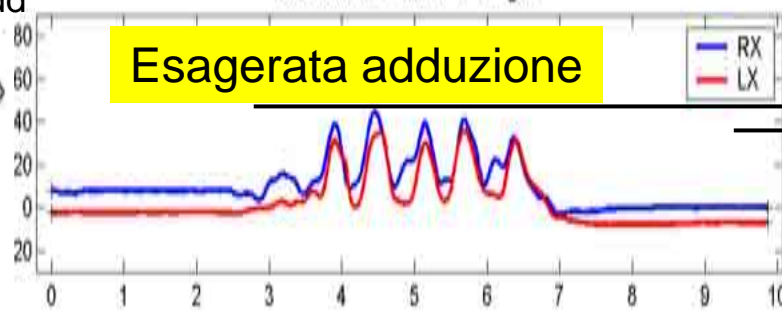


Opp

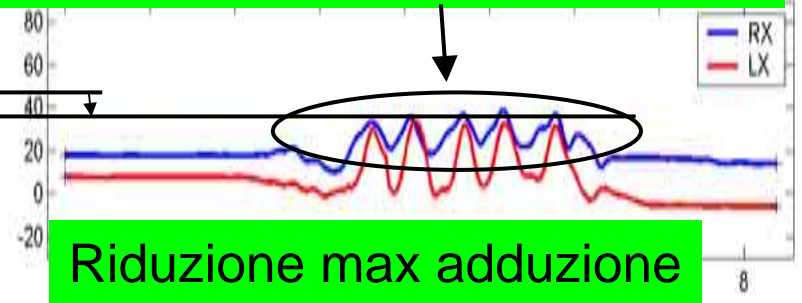


Add

Esagerata adduzione



Riduzione movimenti prossimali



Riduzione max adduzione



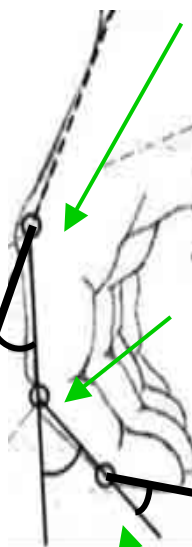
2° dito

No Splint

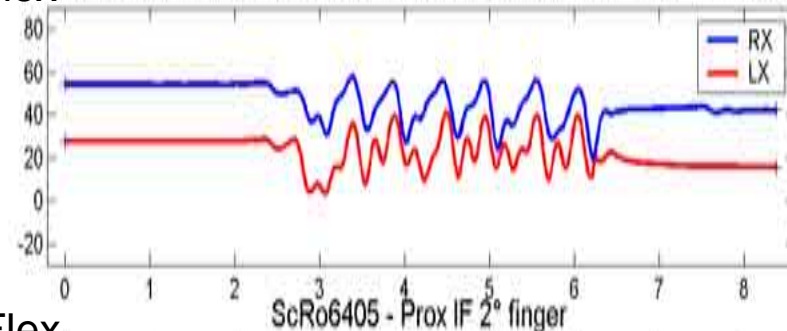
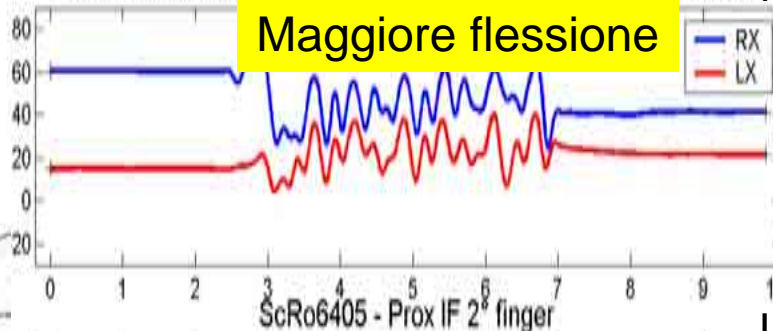


Splint12

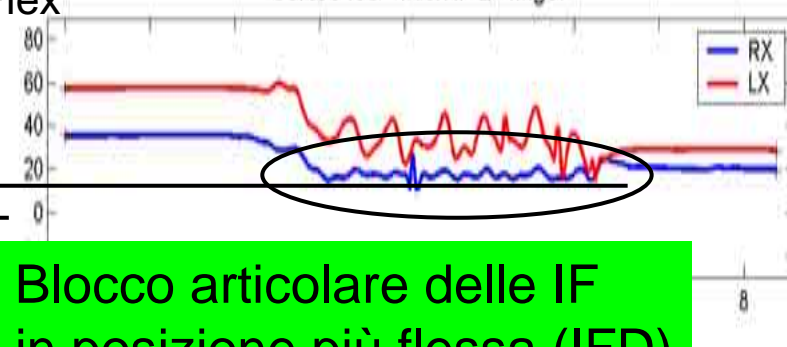
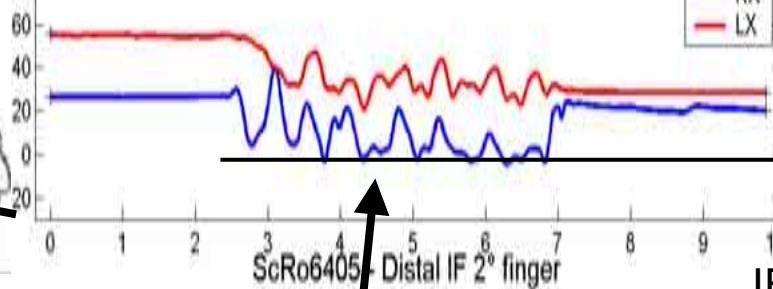
Movimenti più regolari della MF



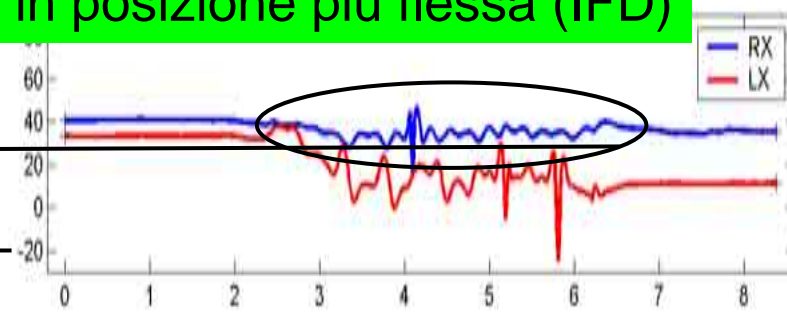
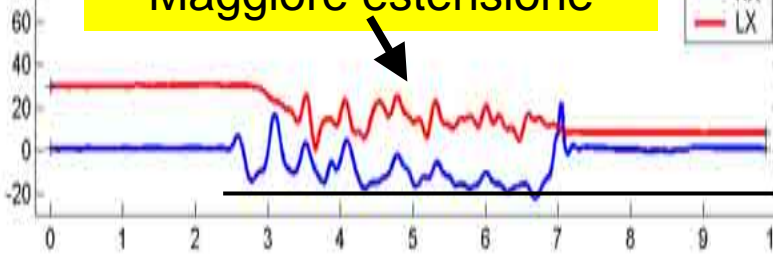
C:\Musicisti\Pianoforte\ScRo64\NoOrtesi - ScRo6405 - MF 2° finger



ScRo6405 - Prox IF 2° finger



ScRo6405 - Distal IF 2° finger

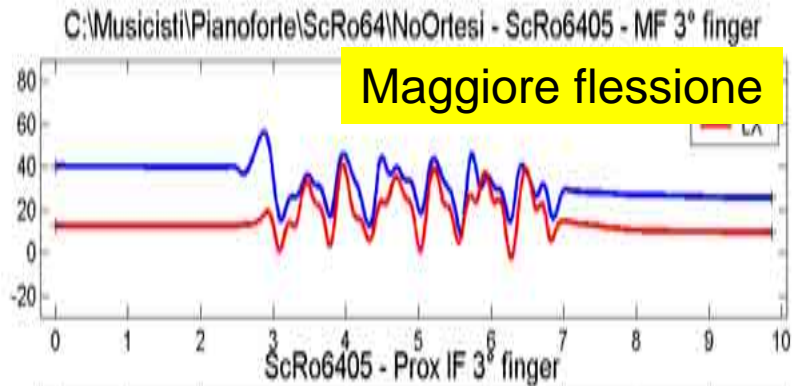


Blocco articolare delle IF in posizione più flessa (IFD)

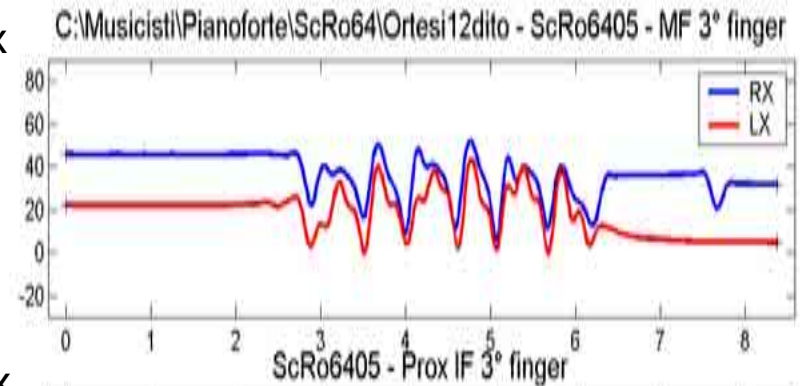
3° dito No Splint



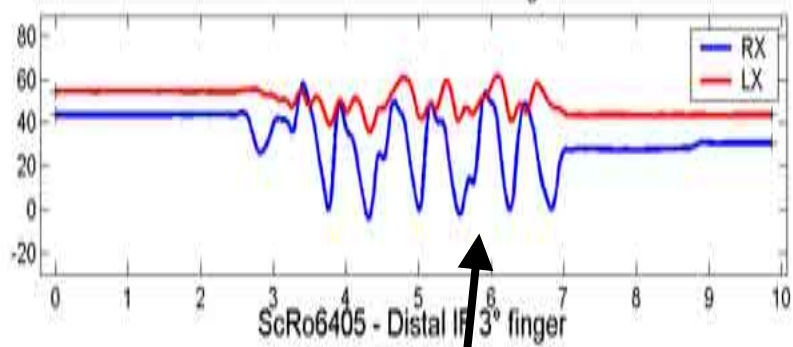
Splint12



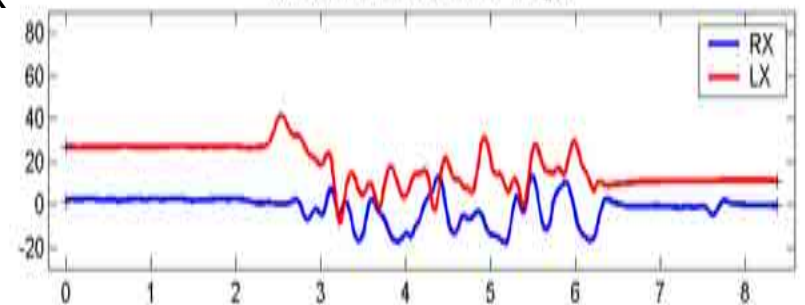
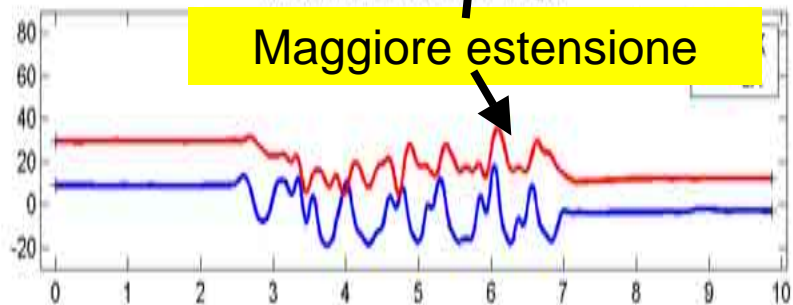
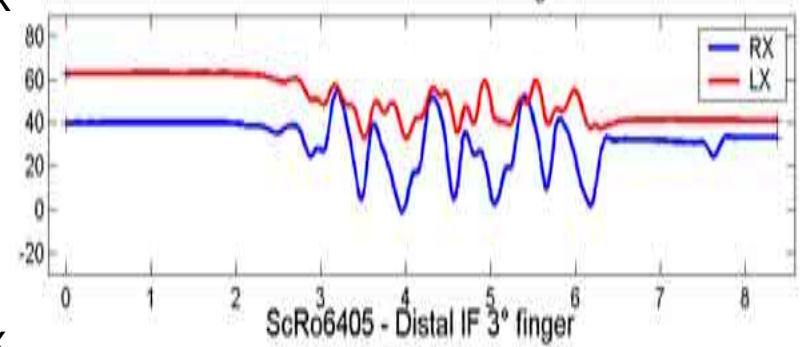
MF Flex



IFP Flex



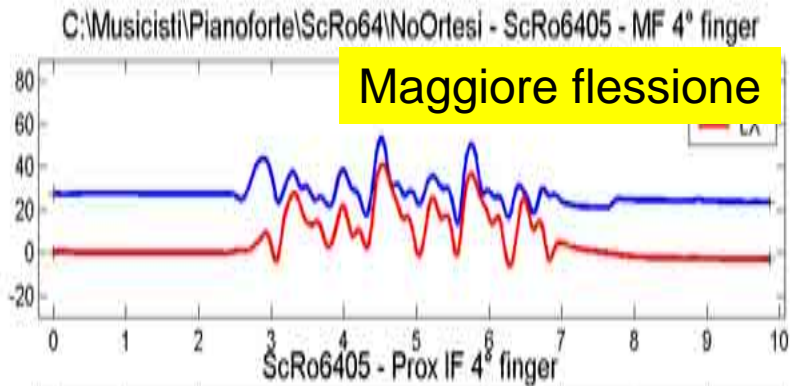
IFD Flex



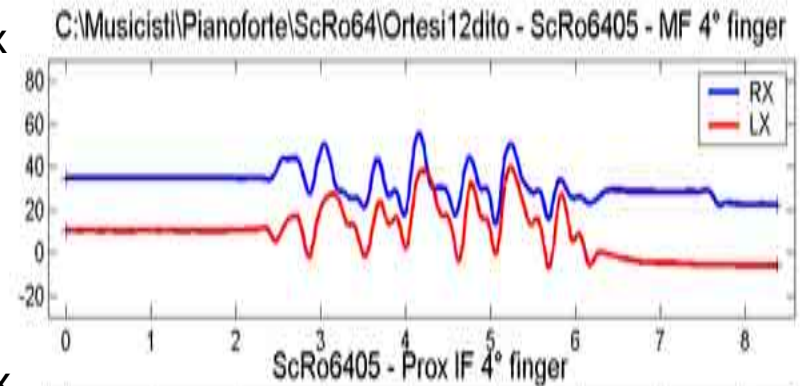
4° dito No Splint



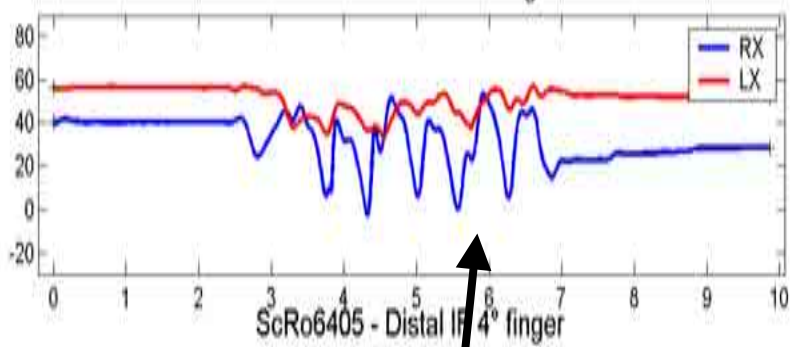
Splint12



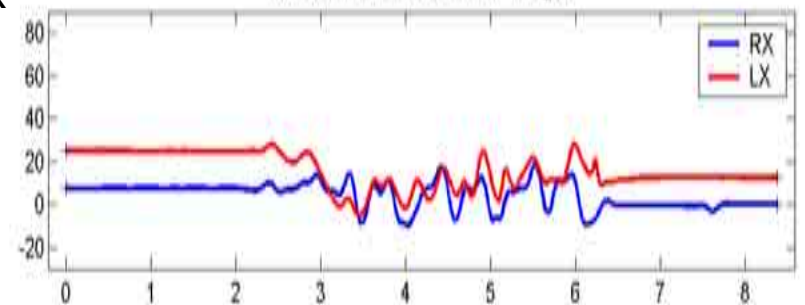
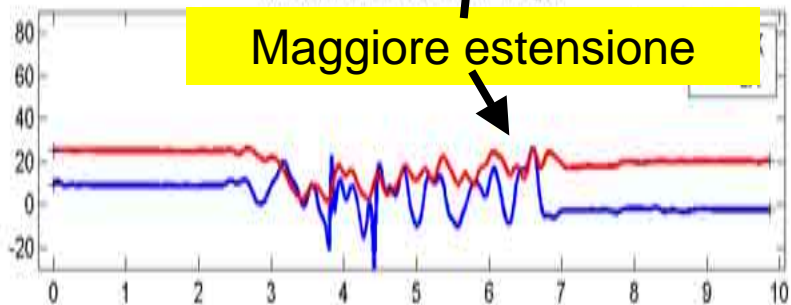
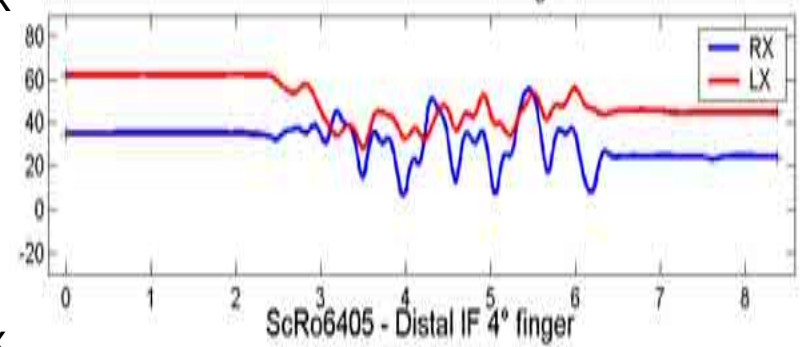
MF Flex



IFP Flex



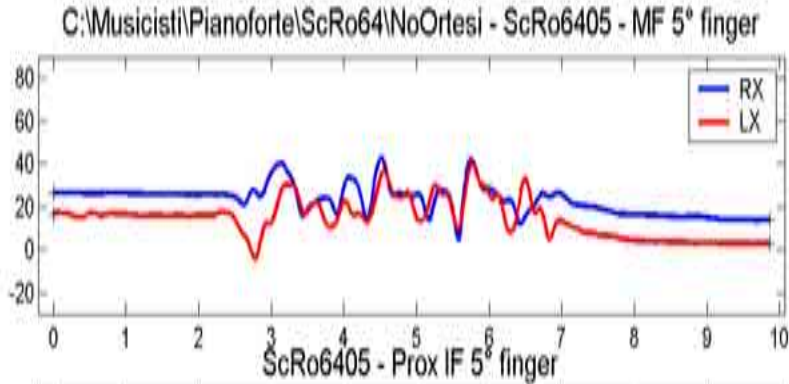
IFD Flex



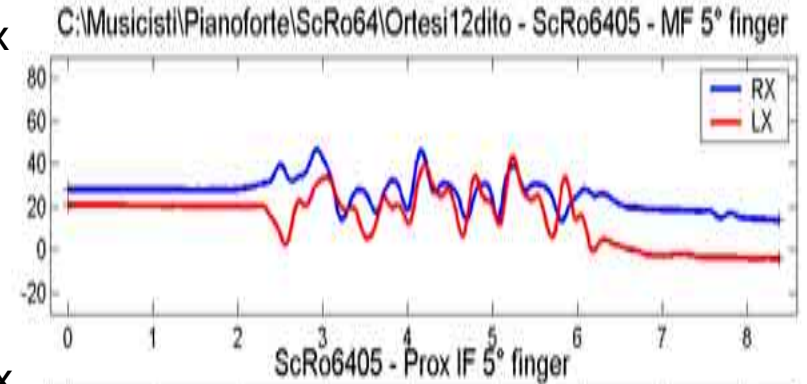
5° dito No Splint



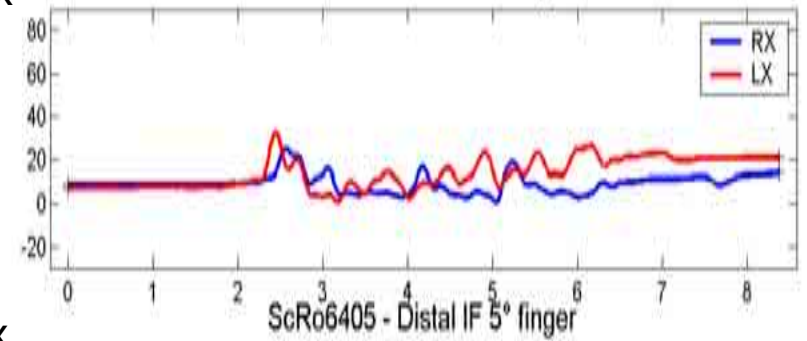
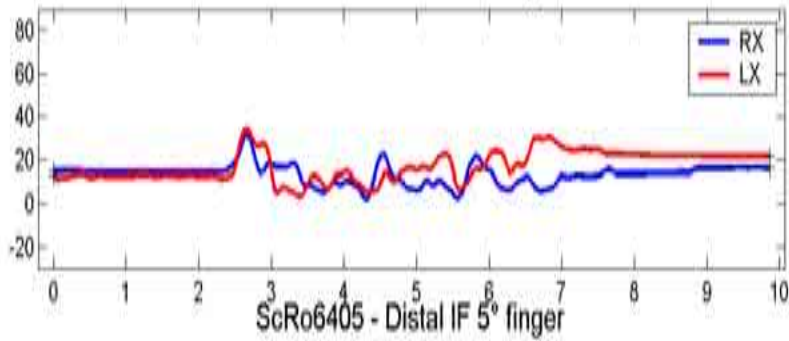
Splint12



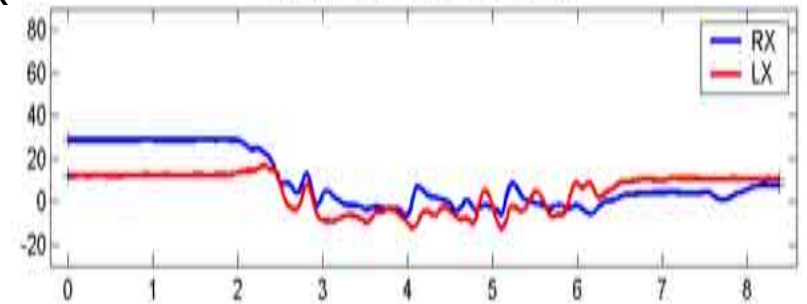
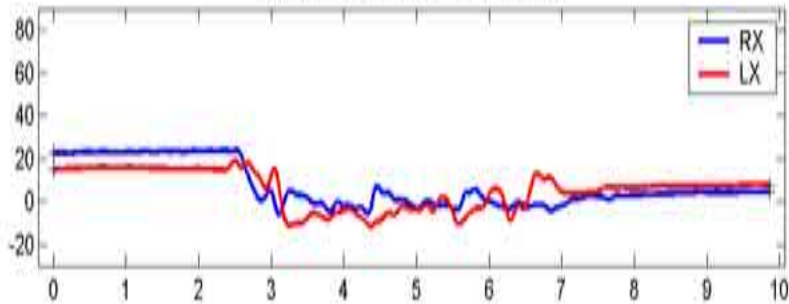
MF Flex



IFP Flex



IFD Flex



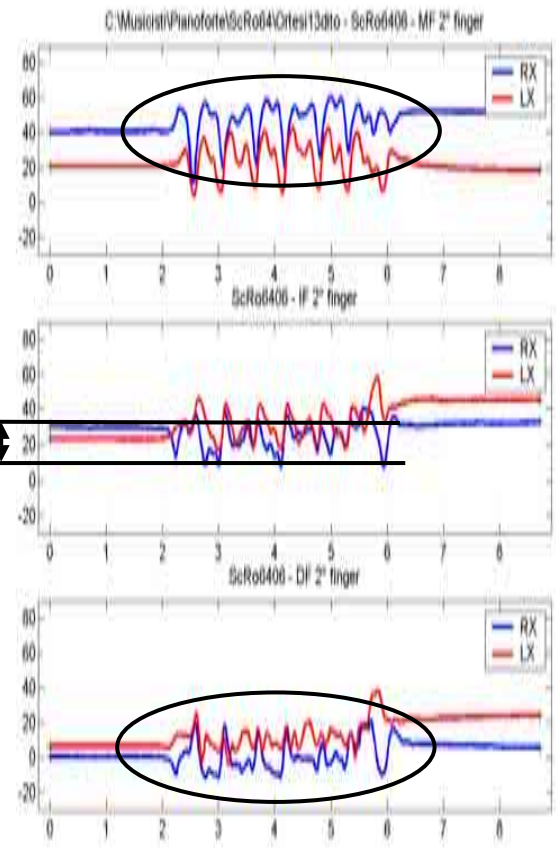
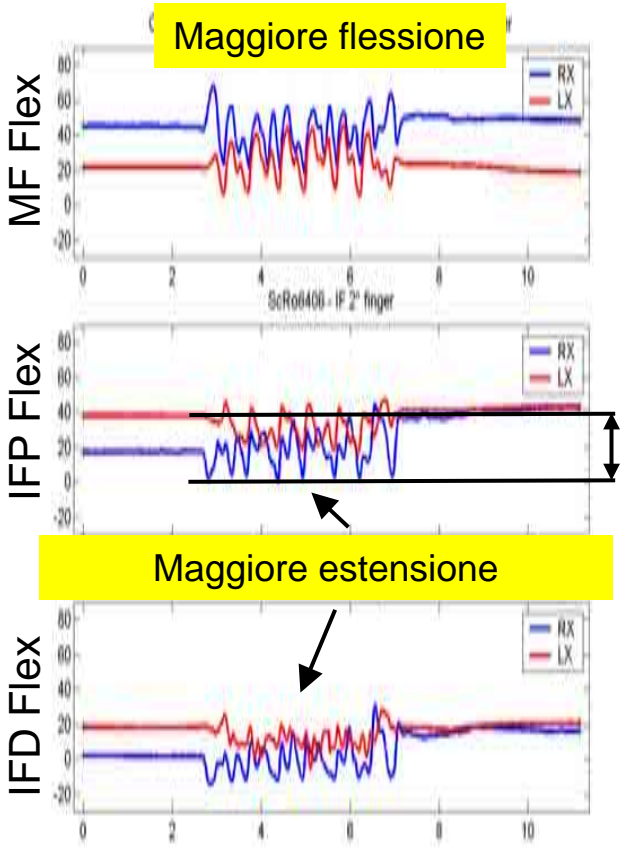
2° dito



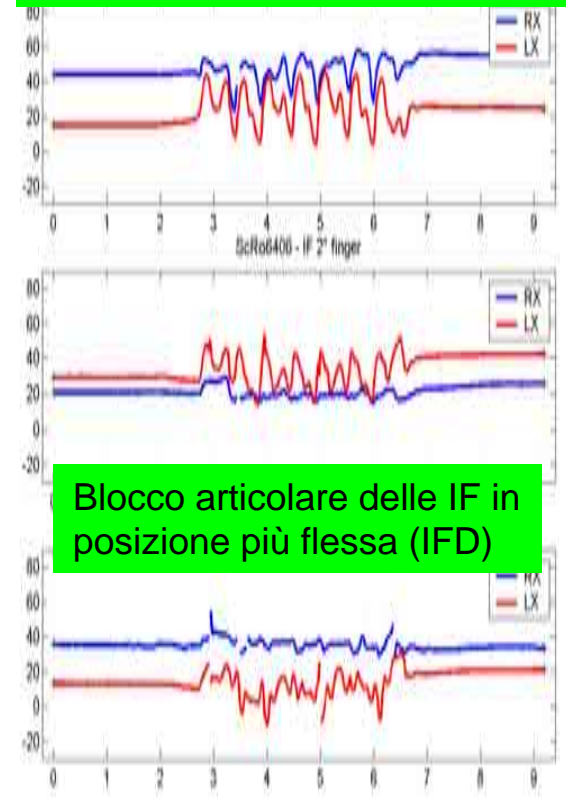
No Splint

Splint 13

Splint 12



Movimenti più regolari della MF



Conclusioni

L'Analisi del movimento nella distonia focale consente di:

- quantificare alterazioni visibili clinicamente
- evidenziare alterazioni non visibili clinicamente
(perchè limitate in ampiezza o nel tempo)
- quantificare gli effetti diretti e indiretti (compensi, effetti su altri distretti) di supporti ortesici e splint

**grazie per
l'attenzione !**

Per ulteriori informazioni:

www.cbi.dongnocchi.it

mferrarin@cbi.dongnocchi.it