

Aproccio del passo umano

La deambulazione può essere definita come *la capacità di spostare il centro di pressione (CPS : proiezione a terra del baricentro) da un piede all'altro alternativamente e dinamicamente , per mantenere l'equilibrio dinamico.*

Il poligono di appoggio primario è dato dall'area totale in appoggio , a seconda della fase del passo considerata .

I presupposti neuromeccanici per la locomozione in posizione eretta bipede sono :

1. supporto antigravitazionale del corpo , dove la postura eretta dipende dai riflessi di raddrizzamento e dai riflessi antigravitari che consentono il passaggio da supino a seduto e eretto . Ciò è dovuto alla integrazione di impulsi vestibolari , propriocettivi , tattili e visivi , a livello del midollo spinale , tronco , gangli della base ;
2. effettuazione dei passi , che è un movimento di base presente già alla nascita , integrato a livello del midollo , mesencefalo , diencefalo ;
3. mantenimento dell'equilibrio ;
4. un mezzo di propulsione .

Stimoli appropriati alla deambulazione sono il contatto della pianta del piede al suolo e lo spostamento del centro di gravità (su un piede , poi sull'altro).

Il centro di gravità (CPS) deve spostarsi da un lato all'altro (piede destro piede sinistro e viceversa) in una situazione di equilibrio instabile entro limiti ristretti (poligoni di appoggio) , ed è ottenuto attivando i riflessi posturali e di raddrizzamento periferici (r.stiramento) e centrali (vestibolo-cerebellari) , evocandoli ogni 100 msec da ogni spostamento della superficie di appoggio richiedendo informazioni afferenti precise : visive , vestibolari , propriocettive . Sono inoltre necessari movimenti alternati in avanti e di lato .

La deambulazione normale avviene per lo più con la testa eretta , il tronco eretto , le braccia che pendono in modo sciolto e armonioso lungo i fianchi , muovendosi aritmicamente in avanti e insieme alla gamba del lato opposto .

I piedi sono leggermente divaricati e i passi di lunghezza moderata con i malleoli interni che quasi si toccano quando un piede sopravanza l'altro .

Le semplici mediali dei talloni forniscono una linea retta quando toccano il suolo ad ogni passo .

Mentre la gamba si porta avanti vi é una flessione coordinata dell'anca e del ginocchio , una dorsiflessione del piede ed una elevazione appena percettibile dell'anca che permette al piede di sfiorare il suolo . Ad ogni passo il torace si sposta leggermente in avanti e dal lato opposto a quello dell'arto inferiore che avanza . Il tallone poggia al suolo per primo

Il modo di camminare differisce da un *individuo all'altro* , tra *uomo e donna* (cadenza , pesantezza e leggerezza nel passo) . Generalmente i passi nella donna sono rapidi e brevi , nell'anziano rigidi e lenti .

Il ciclo del cammino è distinguibile in una *fase di appoggio o sostegno* e una di *sospensione o oscillazione* . Quando entrambi i piedi (tallone sinistro/destro , avampiede destro/sinistro) sono in appoggio , si parla di *doppio appoggio* .La fase di appoggio dura circa il 60% della durata complessiva del passo .Il doppio appoggio dura il 20% di cui il tallone ha un contatto pari al 15% , l'intera pianta 50-55% , la punta 30-35% .

Importanti per l'analisi del passo sono : la lunghezza (LP) , la larghezza (DIP) , l'angolo del passo (°P) .

Il *passo o ciclo del passo* è dato dal contatto a terra di un tallone (destro/sinistro) al successivo contatto a terra dello *stesso tallone* .

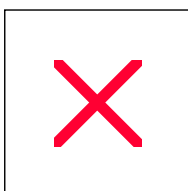
Il *semipasso o passo semplice* è dato dalla distanza fra l'appoggio di un tallone e quello controlaterale .

Nel soggetto normale il semipasso (step) è circa uguale , nel patologico è frequentemente alterato .

La lunghezza del passo secondo taluni autori sarebbe pari in condizioni di normale velocità (v.tabelle) a circa l'80-90% dell'altezza corporea del soggetto . Con un indice normale pari a 0,8 dividendo la LP per l'altezza del soggetto .

La LP dipenderebbe dalla lunghezza degli arti inferiori , dal momento del doppio appoggio (che si riduce fino ad annullarsi nel passaggio dalla marcia alla corsa ; con l'aumentare della velocità si riduce la fase di appoggio) , dal grado di estensione del ginocchio , estensione delle metatarsofalangee dell'arto posteriore , della flessione della coscia dell'arto anteriore .

L'angolo del passo , è dato dall'angolo che forma l'asse della globale rotazione esterna del piede con la linea di progressione del cammino su di un piano trasverso . Normalmente è di 15° .



Alla luce delle attuali conoscenze sulla organizzazione del sistema nervoso centrale e periferico delle funzioni motorie noi avremo che in stazione eretta statica e in posizione assisa a tronco eretto per permettere all'individuo di mantenere tali posture ed evitare la caduta , l'intervento del cosiddetto *riflesso miotatico tonico da stiramento e il riflesso miotatico inverso* .

Per il primo , una leggera estensione o flessione del tronco o degli arti inferiori evocerà un riflesso da stiramento nei muscoli interessati che si oppongono al movimento (antigravitari) .

Il circuito riflesso prevede l'intervento ed il buon funzionamento di fibre afferenti di gruppo Ia che originano nei fusi neuromuscolari presenti nei muscoli sia del tronco che degli arti inferiori , le quali entrate nel midollo spinale dicotomizzano , un ramo entrando in sinapsi con i motoneuroni alfa che innervano i muscoli estensori e sinergisti antigravitari , provocandone la contrazione .

Altre collaterali delle fibre Ia terminano su interneuroni inibitori che fanno sinapsi con alfa motoneuroni che innervano i muscoli flessori (pro-gravità) degli arti inferiori e del tronco .

L'attività degli interneuroni inibitori , determina l'inibizione di tali motoneuroni .

Il. Riflesso miotatico inverso vede come protagonisti gli organi tendinei del Golgi che funzionano in modo complementare ai fusi .

In questo caso la fibra afferente Ia entrata nel midollo si dicotomizza e forma una sinapsi con interneuroni inibitori che inibiscono i motoneuroni alfa degli antigravitari e , con interneuroni eccitatori che attivano gli alfa motoneuroni che innervano i flessori .

La sua azione come detto è complementare al riflesso da stiramento ed interviene nelle posture prolungate quando l'affaticamento degli estensori riduce la forza applicata al tendine dove si trovano i recettori del Golgi i quali riducendo la loro scarica produrranno un aumento dell'eccitabilità dei motoneuroni alfa appropriati (estensori) e quindi un aumento della forza di contrazione degli estensori .

Il risultato è che l'individuo starà in piedi o seduto senza soccombere (cadere) alla forza di gravità , e in condizioni di normalità con un minimo dispendio energetico per mantenere il centro di pressione all'interno dei relativi poligoni di appoggio .

Nella deambulazione , a scopo didattico , è meglio considerare l'intervento di vari livelli nervosi per meglio comprendere la locomozione in toto .

I comandi volontari originano dalla corteccia motrice e raggiungono il centro locomotorio mesencefalico (il quale può essere attivato anche da segnali afferenti) attraverso il fascio cortico-bulbare . Da qui i comandi passano alla formazione reticolare ponto-bulbare dove attraverso i fasci reticolo-spinali giungono al midollo spinale dove tramite il circuito nervoso definito generatore spinale della locomozione (altresì influenzato da afferente periferiche che permettono di adattare le sequenze contrattili alle variazioni improvvisate del terreno) , la deambulazione automatica si estrinseca poi nella fase flessoria attraverso un riflesso flessorio che prevede l'attivazione di interneuroni eccitatori che attivano motoneuroni alfa dei flessori dell'arto ipsilaterali , e l'eccitazione di interneuroni inibitori che impediscono l'attivazione degli alfa motoneuroni che innervano i muscoli estensori antagonisti .

Inoltre attraverso neuroni commissurali si ha l'effetto opposto nel lato controlaterale e quindi l'estensione delle articolazioni corrispondenti tramite il riflesso di estensione crociata .

Biomeccanicamente i requisiti fondamentali per una normale stazione eretta , posizione assisa a tronco eretto e deambulazione sono in definitiva :

1. integrità dell'apparato osteoarticolare (arti e colonna vertebrale)
2. integrità dei sistemi di controllo della postura , spinali e troncoencefalici (propriocezione muscolare e articolare , recettori vestibolari , afferente visive , formazione reticolare , cervelletto , nucleo rosso e nuclei della base , corteccia cerebrale)
3. integrità sistemi superiori (area motoria primaria , area 6 , area supplementare motoria)

Per la deambulazione inoltre i dati messi a disposizione dalla Gait Analysis ci fanno considerare che in condizioni normali la *cadenza del passo* (ritmo + n° passi/ min) è uguale a $2/durata$ del passo .

Ricordando che il *ritmo* per definizione è dato da un ordine di successione o di frequenza di qualsiasi forma di movimento che si svolge nel tempo in quanto oggetto di percezione (coscienza dello stimolo)

La *velocità del cammino* (V_c) sarebbe uguale alla *lunghezza del passo* x la *cadenza* /2 . Del resto si è osservato che la V_c aumenta se diminuisce la fase del *doppio appoggio* , mentre al contrario la V_c diminuisce se il *doppio appoggio* aumenta così se diminuiscono i *movimenti (automatici) oscillatori degli arti superiori* e la *rotazione di anca e ginocchio* .

Il *CG* (centro di gravità o CPS) *oscilla verticalmente* con frequenza uguale alla *cadenza* e con *oscillazione orizzontale* con frequenza uguale alla metà della *cadenza* , in condizioni normali.

La fase di *massima oscillazione verticale* si ha nel singolo appoggio centrale dei due arti , mentre la fase di *massima oscillazione orizzontale* destra e sinistra , si ha nella fase centrale del singolo appoggio di destra e sinistra .

La *rotazione della pelvi* avviene normalmente e generalmente su un asse verticale di circa 8° , mentre l'*inclinazione* avviene su di un asse coronale di 5° circa con flessione del ginocchio . Questi tre fattori associati possono incrementare la lunghezza del passo secondo alcuni autori anche del 200%.

La larghezza del passo normalmente è inferiore ai 10 cm .

Il bacino sul piano frontale si abbassa di circa 10° dal lato in sospensione , e sul piano orizzontale ruota di circa $10-15^\circ$. Contemporaneamente il tronco si inclina verso il lato in appoggio con abbassamento della spalla omologa . Mentre il bacino ruota in un senso , il rachide ruota nell'opposto .

L'articolazione dell'anca passa da una flessione di circa 30° a 10° mentre il ginocchio varia il suo grado di flessione da 0° durante il contatto a 20° alla accelerazione fino a 0° , per poi passare a 60° di flessione alla sospensione per poi tornare a 0° al contatto. La tibio-tarsica passa da 0° al contatto del tallone a terra per arrivare a 30° alla fase di sospensione di flessione plantare .

La velocità del passo inoltre ha due picchi : aumenta allo stacco e diminuisce alla sospensione . La traiettoria della cresta iliaca presenta due picchi e due valli che sono invertiti rispetto alla velocità : *altezza massima quando l'arto è in appoggio con diminuzione della velocità* , *viceversa* , *altezza minima quando l'arto è in sospensione con aumento della velocità* .

Di conseguenza avremo che la *lunghezza del passo* (LP) sarebbe legata a :

- q lunghezza arto inferiore al momento del doppio appoggio
- q grado di estensione del ginocchio
- q grado di estensione e inclinazione delle metatarso-falangee dell'arto posteriore
- q grado di flessione della coscia dell'arto anteriore

Mentre l'*ampiezza del passo anteriore* dipenderebbe dalla mobilità dell'articolazione del piede in appoggio (tibio-tarsica e metatarso-falangee) .

Inoltre la distanza del piede dal terreno nella sospensione dipenderebbe dalla possibilità di flessione del ginocchio e dell'anca.

Il profilo di reazione del terreno all'appoggio o *Peak Force* (vettogramma) , presenta normalmente un regolare e monotono spostamento dall'indietro in avanti dal punto di applicazione della risultante . Prima si ha *decelerazione* (componente rivolta indietro) poi alla fine dell'appoggio , componente di *accelerazione* (rivolto avanti) . Le due fasi devono neutralizzarsi .