

# ANATOMIA DELLE ARTICOLAZIONI

## PIANI CARDINALI E ASSI ANATOMICI

Sono tre piani immaginari, perpendicolari tra loro, che dividono il corpo in parti di uguale massa.

- SAGITTALE = divide il corpo in una parte destra ed una sinistra. I movimenti che si possono fare su questo piano sono: flessione, estensione e iperestensione.
- FRONTALE = divide il corpo in una parte anteriore ed una posteriore. I movimenti sono: abduzione e adduzione, elevazione e depressione, esversione e inversione.
- TRASVERSO = divide il corpo in una parte superiore ed una inferiore. I movimenti sono: rotazione laterale e mediale, rotazione destra e sinistra, pronazione e supinazione.

I piani cardinali si intersecano e danno luogo agli assi anatomici di riferimento:

- ASSE TRASVERSO = perpendicolare al piano sagittale
- ASSE SAGITTALE = perpendicolare al piano frontale
- ASSE LONGITUDINALE = perpendicolare al piano trasverso

## ARTI INFERIORI

Gli arti inferiori comprendono: anca, coscia, gamba e piede.

- ANCA = l'anca è formata da due parti simmetriche ognuna composta da tre ossa: ileo, ischio e osso pubico. In corrispondenza del pube le due parti si articolano tramite la sinfisi pubica. Sulla superficie esterna invece, le tre ossa, formano una depressione che si chiama acetabolo nel quale si articola la testa del femore.
- FEMORE = il femore è un osso lungo, nella parte prossimale (alto) è presente una testa e due trocanteri, nella parte distale invece sono presenti due masse ellittiche che si chiamano condili femorali.
- TIBIA = la tibia è l'osso lungo della gamba. Sull'estremità prossimale sono presenti due condili tibiali, mentre nella parte distale si trova una superficie basale concava.
- PERONE = è parallelo alla tibia ed è un osso sottile e lungo
- TARSO = è organizzato in due file. Quella prossimale include l'astragalo e il calcagno, quella distale include il cuboide e tre ossa cuneiformi.

## CLASSIFICAZIONE DELLE ARTICOLAZIONI

La classificazione più moderna divide le articolazioni in diartrosi, anfiartrosi e sinartrosi. Le diartrosi sono articolazioni mobili, le anfiartrosi sono articolazioni poco mobili e le sinartrosi sono articolazioni in cui le superfici articolari sono separate da una sostanza connettiva, la membrana suturale, che ossifica e dà luogo ad una saldatura completa. Un esempio di sinartrosi è il bacino e il cranio.

Esiste anche una classificazione funzionale che le divide in: articolazioni ad asse, a due assi e a tre assi.

Esiste anche una classificazione geometrica tridimensionale che le divide in articolazioni a sella, ovoidali, paraboloidi, cilindriche e ellissoidali.

## CINEMATICA DELLE ARTICOLAZIONI

La cinematica delle articolazioni studia il moto del corpo. I movimenti possono essere analizzati con due diversi approcci:

- OSTEOCINEMATICA = studio dello spostamento dell'asse dell'osso sui vari piani dello spazio. Si studiano movimenti di oscillazione e di rotazione.
- ARTROCINEMATICA = studio di ciò che avviene all'interno dell'articolazione. Si studiano movimenti di scivolamento, rotolamento e rotazione.

## ARTICOLAZIONI DELL'ARTO INFERIORE

Comprendono le articolazioni della cintura pelvica (sacroiliaca e sinfisi pubica) e quelle della parte libera (anca, ginocchio, tibiofibulari, caviglia e piede).

- ARTICOLAZIONE DELL'ANCA = è una diartrosi. Nell'acetabolo si articola la testa del femore ed ha tre gradi di libertà. Il legamento rotondo dà stabilità ma questa è data molto anche dal collagene che circonda l'articolazione. I movimenti sono di flesso-estensione sul piano sagittale, abduzione ed adduzione sul piano frontale e rotazione interna ed esterna sul piano trasverso.
- ARTICOLAZIONE DEL GINOCCHIO = è tra femore e tibia e tra femore e rotula. I due condili femorali vanno sul piatto tibiale e tutto ciò è aiutato dai menischi che ne guidano il movimento e prendono parte del carico. L'apparato legamentoso limita il movimento alla sola flesso-estensione. L'asse di rotazione muta continuamente ed è obliquo per cui il movimento di flessione è accompagnato da una rotazione mediale. Questo anche perché i condili non sono perfettamente simmetrici.
- ARTICOLAZIONE TIBIOFIBULARE = quella prossimale è una diartrosi mentre quella distale è una sinartrosi.
- ARTICOLAZIONE DELLA CAVIGLIA = si distinguono due coppie di elementi cinematici: la tibiotarsica comprende la parte distale della tibia e perone e la parte prossimale dell'astragalo; la astragalo-calcaneare comprende la parte distale dell'astragalo e la parte prossimale del calcagno.

# BIOMECCANICA DEL MOVIMENTO

È una disciplina che comprende:

- Misura e descrizione = si misurano le posizioni nel tempo e nello spazio e poi si descrivono
- Analisi = è un'operazione matematica su un insieme di dati per produrre una variabile che non è direttamente misurabile come, ad esempio, la velocità
- Valutazione = si valuta la qualità di una funzione attraverso dei parametri

Il cammino è un aspetto molto importante in questo ambito. Il movimento è qualcosa che apprendiamo nel tempo, impariamo a gestire un grandissimo numero di parametri mandando e ricevendo informazione dal cervello agli organi. Si ha quindi una collaborazione tra sistema nervoso motorio e sistema muscolo-scheletrico. Il cammino è il prodotto di una complessa elaborazione di dati effettuata dal sistema nervoso centrale. Il risultato è la sequenza di comandi nervosi coordinati ai vari attuatori in grado di produrre forze meccaniche che portano al movimento. Il problema che dobbiamo porci è l'individuazione dei processi di elaborazione che stanno alla base del cammino, dobbiamo evitare una visione meccanicistica e riduttiva.

STATICA = studia le condizioni di equilibrio

CINEMATICA = è la descrizione dei vari tipi di moto senza tenere di conto le cause

DINAMICA = descrive il moto tenendo in considerazione le cause ovvero le forze

## APPROCCI

Si possono usare l'equilibrio delle forze e dei momenti (che può essere fatto nel centro di rotazione dell'articolazione), oppure si possono usare le tecniche analitiche. Gli obiettivi sono quelli di valutare le forze muscolari, le reazioni articolari e i momenti articolari.

Solitamente, nei problemi ingegneristici, le forze sono note e si vogliono valutare le deformazioni o i moti dei corpi rigidi. Per il sistema muscolo-scheletrico è il contrario: conosciamo il movimento ma non sono note le forze interne. Per questo si parla di problema dinamico inverso, che però spesso porta ad infinite soluzioni (problema indeterminato).

## RISOLUZIONE

Per calcolare le forze interne sono necessarie:

- Completa descrizione del movimento
- Dati antropometrici
- Conoscenza delle forze esterne

## FORZE MUSCOLARI

I fattori di base che determinano le forze muscolari sono:

- Area fisiologica = quanto è grande il muscolo (PCSA)
- Relazioni allungamento-tensione
- Relazioni forza-velocità
- Relazione forza-tempo = quanto possiamo mantenere nel tempo la solita forza
- Altri fattori come il pre-stretching e affaticamento

Esistono diversi tipi di contrazione muscolare: isometrica (lunghezza costante) e isotonica (tensione costante)

PCSA = è un parametro muscolare e si trova facendo il volume del muscolo diviso la lunghezza delle fibre. La lunghezza delle fibre è costante lungo un muscolo e queste vanno da un tendine di origine ad un tendine di inserzione. La lunghezza delle fibre non è necessariamente uguale alla lunghezza del muscolo.

LIMITE DI TENSIONE = altro parametro muscolare. È la massima forza esprimibile diviso la PCSA

### **FORZE ARTICOLARI**

Le forze articolari possono valere diverse volte il peso del corpo e possono aumentare se si sciupa la cartilagine. La conoscenza delle forze articolari è importanti in diversi settori quali la protesizzazione di un'articolazione, lo studio di una lesione e la programmazione della riabilitazione.

### **FREE BODY DIAGRAMS E LINK SEGMENT MODEL**

I segmenti corporei possono essere modellizzati come corpi rigidi. Con i free body diagrams ogni segmento ha un baricentro, forze, massa, dimensioni e momento di inerzia. L'accuratezza nella valutazione di forze muscolari e reazioni articolari dipende dall'accuratezza delle semplificazioni iniziali. Si deve quindi caratterizzare con accuratezza: masse dei segmenti, dimensione dei segmenti, posizioni dei centri di massa e momenti di inerzia. Le semplificazioni che si fanno sono:

- Ciascun segmento ha una massa fissa concentrata nel centro di gravità
- La posizione del centro di gravità è fissa
- Le articolazioni sono cerniere a 2DOF o 3DOF
- Il momento di inerzia è costante
- Il corpo è diviso in due parti da un piano immaginario passante per il centro di articolazione sotto studio
- Le connessioni fisiche sono rappresentate da forze e coppie e le azioni tra i segmenti sono il risultato di queste forze e coppie

Le forze che agiscono sul link segment model sono:

- Forze gravitazionali
- Forze di reazione del terreno, visto come un vettore applicato al centro di pressione
- Altre forze esterne
- Forze muscolari: effetto di muscoli agonisti ed antagonisti
- Forze nei legamenti che mantengono insieme le articolazioni andando in tensione

La parte del corpo presa in considerazione può avere interazioni con l'ambiente esterno, questa interazione è rappresentata dalla risultante delle forze e coppie.

Il risultato finale è un modello meccanico fatto di corpi rigidi articolati le cui interazioni sono rappresentate da forze e coppie.

È importante conoscere anche le proprietà posizionali e inerziali. Le proprietà posizionali ci danno informazioni per localizzare in ogni istante la posizione di un punto di un segmento. Si definisce un

sistema locale di coordinate fissato ad un segmento, ed uno globale fissato ad un osservatore. La relazione tra un punto  $p$  in coordinate locali ed un punto  $P$  in coordinate globali è:

$$P = [A]p + p_0$$

Con  $P_0$  posizione iniziale ed  $A$  matrice di rotazione

**FORZE TRA OSSO E OSSO** = La forza tra osso e osso è la forza effettiva vista attraverso la superficie delle articolazioni ed include l'effetto dell'attività muscolare. È uguale alla somma tra la forza attiva del muscolo e la forza di reazione dovuta all'articolazione.

Generalmente non è possibile sapere quali muscoli sono attivi su ciascuna parte dell'articolazione quindi il problema non è semplice.

L'equilibrio dinamico del free body diagram si ha se la somma di tutte le forze è uguale a zero e se la somma di tutte le coppie e i momenti è uguale a zero.