

<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

Questa è la terza edizione del MODELLO INTERSEGMENTALE, aggiornata grazie anche ai suggerimenti, richieste e critiche di quanti, genitori e professionisti o, in qualche caso, curiosi navigatori della rete, hanno in qualche misura voluto dare il proprio contributo. La novità principale è costituita dal fatto che la relazione fra il testo ed i filmati è molto più esplicita e fruibile che nella **prima** edizione.

Questa edizione comprende una nuova scheda sul concetto di SINERGIA ed una dal titolo IL MOVIMENTO ED IL SUO SENSO.

L'assunto chiave del modello intersegmentale è che **lo sviluppo del controllo motorio è descrivibile in termini di relazione fra mobilità e stabilità.**

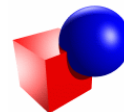
Oltre a queste due schede sto lavorando ad altri argomenti, sempre nella prospettiva del modello intersegmentale, e precisamente:

- Revisione critica del concetto di sinergia, ora solo delineato .
- Revisione critica dei modelli di sviluppo del controllo motorio (Bernstein, Berthoz, Massion, Latash, Assaiante, Scandinavi e central pattern generator, ecc.).
- Basi biomeccaniche e neuro educative dell'utilizzo dei tutori. La sezione sarà così articolata:
 - La prassi corrente
 - Le evidenze
 - Conclusioni e limiti
 - [Proposta di un tutore di nuova concezione](#)
 - Appunti di biomeccanica dello sviluppo motorio
I tutori dinamici sono infatti pensabili secondo un frame work concettuale **non neuro ortopedico, ma secondo la prospettiva del motor control e dell' apprendimento.**
- [La Culla](#): le afferenze che il bambino ne riceve.

Segnalo anche [HAPPY HOURS DI BIOMECCANICA](#). Ogni suggerimento, critica, considerazione sarà gradito. Il mio indirizzo di posta è ceriolim@aliceposta.it .

Mario Cerioli

Luglio 2010



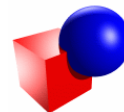
<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

I PRIMI PASSI non puramente dimostrativi sono caratterizzati dalla rinuncia alla **stabilizzazione esterna** ottenuta attraverso gli arti superiori, ([filmato2](#), [filmato3](#), [filmato4](#), [filmato5](#), [filmato1](#), [filmato6](#)), ma anche da una notevole cocontrazione del tronco, del collo e degli arti inferiori stessi che riduce i gradi di libertà da controllare, semplificando il compito, ([filmato8](#), [filmato9](#), [filmato4](#), [filmato5](#), [filmato16](#)), strategia questa che si manterrà a lungo, e spesso costantemente, non solo nel bambino spastico ma talora anche in quello atassico o ipototonico con difficoltà di evoluzione degli aggiustamenti posturali.

La **stabilità esterna** si concentra sull'allargamento della base di appoggio ([filmato4](#), [filmato5](#), [filmato6](#))

Il **contenimento dei momenti di inerzia** connessi ai trasferimenti di carico sembra realizzarsi sia attraverso passi molto corti, con una fase aerea (la meno stabile) brevissima, strisciati, con appoggio piatto, sia con un grado importante di cocontrazione, come già detto ([filmato8](#), [filmato9](#), [filmato16](#)), sia attraverso una guardia alta in cui gli arti superiori assorbono i momenti di inerzia del tronco, comunque prodotti da un pendolo ancora prevalentemente frontale, ([filmato7](#)), indispensabile alla progressione, data la stabilizzazione esterna con una base relativamente tanto larga ([filmato4](#)).

La prevalente stabilizzazione delle anche attraverso la contrazione eccentrica degli adduttori contribuisce alla esigenza che si producano il meno possibile momenti di inerzia del tronco centrifughi rispetto al piano sagittale, di progressione, più difficilmente controllabili ([filmato29](#)). [camminare sulla sabbia](#)



<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

LA PREPARAZIONE DEI PRIMI PASSI

Il bambino, dopo aver gattonato o strisciato sul sedere in direzione di ciò che lo interessa ([filmato13](#)), impara presto ad appigliarsi per portarsi eretto verso l'oggetto ([filmato8](#), [filmato16](#)), ma anche solo per esplorare lo spazio verticale ([filmato15](#)) e per il piacere di cimentarsi in una attività emozionante ed impegnativa, della quale gli altri si mostrano già capaci ([filmato12](#)). Il centro di massa si innalza, la base di appoggio dei piedi bisogna imparare ad aggiustarla alla nuova verticale ([filmato9](#), [impara gradualmente](#)). Ciò riuscirà meglio quando il bambino imparerà ad utilizzare l' appiglio più stabile (= più in alto, un po' come in una scalata, [filmato34](#)): quello che rende meno attivo il controllo dei segmenti sottostanti, in una certa misura "appesi" ([filmato10](#)).

Gli insuccessi sono inevitabili, ma le conferme che vengono dai risultati e dai genitori ([filmato14](#)) incoraggiano il bambino a riprovare; presto impara ad appoggiarsi con gli arti superiori per darsi stabilità esterna nella nuova situazione, ma anche a liberare le mani per la presa ed il gioco ([filmato10](#), [filmato17](#)) lasciando che la necessaria stabilità esterna si realizzi attraverso l'appoggio dei gomiti e del tronco ([filmato31](#)).

Nonostante da seduto o da quadrupede avesse già una stabilizzazione interna del tronco completa, ora, in piedi, la cosa sembra non funzionare più ([filmato8](#), [filmato6](#)). Il fatto è che, a parte i momenti di inerzia delle masse superiori, ora maggiori, da seduto o quadrupede le masse degli arti inferiori e del bacino erano in una condizione di stabilità inattiva ed ampia: un'ottima base per il tronco. Ora invece l'inerzia di questi segmenti va controllata ed il bambino semplifica il compito attraverso la cocontrazione ([filmato8](#), [filmato9](#), [filmato4](#), [filmato5](#)) che riporta in una certa misura ad un grado elevato di stabilità inattiva. L'appoggio dei piedi è sovente sulle punte ([filmato8](#), [filmato9](#)), il che, ovviamente, rende più precaria la stabilità. Si tratta di una soluzione che per rimanere eretti fermi ed appoggiati è funzionale, ma non lo è più quando il bambino desidera spostarsi lungo l'appoggio ([filmato16](#)). La cocontrazione limita infatti la apertura degli angoli articolari ([e l'esercizio degli aggiustamenti posturali](#)) e diviene per il bambino possibile rinunciarvi quanto più il controllo stabilizzatorio diviene interno, a livello del tronco. Sarà poi ancora questa, anche questa, la strategia per i primi passi ([filmato27](#)) e per la velocizzazione successiva. Vi sono bambini con sviluppo tipico che rimangono relativamente a lungo in questa configurazione (fermi e rigidi in piedi, ben appoggiati con gli arti superiori), apparentemente indifferenti od ostili alle sollecitazioni degli adulti che premono per la conferma del cammino: appena possono, recuperano una condizione di stabilità più rassicurante ([filmato12](#), [filmato6](#)). Le prime verticalizzazioni infatti si rivelano cariche di desiderio e di paura assieme, come è ovvio, ed i bambini possono non sentirselo di corrispondere alle nostre aspettative, soprattutto quando sbagliamo modi, tempi ed occasioni, quando non lasciamo che compia la propria esplorazione dell'ambiente o non ne coltiviamo adeguatamente la motivazione e la curiosità ([filmato5](#)).

Alcuni bambini scelgono di spostarsi ginocchioni ([filmato32](#)), una soluzione caratterizzata da una base di appoggio mobile ma molto ampia, per un centro di massa relativamente basso: una soluzione

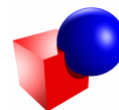
dunque con **un rapporto fra mobilità e stabilità molto vantaggioso**, ma che ne implica già un controllo anticipatorio [pretune](#), più semplice rispetto a quello necessario nella stazione eretta. Questa strategia viene scoperta sempre casualmente dal bambino, probabilmente perché permette di tenere l'oggetto in mano, mai suggerita dall'adulto.

Lo spostamento da eretto avviene dapprima con scorrimento dell'appoggio del tronco e a due mani che alternano l'appiglio, con una progressione laterale (in cui una componente dei [vettori di reazione al terreno](#) va, lungo un piano frontale, nella direzione della base di appoggio controlaterale) ([filmato3](#), [filmato28](#)) e poi con una mano soltanto che scorre sull'appoggio e la progressione che diviene frontale. Le [forze di reazione al terreno](#), con l'esperienza e l'esercizio, si orientano gradualmente lungo un piano parasagittale e sempre meno in direzione dell'appoggio contro laterale: questo viraggio ne esercita la funzionalità alla propulsione e meno alla stabilizzazione, chiaramente in direzione del cammino eretto ([filmato33](#)). Questo cambiamento nel rapporto fra mobilità e stabilità è legato, oltre che all'esercizio in stabilizzazione esterna attraverso la mano che scorre lungo l'appoggio (ma con sempre maggiore leggerezza), all'evoluzione del controllo a livello del tronco che conferisce una stabilizzazione interna sempre più efficace ([filmato5](#)).

Le combinazioni di stabilità, mobilità e gestualità divengono sempre più varie ed adattabili, ma è soprattutto l'**internalizzazione del controllo** che permette la stazione eretta senza appoggio prima ([filmato12](#)), i primi spostamenti da un appoggio all'altro ed i primi passi subito dopo. Un ulteriore arricchimento di esperienza viene dall'utilizzo di un sostegno mobile, come un carrello o le stesse sedie di casa. Il bambino che porta a spasso la propria base di appoggio esterna a sé impara a dosare la spinta secondo l'attrito del suo sostegno, risultato inizialmente difficile da raggiungere, ma che con l'esperienza si rivela gratificante e rassicurante ([filmato30](#)). La stabilità data dall'appoggio anteriore permetterà infatti di affinare il controllo anticipatorio.

E' la norma che i bambini siano **accompagnati per mano** nei primi passi: la stabilizzazione esterna data dall'adulto è molto intensa e ciò permette al bambino di liberare la propria motricità degli arti inferiori. Quasi sempre la stabilizzazione che ne risulta è talmente intensa che i passi del bambino accompagnato divengono lunghissimi ([filmato11](#), [filmato26](#)). Per il tipico non è mai, a questo punto, un problema significativo e tutt'al più allontana di qualche tempo l'appuntamento con i primi passi davvero autonomi. Per il bambino con disordine dello sviluppo motorio, invece, può costituire una seria difficoltà aggiuntiva: arriva a questo appuntamento più tardi, in genere più alto e con masse maggiori, più difficoltose da controllare. I passi troppo lunghi, imparati per mano, si riveleranno molto destabilizzanti senza di quella: al di là delle migliori intenzioni degli accompagnatori, questi apprendimenti potranno rivelarsi anche molto rigidi e difficili da rimodellare.

Il processo di **controllo anticipatorio** della relazione fra mobilità e stabilità è ben apprezzabile nel passaggio da seduto su di una panchetta ad eretto senza stabilizzazione esterna. Il bambino pronto, appena prima di darsi un minimo di slancio in avanti per poi allineare i segmenti degli arti inferiori e salire eretto, avvicina l'appoggio dei piedi ([filmato18](#)). Il bambino non ancora pronto non attua questo adattamento preliminare ([filmato20](#)), frutto di **una ipotesi circa la relazione prossima fra mobilità e stabilità**. Con l'esperienza il processo di adattare la posizione della base di appoggio alla proiezione del centro di massa che sarà, imparando a compensare in anticipo i momenti di inerzia che il gesto comporta ([Filmato29](#)), diviene più rapido e sicuro, la premessa per i passi ce verranno ([filmato22](#), [filmato25](#)).



<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

LA EVOLUZIONE IMMEDIATAMENTE SUCCESSIVA del cammino, dopo i primi passi, si caratterizza per gradi di adattabilità spaziale e temporale sempre più ampi, il che

presuppone una riduzione della cocontrazione, con la liberazione dei meccanismi di progressione.

Tutto ciò è reso possibile da ulteriori rinunce alla **stabilizzazione esterna** ottenuta appena prima attraverso l'ampio e prolungato appoggio dei piedi, da una **stabilizzazione interna**, lungo l'asse corporeo, più modulabile e da un sempre più fine contenimento anticipatorio (Shumway-Cook A e al, 2000; Woollacott M. e al, 2003) dei momenti di inerzia non funzionali alla progressione, vale a dire dalla **stabilizzazione dinamica** ([filmato24](#)).

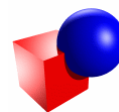
Il raggiungimento di un cammino eretto più efficace apre al bambino le possibilità di esplorare in modo più preciso e sicuro l'ambiente fisico ed umano ([filmato21](#), [filmato22](#), [filmato25](#)).

La evoluzione del cammino è caratterizzata da condotte sempre più variate ed adattabili (Fedrizzi, 2004) la cui valutazione qualitativa e quantitativa è ancora lontana dall' essere soddisfacente.

Probabilmente è la sempre maggiore modulabilità della relazione fra stabilità (interna) e motilità che permette lo sviluppo della variabilità e della adattabilità. Il bambino impara presto a trasportare gli oggetti mentre si sposta eretto, masse in più e che vincolano l'utilizzo degli arti superiori, sottraendoli alla funzione di compenso dei momenti di inerzia ([filmato25](#)), ma d'altra parte la funzione di stabilizzazione dinamica viene ora svolta internamente proprio dal tronco, soprattutto dal tronco.

Nel [filmato23](#) è molto evidente, circa sui 2/5 del filmato stesso, come la bimba si sbilanci verso sinistra e si stabilizzi spostando verso l'avanti/all'esterno l'appoggio del piede sinistro, producendo così anche un ventaglio di vettori di reazioni al terreno più inclinato. L'arto superiore sinistro viene mosso velocemente all'interno, sino ad appoggiarlo sul tronco : si crea così un momento di inerzia di compenso, funzionale a riportare verso l'asse le masse.

Il tutto sembra avvenire secondo una modalità anticipatoria più che reattiva.



<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

MOBILITA' E STABILITA'

Il problema della conservazione della postura è, in senso stretto, un problema di [equilibrio](#): i vari

segmenti del corpo non debbono cadere; il loro [baricentro](#) non deve abbassarsi ad opera della gravità. (Boccardi S, Cinesiologia III, pag.538). Perché un corpo rigido in appoggio sia in [equilibrio](#) occorre che la linea di gravità, [la verticale](#) che passa per il baricentro, passi anche per la base d'appoggio.

Il corpo umano però non è rigido ma è un sistema di segmenti rigidi (capo, vertebre, omero ecc...) tenuti insieme e mossi in modo attivo-elastico: possono essere stabilizzati l'un l'altro, ma possono essere anche mossi rispettivamente.

E' allora possibile assumere che ciascuno di questi segmenti abbia un suo centro di massa ed una sua base d'appoggio.

Legamenti e muscoli di un segmento che lo stabilizzano fanno in qualche modo le veci di una base d'appoggio, come quando il braccio è tenuto ad esempio abdotto-esteso o viene mosso nello spazio.

I diversi segmenti dell'asse (bacino, rachide lombare, dorsale, cervicale, capo) di una persona seduta hanno ciascuno il proprio centro di massa. Ciascuno di essi è, rispetto alla base di appoggio, in una condizione di [equilibrio](#) più o meno stabile, secondo l'altezza, l'entità della massa e la posizione rispetto alla base di appoggio stessa. Le parti del corpo che stanno al di sotto del sedile (arti inferiori nel caso della persona seduta, ma probabilmente anche il bacino) sono di per sé in una condizione di **stabilità inattiva**. Vi è, per la parte restante, un centro di massa complessivo che non è più quello dell'uomo eretto in piedi, ma a livello dorsale alto. Quella della stabilità inattiva è la stessa condizione di un corpo fermo su di un piano.

Qualsiasi spostamento di un segmento nello spazio che comporti uno spostamento non verticale del centro di massa viene compensato, lasciando così invariato il rapporto tra linea di gravità e base di appoggio. Se l'appoggio non si modifica, il compenso presuppone uno spostamento di una parte del corpo in direzione opposta a quella verso la quale va il segmento che causa lo squilibrio (Boccardi S, Cinesiologia III, pag. 538). E' il compenso di massa. Così avviene, ad esempio, nella abduzione di un arto superiore, anche nella stazione seduta.

Il concetto di linea di gravità che non deve uscire dalla base di appoggio rischia di essere, se espresso in questi stretti termini, troppo schematico, come sarà più in dettaglio esposto successivamente. [a dynamic center of mass model](#)

Se si sta seduti su una seggiola, senza appoggio di schiena e di piedi, e ci si inclina su un piano frontale verso destra, senza compensare con lo spostamento dell'arto inferiore sinistro e dell'arto superiore sinistro, senza appoggiarsi alle gambe della sedia, entro certi limiti, nonostante si porti a destra notevoli masse (capo, tronco dorsale) non si cade e non vengono

attivate reazioni di appoggio all'esterno del corpo (**stabilizzazione esterna**) [stabilizzazione esterna](#). Non vi sono

compensi di massa rilevanti nel senso di quanto appena prima descritto. L' appoggio non consiste in un piano rigido, ma in una base curva tipo "omino sempre in piedi".

Tutto è relativo. Inclinando il corpo a destra non si sposta massa a sinistra, ma si sposta il [fulcro](#) a destra e così facendo è [come se](#) si spostasse massa a sinistra.

Quelle parti del corpo che funzionano in questo modo rispetto agli spostamenti, cioè senza compenso attivo di massa, ma con un compenso meccanico di massa, da "omino sempre in piedi", sono quelle che durante l'appoggio hanno una **stabilità inattiva**.

La neutralizzazione del [momento](#) della gravità relativa è affidata (anche) a mezzi diversi dalla Contrazione muscolare. Questo avviene normalmente ai limiti della escursione articolare, raramente per l'incontro di segmenti scheletrici, più frequentemente per la tensione delle parti molli. (Boccardi S, Cinesiologia III, pag. 542).

Quelle parti che, nell'esempio precedente, si trovano ancora al di sopra, (oppure le stesse, ma per ulteriori gradi di inclinazione) richiedono, per un compenso attivo di massa, non semplicemente una maggiore **fissazione** in contrazione isometrica (nell'esempio la muscolatura del fianco sinistro) ma delle reazioni di equilibrio. Queste sono, nell'adulto tipico, prevalentemente concentrate a livello del tronco e la loro funzione può essere indicata come **stabilizzazione interna**.

Ogni gesto presuppone dunque una relazione fra stabilizzazione e mobilizzazione: affinché una parte del corpo possa essere mossa con carattere di adattabilità è necessario che al movimento corrisponda una stabilizzazione che assicuri il mantenimento della linea di gravità del sistema nella base di appoggio.

Questa formulazione è stata sviluppata sulla base della teorizzazione tradizionale della dinamica e attraverso una terminologia consueta e consolidata: mantiene un suo valore euristico e continuerò, per questa ragione, ad utilizzarla per esporre lo sviluppo nel bambino della relazione fra mobilità e stabilità.

Vedremo in seguito come sia possibile una formulazione più generale ed unitaria.

Il mantenimento, dunque, della linea di gravità nella base di appoggio è assicurato o dalla stabilità inattiva, o dalla stabilizzazione interna o dalla stabilizzazione esterna o, più spesso, come è ovvio, dalla loro combinazione.

Il controllo nervoso che interviene a compensare i disturbi imposti al sistema dalle oscillazioni delle sue parti consiste essenzialmente in una configurazione reattiva o anticipatoria, temporale, spaziale e di intensità della contrazione ([filmato23](#)).

La maggior parte dei gesti è costituita da movimenti angolari. Ogni segmento del corpo, durante il movimento, ha perciò un [momento di inerzia](#) ed [all'insieme dei movimenti](#) corrisponde un insieme di momenti di inerzia, vale a dire [un insieme di forze](#) che tendono a modificare lo stato di quiete o di moto dei segmenti, [un insieme di forze](#) che si trasmettono fra un segmento e l'altro, ed [un insieme di forze](#) che vi si oppongono.

Così è anche nel [cammino](#) ed in tutti quei gesti, come il gatto **namento**, ad esempio, in cui non vi è semplicemente una mobilità che si sovrappone ad una stabilizzazione che mantiene la linea di gravità entro la base d'appoggio. Crescendo, il bambino, vede aumentare la lunghezza dei bracci delle leve e la massa corporea, cioè i momenti di [inerzia](#). In più, il centro di massa si innalza rispetto al piano d'appoggio, il che implica che le oscillazioni, che hanno, ad esempio, per centro l'asse della tibio tarsica e delle altre articolazioni del lato di appoggio, aumentano e

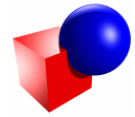
che la componente di stabilità inattiva diminuisce. Insomma, i momenti di inerzia che turbano la posizione di un centro di massa di per sé più alto e meno stabile sono maggiori.

“La stabilizzazione è dapprima considerata come una funzione motoria che fissa parti del corpo, così da sostenere il carico; più tardi, a livello III e IV (secondo Rood), il significato della stabilizzazione comprenderà le "dinamiche di fissazione" durante il movimento: la fissazione di una parte del corpo giocherà un ruolo regolatore nei movimenti coordinati” (Morosini C, Neurolesioni della età evolutiva, pag 52).

Nel [gattonamento](#) e nel [cammino](#) , per tacere della corsa, la base di appoggio si modifica ciclicamente ed i momenti di inerzia, esterni ed interni, divengono più intensi. E' dunque ipotizzabile che la relazione fra mobilità e stabilità divenga ancora più complessa che nelle fasi precedenti. Il problema non è più soltanto di mantenere la linea di gravità, diciamo semplicisticamente così, entro una base di appoggio che si modifica in continuazione attraverso un controllo nervoso fondato sulla previsione dell'appoggio, ma soprattutto di compensare (e per il bambino di imparare a compensare in anticipo) i momenti di inerzia.

Probabilmente è appropriato dare a questa componente il nome di **stabilizzazione dinamica**.

E' comunque possibile descrivere la evoluzione posturale e motoria del bambino, secondo una prospettiva strettamente dinamica, in termini di sviluppo della relazione fra stabilità e mobilità.



<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

LA SINERGIA

La nozione di sinergia è stata sviluppata da Bernstein (1947, 1967, citati da Latash e al, 2005; 1957, 1967, citati da Berthoz, 1998) come modello di soluzione al problema della ridondanza motoria. L'argomento è stato ripreso da numerosi autori con sfumature differenti (vedi Fedrizzi, 2009, per una rassegna su questo tema e più in generale su quello dello sviluppo motorio): vi è un numero di possibilità di combinazioni di movimenti articolari apparentemente infinito anche solo nelle attività della vita quotidiana, per tacere quanto succede nei gesti atletici o artistici. Come riesce il SNC ad operare una scelta circa la attivazione muscolare da attuare per compiere un gesto complesso? Tale attivazione, poi, viene realizzata in termini topologici, quantitativi e temporali, per di più dinamici. Anche per un gesto molto frequente e ripetitivo come il cammino ([Anybody example](#), [Running muscles](#), [Muscle activation during gait](#)), l'attivazione del quadricipite femorale, per esempio, deve avvenire nel momento giusto, nella quantità giusta ([Gait electromiography](#)), è differente in [contrazione eccentrica, isometrica e concentrica](#) e deve verificarsi nella giusta sincronia con la attivazione o la inibizione degli altri muscoli, per i quali vale lo stesso. Non solo, ma questa attivazione cambia in funzione del peso portato, della velocità, della intenzione del gesto [la stessa intenzionalità del gesto](#), della posizione relativa degli altri segmenti corporei, ecc.

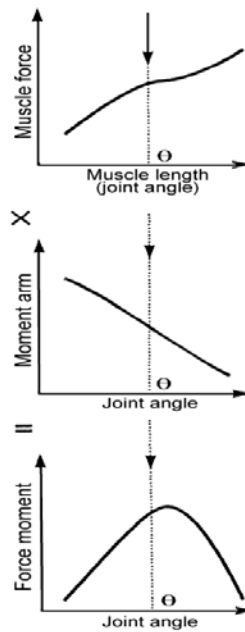
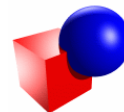


Figure 7.4. Joint torque–angle diagrams represent the strength curves of muscle groups. The shapes of joints vary based primarily upon the combined effect of changes in muscle length properties and muscle moment arms. Reprinted by permission from Zatsiorsky (1996).

Per di più la attivazione si modifica nell’arco stesso del movimento articolare. (vedi diagramma precedente , da Knudson, 2007).

La configurazione della attività motoria è dunque quanto mai variabile e questo ne assicura la adattabilità. Il tutto, però, deve essere scoperto, esercitato, imparato ([filmato3](#), [filmato4](#)) ed automatizzato dal bambino in modo che arrivi ad essere anche modificabile molto rapidamente per riuscire davvero funzionale alla intenzione ed adattivo alle circostanze ([Children skating 1](#))

Secondo Bernstein, dal momento che il sistema nervoso non può controllare tutti i gradi di libertà, l'evoluzione avrebbe selezionato un repertorio di movimenti, semplici o complessi, che coinvolgono gruppi di muscoli e di segmenti corporei che lavorano insieme per la realizzazione dei gesti significativi: le sinergie. In questa prospettiva la scelta della sinergia opportuna oppure della sequenza di sinergie che costituiscono un movimento complesso orientato verso uno scopo costituirebbero le strategie motorie (Berthoz,1998). Il controllo di movimenti, distribuito fra molti sistemi che interagiscono e operano in modo coordinato secondo un'organizzazione gerarchica (Bernstein, 1967, citato da Fedrizzi, 2004), viene appreso dal bambino attraverso un processo di controllo dei gradi di libertà ridondanti (Fedrizzi ed al, 1998). La stabilizzazione esterna attraverso l'appoggio ([filmato15](#)) è controllo dei gradi di libertà non funzionali alla intenzione in quella circostanza. Lo stesso bambino ([filmato12](#)) quando vuole, si lascia cadere per starsene seduto oppure si abbassa con gradualità, in modo “controllato”. Ed anche questo è controllo della relazione fra mobilità e stabilità.



<http://www.riabilitazioneinfantile.eu>

IL MOVIMENTO ED IL SUO SENSO

La adeguatezza con cui viene compiuto un gesto, tanto della vita quotidiana quanto sportivo ([slalom](#)) o artistico ([antipodista](#)) o ludico ([cubo di Rubik](#)), implica che il SNC anticipi in qualche misura l'esecuzione del movimento in funzione delle condizioni, interne ed esterne, che si verificheranno nel corso del suo svolgimento. Si tratta dunque di una attività di immaginazione e di previsione che apre ed orienta l'esecuzione (Berthoz, 1998). Questa viene, di tanto in tanto, verificata attraverso l'analisi dello stato dei diversi recettori, attraverso la comparazione con la sua previsione e modificata ([controllo anticipatorio](#); [preadattamento della base di appoggio](#)). Il senso del movimento non è però semplicemente un insieme di recettori passivi la cui configurazione di stato viene periodicamente rilevata ed elaborata a mo' di controllo sullo stato di avanzamento del programma. La simulazione interna del movimento che ne permette l'esecuzione ed il controllo anticipatorio è possibile sia perché le informazioni circa il programma motorio vengono immagazzinate in memoria (Ferrari e Cioni, 2005), sia perché il SNC è in grado di modificare la soglia stessa dei recettori, anche [inerziali](#). La strategia che spesso adottano non solo i bambini disabili quando camminano in flessione di anche, caviglie e ginocchia ([crouched](#)), ma tutte le persone che temono di cadere ("per sentirmi più stabile mi abbasso, anche di poco, così son più leggero") ([la pesa che perde peso](#); [cammino sul ghiaccio](#)) ha alla propria base un processo previsionale che riguarda l'insieme intersegmentale del movimento (vedi capitolo su mobilità e stabilità). La bambina del filmato, quando [più stabilizzata](#) attraverso le mani della madre flette molto meno e diviene più spedita. Quella di esercitare sistematicamente al cammino un bambino con disordine dello sviluppo motorio attraverso le mani dell'adulto è però una scelta molto rischiosa [non controllato](#) perché dà informazioni di una stabilizzazione molto accentuata e porta ad imparare un eccesso di mobilità che, quando solo, il bambino non riuscirà a sostenere, [rimanendone deluso e confuso](#). Il portamento semiflesso ([crouched](#)) è caratterizzato da un baricentro più basso e permette di abbassarsi molto più rapidamente in caso di necessità. La sensazione di perdere l'equilibrio che ci induce ad abbassarci non è reattiva ad una perdita di stabilità, come quando inciampiamo o sbagliamo la previsione dell'ultimo gradino in discesa; se così fosse, in motocicletta o mentre [camminiamo sul ghiaccio](#), saremmo già per terra. Si tratta di una sensazione, anticipatoria, come mostra Berthoz, frutto della previsione di un possibile sbilanciamento. I fusi neuromuscolari sono sensibili non soltanto alla variazione di lunghezza del muscolo, ma anche alla sua [derivata](#), la velocità con cui la variazione avviene; la intenzione di movimento ne modifica, attraverso la attivazione dei [motoneuroni](#) gamma, la soglia di eccitazione; è come se un movimento si fosse realmente verificato: una ipotesi di movimento in base alle condizioni interne ed esterne. Il bambino [impara gradualmente](#), con l'esperienza, l'esercizio (Ferrari e Cioni, 2005) e grazie al successo delle sue iniziative, il controllo anticipatorio del movimento che

consiste, come già visto in una sezione precedente, nel controllo della relazione prossima fra stabilità e mobilità.

Fra i recettori alla base del senso di movimento vi sono gli [organi muscolo tendinei di Golgi](#): scaricano anche indipendentemente da una variazione di lunghezza del muscolo. Si tratta dunque di recettori che non registrano il movimento, ma la forza e la variazione della forza applicata dal/al muscolo. E' dunque attraverso gli organi del Golgi che vengono veicolate e, probabilmente, anche modulate in funzione della ipotesi di movimento, le informazioni di tipo cinetico che hanno un ruolo primario nella stabilizzazione segmentale ed intersegmentale.

BIBLIOGRAFIA

Woollacott M, Shumway-Cook A (2003)

Postural Control in the Child with Cerebral Palsy: Improvement with Balance Training.

Le sindromi tetraparetiche: architettura delle funzioni e riabilitazione basata sulla evidenza scientifica.

A cura del GIPCI: atti del corso di aggiornamento della Fondazione Mariani, Orvieto. Franco Angeli.

Shumway-Cook A, Woollacott M (2007)

Motor Control: Theory and Practical Applications.

Baltimore: Lippincott/Williams and Wilkins.

Boccardi S, Lissoni A (1984)

Cinesiologia III

Società Editrice Universo, Roma

Touwen B. (1986)

Lo sviluppo neurologico della infanzia

Piccin, Padova

Morosini C. (1978)

Neurolesioni della età evolutiva

Piccin, Padova

Fedrizzi E (2009)

I disordini dello sviluppo motorio

Piccin-Nuova Libreria

Berthoz A (1998)

Il Senso del movimento

Mc Graw-Hill

Latash ML, Krishnamoorthy V, Scholz JP, Zatsiorsky VM., (2005)

Postural synergies and their development.

Neural Plast.;12(2-3):119-30; discussion 263-72.

Knudson D. (2007)

Fundamentals of Biomechanics

Springer

Fedrizzi E, Anderloni A., (1998)

Apprendimento e controllo motorio nel bambino

con paralisi cerebrale: dai modelli teorici alla prassi

in La riabilitazione del bambino con paralisi cerebrale.

Masson Ed.

Ferrari A, Cioni G, (2005)

Le forme spastiche della paralisi cerebrale infantile

Sperling