



## Applicazione dell'analisi quantitativa della postura e del movimento nella valutazione di pazienti con disabilità motoria

Clinical application of quantitative analysis of posture and of movement in the evaluation of patients with motor disabilities

### Dipartimento di Bioingegneria

#### Gruppo di ricerca

#### Research group

Marcello Crivellini

Manuela Galli

Veronica Cimolin

Chiara Rigoldi

Francesco Menegoni

Marianna Romei

---

#### Anno di avvio attività

1995

#### Beginning of activity

---

### Cooperazioni nazionali e internazionali

#### National and international collaboration

IRCCS "San Raffaele"-Tosinvest Sanità, Roma

Istituto Medea "La Nostra famiglia" di Bosisio Parini (LC)

IRCCS "Istituto Auxologico Italiano", Piancavallo (VB)

"Down Syndrome Research Foundation and Centre

for Human Movement Analysis (CHUMA)", Queen

Alexandra Centre for Children's Health, Victoria,

Canada

IBR (Institute of Basic Research for Developmental disabilities), Staten Island, New York, USA

Children's University Hospital Basel (UKBB), Basel, Svizzera

Institute of Exercise Biology and Physiotherapy, University of Tartu, Estonia

Fundation Teleton por Rehabilitation, San Salvador, El Salvador

---

#### Sito web

#### Website

<http://www.movlab.it>

---

Dal 1994 è attiva presso il Laboratorio di Analisi della Postura e del Movimento “Luigi Divieti”, del Dipartimento di Bioingegneria del Politecnico di Milano una attività di ricerca nata dall’esigenza di valutare quantitativamente e multifattorialmente la postura e il movimento umano per la valutazione di pazienti con patologie associate ad alterazioni del movimento.

La clinica ha la necessità, infatti, di avere informazioni quantitative, tridimensionali, relative sia alla cinematica che alla dinamica del movimento in esame in alternativa alla ripresa video tradizionale che fornisce informazioni qualitative, bidimensionali e relative solo alla cinematica del movimento.

L’attività di ricerca del Laboratorio “Luigi Divieti” risponde a tale esigenza in quanto utilizza l’analisi quantitativa 3D e multifattoriale (cioè completa di informazioni sia della cinematica sia della dinamica) della postura e del movimento in generale, e in particolare del cammino (Gait Analysis, GA), per la valutazione di soggetti affetti da diverse patologie quali: Paralisi Cerebrale Infantile (PCI), Sindrome di Down (SD), Morbo di Parkinson, Disturbi dell’alimentazione (obesità, anoressia, bulimia), Mielomeningocele, Osteogenesi Imperfetta, Paraparesi Spastica Ereditaria, altre patologie associate ad alterazioni del movimento.

Nella valutazione dei soggetti affetti da tali patologie, l’analisi quantitativa del movimento riveste, infatti, una considerevole importanza dal punto di vista clinico in quanto permette di :

- definire il livello di limitazione funzionale e di disabilità conseguente alla patologia e il suo evolversi con la crescita e /o l’invecchiamento dell’individuo;
- identificare percorsi riabilitativi e terapeutici adeguati alla condizione del singolo paziente;
- valutare e quantificare gli effetti dei diversi trattamenti e monitorare tali effetti nel tempo.

### **Materiali e Metodi**

Il Laboratorio di Analisi della Postura e del Movimento “Luigi Divieti” si avvale di un sistema optoelettronico per ottenere le informazioni relative alla cinematica del movimento, piattaforme di forza per misurare le forze scambiate al terreno, un elettromiografo di superficie per acquisire il segnale elettrico associato alla contrazione muscolare e un sistema di ripresa video.

Since 1994, the Luigi Divieti” Posture and Movement Analysis Laboratory, in the Bioengineering Department of the Politecnico di Milano, has conducted research that originated from the need to evaluate human posture and movement, quantitatively and multifactorially, in order to evaluate patients with motor disabilities.

Clinical institutes need, in fact, quantitative and 3D information, regarding not only kinematics but also kinetics of the movement being considered as alternative to traditional video recording of movement which provides qualitative and bidimensional information regarding the movement kinematics alone.

The activity of research of “Luigi Divieti” Posture and Movement Analysis Laboratory answers this necessity, since it uses quantitative 3D and multifactorial analysis (concerning both kinematics and kinetics of movement) posture and movement in general, and in particular gait (Gait Analysis, GA), to conduct the evaluation of patients affected by different diseases:

Cerebral Palsy (CP), Down Syndrome (DS), Parkinson’s disease, Eating disorders (obesity, anorexia, bulimia), Myelomeningocele, Osteogenesis Imperfecta, Hereditary Spastic Paraparesis, other pathological conditions connected to motor disorders.

In the evaluation of patients affected by these diseases, quantitative analysis of movement is of considerable clinical importance, because it permits:

- definition of the level of functional limitation and of disability concerning a disease and its development during subject growth and/or aging;
- identification of rehabilitative and therapeutic programmes on the basis of patient condition;
- evaluation and quantification of the effects of the various treatments and the monitoring of such effects over time.

### **Material and Methods**

The equipment present in the “Luigi Divieti” Posture and Movement Analysis Laboratory comprises an optoelectronic system, in order to obtain information regarding kinematics of movement, force platforms to measure the system of ground reaction forces, an electromyography system to

L'attività svolta dal Dipartimento di Bioingegneria in questa ricerca è focalizzata sulla definizione di protocolli sperimentali che rispondano ai quesiti emergenti dalla clinica (valutazioni di task motori specifici), sulla definizione di database di normalità per ciascun movimento, sull'identificazione di parametri significativi atti a caratterizzare il movimento e sull'implementazione di software specifici per una migliore e agevole refertazione clinica. Tali risultati sono poi trasferiti ai centri clinici che collaborano all'attività di ricerca (per la maggior parte anch'essi dotati di laboratori con tecnologia analoga a quella del Laboratorio "Luigi Divieti"), i quali applicando tali metodologie ai soggetti patologici utilizzano le informazioni quantitative ottenute al fine di supportare e integrare le classiche valutazioni cliniche e funzionali. Ciò è reso possibile da continui scambi di dati e informazioni, incontri periodici, video conferenze, seminari didattici e scientifici e stesura di lavori per pubblicazioni. L'attività di ricerca si avvale anche di collaborazioni nazionali e internazionali con alcuni istituti che si occupano delle problematiche in oggetto.

### **Principali risultati ottenuti**

Vengono riportati i principali risultati ottenuti in seguito all'esperienza maturata nel corso di questa attività relativamente alla valutazione degli effetti di alcuni trattamenti riabilitativi più significativi, mediante l'applicazione della valutazione quantitativa della postura e del cammino (Gait Analysis).

#### *Trattamento con tossina botulinica in bambini con Paralisi Cerebrale Infantile*

La tossina botulinica rientra all'interno dei trattamenti farmacologici della spasticità e provoca una temporanea e reversibile riduzione del tono del muscolo in cui viene iniettata. L'effetto può durare da sei settimane ad alcuni mesi. Tale trattamento non sostituisce l'intervento chirurgico, ma può posticiparlo nel tempo, quando cioè il paziente è più grande e meno esposto a eventuali complicazioni, evitando così l'insorgere di contratture muscolo-tendinee e di deformità ossee. I risultati di questo progetto dimostrano il ruolo fondamentale dell'analisi quantitativa del movimento nella

record the electrical signals generated by muscle contraction, and a video recording system. The activity of the Bioengineering Dept. in this research area is focused on the definition of experimental protocols designed to solve the clinical needs (evaluation of particular motor tasks), on the creation of a normative database for each movement, on the identification of significant parameters useful for movement characterization and on the implementation of software to obtain better and easier clinical reporting.

These results are subsequently transferred to clinical institutes which also act as research partners (most of them have equipment which is analogous to that of the "Luigi Divieti" Posture and Movement Analysis Laboratory) and they apply these methodologies to pathological subjects using quantitative data, in order to confirm and integrate information with classic clinical and function evaluations.

These close collaborations are characterised by constant exchange of data and information, periodical meetings, video conferences, didactic and scientific seminars and preparation of scientific documents for publication.

Research also involves national and international collaborations with several clinical institutes which treat the relevant diseases.

### **Main results**

The main results concerning the evaluation of the effects of the most significant treatments, using quantitative analysis of posture and gait (Gait Analysis), are here reported.

- Evaluation of botulinum toxin treatment in children with Cerebral Palsy  
Botulinum toxin is a pharmacological treatment for the spasticity in Cerebral Palsy and it produces temporary dose-dependent chemical denervation of the treated muscle. The effect of the toxin is a reduction of muscle tone that can last from 6 weeks to several months. This treatment does not represent an alternative to orthopaedic surgery, but it can delay the need for surgical intervention until the patient is older and less exposed to the risk of complications or the need for repeated operations, avoiding the development of fixed contractures and

valutazione del trattamento con tossina botulinica perché, oltre a quantificare gli effetti del trattamento e di definire quindi se una determinata dose di farmaco ha avuto effetto, permette di determinare in modo preciso quando il farmaco ha terminato la sua azione, rendendo possibile quindi la programmazione dell'inoculazione successiva. In particolare, la valutazione mediante l'analisi quantitativa del movimento di bambini con PCI che hanno subito inoculazione di tossina botulinica nel gastrocnemio per il trattamento del piede equino, dopo 2 mesi dal trattamento, ha mostrato che gli effetti sono evidenti sia alle articolazioni direttamente legate al muscolo trattato, cioè caviglia e ginocchio, ma anche all'anca, evidenziando un miglioramento generale del cammino. In termini di rigidità articolare della caviglia, il trattamento riduce il valore di tale indice, mostrando un miglioramento in termini di rigidità articolare.

#### *Trattamento chirurgico ortopedico in bambini con Paralisi Cerebrale Infantile*

Il trattamento chirurgico ortopedico in genere prevede l'allungamento di muscoli e/o tendini, al fine di indebolire i muscoli spastici e di ridurre la spasticità e le contratture. In alcuni casi, quando sono presenti deformità ossee come anteversione femorale o torsione tibiale, sono necessari anche trattamenti a livello osseo. In letteratura ci si avvale di un'ampia esperienza in termini di utilizzo della Gait Analysis per l'identificazione del trattamento chirurgico adeguato e per la quantificazione degli effetti del trattamento sulla strategia deambulatoria del paziente. La nostra esperienza relativa alla valutazione degli effetti dell'allungamento del tendine d'Achille effettuato su bambini con PCI per la correzione del piede equino evidenzia che dopo 12 mesi dall'intervento si osservano significativi miglioramenti in termini di cinematica e di dinamica delle principali articolazioni.

#### *Valutazione di ortesi*

Per cercare di rendere meno difficoltosa la deambulazione e per correggere atteggiamenti motori errati degli arti inferiori vengono realizzati numerosi ausili e strumenti ortopedici. Appare evidente quindi come individuare l'ortesi più adatta

torsional bone abnormalities. The results of this project reveal that quantitative analysis of movement plays a great role in the evaluation of botulinum toxin treatment because it quantifies the effects of the treatment and the effectiveness of injected dose, and it identifies when the toxin ends its effect, giving important indications for programming the next inoculation. In particular, the evaluation with quantitative analysis of movement in children with CP treated with botulinum toxin injection into gastrocnemius muscle for correction of equinus foot deformity, 2 months after the inoculation reveals that effects are not only at joints directly connected to gastrocnemius muscle, such as knee and ankle joints, but also at hip joints, showing a general improvement of gait pattern.

Concerning ankle joint stiffness, the treatment reduced the value of this index, demonstrating an improvement of joint stiffness.

#### *Evaluation of orthopaedic surgery in children with Cerebral Palsy*

Orthopaedic surgery generally involves surgery on muscles and/or tendons, in order to weaken or shorten muscles and reduce spasticity and contracture.

In addition, surgery on bones may be indicated, particularly when there is axial malalignment such as femoral anteversion or tibial torsion. Much has been published in the regarding the application of Gait Analysis to identify the optimal surgery and to quantify its effects on gait strategy of the patient. Our experience on the quantitative evaluation of Achilles tendon lengthening to treat equinus foot deformity in children with CP shows that 12 months after surgery some significant improvements in kinematics and kinetics of main joints are evident.

#### *Orthesis evaluation*

In order to assist gait and to correct some abnormal motor strategies of lower limb joints, a lot of assistive devices for the deambulation are used. The importance of the correct choice of orthesis for the patients is evident: quantitative analysis of posture and movement, showing and quantifying the postural and walking strategy, enables the correct orthesis for the patient to be designed. In this way,

per il paziente in esame sia di enorme importanza; l'analisi della postura e del movimento, mettendo in risalto gli aspetti non corretti della postura e del cammino e soprattutto quantificandoli, permette quindi di progettare un'ortesi "ad hoc" per il soggetto. Questo, oltre ai vantaggi direttamente connessi alla qualità di vita del paziente e ai tempi del suo recupero, implica notevoli vantaggi anche da un punto di vista economico, perché consente di individuare in tempi più brevi l'ortesi ottimale per il singolo paziente, limitando il numero di modelli da realizzare prima di trovare quella dotata dei requisiti necessari. I risultati ottenuti in questa attività hanno permesso di quantificare in modo dettagliato se l'ortesi in uso determina nel paziente un miglioramento della limitazione funzionale associata alla patologia.

*Valutazione del trattamento mediante L-dopa per la riabilitazione del paziente con Morbo di Parkinson*  
Al fine di ridurre il tremore caratteristico del Morbo di Parkinson vengono spesso utilizzati farmaci quali L-dopa. Mediante valutazione quantitativa del movimento è possibile caratterizzare nella situazione di assenza del farmaco (stato OFF) la limitazione funzionale del paziente e a seguito della somministrazione del farmaco quanto tale limitazione venga ridotta.

*Valutazione del movimento in pazienti con Sindrome di Down prima e dopo trattamento riabilitativo*  
In termini di valutazione dei soggetti con Sindrome di Down, l'attenzione è stata focalizzata sull'analisi della deambulazione indagando l'influenza che l'ipotonia muscolare e la lassità legamentosa esercitano sul pattern locomotorio di questi soggetti. I risultati della nostra esperienza dimostrano che mediante l'identificazione di indici specifici ottenuti dai dati di Gait Analysis, quali ad esempio la rigidità articolare, è possibile ricondurre le anomalie nel pattern locomotorio dei soggetti con SD principalmente a un alterato apprendimento delle sinergie motorie e posturali, alla lassità legamentosa e ad un'ipotonia muscolare generalizzata. Avendo a disposizione tali informazioni è stato possibile definire un percorso riabilitativo personalizzato per ciascun paziente che in giovane età possa prevenire

not only are there the advantages directly connected to the quality of life of patients, but there are also economic advantages, because this quantitative information allows the correct orthosis to be ascertained in a short time reducing the number of orthosis to perform before finding the correct one. The results obtained in this activity of research have quantified whether a particular model of orthosis improves the patients' functional limitation associated with the disease.

*Quantitative analysis of Levodopa treatment in patients with Parkinson's disease*

Patients with Parkinson's Disease have abnormal voluntary movements and gait, treated pharmacologically using Levodopa .

Via the quantitative analysis of movement it is possible to characterise the functional limitation of patients in the OFF state (without treatment) and the effects of Levodopa treatment.

*Quantification of movement in patients with Down Syndrome before and after rehabilitative treatment*

The evaluation in patients with DS was focused on the analysis of gait strategy, investigating the influence of muscular hypotonia and ligament laxity on gait pattern.

The results of our experience show that the abnormal gait pattern in DS patients, represented by parameters obtained by Gait Analysis, such as ankle joint stiffness, are directly connected to abnormal postural and motor synergies learning, to ligament laxity and muscular hypotonia.

Using quantitative information it is possible to define a rehabilitation program for each patient, in order to prevent and then to correct abnormalities in gait strategy when patients are young, thereby improving their quality of life.

The obtained results are excellently integrated with clinical results and in the light of our experience it may be concluded that the use of quantitative analysis of posture and movement has radically changed the rehabilitation program of patients with motor disabilities, inasmuch as it permits - identification of the best treatment for each patient, since detailed information on functional

e successivamente rimediare ai pattern locomotori anomali, permettendo quindi una migliore qualità di vita.

I risultati ottenuti hanno un'ottima integrazione con i risultati clinici e alla luce della nostra esperienza si può concludere che l'uso dell'analisi quantitativa della postura e del movimento applicata al paziente con disabilità ha cambiato radicalmente il trattamento riabilitativo, in quanto ha consentito:

- di scegliere meglio il tipo di trattamento più idoneo al singolo paziente, avendo a disposizione informazioni dettagliate sulla sua limitazione funzionale;
- di valutare quantitativamente e multifattorialmente gli effetti dei trattamenti riabilitativi.

limitation is available;

- evaluation, quantitatively and multifactorially, of the effects of rehabilitation treatments.