



# Gait Analysis

Dott.ssa Marianna Liparoti, PhD  
E-mail: [marianna.liparoti@gmail.com](mailto:marianna.liparoti@gmail.com)

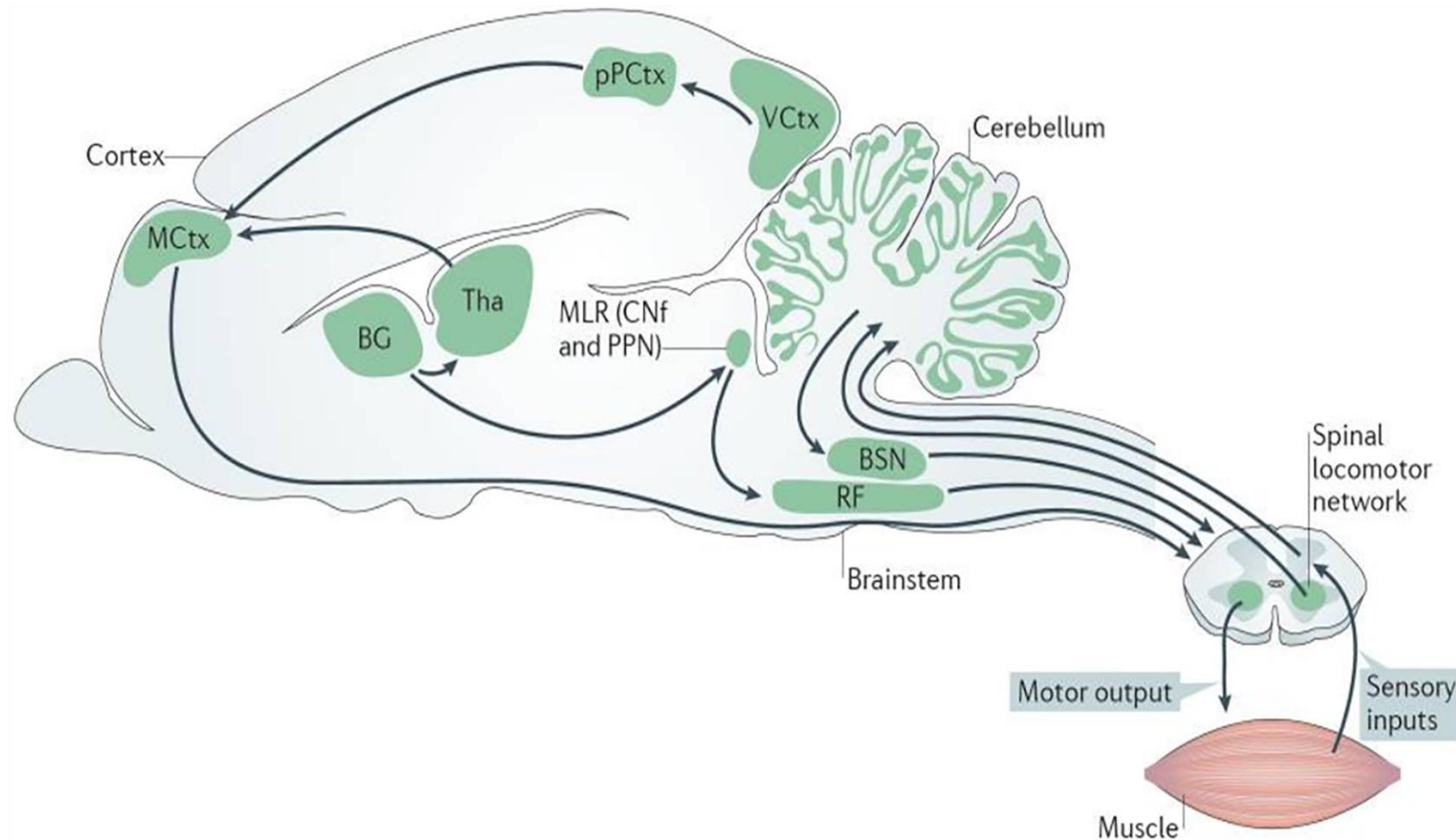
Libri consigliati:

- Gait analysis: Normal and pathological Function (Jacqueline Perry)
- Gait analysis (Whittle's)
- Bioingegneria della postura e del movimento (A. Cappozzo)
- Chinesiologia del sistema muscolo scheletrico (Neumann)

Slide: <http://bit.ly/3BEK8f2>



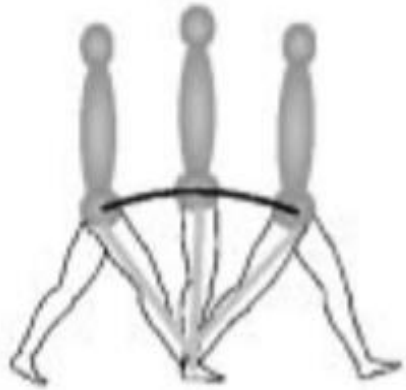
**Locomozione** (*locomotion*): azione che permette di muoversi da un luogo all'altro. Terrestre, acquatica, aerea...naturale o tramite un mezzo.



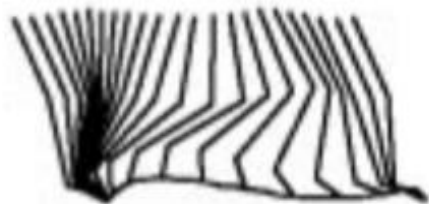
Organizzazione del controllo neuronale della locomozione nei vertebrati

Ole Kiehn, Nat Rev Neurosci (2016)

## CAMMINO



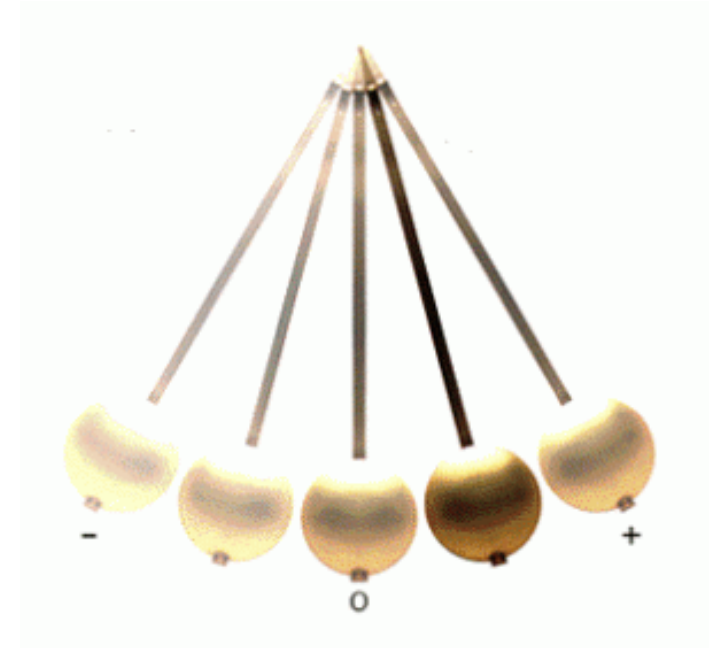
walking



## CORSA

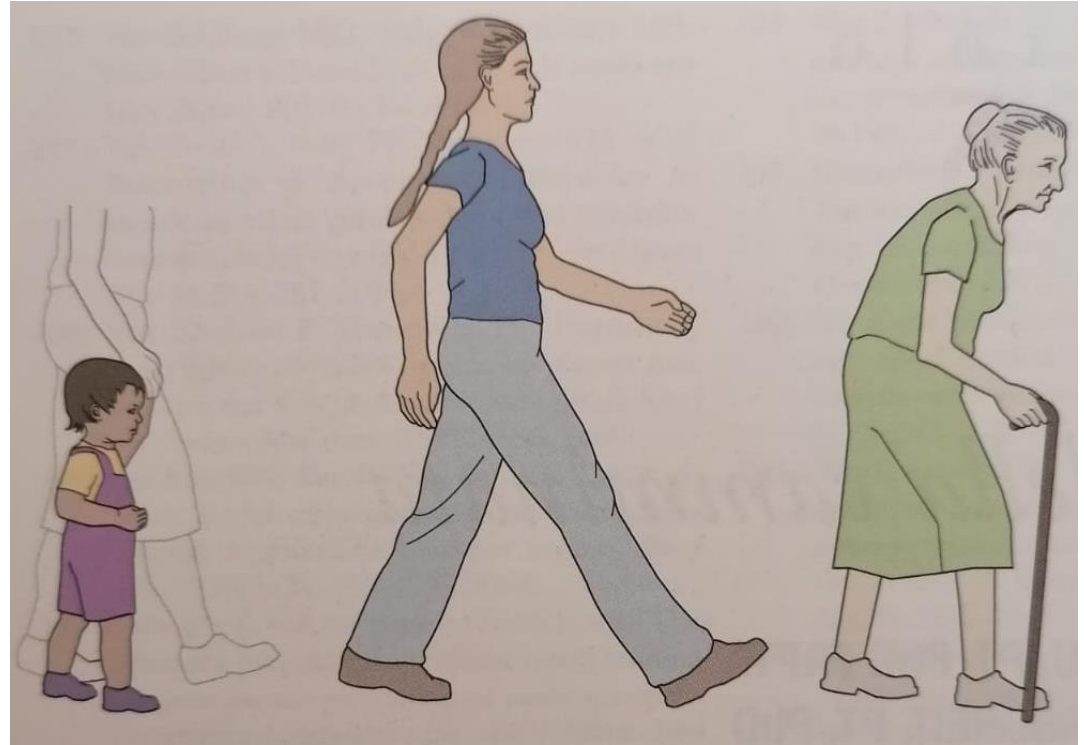


running



Sia gli arti superiori che inferiori del corpo umano possono muoversi con moto pendolare, con o senza intervento muscolare

# Gait Cycle



Il cammino può essere analizzato sotto diversi aspetti



SCHEMA DI CONTATTO  
RECIPROCO CON IL SUOLO



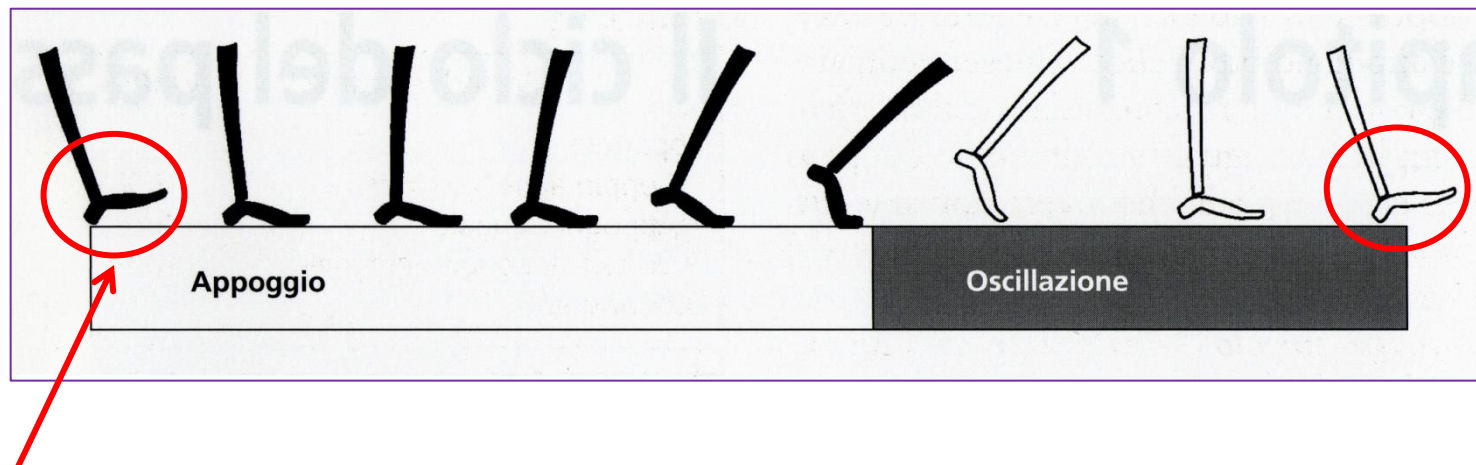
DESCRITTORI  
SPAZIALI E TEMPORALI



SIGNIFICATO FUNZIONALE  
DEGLI EVENTI



## SCHEMA DI CONTATTO RECIPROCO AL SUOLO



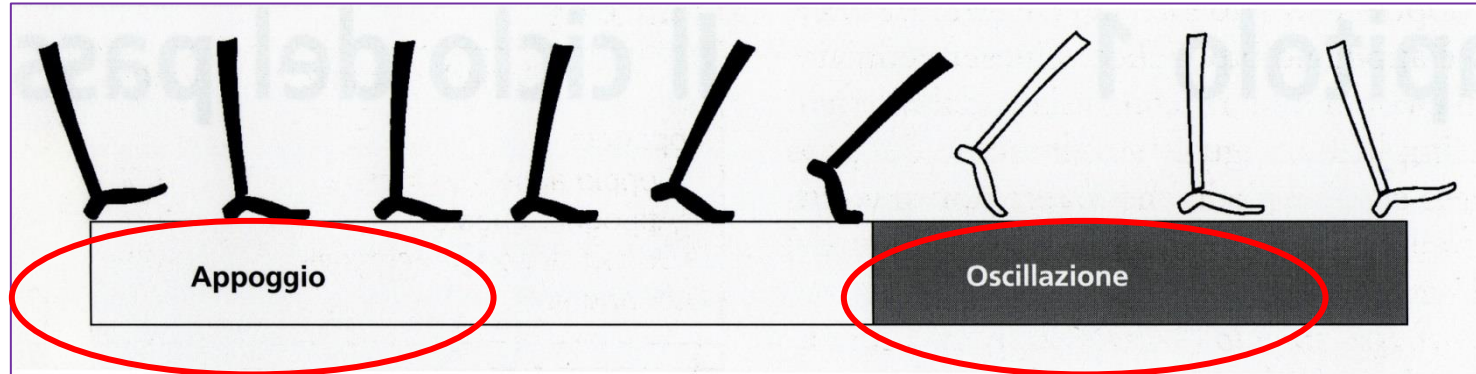
Heel strike o initial contact

**Gait cycle**



Sequenza di schemi di movimento, che inizia con il contatto del piede al suolo fino al successivo contatto dello stesso piede al suolo.

# Caratteristiche del tempo e dello spazio **PERIODI**



**1° periodo → APPOGGIO (stance)**

Periodo durante il quale il piede è in contatto con il terreno

**HEEL STRIKE**

**2° periodo → OSCILLAZIONE (swing)**

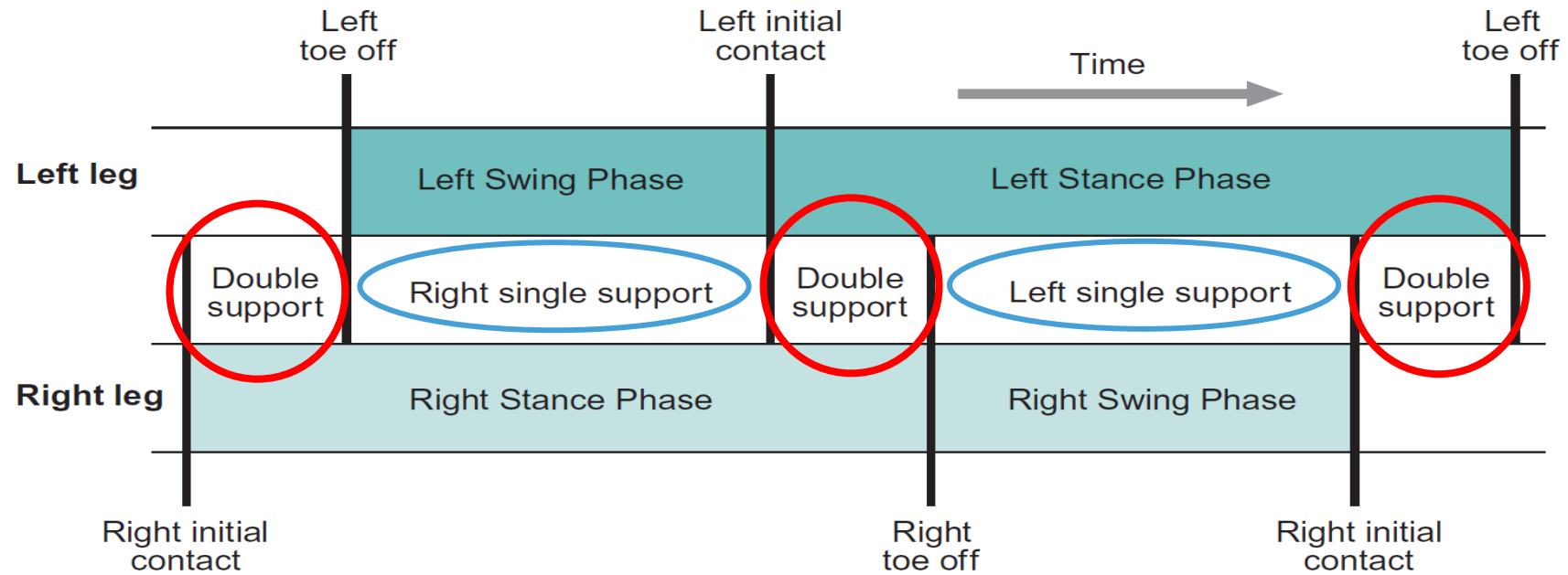
Periodo in cui il piede si trova sollevato per consentire l'avanzamento dell'arto

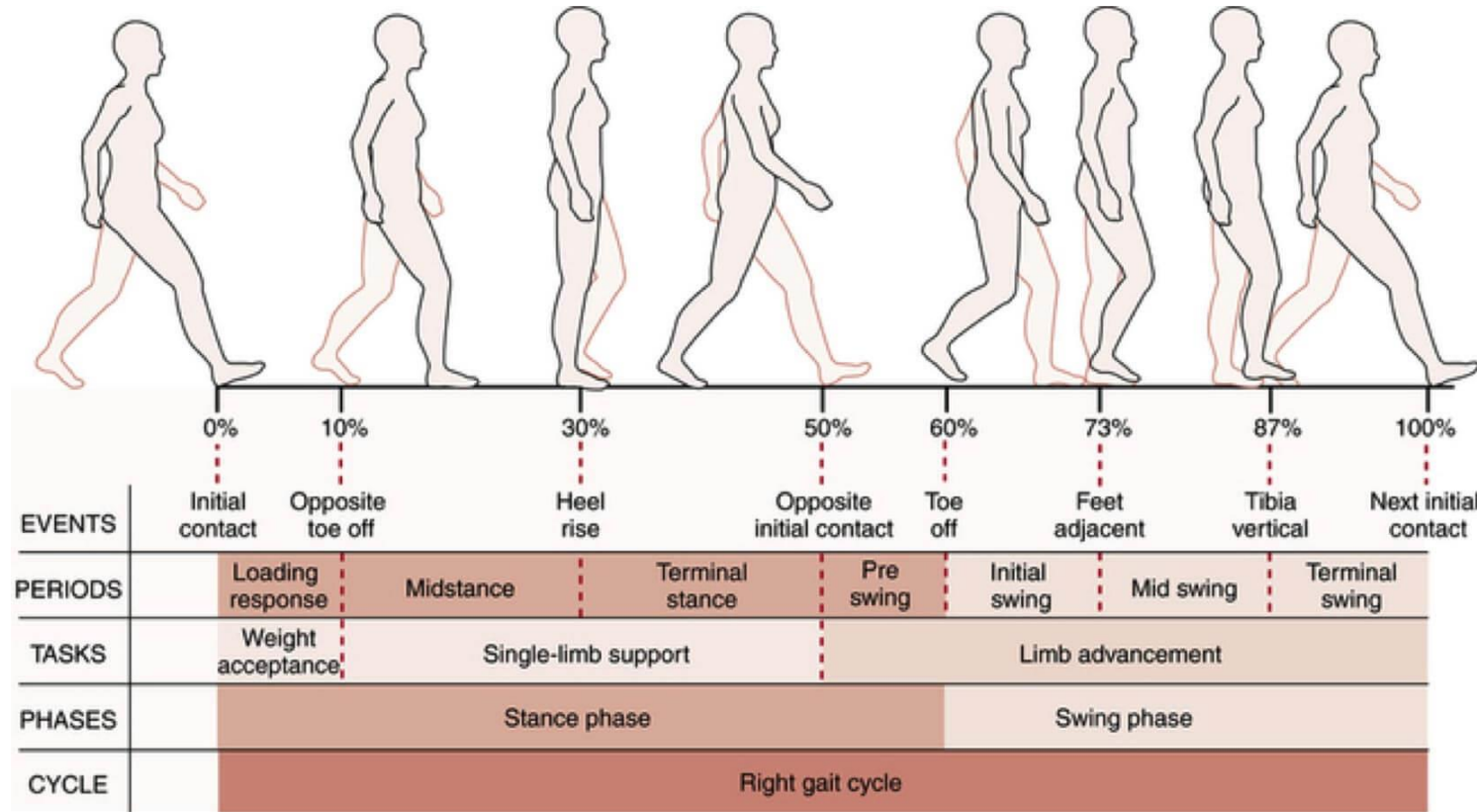
**TOE OFF**



# Caratteristiche del tempo e dello spazio

## PERIODI





## PERIODI DI CONTATTO AL SUOLO

**APPOGGIO** **60-62%**

- Doppio appoggio iniziale 10%
- Appoggio singolo 40%
- Doppio appoggio terminale 10%

**OSCILLAZIONE** **40-38%**

Velocità media 80 m/min, i periodi di appoggio ed oscillazione rappresentano rispettivamente il 62% ed il 38% del gait cycle.

La durata di entrambe le fasi è inversamente correlata alla velocità del cammino, cioè diminuiscono all'aumentare della velocità ed aumentano al diminuire di quest'ultima.

**In assenza della fase di double support si configura il modello di locomozione della corsa**

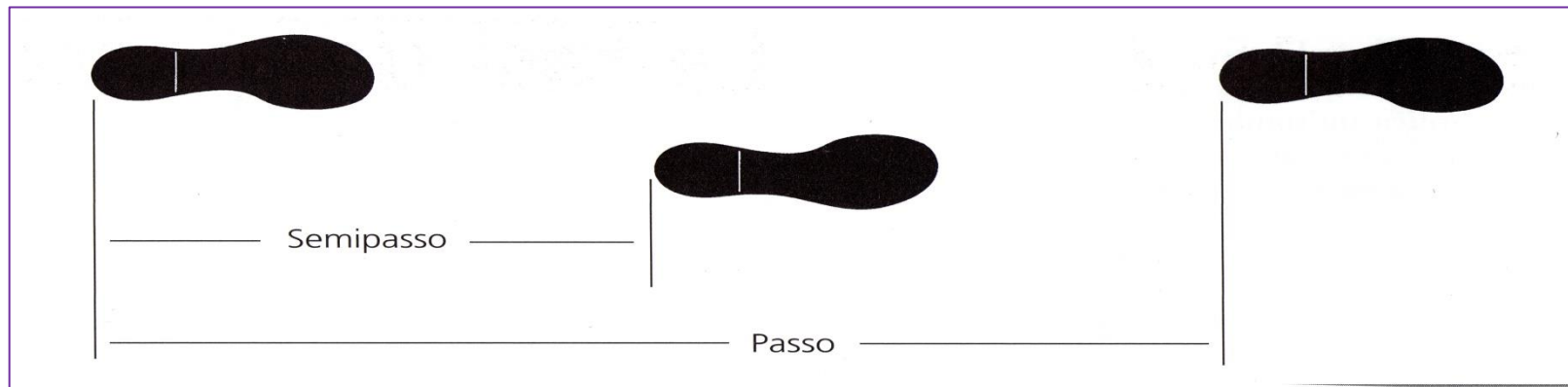
# PASSO E SEMIPASSO

## PASSO (stride)

- Rappresenta l'equivalente del gait cycle
- È basato sulle azioni di un singolo arto
- La durata è rappresentata dall'intervallo tra due successivi initial contact dello stesso arto

## SEMIPASSO (stride)

- Si riferisce ai due arti
- Ogni passo comprende due semipassi
- Rappresenta l'intervallo compreso tra il contatto iniziale di un piede e di quello controlaterale (es. ICdx –ICsx)

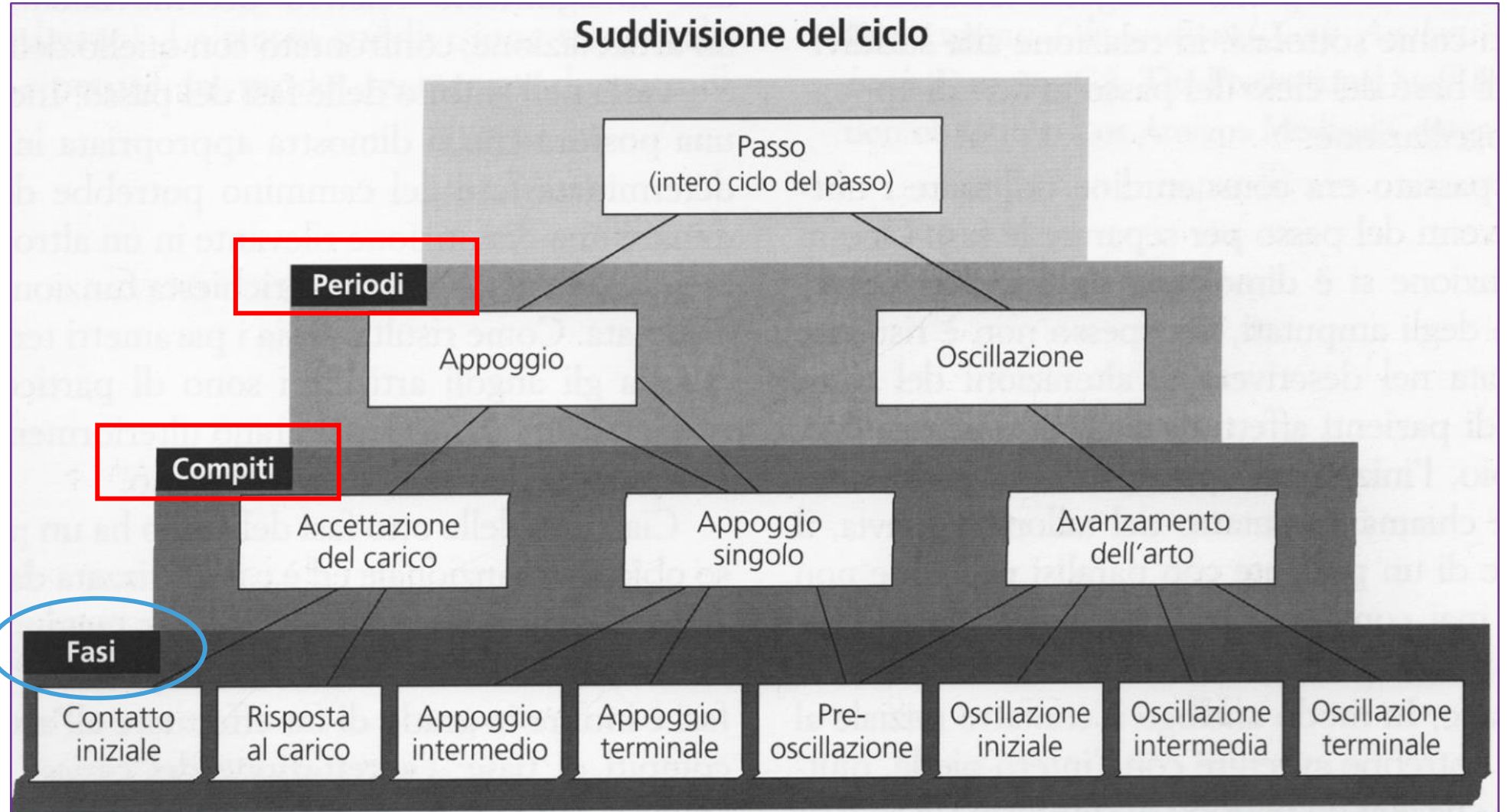


**NB:** nel cammino patologico è frequente che i 2 semipassi non siano simmetrici, quindi il termine più corretto da usare è **passo anteriore dx o sx**.

# SIGNIFICATO FUNZIONALE

## Suddivisione del ciclo

Ciascun  
passo  
contiene  
8 fasi



## COMPITI DI BASE

**1. COMPITO A**



**ACCETTAZIONE DEL CARICO**

**2. COMPITO B**



**APPOGGIO SINGOLO**

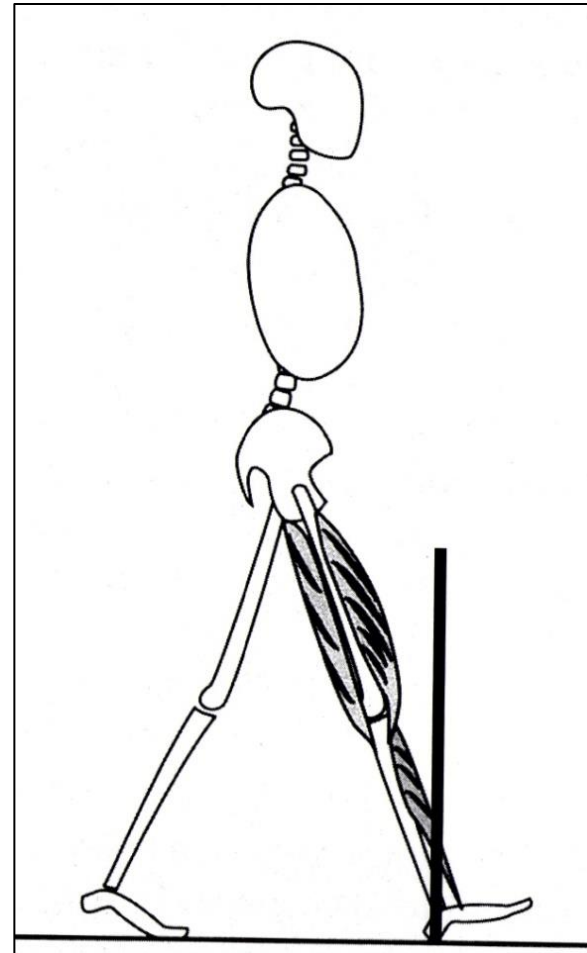
**3. COMPITO C**



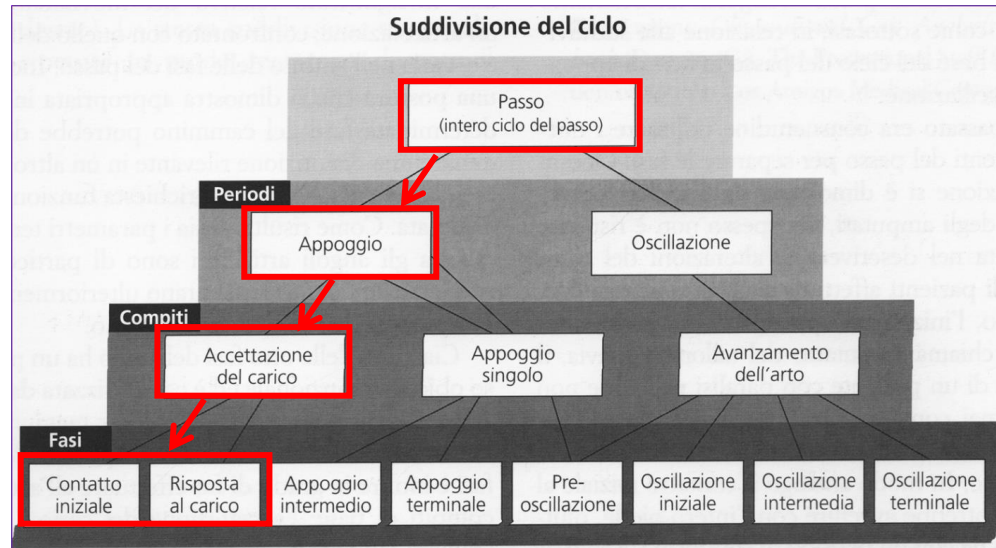
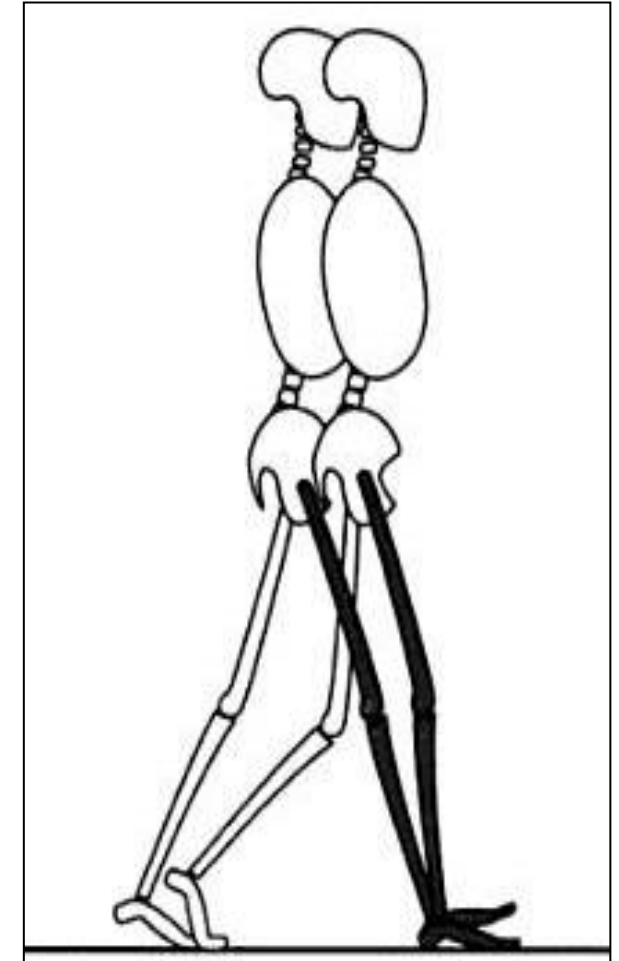
**AVANZAMENTO DELL'ARTO**

# ACCETTAZIONE DEL CARICO

## CONTATTO INIZIALE (0-2% del ciclo del passo)



## RISPOSTA AL CARICO (2-10% del ciclo del passo)



## COMPITI DI BASE

**1. COMPITO A** → **ACCETTAZIONE DEL CARICO**

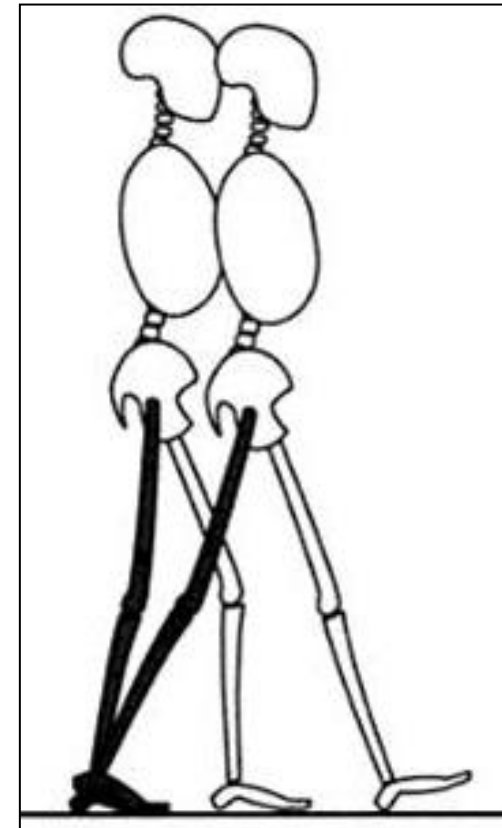
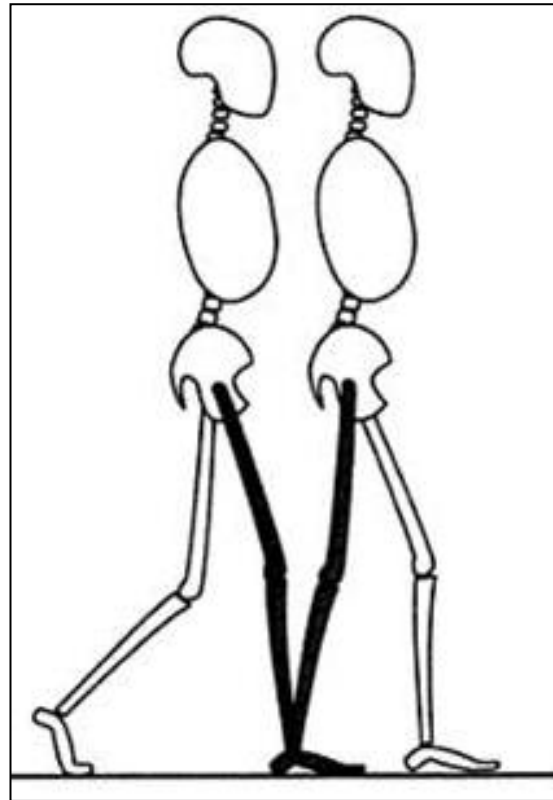
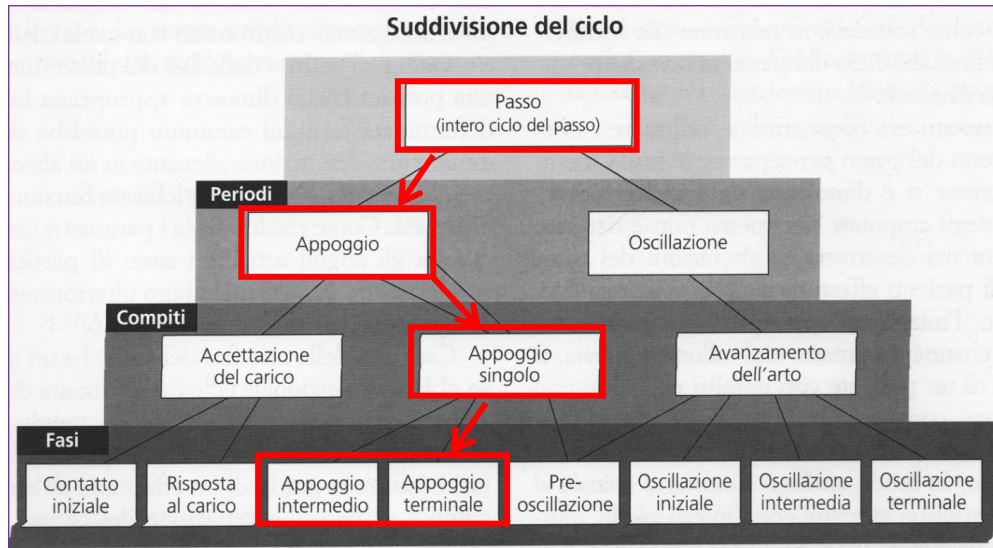
**2. COMPITO B** → **APPOGGIO SINGOLO**

**3. COMPITO C** → **AVANZAMENTO DELL'ARTO**

# APPOGGIO SINGOLO

**APPOGGIO INTERMENDIO**  
(10-30% del ciclo del passo)

**APPOGGIO TERMINALE**  
(30-50% del ciclo del passo)





## COMPITI DI BASE

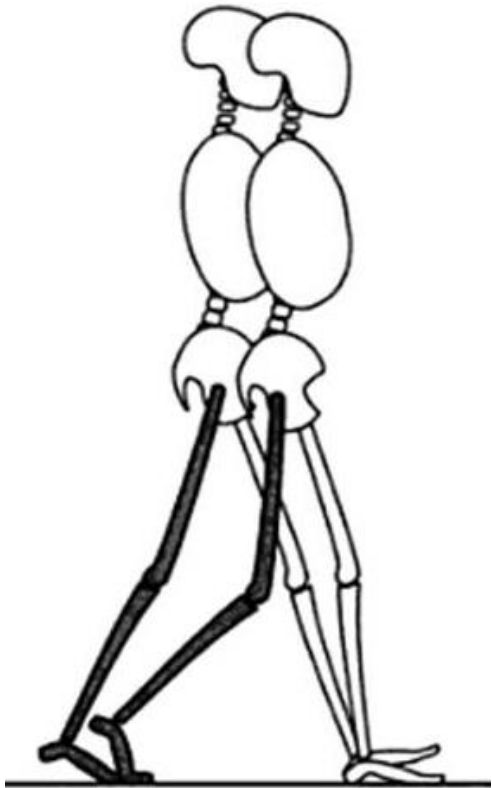
**1. COMPITO A** → **ACCETTAZIONE DEL CARICO**

**2. COMPITO B** → **APPOGGIO SINGOLO**

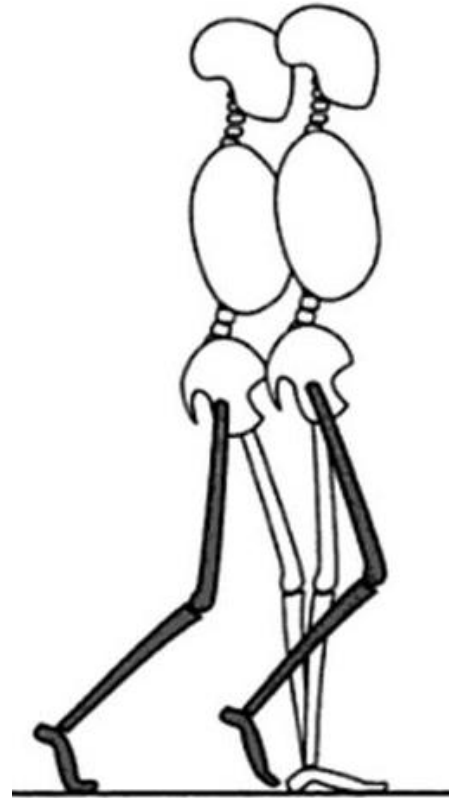
**3. COMPITO C** → **AVANZAMENTO DELL'ARTO**

# AVANZAMENTO DELL'ARTO

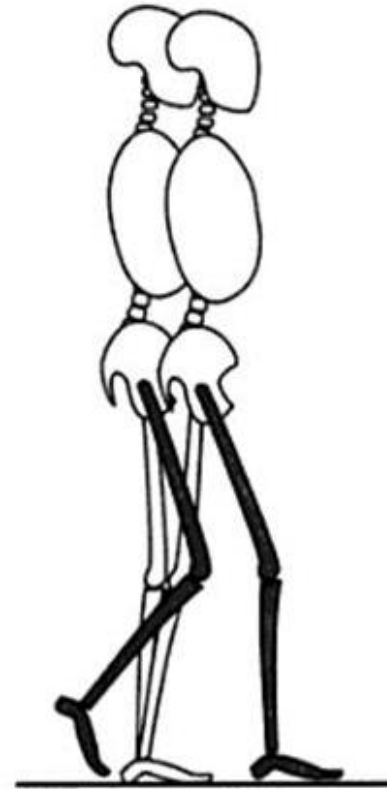
**PREOSCILLAZIONE**  
(50-60% del ciclo del passo)



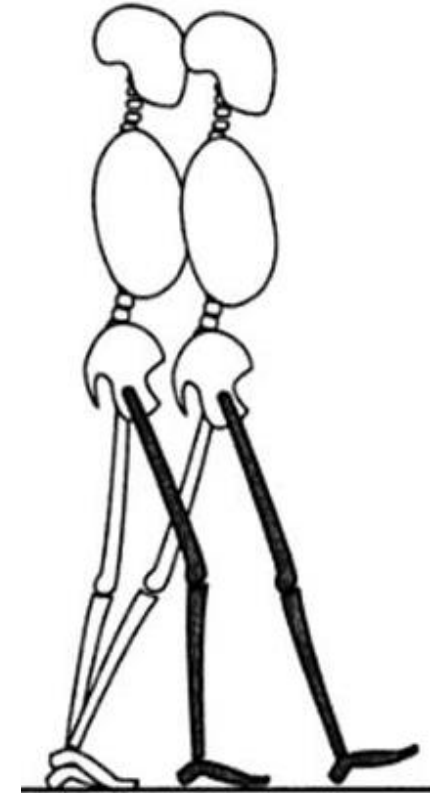
**OSCILLAZIONE INIZIALE**  
(60-73% del ciclo del passo)



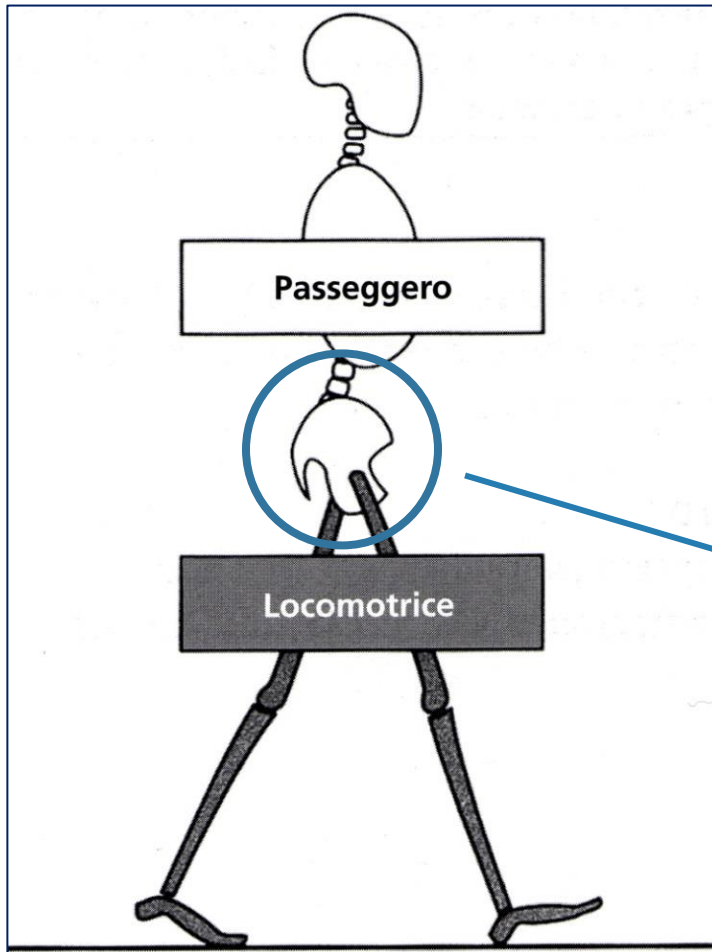
**OSCILLAZIONE INTERMEDIA**  
(73-87% del ciclo del passo)



**OSCILLAZIONE TERMINALE**  
(87-100% del ciclo del passo)



# Schema funzionale di base cammino in piano

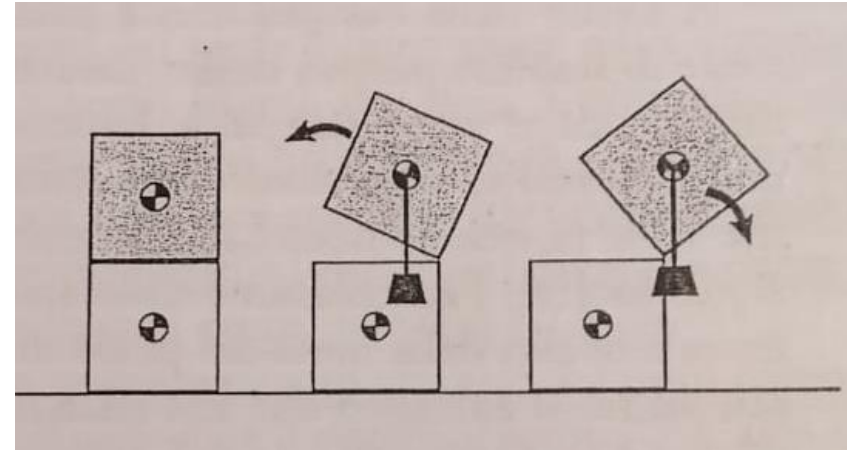
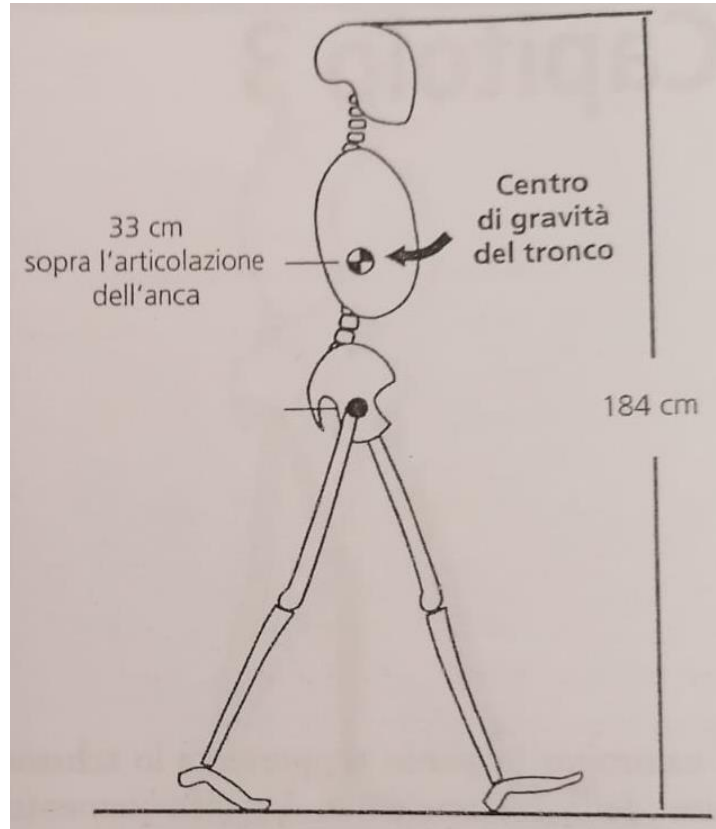


**UNITA' PASSEGGERO**= testa, collo,  
tronco, braccia  
**HAT**= head, arms, trunk (Elftman)  
Rappresenta il 70% del peso del corpo

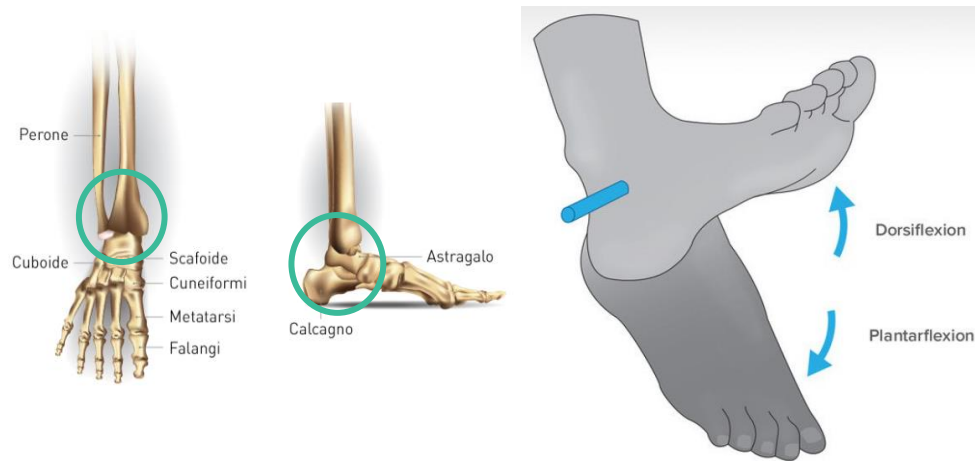
**UNITA' LOCOMOTRICE (UL)** = arti inferiori e pelvi

La pelvi costituisce un collegamento mobile non solo tra i due arti inferiori ma anche tra le due unità.

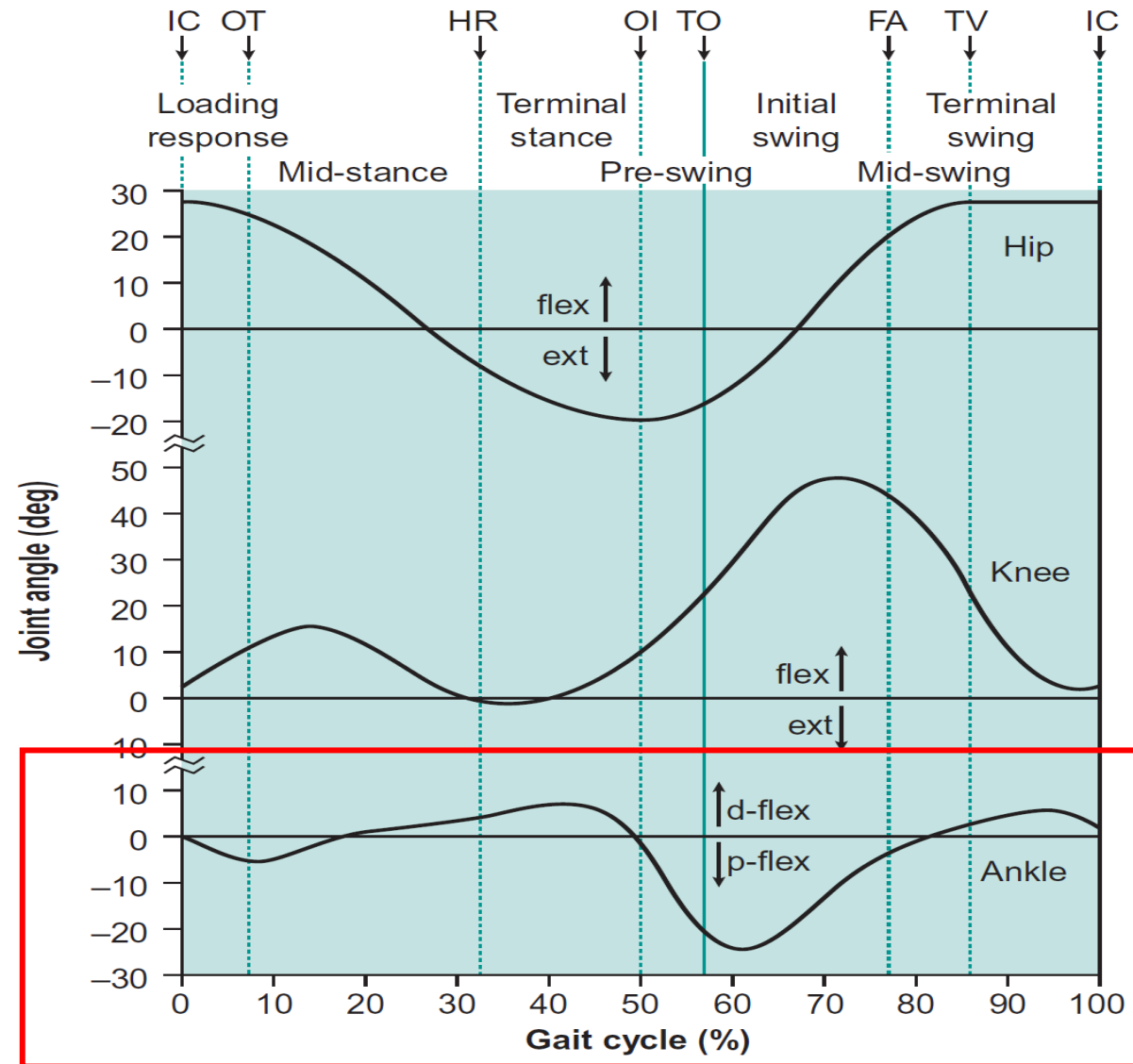
# Schema funzionale di base cammino in piano



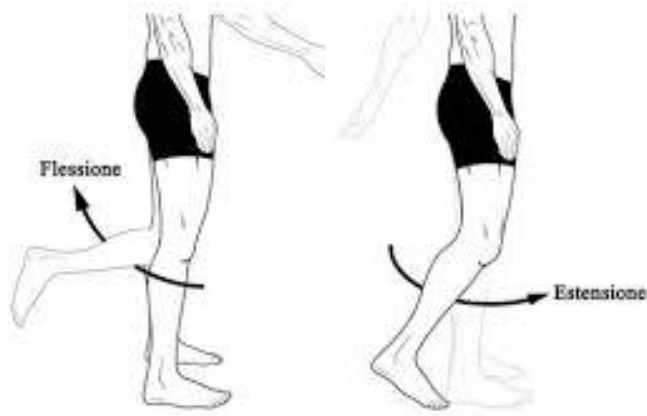
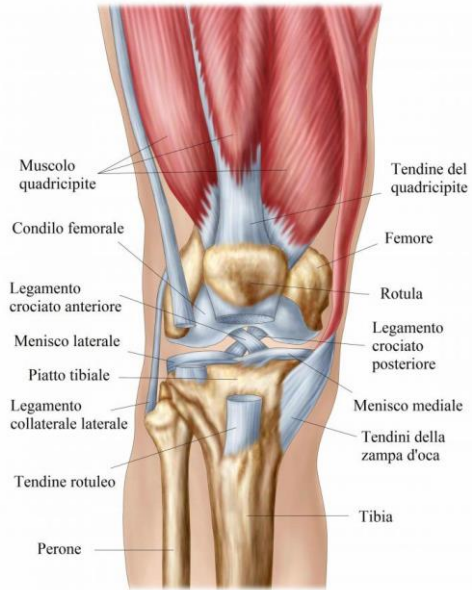
# IL COMPLESSO DELLA TIBIOTARSICA



Durante ogni ciclo del passo la tibiotalarsica esegue 4 archi di movimento 2 volte si flette plantarmente e 2 volte dorsalmente. I primi 3 archi avvengono durante il periodo di appoggio, l'ultimo arco di flessione dorsale avviene nella fase di oscillazione. L'intera escursione articolare della tibiotalarsica è di circa 30 gradi.

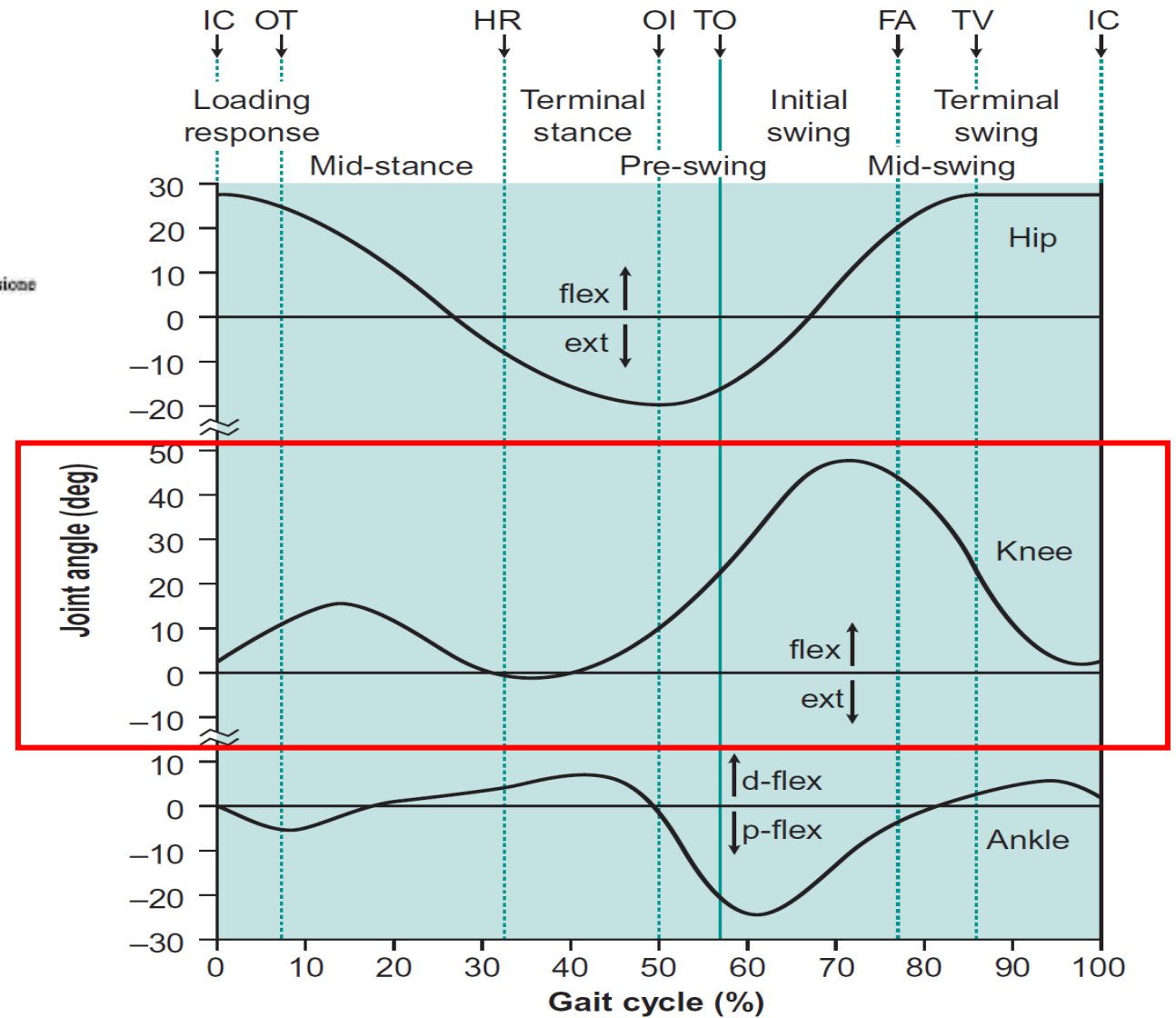


# GINOCCHIO

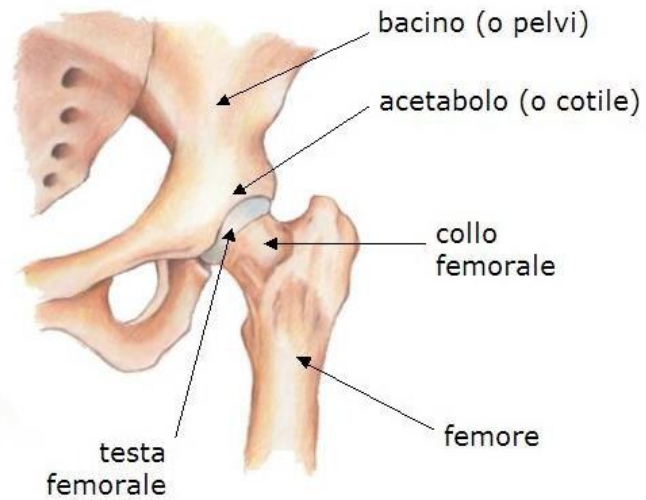


Durante ogni ciclo del passo il ginocchio esegue 4 archi di movimento, 2 volte si flette e 2 volte si estende.

L'escursione fisiologica del ginocchio durante il cammino va da 0 a 70 gradi di flessione, dipende dalla velocità del cammino e dalla variabilità interindividuale.

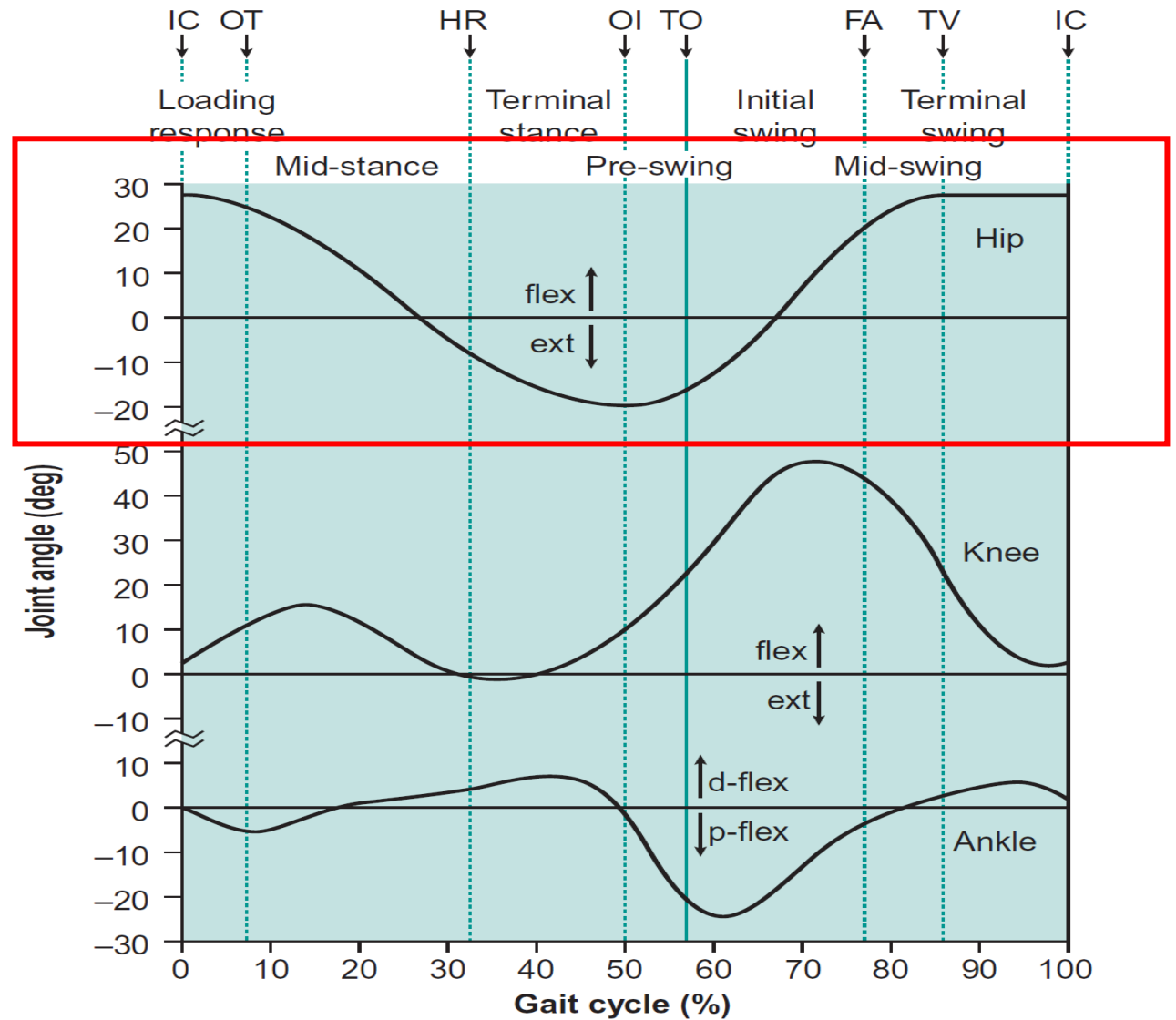


# ANCA

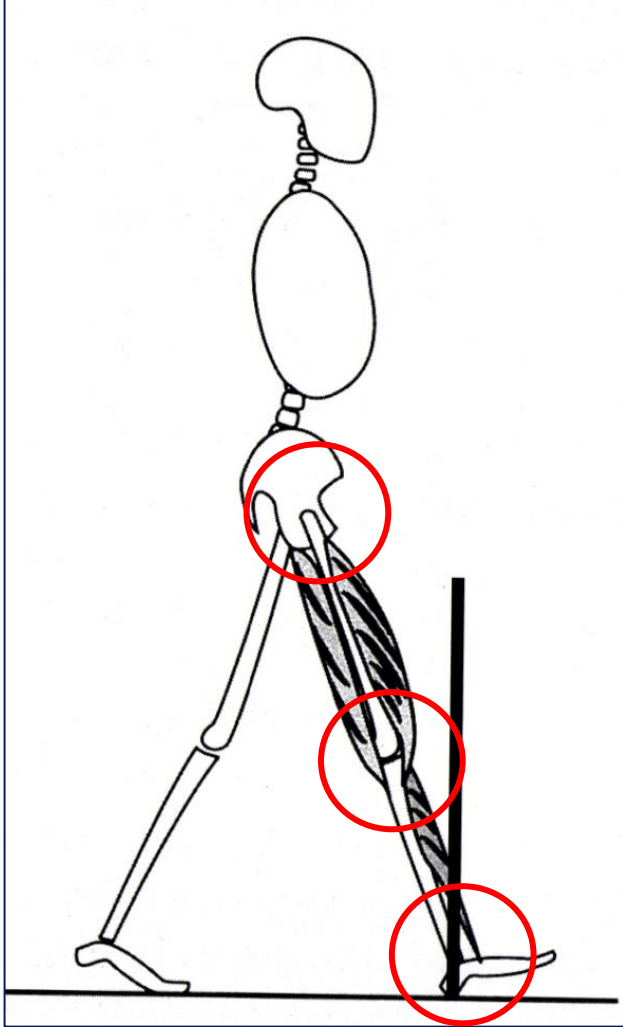


Durante ogni ciclo del passo l'anca esegue 2 archi di movimento principali, 1 di estensione durante l'appoggio ed 1 di flessione durante l'oscillazione.

L'escursione fisiologica dell'anca durante il cammino è di 40 gradi.



# CONTATTO INIZIALE



## 0-2% del ciclo del passo

Contatto del tallone (Heel Strike o Initial Contact) con anca flessa (30 gradi), ginocchio esteso e la tibiotarsica è in posizione di neutralità.

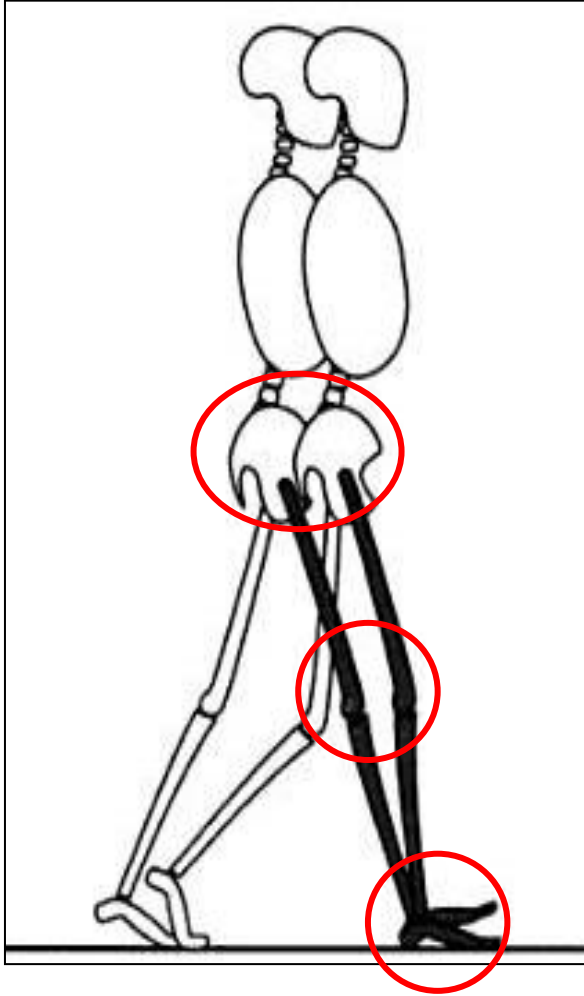
Vettore anteriore rispetto ad anca e ginocchio.

Attività del quadricipite, ischiocrurali, pretibiali.

Un controllo meno preciso dei pretibiali consentirà alla tibiotarsica di compiere il rotolamento del calcagno e quindi di iniziale la flessione plantare che sarà di circa 3-5 gradi.



# RISPOSTA AL CARICO



Utilizzando il rotolamento del calcagno il ginocchio è leggermente flesso (15 gradi) per assorbire l'impatto.

L'anca che prima era flessa a 30 gradi sotto il controllo dei muscoli flessori dell'anca, in questa fase inizia ad estendersi passivamente consentendo la progressione in avanti.

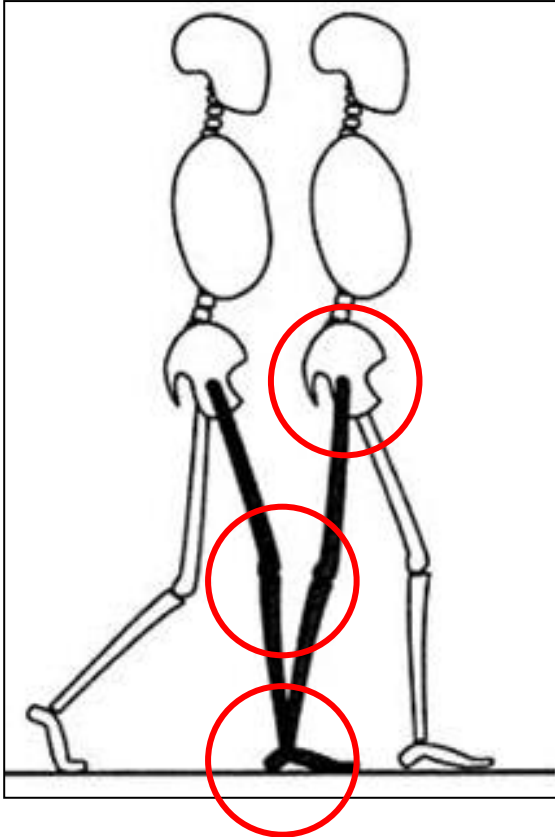
La flessione plantare della TT limita il rotolamento del calcagno mediante il contatto del piede al suolo.

L'arto cl si trova nella fase di pre-oscillazione

- 2-10% del ciclo del passo

- È il periodo iniziale del doppio appoggio.
- Conclude il singolo supporto.
- Inizia con il contatto iniziale al suolo e continua finché il piede controlaterale viene sollevato per l'oscillazione
- Obiettivi:
  - assorbimento dell'impatto
  - Stabilità sotto carico
  - Conservazione della progressione

# APPOGGIO INTERMEDIO



- 10-30% del ciclo del passo

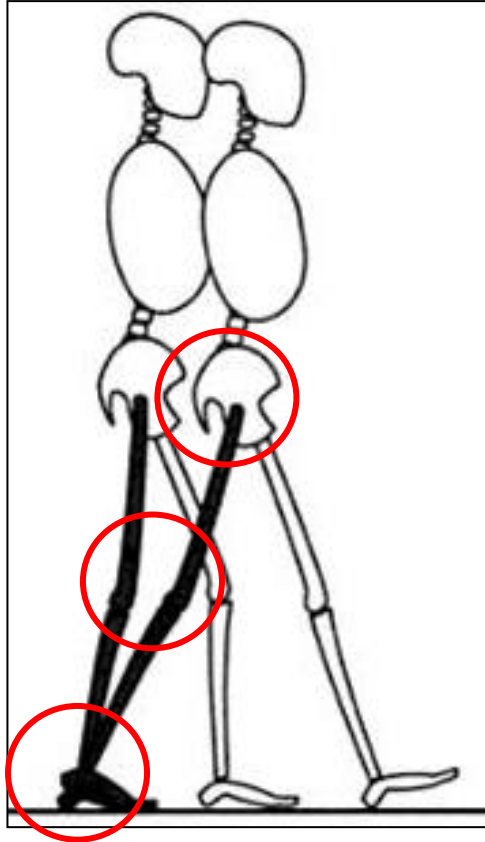
## INIZIALE:

- Il corpo si trova sul mediopiede con l'arto verticale, la TT esegue il primo arco di flessione dorsale ed il piede in appoggio completo. Ginocchio e anca continuano ad estendersi.
- Il vettore è molto vicino ai centri articolari.
- Attività del quadricipite e del soleo.

## FINALE:

- Il corpo si trova sull'avampiede, ma il tallone è ancora in contatto con il suolo. TT in flessione dorsale.
- Vettore anteriore al ginocchio ed alla TT.
- Attività dei muscoli flessori plantari (soleo, gastrocnemio)

# APPOGGIO TERMINALE



Il calcagno si solleva e l'arto avanza per il rotolamento dell'avampiede.

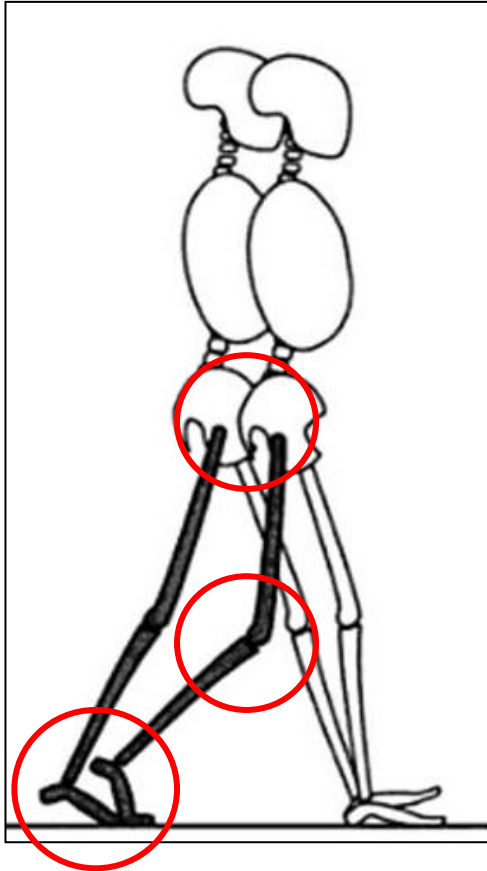
Il ginocchio continua a estendersi per poi flettersi leggermente.

L'aumentata estensione dell'anca pone l'arto in una posizione di maggiore avanzamento.

L'altro arto si trova nella sua posizione di oscillazione terminale.

- 30-50% del ciclo del passo
- Conclude l'appoggio singolo.
- Inizia con il sollevamento del tallone e continua finché il piede si appoggia al suolo.
- Il peso del corpo viene trasferito all'avampiede.
- Obiettivo:
- Progressione del corpo oltre il piede in appoggio

# PREOSCILLAZIONE



Il contatto al suolo dell'arto controlaterale ha iniziato la fase iniziale di doppio appoggio.

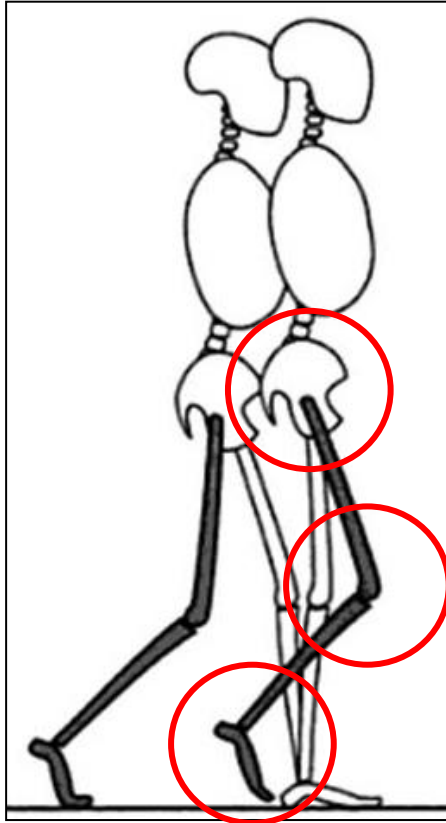
L'arto di riferimento risponde con un aumento della flessione plantare della Tibio-tarsica, un aumento della flessione del ginocchio ed una diminuzione dell'estensione dell'anca.

L'arto controlaterale si trova nella fase di risposta al carico.

- 50-60% del ciclo del passo

- Fase finale dell'appoggio, rappresenta il 2° periodo di doppio appoggio terminale del ciclo.
- Parte dal contatto iniziale dell'arto al distacco delle dita ol.
- Chiamata anche fase di «riduzione del carico» o «trasferimento del carico».
- Obiettivo:
- Posizionamento dell'arto per la preoscillazione

# OSCILLAZIONE INIZIALE



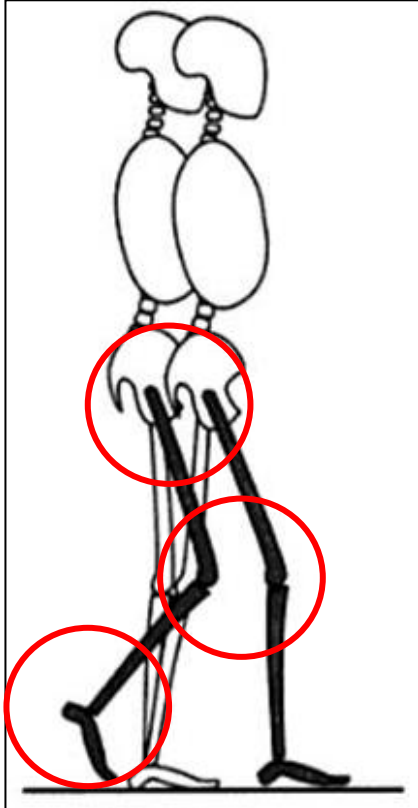
Il piede è sollevato e l'arto avanza mediante la flessione dell'anca e l'accentuata flessione del ginocchio.

La Tibio-tarsica risulta solo parzialmente dorsiflessa.

L'arto controlaterale si trova nella fase iniziale di appoggio intermedio.

- 60-73% del ciclo del passo
- Rappresenta 1/3 del periodo di oscillazione.
- Inizia con il sollevamento del piede dal terreno e termina quando l'arto oscillante è parallelo al piede di appoggio.
- Obiettivi:
  - Sollevamento del piede dal suolo
  - Avanzamento dell'arto

# OSCILLAZIONE INTERMEDIA



Un'ulteriore flessione dell'anca permette l'avanzamento dell'arto davanti alla linea di gravità.

Al ginocchio è permesso flettersi in risposta alla gravità.

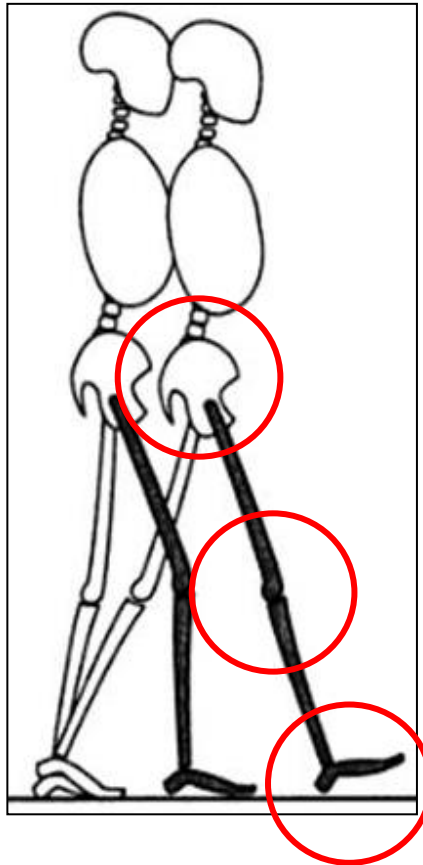
La Tibio-tarsica continua la flessione dorsale fino alla posizione neutra.

L'arto controlaterale si trova nella fase terminale di appoggio intermedio

- 73-87% del ciclo del passo

- Inizia quando l'arto oscillante è opposto all'arto in carico.
- Termina quando l'arto in oscillazione avanza e la tibia risulta verticale (le posizioni di flessione dell'anca e del ginocchio sono equivalenti)
- Obiettivi:
  - Avanzamento dell'arto
  - Sollevamento del piede dal suolo

# OSCILLAZIONE TERMINALE



L'estensione del ginocchio completa l'avanzamento dell'arto.

L'anca mantiene la sua iniziale flessione.

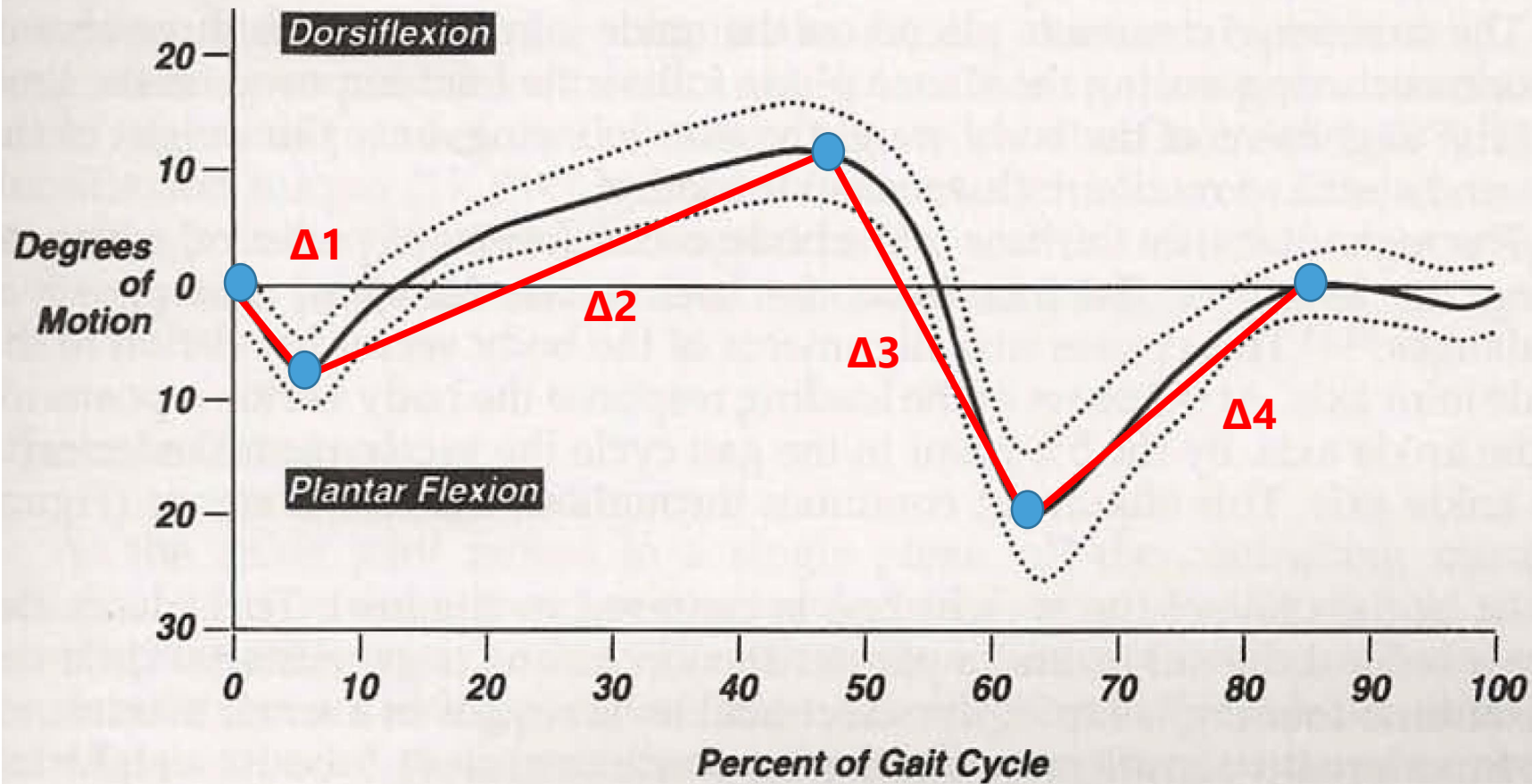
La Tibio-tarsica rimane dorsiflessa fino alla posizione neutra.

L'arto controlaterale si trova nella fase di appoggio terminale.

- 87-100% ciclo del passo

- Inizia con la tibia in posizione verticale e termina quando il piede prende contatto con il terreno.
- L'avanzamento dell'arto è completo quando la gamba si trova davanti alla coscia.
- Obiettivi:
  - Completo avanzamento dell'arto
  - Preparazione dell'arto per l'appoggio

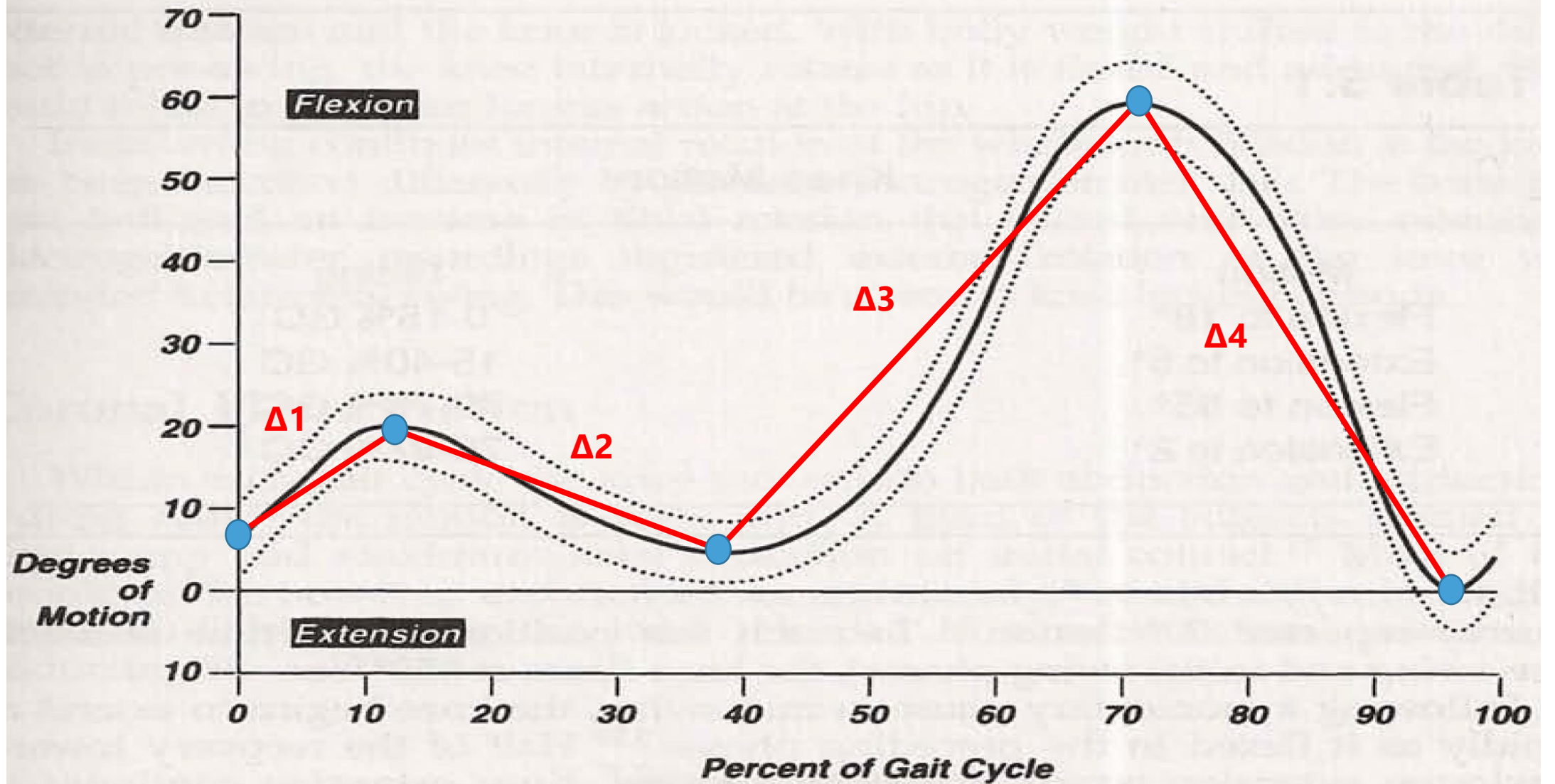
# Ankle Range of Motion



- $\Delta 1 = H2 - H1$
- $\Delta 2 = H3 - H2$
- $\Delta 3 = H4 - H3$
- $\Delta 4 = H5 - H4$



# Knee Range of Motion



# Hip Range of Motion

