



Università di Verona

Dipartimento di Scienze Neurologiche e della Visione

Corso di Dottorato in Scienze dell'Esercizio Fisico e del Movimento Umano (Ciclo XXII°)

Abstract

LOCOMOZIONE UMANA: CENTRO DI MASSA E SIMMETRIA

S.S.D. M-EDF/02

PhD Student: dott.ssa Francesca Nardello

Tutors: dott. Luca Paolo Ardigò; prof.ssa Donatella Donati

Coordinatore: prof. Federico Schena

In ambito di ricerca (clinica e sportiva), la necessità di sviluppare un approccio ‘multilaterale’ (qualitativo e quantitativo) che caratterizzi matematicamente la traiettoria tri-dimensionale di una variabile fisica assolutamente importante ma spesso dimenticata, quale il centro di massa corporeo (CMC) (ovvero, il punto immaginario assimilabile al corpo umano in cui si suppone che tutte le masse corporee stiano concentrate), diviene oggi sempre più impellente e quanto mai urgente.

Pertanto l’obiettivo di questo dottorato, perseguito tramite un differente utilizzo delle classiche metodologie biomeccaniche, è rappresentare le grandezze cinematiche che descrivono il movimento dei segmenti corporei e del suddetto CMC nel tempo e nello spazio. Per conseguire questo traguardo si sono pensati e realizzati due diversi progetti.

Con il **primo progetto** si sono previsti: a) lo sviluppo di un metodo matematico quantitativo (Serie di Fourier) per descrivere e rappresentare graficamente la traiettoria tri-dimensionale del CMC durante la locomozione su treadmill (la cosiddetta Impronta Digitale Locomotoria, specifica per soggetto/popolazione); b) la caratterizzazione della simmetria nella traiettoria del CMC (il cosiddetto Indice di Simmetria); infine, c) la costituzione di un *database* di valori normali (coefficienti di equazioni) in un insieme piuttosto esteso di condizioni, al variare di sesso (maschi *versus* femmine), età (dai 6 ai 65 anni), tipologia di locomozione (marcia *versus* corsa), velocità e

pendenza (piano, salita e discesa). Questo *database* iniziale rappresenta il parametro principale di riferimento per la locomozione sana.

Attraverso questo studio è stato ampiamente dimostrato che la locomozione umana risulta genericamente asimmetrica. Nello specifico: 1) tra maschi e femmine non si sono riscontrate differenze significative; 2) indipendentemente da età e pendenza, le velocità più basse, meno naturali e comuni, sono caratterizzate da pattern di Impronte Digitali Locomotorie più variabili. Viceversa, un aumento di velocità è accoppiato con un progressivo e continuo innalzamento del CMC; 3) l'asimmetria destra e sinistra del passo è molto probabilmente correlata sia con l'anatomia (lunghezza della gamba) che con la predominanza dell'arto; in linea con l'ipotesi iniziale, 4) mediamente, la corsa è più asimmetrica della marcia; infine, 5) i bambini e gli anziani presentano maggiori asimmetrie (marcia e corsa): questo è dovuto alla progressiva maturazione del ciclo del cammino (nei bambini) ed alle caratteristiche muscolari e scheletriche dell'apparato locomotore (negli anziani).

Pertanto, attraverso una caratterizzazione matematica della traiettoria tri-dimensionale del CMC, si è potuto: a) quantificare il suo spostamento nel tempo e nello spazio; b) individuare l'Impronta Digitale Locomotoria specifica di sesso, età, tipologia di locomozione, velocità e pendenza. Questo importante traguardo permetterà, in un immediato futuro, la comparazione con la situazione di normalità di condizioni di locomozione compromessa o impedita (ad esempio, bambini con paralisi cerebrale infantile, obesi e amputati).

Infine, la stima della principali variabili biomeccaniche è risultata fondamentale sia nel descrivere la meccanica di marcia e corsa che nel caratterizzarne la corrispondente impronta locomotoria. Le nostre misure di tali variabili (semplici e complesse), ottenute con metodo discreto (ciclo per ciclo), con l'impiego di una funzione matematica continua (Serie di Fourier) e con l'applicazione di un'equazione predittiva (misura indiretta), soddisfano completamente ed addirittura ampliano la letteratura già esistente.

Nel **secondo progetto**, partendo da uno studio sulla performance dei cavalli, si è cercato di verificare se esiste una correlazione tra simmetrie corporee (statiche e dinamiche) ed economia nella corsa anche in corridori umani variamente allenati (classificati in tre gruppi sulla base del loro miglior tempo nella maratona). Inoltre: a) si sono sviluppati metodi di analisi bi- e tri-dimensionale delle Risonanze Magnetiche per Immagini (regione pelvica ed arti inferiori), impiegate come riferimento per le simmetrie statiche; b) attraverso sia l'Impronta Digitale Locomotoria che l'Indice di Simmetria si sono caratterizzate le simmetrie dinamiche; infine c) l'economia della corsa è stata espressa attraverso il suo reciproco, ovvero il costo metabolico.

L'analisi sia bi- che tri-dimensionale delle immagini ha evidenziato differenze davvero esigue in base al livello di allenamento. Positivamente ed indipendentemente dai corridori, si è dimostrato che ad una maggiore simmetria nella regione del ginocchio corrisponde una maggiore simmetria nella regione della caviglia. Inoltre l'analisi delle simmetrie dinamiche ha permesso di osservare che: 1) il CMC si solleva leggermente in funzione della velocità; 2) le asimmetrie destre e sinistre del passo sono principalmente marcate lungo la direzione di movimento e, contemporaneamente, ridotte lungo la direzione verticale. Esse sono strettamente dipendenti dall'anatomia e dall'arto dominante; 3) diversamente da quanto ci si aspettava, sono state comunque evidenziate solamente poche differenze tra i corridori. Negativamente, l'economia della corsa non mostra differenze significative tra i gruppi testati.

Perciò, diversamente dall'ipotesi iniziale, non è stata evidenziata l'esistenza di alcuna relazione tra le simmetrie corporee e l'economia della corsa, quanto piuttosto solo la presenza di una discreta variabilità in simmetria statica e dinamica.

Infine, l'analisi di bioenergetica (treadmill *versus* pista) e biomeccanica (variabili semplici/complesse e variabilità spazio/temporale del CMC) della corsa ha evidenziato la presenza solamente di poche differenze dovute al livello di allenamento dei soggetti studiati.