



**Università degli Studi di Cagliari**

Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali

# **Tecniche per l'**analisi quantitativa** **del movimento umano** e loro applicazioni nella caratterizzazione delle limitazioni funzionali associate a **patologie neurodegenerative****

**Massimiliano Pau**



# Outline

- Chi siamo
- **L'analisi quantitativa del movimento:** cenni storici, stato dell'arte
- **Applicazioni allo studio del cammino umano.** La 3D Gait Analysis per la caratterizzazione dei pattern deambulatori
- **Case-study 1:** valutazione degli effetti sul cammino di un trattamento di riabilitazione fisica nella **Malattia di Parkinson**
- **Case-study 2:** applicazioni alla **Sclerosi Multipla**. Analisi del **movimento degli arti superiori** e valutazione degli effetti sul cammino di un **trattamento farmacologico a base di estratti di Cannabis**
- Fuori dal laboratorio, sul campo: **strumenti per la valutazione ambulatoriale** del cammino e della mobilità funzionale e per il **monitoraggio domiciliare dell'attività fisica**
- Conclusioni

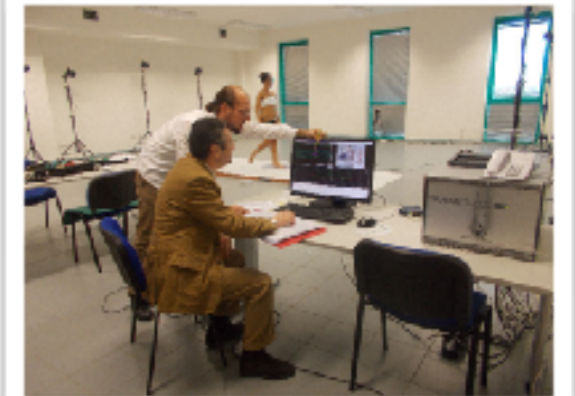
# Presentazione



## Laboratorio di “Biomeccanica ed Ergonomia Industriale”

Dipartimento di Ingegneria Meccanica,  
Chimica e dei Materiali (DIMCM)  
Università di Cagliari

**Attività didattica:** Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica  
(corsi di “Bioingegneria Meccanica”, “Laboratorio di Analisi del Movimento”)



## Attività di ricerca:

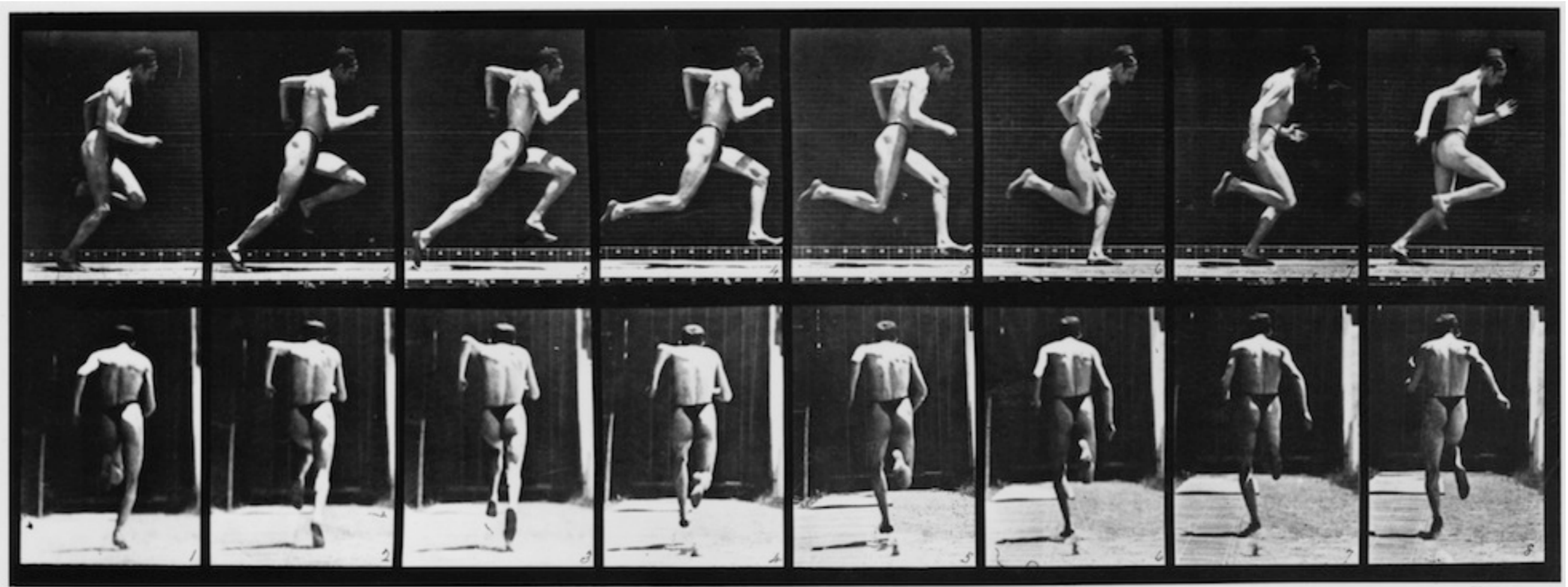
Analisi della Postura e del Movimento in campo Clinico, Ergonomico e Sportivo



# Analisi del movimento

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione del movimento umano** e comprende: l'**acquisizione** di dati sperimentali, la loro **elaborazione** e l'**interpretazione** dei risultati

**Eadweard Muybridge**, from "Animal Locomotion", 1887



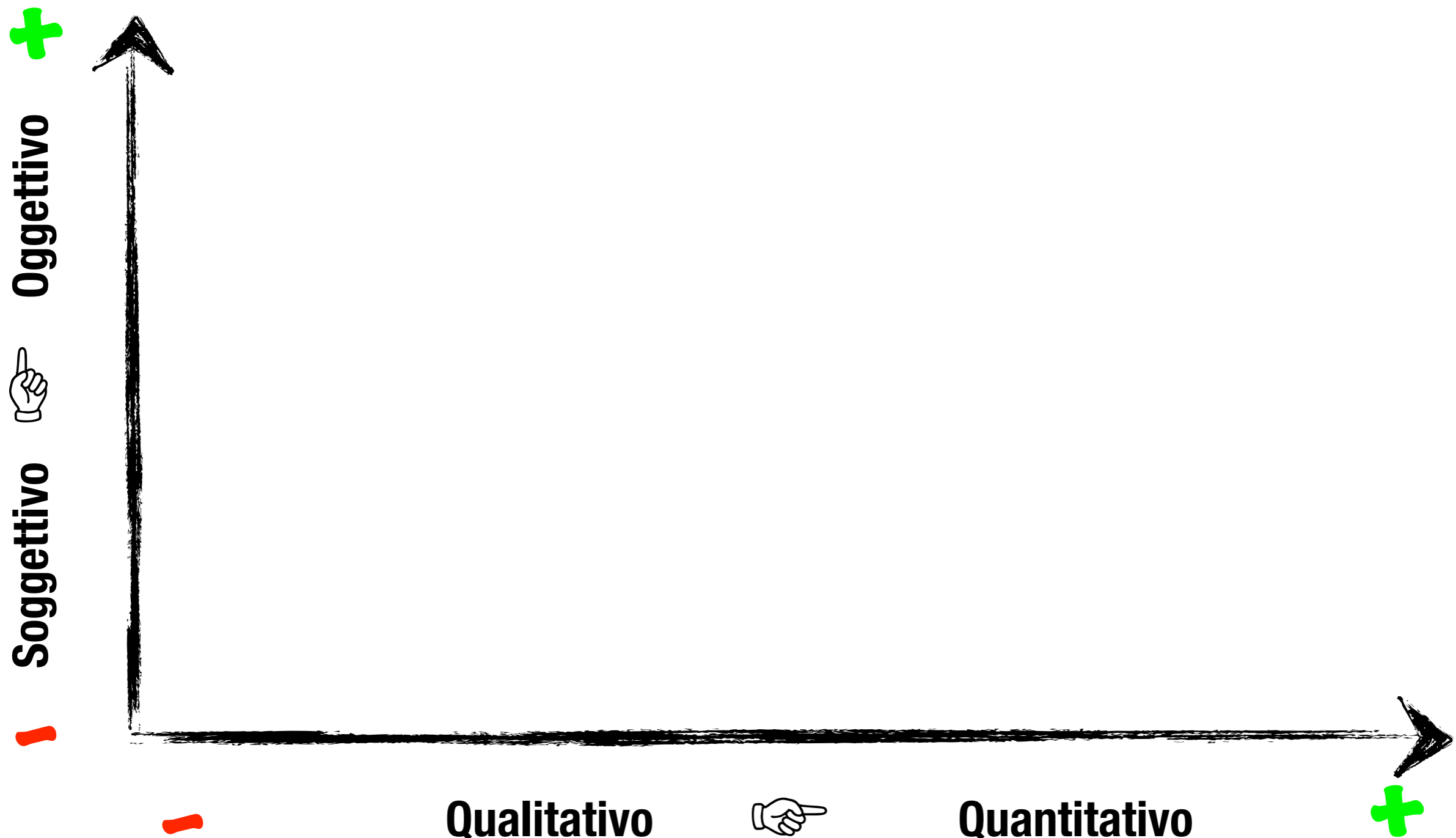
“Qualunque aspetto del movimento umano si voglia studiare, per prima cosa occorre **osservarlo**”

*Galileo Galilei*



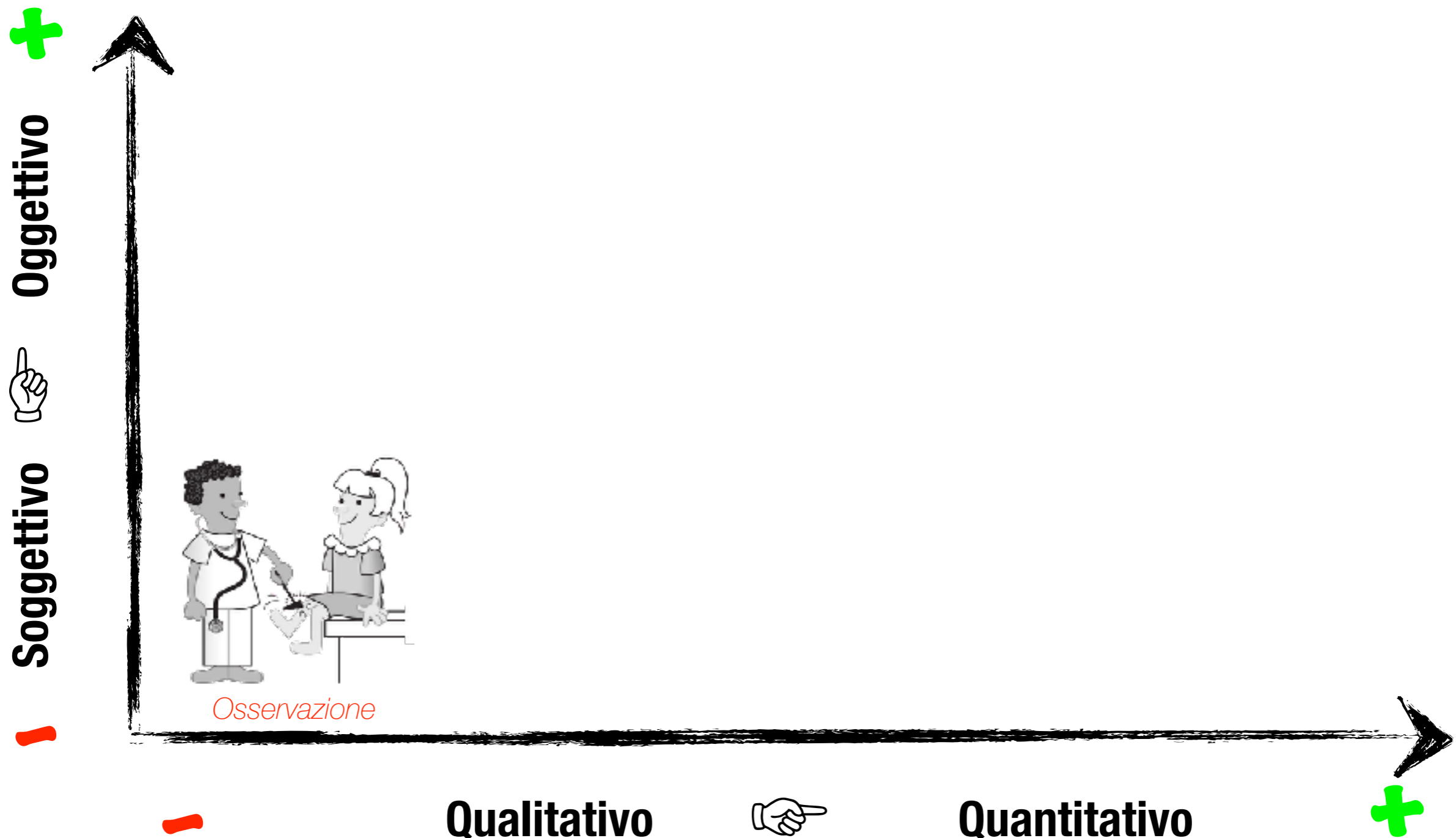
# Analisi del movimento

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione del movimento umano** e comprende: l'**acquisizione** di dati sperimentali, la loro **elaborazione** e l'**interpretazione** dei risultati



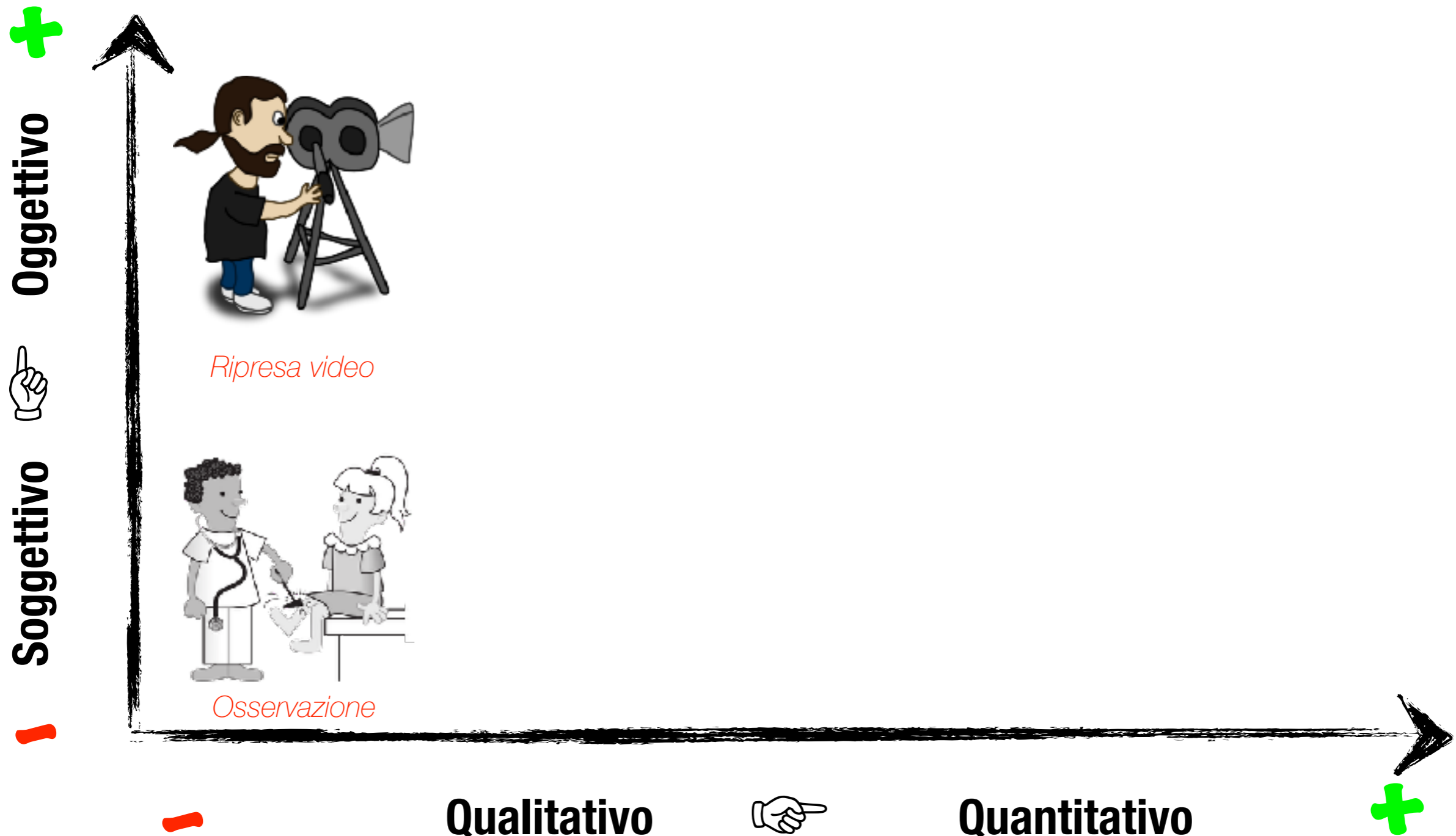
# Analisi del movimento

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione del movimento umano** e comprende: l'**acquisizione** di dati sperimentali, la loro **elaborazione** e l'**interpretazione** dei risultati



# Analisi del movimento

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione del movimento umano** e comprende: l'**acquisizione** di dati sperimentali, la loro **elaborazione** e l'**interpretazione** dei risultati





# Analisi del movimento

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione del movimento umano** e comprende: l'**acquisizione** di dati sperimentali, la loro **elaborazione** e l'**interpretazione** dei risultati



Oggettivo



Soggettivo



Ripresa video



Osservazione



Scale di valutazione



Qualitativo



Quantitativo



# Analisi del movimento

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione del movimento umano** e comprende: l'**acquisizione** di dati sperimentali, la loro **elaborazione** e l'**interpretazione** dei risultati



Oggettivo



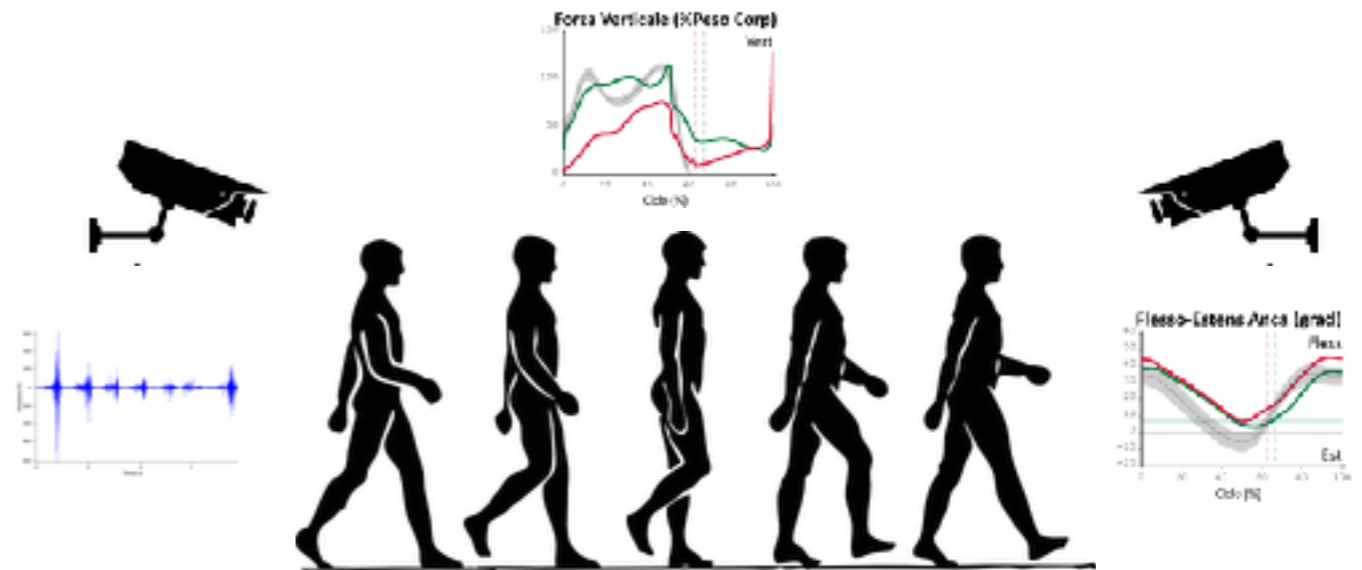
Soggettivo



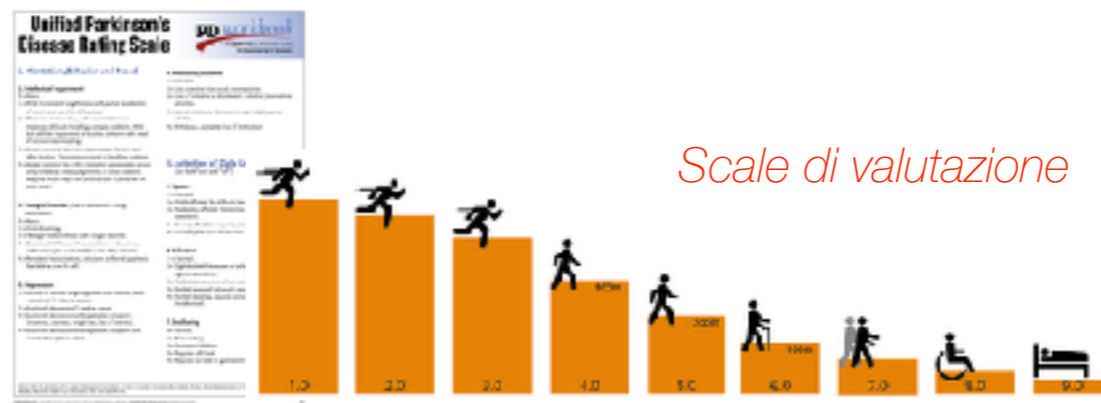
Ripresa video



Osservazione



Analisi strumentale del movimento



Scale di valutazione

Qualitativo



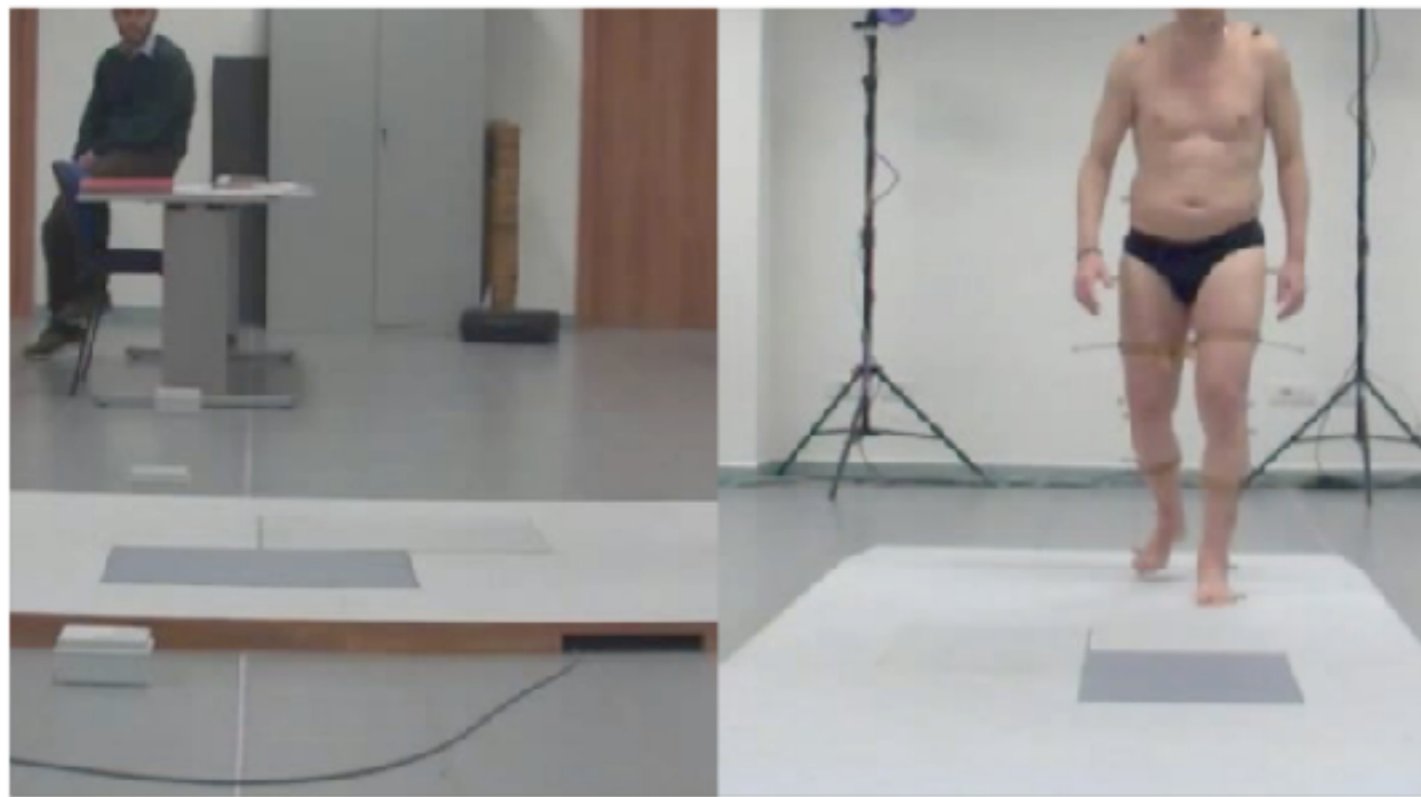
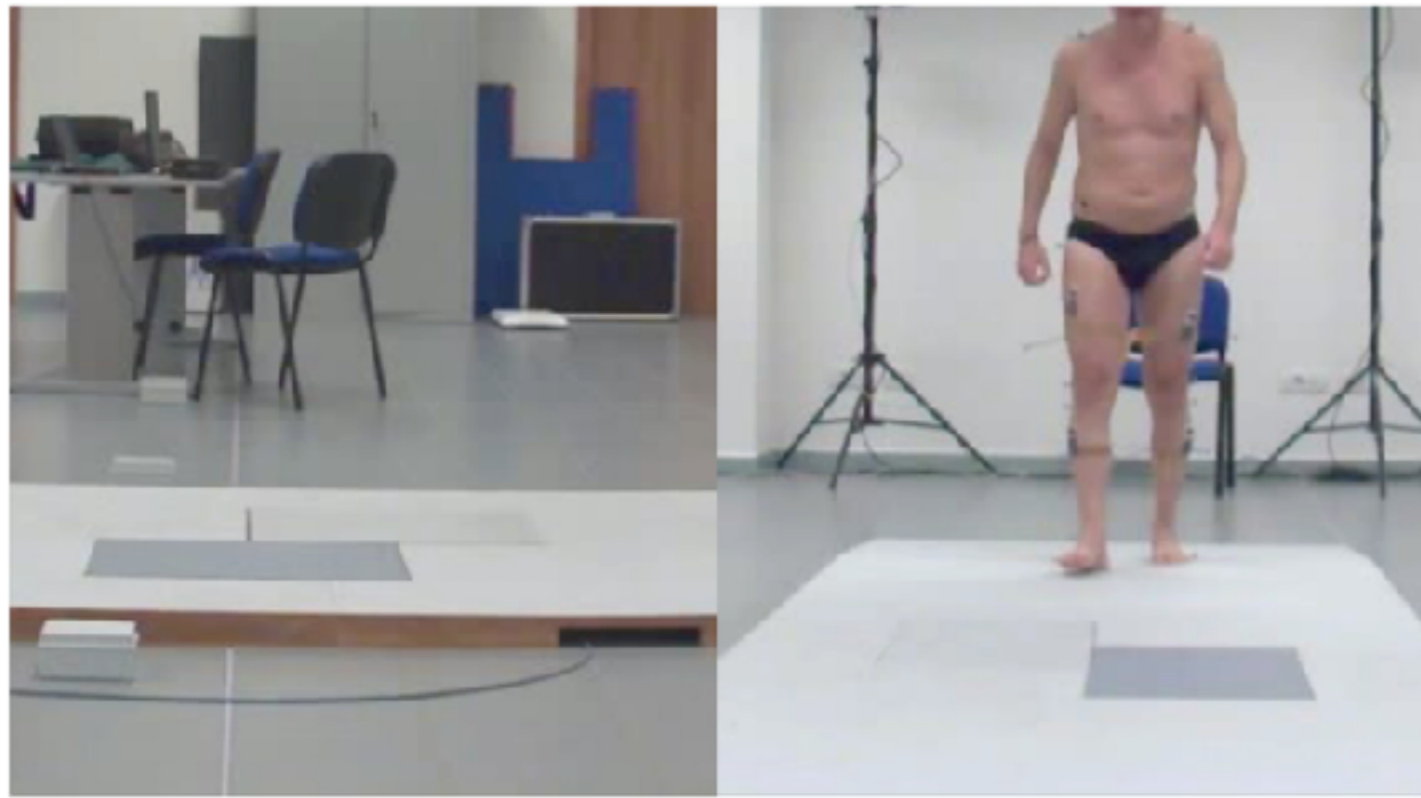
Quantitativo



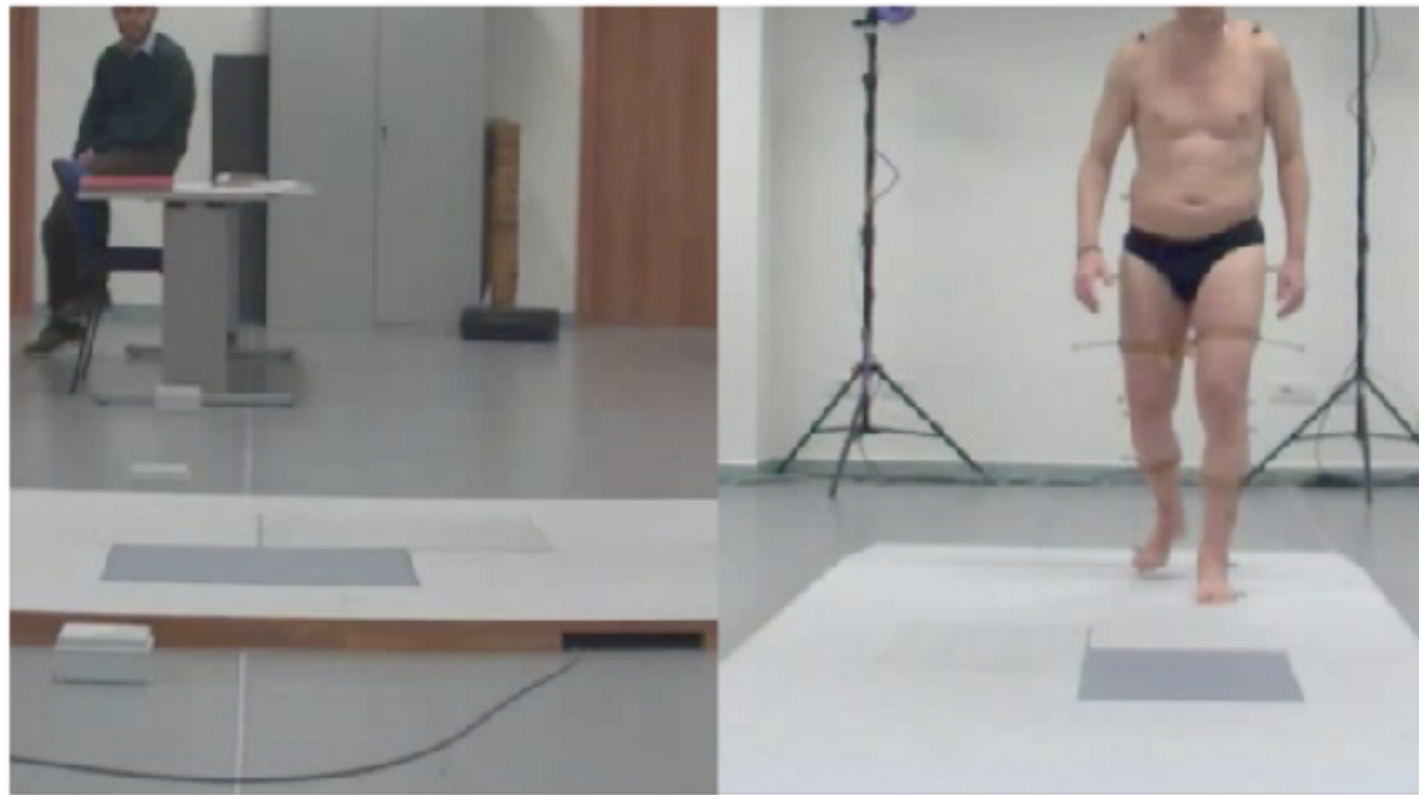
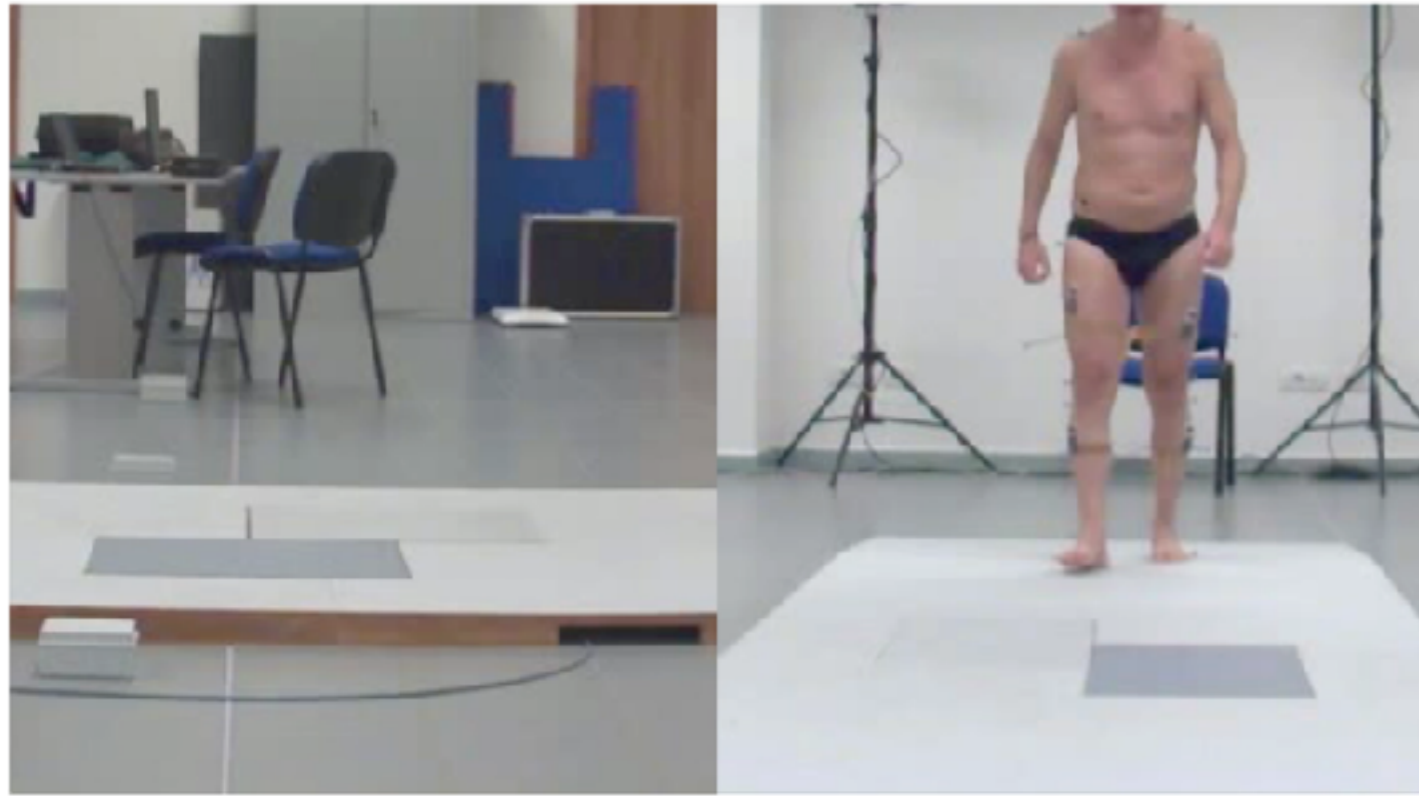
# Un esempio



# Un esempio



# Un esempio



## SPAZIO-TEMPORALI

**Velocità** da 0.61 a 1.03 m/s (+70%)

**Lunghezza passo** da 0.83 a 1.2 m (+30%)

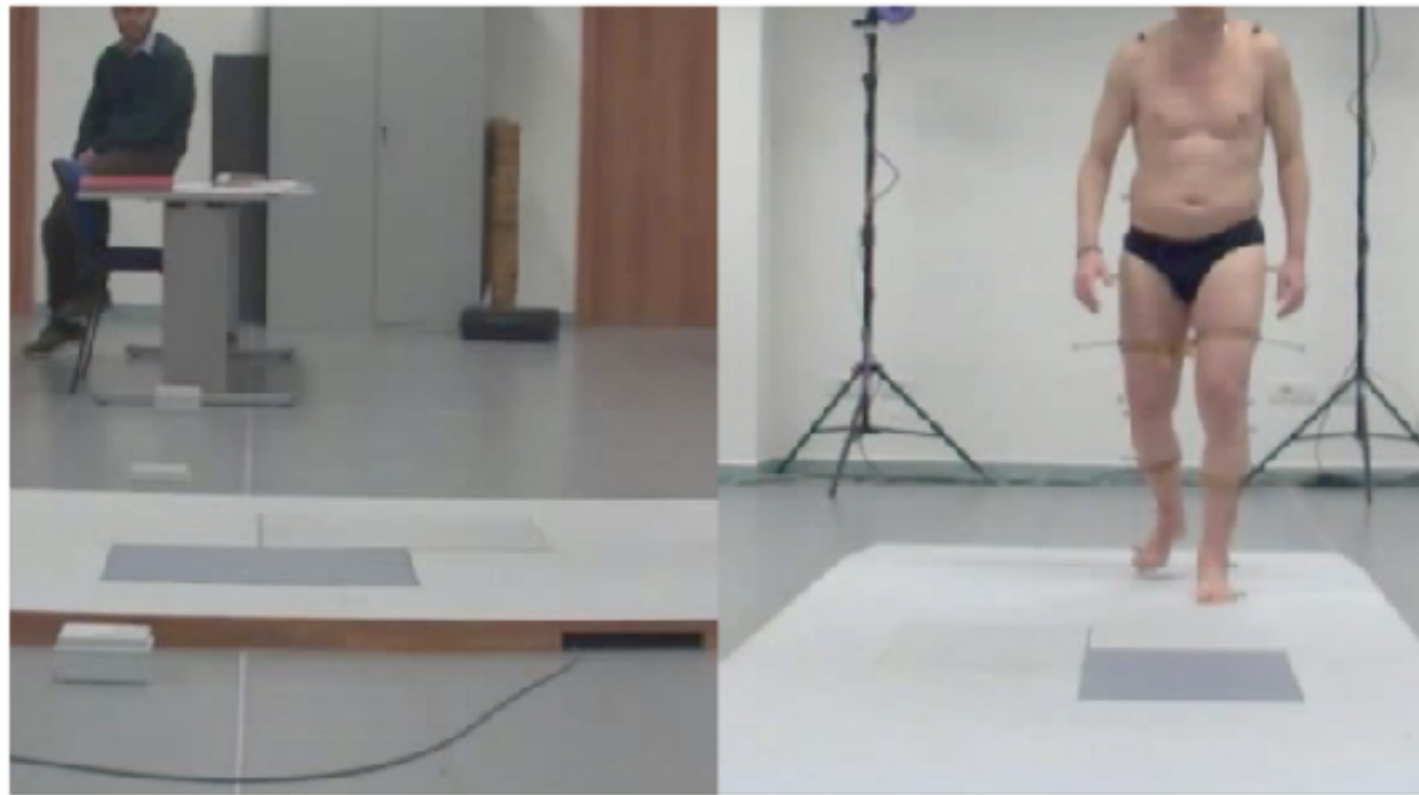
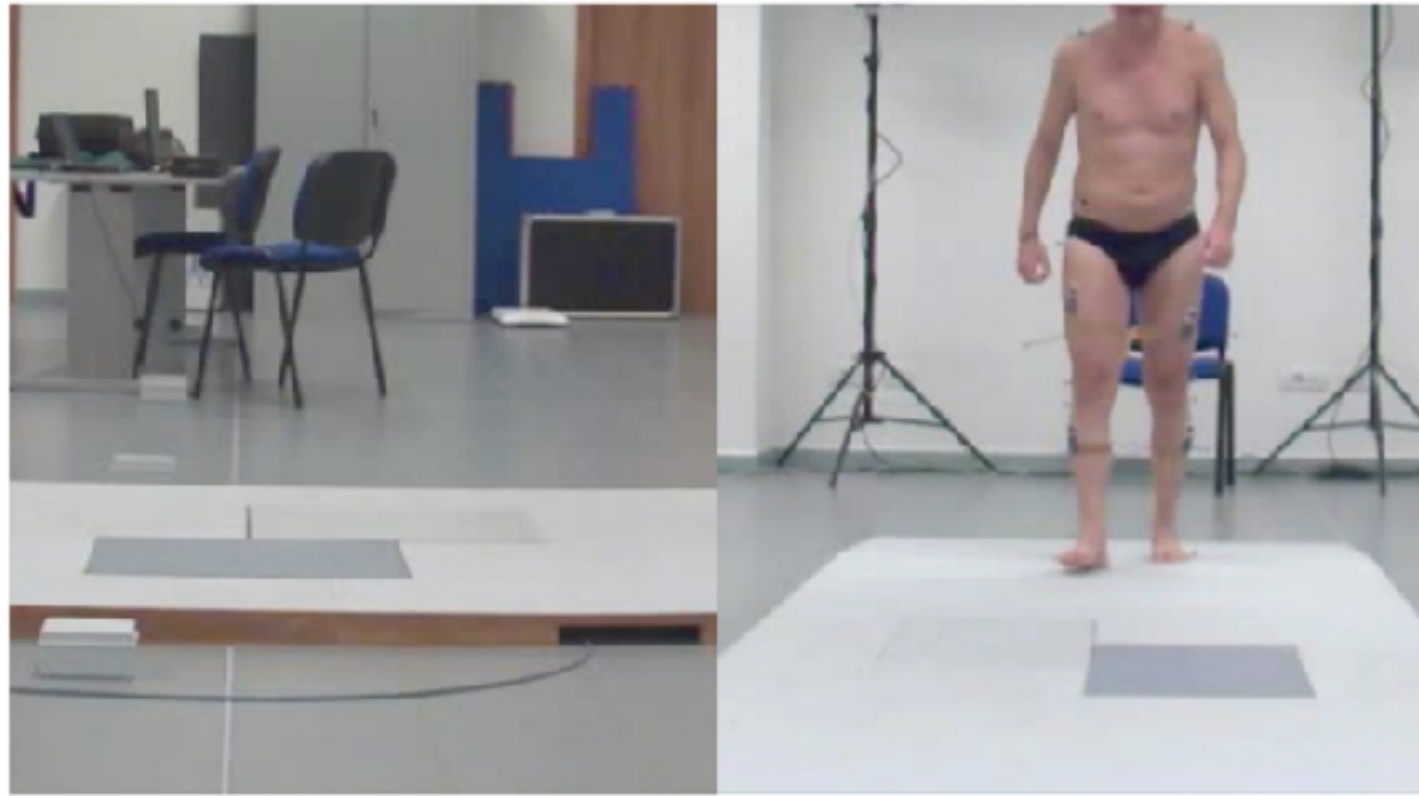
**Cadenza** da 88.9 a 103.6 passi/min (+16%)

**Fase di appoggio** da 65 a 63%

**Fase di volo** da 35 a 37%

**Doppio supporto** da 14.7 a 12.5%

# Un esempio



## SPAZIO-TEMPORALI

**Velocità** da 0.61 a 1.03 m/s (+70%)

**Lunghezza passo** da 0.83 a 1.2 m (+30%)

**Cadenza** da 88.9 a 103.6 passi/min (+16%)

**Fase di appoggio** da 65 a 63%

**Fase di volo** da 35 a 37%

**Doppio supporto** da 14.7 a 12.5%

## CINEMATICA

**ROM Anca** da 35° a 42° (+20%)

**ROM Ginocchio** da 24 a 46° (+90%)

**ROM Caviglia** da 12° a 16.5° (+35%)



# L'analisi del movimento si basa su:



## Strumenti di acquisizione

Sistemi optoelettronici  
Piattaforme di forza  
Elettromiografi  
Elettrogoniometri  
Sensori inerziali  
Sistemi baropodometrici

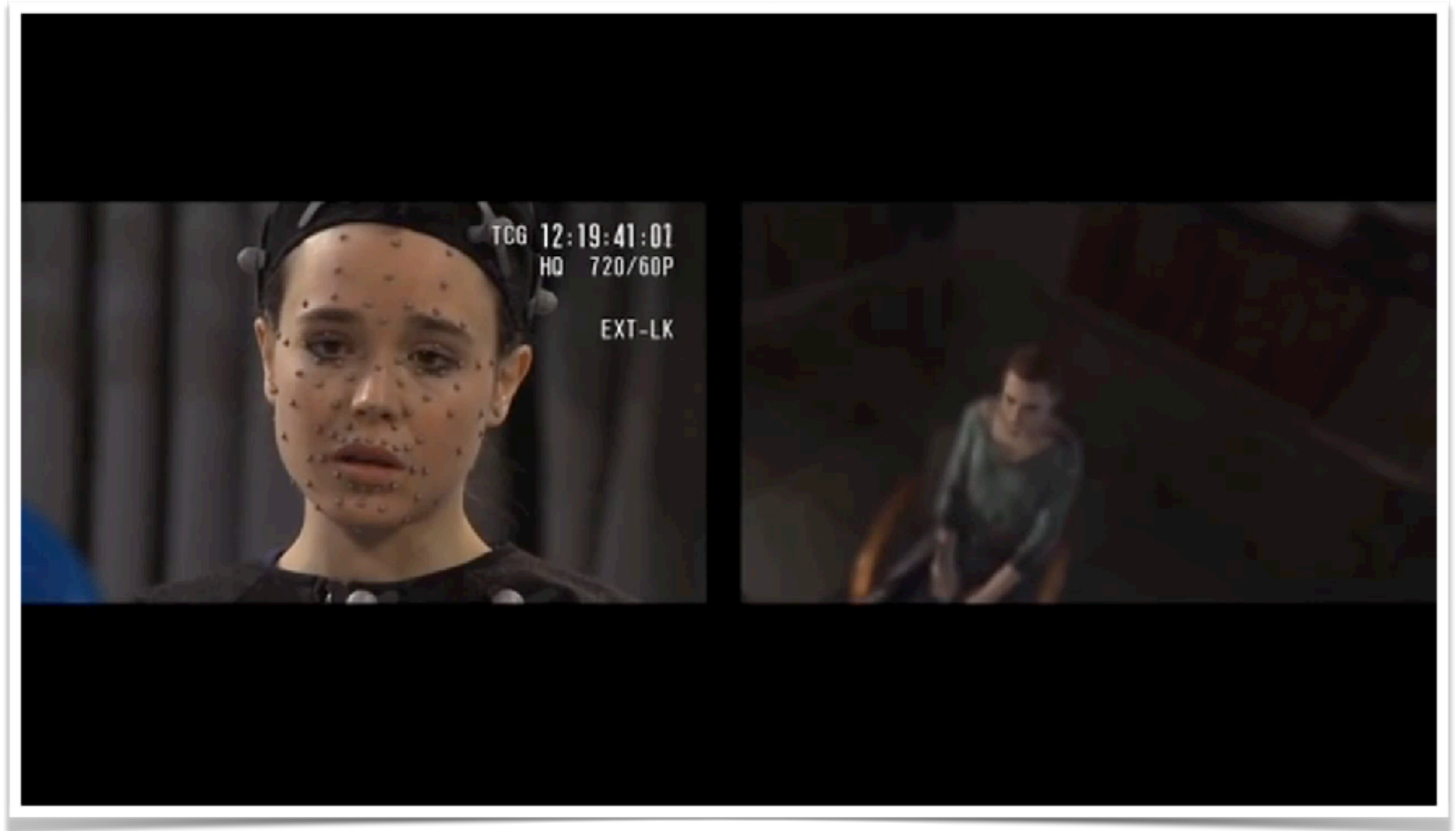


## Modelli matematici

per il calcolo di variabili non misurabili

Coordinate 3D di punti anatomici  
Forze di reazione al terreno  
Potenziali mioelettrici  
Angoli articolari  
Accelerazioni, velocità angolari  
Pressioni all'interfaccia piede-terreno

# Motion capture optoelettronico

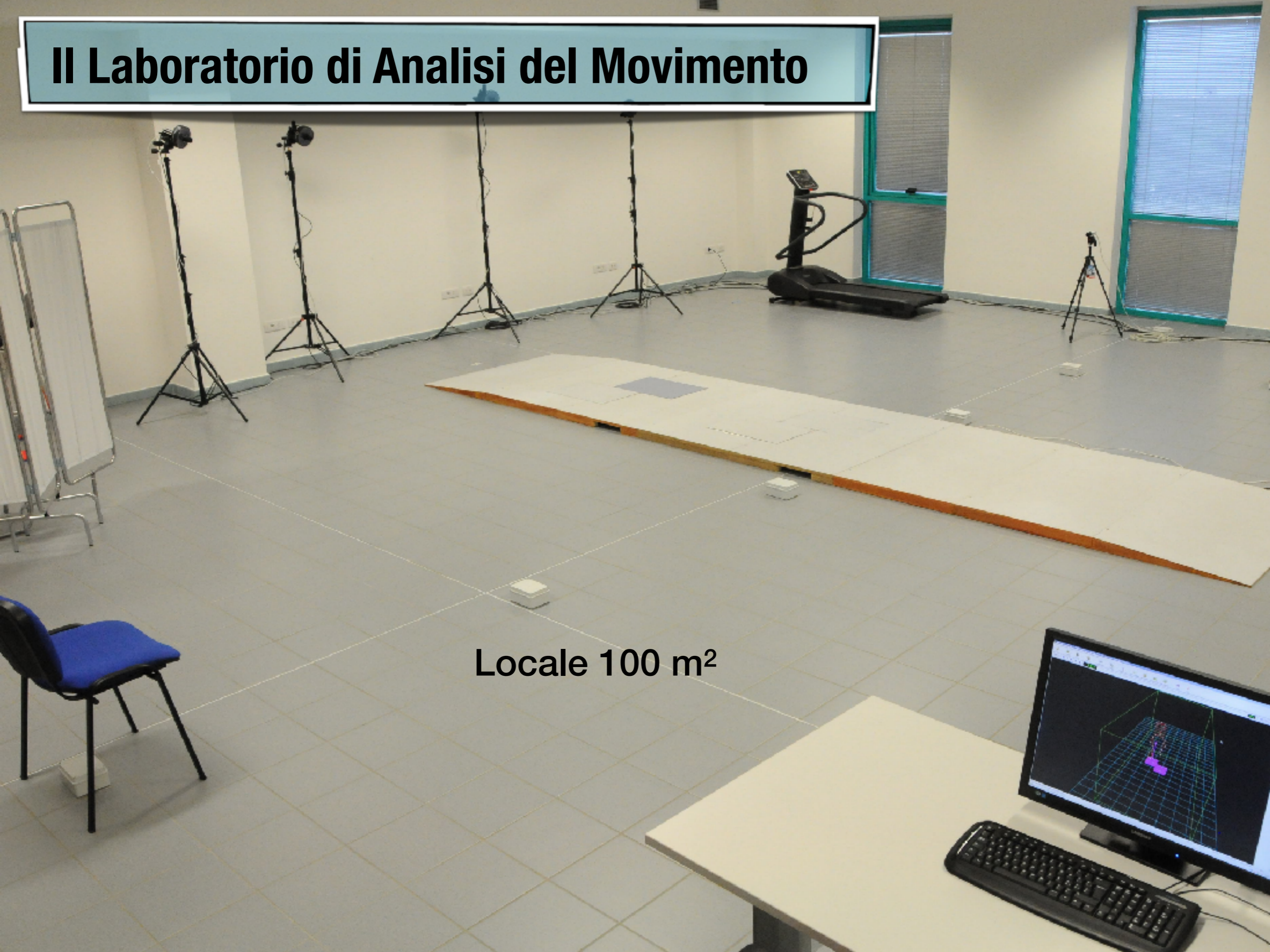


# Motion capture optoelettronico





# Il Laboratorio di Analisi del Movimento



Locale 100 m<sup>2</sup>



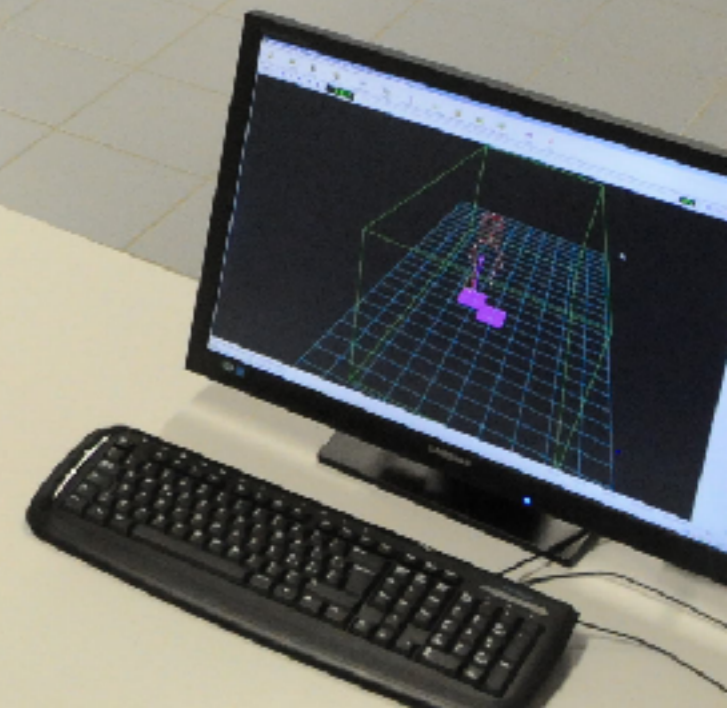
# Il Laboratorio di Analisi del Movimento

Cinematica



8 Telecamere infrarosso 120 Hz

Locale 100 m<sup>2</sup>





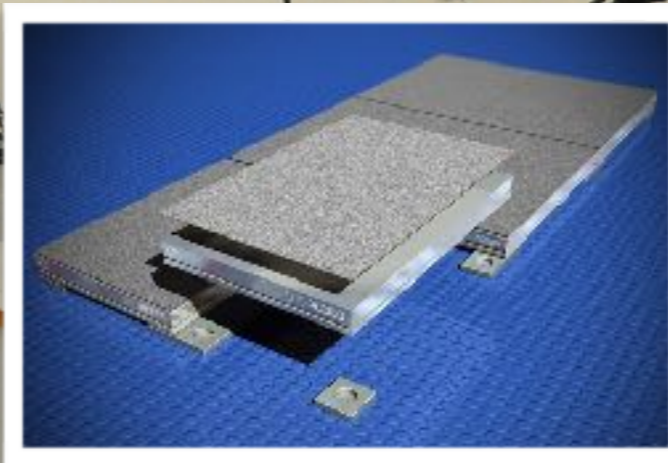
# Il Laboratorio di Analisi del Movimento

Cinematica



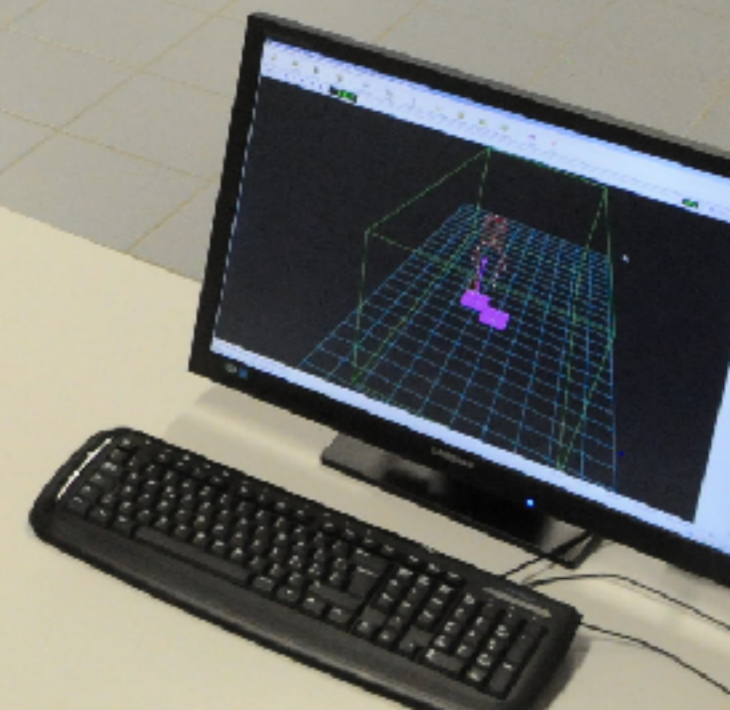
8 Telecamere infrarosso 120 Hz

Dinamica



2 Piattaforme di forza

Locale 100 m<sup>2</sup>





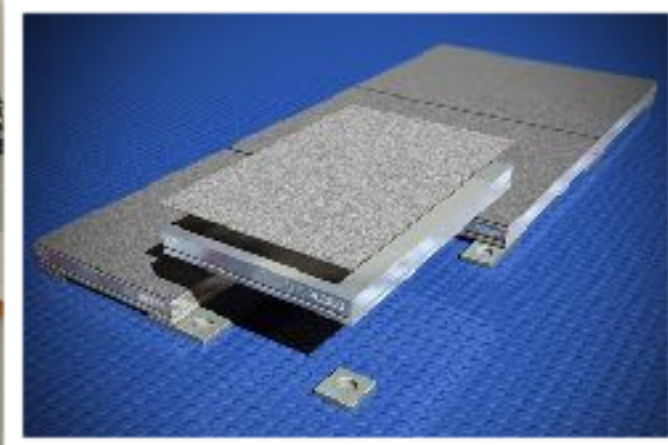
# Il Laboratorio di Analisi del Movimento

Cinematica



8 Telecamere infrarosso 120 Hz

Dinamica



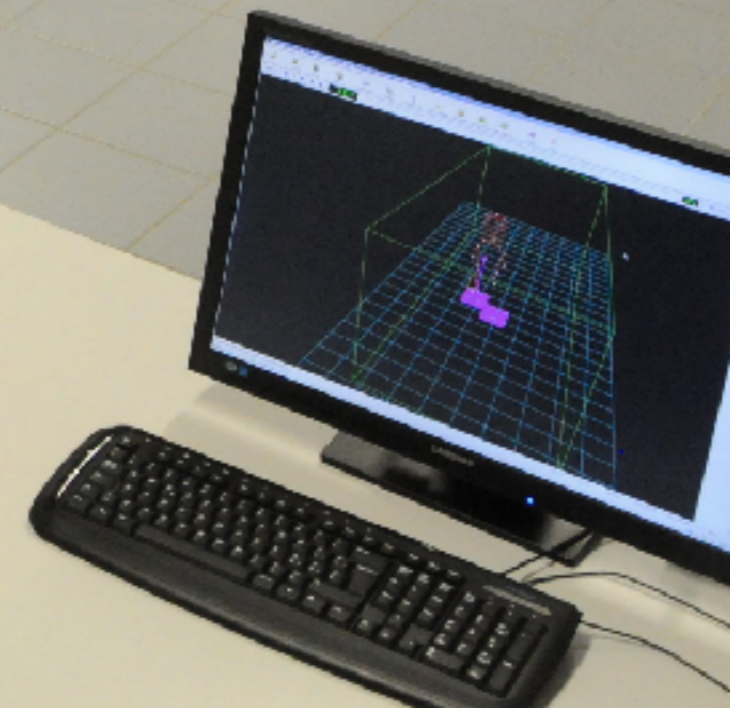
2 Piattaforme di forza

Baropodometria



2 Piattaforme baropodometriche

Locale 100 m<sup>2</sup>





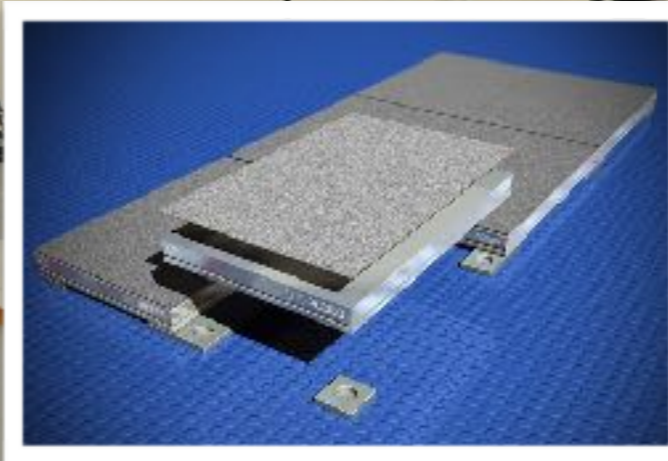
# Il Laboratorio di Analisi del Movimento

**Cinematica**



8 Telecamere infrarosso 120 Hz

**Dinamica**



2 Piattaforme di forza

**Baropodometria**



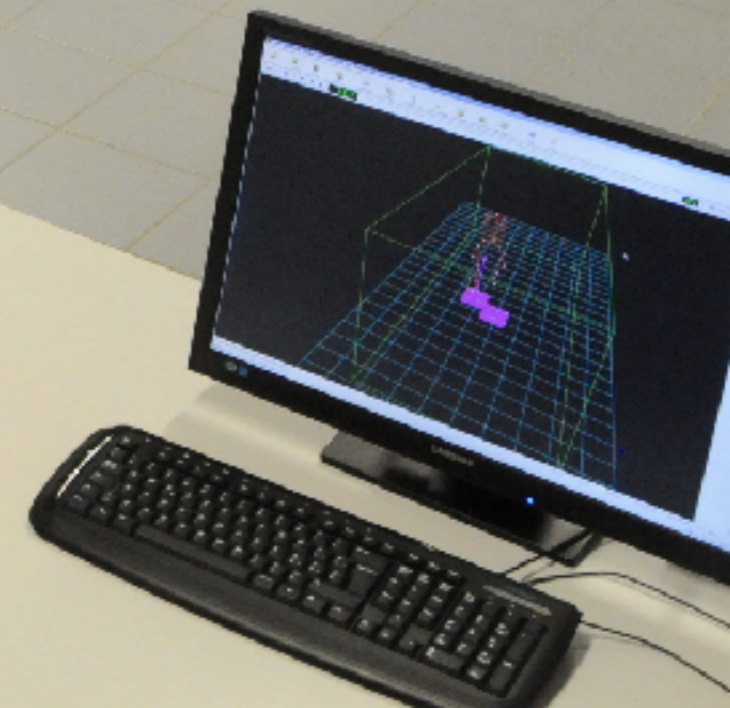
2 Piattaforme baropodometriche

**Attivazione muscolare**



EMG wireless 10 canali

**Locale 100 m<sup>2</sup>**





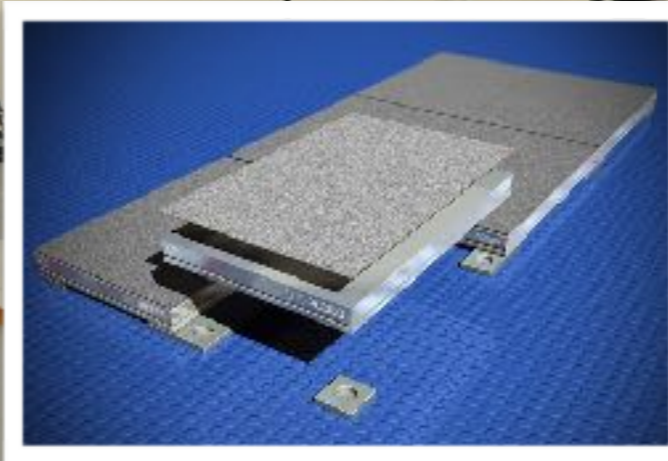
# Il Laboratorio di Analisi del Movimento

**Cinematica**



8 Telecamere infrarosso 120 Hz

**Dinamica**



2 Piattaforme di forza

2 Telecamere video

**Baropodometria**



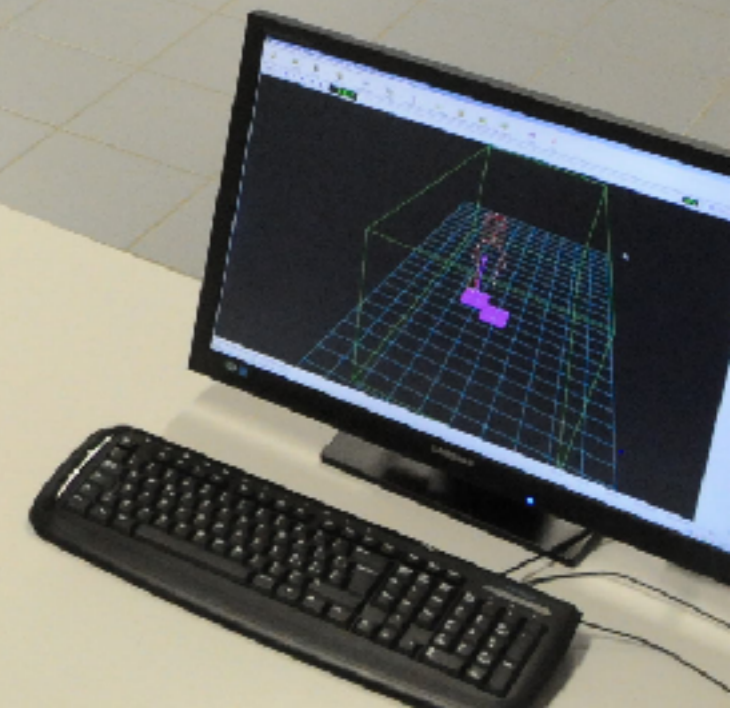
2 Piattaforme baropodometriche

**Attivazione muscolare**



EMG wireless 10 canali

Locale 100 m<sup>2</sup>



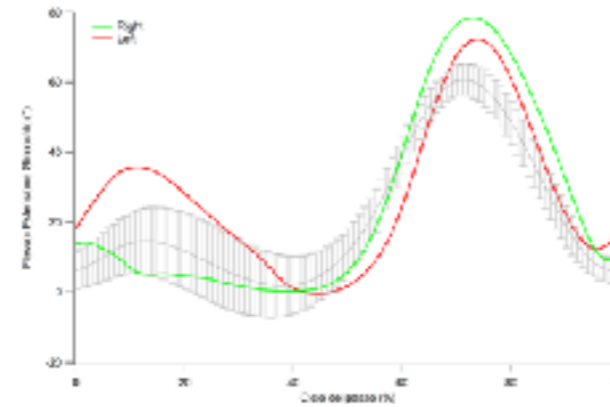
**A cosa serve?**



# A cosa serve?

## Cinematica: quanto si muove?

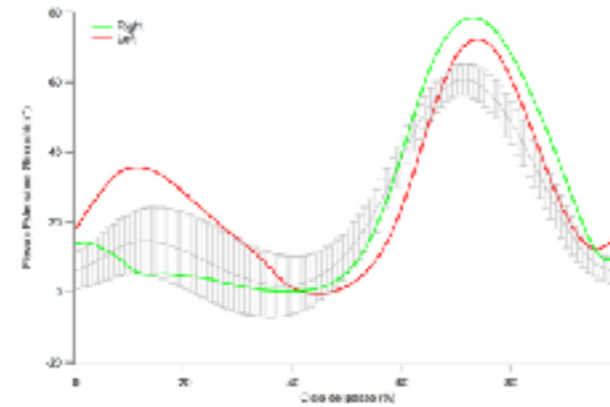
**Dati:** angoli articolari, orientamento segmenti corporei, spostamento di punti anatomici



# A cosa serve?

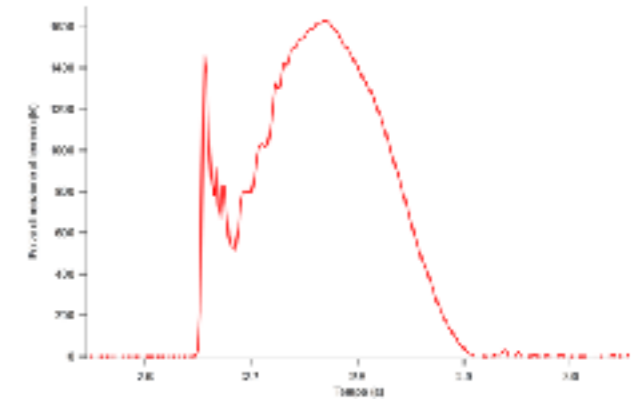
## Cinematica: quanto si muove?

**Dati:** angoli articolari, orientamento segmenti corporei, spostamento di punti anatomici



## Dinamica: perché si muove?

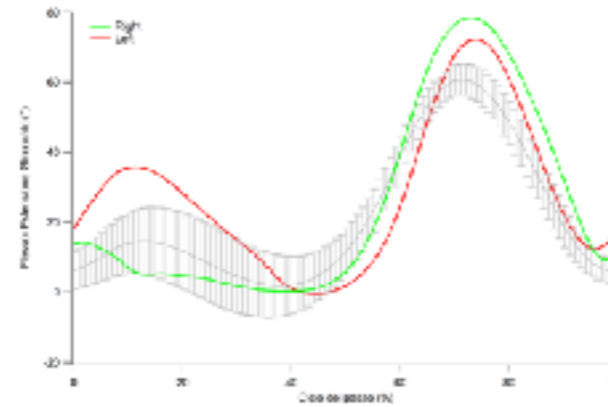
**Dati:** forze (esterne/interne), momenti e potenze articolari



# A cosa serve?

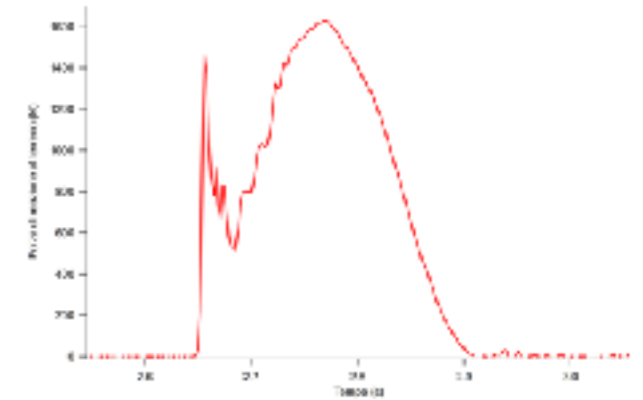
## Cinematica: quanto si muove?

**Dati:** angoli articolari, orientamento segmenti corporei, spostamento di punti anatomici



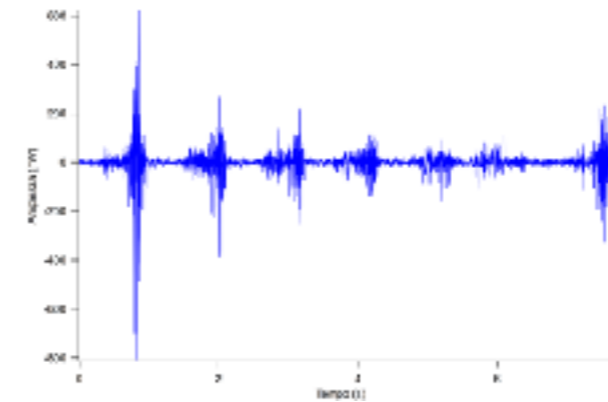
## Dinamica: perché si muove?

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



## Elettromiografia: quando e quanto i muscoli sono attivi durante il movimento ?

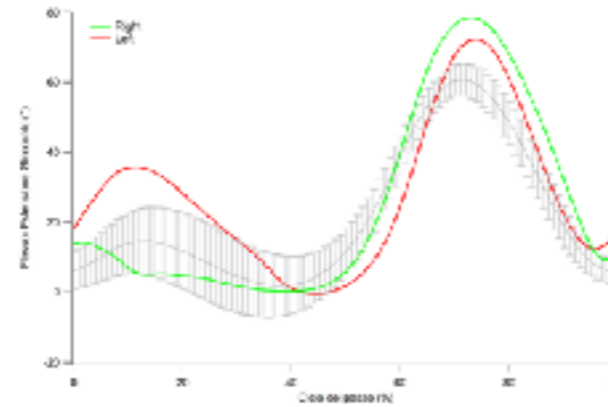
**Dati:** segnali elettromiografici



# A cosa serve?

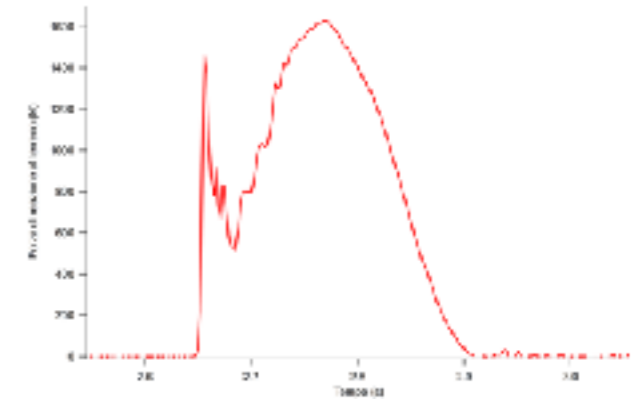
## Cinematica: quanto si muove?

**Dati:** angoli articolari, orientamento segmenti corporei, spostamento di punti anatomici



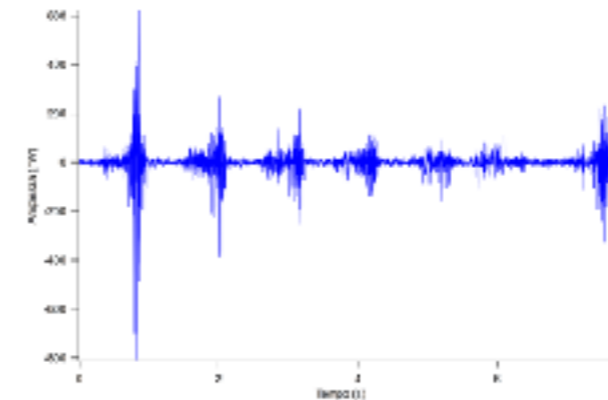
## Dinamica: perché si muove?

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



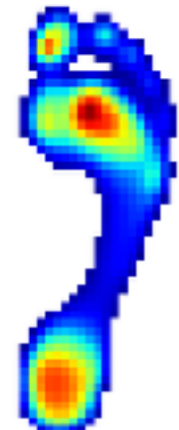
## Elettromiografia: quando e quanto i muscoli sono attivi durante il movimento ?

**Dati:** segnali elettromiografici



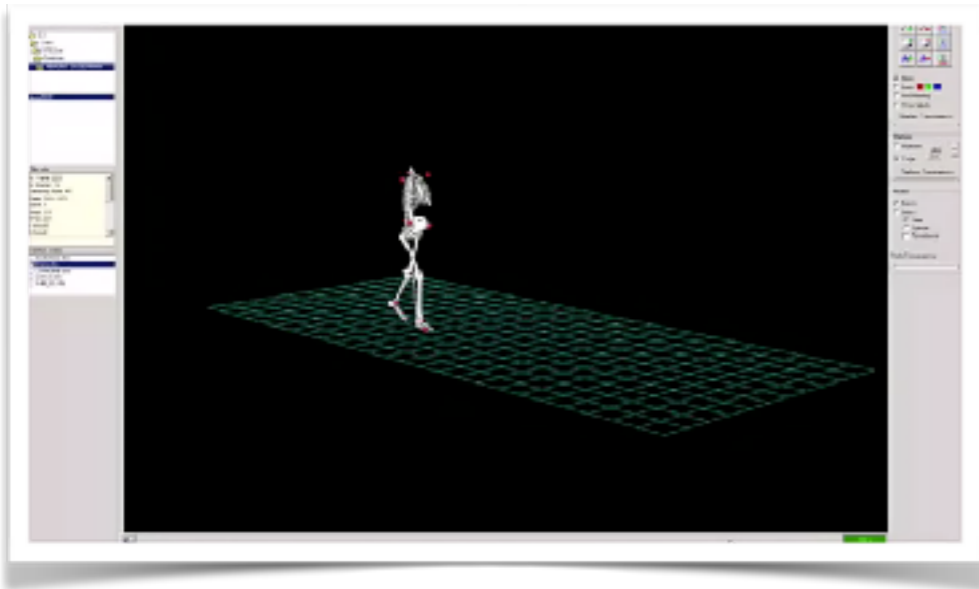
## Come interagisce con il mondo esterno?

**Dati:** distribuzione delle pressioni plantari all'interfaccia piede-terreno



# Caratteristiche dell'analisi strumentale

L'analisi strumentale del movimento supera alcune delle limitazioni associate all'impiego di scale o riprese video, **fornendo dati oggettivi al clinico** per supportare le valutazioni di interventi farmacologici e riabilitativi



## TRIDIMENSIONALE

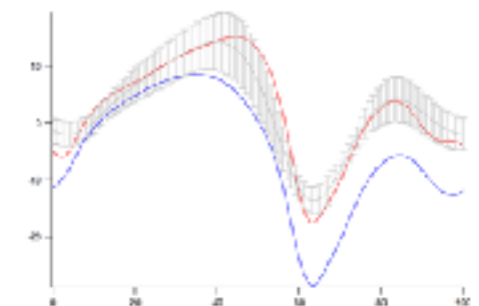
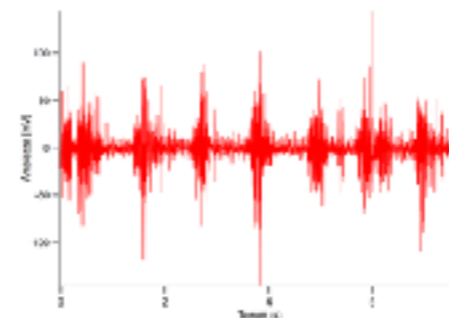
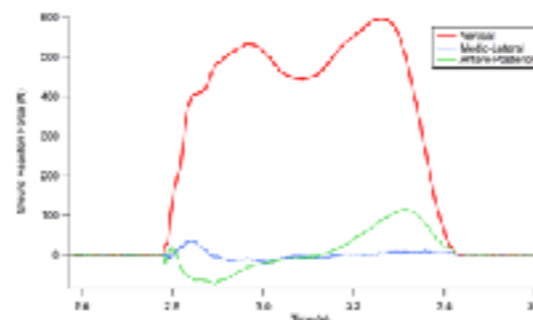
## QUANTITATIVA

BTS MOTION ANALYSIS LAB  
Integrated solutions for multifactorial clinical movement evaluation

General Kinetics s.r.l. | BTS Bioengineering

Parametri Temporali	ARTC DX	ARTC SX	NORMALITA'
Durata del ciclo (s):	1.37 ± .05	1.33 ± .05	1.1 ± .09
Durata dell'appoggio (s):	0.92 ± .04	0.84 ± .04	0.65 ± .07
Durata dell'oscillazione (s):	0.45 ± .03	0.49 ± .04	0.44 ± .05
Fase di appoggio (%):	67.17 ± 1.52	63.05 ± 2.37	51.98 ± 1.97
Fase di oscillazione (%):	31.83 ± 1.52	36.95 ± 2.37	40.03 ± 3.56
Fase doppio supporto (%):	14.05 ± 2.31	14.70 ± 1.90	10.27 ± 3.09
Velocità media (m/s):		0.6 ± 0.1	1.2 ± 0.2
Velocità media (%altezza/s):		3575 ± 1.55	80 ± 5
Cadanza (passi/min):		668 ± 3096	114 ± 4.2

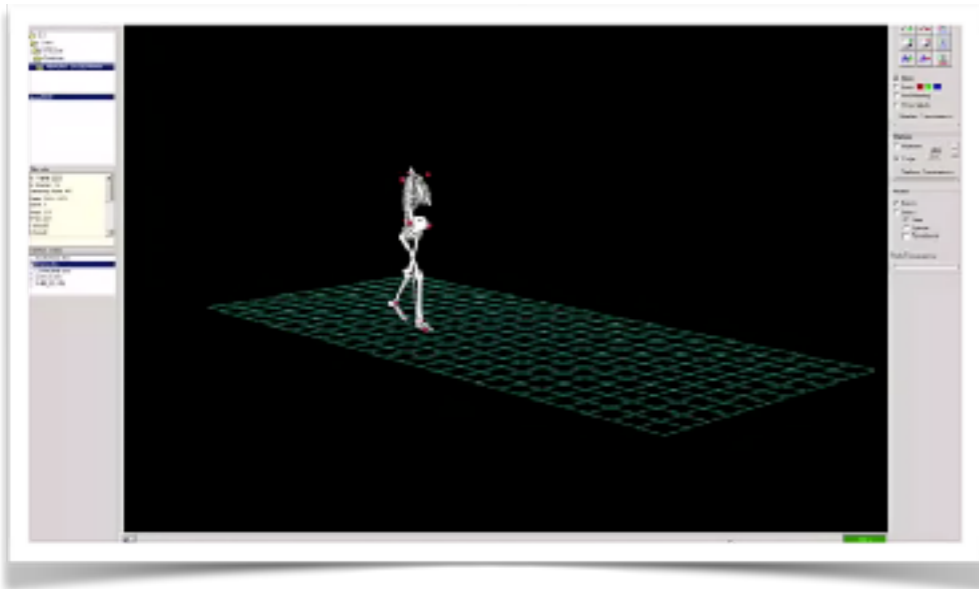
## MULTIFATTORIALE





# Caratteristiche dell'analisi strumentale

L'analisi strumentale del movimento supera alcune delle limitazioni associate all'impiego di scale o riprese video, **fornendo dati oggettivi al clinico** per supportare le valutazioni di interventi farmacologici e riabilitativi



**TRIDIMENSIONALE**

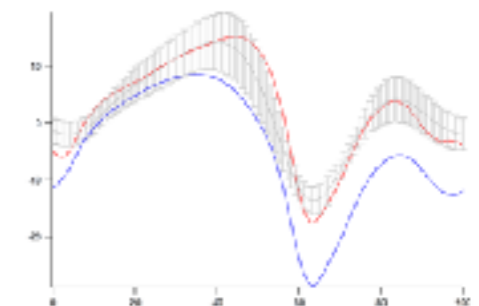
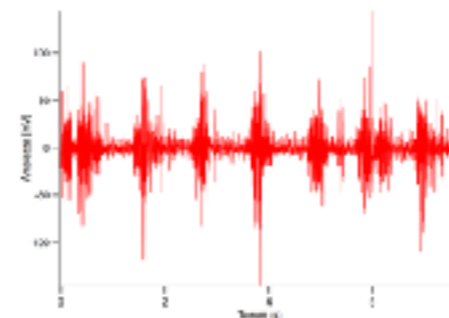
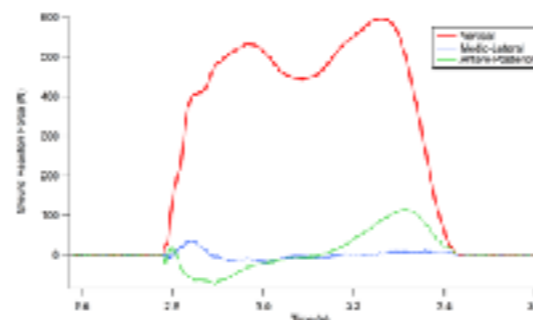
**QUANTITATIVA**

BTS MOTION ANALYSIS LAB  
Integrated solutions for multifactorial clinical movement evaluation

BTS Engineering

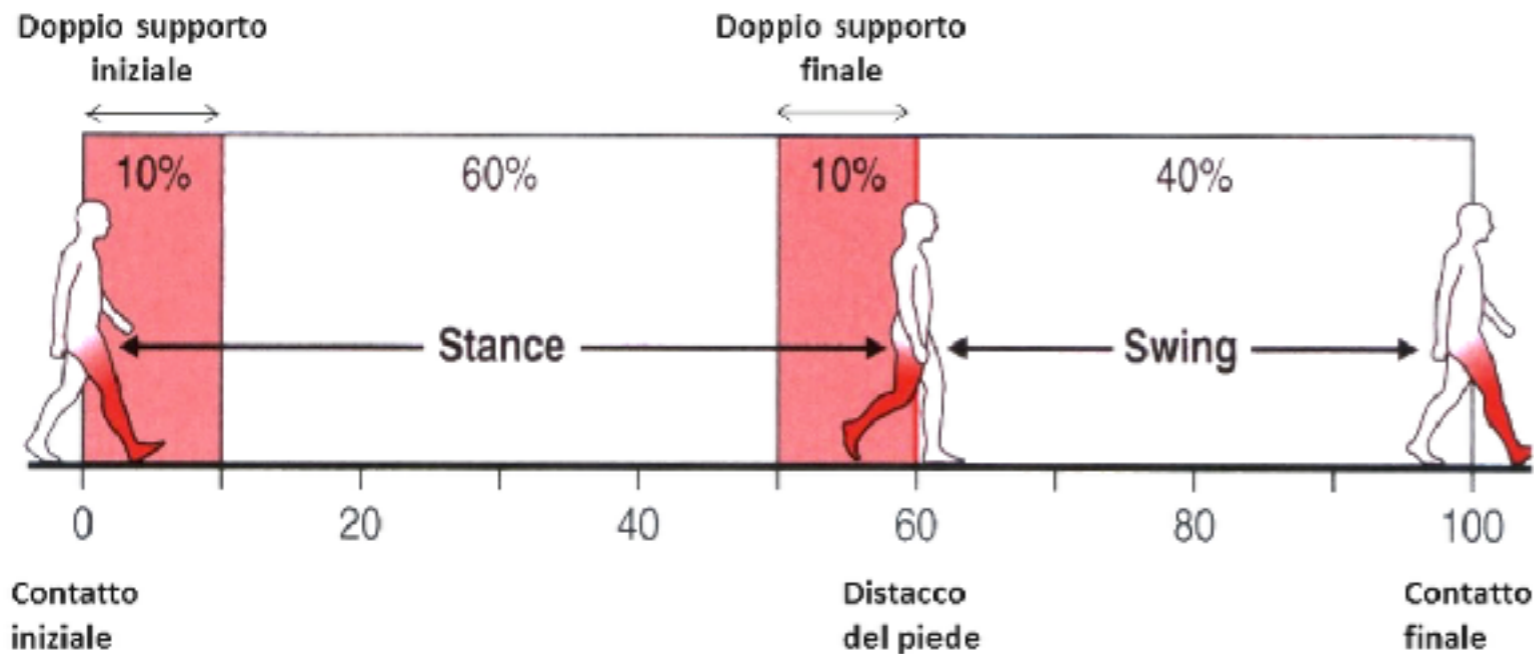
Parametri Temporali	ARTC DX	ARTC SX	NORMALITA'
Durata del ciclo (s):	1.37 ± .05	1.33 ± .05	1.1 ± .09
Durata dell'appoggio (s):	0.92 ± .04	0.84 ± .04	0.63 ± .07
Durata dell'oscillazione (s):	0.45 ± .03	0.49 ± .04	0.44 ± .05
Fase di appoggio (%):	67.17 ± 1.52	63.05 ± 2.37	51.98 ± 1.97
Fase di oscillazione (%):	31.83 ± 1.52	36.95 ± 2.37	40.03 ± 3.56
Fase doppio supporto (%):	14.05 ± 2.31	14.70 ± 1.90	10.27 ± 3.09
Velocità media (m/s):		0.6 ± 0.1	1.2 ± 0.2
Velocità media (%altezza/s):		3575 ± 1.55	80 ± 5
Cadanza (passi/min):		868 ± 3096	114 ± 4.2

**MULTIFATTORIALE**



# La gait analysis...

Rappresenta l'applicazione dell'analisi quantitativa del movimento al cammino umano

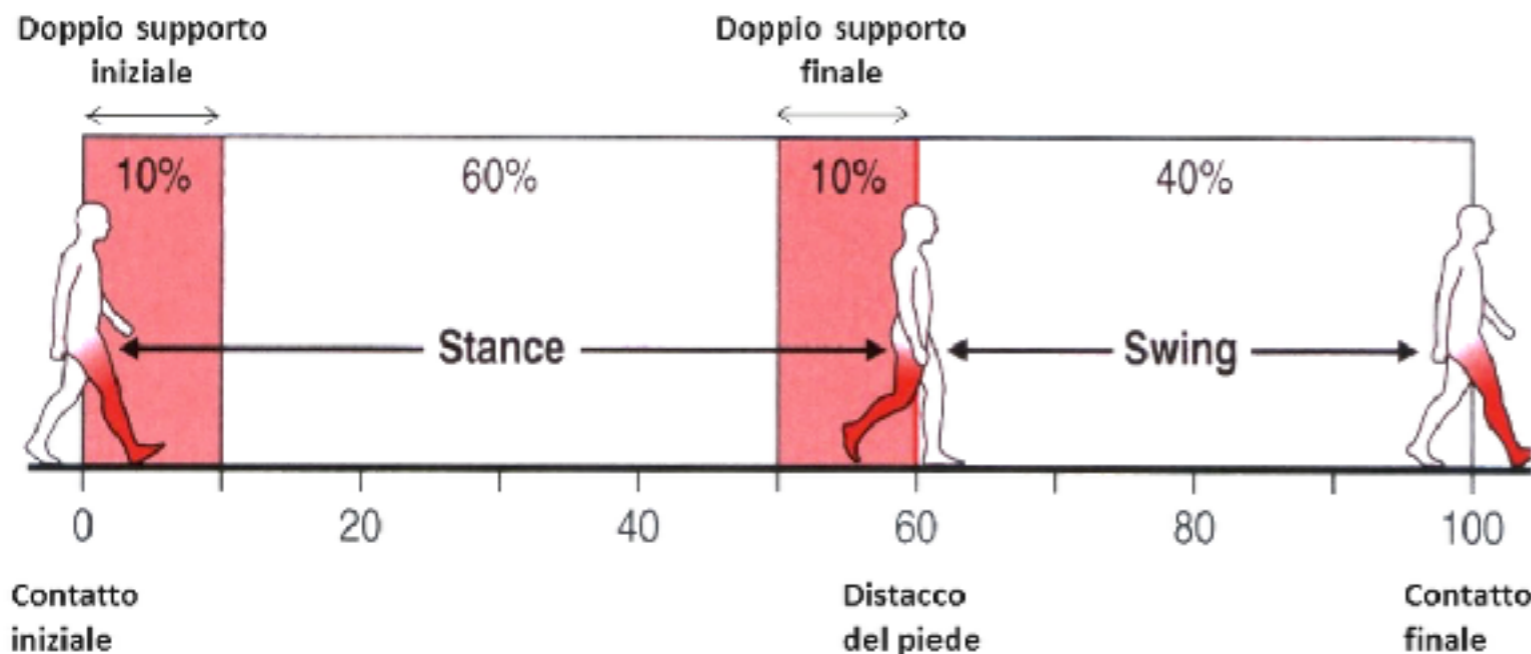


## PARAMETRI SPAZIO-TEMPORALI

- TEMPO**
  - Velocità
  - Cadenza
  - Durata del ciclo del passo
- SPAZIO**
  - Lunghezza e larghezza del passo
- FASI**
  - Durata della fase di appoggio
  - Durata della fase di volo
  - Durata singolo e doppio appoggio

# La gait analysis...

Rappresenta l'applicazione dell'analisi quantitativa del movimento al cammino umano



## PARAMETRI SPAZIO-TEMPORALI

- TEMPO**
  - Velocità
  - Cadenza
  - Durata del ciclo del passo
- SPAZIO**
  - Lunghezza e larghezza del passo
- FASI**
  - Durata della fase di appoggio
  - Durata della fase di volo
  - Durata singolo e doppio appoggio

## ANGOLI ARTICOLARI

- Piano Sagittale (Tronco, Bacino, Anca, Ginocchio, Caviglia)
- Piano Trasversale (Tronco, Bacino, Anca, Piede)
- Piano Frontale (Tronco, Bacino, Anca)

## MOMENTI e POTENZE

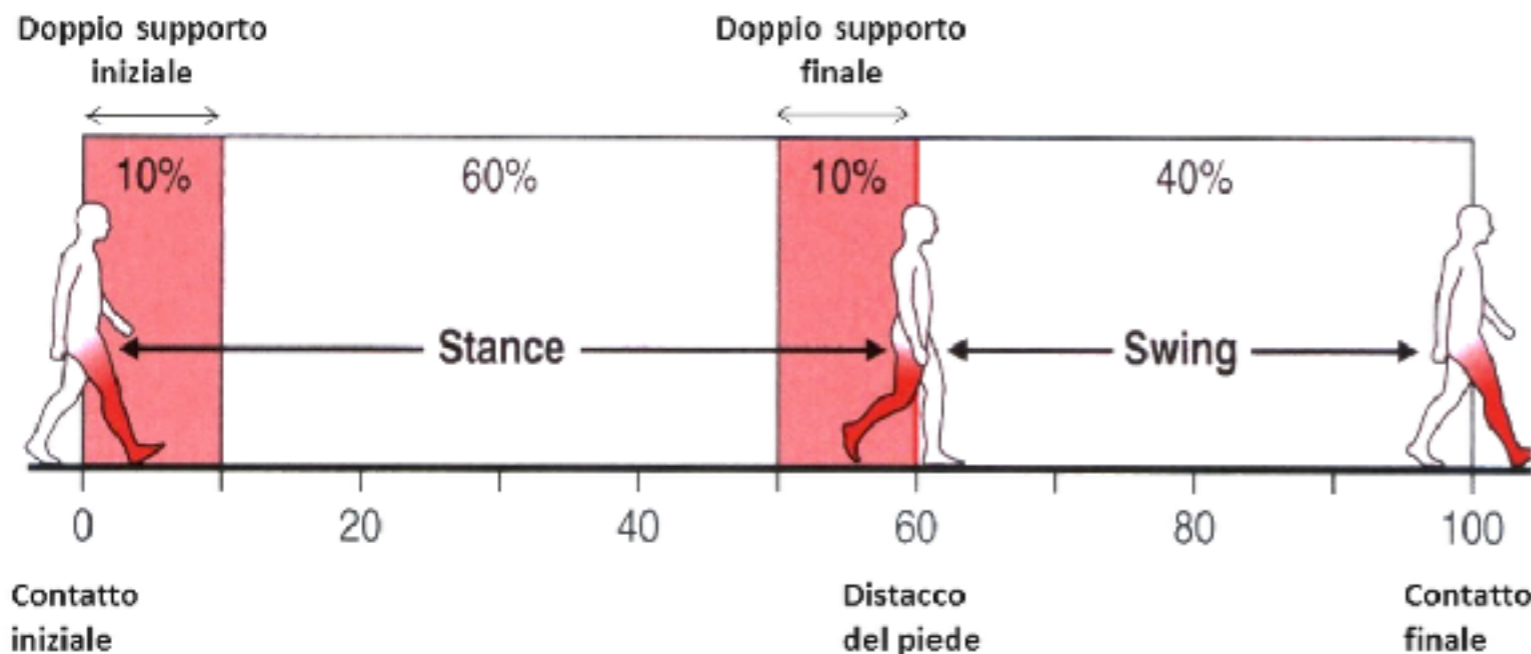
- Anca
- Ginocchio
- Caviglia

## FORZE

- Verticale
- Antero-Posteriore
- Medio-Laterale
- Tracciato del COP in AP e ML

# La gait analysis...

Rappresenta l'applicazione dell'analisi quantitativa del movimento al cammino umano



## PARAMETRI SPAZIO-TEMPORALI

- TEMPO**
  - Velocità
  - Cadenza
  - Durata del ciclo del passo
- SPAZIO**
  - Lunghezza e larghezza del passo
- FASI**
  - Durata della fase di appoggio
  - Durata della fase di volo
  - Durata singolo e doppio appoggio

## ANGOLI ARTICOLARI

- Piano Sagittale (Tronco, Bacino, Anca, Ginocchio, Caviglia)
- Piano Trasversale (Tronco, Bacino, Anca, Piede)
- Piano Frontale (Tronco, Bacino, Anca)

## MOMENTI e POTENZE

- Anca
- Ginocchio
- Caviglia

## FORZE

- Verticale
- Antero-Posteriore
- Medio-Laterale
- Tracciato del COP in AP e ML

**Tridimensionale, quantitativa, multifattoriale**

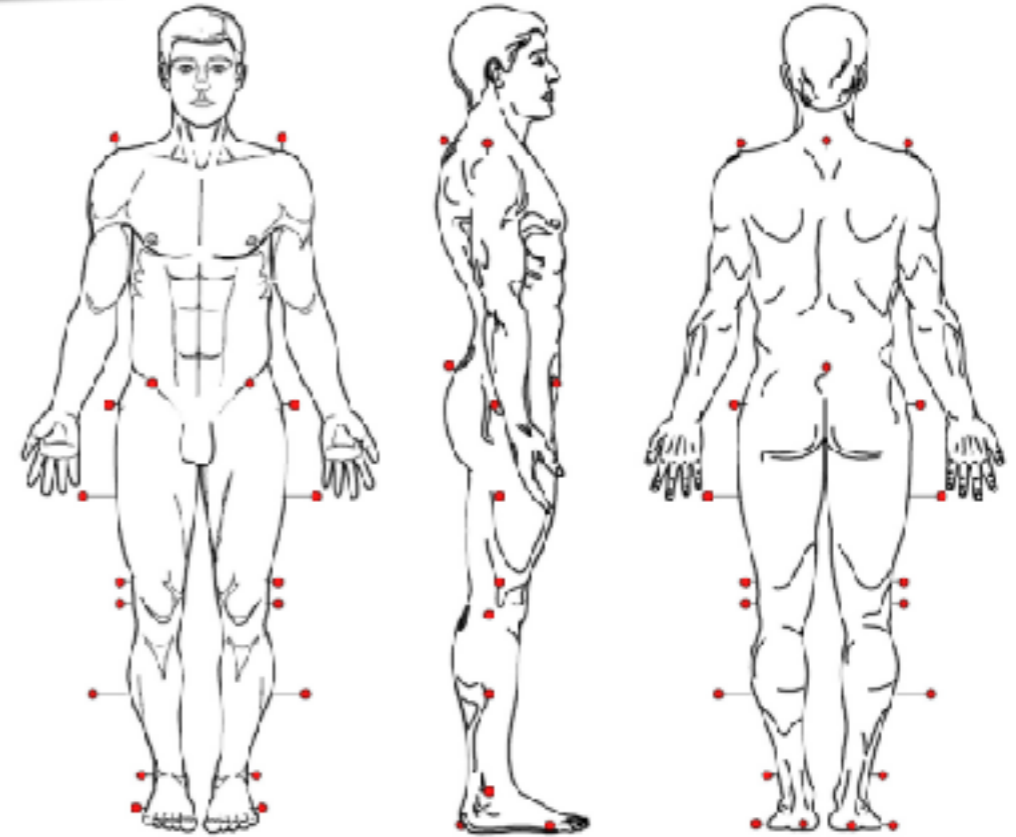
# Le fasi della Gait Analysis

## 1) Misure Antropometriche

Larghezza Bacino  
Altezza Bacino  
Diametro Ginocchio  
Diametro Caviglia  
Lunghezza Gamba

## 2) Posizionamento Marker

Secondo il Protocollo Davis (22 per lo standing, 20 per la prova di walking)



## 3) Prova di standing

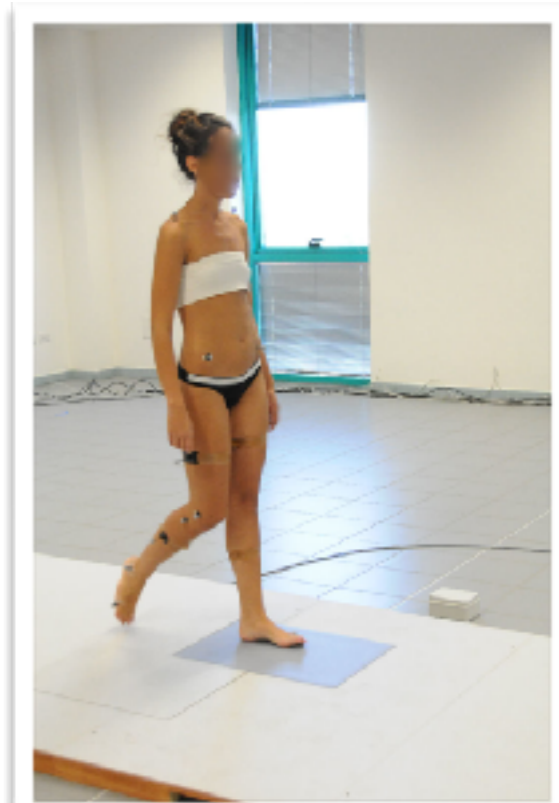
5 secondi postura statica (identificazione degli angoli di offset)

## 4) Prova di walking

Tipicamente almeno 6 prove su una distanza di circa 6-10 m

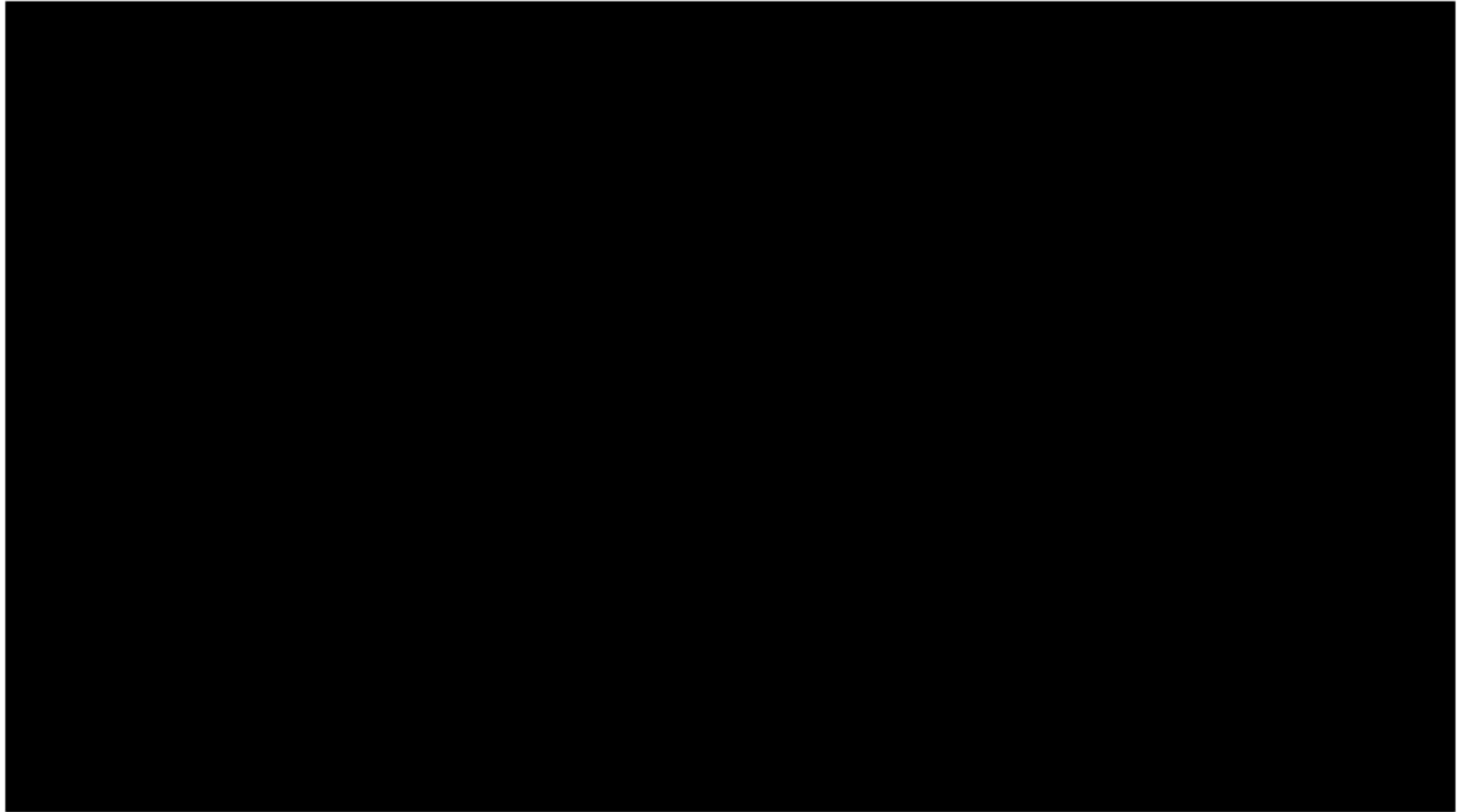
## 5) Elaborazione dei dati

Ricostruzione delle traiettorie dei segmenti corporei (tracking)  
identificazione del ciclo del passo, generazione della reportistica





# Le fasi della Gait Analysis



# Le fasi della Gait Analysis



# Risultati e report



Laboratorio di Biomeccanica ed Ergonomia Industriale DIMCM

Università degli studi di Cagliari



## Parametri Temporal

	ARTO DX	ARTO SX	NORMALITA'
Durata del ciclo (s):	1.09 ± .03	1.08 ± .02	1.1 ± .09
Durata dell'appoggio (s):	0.67 ± .03	0.65 ± .01	0.65 ± .07
Durata dell'oscillazione (s):	0.43 ± .01	0.43 ± .01	0.44 ± .05
Fase di appoggio (%):	61.01 ± 1.02	60.26 ± .59	58.98 ± 1.97
Fase di oscillazione (%):	38.99 ± 1.02	39.74 ± .59	40.03 ± 3.56
Fase doppio supporto (%):	10.06 ± .63	11.03 ± .71	10.27 ± 3.09
Velocità media (m/s):	1.1 ± .1		1.2 ± .2
Velocità media (%altezza/s):	65.73 ± 2.99		80 ± 5
Cadenza (passi/min):	110.5 ± 2.715		114 ± 4.2

## Parametri Spaziali

	ARTO DX	ARTO SX	NORMALITA'
Lunghezza del ciclo (m):	1.21 ± .03	1.23 ± .04	1.36 ± .11
Lunghezza del ciclo (%altezza):	70.91 ± 1.6	71.78 ± 2.17	80 ± 10
Lunghezza del passo (m):	0.6 ± .02		0.62 ± .05
Larghezza del passo (m):	0.2 ± .01		0.16 ± .02

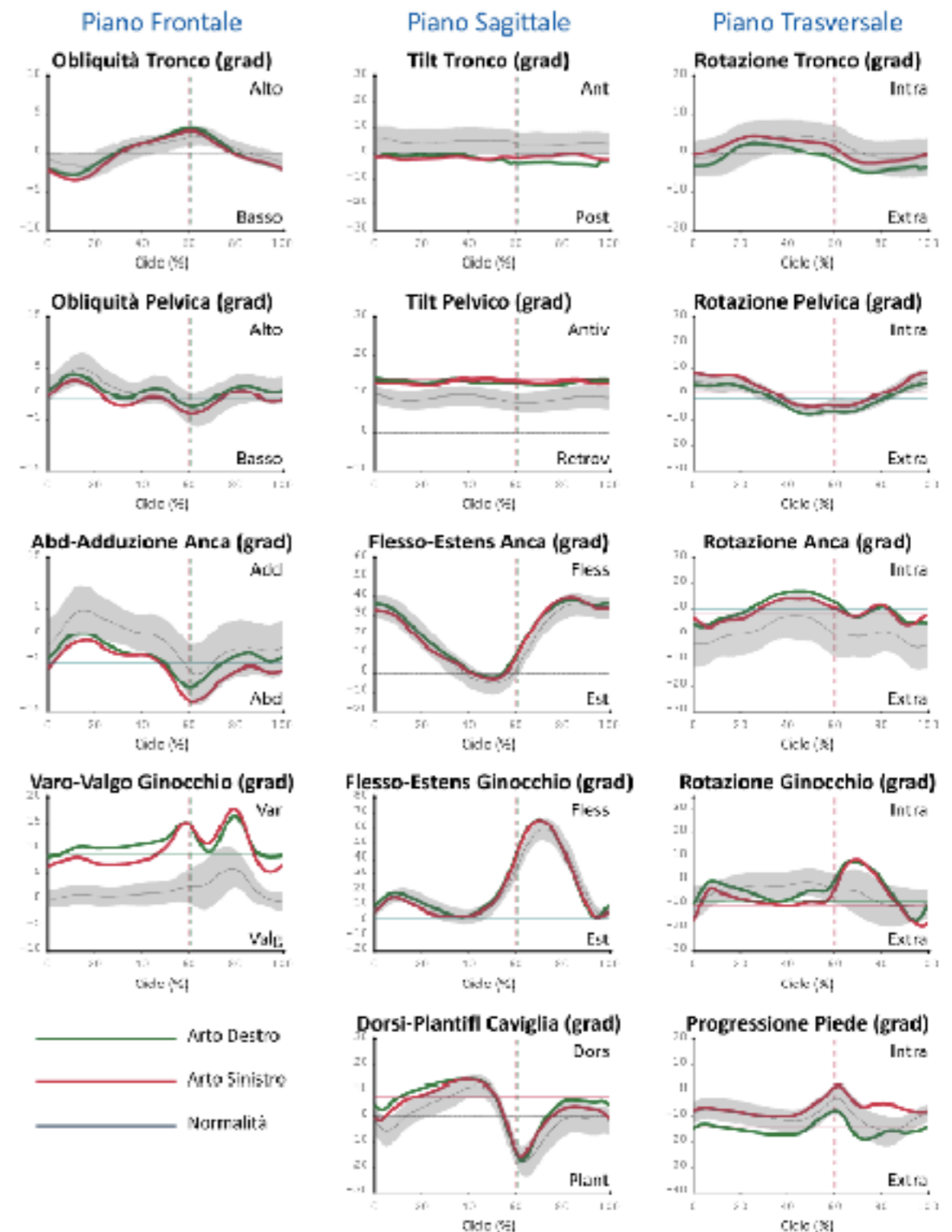


Laboratorio di Biomeccanica ed Ergonomia Industriale DIMCM

Università degli studi di Cagliari



## Analisi Cinematica



# Risultati e report



Laboratorio di Biomeccanica ed Ergonomia Industriale DIMCM

Università degli studi di Cagliari

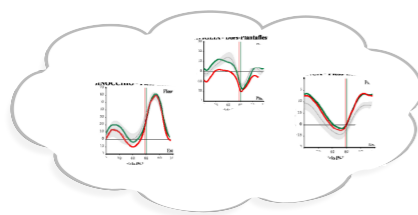


## Parametri Temporal

	ARTO DX	ARTO SX	NORMALITA'
Durata del ciclo (s):	1.09 ± .03	1.08 ± .02	1.1 ± .09
Durata dell'appoggio (s):	0.67 ± .03	0.65 ± .01	0.65 ± .07
Durata dell'oscillazione (s):	0.43 ± .01	0.43 ± .01	0.44 ± .05
Fase di appoggio (%):	61.01 ± 1.02	60.26 ± .59	58.98 ± 1.97
Fase di oscillazione (%):	38.99 ± 1.02	39.74 ± .59	40.03 ± 3.56
Fase doppio supporto (%):	10.06 ± .63	11.03 ± .71	10.27 ± 3.09
Velocità media (m/s):	1.1 ± .1		1.2 ± .2
Velocità media (%altezza/s):	65.73 ± 2.99		80 ± 5
Cadenza (passi/min):	110.5 ± 2.715		114 ± 4.2

## Parametri Spaziali

	ARTO DX	ARTO SX	NORMALITA'
Lunghezza del ciclo (m):	1.21 ± .03	1.23 ± .04	1.36 ± .11
Lunghezza del ciclo (%altezza):	70.91 ± 1.6	71.78 ± 2.17	80 ± 10
Lunghezza del passo (m):	0.6 ± .02	0.62 ± .02	0.62 ± .05
Larghezza del passo (m):	0.2 ± .01		0.16 ± .02

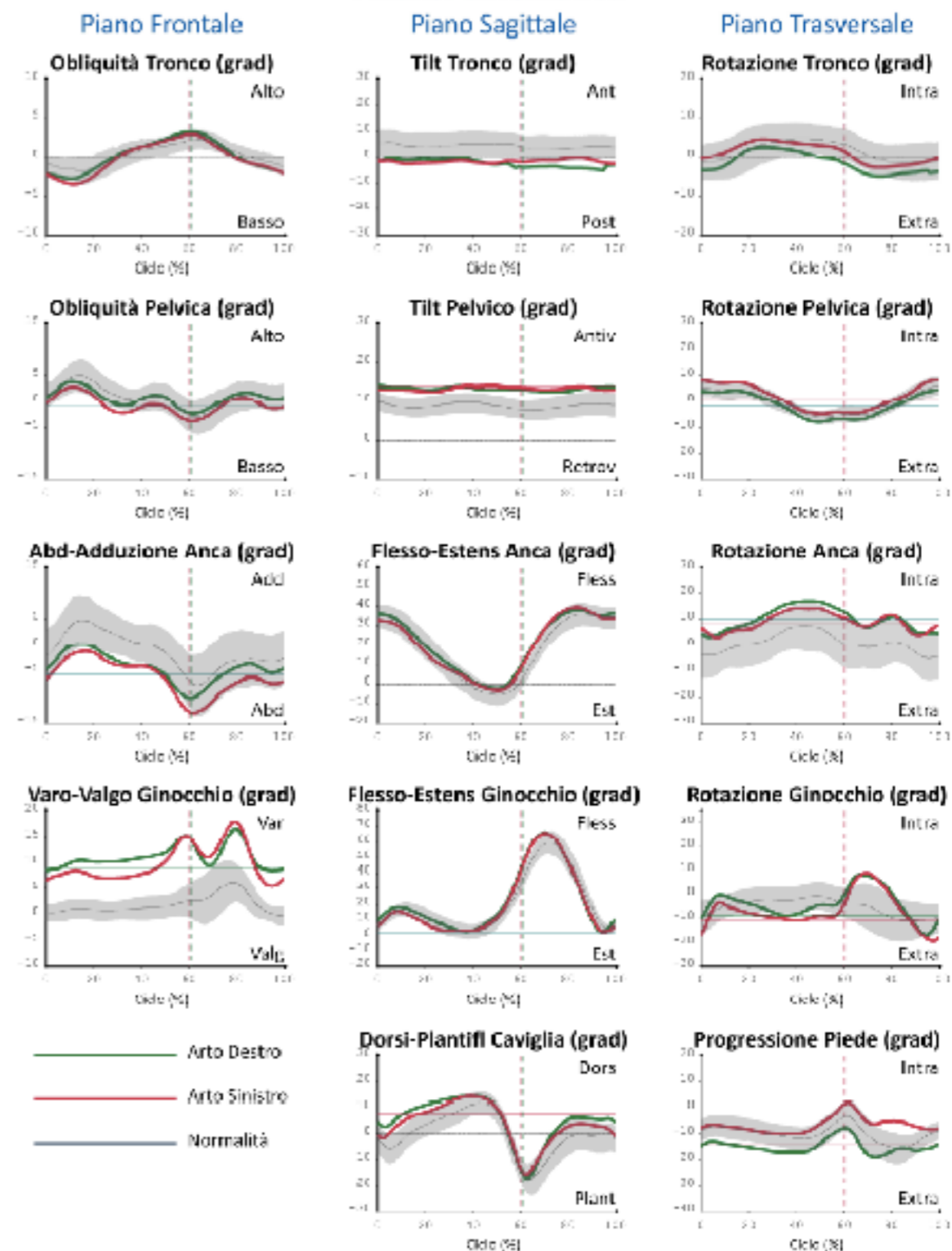


Laboratorio di Biomeccanica ed Ergonomia Industriale DIMCM

Università degli studi di Cagliari



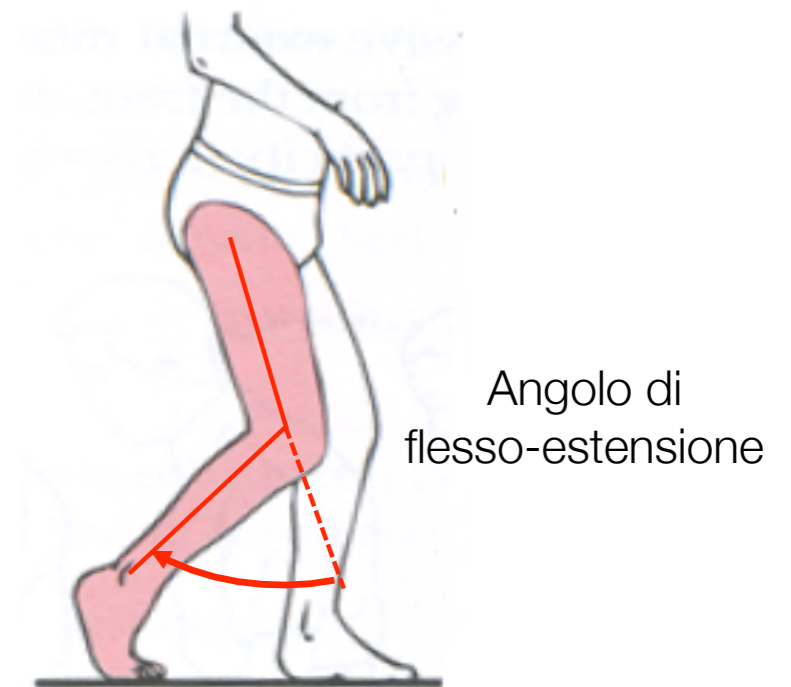
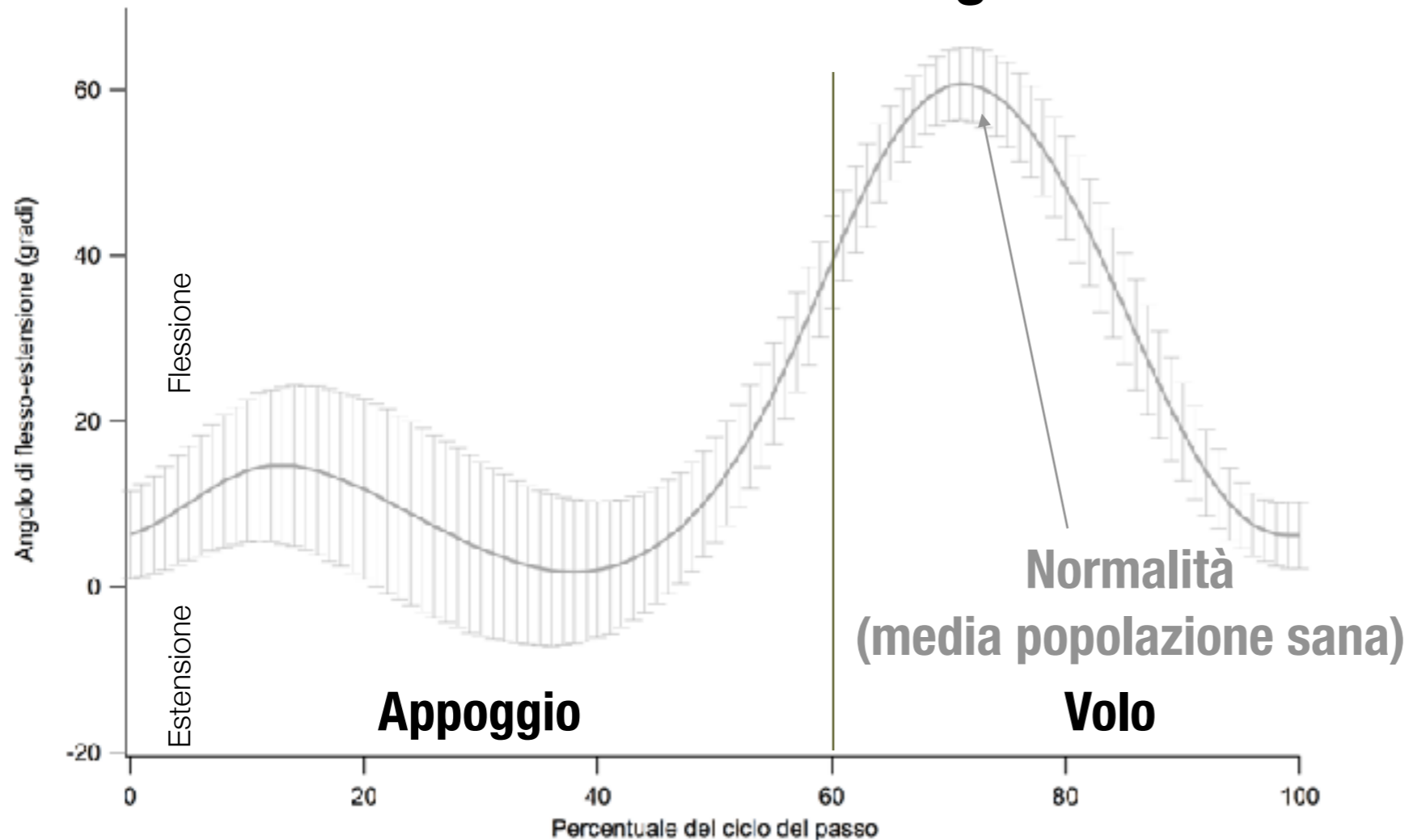
## Analisi Cinematica





# Indici sintetici (cinematica)

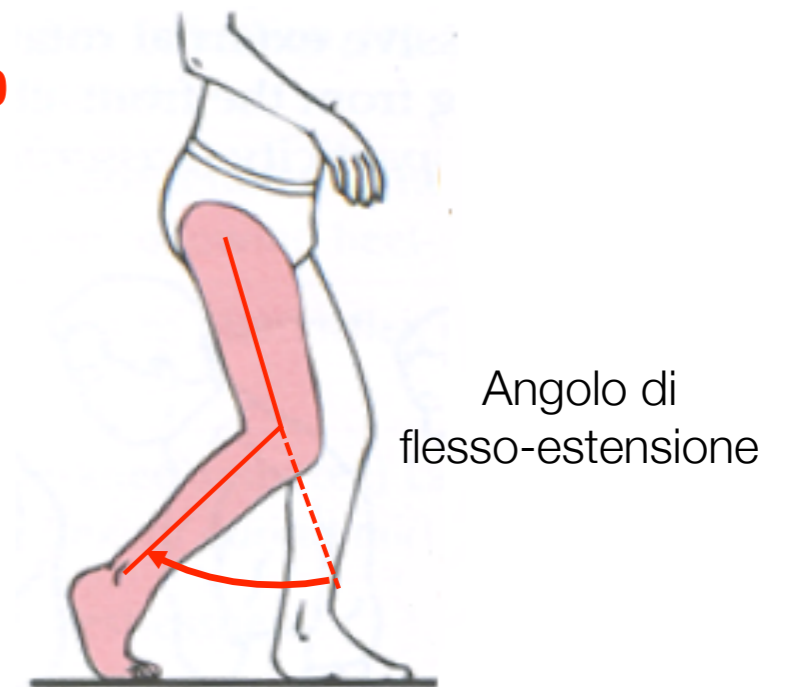
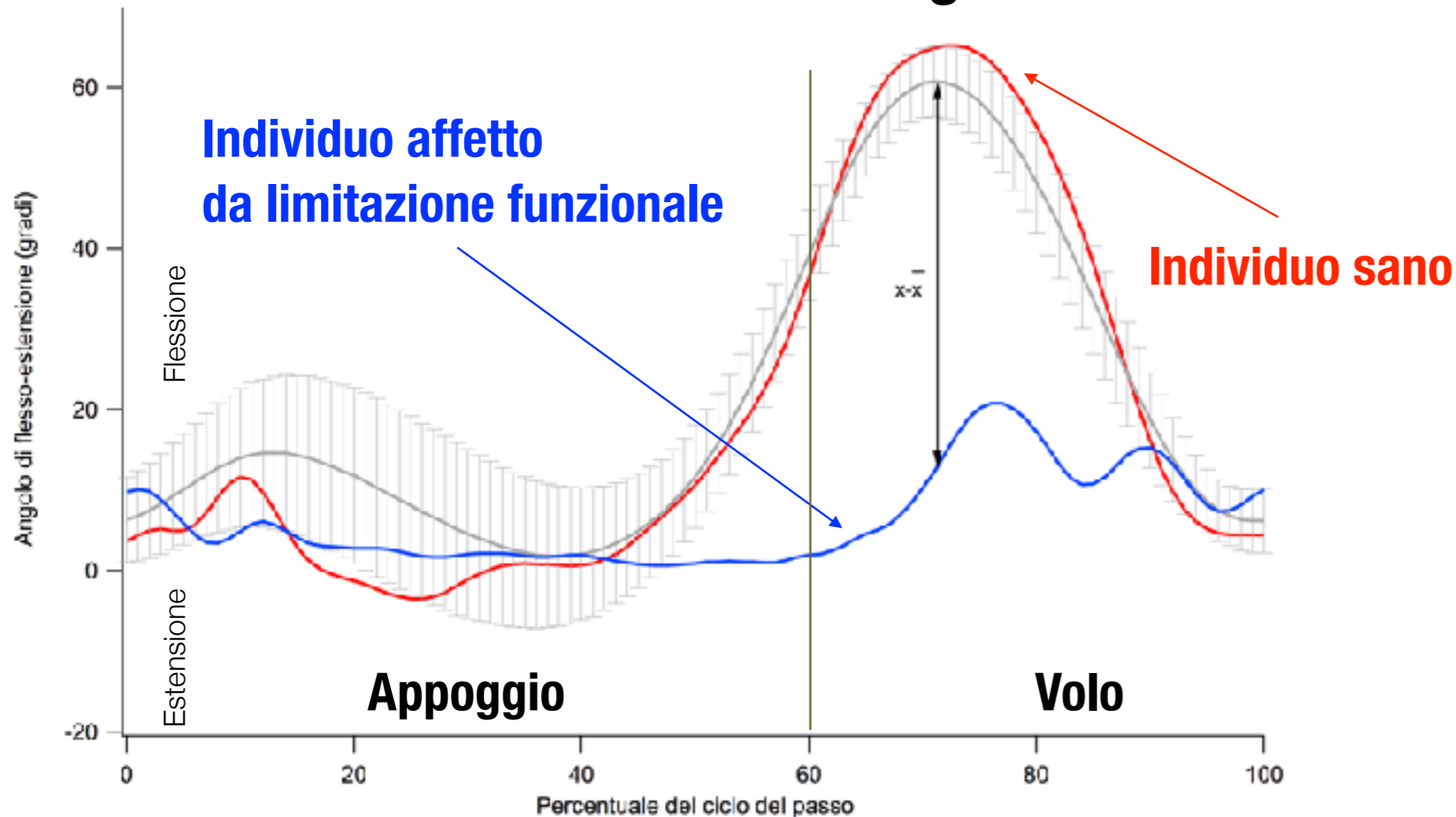
## Flesso-estensione ginocchio



- Le informazioni ottenibili da una Gait Analysis sono **molteplici** e di **non immediata interpretazione** per il clinico
- Tuttavia esiste la possibilità di **sintetizzare i risultati della cinematica articolare in misure numeriche uniche** riferibili al singolo movimento (per esempio la flessio-estensione del ginocchio) o a tutti i movimenti nel loro complesso

# Indici sintetici (cinematica)

## Flesso-estensione ginocchio



- Nel 2009 Baker et al. propongono l'adozione del **Gait Variable Score (GVS)** e del **Gait Profile Score (GPS)** quali parametri rappresentanti la "distanza" del singolo tracciato cinematico (GVS) o della combinazione dei 9 parametri (relativi a pelvi, anca, ginocchio e caviglia, GPS) del soggetto analizzato dalla normalità

$$GVS = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left( x_{i,t} - \bar{x}_{i,t} \right)^2 \quad GPS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N GVS_i^2} \quad < 5-7^\circ \text{ SOGGETTI SANI}$$

# Applicazioni alle patologie neurologiche

Gait & Posture 39 (2014) 1142–1145

Contents lists available at ScienceDirect

Gait & Posture

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/gaitpost](http://www.elsevier.com/locate/gaitpost)



Short Communication

Validation of GDI, GPS and GVS for use in Parkinson's disease through evaluation of effects of subthalamic deep brain stimulation and levodopa



Danielli Souza Speciali<sup>a</sup>, João Carlos Ferrari Corrêa<sup>a</sup>, Natália Mariana Luna<sup>b</sup>, Rachael Brant<sup>c</sup>, Julia Maria D'Andrea Greve<sup>b</sup>, Wagner de Godoy<sup>d</sup>, Richard Baker<sup>e</sup>, Paulo Roberto Garcia Lucareli<sup>a,\*</sup>

## Malattia di Parkinson

Gait & Posture 42 (2015) 133–137

Contents lists available at ScienceDirect

Gait & Posture

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/gaitpost](http://www.elsevier.com/locate/gaitpost)



Gait Deviation Index, Gait Profile Score and Gait Variable Score in children with spastic cerebral palsy: Intra-rater reliability and agreement across two repeated sessions



Helle Mätzke Rasmussen<sup>\*</sup>, Dennis Brandborg Nielsen, Niels Wisbech Pedersen, Søren Overgaard, Anders Holsgaard-Larsen

## Paralisi Cerebrale Infantile

Journal of the Neurological Sciences 345 (2014) 159–163

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of the Neurological Sciences

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jns](http://www.elsevier.com/locate/jns)



Novel characterization of gait impairments in people with multiple sclerosis by means of the gait profile score



Massimiliano Pau<sup>a,\*</sup>, Giancarlo Coghe<sup>b</sup>, Claudia Atzeni<sup>a</sup>, Federica Corona<sup>a</sup>, Giuseppina Pilloni<sup>a</sup>, Maria Giovanna Marrosu<sup>b</sup>, Eleonora Cocco<sup>b</sup>, Manuela Galli<sup>c,d</sup>

## Sclerosi Multipla

Gait & Posture 49 (2016) 382–387

Contents lists available at ScienceDirect

Gait & Posture

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/gaitpost](http://www.elsevier.com/locate/gaitpost)



Full length article

Reliability and minimum detectable change of the gait profile score for post-stroke patients



Gisele Francini Devetak<sup>a</sup>, Suzane Ketlyn Martello<sup>a</sup>, Juliana Carla de Almeida<sup>a</sup>, Katren Pedroso Correa<sup>a</sup>, Dielise Debona Iucksch<sup>b</sup>, Elisângela Ferretti Manfra<sup>a,\*</sup>

## Ictus



**Valutazione dell'effetto di  
un trattamento riabilitativo basato  
su stimoli acustici ritmici nella  
Malattia di Parkinson**

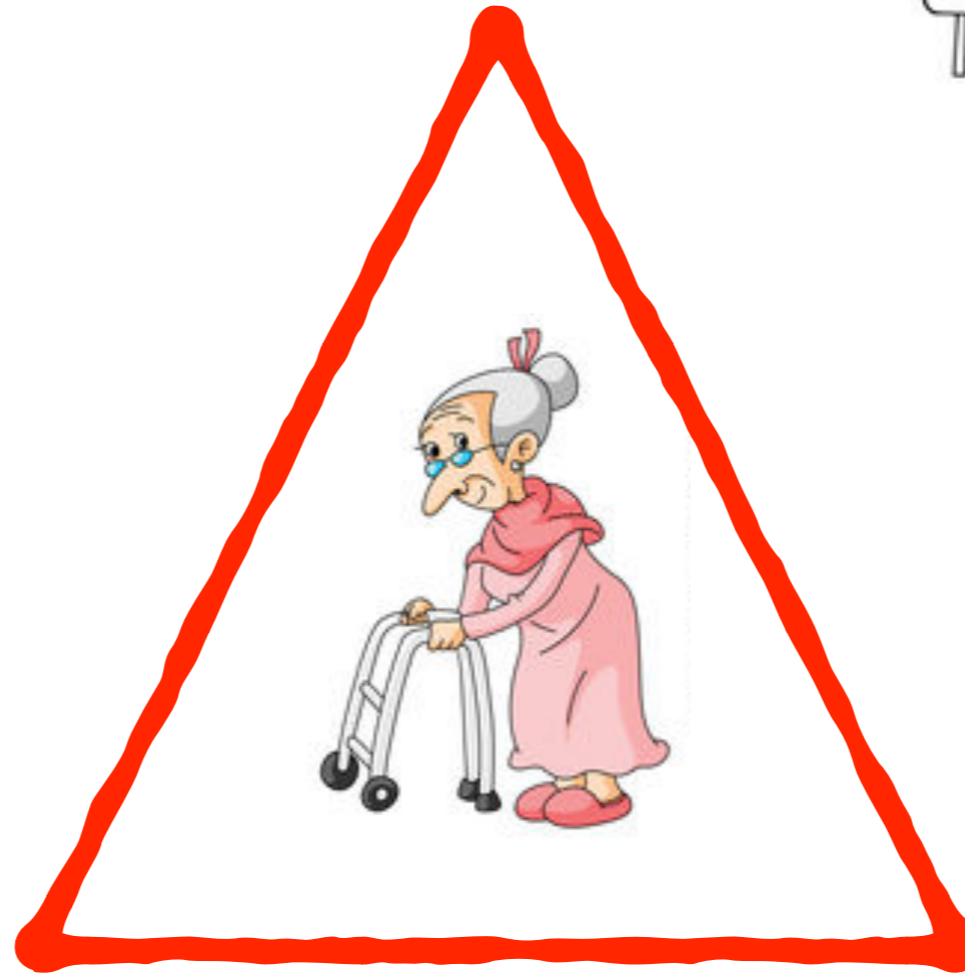


# Il team di lavoro



**AO BROTZU**

**Neurologi, Fisiatri  
Terapisti della Riabilitazione**



**Psicologi**



**Ingegneri, Psicologi**

$$\sqrt{\frac{a^2 + \frac{1}{2}b^2}{y^2}} \cdot \frac{z^2}{a^2} = \frac{(a^2 + b^2 + x^2 + y^2)(x^2 - b^2)}{\sqrt{3x^2 - 2y^2 - 2z^2}}$$



# Il progetto: obiettivi





# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**



# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**



# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**
- Verificare l'effetto della **somministrazione di stimoli ritmico-acustici "ecologici"** durante il training del passo vs. stimoli artificiali (metronomo)





# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**
- Verificare l'effetto della **somministrazione di stimoli ritmico-acustici "ecologici"** durante il training del passo vs. stimoli artificiali (metronomo)



# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**
- Verificare l'effetto della **somministrazione di stimoli ritmico-acustici "ecologici"** durante il training del passo vs. stimoli artificiali (metronomo)
- Outcome **biomeccanici**: parametri **spazio-temporali e cinematica** del passo rilevati mediante **3D Gait Analysis** effettuata mediante sistema **optoelettronico**



# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**
- Verificare l'effetto della **somministrazione di stimoli ritmico-acustici "ecologici"** durante il training del passo vs. stimoli artificiali (metronomo)
- Outcome **biomeccanici**: parametri **spazio-temporali e cinematica** del passo rilevati mediante **3D Gait Analysis** effettuata mediante sistema **optoelettronico**





# Il progetto: obiettivi

- Verificare l'efficacia **sui pattern di cammino** del **trattamento riabilitativo** offerto dalla S.C. di Medicina Fisica e Riabilitazione dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari a **pazienti affetti da Malattia di Parkinson**
- Verificare l'effetto della **somministrazione di stimoli ritmico-acustici "ecologici"** durante il training del passo vs. stimoli artificiali (metronomo)
- Outcome **biomeccanici**: parametri **spazio-temporali e cinematica** del passo rilevati mediante **3D Gait Analysis** effettuata mediante sistema **optoelettronico**
- Outcome **clinici**: UPDRS, FIM, SPPB, FES, ABC, FOG etc.



# L'Ospedale San Michele



## Informazioni generali

- Inaugurato nel 1982, attualmente parte dell'Azienda Ospedaliera Brotzu (ASL 8 CA)
- Ospedale di Rilievo Nazionale e di Alta Specializzazione (DPCM 8/4/93)
- Circa 600 posti letto su 14 piani
- Pensato come un centro di alta specializzazione, in grado di offrire ai cittadini sardi assistenza per malattie del cuore e trapianti d'organo

## Presso la S.C. Neurologia e Stroke Unit

Negli ultimi 24 mesi sono stati visitati almeno una volta **887 pazienti** con Parkinsonismo degenerativo idiopatico di cui:

- circa **750 sono PD**
- i rimanenti hanno varie forme di Parkinsonismi degenerativi "atipici" (PSP, Degenerazione Cortico-Basale, Atrofia Multisistemica)
- 50 pazienti con Parkinsonismo vascolare, oltre 200 affetti da varie forme di tremore distonie

# L'Ospedale San Michele



## Informazioni generali

- Inaugurato nel 1982, attualmente parte dell'Azienda Ospedaliera Brotzu (ASL 8 CA)
- Ospedale di Rilievo Nazionale e di Alta Specializzazione (DPCM 8/4/93)
- Circa 600 posti letto su 14 piani
- Pensato come un centro di alta specializzazione, in grado di offrire ai cittadini sardi assistenza per malattie del cuore e trapianti d'organo

## Presso la S.C. di Riabilitazione Fisica

- nel 2015 sono stati seguiti con continuità **66 pazienti** affetti da Malattia di Parkinson
- **98 cicli di terapia riabilitativa** (980 sedute)
- **193 visite** specialistiche fisiatriche



# La riabilitazione nella MdP

Parkinsonism and Related Disorders 22 (2016) S60–S61



Contents lists available at ScienceDirect

Parkinsonism and Related Disorders

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/parkreldis](http://www.elsevier.com/locate/parkreldis)



## Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges



Giovanni Abbruzzese <sup>a,b,\*</sup>, Roberta Marchese <sup>a,b</sup>, Laura Avanzino <sup>c</sup>, Elisa Pelosin <sup>a,b</sup>

- La terapia fisica si è dimostrata **efficace nel migliorare specifici aspetti del cammino** (i.e. lunghezza del passo e cadenza)
- Fino ad oggi, **nella maggior parte dei trials si utilizza la velocità del cammino e il Timed Up and Go** quali outcome primari della riabilitazione, mentre la **qualità della vita e la disabilità sono stimate attraverso scale quali UPDRS e PDQ-39**
- [...] sebbene esistano corpose evidenze a favore degli effetti benefici della terapia fisica sulle capacità motorie (in particolare cammino ed equilibrio) ancora **non esiste consenso unanime su quali siano le misure di outcome più significative**

# Quali misure per il cammino?



THE COCHRANE  
COLLABORATION

## Physiotherapy for Parkinson's disease: a comparison of techniques (Review)

Tomlinson CL, Herd CP, Clarke CE, Meek C, Patel S, Stowe R, Deane KHO, Shah L, Sackley CM, Wheatley K, Ives N

### Types of outcome measures

1. Gait outcomes such as:

a. **two- or six-minute walk test (m)**, measures the number of metres a person can walk in two or six minutes thereby providing a measurement of walking endurance (Kersten 2004);

b. **walking speed:**

i. **10- or 20-metre walk test (s)**, measures the time in seconds that a person takes to walk 10 or 20 metres thereby providing a measurement of gait speed (Kersten 2004),

ii. **velocity (m/s)**, measures the rate of change of position, recorded in metres per second (Trew 2005);

c. **cadence (steps/min)**, measures the number of steps taken in a given period of time, which is then converted into the number of steps taken per minute (Trew 2005);

d. **stride length (m)**, measures the average distance (in metres) between two successive placements of the same foot (Whittle 1996);

e. **step length (m)**, measures the average distance (in metres) between successive foot to floor contact with the opposite feet (Trew 2005);

f. **Freezing of Gait Questionnaire**, a validated questionnaire for the assessment of freezing of gait. The questionnaire consists of six items and scores range from 0 to 24, with higher scores corresponding to more severe freezing of gait (Giladi 2000).

- Test cronometrati (velocità o distanza)
- Cadenza
- Lunghezza del passo/semipasso
- Freezing of Gait Questionnaire

**Quale ruolo per l'analisi quantitativa  
del movimento?**



# Quale ruolo per l'analisi quantitativa del movimento?

*Movement Disorders*  
Vol. 20, No. 1, 2005, pp. 40-50  
© 2004 Movement Disorder Society

## Three-Dimensional Gait Biomechanics in Parkinson's Disease: Evidence for a Centrally Mediated Amplitude Regulation Disorder

Meg Morris, PhD,<sup>1\*</sup> Robert Ianseck, PhD,<sup>1,2</sup> Jennifer McGinley, BAppSc(Phty),<sup>1,2</sup> Thomas Matyas, PhD,<sup>3</sup>  
and Frances Huxham, BAppSc(Phty)<sup>1,2</sup>

- “Le applicazioni dell’analisi quantitativa del movimento (in particolare cammino) in pazienti affetti da MdP sono limitate” (Morris et al., 2005)
- Nell’ultimo decennio si contano alcune decine di studi che utilizzano la 3D Gait Analysis (con sistema optoelettronico)
- Ma **solo un limitato numero di essi applica questa tecnica per verificare l’efficacia di un trattamento riabilitativo**

# Quale ruolo per l'analisi quantitativa del movimento?

*Movement Disorders*  
Vol. 20, No. 1, 2005, pp. 40-50  
© 2004 Movement Disorder Society

## Three-Dimensional Gait Biomechanics in Parkinson's Disease: Evidence for a Centrally Mediated Amplitude Regulation Disorder

Meg Morris, PhD,<sup>1\*</sup> Robert Ianseck, PhD,<sup>1,2</sup> Jennifer McGinley, BAppSc(Phty),<sup>1,2</sup> Thomas Matyas, PhD,<sup>3</sup>  
and Frances Huxham, BAppSc(Phty)<sup>1,2</sup>



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Gait & Posture 26 (2007) 452-462



Does gait analysis quantify motor rehabilitation efficacy  
in Parkinson's disease patients?<sup>☆</sup>

A. Peppe<sup>a,\*</sup>, C. Chiavalon<sup>a</sup>, P. Pasqualetti<sup>c</sup>,  
D. Crovato<sup>d</sup>, C. Caltagirone<sup>a,b</sup>

- “Le applicazioni dell'analisi quantitativa del movimento (in particolare cammino) in pazienti affetti da MdP sono limitate” (Morris et al., 2005)
- Nell'ultimo decennio si contano alcune decine di studi che utilizzano la 3D Gait Analysis (con sistema optoelettronico)
- Ma **solo un limitato numero di essi applica questa tecnica per verificare l'efficacia di un trattamento riabilitativo**
- “La Gait Analysis fornisce **misure di outcome obiettive utili alla valutazione di un programma riabilitativo** e informazioni aggiuntive su specifiche alterazioni del cammino” (Peppe et al. 2007)
- “L'analisi dettagliata del cammino è **utile per comprendere la complessa fisiopatologia dei disturbi del cammino** negli individui affetti da MdP”

# Partecipanti

## Criteria di inclusione

- **indipendenza nella deambulazione**
- **capacità uditive** sufficienti a percepire gli stimoli ritmico-acustici in cuffia (no ipoacusia)
- assenza di impairment cognitivi significativi (i.e. **MMSE>24**)
- buone funzionalità esecutive globali (i.e. **FAB>13**)
- **assenza di patologie psichiatriche** o di importanti **patologie sistemiche**
- disabilità leggera-moderata ( **$1 \leq H\&Y \leq 3$** )
- **non coinvolti in altro tipo di programmi riabilitativi** nei 3 mesi precedenti l'inizio dello studio

## Caratteristiche dei partecipanti

- **26 partecipanti** (21M, 5F)
- Età:  $70.4 \pm 8.9$
- Tempo dalla diagnosi:  $7.5 \pm 5.4$
- H&Y  $2.0 \pm 0.5$
- UPDRS III  $27.3 \pm 9.5$
- MMSE  $28.7 \pm 1.9$
- FAB  $16.9 \pm 1.4$
- Tutti i partecipanti trattati con L-Dopa e 5 di essi anche con dopamino-antagonisti



# Il trattamento riabilitativo (H&Y <2)

- Prevenzione **inattività e paura di cadere**
- Prevenzione delle **cadute**
- Mantenere o **migliorare l'attività fisica**
- Insegnare a **riconoscere le fasi di fluttuazione e predisporre opportune strategie di movimento**
- Apprendimento di una serie di semplici **esercizi motori, da utilizzare in seguito in forma autogestita**, a difficoltà crescente
- Esercizi **mantenimento ROM**: chinesi attiva-assistita, attiva delle singole articolazioni nei vari piani chinesiologici
- Esercizi di **stretching**: catene cinetiche muscolari anteriori e posteriori
- Esercizi per l'**equilibrio statico nelle varie posture**: posizione seduta, quadrupedica, in ginocchio, stazione eretta in appoggio bi e monopodalico
- Esercizi per l'**equilibrio dinamico**: deambulazione su percorsi facilitati e accidentati
- Esercizi per la **coordinazione segmentaria e globale**
- **Passaggi posturali**: decubito supino/prono, decubito laterale, posizione seduta/quadrupedica; stazione eretta
- Esercizi di **terapia occupazionale**
- Esercizi **cognitivi** specifici
- **Stimolare l'attività fisica** (consigli sulla scelta o la pratica di una attività motoria, eventualmente coinvolgendo anche il caregiver)
- **Training del passo con cues ritmico-acustiche**

# Il trattamento riabilitativo (H&Y >2)



- Migliorare la **postura e l'attività motoria**
- Migliorare i **passaggi posturali**
- Rendere più efficienti le **attività manuali nella vita quotidiana**
- Migliorare la **stabilità statico-dinamica**
- **Ottimizzare lo schema dinamico del passo**
- Apprendimento di strategie motorie con **scomposizione di ideogrammi motori complessi in subcomponenti**
- **Stessi esercizi della fase iniziale adattati ai nuovi obiettivi e con aumento della componente facilitante (cue)**

# Il trattamento riabilitativo (H&Y >2)



- Migliorare la **postura e l'attività motoria**
- Migliorare i **passaggi posturali**
- Rendere più efficienti le **attività manuali nella vita quotidiana**
- Migliorare la **stabilità statico-dinamica**
- **Ottimizzare lo schema dinamico del passo**
- Apprendimento di strategie motorie con **scomposizione di ideogrammi motori complessi in subcomponenti**
- **Stessi esercizi della fase iniziale adattati ai nuovi obiettivi e con aumento della componente facilitante (cue)**



# Strategia di assegnazione degli stimoli acustici

Hindawi Publishing Corporation  
Parkinson's Disease  
Volume 2015, Article ID 973090, 5 pages  
<http://dx.doi.org/10.1155/2015/973090>



## Research Article

### Acute and Chronic Effect of Acoustic and Visual Cues on Gait Training in Parkinson's Disease: A Randomized, Controlled Study

In the Acoustic Group, cues consisted in a rhythmical digital sound ("beep") emitted by a digital metronome, with a frequency ranging between 60 and 120 Hz. The beep cadence was personalized and optimized for each patient during the first rehabilitative session by the physical therapist.



Contents lists available at ScienceDirect

## Neuroscience and Biobehavioral Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/neubiorev](http://www.elsevier.com/locate/neubiorev)



## Review

### Into the groove: Can rhythm influence Parkinson's disease?☆



Cristina Nombela<sup>a</sup>, Laura E. Hughes<sup>b</sup>, Adrian M. Owen<sup>c,d</sup>, Jessica A. Grahn<sup>c,d,\*</sup>

Metronome stimulation Authors	Stimulation	Benefits
Freedland et al. (2002) Fernandez del Olmo and Cudeiro (2003) Fernandez del Olmo and Cudeiro (2005) Willems et al. (2006)	+10% respect to baseline Fixed frequency (100 bpm) 60, 90, 120 and 150 bpm +10%, +20%, -10%, -20% respect to baseline	Cadence, step length Variability reduction in EMG parameters Velocity (50, 90) cadence (150) Step frequency (+10%, +20%) stride length (-10%), speed (+10%)
Arias & Cudeiro (2008) Ledger et al. (2008) Elston et al. (2010) Rochester et al. (2010) Lohnes et al. (2011)	70-110% respect to baseline -10% respect to baseline Baseline Baseline Baseline (+10%, -10%)	Step amplitude stride time Speed, stride length, cadence PDQ-39 score Speed, step length No effect
<b>Music stimulation</b> Thaut et al. (1996) McIntosh et al. (1997) Ito et al. (2000) Brown et al. (2009) de Bruin et al. (2010)	Metronome pulse (60-120 bpm) embedded into preferred music Metronome pulse (baseline, +10%) embedded into instrumental music Metronome pulse embedded into music Preferred music Cadence-matched preferred music	Speed, stride length Cadence Speed, stride length Cadence Stride length, gait speed No improvements Speed, stride length Cadence

# Strategia di assegnazione degli stimoli acustici

- A ciascun partecipante è stato fornito un **lettore MP3 e cuffie**
- La **cadenza (bpm) dello stimolo acustico-ritmico è stata personalizzata** sulla base dei risultati della Gait Analysis di ingresso, **facendo riferimento ai valori di normalità riportati in letteratura** per le diverse fasce d'età (Oberger et al., 1993; Hollman et al., 2011)
- In particolare **se la cadenza al  $T_0$  era:**
  - a) al di sotto della normalità di oltre il 10% (n=6)**, lo stimolo RAS è stato assegnato a cadenza del 10% superiore a quella misurata (e.g. se la normalità è 100 steps/min e il partecipante ha registrato 80, lo stimolo è stato assegnato ad 88 bpm)
  - b) al di sotto della normalità ma con scostamento non superiore al 10% (n=7)**, è stato assegnato il valore della normalità.
  - c) al di sopra della normalità (n=12)**, lo stimolo RAS assegnato aveva cadenza invariata
- In ogni caso **non è mai stato superato il valore di 130 bpm**



# Timeline del progetto

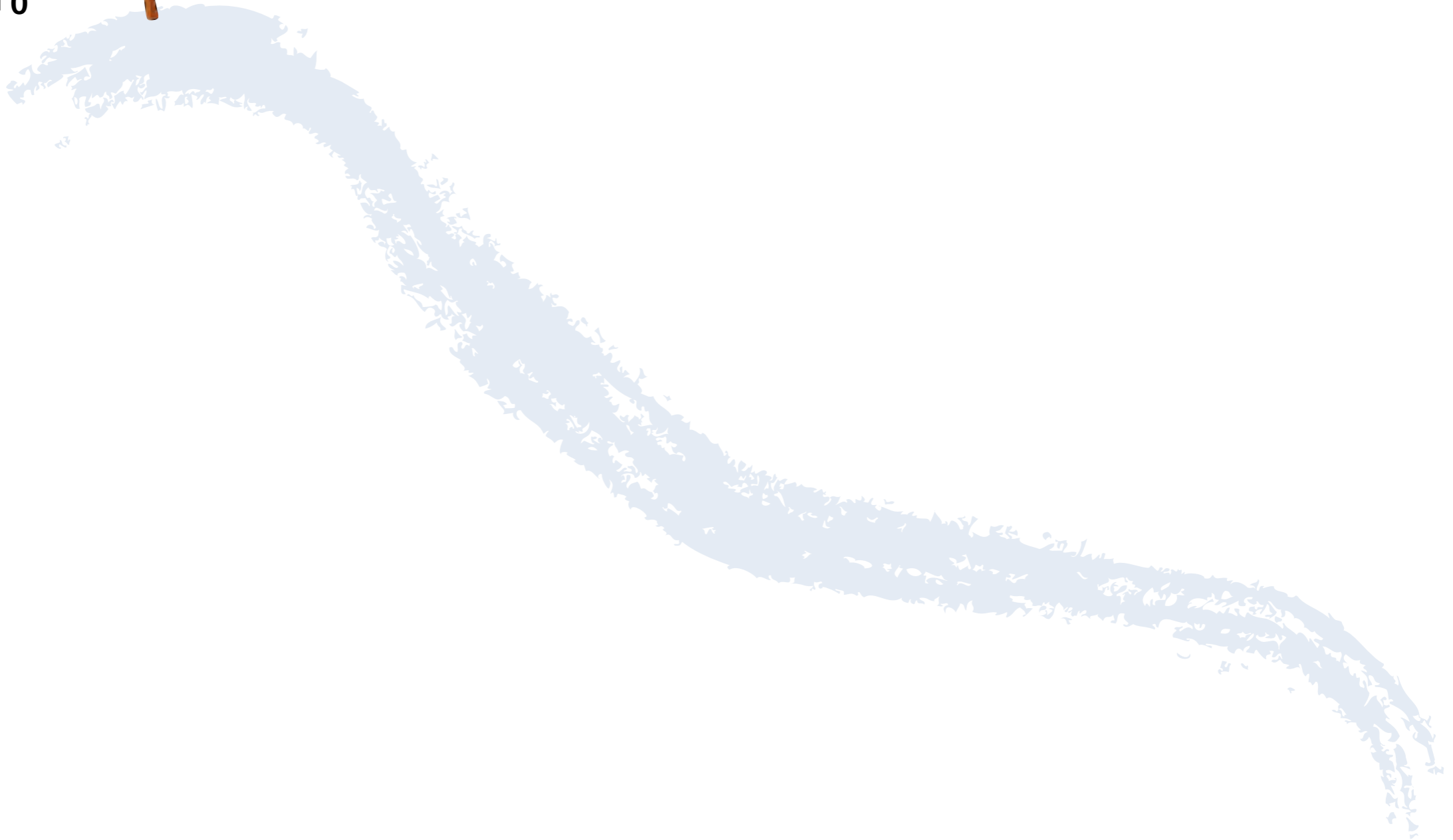




# Timeline del progetto



To



# Timeline del progetto



T<sub>0</sub>



T<sub>+5 settimane</sub>

## In ospedale

- 5 settimane
- 2x45' sessioni/settimana

# Timeline del progetto



T<sub>0</sub>



T<sub>+5 settimane</sub>

## In ospedale

- 5 settimane
- 2x45' sessioni/settimana

+

- *3x30' sessioni/settimana a casa*
- *(training del passo e sottoinsieme esercizi)*



# Timeline del progetto



T<sub>0</sub>



**In ospedale**

- 5 settimane
- 2x45' sessioni/settimana

**+**

- *3x30' sessioni/settimana a casa*
- *(training del passo e sottoinsieme esercizi)*

T<sub>+5 settimane</sub>



**A casa**

- 12 settimane
- 2x45' sessioni/settimana

# Timeline del progetto



T<sub>0</sub>



**In ospedale**

- 5 settimane
- 2x45' sessioni/settimana

+

- 3x30' sessioni/settimana a casa
- (training del passo e sottoinsieme esercizi)

T<sub>+5</sub> settimane



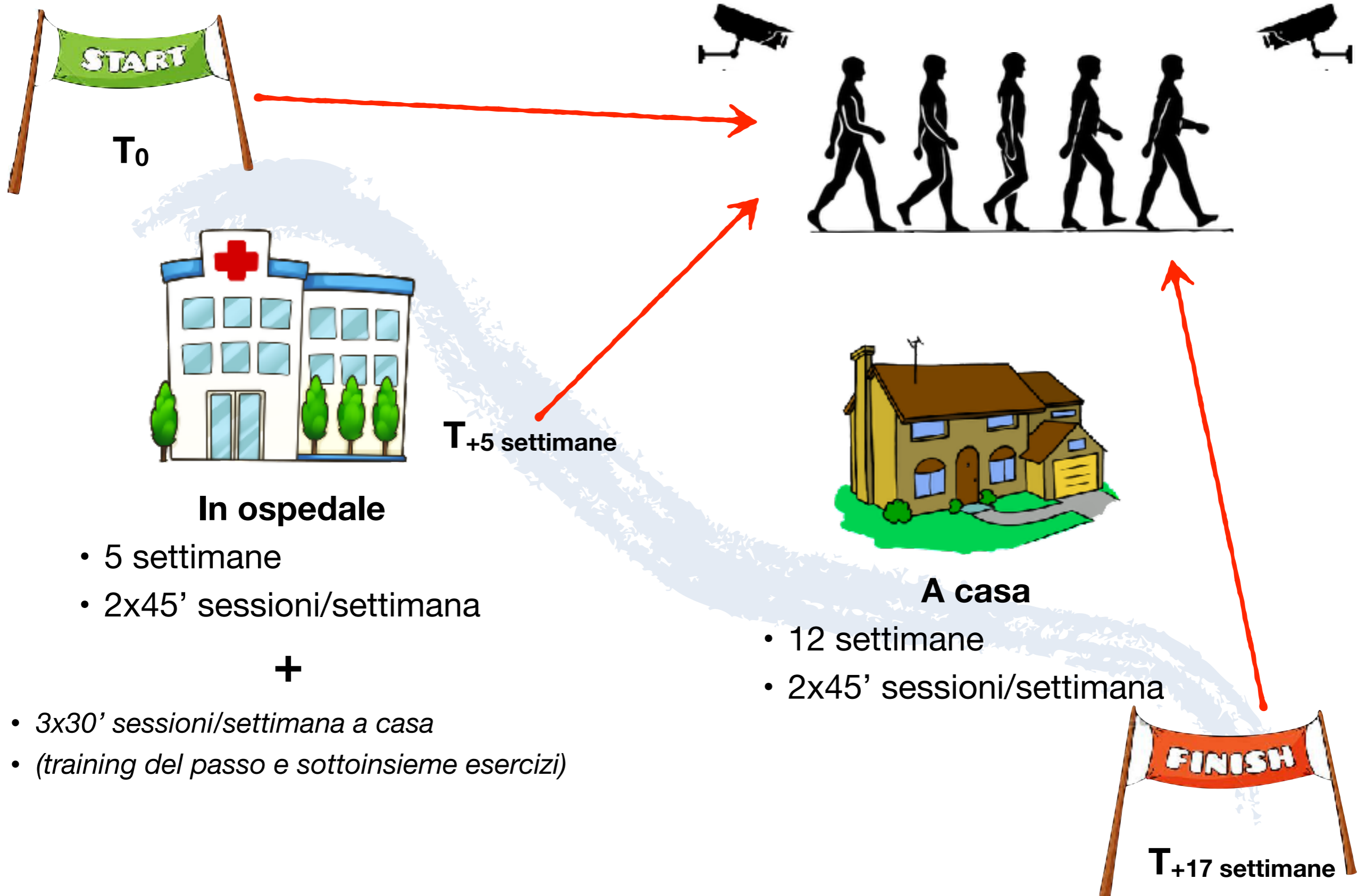
**A casa**

- 12 settimane
- 2x45' sessioni/settimana



T<sub>+17</sub> settimane

# Timeline del progetto



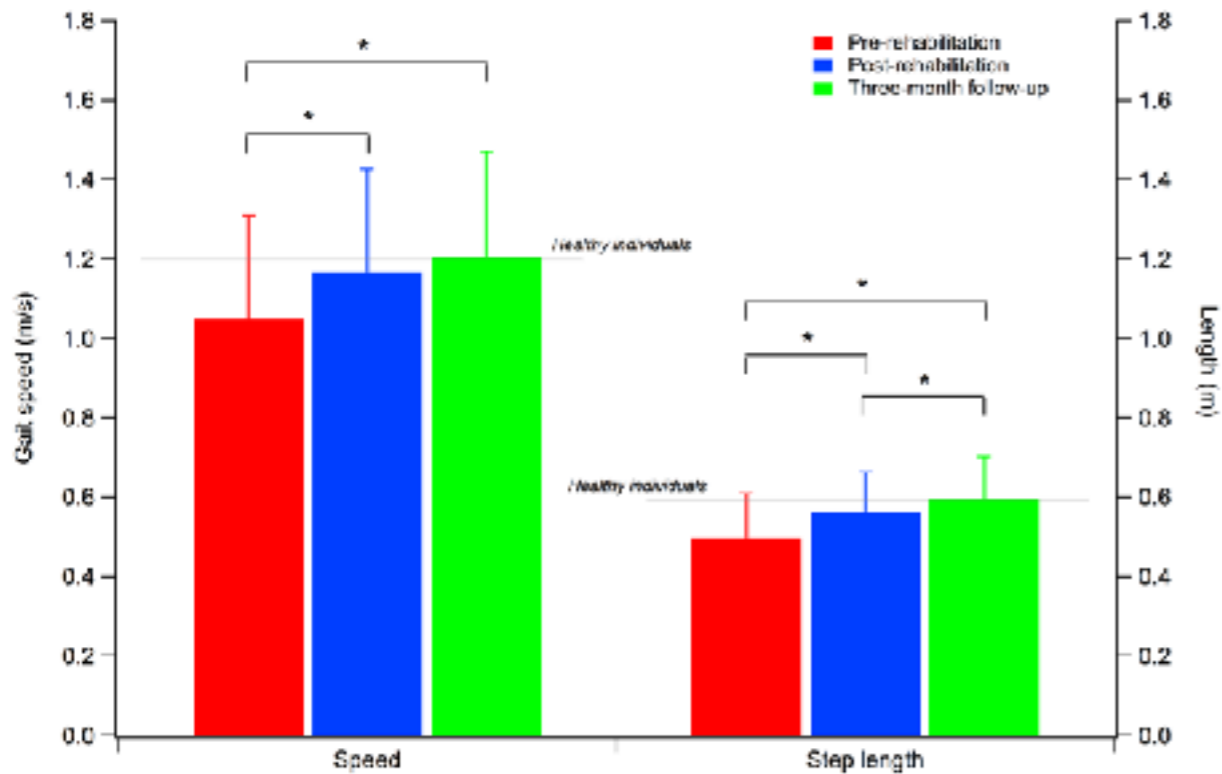
# Test Clinici

- Classificazione di **Hoehn & Yahr**
- **UPDRS** parte III
- Functional Independence Scale (**FIM**)
- **Tinetti** Mobility Test (TMT)
- Short Physical Performance Battery (**SPPB**)
- Geriatric Depression Scale (**GDS-15**)
- Parkinson's Disease Questionnaire (**PDQ-8**)
- Falls Efficacy Scale (**FES**)
- Activities-specific Balance Confidence (**ABC**)
- **Freezing of Gait** Questionnaire (FOG)
- Questionario e **Diario delle cadute**

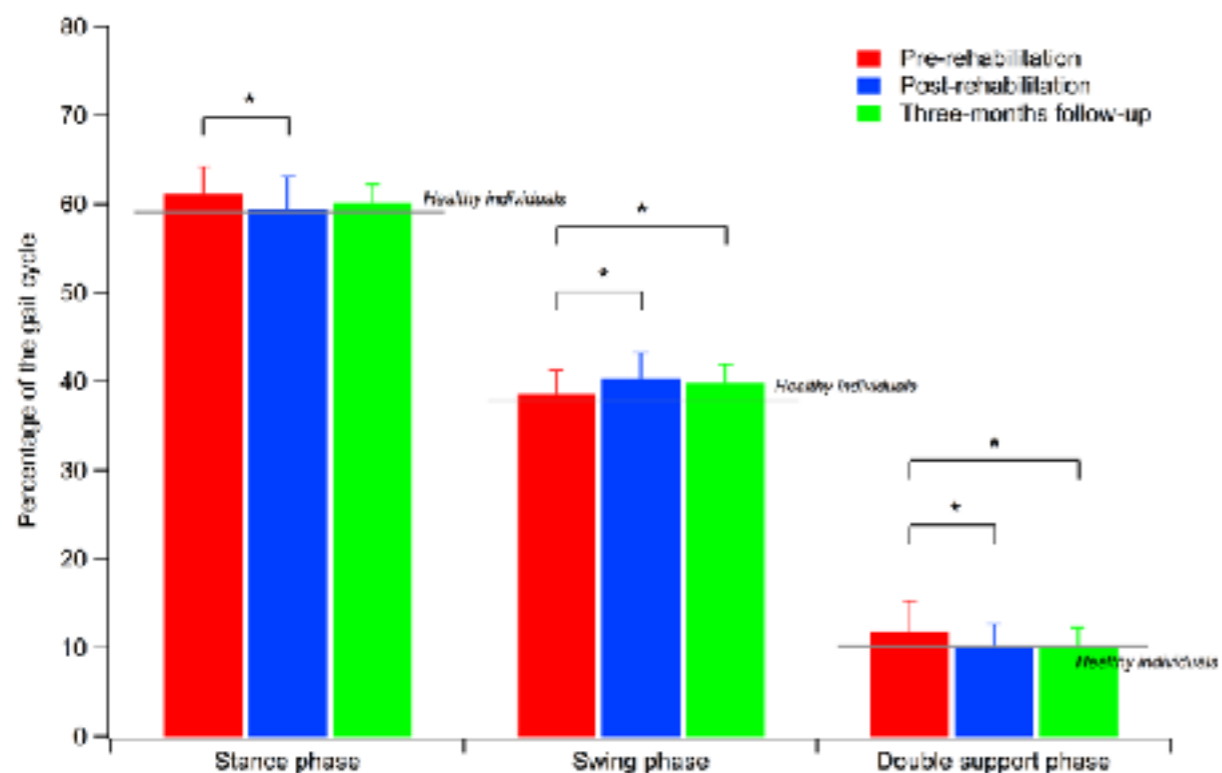




# Risultati: parametri spazio-temporali

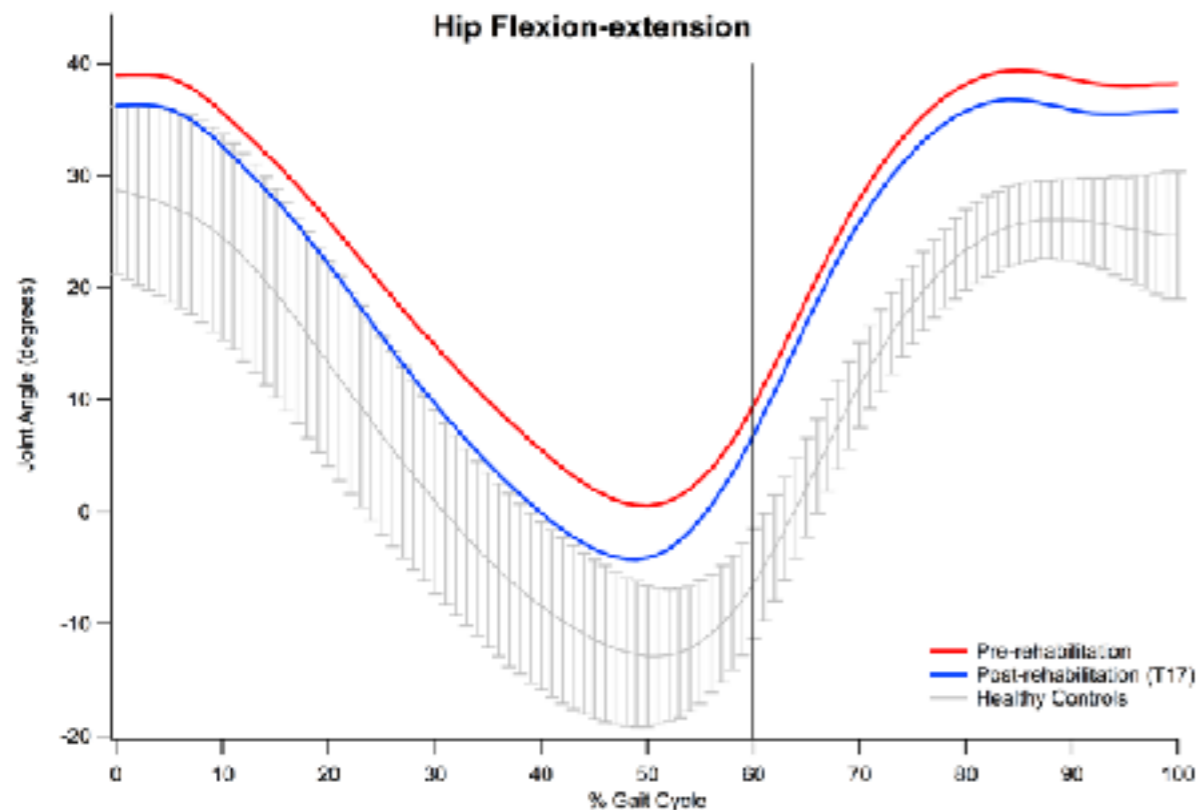
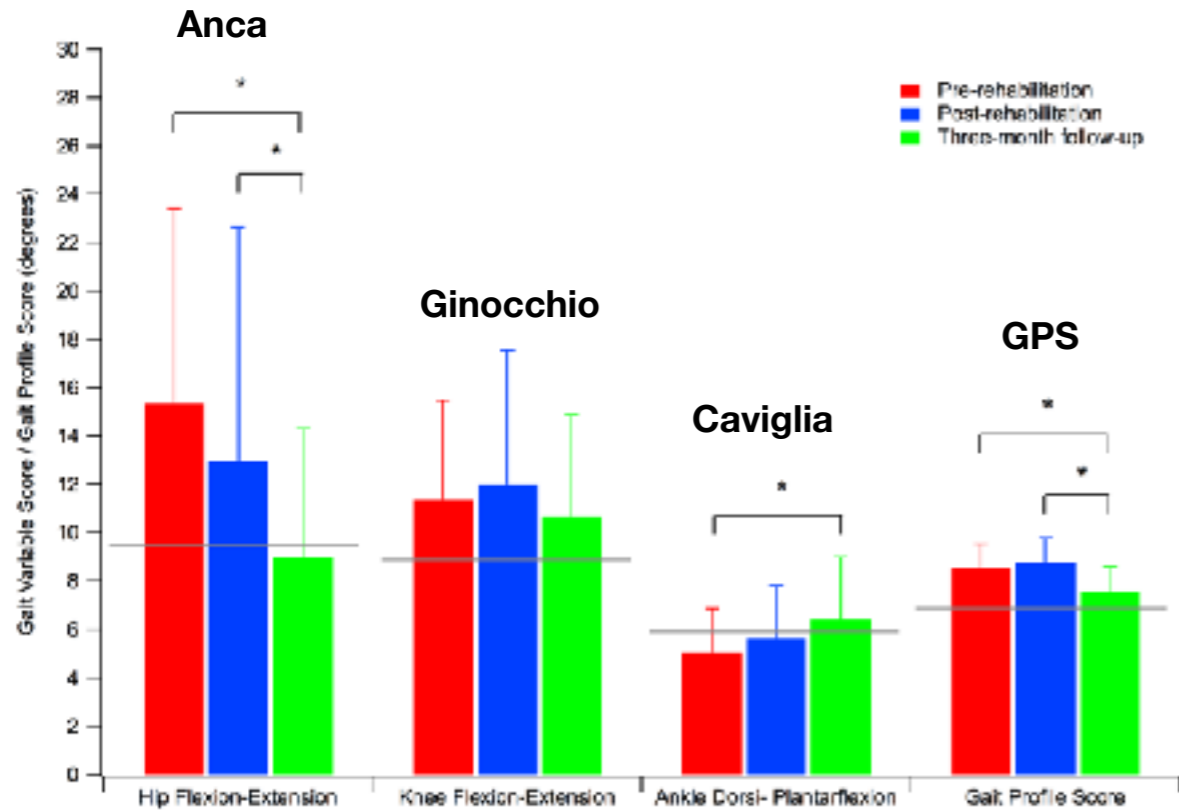


- **Aumento della velocità** (+0.16 m/s clinicamente rilevante, Bohannon et al. 2014; Hass et al. 2014)
- **Aumento della lunghezza del passo** (+0.1 m)
- **Al follow-up** i valori appaiono pienamente congruenti con quelli relativi ad individui sani
- Significativo **aumento dell'ampiezza della base di supporto**



- Significativa **riduzione della fase di stance** (da 61% a 59%) e **incremento della fase di swing** (da 39% a 40%)
- **Riduzione della durata del doppio supporto** (da 12% a 10%)

# Risultati: cinematica



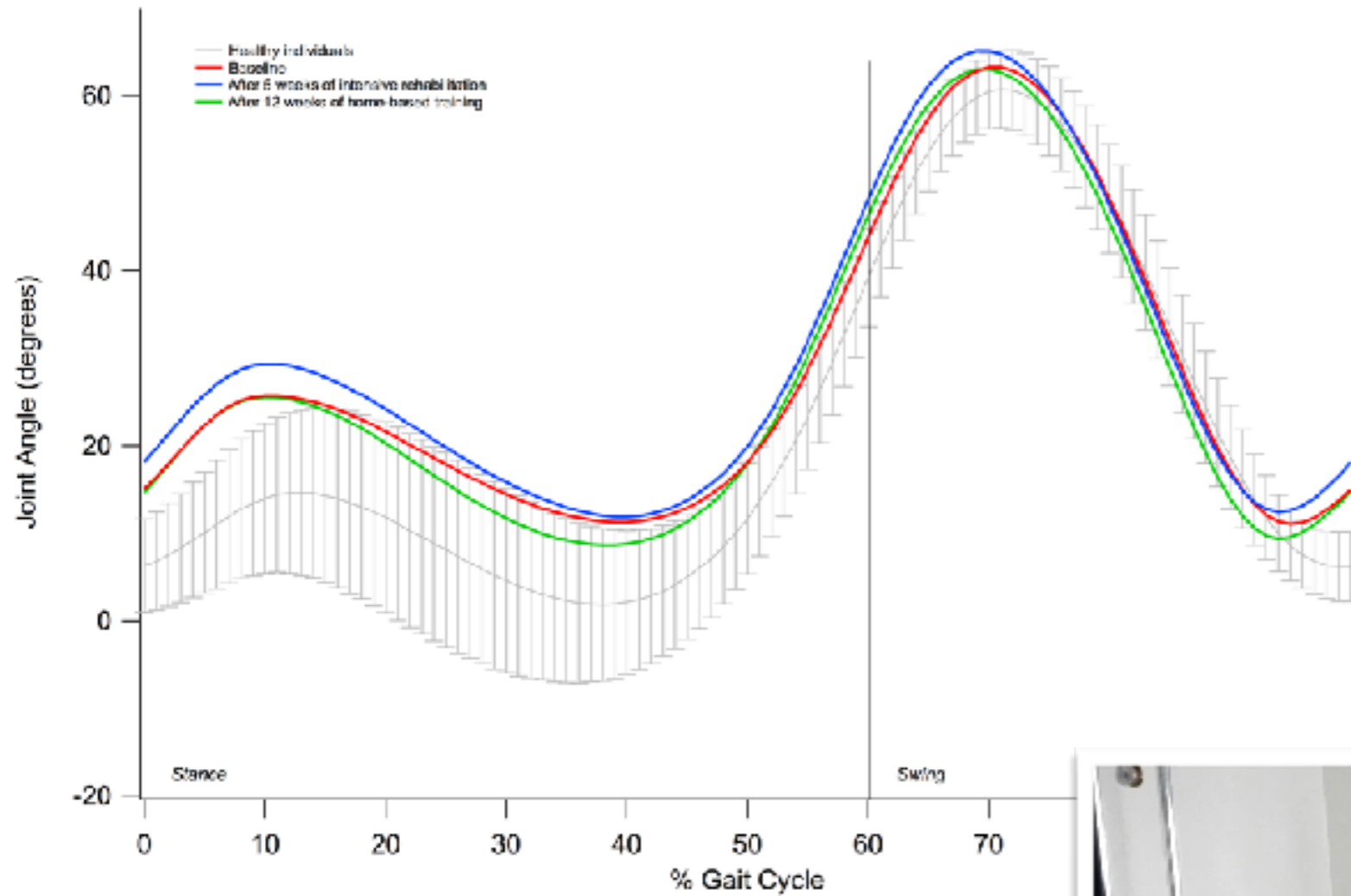
- Da un punto di vista globale (misurato sinteticamente mediante il GPS) **il pattern del cammino, si avvicina a valori fisiologici al follow-up** (7.6° vs. 8.5°, valore dei controlli sani 6.9°)
- Il miglioramento è essenzialmente dettato dalla **rilevante variazione del GVS relativo alla flessione-estensione dell'anca**, che passa da 14.6° a 8.6° (normalità 9.5°).
- Si rileva un modesto (seppur significativo) **peggioramento della plantar- dorsi-flessione della caviglia**
- I **range of motion dinamici** (misurati sull'intero ciclo del passo) mostrano **significativi miglioramenti per quanto riguarda la flessione-estensione dell'anca** (che passa da 37.8° a 42.2°) e la **flessione-estensione del ginocchio** (che passa da 53.6° a 56.8°). **Nessuna variazione è stata osservata per quanto riguarda la caviglia**

# Discussione

- Il programma riabilitativo integrato da stimoli ritmico-acustici **produce effetti positivi sui parametri spazio-temporali del cammino** in linea con quanto riportato dalla letteratura
- L'analisi della **cinematica** mostra **risultati contrastanti**
- **Eclatante miglioramento a livello dell'anca** (il GVS si riporta su valori di normalità, il ROM migliora significativamente di quasi 5°). Tuttavia l'anca è l'articolazione che al T<sub>0</sub> si presentava maggiormente deficitaria
- **Lieve** (ma significativo) **miglioramento del ROM relativo alla flessione-estensione del ginocchio**, ma **il pattern globale di movimento resta ancora lontano dalla normalità**.
- A livello di **caviglia: nessuna variazione nel ROM** relativo alla dorsipiantar-flessione ma lieve (significativo) **peggioramento nel GVS**
- Questo **pattern di variazione** (anca migliora, caviglia no) post-riabilitazione con RAS è stato **rilevato in precedenti studi analoghi effettuati su adulti affetti da PCI**



# Discussione

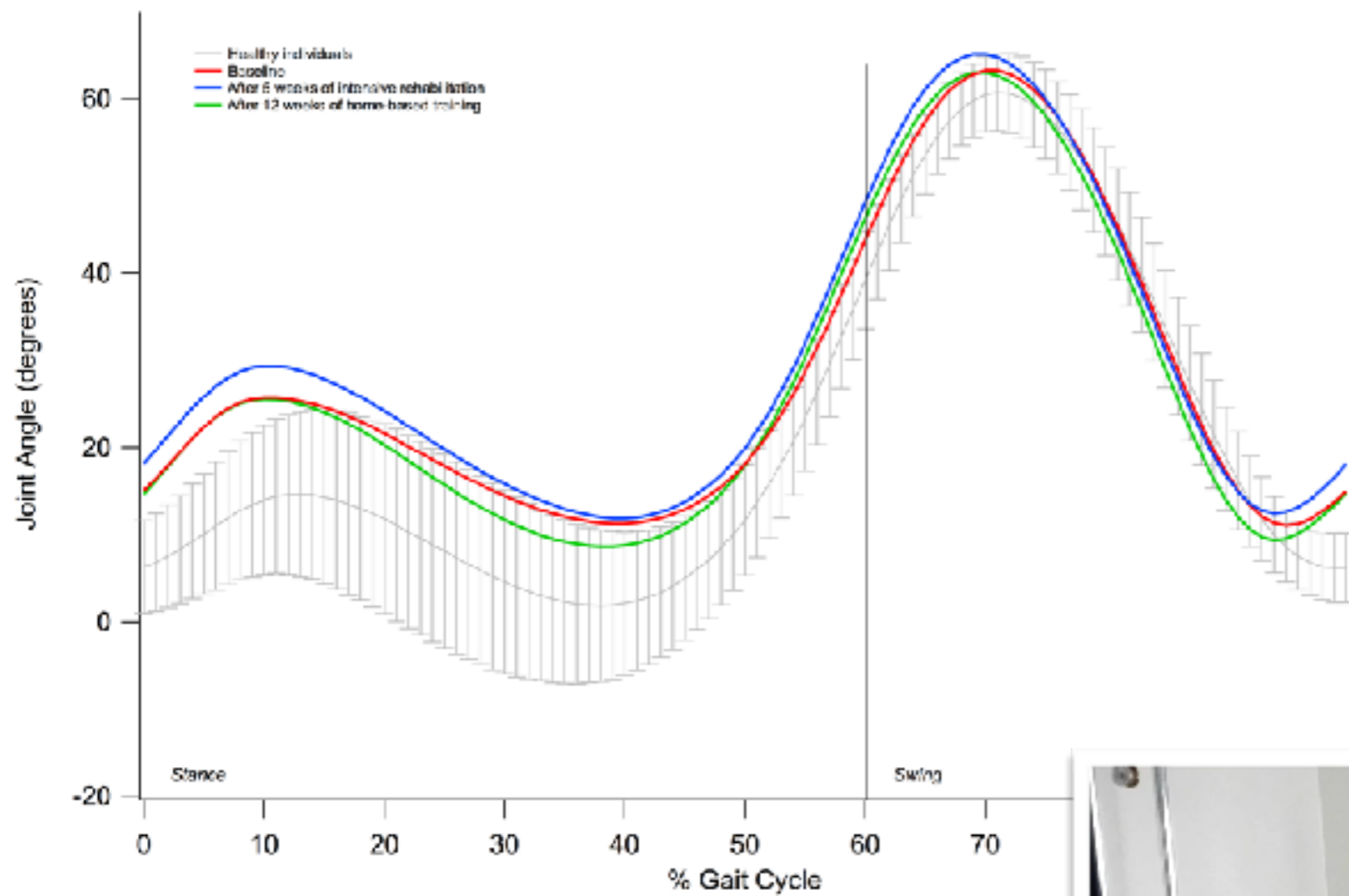


**Flesso-estensione ginocchio**





# Discussione



**Flesso-estensione ginocchio**



# Limitazioni funzionali nel movimento degli arti superiori nella **Sclerosi Multipla**



# Introduzione

- Circa il **50%** degli individui affetti da **Sclerosi Multipla** soffre di **disfunzioni motorie che coinvolgono uno od entrambi gli arti superiori**
- Tipicamente sono presenti: **debolezza** muscolare, **riduzioni nella destrezza e velocità** di esecuzione dei movimenti, **dismetria, scarsa coordinazione e tremore**
- Tali deficit influiscono negativamente sull'**esecuzione di semplici attività quotidiane** (manipolazione di oggetti, igiene e cura della persona, ecc.) e sono predittori di **limitazione alla partecipazione ad attività sociali**



# Valutazione clinica



## Nine Hole Peg Test



## Box and Block Test

- Alcuni di questi test sono **poco sensibili** e non riescono a caratterizzare **lievi alterazioni** o a rilevare cambiamenti subdoli nel tempo
- **Non riescono a fornire informazioni dettagliate** circa la **durata** delle diverse fasi del movimento e le variabili cinematiche rilevanti (**accelerazioni, angoli, velocità**, ecc.)



# Valutazione clinica



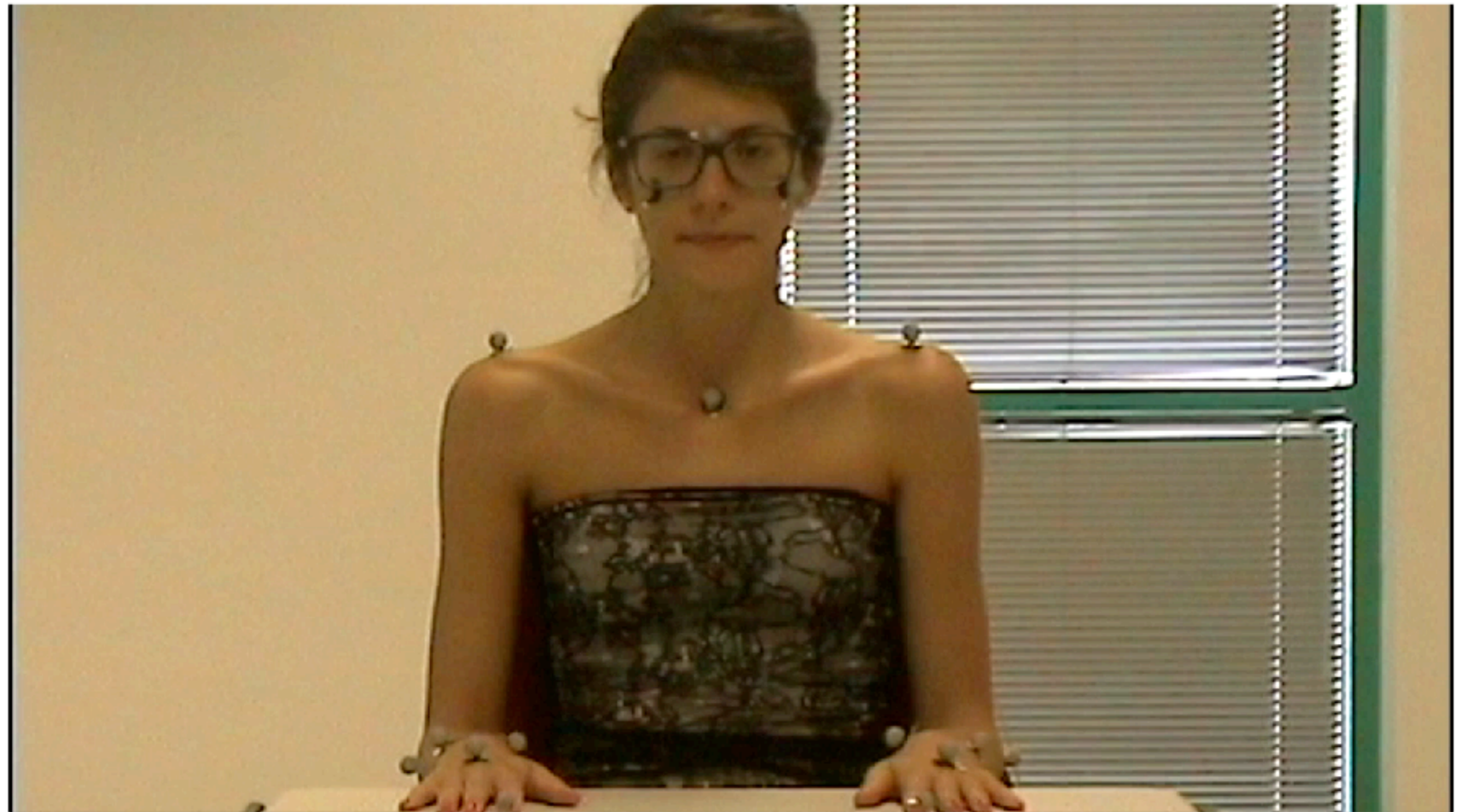
**Nine Hole Peg Test**



**Box and Block Test**

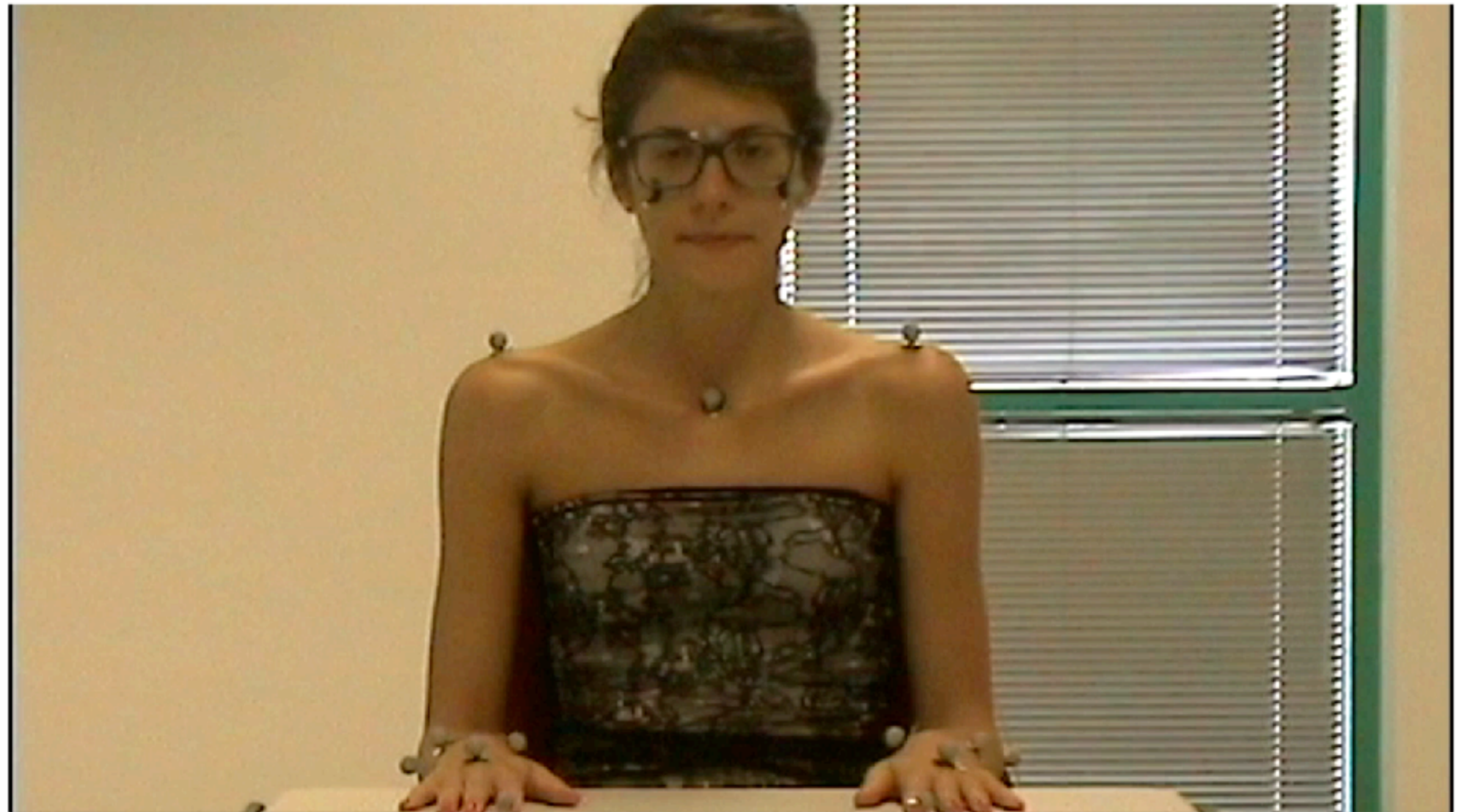
- Alcuni di questi test sono **poco sensibili** e non riescono a caratterizzare **lievi alterazioni** o a rilevare cambiamenti subdoli nel tempo
- **Non riescono a fornire informazioni dettagliate** circa la **durata** delle diverse fasi del movimento e le variabili cinematiche rilevanti (**accelerazioni, angoli, velocità**, ecc.)

# Analisi quantitativa





# Analisi quantitativa



# Quali variabili si misurano?



- **precisione** del movimento (distanza dal target)
- **regolarità** della traiettoria
- **velocità**
- **range of motion** delle articolazioni di gomito e spalla

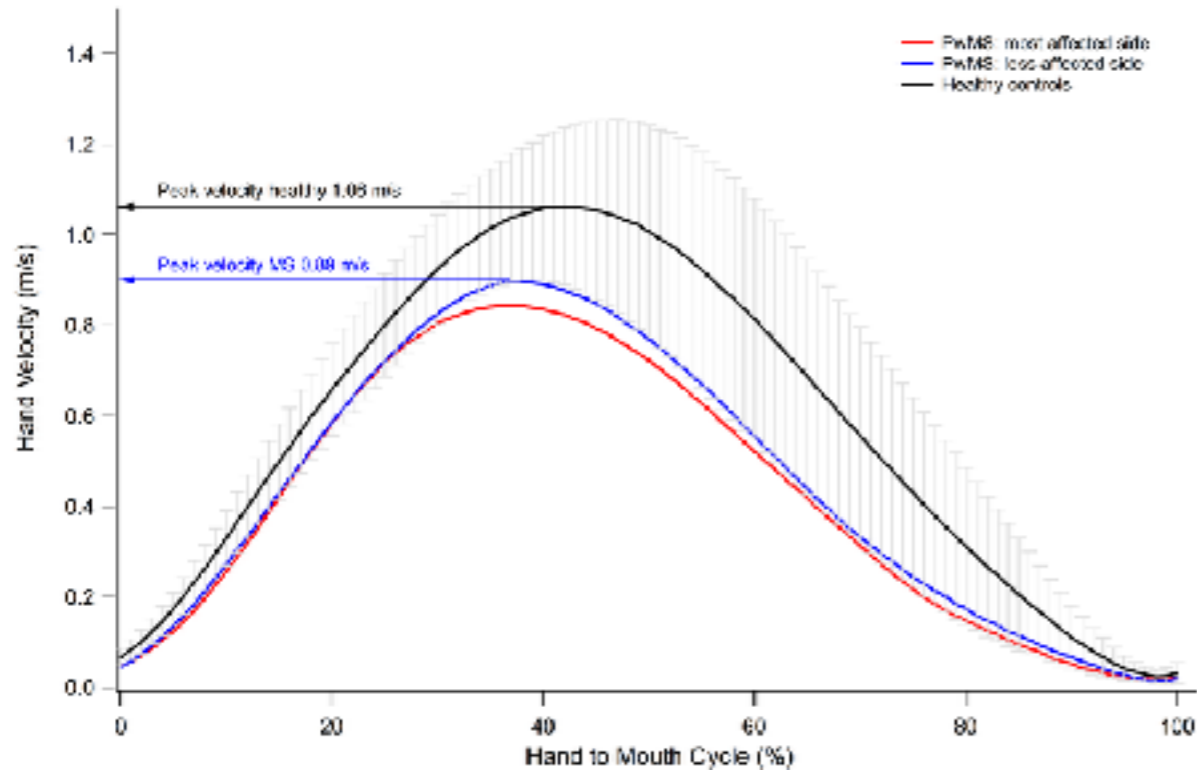


# Quali variabili si misurano?

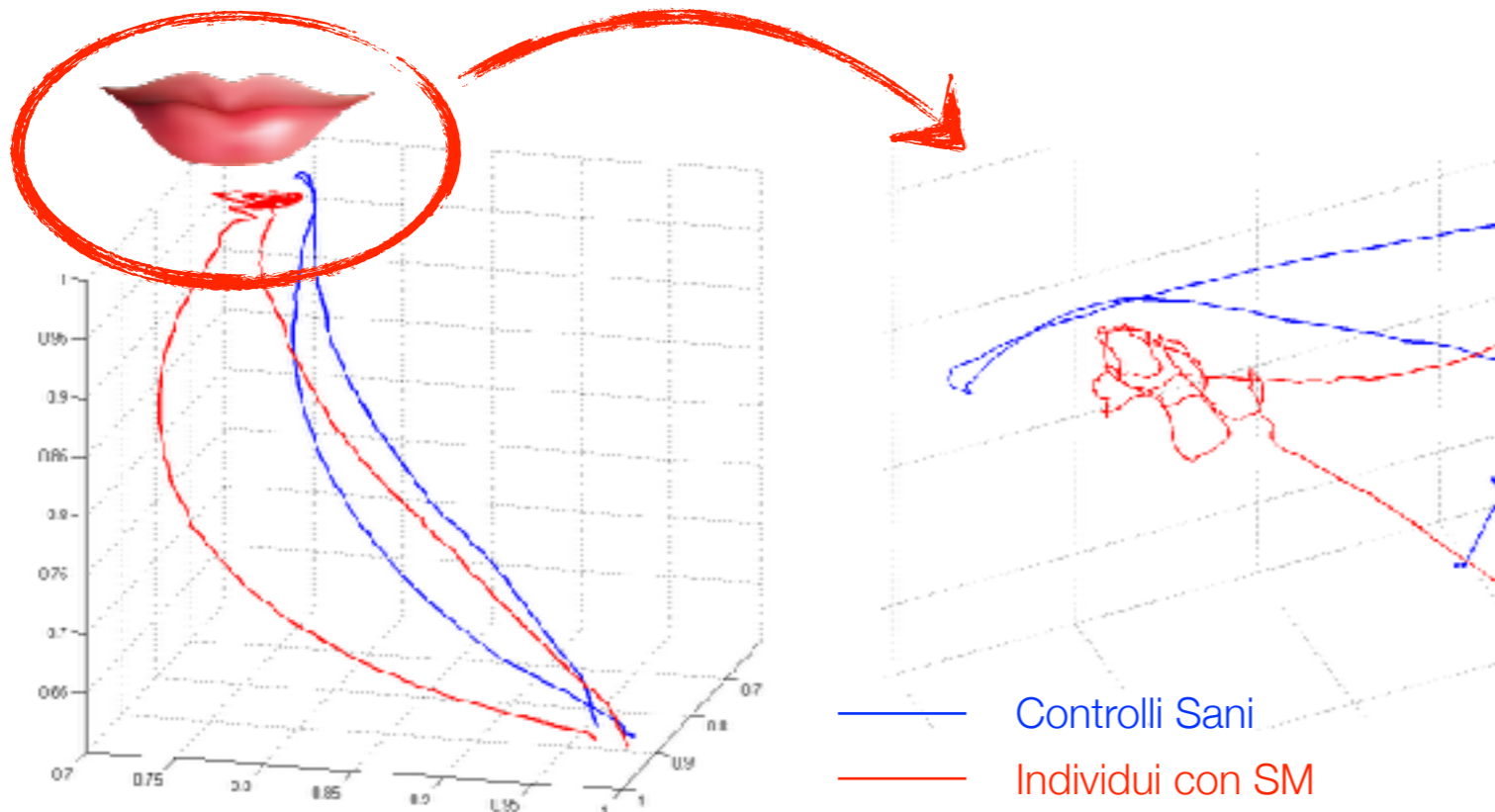


- **precisione** del movimento (distanza dal target)
- **regolarità** della traiettoria
- **velocità**
- **range of motion** delle articolazioni di gomito e spalla

# Alcuni risultati



- La **velocità massima** raggiunta nel corso del movimento è **inferiore del 20% negli individui affetti da SM** rispetto ai controlli sani
- La velocità si mantiene **costantemente inferiore per tutta la fase di ritorno** (dalla bocca al tavolo)



- Il raggiungimento del target (la bocca) avviene con **piccoli aggiustamenti** (adjusting sway) la cui entità è significativamente superiore negli individui con SM

**Estratti della cannabis nel  
trattamento della spasticità  
nella Sclerosi Multipla:  
effetti sul cammino**



# Background



# Background

- **Spasticità:** incremento della resistenza muscolare durante un allungamento passivo, dipendente dalla velocità di movimento
- Sintomo riscontrato (o riportato) nel **30-50% degli individui affetti da SM**
- Si stima che **fino al 90% degli individui affetti da SM** sperimenti **almeno un episodio di spasticità** durante il decorso della malattia

? DID YOU KNOW ?  
?  
?

# Background

- **Spasticità:** incremento della resistenza muscolare durante un allungamento passivo, dipendente dalla velocità di movimento
- Sintomo riscontrato (o riportato) nel **30-50% degli individui affetti da SM**
- Si stima che **fino al 90% degli individui affetti da SM** sperimenti **almeno un episodio di spasticità** durante il decorso della malattia

? DID YOU KNOW ?



- La spasticità **influenza negativamente la capacità dell'individuo di svolgere semplici attività quotidiane** e in particolare **peggiora la mobilità**, riducendo quindi indipendenza e qualità della vita
- Entità e gravità della spasticità così come percepite dall'individuo, sono **predittive della necessità futura di ausili alla deambulazione**
- **Una delle più importanti scale cliniche** impiegate per valutare la spasticità (la MSSS-88) include una **sottosezione specifica per le problematiche del cammino**

# Effetti della spasticità sul cammino

Journal of the Neurological Sciences 358 (2015) 330–344



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of the Neurological Sciences

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jns](http://www.elsevier.com/locate/jns)



Effect of spasticity on kinematics of gait and muscular activation in people with Multiple Sclerosis



Massimiliano Pau<sup>a,\*</sup>, Giancarlo Coghe<sup>b</sup>, Federica Corona<sup>a,b</sup>, Maria Giovanna Marrosu<sup>b</sup>, Eleonora Cocco<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Mechanical, Chemical and Materials Engineering, University of Cagliari, Cagliari, Italy

<sup>b</sup> Multiple Sclerosis Center, Department of Public Health, Clinical and Molecular Medicine University of Cagliari, Cagliari, Italy

- **Riduzione della velocità** rispetto ad individui con SM senza spasticità (0.4 vs. 1.1 m/s)
- **Riduzione della lunghezza del passo** (0.8 vs. 1.2 m)
- **Aumento** della durata della fase di **appoggio** e di **doppio supporto**
- **Riduzione del Range of Motion** per anca, ginocchio e caviglia

# I trattamenti



# I trattamenti

- Farmacoterapie **orali**
- Farmacoterapie somministrate tramite altre vie (**intramuscolari, intratecali**)
- **Approccio chirurgico** (rizotomia)



# I trattamenti

- Farmacoterapie **orali**
- Farmacoterapie somministrate tramite altre vie (**intramuscolari, intratecali**)
- **Approccio chirurgico** (rizotomia)
- Nel 2013, è stata approvato in Italia il **Sativex, primo farmaco a base di cannabinoidi per il trattamento della spasticità** muscolare causata da sclerosi multipla.
- Si tratta di uno **spray (orale)** formulato con **due estratti naturali derivati dalla pianta della cannabis**: delta-9-tetraidrocannabinolo (THC) e il cannabidiolo (CBD).
- L'impiego è al momento suggerito per **coloro che hanno già assunto altri trattamenti per la spasticità ma non hanno ottenuto un adeguato beneficio** o hanno riportato eccessivi effetti collaterali.
- **Costo: 400 Euro** (flacone da 90 erogazioni)



# La sperimentazione

J Neurol (2015) 262:2472–2477  
DOI 10.1007/s00415-015-7866-5



ORIGINAL COMMUNICATION

## Walking improvements with nabiximols in patients with multiple sclerosis

G. Coghe<sup>1</sup> · M. Pau<sup>2</sup> · F. Corona<sup>1,2</sup> · J. Frau<sup>1</sup> · L. Loreface<sup>1</sup> · G. Fenu<sup>1</sup> ·  
G. Spinicci<sup>3</sup> · E. Mamusa<sup>3</sup> · L. Musu<sup>3</sup> · S. Massole<sup>3</sup> · R. Massa<sup>3</sup> · M. G. Marrosu<sup>1</sup> ·  
E. Cocco<sup>1</sup>

### Caratteristiche del campione

- 20 partecipanti (9M, 11F)
- Età: 49.6 ± 9.1
- EDSS 5.3 ± 0.8
- Spasticità (NRS) 7.1 ± 1.2

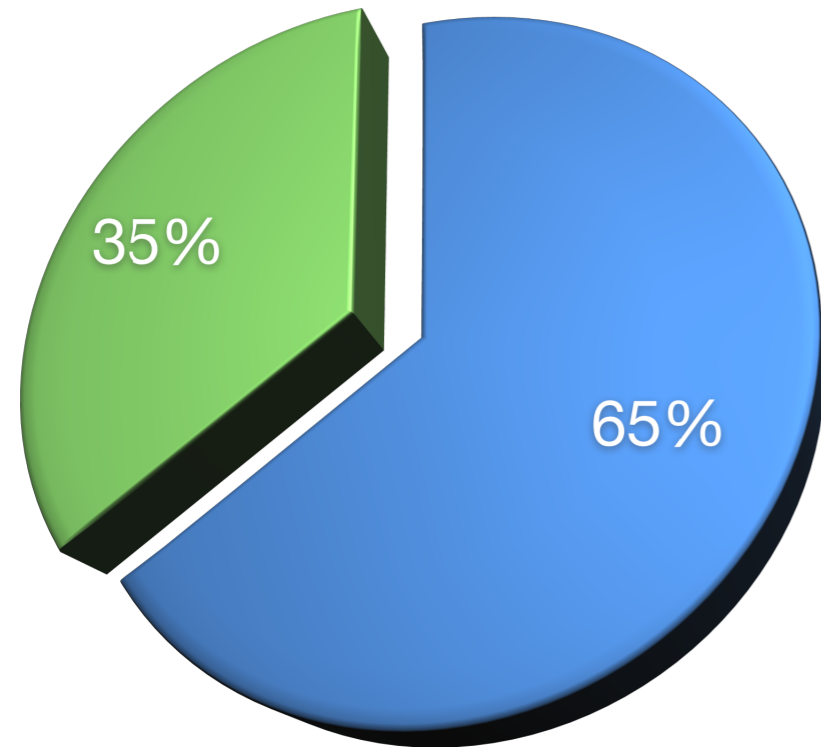
### Parametri valutati

- Lunghezza e larghezza del passo
- Cadenza
- Velocità
- Durata delle fasi di appoggio, volo e doppio supporto
- Cinematica sul piano sagittale e frontale

# Risultati



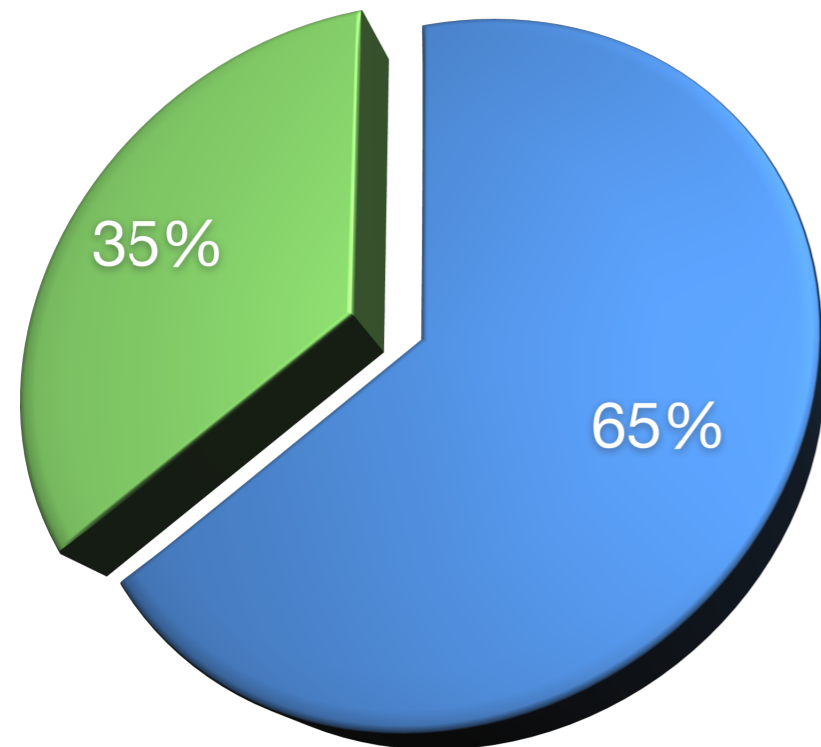
# Risultati



● Responders      ● Non Responders

- I partecipanti sono stati classificati come **“Responders”** (n=13, 65%) o **“Non Responders”** (n=7, 35%) in base alla **riduzione del punteggio della scala NRS**, che doveva risultare >20% per indicare un effetto clinicamente rilevante
- La **dose media auto-somministrata** di nabiximols è stata di **5.6 (1.8) sprays al giorno**

# Risultati

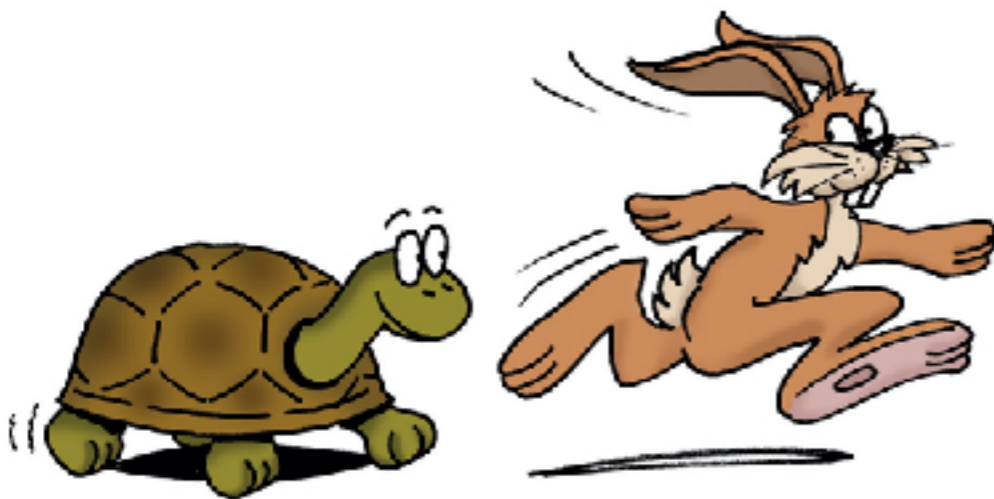


● Responders      ● Non Responders

- I partecipanti sono stati classificati come **“Responders”** (n=13, 65%) o **“Non Responders”** (n=7, 35%) in base alla **riduzione del punteggio della scala NRS**, che doveva risultare >20% per indicare un effetto clinicamente rilevante
- La **dose media auto-somministrata** di nabiximols è stata di **5.6 (1.8) sprays al giorno**

Nell'intero gruppo sono state osservate variazioni significative in termini di:

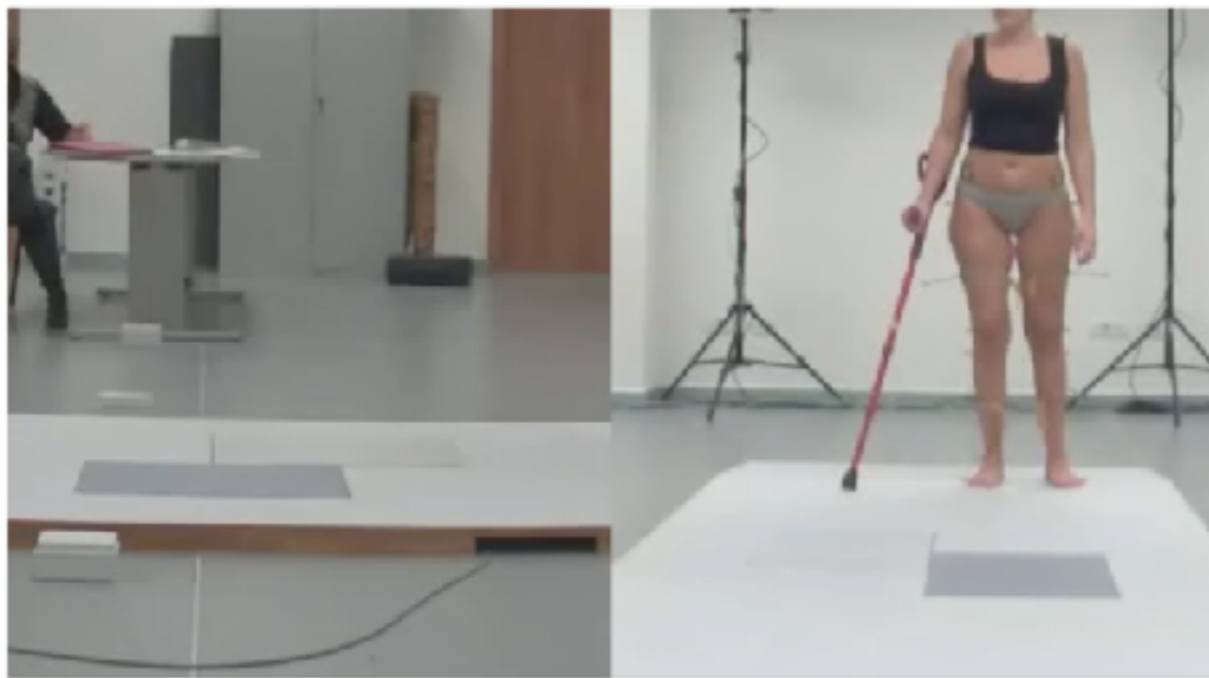
- **Aumento della velocità** (+15%), della **lunghezza del passo** (+10%) e della **cadenza** (+6%)
- Nel gruppo dei soli Responders **l'aumento di velocità è clinicamente rilevante** (+0.10 m/s)
- Riduzione del Gait Profile Score (da 12.2° a 10.9°) con particolari miglioramenti nella **flesso-estensione del ginocchio** e nella **rotazione del bacino e dell'anca**



# Risultati

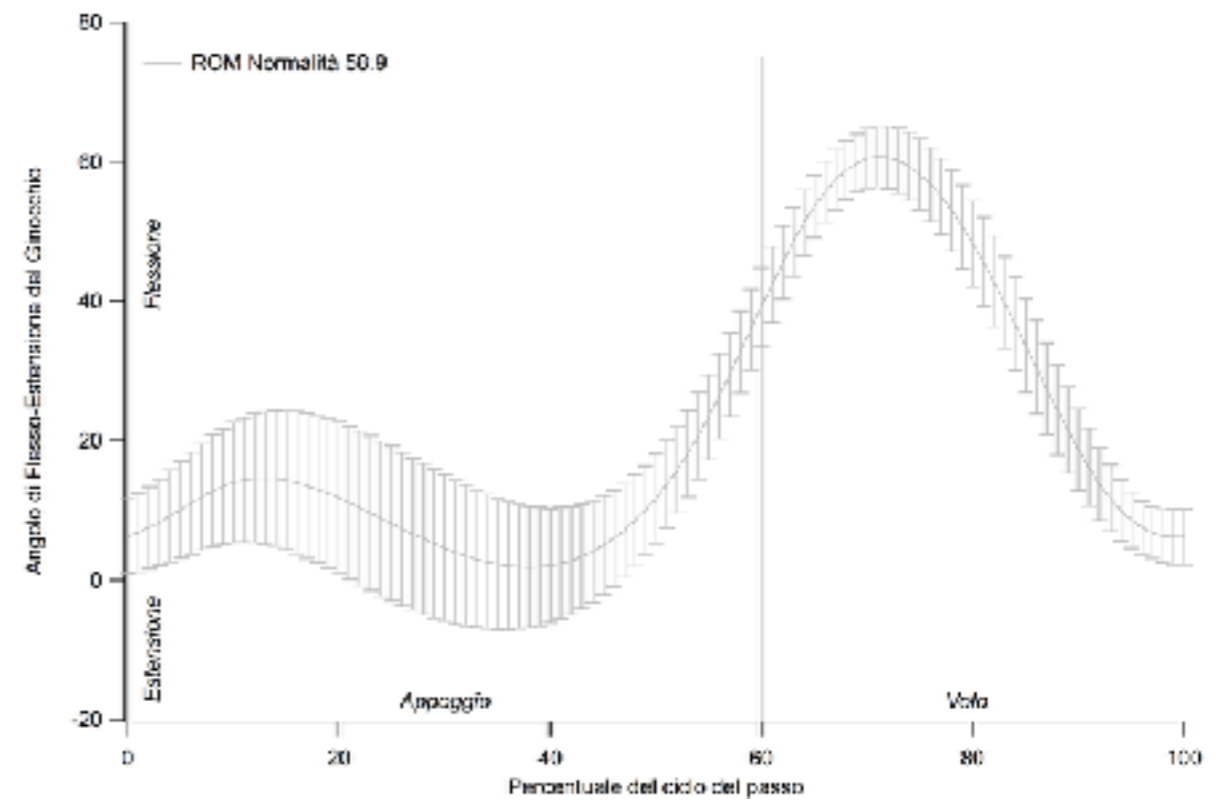


Pre-trattamento



Post-trattamento

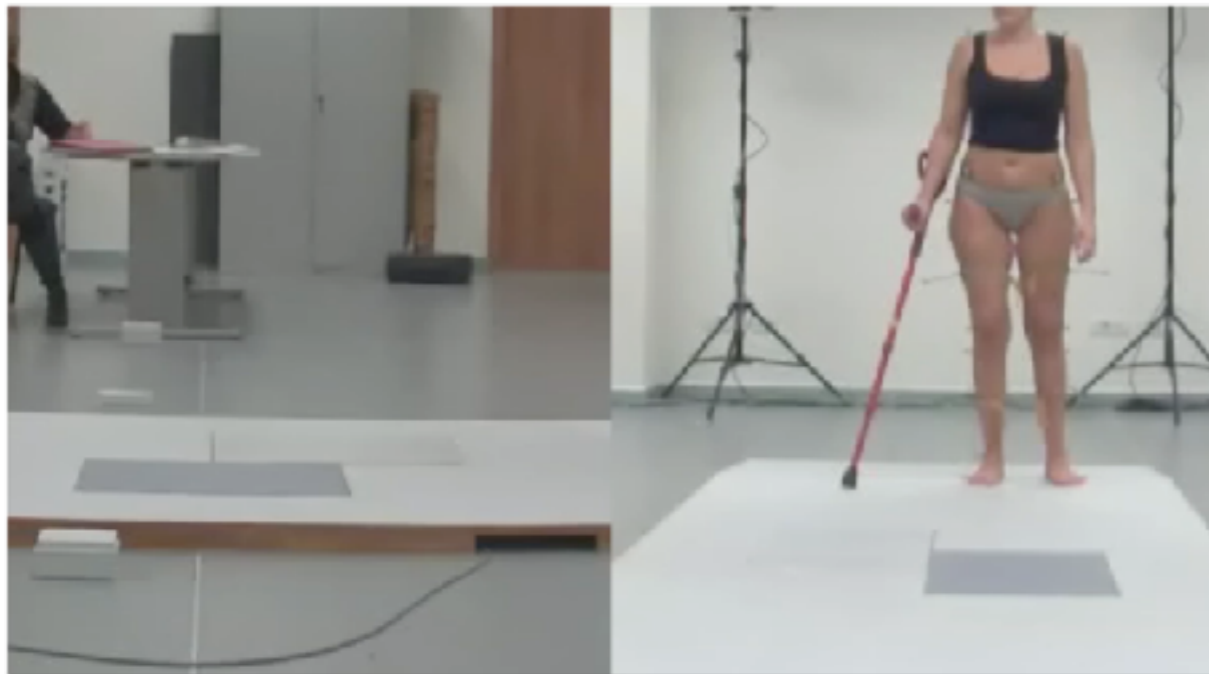
## Flesso-estensione di Ginocchio



# Risultati

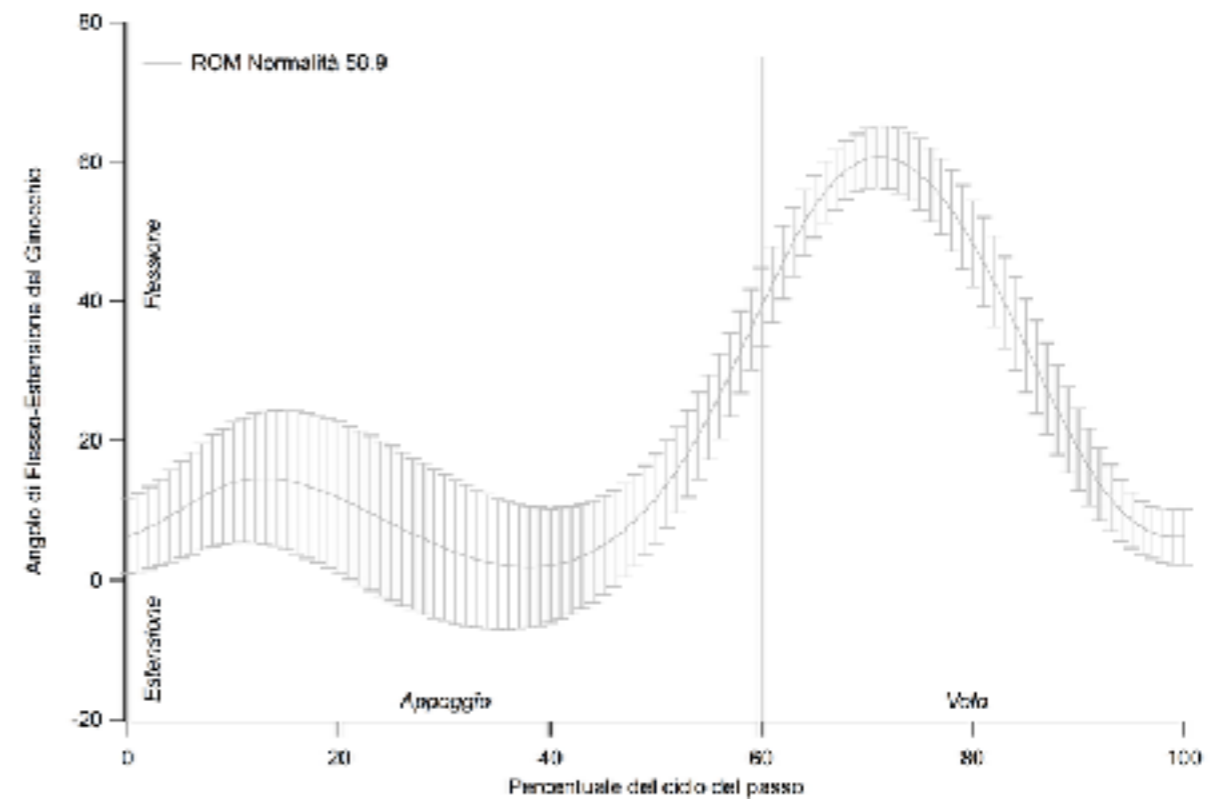


Pre-trattamento



Post-trattamento

## Flesso-estensione di Ginocchio

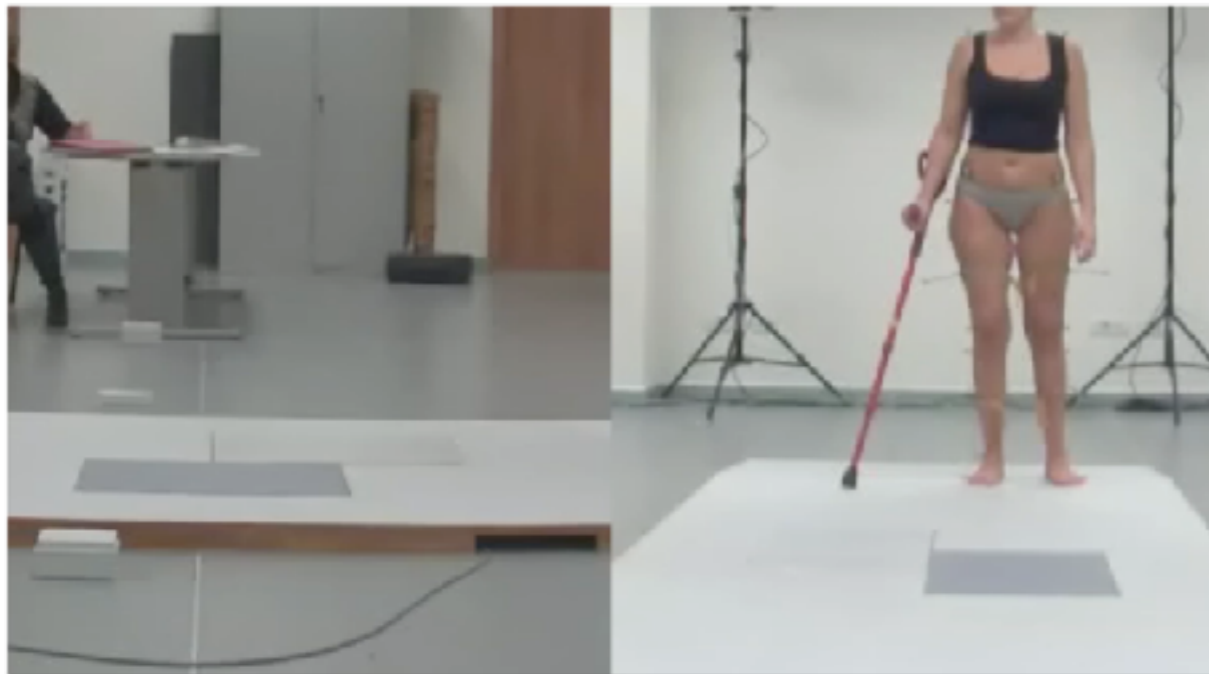




# Risultati

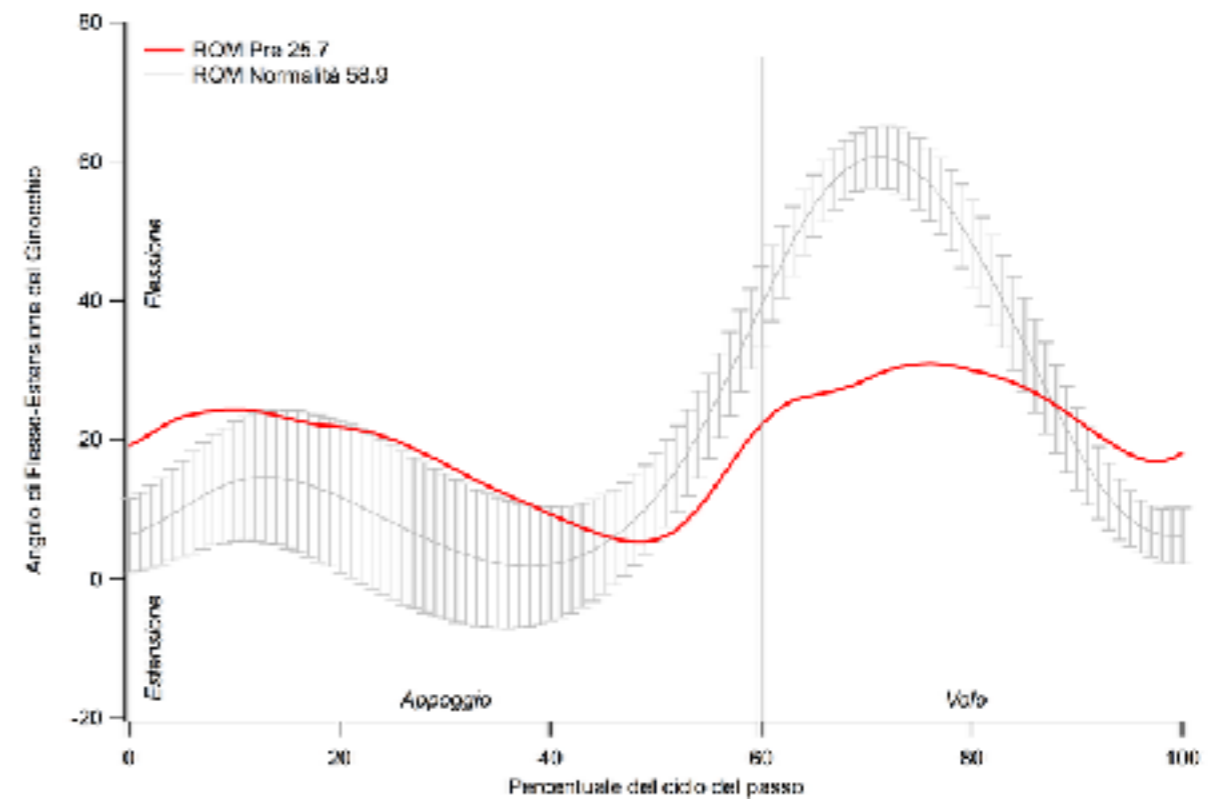


Pre-trattamento



Post-trattamento

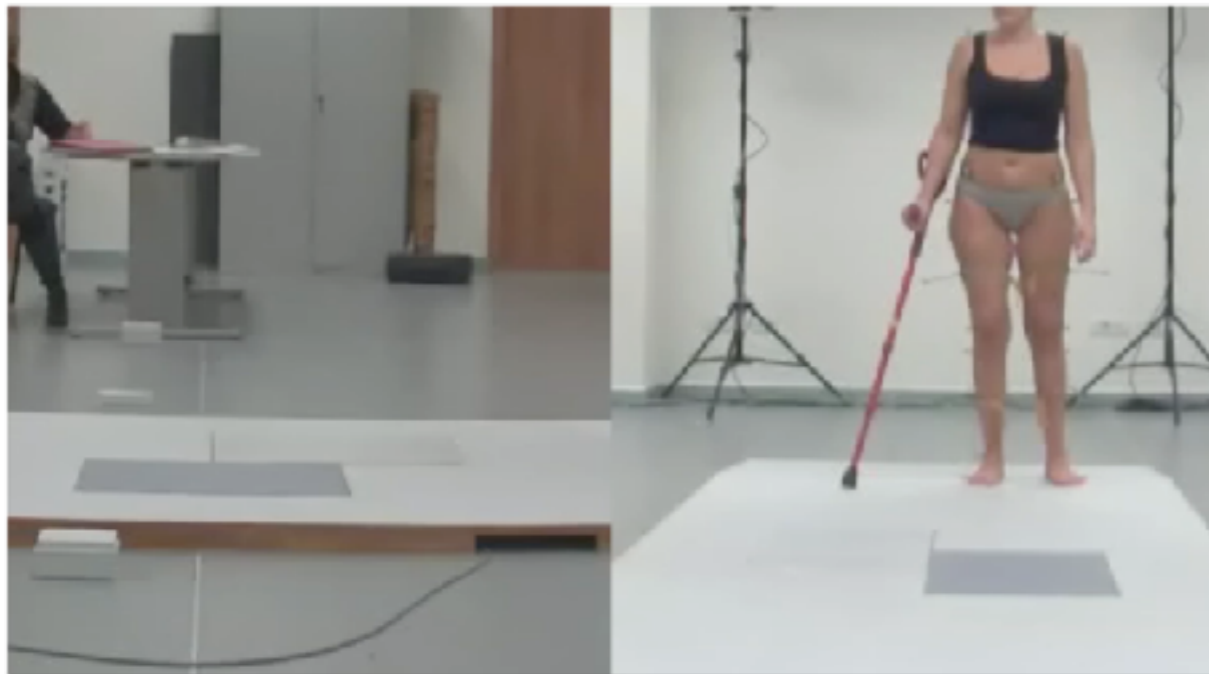
## Flesso-estensione di Ginocchio



# Risultati

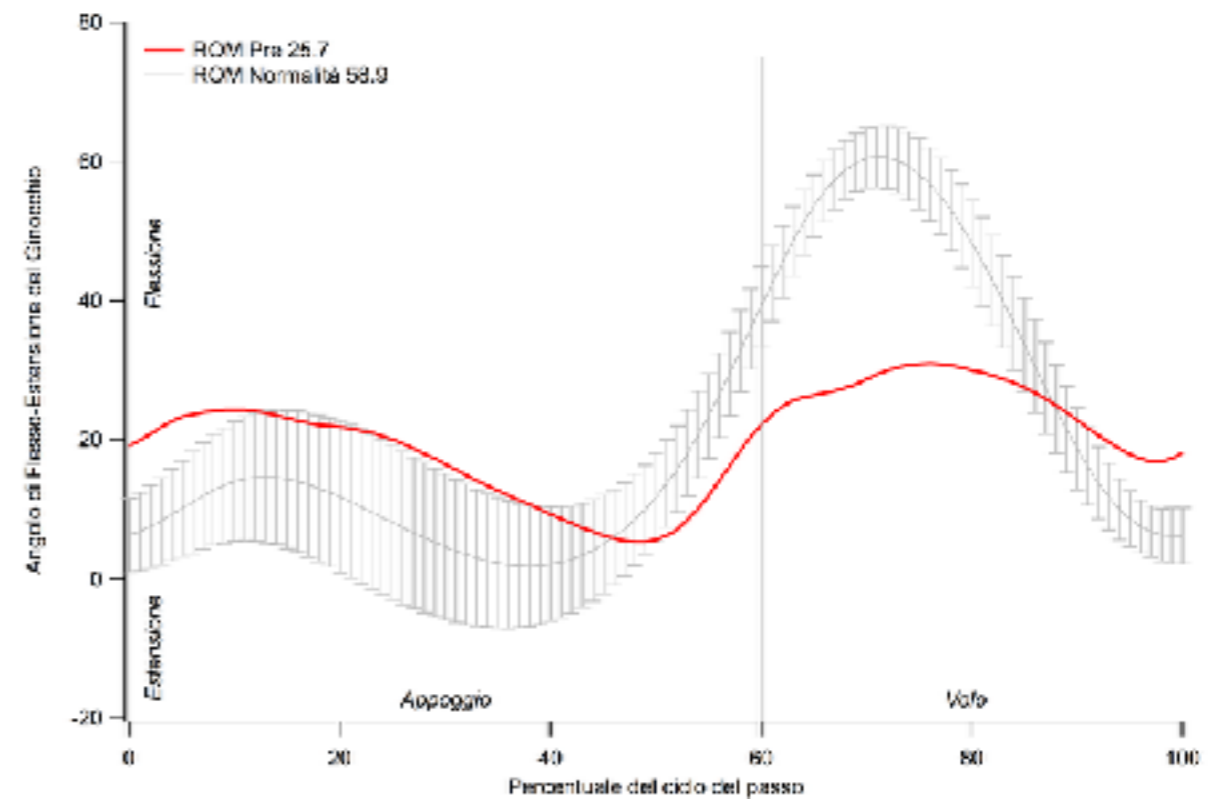


Pre-trattamento



Post-trattamento

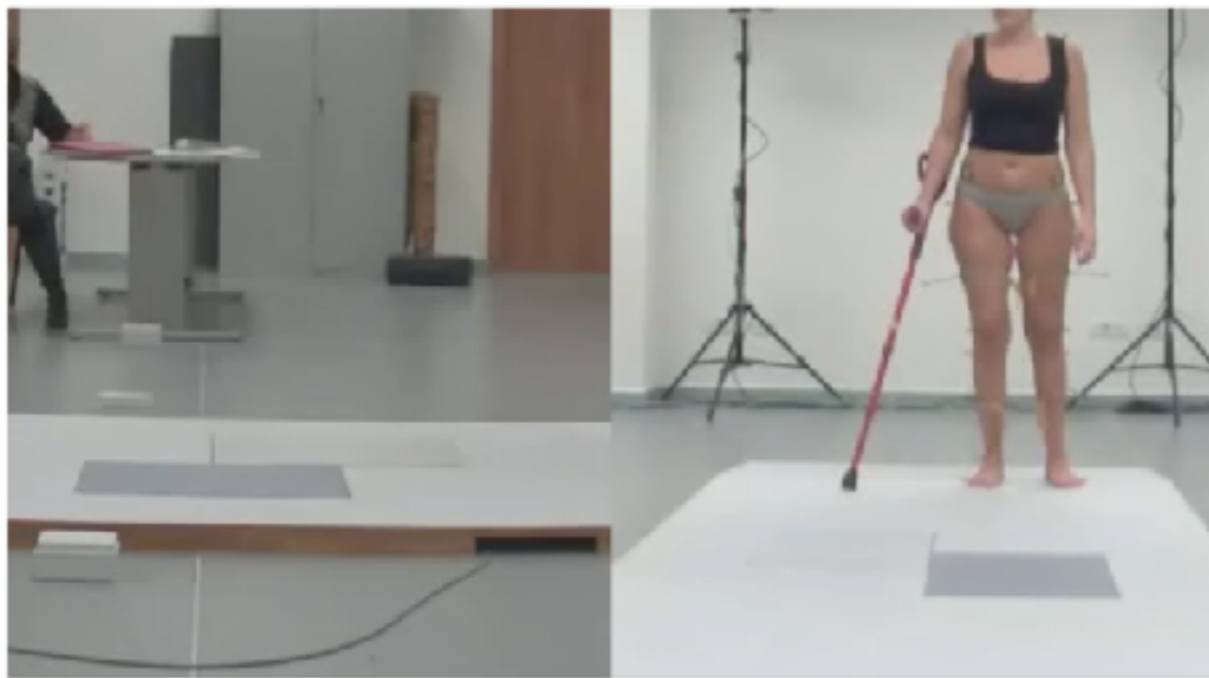
## Flesso-estensione di Ginocchio



# Risultati

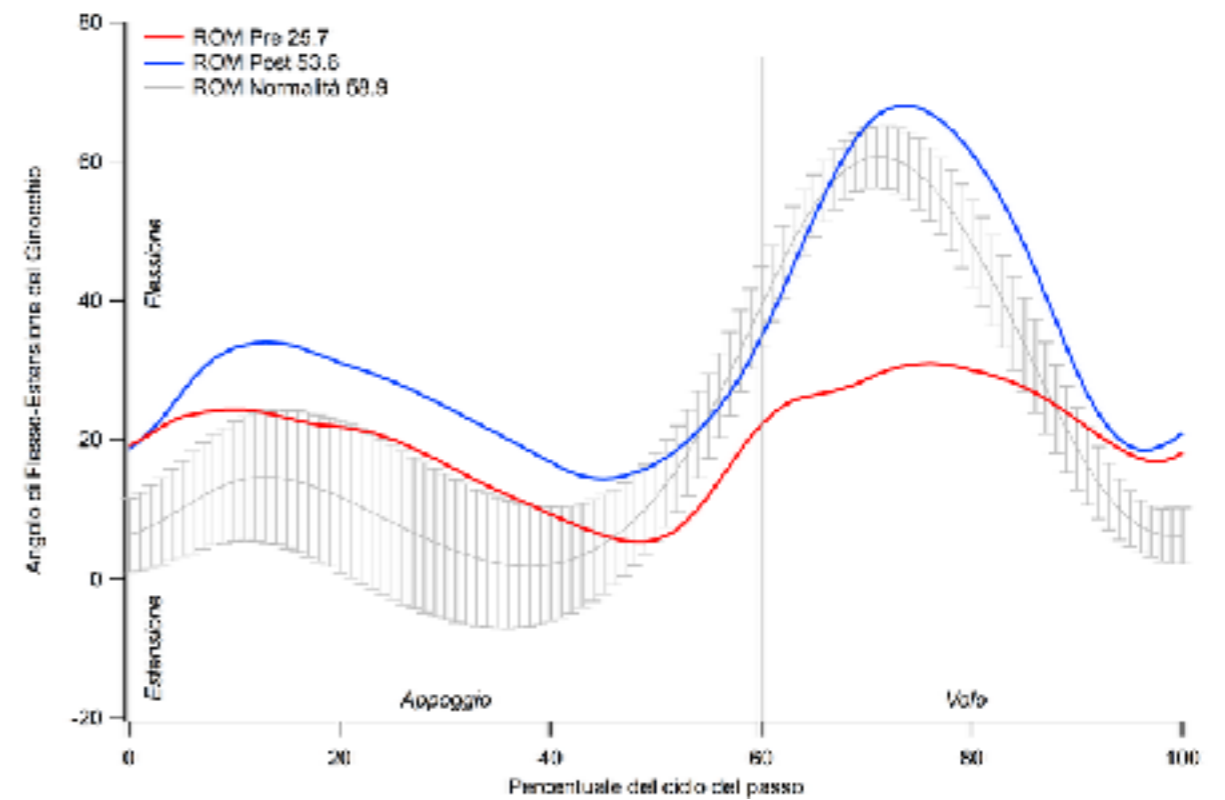


Pre-trattamento



Post-trattamento

## Flesso-estensione di Ginocchio



**Velocità** da 0.41 a 0.58 m/s (+40%)

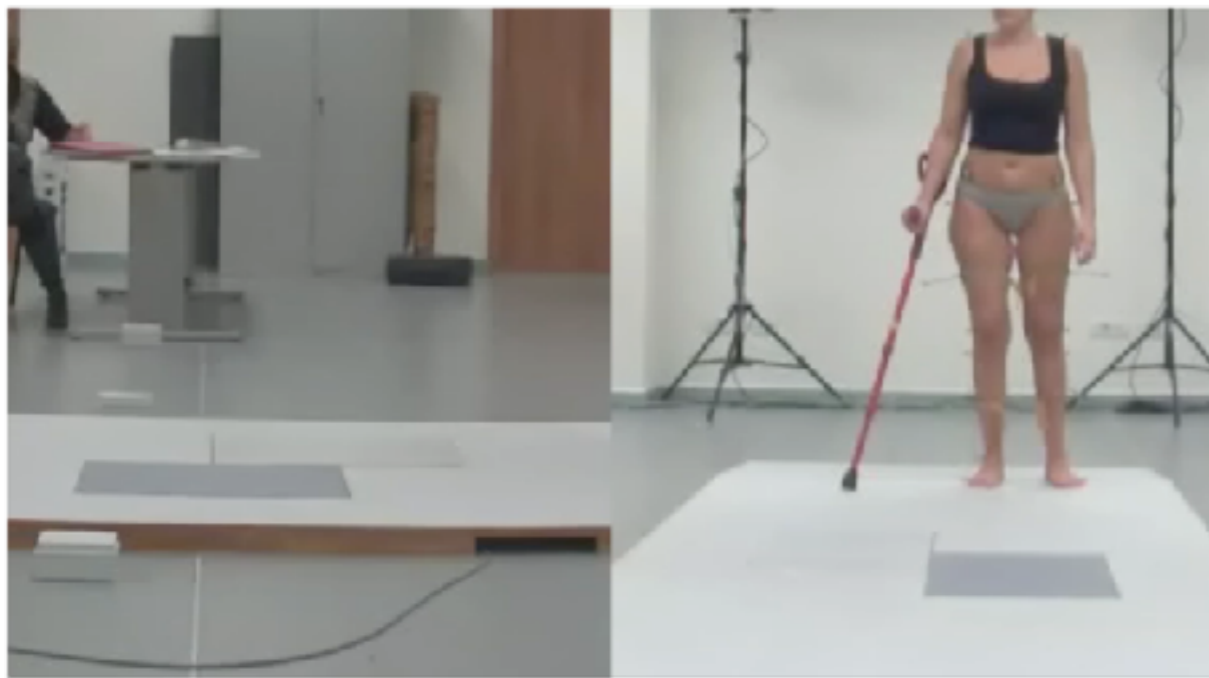
**Lunghezza passo** da 0.78 a 0.96 m (+18%)

**ROM Ginocchio** da 26° a 54°

# Risultati

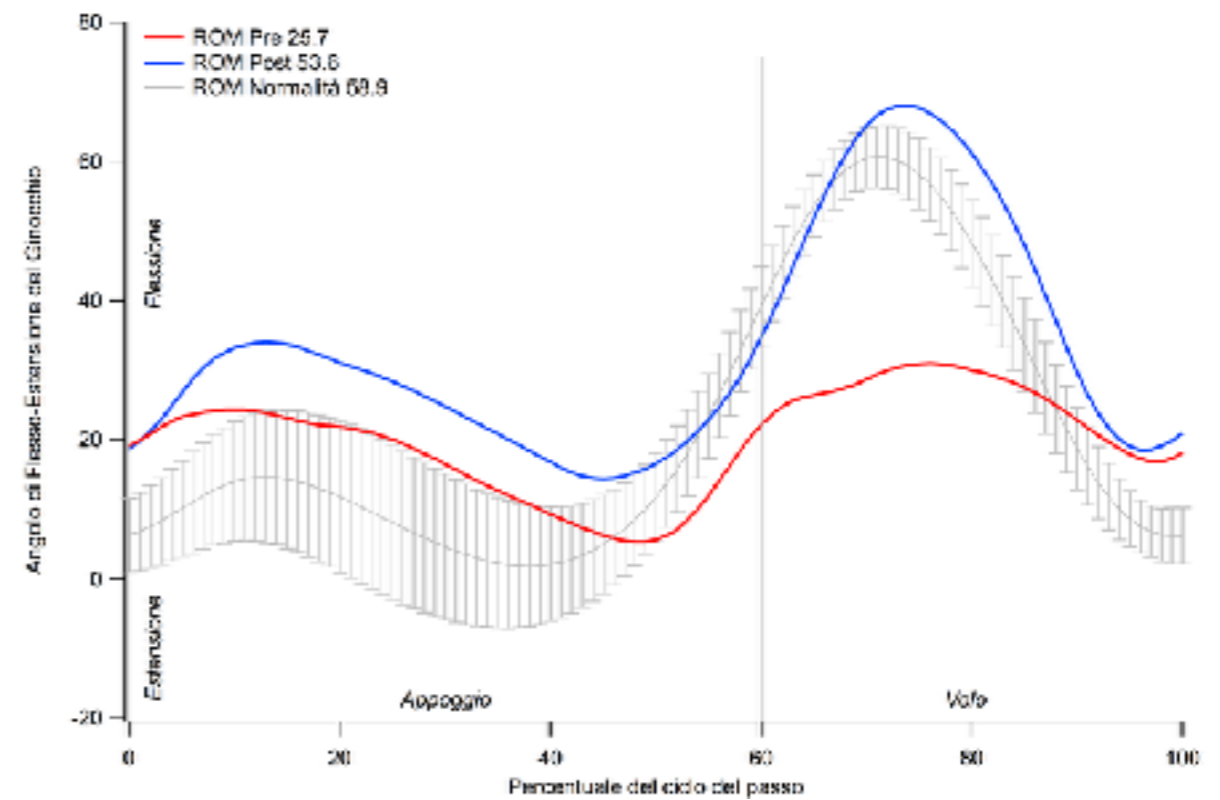


Pre-trattamento



Post-trattamento

## Flesso-estensione di Ginocchio



**Velocità** da 0.41 a 0.58 m/s (+40%)

**Lunghezza passo** da 0.78 a 0.96 m (+18%)

**ROM Ginocchio** da 26° a 54°



# **Strumenti per la valutazione del cammino, della mobilità funzionale e dell'attività fisica in ambito ambulatoriale e domiciliare**



# E dopo la riabilitazione?

**La riabilitazione fisica si è dimostrata efficace** nel trattamento delle limitazioni funzionali associate al cammino, all'equilibrio e allo svolgimento di attività quotidiane

**ma...**

**...la maggior parte dei programmi riabilitativi si svolge in ambienti dedicati** (e.g. centri ospedalieri o privati), e questo comporta:

- una inevitabile **progressiva riduzione degli effetti positivi nel tempo** (Freeman et al., 1999)
- una **più difficoltosa trasferibilità** sulle attività che tipicamente l'individuo affetto da PD svolge nell'ambiente nel quale vive.

# BIG BROTHER



# IS WATCHING YOU

# Una possibile soluzione: activity tracker



**L'activity tracker** è un dispositivo indossabile che monitora e registra l'attività fisica utilizzando metriche quali:

- distanza percorsa (metri, passi)
- consumo calorico
- battito cardiaco
- durata e qualità del sonno



# Tracker per utilizzo clinico

**Come funziona:** il sensore rileva le accelerazioni alle quali è sottoposto durante le attività quotidiane. I valori di accelerazione sono convertiti in unità arbitrarie. A ciascun valore di esse è assegnato un livello di attività fisica sulla base di calibrazioni effettuate misurando in contemporanea il consumo metabolico

In commercio sono disponibili **tracker certificati come dispositivi medici** e validati anche per l'utilizzo in soggetti patologici (es. Actigraph GT3X+)

## Cosa misura:

- numero passi
- consumo calorico
- attività fisica sedentaria, leggera, moderata e vigorosa
- durata e qualità del sonno
- livello di illuminazione esterna

## Estrazione dei dati:

- per giorno
- per fascia oraria





# Applicazioni nella MdP



**Levels and Patterns of Physical Activity and Sedentary Behavior in Elderly Individuals With Mild to Moderate Parkinson Disease**  
Martin Benka Wallén, Erika Franzén, Håkan Nero and Maria Hagströmer  
*PHYS THER.* Published online February 5, 2015  
doi: 10.2522/ptj.20140374

**Caratterizzazione** dell'attività fisica in ambito domiciliare



Formulazione di valori dei **cut-points** per la classificazione dell'intensità dell'attività fisica **specifici per la MdP**

RESEARCH ARTICLE

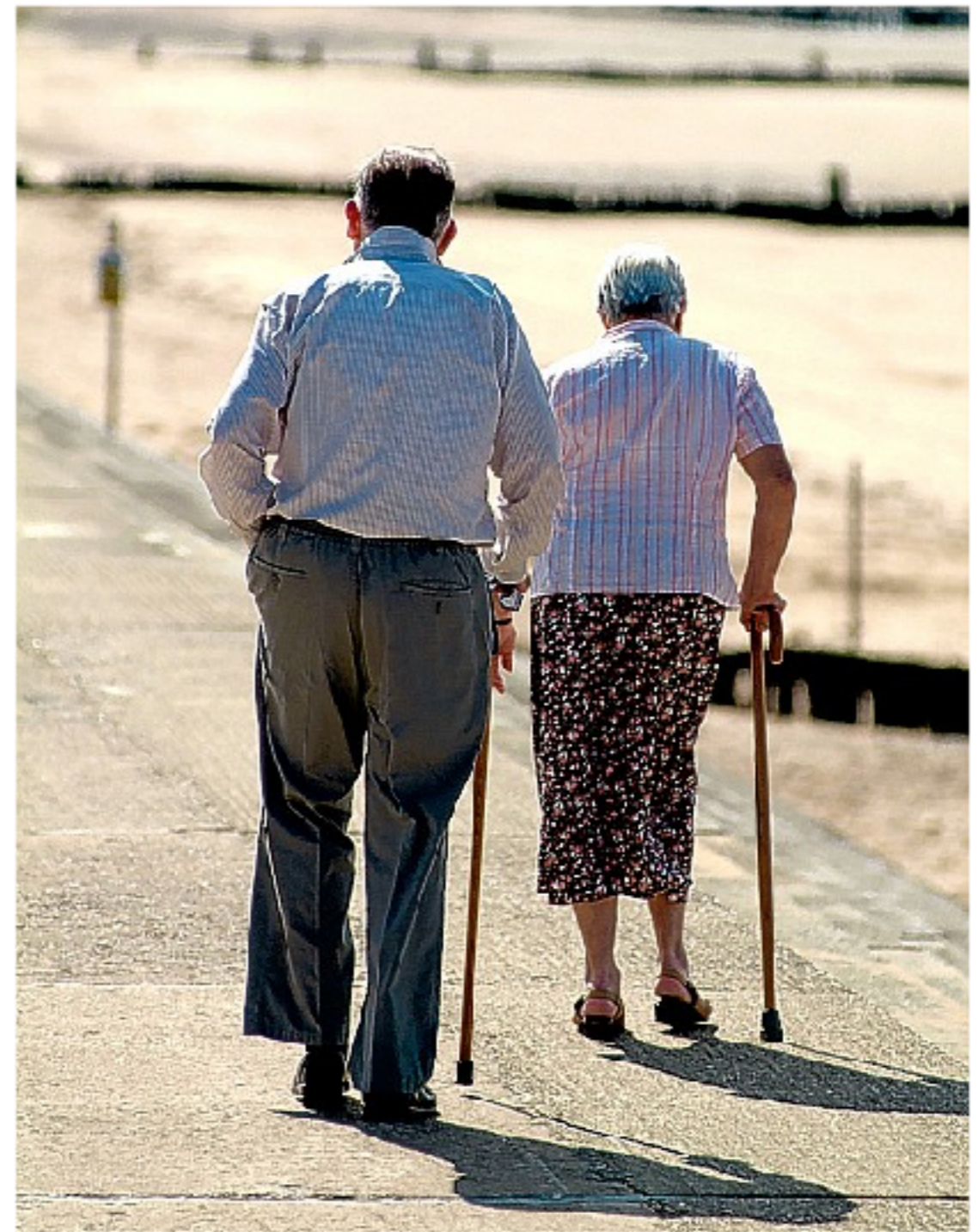
## Accelerometer Cut Points for Physical Activity Assessment of Older Adults with Parkinson's Disease

Håkan Nero<sup>1\*</sup>, Martin Benka Wallén<sup>1</sup>, Erika Franzén<sup>1,2</sup>, Agneta Ståhle<sup>1</sup>, Maria Hagströmer<sup>1</sup>

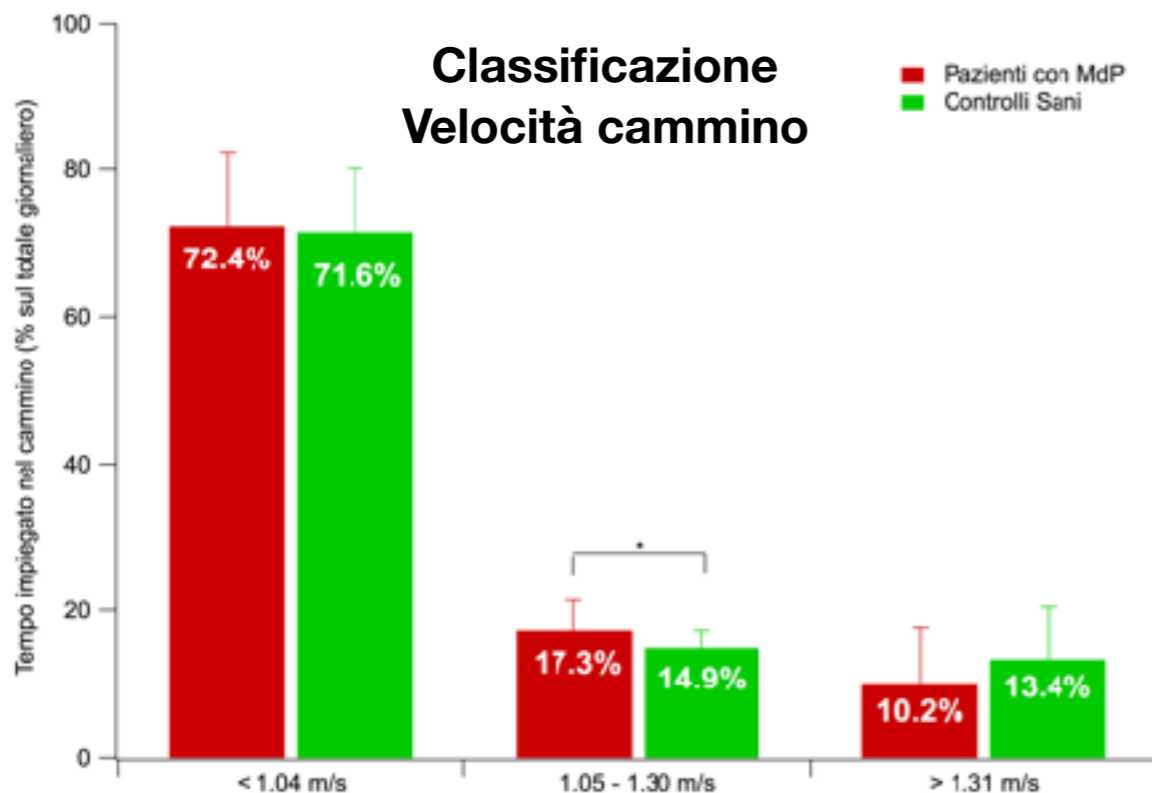
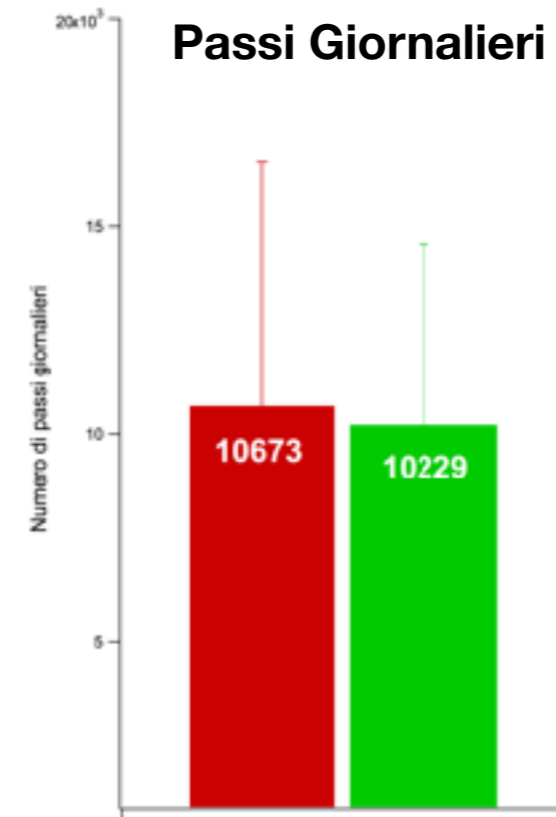
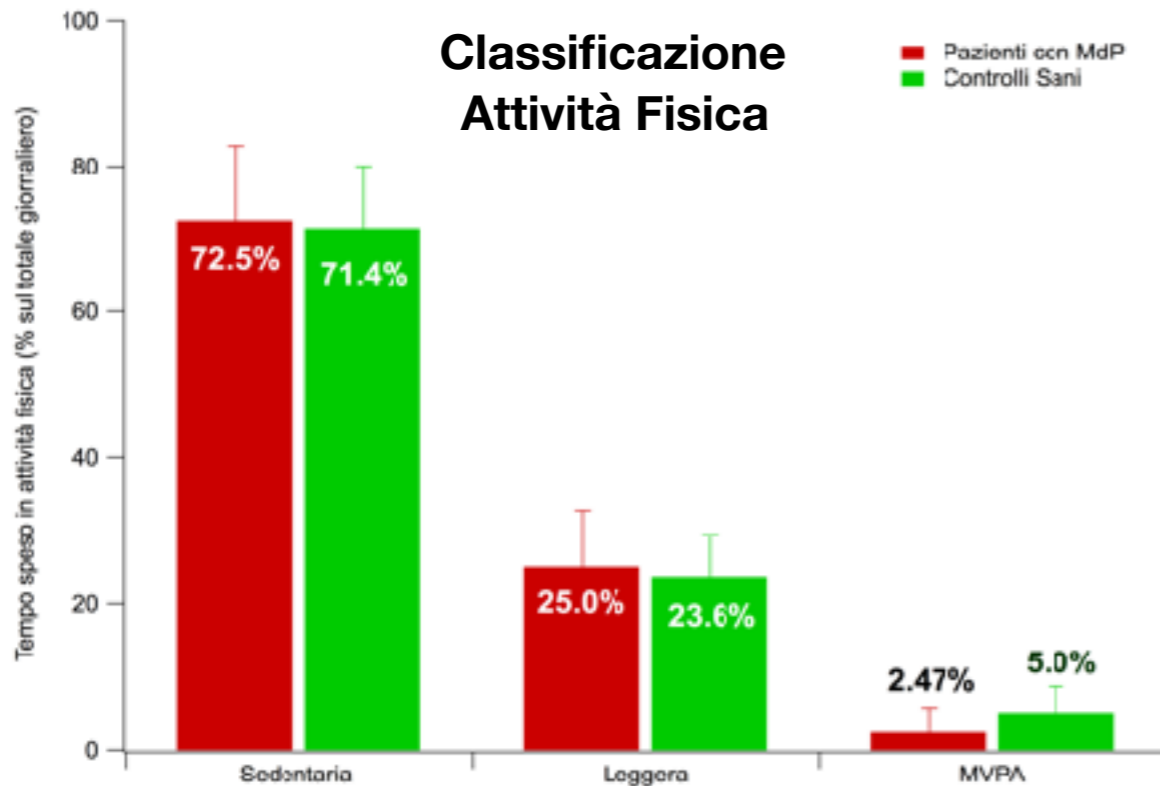
<sup>1</sup> Department of Neurobiology, Care Sciences and Society, Division of Physiotherapy, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden, <sup>2</sup> Department of Physical Therapy, Karolinska University Hospital, Stockholm, Sweden

# La sperimentazione

- Un **sottogruppo** del campione che ha effettuato il protocollo riabilitativo (n=23) ha indossato un **accelerometro Actigraph GTX3+ per 7 giorni consecutivi**
- Parallelamente **è stato testato un gruppo di individui sani accoppiati per sesso ed età** “mediamente attivi”
- I dati sono stati elaborati utilizzando **cut-points generici** (per anziani sani) e **specifici per la MdP** (Nero et al., 2015)
- **Parametri rilevati:** accelerazione grezza, numero di passi, tempo speso in attività sedentaria, leggera, moderata e moderata-vigorosa



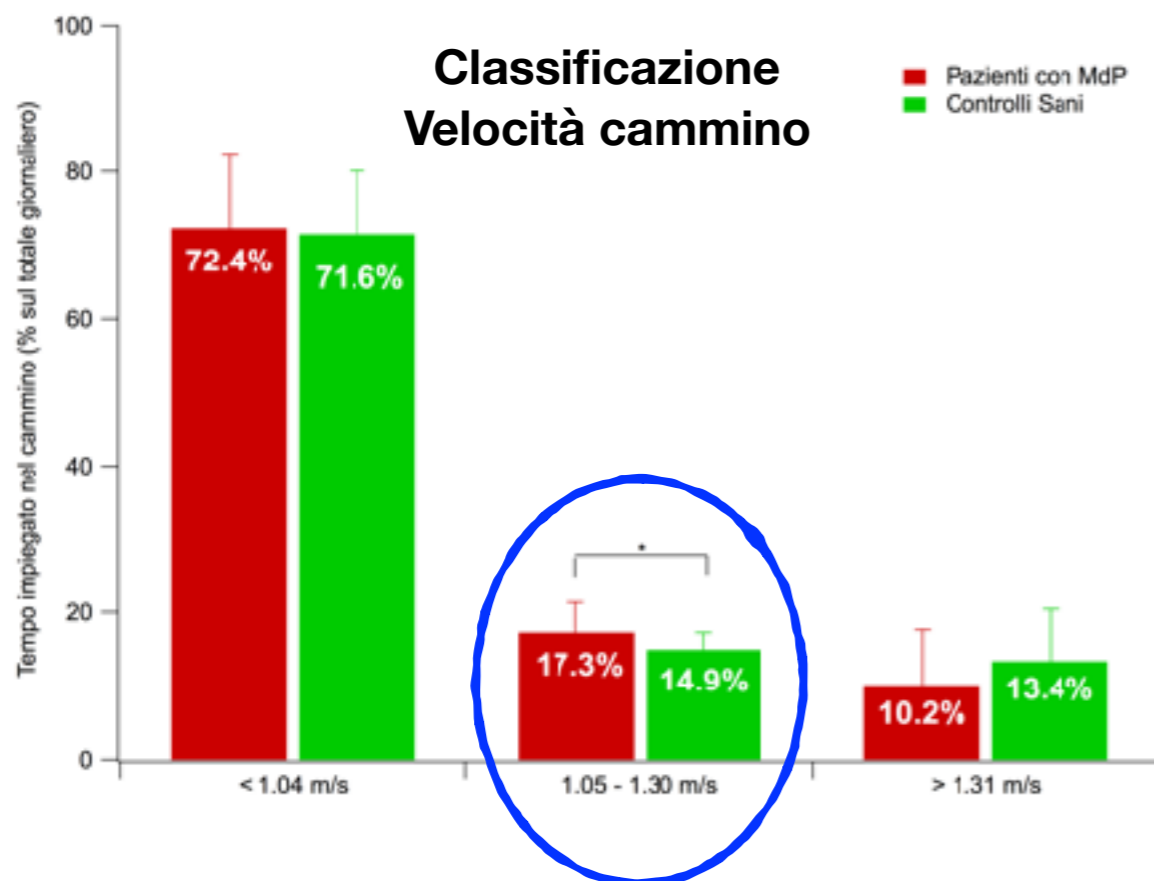
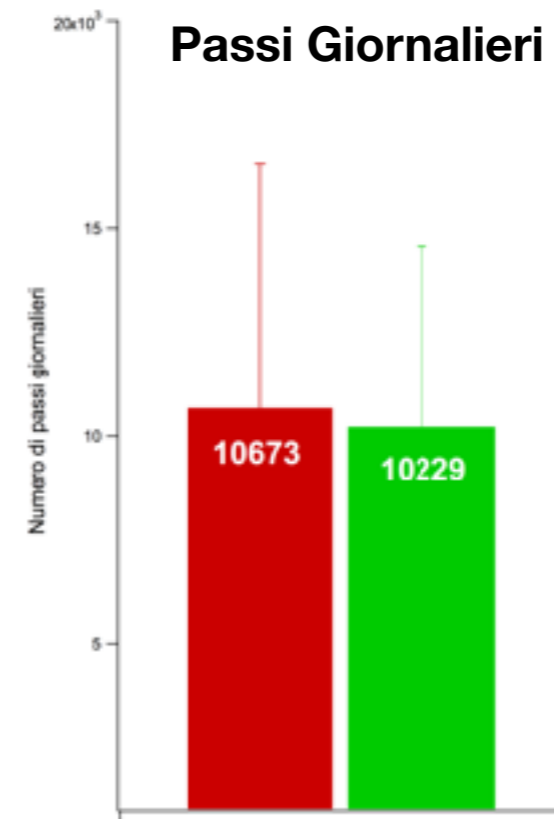
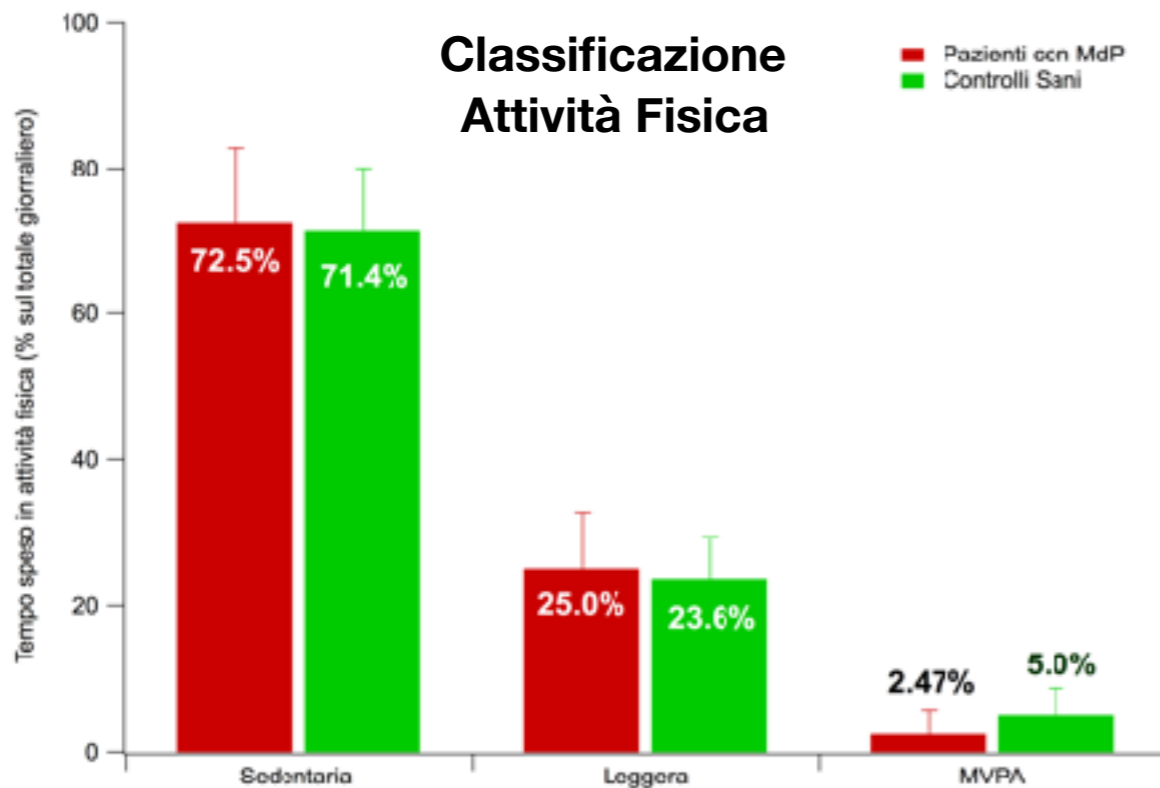
# Risultati



- **Riferimenti di letteratura:** H&Y 1-2: 9300, H&Y 3: 7700 passi/giorno (Paul et al., 2016)
- **Pattern di attività fisica simili** tra pazienti MdP e controlli (MVPA?) quando vengono utilizzati cut-points per adulti sani
- **Possibili differenze sembrano emergere** quando viene presa in considerazione **la velocità di cammino**



# Risultati



- **Riferimenti di letteratura:** H&Y 1-2: 9300, H&Y 3: 7700 passi/giorno (Paul et al., 2016)
- **Pattern di attività fisica simili** tra pazienti MdP e controlli (MVPA?) quando vengono utilizzati cut-points per adulti sani
- **Possibili differenze sembrano emergere** quando viene presa in considerazione **la velocità di cammino**



# Valutazione ambulatoriale del cammino

- Sensori inerziali indossabili
- Dispositivi miniaturizzati in grado di rilevare e misurare **accelerazioni e velocità angolari** del segmento corporeo sul quale sono fissati
- Trasmettono i dati via Bluetooth
- Sono dotati di **protocolli clinici** (analisi dei parametri spazio-temporali del passo, Timed Up and Go)

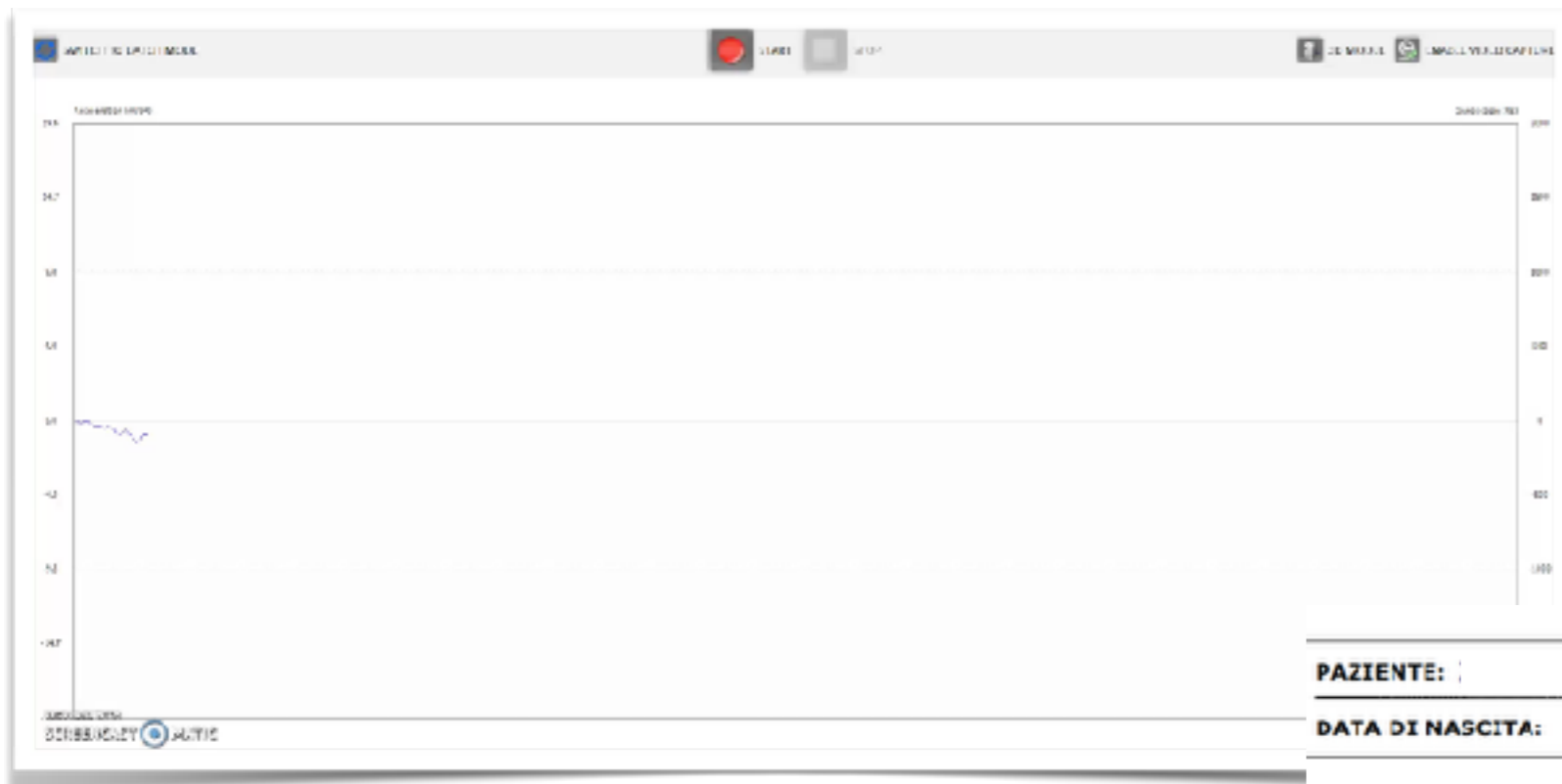


# Valutazione ambulatoriale del cammino

- Sensori inerziali indossabili
- Dispositivi miniaturizzati in grado di rilevare e misurare **accelerazioni e velocità angolari** del segmento corporeo sul quale sono fissati
- Trasmettono i dati via Bluetooth
- Sono dotati di **protocolli clinici** (analisi dei parametri spazio-temporali del passo, Timed Up and Go)



# Valutazione ambulatoriale del cammino



PAZIENTE: |

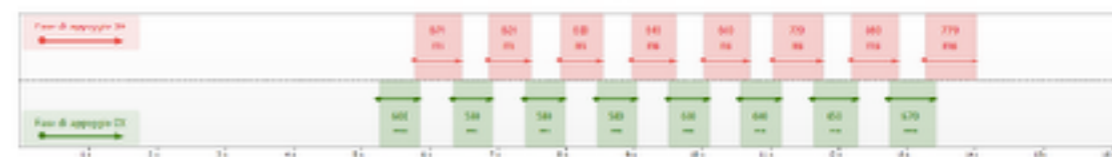
DATA DI NASCITA: 13/10/1970 PESO: 60 Kg ALTEZZA: 170 cm SESSO: F

## Report di Analisi del Cammino

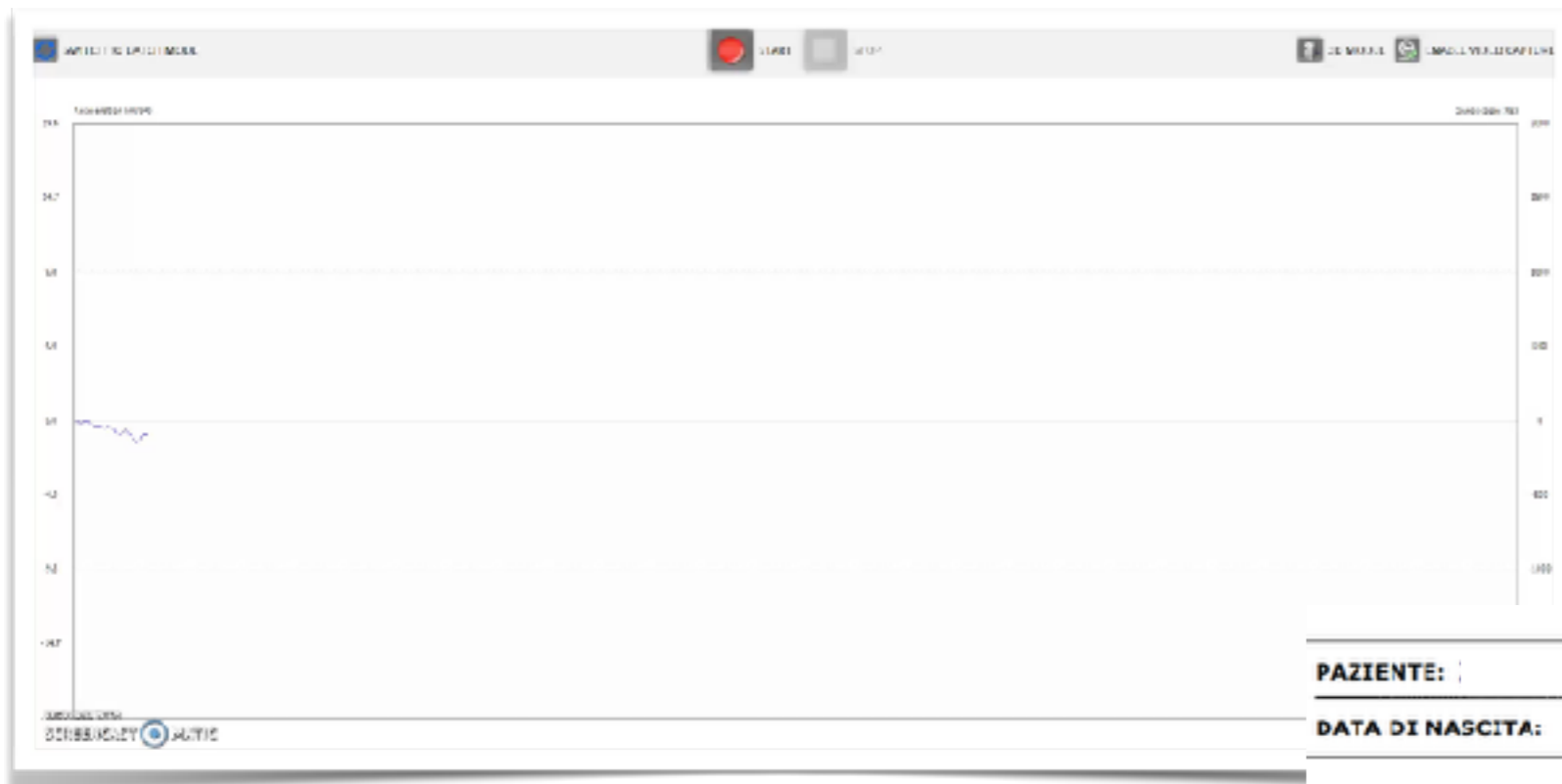
- Il report contiene i **principali parametri spazio-temporali del cammino** e alcuni dati sulla cinematica del tronco
- I **dati grezzi** relativi alle accelerazioni sono esportabili per ulteriori analisi

Parametri Spazio-Temporali	Valore (Media ± Dev. St)	Valore Normalità (Media ± Dev. St)	Unità di Misura	
Durata della prova	16.3		s	
Cadenza	112.24 ± 5.77	120.50 ± 9.60	passi/min	
Velocità	1.14 ± 0.01	1.25 ± 0.15	m/s	
Parametri Spazio-Temporali	Valore SX (Media ± Dev. St)	Valore DX (Media ± Dev. St)	Valore Normalità (Media ± Dev. St)	Unità di Misura
Durata del ciclo	1.06 ± 0.04	1.07 ± 0.03	1.11 ± 0.17	s
Lunghezza del ciclo	1.22 ± 0.05	1.22 ± 0.03	1.15 ± 0.08	m
%Lunghezza del ciclo	71.60 ± 2.71	71.99 ± 1.71	84.70 ± 6.10	% altezza
Lunghezza del passo	48.37 ± 1.97	51.63 ± 2.13	50.00 ± 0.70	% lungh ciclo
Fasi di appoggio	61.74 ± 2.34	56.68 ± 1.74	50.00 ± 2.80	%ciclo
Fasi di volo	38.26 ± 2.34	43.32 ± 1.74	40.00 ± 2.80	%ciclo
Prima fase di doppio supporto	7.61 ± 1.60	10.59 ± 2.09	9.95 ± 2.85	%ciclo
Fasi di singolo supporto	43.80 ± 1.58	37.85 ± 2.85	40.00 ± 2.80	%ciclo
Fasi considerati	8	8		

### Fasi di Appoggio



# Valutazione ambulatoriale del cammino



PAZIENTE: |

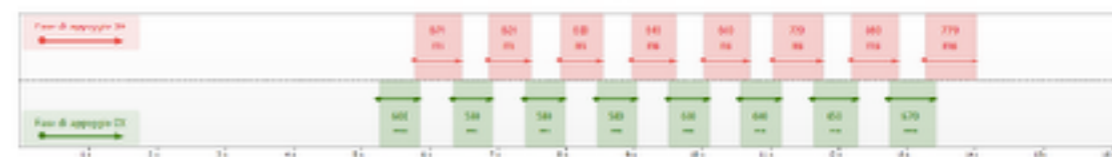
DATA DI NASCITA: 13/10/1970 PESO: 60 Kg ALTEZZA: 170 cm SESSO: F

## Report di Analisi del Cammino

- Il report contiene i **principali parametri spazio-temporali del cammino** e alcuni dati sulla cinematica del tronco
- I **dati grezzi** relativi alle accelerazioni sono esportabili per ulteriori analisi

Parametri Spazio-Temporali	Valore (Media ± Dev. St)	Valore Normalità (Media ± Dev. St)	Unità di Misura	
Durata della prova	16.3		s	
Cadenza	112.24 ± 5.77	120.50 ± 9.60	passi/min	
Velocità	1.14 ± 0.01	1.25 ± 0.15	m/s	
Parametri Spazio-Temporali	Valore SX (Media ± Dev. St)	Valore DX (Media ± Dev. St)	Valore Normalità (Media ± Dev. St)	Unità di Misura
Durata del ciclo	1.06 ± 0.04	1.07 ± 0.03	1.11 ± 0.17	s
Lunghezza del ciclo	1.22 ± 0.05	1.22 ± 0.03	1.15 ± 0.08	m
%Lunghezza del ciclo	71.60 ± 2.71	71.99 ± 1.71	84.70 ± 6.10	% altezza
Lunghezza del passo	48.37 ± 1.97	51.63 ± 2.13	50.00 ± 0.70	% lungh ciclo
Fasi di appoggio	61.74 ± 2.34	56.68 ± 1.74	50.00 ± 2.80	%ciclo
Fasi di volo	38.26 ± 2.34	43.32 ± 1.74	40.00 ± 2.80	%ciclo
Prima fase di doppio supporto	7.61 ± 1.60	10.59 ± 2.09	9.95 ± 2.85	%ciclo
Fasi di singolo supporto	43.80 ± 1.58	37.85 ± 2.85	40.00 ± 2.80	%ciclo
Fasi considerati	8	8		

### Fasi di Appoggio





# Timed up and go



# Timed up and go



# Timed up and go

## PAZIENTE:

DATA DI NASCITA: 07/01/1935 PESO: 74 Kg ALTEZZA: 156 cm SESSO: F

## Report di Analisi - Timed Up and Go

Parametri	Valore	Unità di Misura
Durata della prova	10.23	s
Mobilità funzionale	Indipendente	

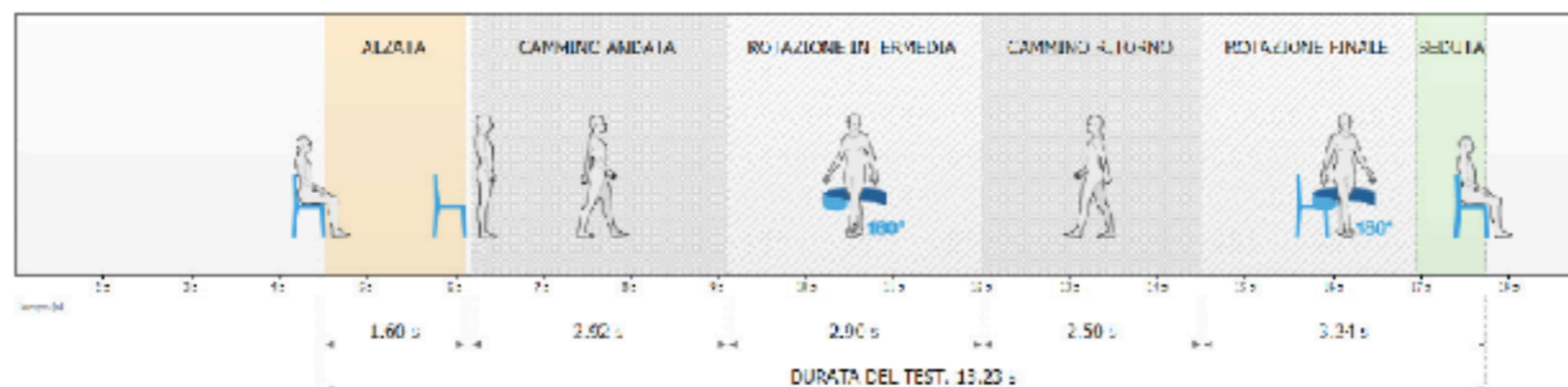
  

Parametri	Alzata	Seduta	Unità di Misura
Durata della fase	1.60	0.79	s
Accelerazione antero-posteriore	3.1	1.9	m/s <sup>2</sup>
Accelerazione laterale	3.0	1.5	m/s <sup>2</sup>
Accelerazione verticale	4.5	2.2	m/s <sup>2</sup>

Parametri	Rotazione Intermedia	Rotazione Finale	Unità di Misura
Durata della fase	2.90	2.45	s
Picco di velocità di rotazione	105.0	112.4	°/s
Velocità di rotazione media	62.3	62.7	°/s

### Fasi del test



# Conclusioni

- L'analisi quantitativa del movimento, e in particolare **la Gait Analysis**, può rappresentare un **valido complemento alla valutazione osservazionale** (e/o mediante scale) per quantificare le limitazioni funzionali a carico degli **arti superiori ed inferiori conseguenti a:**
  - **trattamenti** farmacologici e/o riabilitativi
  - **decorso** della patologia
  - **declino fisiologico** (sani)
- Sono disponibili **dati tridimensionali relativi alla cinematica** (angoli articolari) oltre ai **parametri spazio-temporali**, e dati sull'**attivazione muscolare**
- La complessità dei dati disponibili può essere ridotta mediante l'impiego di **misure sintetiche** di facile leggibilità per per lo psicologo ed il clinico (i.e. migliora la comunicazione)
- Analisi quantitative sui **solli parametri spazio-temporali del cammino** e della **mobilità funzionale** possono essere effettuate anche in ambulatorio in tempi più rapidi e senza la necessità di spogliarsi, **utilizzando i sensori inerziali indossabili**
- **Prospettive future:** monitoraggio del movimento in ambiente domestico e nel lungo periodo con trasmissione remota del dato al clinico



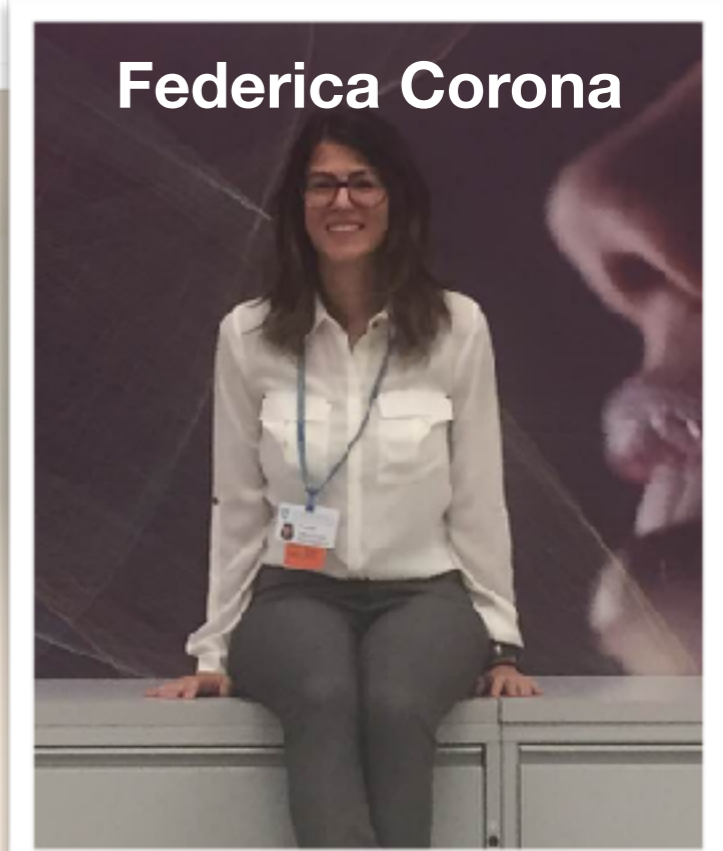
# Grazie per l'attenzione



Micaela Porta

Giuseppina Pilloni

Bruno Leban



Federica Corona