

E' AFFIDABILE LA GAIT ANALYSIS NELLA VALUTAZIONE DEI DISEQUILIBRI TENSIONALI DEI MUSCOLI ROTATORI DELL'ANCA IN PERSONE AFFETTE DA PARALISI CEREBRALE?

Manolo Migliorini

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

Abstract

Questo studio è stato realizzato con l'intento di verificare l'affidabilità della Gait Analysis (GA) nella valutazione dei disequilibri tensionali dei muscoli rotatori dell'anca in persone affette da Paralisi Cerebrale (PC). Il risultato estratto dalla GA ha dato delle informazioni preziose riguardo ai pattern patologici di movimento, in relazione all'eccessiva rotazione interna dell'anca durante il cammino, mostrando limiti in funzione delle caratteristiche morfologiche alterate nel soggetto con PC. E' stato verificato che il supporto dato dagli esami diagnostici e dalla valutazione clinica ricoprono un ruolo complementare nell'ambito dell'analisi del movimento nel soggetto con PC che presenta antiversione femorale e intrarotazione dell'anca durante il cammino.

Parole chiave: hip instability, muscular diseases, cerebral palsy, biomechanics, gait analysis

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni con il grande sviluppo della bioingegneria incentrata sullo studio di apparecchiature stereofotogrammetriche (analisi cinematica) e pedane dinamometriche (calcolo delle forze di reazione al suolo), integrate in sistemi di acquisizione ed elaborazione del dato (analogico/digitale), la medicina riabilitativa ha potuto arricchirsi di un potente mezzo per l'analisi del movimento umano ed in particolare del ciclo del passo o "Gait Analysis" (GA). Largo utilizzo viene riscontrato nell'osservazione di persone affette da Paralisi Cerebrale (PC) [1] che frequentemente presentano pattern di movimento in eccessiva rotazione interna dell'arto inferiore e "crouch gait" [1,2,3,4] con esiti in instabilità articolare a carico dell'articolazione coxo-femorale [4]. La principale causa è un disequilibrio tensionale dei muscoli rotatori [2] che genera, durante la

crescita e l'acquisizione del carico, deformità torsionali della testa del femore e di conseguenza alterazione delle linee di forza muscolare, a carico dell'anca. Ciò fa supporre una variabilità nello sviluppo di alterati momenti rotazionali di forza [3] rispetto al soggetto non patologico.

Il risultato cinematico-cinetico estratto dalla GA riesce a dare delle informazioni preziose sulle traiettorie dei segmenti interessati e sui momenti articolari sviluppati dai muscoli implicati nel movimento, su quali muscoli siano deputati maggiormente all'atteggiamento rotatorio dell'anca durante il cammino [3,5] su quali interventi siano da applicare per ridurre tale alterazione e sulla validità degli interventi stessi [4,6,7] Tuttavia non bisogna dimenticare che il buon esito dell'analisi stereofotogrammetrica (ricostruzione di un modello 3D attendibile) dipende anche dal riconoscimento, da parte del macchinario, di segnali di riferimento (marker) applicati sulla cute secondo protocolli specifici e che tale applicazione è legata all'esperienza dell'operatore e soggetta soprattutto a movimento tissutale. Questo potrebbe produrre un margine di errore fino alla produzione di veri e propri artefatti, nonostante tale analisi sia supportata da modelli matematici specifici [8]. La proposta dello studio è valutare la reale efficacia della GA in relazione al suo uso come elemento elettivo di valutazione e stima delle disfunzioni muscolari destabilizzanti l'anca in prospettiva di un eventuale intervento correttivo [7].

MATERIALI E METODI

Per lo studio è stata effettuata inizialmente una ricerca mediante database PEDro e Pub Med usando le parole chiave hip instability, muscular diseases [MeSH], cerebral palsy, biomechanics, gait analysis. Successivamente sono stati incrociati i risultati ottenuti. In prima analisi sono stati presi in considerazione gli articoli in cui erano presenti studi riguardanti problemi di instabilità articolare a carico dell'articolazione coxo-femorale effettuati con l'ausilio della Gait Analysis. L'autore ha scelto quindi di includere tutti gli articoli che riguardavano le Paralisi Cerebrali Infantili escludendo lavori che non fossero risultati sufficientemente recenti tenendo conto degli sviluppi della GA negli ultimi anni.

I criteri di inclusione sono stati: studi che riguardavano persone affette da PC diplegici ed emiplegici con capacità deambulatorie e su largo spettro di età (operati e non); studi effettuati con l'ausilio dei sistemi VICON (Oxford Metrics, Oxford, UK) per la Gait Analysis in quanto riscontrati in numero dominante tra gli articoli scelti dall'autore, al fine di mantenere una certa omogeneità nei protocolli e nei software di elaborazione utilizzati; studi che ricercavano alterazioni

nel generare momenti muscolo-specifici in relazione ad un eventuale intervento chirurgico correttivo (osteotomia femorale derotizzante) o riabilitativo.

L'autore si è inoltre consultato con gli operatori del Laboratorio Analisi del Movimento, Neuropsichiatria Infantile, IRCCS Stella Maris – Università di Pisa.

Per il reperimento degli articoli è stata utilizzata la banca dati del dipartimento di Bioingegneria dell'Università di Genova e quella dell'IRCCS Stella Maris – Università di Pisa mediante ricerca bibliografica tradizionale ed on-line.

Sono stati infine esclusi quegli articoli che non avevano contenuti relativi alla GA oppure, anche se presente, non erano correlabili al filo logico dello studio in questione (disequilibrio tensionale muscoli rotatori / deformità articolari anca) [9,10,11,12].

Sono stati scartati inoltre gli articoli che utilizzavano altre apparecchiature stereofotogrammetriche per l'analisi del movimento diverse da VICON [13,14].

RISULTATI

Esiste accordo sul fatto che il disequilibrio tensionale dei muscoli rotatori dell'anca con l'acquisizione delle capacità deambulatorie del bambino con PC sia la causa delle deformità torsionali della testa del femore (da alterata risposta al carico dei muscoli spastici sul tessuto osseo in via di sviluppo) e conseguentemente di schemi del passo caratteristici[3, 4, 15, 16].

La Gait Analysis ha aiutato a definire con maggior precisione i pattern motori alterati in pazienti con PC, precedentemente descritti in letteratura in maniera empirica ed ambigua [1,17] ed a coniarne di nuovi ("hip hike") [17].

Grazie alla GA è stato possibile rilevare che, contrariamente a quanto sospettato, i muscoli hamstrings mediali (semimembranoso, semitendinoso, gracile) e adduttori in realtà sviluppano dei momenti rotatori interni piuttosto esigui (< 4 mm) [3] se non addirittura esterni, questo in relazione al grado di flessione dell'anca [5].

Sono stati sviluppati studi di follow-up a lungo termine per valutare gli esiti degli interventi di osteotomia derotizzante della testa del femore e i relativi effetti sul mantenimento delle traiettorie adottate dall'arto plegico durante il cammino[4].

Sono stati perfezionati modelli matematici per il calcolo dei centri di rotazione articolare, che hanno permesso di ridurre gli errori di stima anche in soggetti morfologicamente problematici nella reperibilità dei punti di riferimento (bony landmarks) utilizzati dalle apparecchiature per l'analisi del movimento nella ricostruzione dell'immagine 3D [15]. Tuttavia risulta necessario l'esame

clinico per valutare il ROM articolare passivo, la forza muscolare e stimare la torsione ossea. L'aggiunta dell'esame palpatorio è utile per calcolare il grado di antiversione del femore. È stato riscontrato infatti che esiste correlazione tra antiversione femorale, extra-intrarotazione passiva, rotazione dell'anca durante il cammino ($p < 0.01$) ed il mid-point [15] del range di rotazione articolare. Quest'ultima è la variabile passiva che dà la forte correlazione con tutte le variabili dinamiche [15,18].

Sono anche state sviluppate tecniche, grazie ai supporti grafici di Tomografia Computerizzata ma soprattutto di Risonanza Magnetica, utili a ricostruire graficamente modelli ossei deformabili che mirano a rappresentare l'eccessiva antiversione del femore ed altre deformità comunemente riscontrate in persone con PC [3,5]. Tuttavia gli studi nei quali sono stati riscontrati questi modelli, sono stati eseguiti su un ristretto campione di soggetti.

DISCUSSIONE

Molti lavori, in letteratura, hanno esaltato le molteplici qualità Gait Analysis in ambito clinico, sia come misura di outcome che come vero e proprio elemento fondamentale nella ricerca delle attività muscolari e dell'impatto che queste hanno sulle articolazioni. Questo lavoro vuole indagare sulle effettive potenzialità della GA nello studio dei disequilibri tensionali dei muscoli rotatori della coxo-femorale in persone affette da Paralisi Cerebrale.

E' opinione comune che le persone con Paralisi Cerebrale nascano usualmente con anche nella norma e che le deformità siano secondarie a fattori come la spasticità ed a contratture di adduttori e ilio-psoas. Gli esiti possono essere malformazioni quali antiversione della testa femorale e displasia acetabolare in cui il fattore cruciale sembra essere il deficit nel sostenere il carico [2].

Inoltre, in studi antecedenti l'avvento della GA, si potevano riscontrare descrizioni di pattern motori sicuramente approssimativi o contraddittori [1,17] dovuti soprattutto alla relativa affidabilità dell'occhio umano e alla difficoltà nel ricostruire una certa logica muscolare del danno.

La Gait Analysis dà la possibilità di indagare su quali muscoli porre principalmente l'attenzione e di chiarire i meccanismi che portano alla formazione di forze destabilizzatrici l'anca ed il loro impatto sul cammino [2,3,5,7]. Sono stati prodotti studi riguardanti descrizione cinematica approfondita di pattern motori specifici fino crearne di nuovi, come ad esempio il termine Hip Hike, che descrive il meccanismo con cui l'arto in swing aiuta la clearance, nato dall'osservazione dei dati della Gait Analysis. La logica di tali studi in relazione ai compensi e alla cinetica è rivolta al

calcolo dei momenti e delle potenze dei muscoli osservati per verificare più semplicemente quali sviluppino più forza e quali meno in relazione ad un movimento specifico [2].

L'identificazione dei muscoli con funzione alterata in persone affette da PC risulta importante quando deve essere intrapreso un intervento correttivo fino a divenire fondamentale se tale intervento è un atto chirurgico e di conseguenza irreversibile [3] In effetti in letteratura vengono riscontrati lavori che trattano allungamento chirurgico degli Hamstring e degli Adduttori e che mirano alla riduzione dell'eccessiva rotazione interna dell'anca durante il cammino. Tuttavia, tale intervento deve essere ritenuto inappropriato in quanto questi muscoli hanno dimostrato di poter sviluppare momenti in intrarotazione, durante il cammino, veramente esigui se non addirittura nulli [3,5].

In contrapposizione altri studi con GA hanno mostrato l'efficacia, anche a lungo termine, di interventi chirurgici nella correzione dell'antiversione femorale e dell'intrarotazione dell'anca durante il cammino. Hanno anche evidenziato che, all'esame clinico dell'anca, non tutti i soggetti che presentavano incrementata antiversione più rotazione interna e diminuita rotazione esterna ma con normali range cinematica durante il cammino, automaticamente avessero necessità di un intervento chirurgico correttivo [4].

Bisogna però ricordare che l'analisi effettuata dall'apparecchiatura stereofotogrammetrica GA si basa sull'identificazione di marker posizionati, secondo protocolli stabiliti, su punti di repere specifici (bony landmarks). Questo serve al macchinario per poter ricostruire un modello 3D del soggetto in esame e calcolare i relativi centri di rotazione articolare. Naturalmente la preparazione all'esame di un soggetto sano risulta abbastanza semplice in quanto vengono a riscontrarsi tutte le condizioni favorevoli per una buona riuscita del lavoro (soggetto collaborante, assenza di spasticità o contratture etc.) [15]. Questo ragionamento fa pensare che, nel soggetto con PC dove si riscontra la presenza di deformità articolari e dove la collaborazione diventa difficile per la difficoltà a mantenere determinate posture durante la "markerizzazione" [19] la probabilità di errore sia abbastanza alta e diventi necessario l'intervento di un operatore esperto, come ad esempio nell'identificazione del punto di repere all'epicondilo del ginocchio, molto difficile da localizzare nel patologico [8] e frequentemente causa di artefatti, anche dovuti a fenomeni di scorrimento della pelle al di sotto dei marker [15].

Modelli matematici sono stati sviluppati propri per venire incontro alle problematiche legate al morfotipo del soggetto in esame (sovrappeso, importanti deformità) e quindi sopperire ai possibili errori di "markerizzazione"; è necessario tuttavia tenere presente che sono derivati da analisi di soggetti sani [8] e quindi passibili di errore se applicati in soggetti con PC.

Grazie al supporto di Rx [2] e della Risonanza Magnetica (RM) [3,5] è stato possibile stimare il grado di antiversione femorale. Soprattutto la RM ricopre un ruolo importante nell'ambito valutativo del soggetto con PC, infatti viene sfruttata nella ricostruzione grafica di modelli ossei deformabili che mirano a simulare l'eccessiva antiversione del femore ed i relativi percorsi alterati dei muscoli rotatori dell'anca [3,5]. C'è da sottolineare che gli studi relativi sono stati eseguiti su un ristretto numero di soggetti, ma che comunque hanno dato delle risposte concrete sul ruolo ricoperto dai muscoli rotatori dell'anca, contraddicendo teorie precedenti, e creato uno spunto di riflessione sul fatto che troppe volte sono stati eseguiti erroneamente interventi chirurgici correttivi senza avere una solida base valutativa [3].

Poiché le alterazioni geometriche della struttura femorale sono variabili da persona a persona e quindi forniscono differenti misure angolari durante la valutazione passiva della rotazione dell'arto, risulta necessario l'esame clinico [4,15] oltre che per valutare il ROM articolare dell'anca anche per calcolare il "mid-point" (altro non è che il punto medio tra la massima intrarotazione passiva e la massima extrarotazione passiva dell'anca) [15] cioè la variabile passiva che dà la forte correlazione tra tutte le variabili dinamiche [15,18].

Alla luce di quanto osservato nell'ambito di questo studio, è necessario fare alcune considerazioni: la Gait Analysis risulta un potente mezzo di studio e valutazione dei disequilibri tensionali dei muscoli rotatori dell'anca in persone con PC descrivendo con precisione i pattern motori caratteristici (intrarotazione durante il cammino e crouch gait) [1,17] e delineando i ruoli dei vari muscoli coinvolti nella deambulazione [3,5] e risulta importante come misura di outcome, anche a lungo termine, in funzione dell'intervento chirurgico [4].

La Gait Analysis tuttavia, anche se supportata da modelli matematici atti a ridurre gli errori prodotti dalle deformità, più o meno marcate in soggetti con PC, dal movimento tissutale (con produzione di artefatti) e coadiuvata da modelli grafici deformabili simulanti le alterate geometrie articolari della coxo-femorale [3,5] risulta, tuttora, ancora limitata dalla variabilità delle deformità articolari quasi sempre presenti, e soggetta al supporto diagnostico strumentale [2,3,5] ed all'esame clinico [4,15] formando, probabilmente, un legame biunivoco inscindibile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wren T.A.L., Rethlefsen S., Kay R.M., (2005) Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy – Influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery. Journal of Pediatric Orthopaedics, 25, 79-83
- [2] Metaxiotis D., Accles W., Siebel A., Doederlein L. (2000) Hip deformities in walking patients with cerebral palsy. Gait and Posture, 11, 86-91
- [3] Arnold A.S., Asakawa D.J., Delp S.L. (2000) Do the hamstrings and adductor contribute to excessive internal rotation of the hip in persons with cerebral palsy? Gait and Posture, 11, 181-190
- [4] Ounpuu S., De Luca P., Davis R., and Romness M., (2002) Long-term effects of femoral derotation osteotomies: an evaluation using three-dimensional Gait Analysis. Journal of Pediatric Orthopaedics, 22, 139-145
- [5] Arnold A.S., Delp S.L., (2001) Rotational moment arms of the medial hamstrings and adductors vary with femoral geometry and limb position: implications for the treatment of internally rotated gait. Journal of Biomechanics, 34, 437-447
- [6] van der Linden M.L., Hazlewood M.E., Aitchison A.M., Hillman S.J., Robb J.E., (2003) Electrical stimulation of gluteus maximus in children with cerebral palsy: effects on gait characteristics and muscle strength. Developmental Medicine & Child Neurology, 45, 385-390
- [7] Noonan K.J., Walker T.L., Kayes K.J., Feinberg J., (2001) Varus derotation osteotomy for the treatment of hip subluxation and dislocation in cerebral palsy: statistical analysis in 73 hips. Journal of Pediatric Orthopaedics, 10, 279-286
- [8] Besier T.F., Sturnieks D.L., Alderson J.A., Lloyd D.G., (2003) Repeatability of gait data using a functional hip joint centre and a mean helical knee axis. Journal of Biomechanics, 36, 1159-1168

- [9] Boyd R.N., Dobson F., Parrott J., Love S., Oates J., Larson A., Burchall G., Chondros P., Carlin J., Nattrass G. and Graham H.K. (2001) The effect of botulinum toxin type A and a variable hip abduction orthosis on gross motor function: a randomized controlled trial. European Journal of Neurology, 8,109-119
- [10] Dodd K.J., Taylor N.F., Graham H.K. (2004) Strength training can have unexpected effects on the self-concept of children with cerebral palsy. Pediatric Physical therapy, 16,99-105
- [11] Steinbok P., Reiner A., Kestle J.R.V. (1997) Therapeutic electrical stimulation following selective posterior rhizotomy in children with spastic diplegic cerebral palsy: a randomized clinical trial. Developmental Medicine & Child Neurology, 39, 515-520
- [12] Sommerfelt K., Markestad T., Berg K., Saetesdal J.,(2001) Therapeutic electrical stimulation in cerebral palsy: a randomized, controlled, crossover trial. Developmental Medicine & Child Neurology, 43,609-613
- [13] Mc Dowell C., Hewitt V., Nurse A., Weston T., Baker R. (2000) The variability of goniometric measurements in ambulatory children with spastic cerebral palsy. Gait and Posture, 12,114-121
- [14] Zijlstra W., Bisseling R. (2004) Estimation of hip abduction moment based on body fixed sensor. Clinical Biomechanics, 19,819-827
- [15] Kerr A.M., Kirtley S.J., Hillman S.J., van der Linden M.L., Hazlewood M.E., Robb J.E., (2003) The mid-point of passive hip rotation range is an indicator of hip rotation in gait in cerebral palsy. Gait and Posture, 17, 88-91
- [16] Aminian A., Vankosky S.J., Dias L., Novak R.A., (2003) Spastic hemiplegic cerebral palsy and the femoral derotation osteotomy: effect at the pelvis and hip in the transverse plane during gait. Journal of Pediatric Orthopaedics, 23, 314-320
- [17] Steinwender G., Saraph V., Zwick E.B., Steinwender C., Linhart W., (2001) Hip locomotion mechanism in cerebral palsy crouch gait. Gait and Posture, 13, 78-85

[18] Aktas, S.; Aiona, M.D. ; Orendurff, M. (2000) Evaluation of rotational gait abnormality in the patients cerebral palsy. Journal of Pediatric Orthopaedics, 20(2), 217-220

[19] Coluccini M. Fisioterapista, responsabile Laboratorio Analisi del Movimento, Neuropsichiatria Infantile, IRCCS Stella Maris – Università di Pisa.