

La fisioterapia nella paralisi cerebrale infantile

La funzione cammino

Giulia Borelli • Rita Neviani
Alice Sghedoni • Antonella Ovi

Con la collaborazione di
Adriano Ferrari

La fisioterapia nella paralisi cerebrale infantile

Giulia Borelli • Rita Neviani •
Alice Sghedoni • Antonella Ovi

Con la collaborazione di
Adriano Ferrari

La fisioterapia nella paralisi cerebrale infantile

La funzione cammino

Giulia Borelli

Azienda Unità Sanitaria Locale, Reggio Emilia

Rita Neviani

IRCCS Arcispedale Santa Maria Nuova,
Reggio Emilia

Alice Sghedoni

Azienda Unità Sanitaria Locale, Reggio Emilia

Antonella Ovi

IRCCS Arcispedale Santa Maria Nuova,
Reggio Emilia

Adriano Ferrari

Medicina Fisica e Riabilitazione, Facoltà di Medicina
e Chirurgia, Università di Modena e Reggio Emilia,
SC Riabilitazione Infantile (UDGEE), IRCCS
Arcispedale Santa Maria Nuova, Reggio Emilia

Hanno collaborato alla stesura del volume Luisa Montanari (UNIMORE), Maria Rita Conti (UNIMORE), Silvia Faccioli (IRCCS ASMN), Eugenio Occhi (Divisione di Riabilitazione neurologica e Unità Spinale dell'Ospedale di Sondalo), Silvia Sassi (IRCCS ASMN) e Silvia Alboresi (IRCCS ASMN).

ISBN 978-88-470-5461-5
DOI 10.1007/978-88-470-5462-2

ISBN 978-88-470-5462-2 (eBook)

© Springer-Verlag Italia 2014

Quest'opera è protetta dalla legge sul diritto d'autore e la sua riproduzione anche parziale è ammessa esclusivamente nei limiti della stessa. Tutti i diritti, in particolare i diritti di traduzione, ristampa, riutilizzo di illustrazioni, recitazione, trasmissione radio-televisiva, riproduzione su microfilm o altri supporti, inclusione in database o software, adattamento elettronico, o con altri mezzi oggi conosciuti o sviluppati in futuro, rimangono riservati. Sono esclusi brevi stralci utilizzati a fini didattici e materiale fornito ad uso esclusivo dell'acquirente dell'opera per utilizzazione su computer. I permessi di riproduzione devono essere autorizzati da Springer e possono essere richiesti attraverso RightsLink (Copyright Clearance Center). La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge.

Le fotocopie per uso personale possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dalla legge, mentre quelle per finalità di carattere professionale, economico o commerciale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

L'utilizzo in questa pubblicazione di denominazioni generiche, nomi commerciali, marchi registrati, ecc. anche se non specificamente identificati, non implica che tali denominazioni o marchi non siano protetti dalle relative leggi e regolamenti.

Le informazioni contenute nel libro sono da ritenersi veritiere ed esatte al momento della pubblicazione; tuttavia, gli autori, i curatori e l'editore declinano ogni responsabilità legale per qualsiasi involontario errore od omissione. L'editore non può quindi fornire alcuna garanzia circa i contenuti dell'opera.

7 6 5 4 3 2 1

2014

2015

2016

Layout copertina: Ikona S.r.l., Milano

Impaginazione: Ikona S.r.l., Milano
Stampa: Grafiche Porpora, Segrate (MI)

Springer-Verlag Italia S.r.l., Via Decembrio 28, I-20137 Milano
Springer fa parte di Springer Science+Business Media (www.springer.com)

*“Questi bambini nascono due volte.
Devono imparare a muoversi in un mondo
che la prima volta ha reso più difficile.
La seconda volta dipende da voi, da quello
che saprete dare. Sono nati due volte
e il percorso sarà più tormentato.
Ma alla fine anche per voi sarà una rinascita.
Questa almeno è la mia esperienza.
Non posso dirvi altro.”*

Giuseppe Pontiggia

Prefazione

“Cammina lungo i muri della casa, per avere un appoggio, se incespica. (...) Chi lo vede per la prima volta spesso non se ne accontenta. Si ferma e si volta a guardarlo. Lui se ne accorge e ho l'impressione che arranchi con una smorfia di sofferenza. Ma forse non è così, lui bada solo a non cadere, è abituato a essere osservato, sono io che non mi rassegnò. Ho una smorfia di sofferenza ed è quello che ci unisce a distanza.”

(Pontiggia, 2004)

Il cammino di un bambino affetto da paralisi cerebrale infantile (PCI), quel modo particolare di muoversi e avanzare, suscita sempre sentimenti forti e contrastanti poiché su esso convergono aspettative e timori, vittorie e sconfitte, emozioni e frustrazioni e quella quota di delusione che, inevitabilmente, accompagna lo sviluppo quando questo avviene in condizioni di patologia.

Comprendere i tanti aspetti che lo caratterizzano comporta disponibilità a confrontarsi non solo sul piano strettamente “neuromotorio”, ma su tutte quelle componenti capaci di influire su cosa significa “camminare” per quel bambino, per sua madre, per suo padre, per i tanti coetanei e adulti che occupano un ruolo importante nel suo mondo.

La storia di molti bambini con PCI viene condensata nella conquista, più o meno riuscita, di una possibile forma di cammino ed è sempre costellata di nostalgia e di rimpianto.

I bambini, tutti i bambini, nel loro processo di crescita e di individuazione, sono chiamati a compiere ed elaborare il distacco dai propri affetti primari, dalla propria casa, dalla propria iniziale comunità, devono imparare la convivenza con figure diverse dai genitori, accettare l'incontro e lo scontro con i coetanei, acquisire il rispetto di nuove regole, assumersi nuove responsabilità.

Nei bambini con PCI, attraverso la conquista del cammino, si misura inevitabilmente una più ampia serie di capacità: il bambino che cammina, parla, pensa, manipola, è in qualche modo già divenuto grande, promuovendo i propri genitori verso la loro responsabilità generativa.

La conquista del cammino diventa perciò prioritaria anche per gli adulti che si prendono cura del bambino, come prioritari diventano gli spazi e i tempi entro cui “esercitare” questa funzione.

È naturale avvertire l'importanza che il cammino riveste nell'ambito della presa in cura dei fisioterapisti, nel coinvolgimento degli insegnanti, nel vissuto dei genitori. Camminare rappresenta l'essenza stessa dell'autonomia, il

più semplice ed evoluto strumento di spostamento dell'uomo, frutto dell'evoluzione compiuta dalla nostra specie in decine di migliaia di anni. Camminare è la tappa fondamentale del percorso evolutivo in senso biologico, psicologico e affettivo. Per molti autori, il processo dello sviluppo segna un passaggio significativo quando capacità e iniziativa portano il bambino ad allontanarsi dal genitore. Mahler (1975) afferma che *“l'essere umano nasce come persona separata e autonoma con la conquista della deambulazione e col conseguimento, immediatamente successivo, di quello stadio dello sviluppo cognitivo che segna, secondo Piaget, l'inizio dell'intelligenza rappresentativa (che culminerà nel gioco simbolico e nel linguaggio). Questi due importanti 'organizzatori' (Spitz, 1998) determinano la nascita psicologica. In questo stadio finale del processo di 'emergenza', il bambino raggiunge il primo livello di identità, cioè diviene un'entità individuale separata”*.

La maturazione neurofisiologica consente al bambino di conquistare autonomamente lo spazio che lo circonda, ma è la “separazione” dall'adulto dal punto di vista emotivo e psicologico, attraverso la possibilità di definirsi come individuo e di distinguersi per una propria mente autonoma, a permettere al bambino di “camminare incontro al mondo”.

Poiché esiste un rapporto interattivo e reciproco fra figlio e genitore, non deve essere solo il bambino a volersi distaccare dalla madre, ma anche il contrario. La madre facilmente proverà, accanto a una grande gioia, anche tanto rimpianto per la fine del rapporto diadico esclusivo che la lega al figlio. Quando il bambino si accorgerà che la madre non è più concentrata su di lui, potrà a sua volta temere di venire abbandonato e metterà in atto comprensibili comportamenti di difesa. Iniziano così le sfide fra bambino e genitori: il bambino vuole affermare la propria libertà, ma vuole essere contemporaneamente sicuro di mantenere stabili i propri riferimenti affettivi.

E per i bambini con PCI?

Nei bambini che frequentano la fisioterapia il cammino tarda ad arrivare alimentando incertezza e timore nei genitori. Il “tirarsi in piedi” è spesso difficoltoso e sempre particolare; il bambino non riesce a raggiungere la stazione eretta autonomamente e per molto tempo necessita dell'aiuto dell'adulto o di supporti a cui potersi aggrappare. Il cammino ha caratteristiche comunque diverse da quelle attese. Le combinazioni dei movimenti sono spesso obbligate, tanto più stereotipe quanto più severa è la forma di PCI. Spesso i genitori faticano a comprendere le strategie utilizzate, percepiscono la fatica, l'insicurezza, la diversità e si domandano quale futuro potrà esserci per un bambino che cammina “così” e come potrà essere accolto dalla società. I punti interrogativi sono sempre troppi, sia per i genitori sia per i fisioterapisti: occorre in entrambi una grande capacità di vivere nell'attesa, nell'incertezza, nel dubbio, di rinunciare a decidere a priori per una sola soluzione per esplorare più strade, sempre con il dubbio di avere poi saputo scegliere quella giusta. Fidarsi del bambino e accettare il suo sperimentare in autonomia, tollerare il rischio e alimentare lo sforzo sono passi difficili quando gli indizi sono poco comprensibili e i risultati del trattamento rieducativo scarsamente prevedibili.

La paura e lo sconforto riemergono senza sosta nella reiterata domanda dei genitori “riuscirà a camminare?”.

Riuscire a spostarsi autonomamente in piedi è per il bambino sano uno straordinario strumento di indipendenza, non solo fisica ma anche psicologica, dall’adulto, sostenuto in questo dall’orgoglio dei propri genitori. Occasioni corrispondenti possono diventare nel bambino con PCI situazioni di delusione, di insuccesso, di invasiva presenza dell’adulto, non immediatamente riconoscibile come violenza ma ugualmente in grado di produrre una ferita profonda nell’identità del bambino, continuamente giocata sul filo del “cosa sa fare, cosa non sa fare”, del “troppo presto, troppo tardi”.

In alcuni casi la stazione eretta e il cammino, limitato a brevi tratti e circoscritto all’ambiente domestico, sono raggiungibili con anni di ritardo e solo grazie a un percorso riabilitativo fatto di “tanta” fisioterapia, ausili e ortesi, farmaci antispastici e interventi chirurgici, sempre che sia presente una forte motivazione nel bambino e altrettanta determinazione nella sua famiglia. Altre volte il cammino emerge in tempi più brevi, ma necessita comunque, almeno nella prima fase, di una presa in cura intensiva (fisioterapia, ortesi, ausili e in alcuni casi farmaci antispastici). In altri casi invece, possono essere i riabilitatori stessi a proporre strategicamente di non accelerare la comparsa del cammino per favorire lo sviluppo di altre funzioni deficitarie, in primo luogo la manipolazione.

Nei bambini con PCI il cammino viene spesso scorporato dal suo ruolo di funzione adattiva in grado di assolvere l’esigenza di conquistare lo spazio per esplorare il mondo, per essere vissuto dai familiari e dai caregiver come il “passaporto” verso la normalità. Diventa allora importante solo il fatto che il bambino cammini il più presto possibile e a qualunque costo. Quando non riesce a farlo, o fa fatica, o non impara nonostante la “tanta” fisioterapia e l’impegno di tutti, diviene colpevole agli occhi di tutti di pigrizia, indolenza e svogliatezza, trasformandosi da vittima ad artefice della propria stessa disabilità.

Indice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Aspetti generali della funzione cammino | 1 |
| 1.1 | Organizzatori della funzione cammino nel bambino sano | 1 |
| 1.2 | Neurofisiologia della funzione cammino <i>A cura di Eugenio Occhi</i> | 3 |
| 1.2.1 | Ruolo delle afferenze periferiche nel controllo della deambulazione | 4 |
| 1.2.2 | Intervento dei centri superiori nel controllo della deambulazione | 5 |
| 1.2.3 | Sviluppo del cammino nel bambino - il contributo dell'analisi strumentale | 5 |
| 1.3 | Cinesiologia del cammino tra normalità e patologia | 8 |
| 1.3.1 | Biomeccanica della stazione eretta e cinesiologia del cammino <i>A cura di Silvia Faccioli</i> | 9 |
| 1.3.2 | Basi per la comprensione e l'interpretazione dei compensi e delle strategie adottate dal SNC per affrontare la patologia | 21 |
| 1.3.3 | Problematiche biomeccaniche e cinesiologiche più frequenti nella PCI | 25 |
| 2 | Valutazione della funzione cammino | 45 |
| 2.1 | Elementi connotativi della funzione cammino | 47 |
| 2.2 | Aspetti motori | 48 |
| 2.2.1 | Errori relativi alle componenti <i>top down</i> | 48 |
| 2.2.2 | Errori relativi alle componenti <i>bottom up</i> | 54 |
| 2.3 | Aspetti percettivi | 54 |
| 2.3.1 | Alterazioni della sensibilità | 54 |
| 2.3.2 | Problemi di tolleranza percettiva | 55 |
| 2.3.3 | Problemi di attenzione e processazione simultanea delle informazioni sensoriali | 65 |
| 2.4 | Esame clinico distrettuale | 65 |
| 2.4.1 | Valutazione della spasticità | 65 |
| 2.4.2 | ROM articolare e muscolare | 66 |
| 2.4.3 | Valutazione del controllo motorio selettivo | 66 |
| 2.4.4 | Valutazione delle deformità scheletriche e delle problematiche articolari associate | 67 |
| 2.5 | Basi per l'interpretazione del segno | 67 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.6 | Valutazione clinica e storia naturale | 71 |
| 3 | Ausili e ortesi per il cammino | 81 |
| 3.1 | Cenni storici | 81 |
| 3.2 | Significato e funzione degli ausili e delle ortesi per il cammino | 82 |
| 3.2.1 | Ausili e ortesi per la stazione eretta | 82 |
| 3.2.2 | Ausili per lo spostamento verticale | 85 |
| 3.2.3 | Ausili per il cammino | 86 |
| 3.2.4 | Ortesi per il cammino | 92 |
| | Approfondimento - Il caso di Anna | 111 |
| 4 | Trattamento fisioterapico nel bambino con PCI | 119 |
| 4.1 | Caso clinico n. 1: Mario | 119 |
| 4.1.1 | Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria | 119 |
| 4.1.2 | Ipotesi interpretative dei segni clinici e obiettivi fisioterapici | 123 |
| 4.1.3 | Proposte di trattamento | 125 |
| 4.2 | Caso clinico n. 2: Filippo | 126 |
| 4.2.1 | Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria | 126 |
| 4.2.2 | Ipotesi interpretative dei segni clinici e obiettivi fisioterapici | 131 |
| 4.2.3 | Proposte di trattamento | 131 |
| 4.3 | Caso clinico n. 3: Roberto | 136 |
| 4.3.1 | Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria | 136 |
| 4.3.2 | Interpretazione dei segni clinici e obiettivi fisioterapici | 139 |
| 4.3.3 | Proposte di trattamento | 139 |
| 4.4 | Caso clinico n. 4: Francesco | 146 |
| 4.4.1 | Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria | 147 |
| 4.4.2 | Ipotesi interpretative dei segni clinici e obiettivi fisioterapici | 148 |
| 4.4.3 | Proposte di trattamento | 149 |
| 4.5 | Caso clinico n. 5: Alessio | 153 |
| 4.5.1 | Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria | 154 |
| 4.6 | Caso clinico n. 6: Federica | 172 |
| 4.6.1 | Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria | 172 |
| 4.6.2 | Ipotesi interpretative dei segni clinici e proposte di trattamento | 175 |
| | Conclusioni | 179 |
| | Bibliografia | 181 |

In questo capitolo affronteremo i temi basilari necessari per comprendere la complessa organizzazione della funzione cammino: dal percorso organizzativo della funzione, ai meccanismi neurofisiologici sottesi; dalla biomeccanica e cinesiologia della stazione eretta e della deambulazione proprie del soggetto sano, alle numerose alterazioni biomeccaniche e cinesiologiche tipiche della patologia.

1.1 Organizzatori della funzione cammino nel bambino sano

Gli organizzatori sono gli elementi costitutivi (potremmo immaginarli come gli ingredienti) che presiedono allo sviluppo della funzione: sono meccanismi innati, cioè trasmessi geneticamente, e comprendono riflessi, reazioni, automatismi e moduli motori primari. Da soli essi non costituiscono la funzione ma assemblati fra loro sotto l'influenza dei modelli e del contesto permettono di realizzarla (sviluppo epigenetico secondo Changeux, 1983).

I principali organizzatori del cammino sono costituiti dalla reazione di sostegno, dalle reazioni di raddrizzamento assiale e rotazionale, dalla reazione segnapassi, dalla reazione di piazzamento, dai paracadute e dagli equilibri (Bertozzi et al., 2002). Secondo Boccardi (1984) tutti i bambini che abbiano completato lo sviluppo di queste reazioni riescono a camminare. Perché la funzione cammino si possa esprimere adeguatamente, occorre che gli organizzatori siano conservati e che si integrino in modo armonico ed equilibrato fra loro. Milani Comparetti (1985) parlava

a questo proposito di interazione competitiva, ovvero una sorta di equipollenza degli organizzatori che devono potersi integrare l'uno con l'altro. Se manca la reazione di sostegno, gli altri elementi risultano inutilizzabili; se vi è solo la reazione segnapassi, il bambino riesce a compiere dei piccoli passi quando viene sostenuto alle spalle da un adulto, ma non assume la responsabilità del carico e soprattutto non integra lo spostamento con la fissazione dell'asse corporeo e con l'equilibrio. Nell'uso del girello a mutandina, per esempio, il bambino esercita la reazione segnapassi (anche in velocità) senza evocare né la reazione di sostegno, né i paracadute, né gli equilibri. Sarà inevitabilmente esposto a cadute incomprensibili al momento in cui tenterà i primi passi in autonomia.

Cercheremo di esaminare come i vari organizzatori del cammino si combinano tra loro nel corso dello sviluppo, rimandando per una descrizione più approfondita di ciascuno di essi al capitolo 7 sul controllo posturale del primo volume (Borelli et al., 2013 par 7.2).

La motricità per la vita di relazione (o extrauterina) ha inizio con la maturazione della reazione di sostegno che, partendo dai piedi, va verso il capo (reazione propulsiva di Milani), e con lo sviluppo del raddrizzamento assiale che comincia invece dal capo e procede in direzione caudale (Milani Comparetti e Gildoni, 1976; Milani Comparetti, 1985). È necessario sottolineare l'importanza del controllo del capo nella strutturazione delle competenze posturali, in quanto rappresenta l'acquisizione che permette al bambino di orientare il corpo nello spazio tenendo conto della forza di gravità. Tale controllo è guidato dalla catena dei riflessi di raddrizzamento estero e pro-

priocettivi del collo e del tronco (Magnus, 1924; Rademaker, 1926), dai riflessi vestibolari e dalle informazioni ottiche, integrati a livello mesencefalico. Fra questi finisce per dominare la vista, il telerecettore che anticipa, accompagna e corregge il movimento, dirigendo i segmenti del corpo nello spazio peripersonale¹.

Il controllo del capo in posizione prona facilita il sollevamento del cingolo scapolare e permette l'appoggio sugli avambracci. Quando la competenza al raddrizzamento raggiunge la zona dorso-lombare, il bambino può estendere i gomiti e affidarsi al solo appoggio delle mani.

La posizione supina favorisce il raddrizzamento rotatorio-derotativo, che organizza la rotazione fra i diversi segmenti del corpo, in particolare fra i cingoli. Se imprimiamo al neonato una rotazione al cingolo pelvico, il cingolo scapolare e il capo tendono a seguire il movimento; così come, se ruotiamo il capo, sono i segmenti sottostanti a riallinearsi automaticamente rispetto ad esso. Quando maturano le reazioni di raddrizzamento rotatorio-derotativo, il bambino acquisisce la capacità di dissociare fra loro i cingoli, superando il cosiddetto carattere *en bloc*, e diventa per lui possibile rotolare da supino a prono e viceversa.

All'età di 5-6 mesi matura il raddrizzamento del tronco, assiale e rotazionale, e iniziano a comparire le prime reazioni paracadute. Tali acquisizioni permettono al bambino di organizzare la posizione seduta con l'appoggio degli arti superiori. Raggiunto il raddrizzamento della regione lombopelvica, affinati i paracadute e sperimentate le prime reazioni di equilibrio statico, il bambino è in grado di conquistare la posizione seduta autonoma e di mantenerla senza impiego degli arti superiori. Questa competenza rappresenta un appuntamento molto importante dello sviluppo ed è il prerequisito indispensabile per l'acquisizione della manipolazione e della locomozione.

Acquisita la posizione seduta, il bambino che sente l'esigenza di spostarsi nello spazio per esplorare, raggiungere, scoprire ecc. può scegliere fra diverse modalità di locomozione: lo striscia-

mento, lo *shuffling* (spostamento da seduto), il gattonamento, l'andatura "a elefante" ecc.

In un'epoca variabile tra gli 8 e i 14 mesi di vita, secondo le caratteristiche individuali, culturali e ambientali, il bambino inizia a organizzare la stazione eretta. Il mettersi in piedi non è solo frutto di una precisa spinta biologica dovuta alla maturazione, ma è anche un'esperienza sociale di imitazione e di interazione con le persone e con l'ambiente circostante.

Prerequisiti al raggiungimento della stazione eretta sono la maturazione di una buona reazione di sostegno, del raddrizzamento assiale e rotazionale, di una sufficiente stabilità dell'asse corporeo (fissazione), delle reazioni paracadute agli arti inferiori e superiori e degli equilibri statici.

Come avviene per l'organizzazione dello spostamento a terra, esistono diverse modalità con cui i bambini possono fare le prime esperienze di stazione eretta: per alcuni, per esempio, è sufficiente mantenere in appoggio entrambe le mani su di un supporto stabile poiché hanno già sviluppato una fissazione prossimale adeguata; altri necessitano dell'afferramento per sfruttare la fissazione distale e compensare l'instabilità dell'asse corporeo; altri, oltre a sfruttare l'afferramento delle mani, appoggiano il bacino contro un sostegno per vicariare il controllo dell'asse corporeo; altri ancora si avventurano a sperimentare la stazione eretta solo con l'aiuto protettivo di un adulto ecc.

Nel momento in cui il bambino acquisisce un discreto controllo dell'asse e una buona fissazione prossimale, può liberare una mano dalla funzione di sostegno e utilizzarla per la manipolazione. La maggiore stabilità sugli arti inferiori e un equilibrio più competente gli consentono di saggiare progressivamente la possibilità di stare in piedi senza appoggio degli arti superiori, affidando completamente a quelli inferiori la responsabilità del carico.

Il problema fondamentale che il bambino deve affrontare e risolvere per iniziare a camminare è quello di mantenere il peso del corpo in equilibrio su un solo arto mentre l'altro viene sollevato e avanzato nello spazio. Quando si consolida la stabilità sugli arti inferiori e aumenta l'equilibrio, il bambino può liberare un arto inferiore dai compiti di sostegno. Diviene possibile passare

¹ *Spazio peripersonale*: spazio prossimo che circonda il corpo ed è percorso dai movimenti degli arti.

il peso da un piede all'altro per spostarsi in laterale senza abbandonare l'appoggio degli arti superiori. Questa forma di locomozione, detta cammino laterolaterale o "navigazione costiera", conferisce autonomia allo spostamento in verticale prima della comparsa del cammino autonomo. Alcuni lattanti organizzano uno spostamento in ortostatismo spingendo una sedia o un oggetto simile, preferendo la locomozione in avanti rispetto alla navigazione costiera. Inizialmente è facile che il bambino possa cadere perché l'equilibrio è ancora precario; alcuni compensano l'instabilità aumentando la velocità e andando a fermarsi vicino a un appoggio sicuro, altri interrompendo periodicamente il movimento per ricalibrarsi fra un passo e l'altro.

Il bambino può servirsi anche di altre strategie di compenso alla precarietà dell'equilibrio, come allargare la base di appoggio e oscillare sul piano frontale, mantenendo gli arti superiori in posizione di "guardia", alta o media o bassa, pronti a difenderlo da una possibile caduta in avanti, o irrigidendo alcuni distretti articolari per semplificarne il controllo.

Quando il bambino inizia a camminare, come durante tutte le prime settimane, l'appoggio del piede a terra avviene di pianta e talvolta di punta; solo dopo circa tre mesi l'appoggio acquisisce stabilmente la modalità tacco-punta, propria del cammino maturo (Ferrari et al., 1985). Per conferire velocità al cammino è infine fondamentale la comparsa degli equilibri dinamici².

Il cammino autonomo costituisce la sintesi di tutte le competenze motorie acquisite nel corso del primo anno di vita. Il bambino può cominciare a camminare tra i 10 e i 18 mesi circa: che cosa può influire sull'emergere di questa funzione oltre alla maturazione delle componenti neurologiche? Innanzitutto il carattere: i bambini più temerari si proiettano verso lo spazio aperto, desiderosi di arrivare subito all'obiettivo; i più cauti si spostano da un appoggio all'altro prima di staccarsi;

i più paurosi, infine, si lasciano influenzare dalle prime cadute, ritardando anche di diverse settimane l'esordio del cammino autonomo.

Anche l'ambiente e la comunità sociale in cui il bambino vive possono esercitare una notevole influenza sui tempi di acquisizione della funzione cammino: pensiamo per esempio come i coetanei che si spostano a gattoni rappresentino un modello da imitare sostanzialmente diverso dagli adulti, che attendono impazienti di vedere il piccolo emanciparsi e affiancarsi a loro.

1.2 Neurofisiologia della funzione cammino

a cura di Eugenio Occhi

I primi studi sul controllo nervoso del cammino sono di TG Brown e risalgono al 1911. Volti a identificare le strutture implicate nell'attivazione dei pattern di base del cammino, questi studi hanno dimostrato la presenza nei subprimati di reti neurali, contenute interamente nel midollo spinale, responsabili della generazione dei movimenti ritmici complessi propri della deambulazione. Questi circuiti (CPG, *central pattern generator*) hanno dimostrato di essere in grado, da soli, di consentire l'innescio dei movimenti tipici della deambulazione, indipendentemente dal controllo esercitato dai centri superiori e dalle informazioni provenienti dalla periferia recettoriale. Successivi esperimenti di separazione completa del midollo spinale dai centri sopraspinali e di sezione delle radici posteriori effettuati sui subprimati hanno portato alla medesima conclusione (Grillner, 1973, 1981; Taub, 1976).

A differenza dei gatti e di altri animali quadrupedi, l'uomo con lesione spinale completa non è in grado di attivare il pattern locomotorio se posto in sospensione su un nastro trasportatore. Alcune osservazioni hanno invece dimostrato l'attivazione dello schema primitivo del passo (marcia automa-

² Nell'equilibrio dinamico il corpo reagisce con un movimento di massa, non scomponibile in singoli aggiustamenti, salvo che per il capo che tende a mantenersi eretto. Per compensare un'accelerazione angolare, occorre inclinare il corpo nella stessa direzione, ma in verso opposto a quello della forza centrifuga. La proiezione del baricentro viene così a cadere al di fuori della base d'appoggio. Al termine dell'accelerazione, quando la base d'appoggio ritorna ferma, il corpo tende a perpetuare il moto per inerzia. A questo punto entrano in funzione gli equilibri statici e, se questi non sono sufficienti, le reazioni paracadute.

tica) in neonati anencefalici sopravvissuti per qualche giorno dopo la nascita (Peiper, 1961). Quest'ultimo dato, insieme all'osservazione che lo schema della marcia automatica è attivo nel feto e nel neonato, dove i centri inferiori sono ancora in gran parte disconnessi dai centri superiori, suggerisce la presenza anche nell'uomo di circuiti neuronali di base geneticamente predeterminati (CPG), localizzati a livello sottocorticale (Crenna, 1985).

La maggior parte dei modelli di CPG prevede l'esistenza di due centri tra loro accoppiati, uno dei quali genera il segnale che sarebbe destinato ai muscoli attivi durante la fase di sospensione, mentre l'altro sarebbe responsabile dell'attivazione dei muscoli implicati nella fase d'appoggio. Viene anche ipotizzata l'esistenza di un CPG per ciascun arto (Crenna, 1985).

1.2.1 Ruolo delle afferenze periferiche nel controllo della deambulazione

Il CPG è in grado di attivare le sinergie elementari caratteristiche della deambulazione (reazione segnappassi). Per garantire la naturale e armoniosa espressione dell'attività deambulatoria e fare sì che la reazione segnappassi, automatica e stereotipata, venga trasformata in cammino funzionale, è necessario che tale reazione sia sostenuta da un adeguato supporto posturale e possa essere adattata in ogni istante alle condizioni dell'ambiente esterno (Forsberg et al., 1975; Andersson e Grillner, 1981; Crenna e Frigo, 1983; Crenna, 1985).

Le afferenze periferiche rivestono quindi un ruolo fondamentale per il controllo della deambulazione: raccolgono le informazioni necessarie per l'organizzazione dell'azione, segnalano eventuali errori nell'esecuzione guidandone la correzione e, infine, avvisano della presenza di elementi perturbanti esterni inaspettati che esigono risposte adattive immediate (riflessi).

La vista identifica l'obiettivo da raggiungere, indica la direzione da seguire e rivela la presenza di eventuali ostacoli che possano richiedere una modificazione dell'azione; i propriocettori segnalano la posizione e i movimenti degli arti (recet-

tori articolari e muscolari), le lunghezze e le tensioni muscolari (fusi neuromuscolari e organi del Golgi), l'orientamento e le variazioni di posizione del capo (recettori vestibolari); i recettori cutanei, infine, indicano le pressioni e le trazioni esercitate dal movimento sulla cute.

Particolarmente interessanti sono gli studi riguardanti l'influenza delle afferenze provenienti dai recettori muscolari e labirintici nel controllo della deambulazione. Le afferenze propriocettive provenienti dai fusi neuromuscolari sarebbero responsabili del passaggio dalla fase di appoggio a quella di sospensione per effetto dell'innesco del riflesso da stiramento dei muscoli flessori dell'anca (ileopsoas e retto femorale) nella fase terminale dell'appoggio; questi, stirati, si contraggono dando inizio alla fase di sospensione. Viceversa, gli estensori dell'anca (ischiocrurali e glutei) interverrebbero nell'oscillazione terminale per dare inizio alla fase di appoggio (Forsberg et al., 1975).

Le afferenze provenienti dai labirinti (macule e creste acustiche) segnalano le accelerazioni lineari e angolari del capo nello spazio, ovvero l'inizio e la fine di un moto lineare, quali l'avvio o l'arresto di una marcia in linea retta e l'inizio e la fine delle rotazioni del capo su qualsiasi piano dello spazio, come avviene nell'affrontare una curva o un cambiamento di pendenza. In queste situazioni, il mantenimento dell'equilibrio del corpo, che tenderebbe a cadere per effetto delle forze gravitazionali e inerziali (caduta all'indietro in occasione dell'avvio o dell'aumento della velocità del cammino in linea retta, caduta in avanti in occasione dell'arresto o della riduzione della velocità del cammino in linea retta, caduta verso l'esterno durante una curva per azione della forza centrifuga ecc.) è garantito dall'attivazione dei riflessi vestibolospinali e quindi della muscolatura degli arti e del tronco che si oppone alla caduta (aggiustamento posturale). Si noti come sia le sensibilità dei recettori sia le risposte alla loro attivazione siano modulate finemente dai centri superiori, nel senso che questi ultimi sono in grado di regolare la soglia di eccitabilità dei recettori periferici e di influenzare l'entità di risposta riflessa alla loro attivazione (incremento-inibizione) in base alle necessità del momento.

1.2.2 Intervento dei centri superiori nel controllo della deambulazione

Oltre che alle afferenze periferiche, i CPG sono normalmente soggetti a un controllo costante da parte dei centri superiori. Come qualsiasi azione messa in atto per soddisfare un bisogno biologicamente significativo, il cammino è il risultato di un complesso processo centrale e periferico dove gli aspetti motivazionali, percettivi, cognitivi, organizzativi, esecutivi e di controllo sono strettamente integrati. Vi è sempre un intervento cosciente nell'organizzazione/controllo del cammino, delegata alle parti più "nobili" del cervello (aree associative della corteccia, in particolare i lobi prefrontali), ai quali spetta la formulazione degli scopi, il controllo generale e la verifica dei risultati dell'azione. Inoltre vi è sempre un controllo automatico del cammino, deputato al controllo dei dettagli esecutivi, degli aggiustamenti posturali, dell'equilibrio e delle eventuali correzioni dell'azione in corso d'opera, delegato a strutture filogeneticamente più antiche (gangli della base, cervelletto, tronco dell'encefalo, aree corticali primarie).

La reazione segnappassi, pattern di base del cammino, ne costituisce un ingrediente fondamentale, incapace però di per sé di realizzare un'azione competente se non inserito all'interno di un sistema funzionale comprendente strutture cortico-sottocorticali e periferiche operanti in armonia (sistema funzionale della locomozione).

La dimostrazione della necessità dell'interazione armonica tra strutture centrali e periferiche e, d'altra parte, dei limiti della attivazione dei soli CPG per la realizzazione della funzione deambulatoria matura, viene dall'osservazione del cammino del neonato, nel quale i centri inferiori sono in gran parte ancora disconnessi dai centri superiori, e del cammino dei bambini con PCI, nel quale la lesione centrale altera l'armonica integrazione tra le diverse componenti del sistema funzionale deambulatorio. In tutti questi casi, le sinergie basali del cammino possono ancora essere presenti, ma sono incapaci di coniugarsi con altri elementi essenziali per poter realizzare una funzione competente: può essere assente la con-

sapevolezza degli scopi, o possono essere presenti difetti della sfera affettiva-percettiva-cognitiva con conseguente incapacità di organizzare l'azione (incapacità di utilizzo del repertorio disponibile per l'organizzazione dell'azione, difetti di orientamento e di direzionamento, difficoltà di integrazione visuocinestesica ecc.), o difetti inerenti il controllo posturale (reazioni di equilibrio, di soppesamento ecc.) o l'aggiustamento dell'azione in corso d'opera.

1.2.3 Sviluppo del cammino nel bambino - il contributo dell'analisi strumentale

Comprendere la meccanica del cammino mentre la funzione si va costruendo è un requisito fondamentale per limitarne i disordini nell'infanzia e nell'adolescenza. Lo studio dello sviluppo del cammino in condizioni patologiche può offrire inoltre contributi di grande valore alla costruzione di un modello attendibile del funzionamento del SNC nei confronti della motricità in generale e della locomozione in particolare. Per questo, come premessa allo studio del cammino nella PCI, riporteremo alcuni dati tratti dalla letteratura e dalle indagini condotte presso il Centro di Bioingegneria della Fondazione pro Juventute Don Gnocchi di Milano sugli aspetti biomeccanici del cammino nel corso dello sviluppo. Il confronto fra i diversi parametri, le loro modificazioni durante il passo e le variazioni subite per azione della maturazione del SNC possono infatti offrire un valido contributo anche sul piano riabilitativo per definire non soltanto come il bambino cammina, ma anche per quale motivo cammina così (Boccardi e Licari, 1986; Sutherland, 1988, 1997).

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche cinematiche (velocità, lunghezza, frequenza del passo, larghezza, traiettorie del baricentro, fasi temporali del passo, spostamenti dei segmenti nello spazio, variazioni angolari nei tre piani dello spazio), cinetiche (forze in gioco) e neuromuscolari (studio elettromiografico degli interventi muscolari) del cammino al momento della sua acquisizione e nel corso del suo sviluppo.

- **Velocità.** La velocità libera del cammino del bambino è inferiore a quella dell'adulto e aumenta progressivamente con l'età in proporzione lineare con la crescita in altezza (Fig. 1.1). La velocità del cammino dipende dalla **lunghezza** e dalla **frequenza** del passo³. Il suo progressivo incremento è legato a un aumento della lunghezza del passo (Fig. 1.2), mentre la frequenza tende a ridursi, soprattutto nei primissimi anni di vita (Fig. 1.3).
- **Larghezza del passo** (distanza sul piano frontale tra gli appoggi dei due piedi). All'esordio del cammino, a causa dell'instabilità posturale, è in proporzione decisamente maggiore che nell'adulto; si riduce poi progressivamente.
- **Traiettorie del baricentro.** Il bambino, rispetto all'adulto, presenta un aumento dello spostamento laterale del baricentro legato alla maggiore larghezza del passo.
- **Fasi temporali del passo.** Quando incomincia a camminare, il bambino rimane in appoggio con il piede a terra per un tempo maggiore rispetto all'adulto, fino a circa il 70% del ciclo del passo (Boccardi e Licari, 1986). Negli anni successivi la durata dell'appoggio si riduce progressivamente raggiungendo intorno ai 7 anni i valori dell'adulto (Fig. 1.4).
- **Spostamenti dei segmenti nello spazio.** Nelle fasi iniziali del cammino il contatto con il terreno avviene in genere di punta, con tronco e bacino lievemente inclinati in avanti e arti superiori atteggiati "a guardia alta" (Boccardi e Licari, 1986; Sutherland, 1997). Questa caratteristica tende rapidamente a modificarsi nel tempo e si riduce fino a scomparire al terzo anno di vita, tranne che in caso di patologia.
- **Variazioni angolari nei tre piani dello spazio.** A 1 anno di età, l'anca durante l'appoggio è sempre in leggera flessione e non raggiunge l'estensione completa. In fase di sospensione è costantemente extraruotata e l'angolo di flessione è maggiore che nell'adulto. Dopo i 2

anni, la cinematica di questa articolazione è sovrapponibile a quella dell'adulto. All'inizio del cammino il ginocchio è quasi completamente esteso; intorno ai due anni si assiste in-

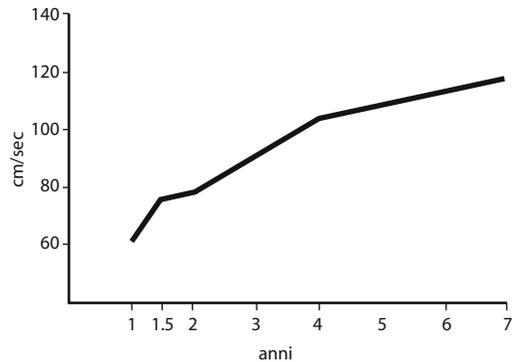


Fig. 1.1 Variazioni della velocità media del cammino in cm/s in rapporto all'età (Boccardi e Licari, 1986). Richiesta autorizzazione

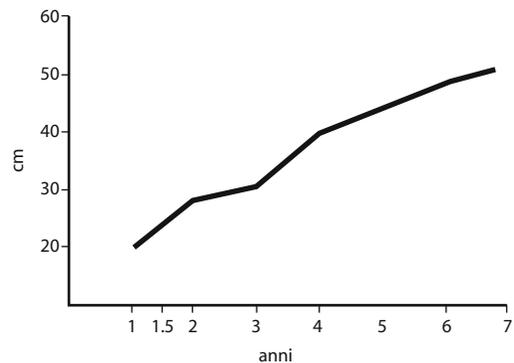


Fig. 1.2 Variazioni della lunghezza media del passo in cm in rapporto all'età (Boccardi e Licari, 1986). Richiesta autorizzazione

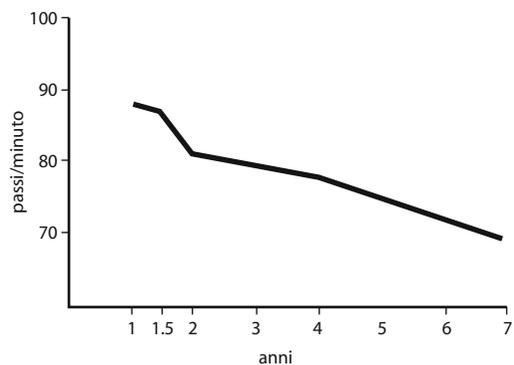


Fig. 1.3 Variazioni delle frequenze del passo (numero di passi al minuto) in rapporto all'età (Boccardi e Licari, 1986). Richiesta autorizzazione

³ *Lunghezza del passo:* la distanza sul piano sagittale tra due appoggi consecutivi dello stesso piede. *Lunghezza del semi-passo:* la distanza sul piano sagittale tra l'appoggio di un piede e l'appoggio del controlaterale. *Frequenza del passo:* è il numero di passi compiuti nell'unità di tempo.

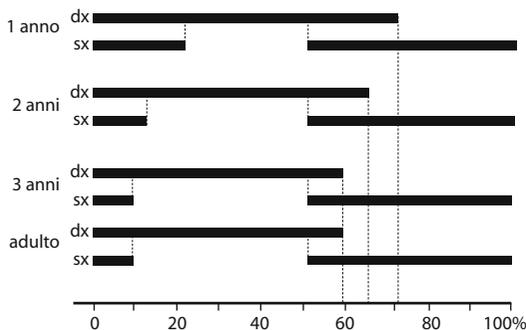


Fig. 1.4 Rapporto tra fase d'appoggio e fase di sospensione a 1, 2, e 3 anni e nell'adulto, in percentuale sulla durata totale del passo. Il segmento tra due linee verticali tratteggiate corrisponde al doppio appoggio. Si noti come, nelle fasi iniziali del cammino indipendente, l'appoggio si prolunghi fino al 70% del ciclo del passo, e come le fasi di doppio appoggio siano molto più lunghe di quelle dell'adulto (Boccardi e Licari, 1986). Richiesta autorizzazione

vece a un aumento della flessione rispetto all'adulto, alla quale si accompagna una maggiore flessione dorsale della tibiotarsica. La tibiotarsica, nei primi passi, è in flessione plantare al contatto iniziale (appoggio di punta). Inoltre la flessione dorsale è ridotta nella fase intermedia dell'appoggio, con conseguente ridotta flessione del ginocchio, e nella fase di sospensione (Boccardi e Licari, 1986). Dopo i 2 anni, si assiste a un aumento della flessione dorsale di questa articolazione nella fase intermedia dell'appoggio (valori superiori a quelli dell'adulto). A 3 anni le variazioni angolari sono simili a quelle del cammino maturo.

- **Cinetica.** Molte informazioni utili sulla cinetica del cammino provengono dagli studi effettuati presso i laboratori del passo dove ven-

gono registrate, istante per istante, attraverso l'utilizzo di piattaforme dinamometriche, le forze di reazione del terreno (GRF, *ground reaction force*) alle forze scaricate su di esso dal piede in fase d'appoggio, risultanti delle forze gravitazionali e inerziali. Ciascun vettore rappresentante la GRF può essere scomposto in una componente verticale, in una componente anteroposteriore e in una componente laterolaterale (queste ultime due componenti corrispondono all'attrito al suolo). I diagrammi rappresentanti l'andamento della GRF (vettogramma) nel bambino e nell'adulto (Fig. 1.5) evidenziano come le forze esterne (gravità e inerzia, essenzialmente, e forza di reazione del terreno) vengano diversamente utilizzate nei due casi per la realizzazione del cammino⁴. La sovrapposizione del vettore rappresentante la forza di reazione del terreno all'immagine del soggetto (videovettogramma) consente di risalire ai momenti esterni generati da questa forza sulle articolazioni portanti in ogni fase dell'appoggio (forza di reazione del terreno moltiplicata per il braccio di leva di questa forza rispetto all'articolazione considerata), e quindi alle forze interne necessarie per stabilizzare le articolazioni stesse (Fig. 1.6).

- **Eventi muscolari.** Nella Figura 1.7 sono rappresentati in forma schematica gli interventi di alcuni muscoli fondamentali impiegati nel cammino all'età di 1, 2, 7 anni e nell'adulto. Si può notare come schemi chiaramente differenti da quelli dell'adulto si abbiano solo a un anno di vita, dove il tricipite appare contratto a partire dalla fase terminale della sospensione fino alla fase terminale dell'appoggio, il che

⁴ Il cammino, come tutte le azioni compiute in ambiente gravitazionale, è il risultato dell'interazione tra forze esterne (gravità, inerzia, attriti, GRF) e forze interne (forze muscolari attive e passive, tensioni passive delle parti molli). Nella persona senza deficit neurologici, il SNC sfrutta, fin dove è possibile, le forze esterne, lasciando ai muscoli, attraverso interventi attivi di breve durata e di contenuta intensità, un ruolo soprattutto di controllo dell'effetto delle prime. Le contrazioni muscolari, sia durante la fase d'appoggio sia durante la fase di sospensione (oscillazione), sono infatti per lo più di tipo eccentrico, con azione di freno – arresto dei movimenti generati dai momenti esterni – mentre sono le forze esterne le principali responsabili della produzione dei movimenti segmentari (è praticamente solo nell'ultima fase dell'appoggio, caratterizzata dalla spinta del piede verso il basso e l'indietro, che i muscoli lavorano in contrazione concentrica per imprimere al corpo l'accelerazione in alto e in avanti, sviluppando una notevole potenza). In questo modo, con l'aggiunta del fatto che nella produzione di forze interne un certo contributo viene dato dalle componenti passive, l'organismo può lavorare con la massima efficienza (efficacia ed economia).

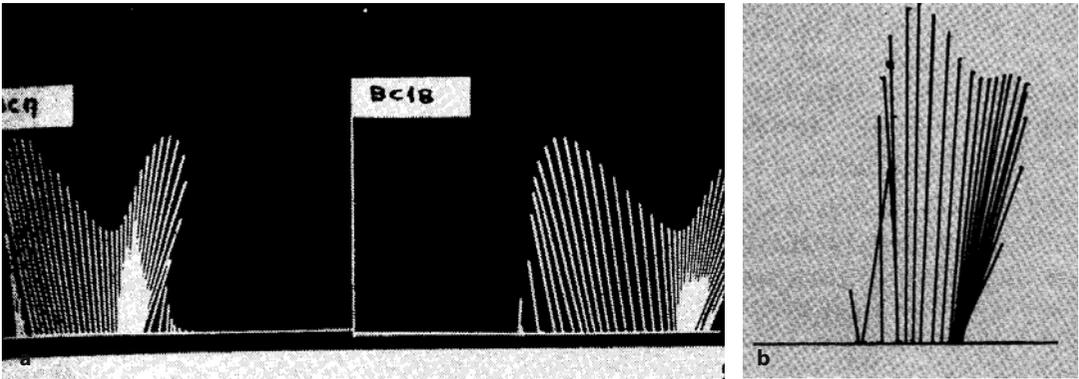


Fig. 1.5 **a** Vettogramma del passo destro e del passo sinistro di un adulto sano che cammina a 56 passi al minuto; **b** vettogramma di un bambino di un anno e mezzo che cammina a 85 passi al minuto. Si noti come nell'adulto siano maggiori le componenti anteroposteriori delle forze di reazione del terreno (Boccardi e Licari, 1986). Richiesta autorizzazione

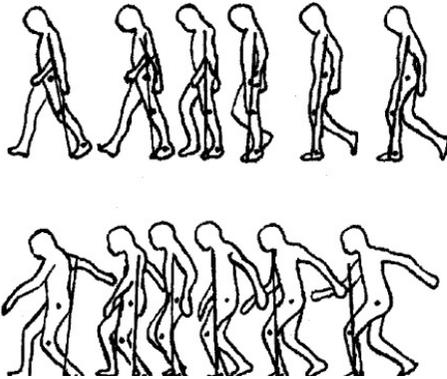


Fig. 1.6 Videovettogramma del cammino di un bambino normale (*sopra*) e di un bambino spastico (*sotto*); si noti come i momenti esterni da controllare (dati dal prodotto della forza di reazione del terreno per il braccio di leva di quest'ultima rispetto ai centri di rotazione articolari) siano molto maggiori nel bambino spastico. Questo, ovviamente, determina un incremento delle forze interne mio-articolari necessarie per stabilizzare le articolazioni portanti (Sutherland, 1978). © Elsevier, con autorizzazione

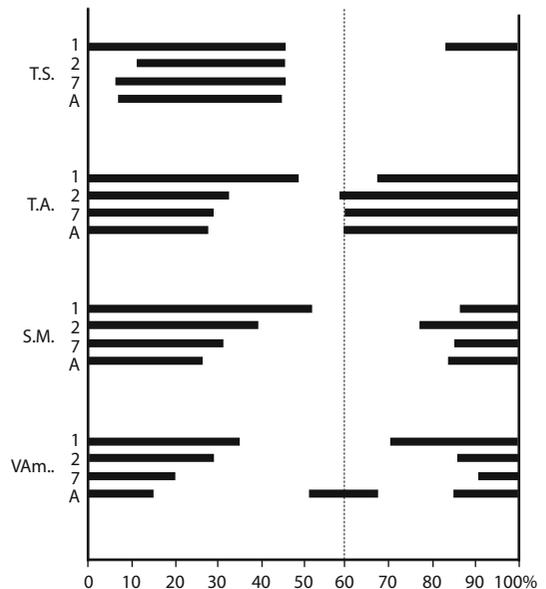


Fig. 1.7 Attivazione muscolare durante il ciclo di un passo a diverse età. *TS*, tricipite surale; *TA*, tibiale anteriore; *SM*, semimembranoso; *VAm*, vasto mediale (Boccardi e Licari, 1986). Richiesta autorizzazione

giustifica, come evidenziato in precedenza, il comportamento cinematico della tibiotarsica. Gli altri muscoli, inizialmente attivi per tempi più lunghi che nell'adulto, tendono progressivamente a ridurre la durata del loro intervento a seguito del perfezionamento del controllo neuromuscolare, fino a raggiungere schemi di attivazione sovrapponibili a quelli tipici del cammino maturo.

1.3 Cinesiologia del cammino tra normalità e patologia

Se vogliamo parlare di stazione eretta e delle forze interne ed esterne che concorrono al suo mantenimento, è bene fare una premessa: la struttura del nostro corpo non è stata costruita per la stazione eretta. Il corpo umano infatti è impostato

strutturalmente lungo un asse verticale eccentrico rispetto al quale gli organi interni sono disposti a sbalzo; inoltre, la base d'appoggio dell'intero sistema si estende prevalentemente verso l'avanti (avampiede) e non altrettanto all'indietro (tuberosità calcaneare). Tale disposizione è altamente svantaggiosa in termini di equilibrio statico e richiede un'elevata capacità di controllo motorio.

Dal punto di vista biomeccanico, il funzionamento dell'uomo "erectus" è, effettivamente, molto complesso, tanto che una parte importante del cervello è di fatto impegnata nel controllo motorio necessario al mantenimento dell'equilibrio, aspetto poco comprensibile se non si considera il fatto che non siamo originariamente nati per stare in piedi. In posizione quadrupede, infatti, la nostra struttura corporea è biomeccanicamente più vantaggiosa: essa è costituita da quattro colonne (gli arti) unite da due coppie di travi (i cingoli scapolare e pelvico), che sostengono a loro volta una trave portante centrale (il rachide) cui sono "appesi" gli organi interni, come panni stesi su un filo. In tale posizione, l'equilibrio è più stabile perché il baricentro è più basso e la sua proiezione viene a trovarsi al centro di un grande poligono di appoggio.

Molte strutture corporee testimoniano ancora le nostre origini posturali quadrupediche, primo fra tutti il sistema nervoso centrale. Considerando l'innervazione periferica, osserviamo che i dermatomeri sacro-coccigei corrispondono a metameri più arretrati rispetto a quelli relativi ai piedi poiché, in posizione quadrupede, è proprio il coccige (da cui partirebbe la coda) la zona del corpo più distante dal cranio. L'orientamento dei dermatomeri degli arti è un ulteriore esempio: sono paralleli soltanto se analizzati in posizione quadrupede.

Considerando poi la conformazione dello scheletro, la massima centratura dell'anca si ottiene quando la gamba è flessa, addotta ed extraruotata, ovvero nella posizione quadrupede (la stessa che usiamo terapeuticamente per correggere la displasia congenita del lattante). Il passaggio alla stazione eretta ha fatto sì che l'acetabolo ricopra solo in parte e asimmetricamente la testa femorale; in questo senso possiamo considerare la lussazione dell'anca la conseguenza di un'evolu-

zione biologica recente che non ha ancora rimodellato sufficientemente tutti i nostri organi per affrontare il "nuovo" assetto posturale.

Anche la scoliosi rappresenta una conseguenza del processo evolutivo: il rachide, costruito per essere una trave (orizzontale), si trova ora a essere sollecitato in senso verticale, trasformato cioè in colonna, con riduzione della sua stabilità.

Il passaggio dalla posizione quadrupedica a quella bipedica fa parte del percorso evolutivo compiuto dalla nostra specie e testimonia la relazione tra due fattori: l'ambiente, che impone all'individuo situazioni nuove e particolari, e la specie, che si difende sviluppando individui in grado di adattarsi e di costruire funzioni alternative, per poter non solo sopravvivere, ma vivere al meglio nel nuovo ambiente. Nel corso dell'evoluzione, l'uomo ha progressivamente liberato gli arti anteriori, trasformandoli in arti superiori, sottraendoli ai compiti di sostegno per destinarli a quelli manipolativi (con passaggio della risposta antigravitaria dall'estensione alla flessione), mentre gli arti posteriori (inferiori) hanno continuato a svolgere la primitiva funzione di organi di sostegno antigravitario (con risposta in estensione) e di propulsione.

1.3.1 Biomeccanica della stazione eretta e cinesiologia del cammino

a cura di Silvia Faccioli

Se vogliamo studiare gli effetti della forza di gravità (FG) durante la stazione eretta e il cammino, dobbiamo valutare da un lato gli effetti della FG relativi alla stazione articolare presa in esame, strettamente dipendenti dalla massa di corpo posta sopra l'articolazione considerata (centro di massa relativo), dall'altro la relazione esistente tra la proiezione del baricentro generale e la base d'appoggio, responsabile dell'equilibrio complessivo. Nella gestione del sistema assume grande importanza l'azione dei muscoli antigravitari, ovvero di quei muscoli che si oppongono al momento esterno della forza di gravità che tende a modificare l'assetto del sistema. I muscoli antigravitari variano in base alla posizione al suolo e

all'inclinazione della forza di reazione del terreno (GRF), e secondo la posizione che si vuole mantenere.

In stazione eretta, la GRF passa intorno all'asse trasverso condotto per le articolazioni coxo-femorali (abituamente anteriormente a esso, anche se con possibili differenze in base alla conformazione del soggetto), dietro agli assi delle ginocchia e davanti agli assi delle tibiotarsiche. Osservando il soggetto sul piano sagittale con il volto rivolto a oriente, e ipotizzando l'assenza della forza muscolare, il bacino si fletterebbe a opera del momento esterno flessorio creato dalla massa sovrastante le articolazioni coxo-femorali (il complesso capo-tronco-arti superiori che si proietta in avanti), le ginocchia si fletterebbero (con le cosce che si inclinano all'indietro portando i segmenti sovrastanti posteriormente), le tibiotarsiche si fletterebbero anteriormente, cioè dorsalmente.

Per mantenere la stazione eretta è necessaria l'azione dei muscoli antigravitari, che in questo caso sono rappresentati dagli estensori dell'anca (glutei e ischiocrurali) per evitare la flessione del bacino sulle cosce, dall'apparato estensorio del ginocchio (vasti e retto femorale) per impedire la flessione delle ginocchia, e dai plantiflessori della tibiotarsica (soleo e gastrocnemi) per frenare la flessione dorsale delle gambe sui piedi. Se consideriamo ipoteticamente la stazione eretta di un soggetto con marcata estensione dell'anca, vedremo variare l'azione antigravitaria di alcuni dei gruppi muscolari: l'assetto posturale risulta infatti modificato in quanto la GRF passa posteriormente all'asse trasverso dell'anca, chiamando a compiti antigravitari i muscoli flessori dell'anca (ileopsoas e retto femorale), aiutati nella loro azione dal legamento ileofemorale di Bertin, anziché gli estensori.

Anche il cammino in ambiente ecologico è variabilmente condizionato dalle caratteristiche individuali (per esempio, asimmetrie scheletriche, strategie locomotorie, abbigliamento), così come dalle condizioni ambientali (per esempio, salita, discesa, terreno disconnesso, ostacoli) e dalle esi-

genze funzionali (per esempio, attività manipolativa, trasporto di oggetti ecc.). Nonostante la grande variabilità interindividuale, esiste uno schema di base comune: è cioè possibile individuare elementi costitutivi comuni che connotano il cammino e ne permettono l'analisi.

Per semplificazione e convenzione, quando si parla di cammino "normale" si intende il cammino su terreno piano, verso l'avanti, a velocità costante.

Gli elementi in gioco sono l'*unità locomotrice* (gli arti inferiori che trasportano) e l'*unità passeggero*, che gli anglosassoni chiamano HAT (*head-arms-trunk*), cioè capo-braccia-tronco. L'HAT ha un ridotto ruolo funzionale nel cammino fisiologico: capo e tronco devono mantenersi allineati sulla base d'appoggio (sguardo orizzontale, capo e tronco "verticali"), con minimi aggiustamenti posturali; gli arti superiori solitamente oscillano (con meccanismo in parte passivo, in parte attivo), ma è stato dimostrato che la loro immobilizzazione non comporterebbe modificazioni significative nel costo energetico del cammino (Perry, 1992). L'HAT corrisponde al 70% del peso corporeo. Il centro di massa (CoM), o baricentro⁵, è collocato più o meno davanti alla vertebra S2 (Gage, 2004), anche se nel bambino piccolo, per le diverse proporzioni intercorrenti fra capo e tronco, risulta spostato più in alto, al di sopra del livello dell'ombelico. In stazione eretta la proiezione al terreno del CoM deve restare all'interno del poligono d'appoggio (superficie d'appoggio dei piedi a terra e spazio compreso tra di essi). Nel cammino, invece, il CoM oltrepassa il poligono di sostegno, creando uno sbilanciamento del corpo in avanti che contribuisce alla sua progressione nello spazio. Per completezza definiamo anche il centro di pressione (CoP), cioè il punto in cui viene restituita la forza di reazione del terreno (GRF), entità fisica rilevabile con l'uso delle pedane di forza. Nelle fasi di appoggio bipodalico si identificano due CoP e due GRF, uno per ogni piede. Si può dire che nel cammino c'è un continuo squilibrio tra CoM e CoP, poiché alternativamente l'uno supera l'altro. L'allineamento della

⁵ *Baricentro* o *centro di massa*: punto di applicazione della risultante delle forze gravitazionali applicate al corpo.

GRF rispetto alle varie stazioni articolari determina dei momenti⁶ esterni (scomponibili secondo il piano considerato in componenti flessorie/estensorie, adduttorie/abduatorie, intra-/extrarotatorie), a cui si contrappongono momenti interni determinati dalle azioni muscolari, che possono essere di tipo concentrico (per produrre un movimento nel verso determinato dall'accorciamento dei muscoli) o eccentrico (per frenare, controllando, il movimento del segmento prodotto dalla forza di gravità nel verso opposto), o isometrico (per mantenere fermo un determinato assetto articolare).

Considerando che il cammino è un atto motorio ciclico e ripetibile, è possibile isolarne un modulo definito **ciclo del passo** (*gait cycle* o *stride*), intendendo con ciò tutti i fenomeni che avvengono tra due successivi istanti di contatto dello stesso piede al suolo (*strike*), per convenzione il piede destro. Ogni ciclo del passo è suddiviso in due periodi: appoggio (*stance*) e oscillazione (*swing*). Ogni passo comprende due **semipassi** (*step*), rappresentati dall'intervallo compreso tra il contatto iniziale a terra di un piede e il contatto del piede controlaterale. Volendo essere rigorosi, questo termine (*semipasso*) è corretto solo in caso di cammino "normale" idealmente simmetrico, dove i due semipassi sono due metà quasi identiche dello stesso ciclo del passo; nel cammino patologico sono spesso presenti asimmetrie e si analizzano separatamente i "semipassi" destro e sinistro.

Si distinguono quindi:

- **appoggio** (*St, stance*): equivale al 60% dell'intero ciclo del passo e corrisponde al periodo nel quale il singolo piede, o entrambi i piedi, si trovano a contatto con il suolo. Per questo motivo può essere ulteriormente diviso in:
 - *doppio appoggio iniziale* (durata 10%): costituisce l'inizio del ciclo del passo e rappresenta il periodo in cui, dopo il contatto iniziale, entrambi i piedi sono in appoggio al suolo; è una fase in cui il carico (distribuito

in modo asimmetrico) si sta trasferendo da un piede all'altro;

- *appoggio singolo* (durata 40%): ha inizio quando il piede controlaterale si solleva dal suolo per l'oscillazione. Durante questa fase, il peso del corpo viene sostenuto dal solo arto in appoggio. La sua durata sarà indicativa della stabilità garantita dall'arto stesso;
- *doppio appoggio terminale* (durata 10%): ha inizio con il contatto al suolo del piede controlaterale e termina con il distacco dell'arto che fino a poco prima era in appoggio. Nel cammino veloce e nella corsa le fasi di doppio appoggio si riducono fino a scomparire e vengono sostituite da una fase di doppia sospensione;
- **oscillazione** (*Sw, swing*) si riferisce al tempo in cui il piede si trova sollevato da terra per l'avanzamento dell'arto nello spazio. Inizia quando il piede si distacca dal suolo (*toe off*) e occupa

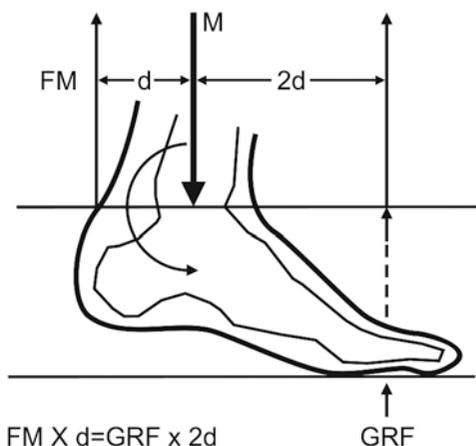


Fig. 1.8 Relazione tra momento interno prodotto dalla forza muscolare (FM) e momento esterno prodotto dalla GRF: FM produce plantiflessione della tibiotarsica, GRF produce dorsiflessione della tibiotarsica. Entrambe agiscono su una leva scheletrica; il fulcro è il centro articolare della tibiotarsica (d , braccio di leva di FM; $2d$, braccio di leva di GRF). Poiché il braccio di leva della forza muscolare è la metà del braccio di leva della GRF, la forza muscolare necessaria a bilanciare la GRF deve essere doppia

⁶ *Momento*: è la forza \times braccio di leva. Le leve su cui agiscono le forze sono i segmenti ossei; la lunghezza del braccio di leva dipende dalla conformazione scheletrica e dalla posizione dell'articolazione; l'asse attorno a cui si compie il movimento corrisponde all'asse di rotazione articolare; la forza per i momenti esterni è rappresentata dalla GRF e per i momenti interni dalla forza muscolare (Gage, 2004) (Fig. 1.8).

l'ultimo 40% del ciclo del passo.

Dal punto di vista funzionale il ciclo del passo viene suddiviso in 8 fasi, come riassunto nello schema di Figura 1.9:

1. Contatto iniziale (IC, initial contact) – 0-2%

L'arto è semiesteso al ginocchio con la tibiotarsica in posizione neutra, in modo da iniziare l'appoggio prendendo contatto con il calcagno.

2. Risposta al carico (LR, load response) – 2-10%

Ammortizza l'impatto del peso del corpo che, provenendo dall'arto controlaterale, viene trasferito sul piede.

3. Appoggio intermedio (MSt, mid stance) – 10-30%

Inizia quando il piede controlaterale si solleva e termina quando la GRF è allineata sull'avampiede. L'arto controlaterale in volo ha superato nel frattempo quello in appoggio (*zenith cross*). In questo particolare momento l'arto in appoggio deve essere più lungo di quello in sospensione, per evitare l'attrito al suolo del piede in volo (*clearance*).

4. Appoggio terminale (TSt, terminal stance) – 30-50%

Inizia con il sollevamento del tallone dell'arto in appoggio e termina con il contatto dell'altro piede al suolo.

5. Pre-oscillazione (PreSw, pre swing) – 50-60%

Corrisponde alla fase del doppio appoggio in cui l'arto si scarica velocemente del peso del corpo per prepararsi all'oscillazione.

6. Oscillazione iniziale (ISw, initial swing) – 60-73%

Costituisce circa un terzo del periodo di oscillazione e inizia con il sollevamento del piede dal suolo.

7. Oscillazione intermedia (MSw, mid swing) – 73-87%

Coincide con la fase in cui l'arto in oscillazione avanza e la tibia raggiunge e supera l'arto in appoggio a *zenith cross*. In questa fase l'arto in volo deve risultare più corto di quello in appoggio.

8. Oscillazione terminale (TSw, terminal swing) – 87-100%

Questa fase finale dell'oscillazione inizia con la tibia verticale e termina quando il tallone prende contatto con il terreno; la gamba viene così a trovarsi anteriormente alla coscia.

Un cammino funzionale è organizzato in modo tale da rispondere ai seguenti quattro requisiti fondamentali:

- **assorbimento del carico:** ammortizza il rapido trasferimento del peso sull'arto in appoggio dopo il contatto iniziale (60% del peso in

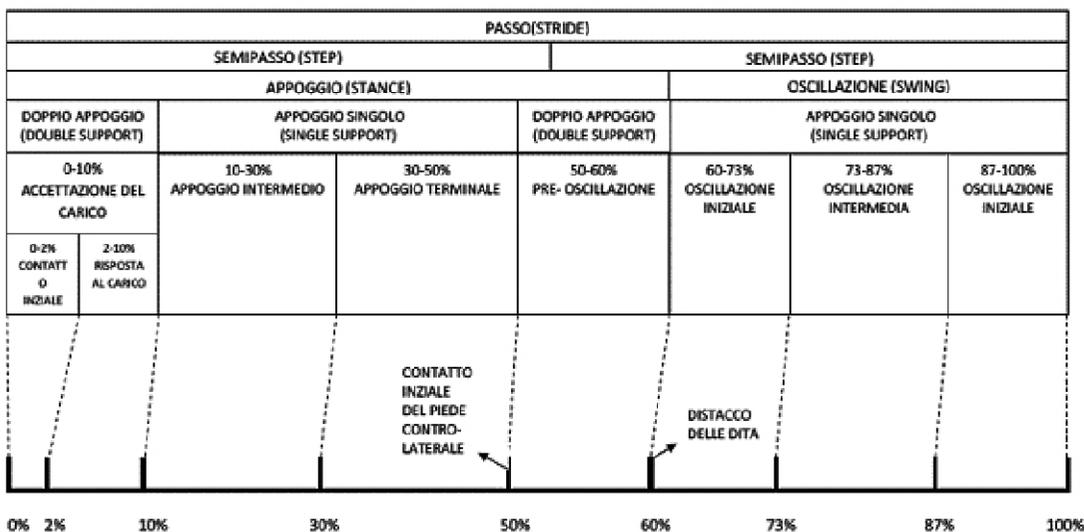


Fig. 1.9 Ciclo del passo

0,02 s); si realizza attraverso la flessione plantare della tibiotarsica, controllata dalla contrazione eccentrica dei muscoli pretibiali, la pronazione dell'articolazione sottoastragalica, la flessione contenuta del ginocchio e dell'anca, frenate rispettivamente dai muscoli quadricipite e glutei. I movimenti articolari frenati dall'attivazione muscolare eccentrica sono il primo meccanismo di assorbimento dell'impatto al suolo (Michaud, 1997);

- **stabilità in appoggio monopodalico:** è garantita fisiologicamente dal corretto posizionamento del tronco sulla base d'appoggio (proiezione del CoM), da una sufficiente superficie di appoggio del piede, dal controllo dei momenti e dalla stabilità passiva delle articolazioni;
- **progressione:** dipende dal reciproco rapporto tra l'arto in *stance* e l'arto in *swing*. Si realizza attraverso lo sbilanciamento del corpo in avanti, l'oscillazione dell'arto in volo (pendolo diretto), l'oscillazione sull'arto in appoggio (pendolo invertito) e il rotolamento del complesso tibiotarsica-piede (1°, 2°, 3° rocker);
- **conservazione dell'energia:** è garantita dal meccanismo del pendolo diretto che permette l'avanzamento dell'arto in appoggio, quasi senza dispendio energetico, e la minimizzazione della durata dell'appoggio bipodalico, durante il quale il CoM deve essere ridirezionato per poter avviare un altro movimento pendolare. Questo passaggio (*step-to-step transition*) è responsabile della quota maggiore del consumo energetico per il lavoro negativo e positivo prodotto rispettivamente dall'arto che collide col suolo e dall'arto che si sta sollevando, che si annullano a vicenda, con il risultato di modificare il vettore velocità del CoM. Contenere i tempi di appoggio bipodalico permette quindi di ridurre la dissipazione di energia. Paradossalmente un'altra strategia per ridurre il costo energetico complessivo è spendere energia per accelerare gli arti inferiori, sostenendo il movimento pendolare (teoria del "dynamic walking" di Kuo, 2007) (Fig. 1.10).

I principali muscoli coinvolti nel cammino sono: glutei e ischiocrurali come estensori dell'anca; vasti e retto femorale come estensori del ginocchio; ileopsoas e retto femorale come flessori

dell'anca, adduttori e medio gluteo come stabilizzatori del bacino; tibiale anteriore, estensore lungo dell'alluce ed estensore comune delle dita come dorsiflessori del piede; tibiale posteriore, peronei, soleo e gastrocnemio come plantiflessori e infine i muscoli intrinseci del piede con compiti di stabilizzazione della volta plantare.

Le principali stazioni articolari coinvolte nel cammino sono:

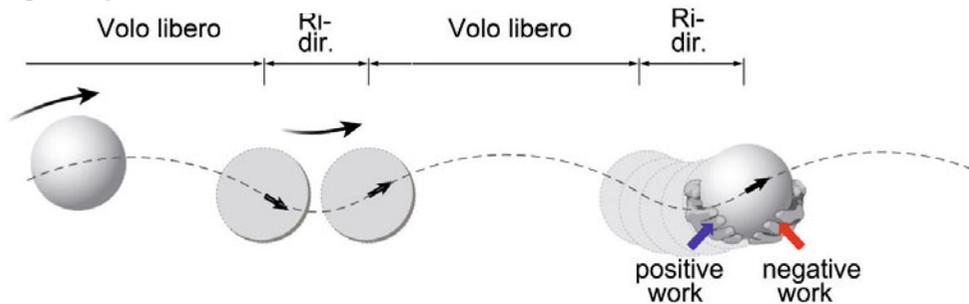
- a livello del piede:
 - *tibiotarsica* tra mortaio tibioperoneale e astragalo;
 - *sottoastragalica* tra astragalo e calcagno;
 - *mediotarsica posteriore* (Chopart) tra astragalo-calcagno e scafoide-cuboide;
 - *mediotarsica anteriore* (Lisfranc) tra cuboide-tre cuneiformi e cinque ossa metatarsali;
- il ginocchio;
- la coxofemorale.

Passiamo ora ad analizzare in dettaglio che cosa succede nelle differenti fasi del passo nelle diverse stazioni articolari.

1.3.1.1 Initial contact (IC) (Fig. 1.11)

Fisiologicamente il contatto iniziale al suolo avviene con il calcagno, tanto che gli autori anglosassoni parlano di *heel strike* (impatto del tallone). Questo evento non avviene quasi mai nei soggetti affetti da PCI, dove il contatto del piede al suolo si realizza di solito di punta (inversione dello schema del passo) o nel migliore dei casi di pianta. In questa brevissima fase (0-2% del ciclo del passo), il piede si presenta in posizione neutra alla tibiotarsica, il ginocchio è quasi esteso e l'anca flessa di circa 30° (questo valore aumenta se vi è un'antiversione del bacino). La GRF viene a trovarsi posteriormente alla tibiotarsica, generando un momento esterno plantiflessorio, a cui si oppongono i muscoli pretibiali (tibiale anteriore, estensore lungo dell'alluce [ELA] ed estensore comune delle dita [ECD]) con una contrazione eccentrica che frena la caduta verso il suolo dell'avampiede per attutirne l'impatto. Si avvia così il *rotolamento sul calcagno* (1° rocker), che si completa nella fase successiva della *load response* e che è uno dei meccanismi coadiuvanti la progressione. L'attività combinata dei muscoli pretibiali (con componenti supinatorie e pronatorie) man-

a. Analogia con palla volante



b. Cammino

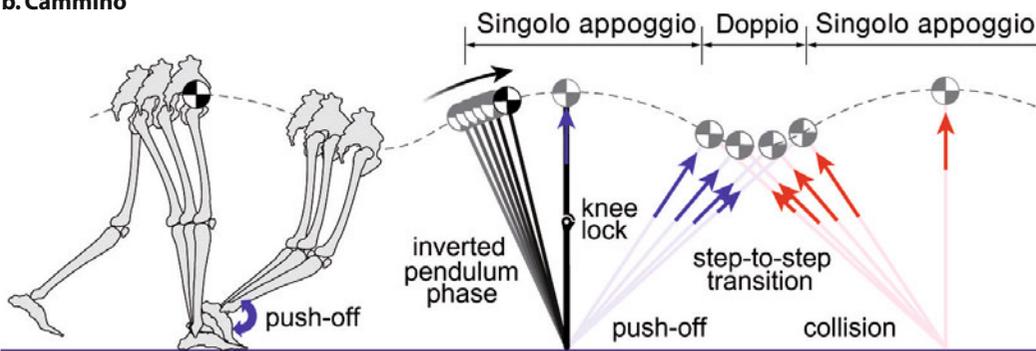


Fig. 1.10 Teoria del “dynamic walking”. Da Kuo (2007) con autorizzazione

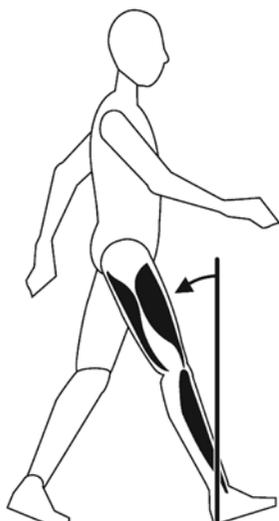


Fig. 1.11 Initial contact

tiene l’articolazione sottoastragalica in posizione neutra. La GRF passa posteriormente al ginocchio, dove genera un momento esterno debolmente fles-

sorio, e anteriormente all’anca, dove genera un momento esterno decisamente flessorio cui si oppone l’azione dei muscoli glutei e degli ischiocrurali per mantenere l’articolazione estesa. Anche il quadricipite risulta attivo, non per un suo ruolo al contatto iniziale, ma a scopo anticipatorio rispetto all’accettazione del carico (*load response*) che sta per avvenire, per controllare la potenziale flessione del ginocchio. La posizione del piede all’IC è determinata dal pre-posizionamento dell’arto inferiore alla fine della fase di *swing*: ogni alterazione del contatto iniziale deve essere valutata a partire da questa fase (TSw).

1.3.1.2 Load response (LR) (Fig. 1.12)

Gli obiettivi di questa fase sono l’assorbimento dell’impatto, la stabilità sotto carico e il mantenimento della progressione. La GRF, che inizialmente è allineata posteriormente alla tibiotarsica e anteriormente a ginocchio e anca, diventa rapidamente posteriore al ginocchio⁷, introducendo

⁷ Secondo Gage (2004) la forza di reazione al terreno si trova già posteriormente al ginocchio nella fase di contatto iniziale per poi rimanervi in fase di risposta al carico.

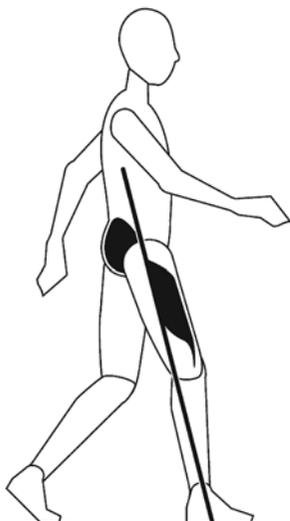


Fig. 1.12 Load response

un momento esterno flessorio cui si contrappone l'azione del quadricipite; si mantiene inoltre interna rispetto alle articolazioni di ginocchio e anca generando un momento adduttore, maggiore all'anca per il braccio di leva più grande (Perry, 1992). Nella *load response* si conclude il rotolamento sul calcagno, controllato dalla contrazione eccentrica dei muscoli pretibiali, che concedono fino a 10° di plantiflessione affinché il piede raggiunga il suolo senza richiedere un eccessivo avanzamento della tibia (che determinerebbe un aumento del momento flessorio al ginocchio),

contribuendo così ad attutire l'impatto, ad aumentare la base di appoggio e a mantenere la progressione del corpo. Il rotolamento del piede al suolo è paragonabile ai movimenti di rollio e beccheggio⁸ di una barca: oltre al passaggio dell'appoggio dal tallone alla pianta, si osserva infatti "l'atterraggio" prima del quinto metatarso, poi gradualmente di tutto l'avampiede, con progressione lateromediale fino al contatto del primo metatarso. L'articolazione sottoastragalica passa in pronazione (determinando circa 8° di valgismo del calcagno).

Diversi fenomeni contribuiscono ad attutire l'impatto:

- la tibiotarsica si abbassa ammortizzando il carico che viene trasferito sul piede;
- gli assi delle articolazioni astragaloscafoidea e calcaneocuboidea diventano paralleli (Fig. 1.13) permettendo la pronazione dell'articolazione mediotarsica posteriore di Chopart, con un ulteriore abbassamento dell'arco mediale; questo contribuisce ad ammortizzare il trasferimento del carico, ma determina lo stiramento dei tessuti muscolari e legamentosi plantari (in particolare della fascia plantare) che nelle fasi successive restituiranno l'energia accumulata, favorendo la progressione. Contemporaneamente la mediotarsica posteriore ruota intorno al proprio asse longitudinale andando in supinazione (Fig. 1.14);
- la pronazione della sottoastragalica produce la

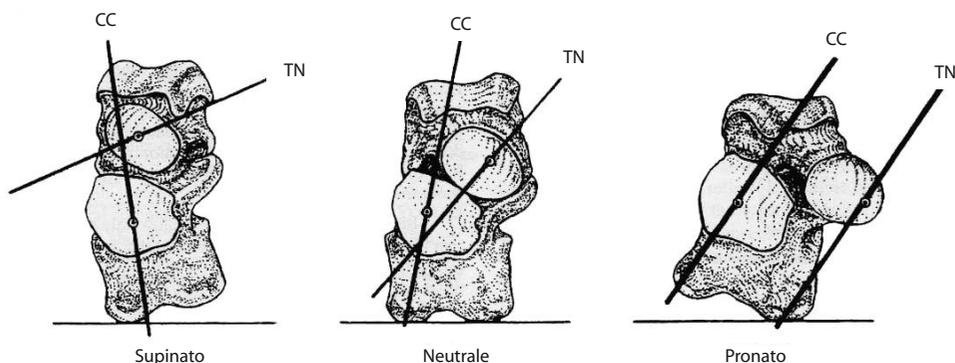


Fig. 1.13 Visione anteriore del complesso astragalo-calcagno destri: quando l'articolazione subtalare prona, gli assi delle articolazioni calcaneocuboidea e astragaloscafoidea diventano paralleli. Da: Michaud (1997), con autorizzazione

⁸ *Rollio*: oscillazione di un corpo intorno al proprio asse longitudinale (dx-sn). *Beccheggio*: oscillazione di un corpo intorno al proprio asse trasverso (ant.-post.).

rotazione interna della tibia che “libera” la flessione del ginocchio, meccanismo controllato dall’attivazione eccentrica del quadricipite che ammortizza l’impatto. La pronazione è frenata dall’azione eccentrica del tibiale posteriore, che resta attivo da questa fase fino alla successiva (MSt).

Il momento flessorio al ginocchio è introdotto dall’azione dei muscoli pretibiali, che trascinano la tibia anteriormente alla GRF, mentre l’inerzia mantiene la coscia arretrata. Esso viene controllato dall’azione del quadricipite femorale (principalmente i tre muscoli vasti, poiché il retto femorale raramente viene coinvolto in questa fase) che concede al massimo 15° di flessione. Il ginocchio subisce anche un minimo momento adduttore (per l’allineamento interno della GRF) e intrarotatorio (a partenza dal piede), che viene controllato dall’azione del capo lungo del bicipite femorale e dalla bandelletta ileotibiale.

L’anca è flessa di circa 30° (considerando una antiversione di bacino di 10° come fisiologica) e subisce un momento esterno flessorio contrastato dall’azione dei muscoli grande gluteo e grande adduttore con il contributo degli ischiocrurali. Questi hanno probabilmente un certo ruolo anche nello stabilizzare il ginocchio, insieme con il legamento crociato anteriore, poiché si oppongono alla forza di taglio anteriore generata dal quadricipite. Il momento adduttore è maggiore all’anca rispetto al ginocchio a causa del maggiore braccio di leva (distanza laterale dell’articolazione rispetto alla

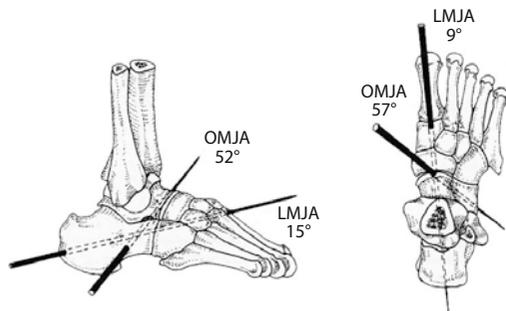


Fig. 1.14 Articolazione mediotarsica posteriore. Asse obliquo (AO) e asse longitudinale (AL). Da : Michaud (1997), con autorizzazione

GRF); a esso si oppone l’azione dei muscoli piccolo e medio gluteo, dei fasci superiori del grande gluteo e del tensore della fascia lata. La muscolatura estensoria lombare mantiene l’allineamento del tronco, controllandone il momento flessorio esterno. La stabilità sotto carico è garantita dal mantenimento di un assetto adeguato in ogni stazione articolare, in particolare dal controllo della flessione del ginocchio e della flessione-adduzione dell’anca.

1.3.1.3 Mid stance (Mst) (Fig. 1.15)

L’obiettivo di questa fase è mantenere la progressione e la stabilità sotto carico, con particolare attenzione al momento dello *zenith cross*, in cui avviene il sorpasso dell’arto in appoggio da parte di quello in volo, momento particolarmente critico perché una perdita di stabilità dell’arto in appoggio o un aumento della lunghezza di quello in volo possono compromettere la clearance (distanza del piede dal suolo). Esistono diverse modalità compensatorie per garantire comunque la clearance dell’arto in volo, ed evitare di inciampare e cadere: aumento della flessione di anca e ginocchio dell’arto in volo, o *steppage*, *contralateral vaulting*⁹, *pelvic hike*, pendolo frontale di

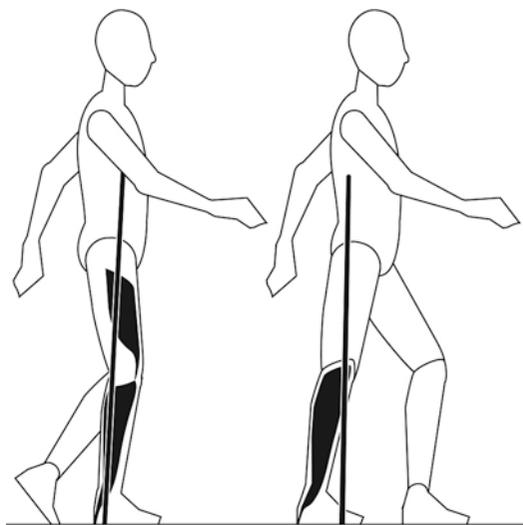


Fig. 1.15 Mid stance

⁹ *Contralateral vaulting*: equino funzionale dell’arto in carico a *zenith cross* per permettere la clearance del piede dell’arto in volo.

tronco, extrarotazione-abduzione della coscia in volo. Questi compensi aumentano il consumo energetico nel cammino (misurabile come consumo d'ossigeno), fino a portare a una riduzione della resistenza e quindi dell'autonomia. La *mid stance* inizia quando il carico è stato completamente trasferito sull'arto in appoggio, mentre il controlaterale si solleva dal suolo. La GRF si presenta inizialmente quasi allineata alla tibiotarsica, ancora per poco posteriore al ginocchio e anteriore all'anca, per poi portarsi gradualmente anteriore alla tibiotarsica e al ginocchio e posteriore all'anca. Durante questa fase si realizza il *rotolamento sulla tibiotarsica* (2° rocker), con l'avanzamento della tibia. Il passaggio è molto rapido nella prima parte della *mid stance*, dai 10° di plantiflessione alla posizione neutra, più lento nella seconda metà, dove vengono raggiunti circa 5° di dorsiflessione, mentre la GRF passa anteriormente alla tibiotarsica avvicinandosi all'avampiede (tallone ancora in appoggio). Questo movimento viene prodotto dalla spinta in avanti prodotta dall'arto controlaterale in volo (pendolo) ed è controllato dal tricipite surale che rallenta l'avanzamento della tibia: non appena la GRF supera la tibiotarsica si attiva il soleo e con un lieve ritardo si aggiunge il gastrocnemio. In questo modo il controllo attivo della stabilità viene trasferito dal ginocchio alla tibiotarsica: la GRF infatti passa da posteriore ad anteriore al ginocchio, che risolve la flessione della fase precedente e si estende. Il momento esterno è divenuto estensorio e non è più necessaria l'azione muscolare del quadricipite, essendo la stabilità garantita dalle strutture capsulo-legamentose. Diventa chiaro il ruolo fondamentale del soleo nello stabilizzare la tibia (avendo come punto fisso il piede) e quindi il ginocchio allo *zenith cross*, garantendo un'efficace clearance dell'arto controlaterale in volo. Infatti, se la tibia non viene stabilizzata dal soleo, il ginocchio non si estende, conservando un momento flessorio. Ogni meccanismo che comprometta questa azione (eccessiva lunghezza iatrogena del tendine d'Achille, alterato braccio di leva al piede per cedimento in eccessiva valgo-pronazione) induce un rapido ed eccessivo avanzamento della tibia e un cedimento in talo del piede e promuove l'evoluzione verso il *crouch gait* (cammino a ginocchia

flesse, con sfibramento del tendine sottorotuleo e risalita della rotula). In questa situazione la contrazione del quadricipite, anziché promuovere l'estensione del ginocchio per contrastare il *crouch*, favorisce la flessione del tronco, con ulteriore cedimento della tibiotarsica per l'avanzamento della proiezione del CoM.

All'inizio della *mid stance* il piede si presenta in pronazione con la sottoastragalica e la mediotarsica posteriore (lungo l'asse obliquo). Tale assetto permane per buona parte della *mid stance*, per consentire di accogliere il carico mentre questo viene trasferito verso l'avampiede. La tenuta in pronazione della sottoastragalica è estremamente importante, poiché un eccessivo cedimento porterebbe a una perdita del braccio di leva dei muscoli plantiflessori. Sembra che il range di pronazione sia condizionato dalla conformazione dei capi ossei coinvolti (assi delle articolazioni sottoastragalica e mediotarsica) e dalla tenuta delle strutture legamentose più che dall'azione muscolare (Michaud, 1997), anche se si riconosce un ruolo stabilizzante all'azione coordinata e contrapposta dei muscoli peronei lungo e breve e del tibiale posteriore. I muscoli pretibiali sono invece silenti. L'avanzamento dell'arto in volo induce una rotazione verso l'interno della pelvi sull'arto in appoggio, che a sua volta determina l'extrarotazione dello stesso (Fig. 1.16). Questo meccanismo "trascina" con sé l'astragalo dell'arto in carico e verso la fine della *mid stance* la sottoastragalica inizia a supinare. Il movimento disallinea gli assi delle articolazioni calcaneo-cuboidea e astragalo-scafoidea (prima paralleli) bloccando la sottoastragalica, cosicché il piede diventa una leva rigida adatta a trasferire al suolo l'azione propulsiva del tricipite surale delle successive fasi. Sembra che questo meccanismo atto a mantenere la progressione sia un'acquisizione specifica dell'uomo e assente nei primati, che hanno ancora necessità di "piedi" in grado di afferrare oggetti o rami, anche a costo di una minor capacità propulsiva nel cammino bipede (Michaud, 1997). La supinazione è sostenuta dal tibiale posteriore e dal soleo e controllata dall'azione eccentrica dei muscoli peronei lungo e breve. Contemporaneamente la mediotarsica va in pronazione intorno al suo asse longitudinale, per

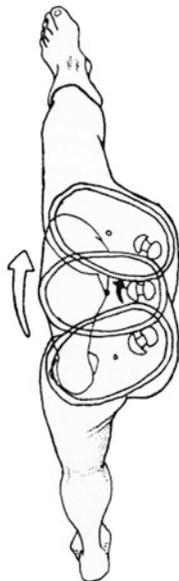


Fig. 1.16 Rotazione esterna dell'arto *in stance* indotta dall'avanzamento dell'arto *in swing*. Da: Michaud (1997), con autorizzazione

garantire un'adeguata aderenza dell'avampiede al terreno.

L'anca riduce la flessione dai 30° iniziali fino a che la coscia si porta verticale, indicativamente a 10° di flessione che corrispondono alla posizione eretta fisiologica, considerando un'antiversione di bacino di 10°. Questo movimento avviene con minimo contributo iniziale del semimembranoso, ma fondamentalmente in modo passivo grazie al fatto che la GRF si trova posteriormente. Nel caso in cui il tronco si trovi antepulso, la GRF si sposta anteriormente all'anca reintroducendo un momento esterno flessorio che richiede l'azione stabilizzante degli estensori dell'anca. Restano invece sempre attivi i muscoli medio e piccolo gluteo (con un picco iniziale al distacco del piede controlaterale) per evitare la caduta del bacino dal lato in volo, garantendo la stabilità in appoggio monopodale.

1.3.1.4 Terminal stance (Tst) (Fig. 1.17)

L'obiettivo di questa fase è garantire la progressione. La GRF si sposta ulteriormente in avanti raggiungendo le articolazioni metatarsofalangee, il corpo è in caduta libera verso l'avanti e rapida-

mente aumenta il momento dorsiflessorio alla tibiotarsica, controllato dal tricipite surale, che però ha perso il suo punto fisso di applicazione distale. Poiché il tallone non è più tenuto al suolo dal peso, la GRF solleva da terra il tallone stesso (con il contributo del flessore lungo delle dita), mentre la tibiotarsica raggiunge 10° di plantiflessione. Il distacco del tallone avvia il *rotolamento sulle metatarsofalangee* (MTF) (3° rocker) che sostiene la progressione portando gradualmente le dita in dorsiflessione fino a 20° circa. Il mesopiede viene stabilizzato grazie alla supinazione della sottoastragalica e della mediotarsica intorno all'asse obliquo, funzionando come una leva rigida. Il carico in questo momento è sostenuto solamente dall'avampiede che viene stabilizzato dall'azione concertata dei muscoli intrinseci e dei flessori lunghi delle dita e dell'alluce. In questa fase, per stabilizzare la colonna laterale del piede, acquista un ruolo significativo anche il peroneo lungo.

La tibia inizia ad avanzare più rapidamente della coscia portando il ginocchio (prima esteso) anteriormente alla GRF, anche grazie al contributo del gastrocnemio che avvia la flessione del ginocchio verso la fine della TSt.

L'anca risolve completamente la flessione fino a raggiungere 10° di estensione (sempre in relazione al grado di antiversione del bacino), senza richieste funzionali ai muscoli prossimali se non agli



Fig. 1.17 Terminal stance

abduzioni, specie al medio gluteo, per stabilizzare il bacino sul piano frontale.

1.3.1.5 Pre swing (PreSw) (Fig. 1.18)

Il *pre swing* è una fase di doppio appoggio, poiché il piede controlaterale ha preso contatto con il suolo e il carico viene rapidamente trasferito su di esso. Lo scopo di questa fase, oltre a mantenere la progressione in alto-avanti attraverso il *push off*, è il preposizionamento dell'arto per lo *swing*.

Solitamente si parla di *push off* intendendo la spinta propulsiva generata dal tricipite surale prima del distacco del piede da terra (*toe off*); alcuni invece parlano di *roll on*, sottolineando il ruolo del tricipite surale quale stabilizzatore della tibiotarsica e del ginocchio (per l'azione di freno all'avanzamento della tibia), mentre il corpo è proiettato anteriormente (la GRF procede) ruotando sulle MTF. È possibile che un'azione di "spinta" si esprima maggiormente nel cammino veloce, e che nel cammino a velocità normale prevalga l'azione di "tenuta" sulla tibia. Di fatto il tricipite surale tende a spegnersi all'inizio del preSw (Perry, 1992). Si osserva una plantiflessione della tibiotarsica fino a circa 20° e la contemporanea flessione del ginocchio. Mentre si conclude il rotolamento sulle MTF (3° rocker), la GRF si sposta sulle dita che raggiungono 55° di dorsiflessione. Prosegue l'azione stabilizzante dei muscoli intrinseci, dei flessori lunghi delle dita e dell'alluce, così come il contributo del peroneo lungo. Questo agisce da plantiflessore del primo raggio

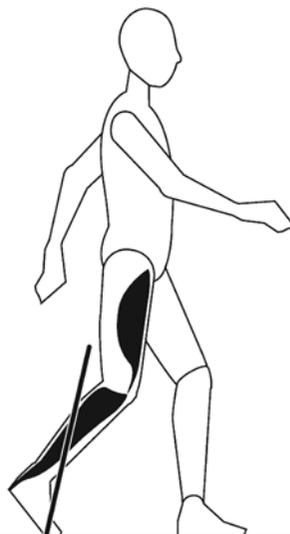


Fig. 1.18 Pre swing

(l'azione muscolare cambia in funzione dell'assetto in equino-supinazione) che viene mantenuto aderente al suolo, spostando medialmente la GRF dal quinto al primo metatarso, più parallela alla direzione di progressione del cammino, facilitando il trasferimento del carico sull'arto controlaterale (Fig. 1.19).

Nella seconda parte del preSw, tuttavia, i muscoli della loggia posteriore e laterale della gamba si spengono per lasciare posto ai pretibiali (tibiale anteriore, estensore lungo delle dita e lungo dell'alluce) che si preparano a dorsiflettere rapidamente il piede dopo il distacco (*initial swing*), vincendo l'inerzia. Il reclutamento in preSw di questi

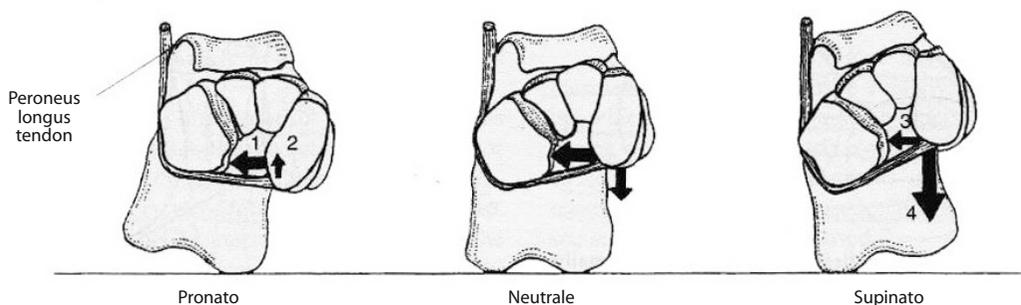


Fig. 1.19 Effetto della posizione della subtalare sull'azione del peroneo lungo: quando la subtalare è pronata il muscolo ha una forte azione compressiva posterolaterale e una piccola componente dorsiflessoria sul primo raggio; con la supinazione della subtalare aumenta la componente dorsiflessoria del primo raggio e si riduce l'altra. Da: Michaud (1997), con autorizzazione

muscoli è un elemento critico poiché un errore di timing, con ritardata attivazione, produce lo strisciamento delle dita al suolo, come si osserva talora nelle PCI, ostacolando la clearance dell'arto in volo. È infatti sufficiente un ritardo di 2-3 decimi di secondo a compromettere la clearance del piede dell'arto in volo allo *zenith cross*. L'elemento critico per il pre-posizionamento di *terminal swing* è la flessione del ginocchio, che inizia alla fine della TSt (con la GRF che diventa posteriore) quando il ginocchio viene "sbloccato" dal gastrocnemio, e prosegue in preSw fino a circa 40° di flessione, controllato dal retto femorale (non sempre necessariamente attivo), che contemporaneamente contribuisce ad avviare la flessione dell'anca. Questa flessione è prodotta dalla spinta distale a livello della tibiotarsica (*push off* o *roll on*) e dall'azione dell'adduttore lungo che, oltre a controllare il momento abduzionale generato dallo spostamento della GRF internamente all'anca con lo spostamento del carico sull'arto controlaterale, avvia la flessione dell'anca stessa. L'ileopsoas, il tensore della fascia lata e il sartorio contribuiscono alla flessione dell'anca.

1.3.1.6 Initial swing (ISw) (Fig. 1.20)

Questa fase inizia con il distacco del piede dal suolo e termina quando l'arto in volo si trova af-

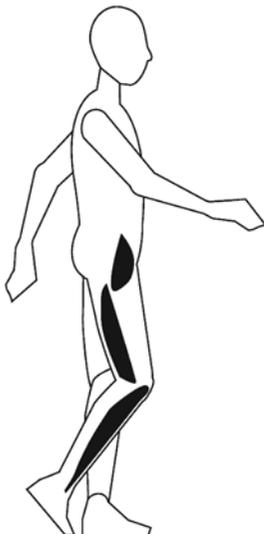


Fig. 1.20 Initial swing

fiancato a quello in appoggio (*zenith cross*). Obiettivo principale dell'ISw è il sollevamento del piede da terra, che si realizza grazie alla contemporanea flessione dell'anca (fino a circa 20-25°), la conseguente flessione del ginocchio (fino a 60°) e il recupero da una plantiflessione di 20° a una posizione quasi neutra (5° circa di dorsiflessione) del piede.

La flessione dell'anca è garantita dall'azione congiunta in contrazione concentrica dei muscoli iliaco, sartorio, adduttore lungo e gracile; quest'ultimo, insieme con il capo breve del bicipite, assiste anche la flessione del ginocchio, in parte determinata passivamente dall'inerzia tibiale.

La dorsiflessione della tibiotarsica è invece garantita dall'equilibrio tra i muscoli estensore lungo delle dita (componente di dorsiflessione-everzione) e tibiale anteriore-estensore lungo dell'alleluce (componente di dorsiflessione-inversione), già attivi alla fine del preSw, dovendo in brevissimo tempo (frazioni di secondo) recuperare la plantiflessione della fase precedente.

1.3.1.7 Mid swing (MSw) (Fig. 1.21)

L'obiettivo cruciale di questa fase è il sorpasso dell'arto in volo su quello in appoggio (*zenith cross*) e il mantenimento della progressione.

Si realizza grazie a tre meccanismi:

- ulteriore flessione dell'anca fino a circa 35° so-

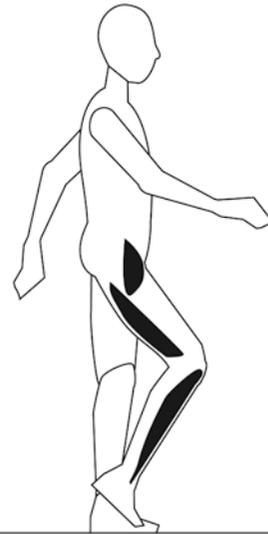


Fig. 1.21 Mid swing

stenuta da un'attività minima dei flessori dell'anca;

- persistente attività dei muscoli tibiale anteriore ed estensore lungo delle dita e dell'alluce che portano la tibiotarsica in posizione quasi neutra;
- movimento pendolare della tibia generato passivamente dall'inerzia del segmento gamba-piede che riduce fino a 30° la flessione del ginocchio.

Nelle PCI, un'inadeguata flessione dell'anca o del ginocchio (già dalle fasi precedenti), oppure un errore di timing o la debolezza dei muscoli pretibiali che determinano un piede cadente, ostacolano la clearance dell'arto in volo. Da non dimenticare anche il ruolo dell'arto in appoggio che deve garantire una sufficiente stabilità per permettere il superamento dello *zenith*: per esempio, un'inadeguata estensione del ginocchio in carico può compromettere la clearance del piede in volo.

1.3.1.8 Terminal swing (TSw) (Fig. 1.22)

La funzione di questa fase è la preparazione al contatto iniziale. Viene decelerata l'oscillazione anteriore della coscia, quindi inibita l'ulteriore flessione dell'anca, e viene rallentata l'estensione del ginocchio per proteggerlo dall'iperestensione e prepararlo ad ammortizzare il carico (si ferma a

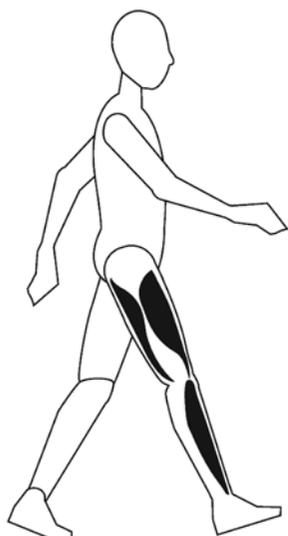


Fig. 1.22 Terminal swing

5° di flessione). Queste due azioni sono garantite dall'attivazione eccentrica dei muscoli ischiocrurali, che si contraggono vigorosamente nella parte iniziale, mantenendosi comunque attivi fino alla fine, in preparazione al carico, per stabilizzare anca e ginocchio. Per lo stesso motivo si attivano alla fine del TSw anche i vasti, pronti a controllare il momento flessorio che a breve impegnerà il ginocchio. I pretibiali restano attivi per preparare il piede al contatto iniziale di tallone, mantenendo la tibiotarsica in posizione neutra o al limite concedendo 5° di plantiflessione.

Un'eccessiva o anticipata attività degli ischiocrurali, come spesso accade nelle PCI, blocca precocemente l'estensione del ginocchio, riducendo la lunghezza del passo anteriore e sollecitando il bacino in retroversione. Un errore di timing o la debolezza dei muscoli pretibiali determina un piede cadente e un contatto di pianta o di punta (inversione dello schema di appoggio).

1.3.2 Basi per la comprensione e l'interpretazione dei compensi e delle strategie adottate dal SNC per affrontare la patologia

In condizioni patologiche, l'usuale assetto biomeccanico della stazione eretta e la dinamica del cammino vengono modificati in base alle caratteristiche fisiche della struttura corporea del soggetto, alle risorse presenti e ai compensi che egli è in grado di adottare. Alcuni esempi aiutano a comprendere la dinamica dei compensi e delle soluzioni adattive messe in atto dal SNC.

- **Deficit selettivo a carico degli estensori dell'anca (per es., poliomielite)**

Gli estensori dell'anca rappresentano un importante gruppo muscolare antigravitario, indispensabile al mantenimento della stazione eretta, poiché impediscono la flessione del tronco sulle cosce. Nel caso di un loro deficit selettivo, per poter mantenere senza ausili tale posizione è indispensabile spostare la GRF posteriormente rispetto all'asse trasverso delle coxofemorali, in modo che il momento esterno legato alla forza di gravità risulti estensorio e non

sia più richiesta l'azione dei muscoli glutei per impedire la flessione del tronco sulle cosce. Affinché questo avvenga, si dovrà agire sui segmenti sovrastanti. Il primo segmento su cui sarebbe possibile agire è il capo. L'*estensione del capo*, se da un punto di vista biomeccanico potrebbe costituire un compenso efficace per spostare la GRF posteriormente all'asse trasverso delle anche, da un punto di vista biologico e funzionale rappresenta una soluzione svantaggiosa. Essa infatti, oltre a compromettere l'orizzontalità dello sguardo, andrebbe a interferire sulla catena dei raddrizzamenti e sui processi coinvolti nel complesso meccanismo dei sistemi di riferimento corpo-spazio (sarebbero indirettamente coinvolti i canali semicircolari e i labirinti, così come i recettori propriocettivi del collo). Un'ulteriore ipotetica soluzione per arretrare la GRF è rappresentata dall'*estensione degli arti superiori alle spalle*. Anche questo compenso risulta altamente svantaggioso in termini funzionali poiché, posteriormente al piano coronale, l'efficacia manipolativa è pressoché azzerata poiché l'azione è svolta fuori dal campo visivo. Gli ultimi due possibili compensi funzionali, spesso associati per aumentarne l'efficacia, sono il *mantenimento dell'anca in estensione* e l'*accentuazione della lordosi lombare*. Essi consentono di posteriorizzare la GRF e di richiamare al compito antigravitario l'apparato muscolo-tendineo e legamentoso anteriore dell'anca, anziché quello posteriore.

Contemporaneamente al compenso funzionale necessario a neutralizzare il lavoro della muscolatura glutea, occorre considerare attentamente l'effetto che comporta la posteriorizzazione della proiezione del baricentro rispetto alla base d'appoggio. Come accennato precedentemente, infatti, poiché in stazione eretta la base d'appoggio si estende prevalentemente in avanti, una posteriorizzazione della proiezione del baricentro potrebbe comportarne la fuoriuscita dalla superficie d'appoggio (oltre il tallone o comunque eccessivamente al limite di questo). Per ovviare a questo problema, i pazienti con deficit a carico degli estensori d'anca dovranno ricercare compensi utili a far avanzare

la proiezione del baricentro rispetto alla pianta del piede, pur mantenendola posteriormente all'asse trasverso delle anche. A questo scopo, è necessario ricercare compensi a carico delle articolazioni sottostanti le anche. La prima è il ginocchio: il compenso idoneo sarebbe costituito da un'*estensione*. Per un sufficiente avanzamento della proiezione del baricentro sul piede dovrebbe però realizzarsi un'estensione decisamente marcata che, per la conformazione stessa dell'articolazione, non sempre è possibile: il range articolare consentito non risulterà quasi mai sufficiente a determinare un compenso efficace. Questo tipo di soluzione potrà essere sfruttata con successo solo in soggetti con un'importante lassità legamentosa, ai quali è possibile raggiungere l'iperestensione. L'articolazione successiva su cui è invece possibile agire è la tibiotarsica. Una sua *dorsiflessione* è infatti in grado di riportare la proiezione del baricentro all'interno della base d'appoggio, procurando la flessione della gamba rispetto al piede. Quanto più marcata sarà l'estensione dell'anca, tanto più accentuata dovrà essere la dorsiflessione della tibiotarsica.

Un'ulteriore analisi da effettuare è quella relativa all'alterazione degli equilibri muscolari che vengono a crearsi a livello del bacino e alle loro conseguenze. Se infatti consideriamo una sezione sagittale del bacino (Fig. 1.23), osserviamo cooperare quattro gruppi muscolari fondamentali, bilanciati a coppie in termini di forza: i flessori e gli estensori dell'anca, antagonisti tra loro ed entrambi con un'importante componente estenso-elastica, gli erettori spinali e gli addominali, più deboli rispetto ai precedenti. La cooperazione tra la muscolatura glutea e quella addominale produce la rotazione del bacino verso dietro (retroversione), quella tra i flessori dell'anca e gli erettori spinali la sua rotazione in avanti (antiversione). In caso di ipostenia degli estensori dell'anca, viene a crearsi una situazione di importante *squilibrio muscolare*, dovuta al fatto che i flessori dell'anca, molto potenti e con elevata tensione elastica, non vengono più contrastati da una muscolatura altrettanto forte. Tale condizione comporta il passaggio del *bacino in antiversione*.

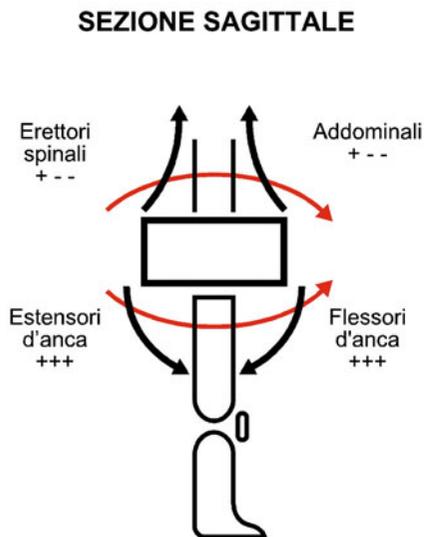


Fig. 1.23 Gruppi muscolari che agiscono sul bacino

sione, movimento che, a lungo andare, determina una retrazione dei muscoli flessori e l'impossibilità di mantenere estese le anche, con conseguente perdita del compenso necessario a mantenere la GRF dietro al loro asse trasverso. Quindi, per poter mantenere la stazione eretta, il paziente è costretto a incrementare notevolmente la *lordosi lombare*, che a sua volta richiede un'ipercifosi cervicale compensatoria necessaria a mantenere lo sguardo orizzontale. Più sarà marcata la flessione dell'anca, più sarà necessario ricorrere anche ai compensi meno convenienti, come la *retropulsione delle spalle* e il mantenimento delle *mani dietro al bacino*. In questa situazione diventerà problematico trasportare oggetti ingombranti o di un certo peso, così come portare in avanti le braccia nel gesto di raggiungere e afferrare.

Un bacino severamente antiverso, inoltre, "stira" i muscoli ischiocrurali, che tendono conseguentemente a recuperare parte della lunghezza spesa a livello dell'anca flettendo il ginocchio (*hamstring shift*). Se quindi inizialmente i compensi ideali erano rappresentati dal mantenimento di ginocchio e anca estesi, il soggetto potrà trovarsi successivamente nella condizione opposta di anca e ginocchio flessi. La flessione del ginocchio riporta infatti la

GRF posteriormente rispetto alla base d'appoggio e necessita di essere compensata da un ulteriore incremento della dorsiflessione della tibiotarsica. Dal momento che il guadagno in dorsiflessione sarà piuttosto scarso, poiché la tibiotarsica si troverà già alquanto chiusa per il bilanciamento complessivo, alla comparsa della flessione del ginocchio il soggetto sarà costretto a ricorrere all'ultima articolazione disponibile: la metatarsofalangea. Se da un lato la sua dorsiflessione contribuirà a fare avanzare la GRF rispetto al piede, dall'altro andrà a ridurre la base d'appoggio. Alla ricerca di una maggiore stabilità, il soggetto facilmente ricorrerà a un'accentuata abduzione degli arti inferiori per aumentare l'estensione della base d'appoggio sul piano frontale.

- **Deficit selettivo del muscolo quadricipite**

In stazione eretta, la GRF passa normalmente dietro all'articolazione del ginocchio. L'attivazione muscolare del quadricipite risulta pertanto necessaria a contrastare la flessione della coscia sulla gamba a opera del momento esterno flessorio legato alla forza di gravità. In caso di inattività dell'apparato estensorio del ginocchio, per mantenere la stazione eretta, il soggetto ricercherà compensi capaci di mantenere la GRF anteriormente all'articolazione. Tali compensi sono sostanzialmente due: fare avanzare la GRF o fare arretrare il ginocchio. Per la prima soluzione, egli dovrà modificare l'assetto di una o più delle articolazioni sovrastanti: flessione del capo, accentuazione della cifosi cervicale, flessione della gleno-omeroale ed estensione dei gomiti, appiattimento della lordosi lombare a opera della proiezione anteriore del tronco, flessione dell'anca. Per la seconda soluzione dovrà ottenere una estensione/iperestensione del ginocchio.

La combinazione più funzionale ed efficace è rappresentata dalla proiezione anteriore del tronco, dalla flessione dell'anca e dalla massima estensione possibile del ginocchio, raggiunta se necessario con l'aiuto degli arti superiori attraverso una spinta esercitata dalla mano sulla coscia. In questa condizione, il soggetto si trova ad assumere una posizione piuttosto faticosa poiché si crea un importante momento esterno

flessorio a livello dell'anca, ed è di conseguenza necessaria una muscolatura glutea piuttosto forte per contrastare efficacemente la flessione del tronco sulla coscia. Per questo motivo, i soggetti scelgono spesso di scaricare parte del peso del tronco direttamente sulla coscia attraverso l'appoggio della mano (spesso nascondendola nella tasca anteriore dei pantaloni, adeguatamente modificata per renderla più profonda). Questa strategia consente da un lato di ridurre il lavoro muscolare richiesto agli estensori dell'anca, dall'altro di supplire, almeno in parte, all'inattività del quadricipite, contribuendo a mantenere esteso il ginocchio. Un ulteriore compenso utilizzato dai soggetti con deficit a carico dei muscoli quadricipiti è l'intrarotazione marcata degli arti inferiori. Questa soluzione sfrutta la conformazione dell'articolazione che, ritrovandosi con l'asse articolare ruotato di quasi 90°, anziché essere sollecitata dalla forza di gravità in flessione/estensione, viene sollecitata in varo/valgismo, movimenti estremamente ridotti in un'articolazione di normale conformazione. Ultima soluzione al deficit marcato dei quadricipiti è rappresentata dall'utilizzo di un'ortesi. Una ginocchiera rigida risolverebbe i problemi della fase di *stance*, ma aggraverebbe quelli della fase di *swing*. Una ginocchiera articolata coassiale al ginocchio invece aumenterebbe la stabilità sul piano frontale, ma sarebbe indifferente sul piano sagittale. Un'ortesi con articolazione meccanica posteriorizzata potrebbe invece risolvere almeno in parte il problema poiché lascerebbe passare la GRF anteriormente a essa e ne sfrutterebbe il momento esterno estensorio. In questo caso, la flessione del ginocchio per consentire l'accorciamento dell'arto in volo dovrebbe avvenire a opera dei muscoli ischiocrurali.

Per quanto riguarda la deambulazione autonoma senza ortesi, il soggetto ne sarà capace se riuscirà a trovare soluzioni idonee per soddisfare due condizioni fondamentali:

1. il raggiungimento dell'estensione del ginocchio al contatto iniziale del piede al suolo;
2. il suo mantenimento durante tutta la fase di appoggio, possibile solo se la GRF verrà man-

tenuta anteriormente all'articolazione (per impedirne la flessione a opera del momento esterno).

La prima condizione può essere soddisfatta sfruttando la forza inerziale (*pass-retract motion pattern*): il soggetto avanzerà l'arto inferiore con un'energica flessione dell'anca, che interromperà bruscamente invertendo la direzione del movimento (estensione), in modo da trasferire l'inerzia dalla coscia alla gamba e produrre così l'estensione del ginocchio. Per mantenere invece la GRF anteriormente al ginocchio durante tutta la fase di appoggio, il soggetto manterrà il tronco inclinato in avanti e il passo anteriore verrà ridotto, se non addirittura annullato, per l'appoggio dell'arto in volo sempre dietro la verticale condotta dal bacino. La netta riduzione o l'annullamento del passo anteriore comporta una notevole diminuzione della lunghezza del passo, con una conseguente riduzione della velocità e della funzionalità del cammino. Per questo il soggetto potrà cercare di incrementare diversamente la lunghezza del passo sfruttando l'abduzione degli arti inferiori (anziché la flessione di anca e l'estensione di ginocchio per l'avanzamento dell'arto in volo) in un cammino "a compasso" alimentato dal pendolo frontale di tronco. Egli cercherà inoltre di aumentare la stabilità del ginocchio in estensione spingendo con la mano sulla coscia. Questa risulta l'unica soluzione possibile in caso di deficit marcato del quadricipite bilaterale.

- **Paralisi del tricipite surale bilaterale**

Poiché in stazione eretta la GRF passa anteriormente alla tibiotarsica, l'attività del tricipite surale risulta indispensabile per contrastare il momento esterno gravitario che produce la flessione della gamba sul piede. In caso di deficit bilaterale, assistiamo all'avanzamento del corpo rispetto al piede (Fig. 1.24) con conseguente caduta in avanti del soggetto e incapacità di arrestare la marcia.

La possibilità di fare passare la GRF posteriormente all'articolazione tibiotarsica per neutralizzare il momento esterno flessorio è impedita, in questo caso, sia dalla conformazione del piede (posteriormente al malleolo, la tuberosità calcaneare è troppo corta e la base d'ap-

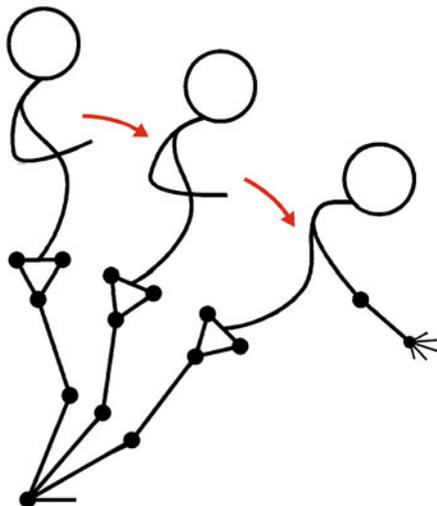


Fig. 1.24 Deficit bilaterale del tricipite surale

poggio insufficiente), sia dalla mancanza di un punto fisso (cadendo all'indietro contrarremmo i dorsiflessori sollevando la punta del piede anziché richiamare anteriormente il corpo). Unica soluzione, non volendo considerare l'utilizzo di ortesi (per esempio, tutori antitalo) o di ausili (bastoni), sarà quella di impedire la caduta del corpo in avanti attraverso continue reazioni paracadute, cioè continuando a camminare. In questo caso il compenso non agirà modificando la posizione dell'articolazione rispetto al passaggio della GRF, ma la posizione della base d'appoggio rispetto alla proiezione del baricentro. Il soggetto si troverà dunque nell'impossibilità di mantenere la stazione eretta immobile (equilibrio statico) per la necessità di inseguire continuamente la proiezione del proprio baricentro che si sposta in avanti (equilibrio dinamico) e utilizzerà come strategia la cosiddetta marcia a piccoli passi (i passi saranno il più corti possibile per produrre un avanzamento minore). Il soggetto sarà quindi incapace di stare fermo in piedi, ma in grado di esercitare la funzione cammino, se pur con notevoli alterazioni, in particolare durante la *mid* e la *terminal stance*. Verranno infatti meno il corretto rotolamento del piede, l'azione stabilizzante della tibiotarsica necessaria a evitare la flessione della gamba sul

piede, la fase di spinta e il distacco del tallone dal suolo, con conseguente rapido ed eccessivo avanzamento della tibia, cedimento del piede in talo e promozione dell'evoluzione del ginocchio verso il *crouch*.

1.3.3 Problematiche biomeccaniche e cinesiologiche più frequenti nella PCI

Dopo avere ragionato su alcuni deficit, ci soffermiamo ora sulle problematiche che possiamo ritrovare all'interno della PCI per comprendere la scelta delle strategie e dei compensi operata dal SNC all'interno dei segni clinici che osserviamo. Nella PCI, accanto ai problemi "periferici" (come debolezza e iperattività) sono presenti problemi "centrali" di controllo motorio che rendono molto più complesso e variegato il quadro clinico. Per ognuna di queste problematiche, è possibile riformulare il percorso logico sopra visionato, ma per l'abbondanza e la variabilità dei segni, ci limiteremo a una descrizione riassuntiva, prendendo in esame le stazioni articolari maggiormente coinvolte nel mantenimento della stazione eretta e della deambulazione: il tronco, il bacino, l'anca, il ginocchio e il piede.

1.3.3.1 Tronco

Per controllare le deviazioni posturali minori indotte dal cammino a livello del tronco, è normalmente necessaria una minima quantità di attività muscolare. Per questo le variazioni nell'allineamento del tronco durante il cammino rappresentano più spesso adattamenti posturali che compensano un'inadeguata mobilità o un difettoso controllo muscolare di bacino, anca, ginocchio e tibiotarsica.

Inclinazione omolaterale del tronco

L'inclinazione omolaterale del tronco avviene quando il paziente sposta il tronco verso il lato dell'arto inferiore in appoggio; può essere legata a cause primitive o a elementi secondari (compensi). Tra le cause primitive troviamo la necessità di bilanciamento del tronco; tra quelle secondarie, la presenza di un'ipometria dell'arto inferiore

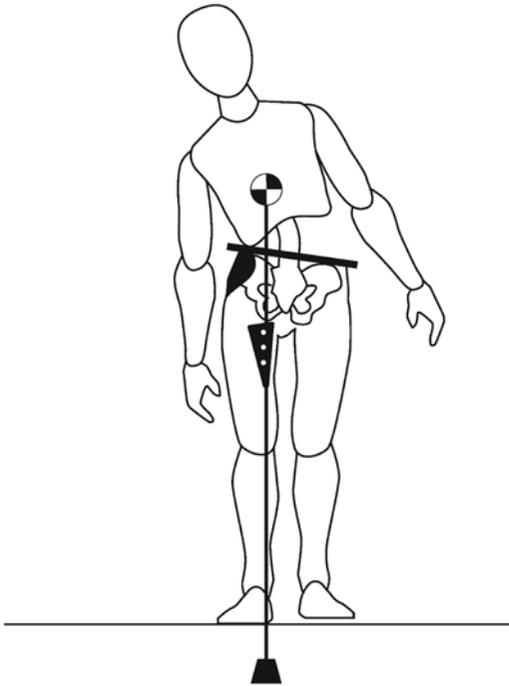


Fig. 1.25 Inclinazione omolaterale del tronco per preservare l'allineamento della GRF quando una contrattura in flessione-adduzione della coscia causa una caduta del bacino controlaterale

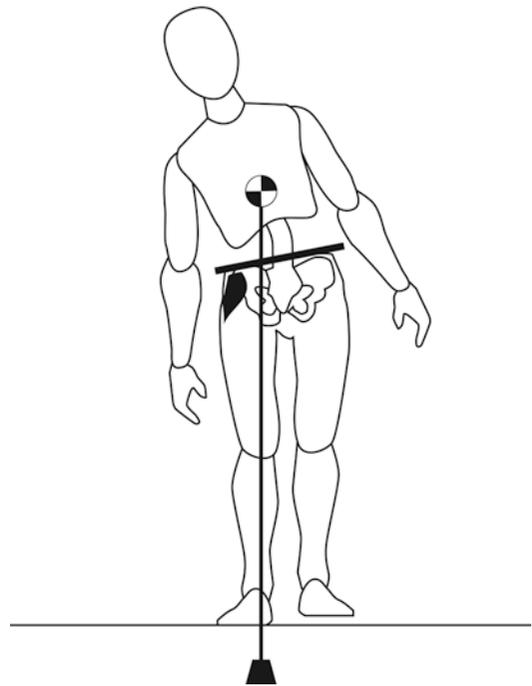


Fig. 1.26 Segno di Duchenne. L'inclinazione omolaterale del tronco sposta la GRF sull'arto in appoggio per favorire i muscoli abduttori dell'anca deboli

omolaterale o la necessità di compensare situazioni quali:

- un'eccessiva flessione-adduzione della coscia dell'arto in carico, per cui il soggetto cerca di compensare la caduta controlaterale del bacino con l'inclinazione omolaterale del tronco, in modo da riportare la GRF entro la base d'appoggio e favorire il sollevamento dell'arto inferiore opposto (Fig. 1.25). In questo caso, all'inclinazione del tronco si accompagna l'abbassamento del bacino dal lato opposto e parliamo di segno di Trendelenburg;
- la debolezza degli abduttori dell'anca, per cui il soggetto inclina il tronco per far passare la GRF più vicino possibile o attraverso il fulcro articolare dell'anca in carico e neutralizzare il momento esterno adduttore responsabile della caduta controlaterale del bacino. In questo caso osserviamo il segno di Trendelenburg se è presente comunque una caduta del bacino controlaterale, mentre osserviamo l'andatura di Duchenne (Fig. 1.26) se il compenso è sufficiente a sollevare l'emibacino controlaterale oltre la li-

nea orizzontale;

- un'inadeguata flessione dell'anca controlaterale, per cui l'inclinazione del tronco favorisce il distacco dell'arto controlaterale dal suolo e l'utilizzo della circonduzione per il suo avanzamento (schema falciante) (Fig. 1.27).

Inclinazione controlaterale del tronco

Il soggetto inclina il tronco verso il lato dell'arto in volo. Le cause possono essere:

- un'alterato controllo dell'emisoma (plegico), per cui quando il soggetto è in carico sul lato conservato, il tronco tende a inclinarsi verso il lato plegico. Il fenomeno è noto come sindrome della spinta. Si precisa che questa sindrome viene qui citata per una più completa e precisa descrizione del segno clinico, nonostante non sia riscontrabile nei soggetti in età pediatrica;
- un'insufficiente fissazione prossimale.

Pendolo frontale di tronco

Il pendolo frontale di tronco, se simmetrico, consente di conservare l'energia, ma si associa a dif-

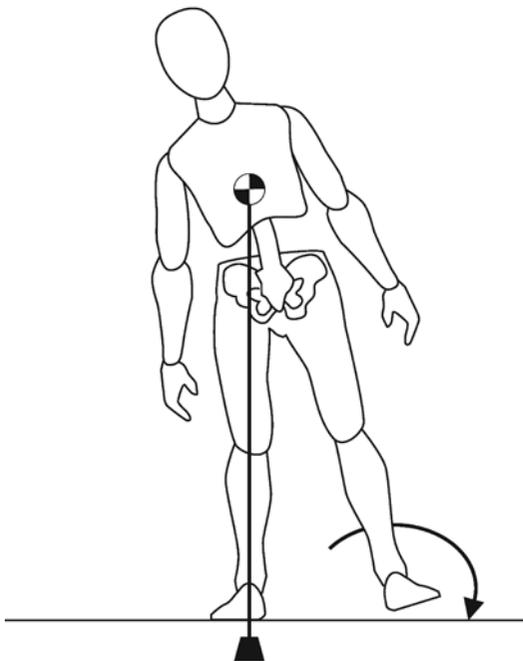


Fig. 1.27 Schema falciante

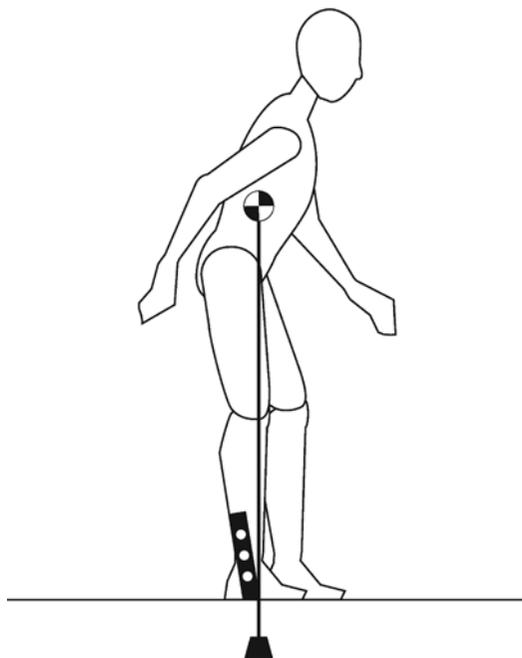


Fig. 1.28 L'antepulsione del tronco compensa la mancata flessione della tibia sul piede per la presenza di una contrattura del tricipite surale (equino nascosto)

ficoltà a iniziare e arrestare la marcia.

Quando osserviamo un pendolo frontale di tronco, dobbiamo pensare:

- alla dinamica abduttori/adduttori sul bacino;
- a possibili eterometrie fra gli arti inferiori;
- a un deficit dei flessori dell'anca;
- a una strategia legata alla necessità di velocizzare il cammino, come avviene nella terza forma di diplegia (Ferrari, Cioni 2010).

Inclinazione anteriore del tronco

L'inclinazione anteriore del tronco può essere conseguente a:

- debolezza dei muscoli estensori dell'anca, purché di grado moderato: in questo caso il soggetto inclina anteriormente il tronco per mettere in tensione i muscoli glutei e sfruttarne l'azione di fascia;
- contrattura in flessione dell'anca senza lordosi compensatoria;
- difesa percettiva verso lo spazio posteriore¹⁰;
- compenso a un piede equino con contatto del tallone (equino nascosto) (Fig. 1.28);

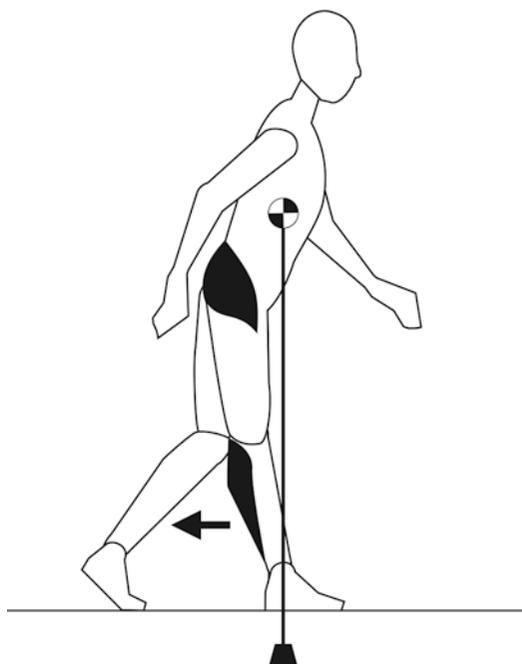


Fig. 1.29 L'antepulsione del tronco compensa la debolezza del quadricipite mantenendo la linea di carico davanti all'asse del ginocchio. La tibia è trattenuta dal soleo

¹⁰ Vedi valutazione pag. 59-60

- compenso a un'insufficienza del quadricipite (Fig. 1.29).

Inclinazione posteriore del tronco

Osserviamo un'inclinazione posteriore del tronco in caso di:

- contrattura/retrazione degli ischiocrurali: il bacino viene basculato in retroversione e per favorire l'avanzamento dell'arto in volo il soggetto inclina posteriormente il tronco per guadagnare lunghezza muscolare a livello del ginocchio;
- necessità di compensare una debolezza significativa degli estensori dell'anca *in stance* (l'inclinazione posteriore del tronco riporta la GRF dietro all'asse trasverso delle coxofemorali) (Fig. 1.30);
- compenso a un'inadeguata flessione dell'anca *in swing* per facilitare l'avanzamento dell'arto in volo (Fig. 1.31).

1.3.3.2 Bacino

Durante il passo il bacino si muove in tre direzioni rispetto all'anca dell'arto in carico (che ha funzione di perno): inclinazione, basculamento e rotazione.

Gli abduttori e gli estensori dell'anca controllano il bacino, mentre gli addominali e i muscoli del rachide sono responsabili dell'allineamento del tronco sulla pelvi.

In appoggio bipodale la stabilità del bacino è determinata dall'azione simultanea e bilaterale di adduttori e abduttori (se predominano gli adduttori da un lato e gli abduttori dall'altro si assiste a un sollevamento del bacino dal lato degli adduttori); in appoggio monopodale, dagli abduttori che contrastano il momento esterno dovuto al peso del corpo.

Bacino instabile sul piano frontale

Quando il *bacino è instabile sul piano frontale*, assistiamo a un suo abbassamento dal lato in sospensione e a una traslazione orizzontale verso il lato in appoggio. Possiamo ricondurre questo segno a diversi fattori:

- all'incapacità di raggiungere la fissazione prossimale, ovvero di assicurare una relazione di stabilità tra asse corporeo ed estremità a causa

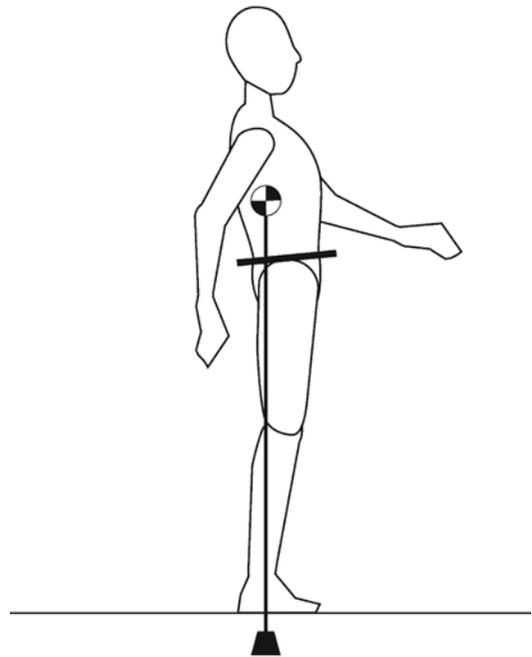


Fig. 1.30 Tronco inclinato posteriormente. Lo spostamento della GRF dietro l'articolazione dell'anca compensa la debolezza degli estensori dell'anca. L'estensione dell'anca e la dorsiflessione della caviglia sono necessarie per mantenere la GRF all'interno della base d'appoggio

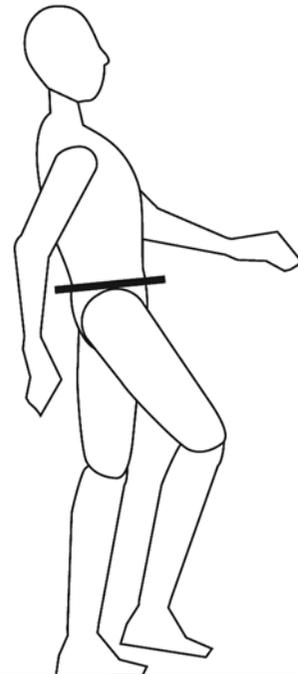


Fig. 1.31 L'inclinazione posteriore del tronco facilita l'avanzamento della coscia in fase di volo

di un'alterata maturazione neurologica (forme tetraparetiche della PCI);

- a un'insufficienza del medio gluteo dalla parte dell'arto in appoggio;
- alla prevalenza dei muscoli adduttori dalla parte dell'arto in appoggio. Se gli adduttori prevalgono anche dalla parte dell'arto in sospensione, si verifica lo schema a forbice (interferenza flessione-adduttoria).

L'instabilità del bacino ostacola la stabilizzazione del tronco sull'arto in appoggio e la fase di volo dell'arto controlaterale e, in questo caso, diventa di fatto impossibile l'abbandono del deambulatore e il passaggio ai quadripodi. Per dare stabilità al bacino, nei quadri più severi di tetraparesi, è indispensabile per la locomozione il ricorso a ortesi bacino-coscia bilaterali a un grado di libertà di movimento.

Bacino antiverso

L'antiversione del bacino può essere legata a molteplici fattori:

- difesa percettiva, come tentativo di controllo della direzione di una possibile caduta (per evitare la caduta verso dietro dove le reazioni paracadute sono assenti e sfruttare invece i paracadute anteriori che sono i più efficienti e sotto controllo visivo);
- debolezza moderata degli estensori dell'anca, primitiva o da eccessivo allungamento chirurgico degli ischiocrurali;
- eccessiva lunghezza degli ischiocrurali (post-chirurgica);
- spasticità dei flessori dell'anca (Fig. 1.32).

Può inoltre essere un compenso a:

- insufficienza marcata del quadricipite (l'antiversione del bacino con antepulsione del tronco contribuisce a fare avanzare la GRF anteriormente all'articolazione del ginocchio e facilita la sua estensione) (Fig. 1.33);
- eccessiva plantiflessione della tibiotarsica in fase di *stance* con appoggio del tallone al suolo (equino nascosto) (Fig. 1.34).

Di fronte a un bacino marcatamente antiverso, il soggetto accentua come primo compenso l'iperlordosi lombare, in modo da riportare il tronco in una posizione più verticale e dunque meno faticosa (l'antepulsione del tronco aumenta notevolmente



Fig. 1.32 Antiversione del bacino dovuta a contrattura o spasticità dei flessori dell'anca

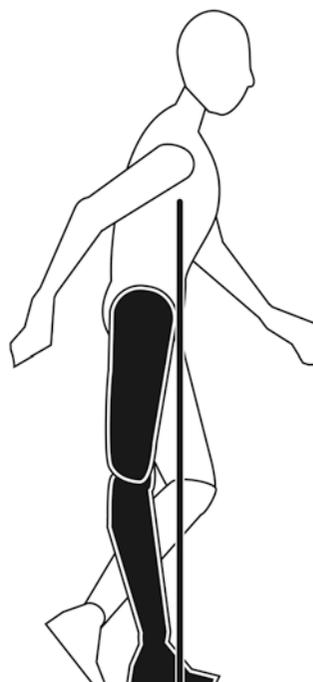


Fig. 1.33 L'iperestensione del ginocchio, unitamente all'antiversione del bacino e all'antepulsione leggera del tronco, compensa la debolezza del quadricipite. Il vettore posto anteriormente al ginocchio determina l'estensione dell'articolazione

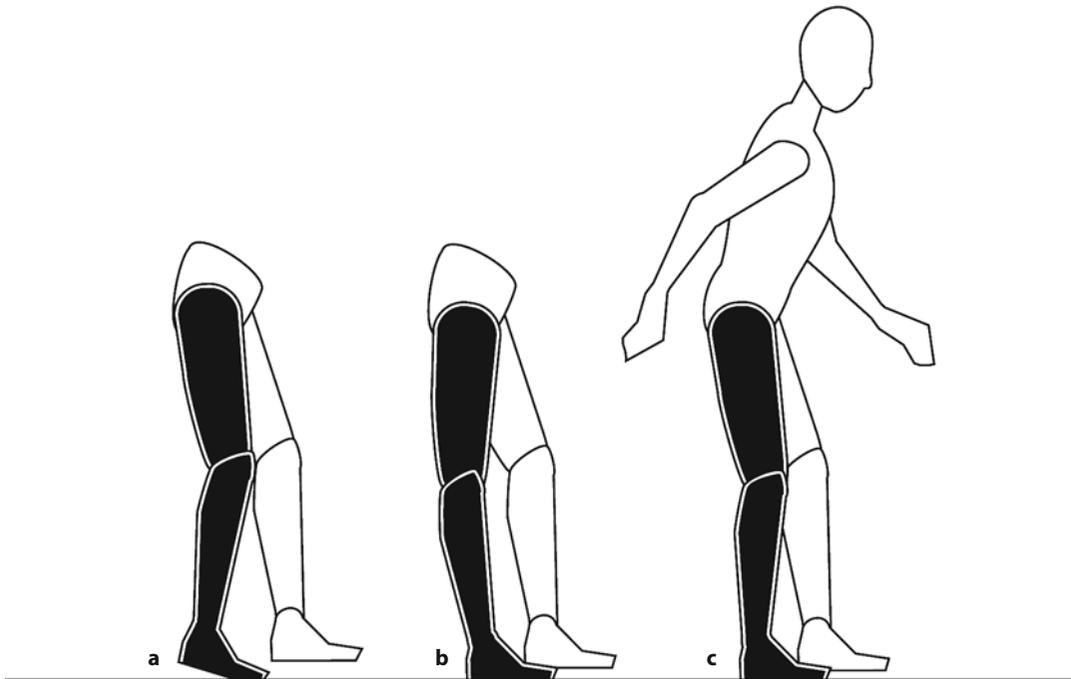


Fig. 1.34 Alterazioni del cammino in fase di *mid stance* legate a un'eccessiva flessione plantare della caviglia. **a** Distacco precoce del tallone. **b** Caduta del retropiede con arretramento della tibia. **c** Compenso alla difficoltà di avanzamento della tibia sul piede tramite antepulsione del tronco

il momento flessorio esterno all'anca e richiede maggiore forza alla muscolatura glutea). Se l'antiversione è però legata a un disordine di carattere percettivo, la verticalizzazione del tronco sarà minore per la tendenza a sfuggire dallo spazio posteriore e il compenso in lordosi meno marcato. Anche nel caso di insufficienza del quadricipite, l'antepulsione del tronco verrà mantenuta quel tanto che è necessario per conservare la GRF anteriormente all'articolazione del ginocchio. Se l'antiversione è particolarmente marcata, per ridurre la fatica e aumentare la stabilità, il soggetto deve ricorrere a soluzioni alternative come l'utilizzo di appoggi per gli arti superiori (deambulatore, quadripodi).

Bacino retroverso

La retroversione del bacino può essere legata fondamentalmente a due fattori principali:

- la dominanza della reazione segnapassi sulla reazione di sostegno;
- un'azione volontaria, attraverso l'attivazione dei muscoli addominali in *swing*, per fare avan-

zare l'arto in volo in caso di debolezza dei flessori dell'anca o di abnorme reazione allo stiramento degli ischiocrurali (Fig. 1.35).

Sollevamento omolaterale del bacino in *swing* (*pelvic hike*)

Rappresenta un compenso per facilitare la fase di *swing* di un arto "troppo lungo", per esempio in caso di piede plantiflesso associato a un'inadeguata flessione primitiva dell'anca e secondaria del ginocchio (normalmente infatti l'accorciamento dell'arto in sospensione è affidato alla flessione dell'anca che fa da starter alla flessione del ginocchio). Il soggetto compensa all'arto "troppo lungo" utilizzando il quadrato dei lombi per elevare il bacino (*hiking*) e fare avanzare l'arto. Il rachide compensa l'obliquità del bacino con una scoliosi funzionale per ristabilire l'allineamento verticale.

Caduta controlaterale del bacino in *stance*

Talvolta possiamo osservare la caduta controlaterale del bacino durante la fase di *stance*, che inizia non appena il peso del corpo viene trasferito



Fig. 1.35 La retroversione del bacino viene utilizzata per facilitare l'avanzamento dell'arto in volo in caso di debolezza dei flessori dell'anca

sull'arto (*load response*) e continua fino alla *pre swing*. Questo fenomeno può essere dovuto a:

- debolezza degli abduttori dell'anca, in particolare del medio gluteo (Fig. 1.36);
- contrattura/retrazione degli adduttori in *mid stance* (Fig. 1.37).

Nel caso di deficit marcato del medio gluteo, è possibile osservare il compenso dell'inclinazione omolaterale del tronco (andatura con pendolo frontale di tronco) per neutralizzare il momento esterno responsabile della caduta del bacino: in questo modo il soggetto porta la GRF vicino al fulcro articolare (anca in carico), riducendone il braccio di leva. Ricordiamo che se al pendolo verso l'arto in carico si associa la caduta controlaterale del bacino, ci troviamo di fronte al segno di Trendelenburg. Se al contrario il pendolo si associa al sollevamento controlaterale del bacino, siamo di fronte al segno di Duchenne.

Caduta omolaterale del bacino in *stance*

Possiamo osservare la caduta omolaterale del bacino dalla parte dell'arto in carico in presenza di

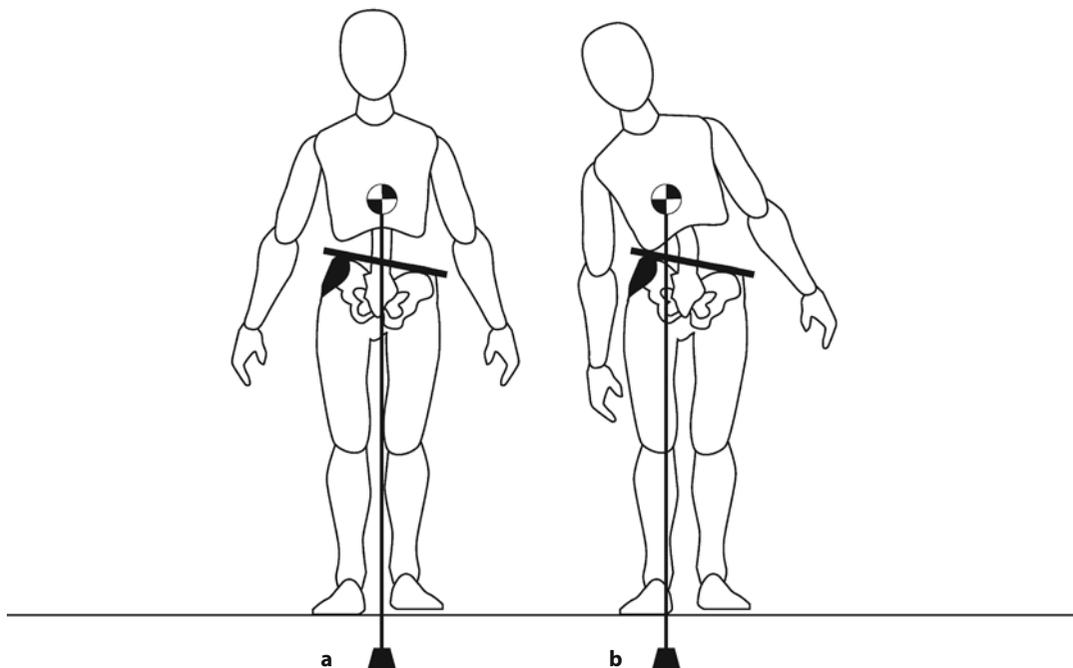


Fig. 1.36 Caduta del bacino controlaterale all'arto in carico per debolezza dei muscoli abduttori dell'anca ipsilaterali. **a** la forza del medio gluteo non è sufficiente a neutralizzare il momento esterno responsabile della caduta del bacino. **b** L'inclinazione compensatoria del tronco avvicina la proiezione del centro di massa al fulcro articolare dell'anca riducendo il momento esterno

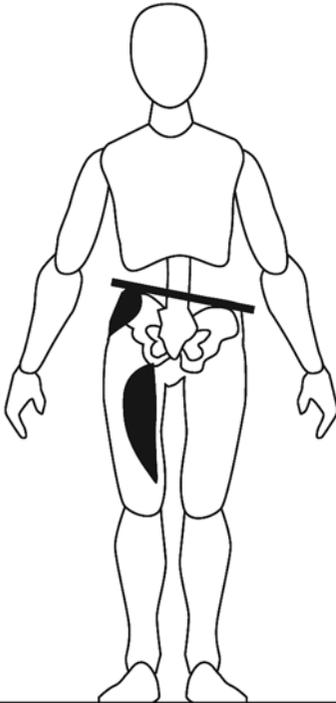


Fig. 1.37 Caduta controlaterale del bacino conseguente a una contrattura dei muscoli adduttori ipsilaterali all'arto in carico

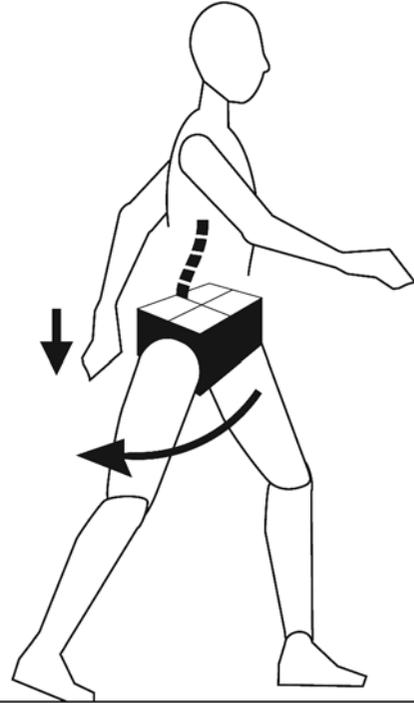


Fig. 1.38 Sollevamento controlaterale e rotazione del bacino per facilitare l'avanzamento in presenza di insufficiente *push off*

un accorciamento ipsilaterale non compensato dell'arto inferiore. Tale accorciamento può essere dovuto a una mancata estensione del ginocchio o a una lussazione dell'anca.

Sollevamento controlaterale e rotazione del bacino in *terminal stance*

In caso di insufficiente *push off* in *terminal stance*, oltre all'accorciamento del passo posteriore, l'arto in carico non viene sufficientemente "allungato" per raggiungere l'appoggio bipodale senza produrre una sostanziale variazione di altezza del baricentro. Il soggetto compensa il mancato allungamento dell'arto inferiore innalzando e avanzando l'emibacino controlaterale (Fig. 1.38).

1.3.3.3 Anca (Fig. 1.39)

L'articolazione dell'anca rappresenta il collegamento tra l'unità passeggero (capo, tronco, arti superiori) e l'unità locomotrice (arti inferiori).

Durante la fase di *stance* il compito principale della muscolatura dell'anca è stabilizzare il bacino: i muscoli più coinvolti sono gli estensori e gli

abduzioni. Durante la fase di *swing* il compito principale dell'anca è l'avanzamento dell'arto inferiore: i muscoli più impegnati sono i flessori. Gli

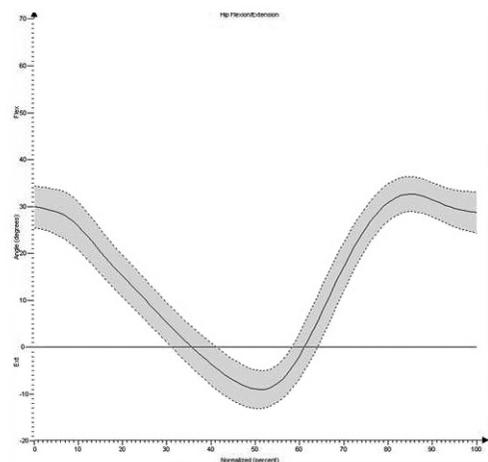


Fig. 1.39 Escursione articolare dell'anca durante il cammino libero (linea continua, media; linee tratteggiate, deviazioni standard)

adduttori intervengono nella fase di passaggio tra la *stance* e la *swing*.

Le alterazioni che più frequentemente troviamo nelle PCI sono rappresentate da:

- anca flessa (inadeguata estensione o accentuata flessione), che può essere primitiva o secondaria;
- anca estesa;
- anca addotta;
- anca intraruotata.

Anca flessa

L'anca flessa primitiva (Fig. 1.40) può essere dovuta a fattori diversi quali:

- dominanza dello schema patologico (pattern flessorio) con incapacità di estendere l'anca in carico dopo il passaggio della verticale dell'arto in volo;
- contrattura/retrazione dei muscoli flessori (ileopsoas e retto femorale);
- abnorme reazione allo stiramento di questi muscoli in *terminal stance*.

La presenza di un'anca flessa minaccia la stabilità del carico in *stance*, ostacola la progressione del corpo e riduce la lunghezza del passo

controlaterale. Limita, infatti, il passo posteriore dopo che l'arto in *swing* ha superato lo *zenith* (mentre l'anca in volo si flette, quella in carico deve estendersi). Tale condizione impone soluzioni compensatorie per consentire l'avanzamento dell'arto controlaterale, come il pivot sull'avampiede o l'intrarotazione della coscia. In *terminal stance* il deficit si amplifica perché vi è una richiesta aggiuntiva di estensione. L'estensione limitata dell'anca impone ulteriori soluzioni compensatorie nei segmenti corporei adiacenti, come l'aumento della lordosi lombare per contenere l'inclinazione anteriore del tronco o la flessione del ginocchio.

Di per sé, il meccanismo meno faticoso per portare verso dietro il vettore del peso corporeo è l'accentuazione della lordosi lombare, anche se questa, quando eccessiva, tende a divenire dolorosa. Al contrario, il compenso meno vantaggioso in termini di risparmio energetico è rappresentato dalla flessione del ginocchio, che porta la coscia verso dietro e permette al bacino di mantenere il suo allineamento, ma richiede maggiore attività al quadricipite perché fa aumentare il momento flessorio.

Quando parliamo di *anca flessa secondaria*, in-

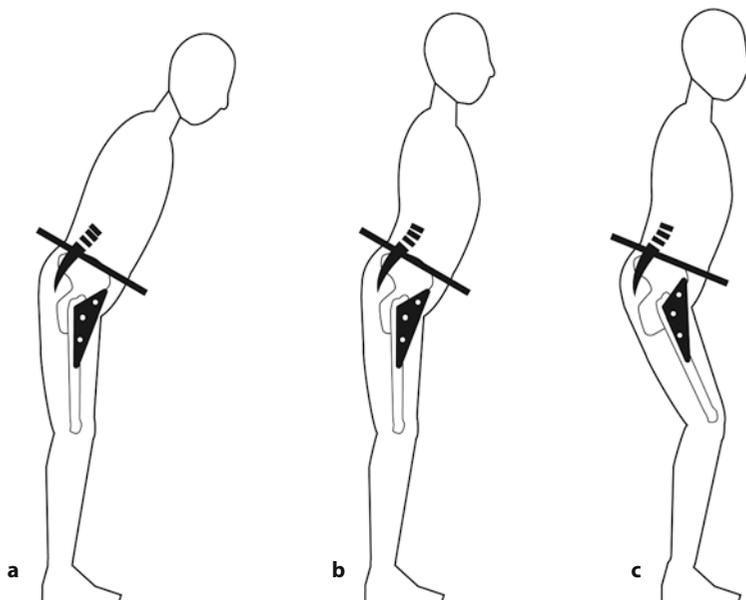


Fig. 1.40 Inadeguata estensione dell'anca in *mid stance*. **a** In assenza di compensi, il bacino e il tronco vengono proiettati in avanti. **b** La lordosi lombare consente di riportare il tronco eretto. **c** La flessione delle ginocchia compensa la flessione dell'anca riportando sia il bacino sia il tronco verticali

tendiamo una soluzione adottata dal SNC per compensare un difetto a carico di un altro distretto corporeo:

- un'augmentata flessione d'anca in *swing* può compensare una maggiore lunghezza funzionale o strutturale dell'arto in volo, per esempio per mancanza di un'adeguata dorsiflessione del piede (Fig. 1.41);
- sull'arto in appoggio può esprimere un compenso a un equino nascosto; in questo caso è associata all'iperestensione del ginocchio e all'antepulsione del tronco. La flessione dell'anca in realtà è più apparente che reale, perché è la coscia a essere arretrata (Fig. 1.42);
- può essere un compenso alla flessione di ginocchio per ristabilire l'equilibrio statico.

L'anca flessa secondaria assume pertanto un'accezione più positiva rispetto all'anca flessa primitiva e la sua correzione può avvenire solo modificando il difetto originario.

Anca estesa

Per anca estesa, intendiamo un'inadeguata flessione durante la fase di *swing*. Essa può essere legata a:

- dominanza dello schema patologico, ovvero del pattern dell'antigravità verticale; in questo caso l'avanzamento a inizio *swing* avverrà flet-

tendo solo per pochi gradi l'anca, per limitare la difficoltà successiva di coniugare l'ulteriore flessione dell'anca con l'estensione del ginocchio che deve avvenire a fine *swing*;

- debolezza o alterata attivazione dei flessori dell'anca.

La presenza di un'anca estesa ha come effetto secondario una limitata flessione del ginocchio

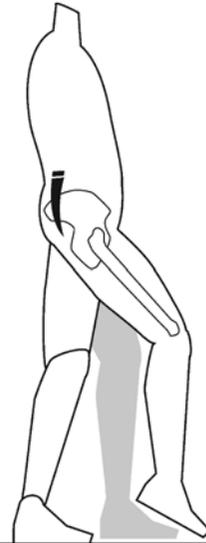


Fig. 1.41 Flessione dell'anca come compenso all'equino in volo

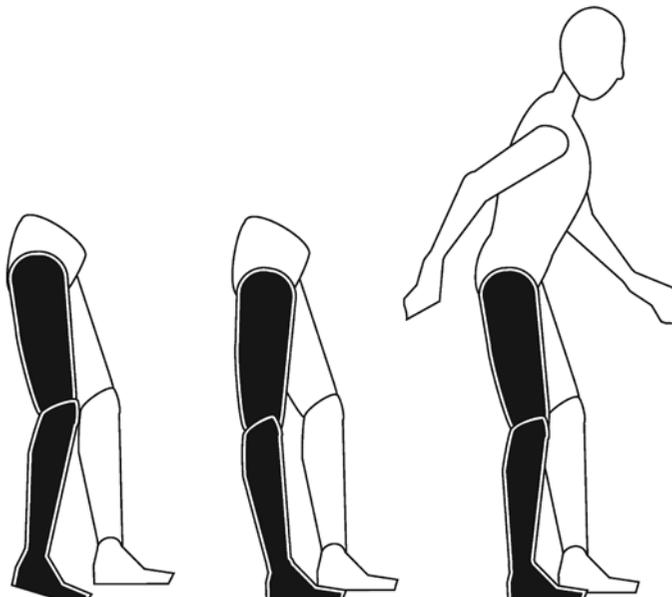


Fig. 1.42 Flessione dell'anca, recurvato di ginocchio e antepulsione del tronco come compensi all'equino nascosto

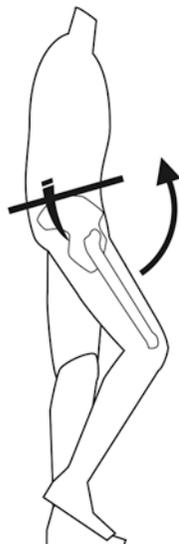


Fig. 1.43 Retroversione del bacino per favorire l'avanzamento dell'arto in volo

poiché manca l'avanzamento della coscia e può pertanto contribuire allo strisciamento della punta del piede a terra per eccessiva lunghezza dell'arto in volo (*clearance* insufficiente). Questo segno determina un accorciamento del passo anteriore e una riduzione della velocità del cammino oltre che un aumento del consumo energetico.

I compensi che possiamo osservare per limitare gli svantaggi legati alla presenza di un'anca estesa sono:

- la retroversione del bacino (a opera dei muscoli addominali), ovvero lo sfruttamento del bascu-



Fig. 1.44 Contrattura degli adduttori e dell'ileopsoas ipsilaterali in *stance*

- lamenteo anteroposteriore del bacino per favorire l'avanzamento dell'arto in volo (Fig. 1.43);
- la circonduzione dell'arto in volo, consentita dal sollevamento dell'emibacino e dalla rotazione in associazione all'abduzione della coscia;
- l'equino dinamico sull'arto in carico in *mid stance* per compensare l'arto controlaterale in volo troppo "lungo" e aumentare lunghezza del passo e la propulsione;
- il pendolo frontale di tronco con inclinazione controlaterale.

Questi compensi sono osservabili solitamente nella fase di *initial swing* e possono coesistere.

Anca addotta

L'anca addotta può essere dovuta a cause primitive o essere secondaria a difetti a carico di altri distretti. Tra le cause primitive troviamo:

- la contrattura/retrazione degli adduttori e dell'ileopsoas dell'arto in *stance* (Fig. 1.44);
- la contrattura/retrazione dei muscoli ischiocrurali (del gracile in particolare);
- l'abnorme reazione allo stiramento degli adduttori (che agiscono come flessori dell'anca) (Fig. 1.45).

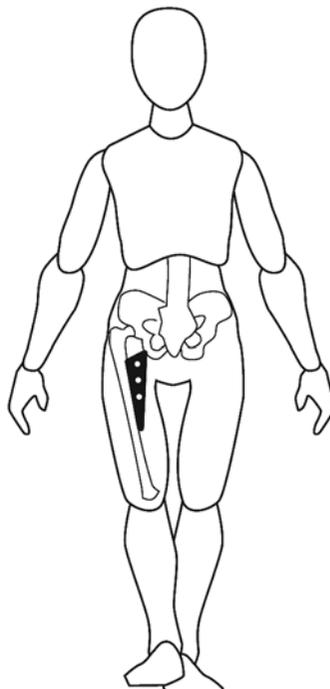


Fig. 1.45 Abnorme reazione allo stiramento degli adduttori

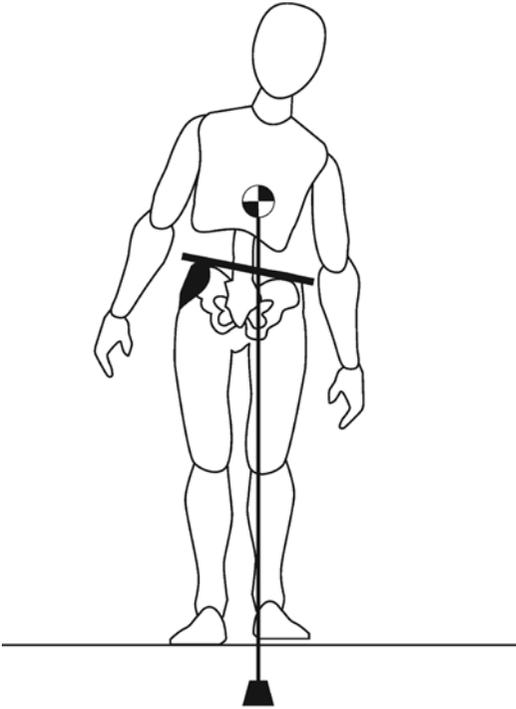


Fig. 1.46 Anca addotta *in stance* conseguente all'insufficienza del medio gluteo omolaterale

L'anca addotta può inoltre essere conseguente all'insufficienza del medio gluteo omolaterale (adduzione che inizia con il trasferimento del carico sull'arto considerato e termina quando questo viene trasferito nuovamente sull'arto opposto), a sua volta frequentemente secondaria a marcato valgismo del collo femorale o a lussazione posterosuperiore della testa femorale (Fig. 1.46).

L'associazione di un'importante contrattura/retrazione degli adduttori e dell'insufficienza del medio gluteo omolaterale crea un quadro clinico molto rischioso in quanto può favorire la lussazione della testa femorale. L'anca addotta, inoltre, libera lo schema a forbice che riduce la base di appoggio e la stabilità del soggetto e ostacola la progressione in fase di *swing*; il piede in volo, infatti, può inciampare sul piede in appoggio, specialmente in caso di marcata rotazione interna con chiusura dell'angolo del passo. In questi casi, prima che vengano prodotti danni secondari alle coxofemorali, è importante limitare il problema ricorrendo all'utilizzo di tossina botulinica, chirurgia funzionale o ortesi di anca.

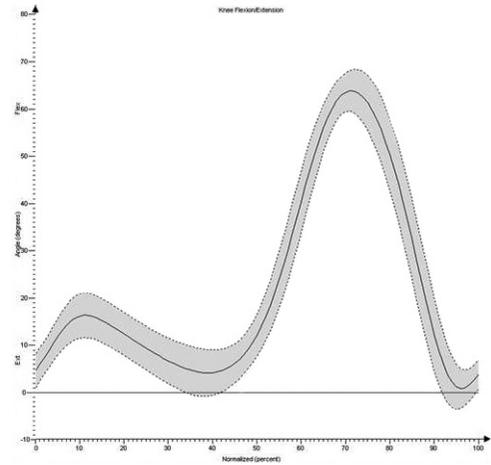


Fig. 1.47 Escursione articolare del ginocchio durante il cammino libero (linea continua, media; linee tratteggiate, deviazione standard)

Anca intraruotata

L'anca intraruotata può essere legata a cause primitive o a fattori periferici. Tra le cause primitive troviamo:

- la contrattura/retrazione degli adduttori, che agiscono da intrarotatori ad anca flessa e da extrarotatori ad anca estesa;
- la contrattura/retrazione degli ischiocrurali mediali (semitendinoso e semimembranoso): l'iperattività dovuta alla spasticità o al loro coinvolgimento nello schema primitivo aumenta il loro effetto rotatorio. Se l'anca è flessa e il bacino antiverso, questi muscoli entrano in tensione a causa del loro "arrotolamento" sul bacino (*hamstring shift*).

Tra le cause periferiche e secondarie ricordiamo:

- l'antiversione del collo femorale;
- la funzione di compenso alla debolezza del quadricipite.

1.3.3.4 Ginocchio

Nel ciclo di ogni passo, il ginocchio compie quattro archi di movimento con alternanza di flessioni ed estensioni: dal contatto iniziale alla risposta al carico va in leggera flessione, poi si estende gradualmente sino a raggiungere la fase terminale dell'appoggio, in cui inizia la flessione preparatoria alla fase di *swing*, che continua sino all'oscil-

lazione intermedia, in cui comparirà nuovamente l'estensione (Fig. 1.47).

Le principali funzioni del ginocchio durante la marcia sono: *assorbire lo shock* provocato dall'impatto con il suolo, *stabilizzare l'arto* in carico per assicurare sostegno al peso del corpo, consentire l'*avanzamento rapido dell'arto* in sospensione permettendone la *clearance*.

Le alterazioni a carico del ginocchio che più spesso riscontriamo nella PCI sono rappresentate dalla presenza di:

- ginocchio flesso (*crouch*);
- ginocchio "esteso" (*stiff knee*, recurvato);
- conflitto torsionale (intratorsione del femore + extratorsione della tibia);
- deviazioni sul piano frontale (valgismo/varismo).

Ginocchio flesso

La presenza di un ginocchio flesso può essere ricondotta a una reazione di sostegno insufficiente, a cause "posteriori" o "anteriori".

Il pattern prodotto da una reazione di sostegno insufficiente contraddistingue i quadri dell'ipoposturalità¹¹ e dipende da un ridotto "drive centrale" del controllo antigravitario.

Tra le cause "posteriori" ricordiamo:

- l'abnorme reazione allo stiramento dei muscoli ischiocrurali: normalmente in *mid* e *terminal swing* la coscia oscilla anteriormente come un pendolo sagittale diretto, favorendo l'estensione del ginocchio. In caso di spasticità degli ischiocrurali, si ha una contrazione patologica reattiva allo stiramento che blocca l'avanzamento della coscia, limitando la flessione dell'anca, impedendo un'adeguata estensione del ginocchio all'*initial contact* e riducendo la lunghezza del passo anteriore;
- la presenza di una limitazione articolare in flessione per:
 - retrazione degli ischiocrurali: il ginocchio può estendersi solo in relazione alla retroversione del bacino. Sono presenti una costante flessione del ginocchio dell'arto in carico e una retroversione di bacino in fase di oscillazione media e terminale, compenso

necessario per consentire una maggiore estensione del ginocchio e un certo guadagno nel passo anteriore;

- retrazione della capsula articolare posteriore: il ginocchio non si estende mai completamente né in fase di *stance* né in fase di *swing*;
- un deficit di controllo selettivo: si osserva un reclutamento in co-contrazione di flessori ed estensori del ginocchio che porta l'arto a irrigidirsi in posizione di leggera flessione (*stiff knee*).

Tra le cause "anteriori" possiamo osservare:

- cedimento del tendine sottorotuleo, che porta a una progressiva riduzione della capacità del quadricipite di estendere il ginocchio;
- deficit del tricipite surale, in particolare del soleo, che comporta un'inadeguata estensione del ginocchio in *mid* e *terminal stance* per compromissione del punto fisso del quadricipite: la porzione prossimale della tibia tende ad avanzare ruotando sul secondo fulcro quando la linea di carico progredisce anteriormente rispetto alla tibiotarsica. Il quadricipite, pur avendo abbastanza forza per sostenere il ginocchio, non può produrne l'estensione perché il suo punto di fissazione (la tibia) è instabile. Anche la presenza di un piede valgo-pronato (o riflesso se il gastrocnemio è retratto) crea una condizione di disfunzione meccanica a carico del piede (perdita del braccio di leva) che porta a un deficit secondario del tricipite surale, contribuendo a produrre le conseguenze sopra descritte.

A lungo andare il deficit della coppia plantiflessori del piede-estensori del ginocchio fa sì che il carico sull'arto inferiore avvenga a ginocchio sempre più flesso, portando al cosiddetto *crouch gait pattern*. La flessione del ginocchio incrementa il momento esterno flessorio poiché ne aumenta il braccio di leva, con conseguente sovraccarico del quadricipite. Tale condizione instaura un circolo vizioso che tende progressivamente a peggiorare (Fig. 1.48). La contrazione del quadricipite crea infatti un aumento della tensione a carico del tendine sottorotuleo che pro-

¹¹ Vedi valutazione pagg. 48-50

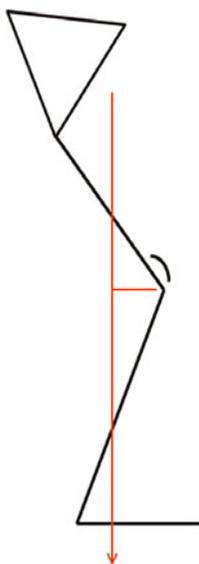


Fig. 1.48 La flessione del ginocchio incrementa il momento flessorio esterno poiché aumenta il braccio di leva

gressivamente cede con conseguente risalita della rotula. Il quadricipite viene così a trovarsi in condizioni di maggiore “accorciamento” che, a fronte della maggiore potenza richiesta, riduce la sua capacità di resistere a uno sforzo prolungato. Più il quadricipite si contrae per opporsi alla flessione del ginocchio, più cede il tendine sottorotuleo, risale la rotula e cresce il momento flessorio, con aumento della richiesta al quadricipite che, per effetto dell’avvicinamento dei suoi capi di inserzione, è sempre meno in grado di rispondere. Paradossalmente più forza esprime il quadricipite, più flesso diventa il ginocchio, più rapidamente il paziente si stanca. La risalita della rotula favorisce l’iperpressione sottorotulea e la espone al rischio di lussazione.

Quando il *crouch* si associa ad antiversione di bacino, si può ipotizzare che la causa risieda in un problema articolare a livello del ginocchio, in una retrazione dell’ileopsoas o in un deficit del soleo. Al contrario, quando è associato a retroversione di bacino, la causa è da ricercare a livello dei flessori del ginocchio che risulteranno re-

tratti. Infatti un accorciamento dei flessori ha effetto su entrambi gli estremi, portando sia alla flessione del ginocchio sia alla retroversione del bacino.

In sede di valutazione è fondamentale individuare la causa del segno, distinguendo le cause “anteriori” da quelle “posteriori”. Se per esempio la flessione del ginocchio è associata a una rotula già risalita, un eventuale allungamento chirurgico dei flessori del ginocchio non potrà ripristinare l’estensione di questa articolazione, a causa dell’impossibilità del quadricipite di esprimere la forza necessaria a causa dell’alterata lunghezza del tendine sottorotuleo.

Ginocchio esteso

Come per il ginocchio flesso, anche la presenza di un ginocchio esteso può essere di tipo primitivo o secondario.

Il ginocchio esteso primitivo, o *stiff knee* (ginocchio rigido, con limitazione del ROM¹² in flesso-estensione), può essere dovuto a:

- *abnorme reazione allo stiramento del quadricipite durante la risposta al carico*: in questa fase, un rapido cedimento in dorsiflessione della tibiotarsica con conseguente flessione del ginocchio induce un brusco stiramento del quadricipite. Tale stiramento determina a sua volta una contrazione che estende anticipatamente il ginocchio;
- *attivazione prolungata fuori fase in initial e mid swing*: un’attivazione prolungata del retto femorale durante queste fasi ostacola la flessione del ginocchio necessaria per l’accorciamento dell’arto in volo, con compromissione della clearance;
- *deficit di controllo selettivo*:
 - co-contrazione di quadricipite e ischiocrurali: l’arto si irrigidisce a ginocchio semi-esteso per la prevalenza del quadricipite sugli ischiocrurali;
 - semplificazione: attraverso il congelamento l’arto viene utilizzato come se fosse un pilone rigido non articolato per semplificarne il controllo centrale.

¹² Range of motion (ROM): il range di movimento di una articolazione si riferisce sia alla distanza che l’articolazione può compiere sia alla direzione nella quale si muove.

La presenza di un ginocchio esteso primitivo altera in modo sostanziale tutte le fasi del ciclo del passo: nella fase di risposta al carico ostacola l'avanzamento della tibia e riduce l'assorbimento dell'impatto con il suolo; in *pre swing* e in *initial swing* determina la perdita della fase di spinta e crea difficoltà al *toe off*; in *mid swing* ostacola la clearance dell'arto. Nei casi in cui perdura anche in *swing*, impone soluzioni compensatorie durante il passaggio della verticale, quali l'equino funzionale dell'arto controlaterale in carico, l'inclinazione del tronco controlaterale associata ad abduzione di anca (circonduzione) oppure l'elevazione del bacino omolaterale attraverso l'utilizzo del quadrato dei lombi (*hiking*).

Il ginocchio esteso secondario invece può essere legato a due principali fattori:

- *debolezza del quadricipite*: in *stance* il soggetto mantiene il tronco antepulso e l'anca flessa affinché la linea di carico rimanga anteriore al ginocchio, mantenendolo esteso senza necessità di attivazione muscolare; nel frattempo il soleo stabilizza la tibia impedendo la dorsiflessione della tibiotarsica. Tale condizione implica un ritardo nel distacco del tallone in *terminal stance* e delle dita in *pre swing*, fattori che possono favorire il successivo strisciamento della punta (clearance insufficiente);
- *iperattività o retrazione del soleo*: è la causa principale di estensione del ginocchio e può manifestarsi in qualunque momento all'interno della fase di *stance*. La flessione del ginocchio viene inibita dal ridotto rotolamento sulla tibiotarsica (2° rocker) e dalla mancata progressione della tibia. In caso di lassità legamentosa, la sollecitazione in estensione del ginocchio in *stance* da iperattività/retrazione del soleo favorisce l'iperestensione del ginocchio.

Conflitto torsionale

Il conflitto torsionale del ginocchio si verifica quando i segmenti scheletrici adiacenti (femore e tibia) presentano torsioni opposte sul proprio asse. Il conflitto torsionale più frequente è rappresentato da intratorsione femorale ed extratorsione tibiale. Si associa generalmente a ginocchio flesso e sollecitato in valgo. Molto più raro è invece il conflitto determinato da extratorsione femorale e in-

tratorsione tibiale, che sollecita il ginocchio in varo.

Deviazione in varo-valgo

La deviazione in varismo e in valgismo del ginocchio può essere sia primitiva sia secondaria.

Parliamo di deviazione primitiva in caso di disallineamento scheletrico costituzionale e di deviazione secondaria in seguito alle seguenti condizioni:

- sollecitazione dinamica in valgo (associata spesso a lassità legamentosa o instabilità articolare) per valgo-pronazione del piede e angolo del passo aperto;
- sollecitazione in varo per varo-supinazione del piede e angolo del passo chiuso;
- sollecitazione in valgo (o raramente in varo) associata a conflitto torsionale.

1.3.3.5 Piede

Il piede rappresenta la stazione articolare di "collegamento" tra il corpo e il suolo. Esso costituisce un elemento cardine per le funzioni di atterraggio, assorbimento del carico, stabilità, progressione e spinta (Fig. 1.49 e 1.50).

Alterazioni importanti a carico di questo distretto si riscontrano molto spesso all'interno della PCI, con conseguente modificazione dell'intero ciclo del passo e frequente deterioramento progressivo delle strutture anatomiche del piede, anche se attentamente sorvegliate e correttamente sostenute.

I segni clinici che osserviamo sono:

- eccessiva flessione plantare;
- eccessiva flessione dorsale;
- deviazioni sul piano frontale, rappresentate da un'eccessiva inversione (varo-supinazione) o eversione (valgo-pronazione).

Equino

È un segno clinico particolarmente frequente che presenta una grande variabilità di espressione in forme cliniche diverse di PCI e che può assumere significati differenti (difetto/compenso). Frequentemente evolve nel corso dello sviluppo anche dello stesso soggetto. Può anche essere una strategia adottata per rendere più funzionale e fruibile il cammino. Elenchiamo di seguito alcune delle espressioni più frequenti (Fig. 1.51).

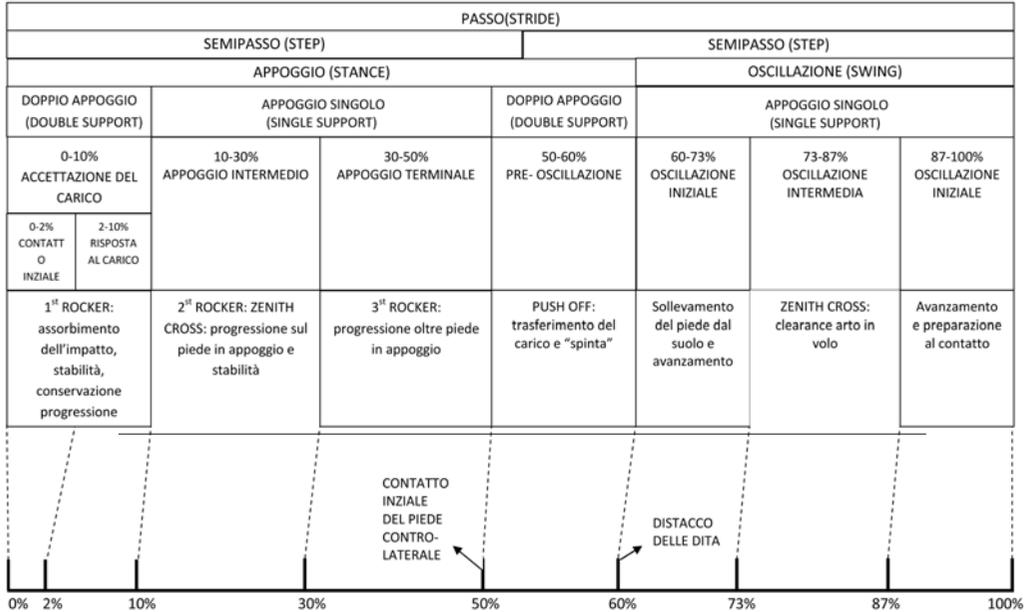


Fig. 1.49 Funzione del piede durante le diverse fasi del ciclo del passo

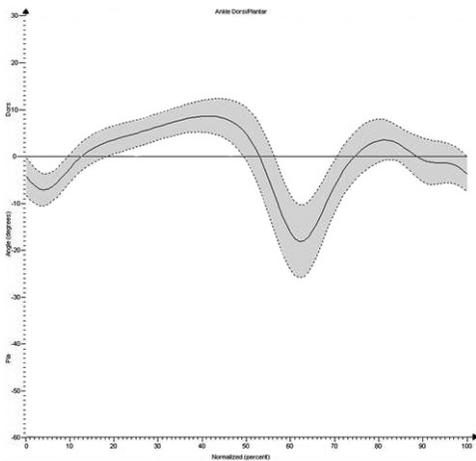


Fig. 1.50 Range articolare della caviglia (linea continua, media; linee tratteggiate, deviazione standard)

Equino di contatto

Se è presente un equino nella fase di contatto iniziale che si risolve subito dopo, si assiste a un'inversione dello schema di appoggio (dalla punta al

tallone).

Tale condizione impedisce il rotolamento sul calcagno e talvolta anche quello sulla caviglia (1° e 2° rocker). Quando aumenta il carico sul piede, l'equino può ridursi rapidamente se la tibiotarsica è libera, più lentamente se la contrattura/retrazione del tricipite cede solo sotto il peso del corpo. In quest'ultimo caso, può determinare aggiustamenti conseguenti in iperestensione del ginocchio se la tibia arretra sotto il peso del corpo; oppure, in flessione di ginocchio e di anca, se la tibia avanza. Qualora tali compensi permangano durante la fase di *stance* e non si riducano progressivamente, possiamo supporre che l'equino di contatto si associ a un equino di *stance* (vedi paragrafo successivo).

Le possibili cause di un equino di contatto possono essere:

- l'influenza dello schema locomotorio primitivo¹³;
- un'esagerazione della reazione di sostegno¹⁴;
- un deficit dei dorsiflessori durante la fase di

¹³ Lo schema locomotorio primitivo è riconducibile alla marcia automatica del neonato, segno presente fisiologicamente nel soggetto normale che diviene patologico quando persiste fuori dalla fascia zero-tre mesi.

¹⁴ *Esagerazione della reazione di sostegno*: eccessiva attivazione dei muscoli plantiflessori come risposta al carico.

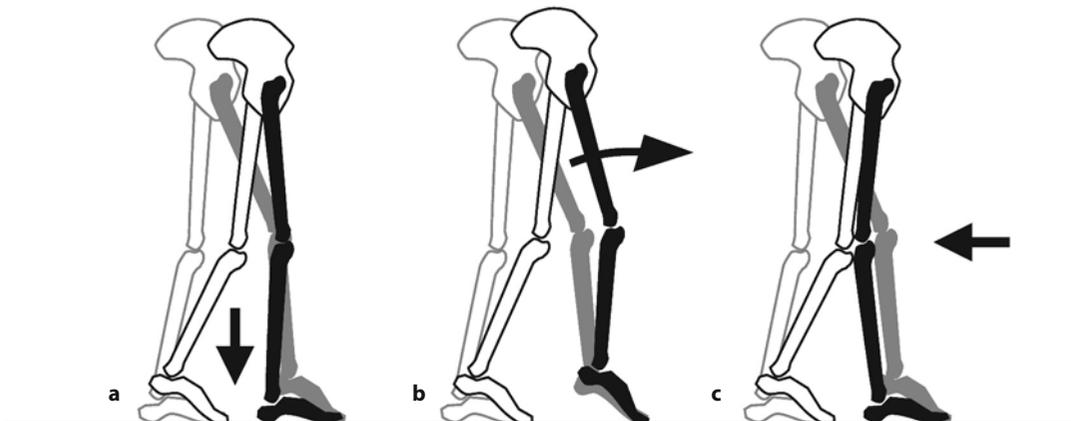


Fig. 1.51 **a** Equino di contatto che si risolve quando aumenta il carico sul piede. **b** Equino persistente anche durante la successiva fase di stance (equino di pieno appoggio), con conseguente flessione di ginocchio e di anca per consentire alla tibia di avanzare. **c** L'equino di contatto è seguito da un appoggio plantigrado solo se il ginocchio si iperestende consentendo alla tibia di arretrare (è presente una contrattura che non si riduce completamente in carico)

volo (debolezza o alterato timing di attivazione dei muscoli stessi);

- una contrattura/retrazione dei plantiflessori;
- una co-contrazione tra plantiflessori e dorsiflessori durante la fase di sospensione, con inevitabile prevalenza dei primi.

La presenza di questo tipo di equino determina spesso meccanismi compensatori in altre sedi che possono variare in base alla natura del problema, per esempio il soggetto può accentuare la flessione di anca e ginocchio nella fase di contatto iniziale in caso di contrattura/retrazione del tricipite, oppure può sfruttare l'inerzia "scalciando" l'arto in volo per produrre una dorsiflessione indiretta in caso di deficit selettivo dei dorsiflessori, se è presente un buon controllo motorio (*pass-retract*).

È bene porre attenzione quando osserviamo un contatto di punta del piede al suolo (*forefoot contact*). Esso non si accompagna sempre a un equino di contatto, ma può essere dovuto a un'inadeguata estensione del ginocchio in *terminal swing* senza plantiflessione della tibiotarsica (equino apparente). Allo stesso modo, la presenza di un equino può manifestarsi anche attraverso un contatto di pianta (*foot flat* o *low heel contact*) secondo l'entità della contrattura/retrazione, dei compensi che il soggetto è in grado di attuare ecc. Infatti il vero piede equino è connotato sia dalla tibiotarsica in posizione di plantiflessione (maggiore di 90°) sia dall'appoggio di punta. Se vi è un appoggio di

punta in assenza di una plantiflessione della caviglia, siamo di fronte a un *equino apparente*, dovuto all'eccessiva flessione del ginocchio. Se, al contrario, l'appoggio avviene di pianta, ma la plantiflessione di caviglia supera i 90°, parliamo di *equino nascosto*, condizione permessa da un recurvato di ginocchio. Se il ginocchio è allineato e l'appoggio avviene sul solo avampiede in valgo-pronazione o più raramente in varo-supinazione, parliamo di *equino mascherato* (la deviazione laterale o mediale del calcagno compensa momentaneamente la retrazione del tricipite).

Equino di pieno appoggio (*mid stance*)

L'equino di pieno appoggio si manifesta nella fase di *mid stance* e blocca il rotolamento della gamba sul piede alla caviglia (2° rocker), che viene sostituito dal rotolamento sulla punta (a carico delle articolazioni metatarsofalangee, 3° rocker), come avviene nel caso si indossino tutori AFO rigidi alla tibiotarsica. Per questo l'avampiede viene sollecitato in valgo-pronazione o in varo-supinazione secondo l'orientamento del ginocchio. Questo tipo di equino limita la stabilità in appoggio, anticipa la fase di spinta e riduce di conseguenza la lunghezza del passo controlaterale. Generalmente aumenta nel cammino a piedi nudi e richiede un assetto compensatorio al ginocchio (iperestensione o flessione), all'anca (flessione o estensione) e al tronco (antepulsione) (Fig. 1.52).

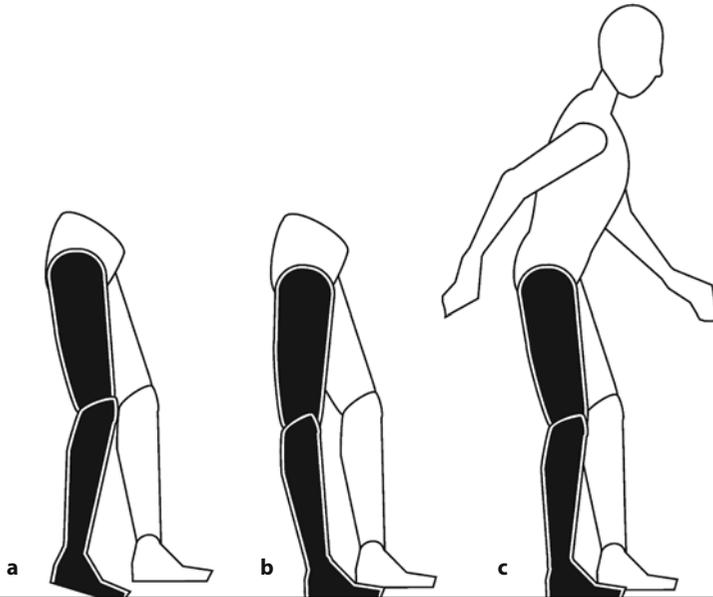


Fig. 1.52 Alterazioni in *mid stance* per la presenza dell'equino di pieno appoggio: **a** distacco precoce del tallone, **b** iperestensione del ginocchio, **c** flessione e antepulsione del tronco

È bene porre particolare attenzione all'assetto del piede durante la stance, poiché un contatto di pianta potrebbe nascondere un equino mascherato, nel caso sia presente un cedimento in everzione del mesopiede con chiusura apparente della tibiotarsica, risalita e disallineamento in valgo del tallone. Tale condizione determina una perdita del braccio di leva dei plantiflessori, con conseguente perdita della coppia estensoria del ginocchio. L'equino mascherato può essere ridicibile o rigido e va attentamente monitorato e compensato poiché col tempo tende a divenire doloroso e può condurre a un piede riflesso.

Le possibili cause dell'equino di pieno appoggio sono da ricercare:

- nell'eccessiva reazione di sostegno che comporta la tendenza all'estensione simultanea di tutte le articolazioni dell'arto inferiore;
- nella contrattura/spasticità del tricipite surale;
- nell'irradiazione muscolare patologica, in genere di natura discinetica, a carico dei muscoli plantiflessori, spesso a partenza dal quadricipite;
- nell'intolleranza percettiva al carico (reazione primitiva di *avoiding*): il piede va in equino durante la fase di *stance* in modo rapido e particolarmente accentuato, come se volesse

sfuggire al contatto con il suolo. È la soluzione che il SNC adotta per ridurre la superficie recettoriale del piede. È un tipo di errore riconoscibile anche dalla modalità di distacco del piede che cambia ogni volta. L'entità della reazione dipende anche dalle caratteristiche della calzatura. È tipico delle forme discinetiche di PCI.

L'equino di pieno appoggio può rappresentare anche un compenso a un'eterometria reale o funzionale degli arti inferiori e in questo caso raggiunge il suo culmine durante il passaggio della verticale dell'arto opposto (*zenith cross*). Si associa a un'eccessiva lunghezza dell'arto inferiore controlaterale, per esempio per *stiff knee* o per equino in *swing*, o a un'eccessivo accorciamento dell'arto omolaterale, per esempio per *crouch* (mancata estensione del ginocchio in *mid stance*). Parliamo in questo caso di *equino funzionale*.

Equino di spinta

In presenza di un equino di spinta, si osserva un distacco prematuro del tallone che rende più breve la fase di appoggio anticipando la *terminal stance*. È causato dall'avanzamento della tibia sul piede che, allungando il tricipite surale e gli al-

tri plantiflessori, ne provoca la contrazione prematura per un'abnorme reazione allo stiramento. Viene spesso sfruttato in modo funzionale per la progressione e la velocizzazione del cammino, pertanto non sempre è necessario inibirlo, ma al contrario è possibile accettarlo attraverso l'utilizzo di calzature ortopediche predisposte e di plantari flessibili anziché di tutori più o meno rigidi come i *tone reducing ankle foot orthosis* (TRAFO).

Equino in *swing*

È un equino che compare durante la fase di sospensione dell'arto e può portare allo strisciamento della punta (clearance insufficiente).

Si individuano due tipologie fondamentali di equino in *swing*:

- la prima è rappresentata da un equino per piede cadente, dovuto a un deficit dei dorsiflessori del piede (riduzione di forza e/o alterato timing);
- la seconda è rappresentata da un equino per co-contrazione, determinato dall'attivazione fuori fase dei muscoli plantiflessori che sovrasta l'azione dei dorsiflessori.

L'equino in fase di sospensione porta a un accorciamento del passo anteriore e alla necessità di utilizzare meccanismi compensatori per l'avanzamento quali:

- reazione di piazzamento (*placing*) per attivare la risposta muscolare dei dorsiflessori (se possibile). Rappresenta un compenso economico e funzionale, ma non è sempre possibile;
- inversione della catena cinetica (dalle dita alla caviglia);
- esagerata flessione primitiva di anca e secondaria di ginocchio (*steppage*);
- equino funzionale controlaterale (*vaulting*);
- sollevamento omolaterale dell'emibacino (*pelvic hike*);
- abduzione/circonduzione dell'arto inferiore (schema falciante);
- inclinazione laterale del tronco opposta al lato affetto (pendolo frontale);
- meccanismo del *pass-retract*.

Equino strutturale

È un equino che permane durante tutte le fasi del ciclo del passo e può eventualmente ridursi, senza

però scomparire, durante la fase di pieno appoggio per l'azione di stiramento muscolare esercitata dal carico. È causato dalla retrazione della struttura mesenchimale di supporto del tricipite, pertanto non scompare nemmeno in narcosi. Può combinarsi a valgo-pronazione o a varo-supinazione del piede, che talora possono mascherarlo. Esige meccanismi compensatori (ginocchio, anca, tronco). Tende a ridursi momentaneamente dopo che si è utilizzato il tavolo stabilizzatore per l'azione di stiramento esercitata dal peso del corpo, ma si tratta solitamente di un effetto temporaneo.

Talismo

Un'eccessiva flessione dorsale, denominata talismo, può essere causata da:

- ipoposturalità ed esaurimento della reazione di sostegno;
- debolezza dei plantiflessori estrinseci, specie del soleo;
- eccessiva lunghezza del tricipite surale (post-chirurgica o da cedimento strutturale).

La presenza di un piede talo ritarda il sollevamento del calcagno in *terminal stance* annullando la fase di spinta (*push off*). I passi risultano perciò più corti e la velocità del cammino ridotta. Il talismo contribuisce a un cammino a ginocchio flesso (*crouch gait*) per compromissione della coppia estensoria attiva sul ginocchio (Fig. 1.53). Aumenta l'instabilità in *stance* e produce un maggiore affaticamento complessivo.

I soggetti con piede talo, se non supportati da adeguate ortesi, tendono a utilizzare come compenso una riduzione del rotolamento sul calcagno per evitare la flessione del ginocchio durante la fase di *load response*.

Deviazioni sul piano frontale

Le deviazioni sul piano frontale sono rappresentate da:

- eccessiva inversione (varo-supinazione), causata da iperattività/retrazione dei muscoli inversori (tibiale anteriore, tibiale posteriore, estensore e flessore lungo dell'alluce) non equilibrata dagli eversori (peroneo lungo, estensore comune delle dita);
- eccessiva eversione (valgo-pronazione), causata da debolezza dei muscoli inversori, op-

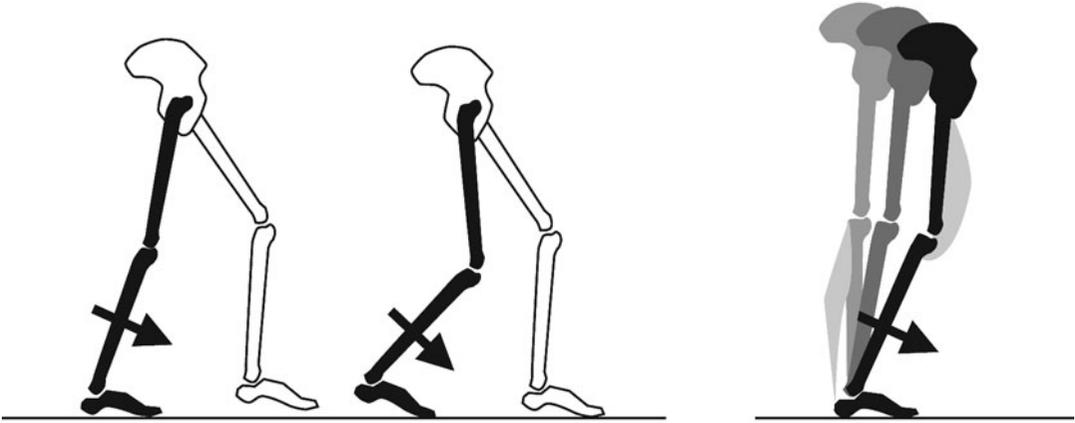


Fig. 1.53 Il talismo altera la fase di *push off* e contribuisce a un cammino a ginocchio flesso

pure da un'azione prematura e intensa dei muscoli peronei, da lassità legamentosa o da tensione eccentrica del tricipite surale su un calcagno valgo.

La presenza di deviazioni sul piano frontale

determina un'aumentata apertura/chiusura dell'angolo del passo, con possibile conflitto torsionale al ginocchio, un aumento della frequenza delle cadute e una tendenza a strutturare deformità articolari secondarie dolorose.

Analizzando attentamente la funzione cammino è possibile individuare i segni clinici tipici della patologia¹ e inquadrare il cammino del paziente all'interno di classi funzionali prognostiche (Ferrari, Cioni, 2009). Ogni segno clinico osservato può assumere la valenza di *difetto* o di *compenso* secondo le cause che lo generano e il contesto funzionale complessivo. Essere in grado di distinguere i difetti dai compensi è di fonda-

mentale importanza per poter intervenire a scopo migliorativo attraverso le tecniche riabilitative appropriate. In queste pagine cercheremo di fornire una guida all'individuazione e all'interpretazione di tali segni. Di seguito è riportata una griglia per guidare l'osservazione della stazione eretta e del cammino, che contiene tutti gli elementi necessari, da esplorare, per inquadrare correttamente il caso clinico.

Griglia per l'osservazione, la valutazione e la definizione della proposta terapeutica in riferimento alla funzione cammino

Valutazione funzionale

RELAZIONE (disponibilità all'interazione, interazione con l'ambiente e con gli altri)
COMUNICAZIONE (iniziativa, comprensione e produzione, comunicazione verbale e non)
FUNZIONE VISIVA (comportamento oculomotorio e visivo spontaneo)
FUNZIONE COGNITIVA (attenzione, curiosità, interesse, propositività, apprendimento)
FUNZIONE PERCETTIVA (raccolta ed elaborazione delle informazioni, vissuto percettivo)
FUNZIONE MANIPOLATORIA E PRASSICA (raggiungimento, afferramento, rilascio)

È presente un disordine importante nello sviluppo di queste funzioni tale condizionare la maturazione della capacità di controllo della marcia?

FUNZIONE MOTORIA

Analisi dei segni all'interno dell'architettura della funzione "cammino"

Repertorio

- moduli motori
- combinazioni
- sequenze
- sinergie
- sincinesie

(segue)

¹ Segno: indicazione di un'alterazione, collegata a deficit, difetto o disfunzione, palese per l'esaminatore, cioè di natura oggettiva. Fenomeno che offre un indizio utile per comprendere l'architettura della funzione. Elemento soggetto al punto di vista adottato dall'esaminatore.

Qualità della reazione di sostegno*Come valuti la reazione di sostegno in stazione eretta?*

- efficace
- esauribile
- insufficiente
- stabile
- altro

Componenti dell'architettura della funzione cammino (valutazione quantitativa e qualitativa)

- reazione segnapassi
- equilibrio statico e dinamico
- stabilizzazione prossimale/distale
- controllo movimenti selettivi
- controllo simultaneo e sequenziale
- competenza antigravitaria arti superiori
- controllo della fluenza
- memoria e orientamento
- altro

Analisi dello schema del passo*

- **AASS** (appoggio costante, sollevati lateralmente, movimenti pendolari, ecc.)
- **PENDOLO** (sagittale, frontale, combinato, ecc.)
- **TRONCO** (inclinato, antepulso, verticale, ecc.)
- **BACINO** (instabile, allineato, antiverso, retroverso, traslato, obliquo, ecc.)
- **GINOCCHIO** (flesso, valgo, recurvato, rigido, ecc.)
- **PIEDE** (equinismo di contatto, di sospensione, di pieno appoggio, di spinta, talismo, ecc.)
- **PROGRESSIONE** (rotazione sull'anca in appoggio, equinismo di spinta, pivot del piede, ecc.)
- **EL. CONNOTATIVO** (antepulsione del tronco, bilanciamento sulle punte, pendolo frontale di tronco, ecc.)

I segni clinici individuati su ogni stazione articolare rappresentano un difetto o un compenso?**Quali strategie organizzative caratterizzano la marcia?**

- velocità
- oscillazione sul piano frontale
- propulsività
- lentezza
- sinergia patologica
- elementi di semplificazione
- migrazione dei fulcri
- altro

All'interno di quale forma clinica è possibile inserire il bambino?

(Tetraplegia a tronco verticale, diplegia prima forma, diplegia seconda forma, diplegia terza forma, diplegia quarta forma)

* Per una precisa analisi delle forme di diplegia secondo questo schema vedi Ferrari e Cioni, 2009

SVILUPPO PREVISTO

- autonomia da seduto
- autonomia e spostamento da seduto
- autonomia di spostamento da eretto con ausili
- autonomia di spostamento da eretto senza ausili

PROPOSTA FISIOTERAPICA

- **Quali elementi pensi di poter modificare?** (ad es. distribuzione del carico, allineamento, stabilità del bacino, velocità, resistenza)
- **Con quali strumenti?** (esercizio terapeutico, ortesi, farmaci, chirurgia)
- **Per quali obiettivi?** (ad es. sicurezza, passaggio da una stabilizzazione distale ad una prossimale, controllo simultaneo)

IDENTIFICAZIONE DI UNA ORTESI

L'utilizzo di un'ortesi può facilitare l'organizzazione della stazione eretta e cammino? Quale ortesi (ad es. AFO, SAFO) e quale funzione deve svolgere?

- semplifica la prestazione
- contiene o compensa un deficit
- aumenta la resistenza e riduce la fatica
- vicaria una competenza
- altro

ESERCIZIO FISIOTERAPICO

- luogo (circoscritto, aperto, strutturato)
- ruolo del fisioterapista (guida motoria, guida verbale, ottimizzazione del setting)
- proposta (caratteristiche della situazione di gioco)
- oggetti (sussidi dedicati, giocattoli, oggetti di uso comune)
- compito (mantenere il raddrizzamento, trasferire il carico da un arto inferiore all'altro)
- facilitazione (tutori, supporti per gli arti superiori, tavolo)

Consegne alla famiglia

2.1 Elementi connotativi della funzione cammino

Prima di iniziare a valutare la funzione cammino nelle sue varie componenti, ci soffermiamo sull'analisi delle caratteristiche funzionali che il cammino deve possedere per essere considerato una funzione adattiva fruibile dal soggetto.

I tre requisiti fondamentali che rendono adattivo il cammino sono la velocità, la resistenza e la sicurezza.

La *velocità* deve permettere al bambino di raggiungere in tempi sufficientemente rapidi l'o-

biiettivo che si è posto. Pensiamo per esempio quanto sia importante per un bambino che frequenta le scuole elementari o medie stare al passo dei compagni nei tragitti che si devono percorrere fra una classe e l'altra. Rimanere sempre indietro incrementa la difficoltà d'integrazione con i compagni e rende necessaria la mediazione dell'adulto. Nel caso di una deambulazione lenta e faticosa il bambino può essere portato anche a rinunciare al cammino a favore della "supplenza", adottando una modalità alternativa di locomozione per avere una migliore vita sociale. Uno dei "test" utilizzabili per capire correttamente il valore della velocità è la prova dell'attraversamento

delle strisce pedonali nel tempo concesso dal “verde” del semaforo.

La *resistenza* è indispensabile affinché possano essere percorse distanze sufficienti senza doversi fermare per riposare; una scarsa resistenza presuppone il calcolo e la valutazione attenta degli spostamenti giornalieri per non trovarsi in difficoltà. Per valutare la resistenza è necessario considerare i percorsi abituali del soggetto, soprattutto quelli esterni al domicilio.

Sicurezza significa stabilità e prevenzione delle cadute. È un parametro fondamentale per assicurare l'investimento nella funzione e consentire al paziente di interiorizzarla positivamente. Il soggetto deve essere anche in grado, dopo una caduta, di rialzarsi e riprendere il cammino autonomamente.

Velocità, resistenza e sicurezza vincolano in modo sostanziale l'autonomia, principale obiettivo del nostro agire terapeutico. Quando ci troviamo di fronte a uno scarso investimento nel cammino e a una bassa funzionalità, dobbiamo chiederci innanzitutto quale di questi tre parametri sia maggiormente compromesso e analizzarne le cause. In un secondo momento, dovremo procedere a una valutazione dettagliata volta a individuare le problematiche principali e lo spazio di modificabilità possibile. In questo modo potremo delineare gli obiettivi perseguibili in riferimento alla storia naturale della forma clinica considerata, all'età del bambino e alle sue caratteristiche psico-affettive.

Per valutare dettagliatamente la funzione cammino, è bene procedere con un'analisi su due differenti livelli:

1. l'*espressione complessiva* del difetto (motorio, percettivo o intenzionale), le *modalità organizzative* della stazione eretta e le *caratteristiche del pattern* della deambulazione (individuando i segni clinici e studiando la loro modificabilità all'interno della funzione);
2. l'*analisi* per singolo distretto articolare, per meglio identificare quali, tra i segni clinici individuati, siano difetti e quali compensi.

Tali osservazioni saranno indispensabili per riconoscere il problema principale e per indirizzare le scelte terapeutiche verso gli strumenti, le modalità e i tempi più efficaci.

2.2 Aspetti motori

2.2.1 Errori relativi alle componenti *top down*

2.2.1.1 Alterazioni della reazione di sostegno

La reazione positiva di sostegno esprime la capacità del soggetto di opporsi all'azione della forza di gravità applicata alla massa del proprio corpo (peso). Consiste in una contrazione simultanea dei muscoli antigravitari necessaria per fissare le articolazioni portanti. La reazione procede dai piedi verso il capo e permette di sostenere tutto il proprio peso (Ferrari e Cioni, 2005).

A una prima fase di attivazione rapida, ne fa seguito una seconda più prolungata di modulazione della reazione stessa che consente il mantenimento della stazione nel tempo.

All'interno della PCI, è molto frequente riscontrare alterazioni a carico della reazione di sostegno tali da compromettere non solo l'organizzazione della stazione eretta e del cammino, ma talvolta anche la postura seduta.

Possiamo riconoscere l'esistenza di errori di diverso genere:

- errori di qualità: reazione di sostegno primitiva;
- errori di quantità:
 - ipertonìa o iperattività della reazione di sostegno;
 - ipoposturalità o insufficienza della reazione di sostegno o sua esauribilità.

Per *reazione primitiva di sostegno* intendiamo un gruppo eterogeneo di condotte posturali in cui risulta apprezzabile una generale capacità del bambino di analizzare e reagire alla forza di gravità assumendo e mantenendo per un certo tempo la stazione eretta, sebbene attraverso meccanismi non del tutto appropriati quali il congelamento e la fissazione distale (Ferrari e Cioni, 2005). Il SNC appare infatti incapace di distinguere l'azione dei muscoli antigravitari da quelli progravitari. Di conseguenza, i muscoli agonisti e antagonisti che agiscono sulla stessa articolazione vengono attivati contemporaneamente (co-contrazione patologica), infrangendo la legge di Sherrington dell'inibizione reciproca (1906), con

il risultato di un “congelamento” articolare del segmento mobile, momentaneamente efficace in senso posturale (ma non gestuale), ma assai svantaggioso dal punto di vista ergonomico (Ferrari e Cioni, 2005).

Un soggetto con una reazione di sostegno primitiva utilizza gli arti inferiori come se fossero due “piloni” rigidi e poco modulabili; il bacino e il cingolo pelvico sono congelati e condizionano la libertà degli arti inferiori durante la marcia, alterando la sequenza e riducendo la lunghezza del passo. Questo quadro clinico è apprezzabile anche come compenso a una reazione di sostegno insufficiente o a un disturbo percettivo importante. In quest’ultimo caso, lo stesso soggetto può non avere bisogno di ricorrere a meccanismi di congelamento ed essere più rilasciato una volta seduto, per la più vasta estensione della base d’appoggio, la ridotta presenza di segmenti mobili, la maggiore stabilità complessiva e quindi il migliore equilibrio statico.

I soggetti con *iperattività della reazione di sostegno* (ipertonia) organizzano la risposta anti-gravitaria attorno al cosiddetto “schema estensorio” (arti superiori abitualmente flessi al gomito, al polso e alle dita, con adduzione alle spalle e intrarotazione degli avambracci, arti inferiori con anche semiestese, tendenza all’intrarotazione e all’incrociamiento delle cosce, ginocchia semiestese e piedi equini). L’eccessiva attivazione della reazione di sostegno coinvolge anche il tronco e il capo. È una reazione patologica difficilmente conciliabile con un cammino autonomo per la sua prepotenza e per la scarsa disponibilità alla modulazione e all’integrazione con gli altri organizzatori della funzione (reazione segnapassi, equilibri, capacità di orientamento e direzione). Nel soggetto con tetraplegia con antigravità verticale, la reazione di sostegno non si integra con la reazione segnapassi (Ferrari, Cioni 2009): il paziente non riesce a inibire totalmente la reazione segnapassi nell’arto in appoggio, che si presenta per questo flesso al ginocchio e con il piede equino, così come non riesce a inibire la reazione di sostegno nell’arto in volo, che non viene flesso e sollevato in modo adeguato durante la fase di volo.

Una reazione di sostegno iperattiva può limi-

tarsi ad alcuni distretti, come il piede, con un equino marcato, e il ginocchio, con uno *stiff knee* in semiestensione.

L’*ipoposturalità* esprime un’insufficiente reazione alla forza di gravità dovuta a errori “centrali” (*top down*) di programmazione e/o di pianificazione del movimento, di natura motoria o percettiva, piuttosto che a problemi “periferici” di esecuzione (*bottom up*). Rientra nelle alterazioni poco modificabili attraverso l’esercizio fisioterapico. Tale deficit può esprimersi più o meno severamente, rappresentando in alcuni casi un difetto altamente penalizzante per l’autonomia del cammino, in altri una componente capace di incidere solo sulla resistenza.

Qualora la reazione di sostegno sia marcatamente deficitaria, il bambino non sarà capace di mantenere la stazione eretta autonomamente e gli risulterà faticosissimo o impossibile estendere gli arti inferiori in carico. Egli necessiterà di sostegno al tronco o di appoggi laterali o anteriori per gli arti superiori, per aiutarsi nel contrastare il cedimento in flessione degli arti inferiori. Un cammino penalizzato da questo difetto è utilizzabile solo per brevi tratti e risulta lento e faticoso. Per avanzare e trasferire il carico da un lato all’altro, il bambino dovrà continuamente evocare in modo consapevole la reazione di sostegno sul lato in carico, mantenendo l’arto inferiore esteso, quanto più possibile, a livello di anca e ginocchio, e utilizzandolo come se fosse un pilone: i gradi di flessione tendono infatti a ridurre l’efficacia della reazione di sostegno e a promuovere la progressiva perdita della posizione. Il tentativo di evocare la risposta anti-gravitaria si riconosce talvolta a livello del piede che viene “spinto” in equino, perché l’equino rappresenta la chiave di volta dell’intera reazione. Qualora il cammino venga interrotto, il bambino tornerà rapidamente a flettersi sugli arti inferiori.

Talvolta, soprattutto nelle fasi più avanzate dello sviluppo, l’ipoposturalità diviene così marcata da impedire anche il compenso in equino. Al contrario, il piede si deforma in talo-valgo-pronazione per cedimento delle sue strutture intrinseche (muscoli cavisti ecc.). Questo quadro renderà ancora più faticosa ed esauribile la reazione anti-gra-

vitaria, poiché la presenza di una tibiotarsica marcatamente flessa condiziona i segmenti soprastanti portando necessariamente a un aumento della loro flessione (vedi cinesiologia del cammino tra normalità e patologia, par. 1.3).

Nel caso in cui il deficit della reazione di sostegno sia tale da non consentire l'irrigidimento dell'arto inferiore in estensione, per mantenere la stazione eretta il soggetto potrà cercare di contrastare la progressiva "caduta" in flessione attraverso l'adduzione degli arti inferiori, accostando un ginocchio contro l'altro.

All'interno del problema generale dell'ipoposturalità è identificabile una terza situazione descritta come *esauribilità della reazione di sostegno*. In questo caso si privilegia la dimensione temporale della reazione: poco dopo essere passato alla stazione eretta, il bambino tende a perdere rapidamente la posizione (Fig. 2.1), flettendo le anche e le ginocchia e dorsiflettendo le caviglie (Fig. 2.2).

La reazione di sostegno si presenta fluttuante: si evidenzia una continua alternanza tra estensione simultanea di anche, ginocchia e caviglie e loro flessione, quindi una continua fluttuazione tra l'attivazione della reazione di sostegno e la sua perdita.

Questo difetto, se da un lato non impedisce il mantenimento della stazione eretta autonoma, dall'altro conduce a un rapido affaticamento.

Anche in questo caso il cammino sarà caratterizzato inizialmente da una iperattivazione della reazione di sostegno, ma dopo pochi minuti il pattern volgerà verso una progressiva perdita della posizione, con flessione progressiva di anche, ginocchia e tibiotarsiche (*crouch gait*).

Non sempre la reazione di sostegno si combina con la reazione di raddrizzamento²: se infatti siamo in presenza di un'adeguata reazione di sostegno, ma di un deficit della reazione di raddrizzamento, il bambino si presenterà esteso, ma non riuscirà ad allinearsi, il più delle volte cadendo all'indietro.

² *Reazioni di raddrizzamento*: movimenti automatici che si sviluppano nel primo anno di vita. Servono a mantenere o ripristinare la posizione del capo e l'allineamento del tronco e degli arti nello spazio.



Fig. 2.1 Esauribilità della reazione di sostegno

2.2.1.2 Disturbi relativi alla reazione segnapassi

La reazione segnapassi è il prodotto dell'attività di circuiti neuronali deputati alla coordinazione degli automatismi localizzati all'interno del midollo spinale e definiti *central pattern generators*.



Fig. 2.2 Marcia sul posto: tentativo di attivazione della reazione di sostegno

I difetti relativi a questo organizzatore sono:

- **Abasia.** È la perdita più o meno completa della capacità di camminare. Fisiologicamente è il periodo in cui scompare la “marcia automatica” nel neonato, intorno al secondo mese di vita. All’interno delle forme della PCI, la reazione segnappassi è assente solo nelle forme di tetra-

plegia aposturale e acinetica (Ferrari, Cioni 2009). È presente nelle forme tetraplegiche con antigravità orizzontale, sebbene venga attivata in modo grossolano e con scarso controllo funzionale e non sia possibile una sua integrazione né con la reazione di sostegno né con gli altri organizzatori della funzione cammino.

- **Automatismi della marcia.** La reazione segnappassi è presente e “vivace”, ma è poco modulabile e scarsamente integrata con gli altri organizzatori del cammino. È utilizzabile in maniera funzionale solo se il soggetto impiega ausili in grado di vicariare altre componenti fondamentali del cammino, quali reazione di sostegno, reazione di raddrizzamento, paracadute ed equilibri. Gli automatismi della marcia sono presenti nelle forme tetraplegiche con antigravità orizzontale e verticale.

Un’ulteriore problematica frequente nella PCI è rappresentata dal *conflitto tra reazione di sostegno e reazione segnappassi*: le due reazioni non riescono a combinarsi insieme in modo adeguato, aspetto indispensabile per la funzione cammino.

I bambini che presentano disturbi della reazione segnappassi attivano un cammino lento e faticoso, caratterizzato da scarsa fluenza e ridotta resistenza. Avanzano strisciando la punta dei piedi (*clearance*³ insufficiente), poiché se flettono eccessivamente l’arto in sospensione riducono la reazione di sostegno dell’arto in appoggio; se al contrario estendono troppo l’arto in appoggio, inibiscono la reazione segnappassi di quello in sospensione. Se questi soggetti utilizzano il deambulatore, tendono ad “appendersi” a esso e sfruttare la reazione segnappassi; viceversa in quei pochi pazienti che arrivano a utilizzare i quadripodi, prevale la reazione di sostegno con strisciamento a terra della punta dei piedi.

2.2.1.3 Deficit delle reazioni di difesa

Le reazioni di difesa utilizzabili durante il cammino possono essere:

- l’afferramento degli arti superiori a superfici/appoggi stabili;

³ *Clearance della marcia*: sollevamento del piede per evitare lo strisciamento al suolo durante la fase di volo del ciclo del passo.

- la reazione paracadute⁴, realizzata attraverso lo spostamento di un arto inferiore nella stessa direzione e nello stesso verso della forza perturbante allo scopo di adeguare la base d'appoggio;
- l'equilibrio statico (stazione eretta) e dinamico (cammino)⁵.

Il bambino che presenta un deficit delle reazioni di difesa avrà difficoltà a organizzare gli aggiustamenti posturali necessari per impedire che la linea di gravità venga a cadere al di fuori del poligono di appoggio in seguito a un'accelerazione imposta al corpo o a perturbazioni provenienti dall'esterno. Sarà quindi soggetto a frequenti cadute. Può accadere per esempio che questi bambini, quando sono a scuola, se urtati dai compagni, non riescano a neutralizzare la spinta ricevuta e finiscano per cadere a terra. Come conseguenza, il cammino autonomo in questo contesto viene intrapreso più tardi, esercitato poco oppure inibito per la troppa paura.

Possiamo individuare diversi livelli di compromissione:

- **Deficit severo.** Questi soggetti organizzano le reazioni di difesa attorno all'afferramento, pur risultando liberi dallo schema flessorio primitivo. Hanno pertanto bisogno di ausili per il cammino, come deambulatori anteriori o posteriori, quadripodi o tripodi. Può essere utile in questo caso appesantire il deambulatore o i quadripodi per dare loro maggiore sicurezza.
- **Deficit modesto.** I bambini sono in grado di organizzare reazioni di difesa più adeguate, ma spesso non abbastanza efficaci. Pertanto si

presentano insicuri in ambienti esterni con terreno sconnesso e in luoghi affollati. Si caratterizzano per un cammino con gli arti superiori a guardia alta⁶, incontrano difficoltà nell'arrestare la marcia o nel ridurre la velocità e spesso ricorrono a sostegni esterni per fermarsi. Questo tipo di comportamento è tipico dei bambini della quarta forma di diplegia secondo la classificazione di Ferrari e Cioni (2009)⁷.

2.2.1.4 Deficit di fissazione prossimale

In stazione eretta, un deficit di fissazione prossimale determina una difficoltà a mantenere la posizione qualora venga meno l'appoggio stabile di uno o di entrambi gli arti superiori. Quando è presente questo difetto, il bambino, nel tentativo di afferrare un oggetto posto anteriormente o lateralmente, avrà difficoltà a controllare la postura in quanto l'arto superiore che lascia l'appoggio libera l'instabilità dell'asse corporeo e/o del bacino.

Per valutare indicativamente il tipo di fissazione utilizzata, potremo richiedere al bambino di provare a mantenere il carico monopodale:

- se riuscirà a farlo con i soli quadripodi, oppure tra le parallele ma con la mano aperta in appoggio al supporto, significa che possiede una discreta fissazione prossimale;
- se invece riuscirà a farlo soltanto con un supporto stabile (deambulatore o parallele) e solo sfruttando l'afferramento, significa che la fissazione utilizzata è ancora prevalentemente distale.

Il deficit di fissazione prossimale può condizionare il passaggio dal cammino con il deambu-

⁴ Movimenti antigravitari in estensione degli arti che agiscono modificando nella stessa direzione e nello stesso verso della forza deformante la base di appoggio, che per questo può anche aumentare. L'incurvamento della colonna vertebrale avviene nella stessa direzione della forza perturbante. I paracadute emergono in seguito al processo di raddrizzamento del tronco, che è una risposta antigravitaria in estensione. Quando questo raggiunge la zona lombare possono esprimersi i paracadute per gli arti superiori; quando raggiunge la zona sacrale, quelli per gli arti inferiori.

⁵ *Reazioni di equilibrio*: le reazioni di equilibrio sono reazioni posturali stimulate da una perturbazione imposta al corpo che tendono a impedire che la linea di gravità venga a cadere fuori dal poligono di appoggio. Hanno la stessa direzione ma verso opposto alla forza deformante. Agiscono sulla proiezione del baricentro conservandola entro la base di appoggio, che può anche diminuire. L'incurvamento della colonna vertebrale avviene in direzione opposta alla forza perturbante. *Equilibrio statico*: l'equilibrio si dice statico quando la forza perturbante agisce su un corpo privo di moto, per esempio la postura seduta o la stazione eretta. *Equilibrio dinamico*: l'equilibrio si dice dinamico quando la forza perturbante agisce su un corpo che si sta muovendo nello spazio come per esempio nel cammino e nella corsa. Oltre alla forza peso richiede la neutralizzazione di altre forze lineari e angolari come la forza centrifuga.

⁶ *Arti superiori in guardia alta*: arti superiori semiestesi al gomito, abdotti ed elevati.

⁷ Per la classificazione delle forme cliniche di diplegia, vedi Ferrari e Cioni, 2009.

latore (appoggio fisso) a quello con i quadripodi/tripodi/bastoni. Infatti, i soggetti che non riescono a controllare sufficientemente il proprio asse corporeo utilizzano l'afferramento per poter mantenere la stazione eretta e spostarsi nello spazio in sicurezza. In questo caso l'ausilio più idoneo per consentire un cammino sicuro e funzionale è il deambulatore, poiché offre un appoggio stabile a cui afferrarsi. I quadripodi non offrono un punto fisso sufficientemente sicuro in caso di perturbazioni, in direzione antero-posteriore, inoltre rischiano di essere trascinati nella caduta, poiché il bambino cercherà di proteggersi attraverso reazioni di difesa in afferramento, piuttosto che le reazioni paracadute.

Coloro che sono in grado di esprimere una efficace fissazione dell'asse, potranno passare gradualmente da ausili stabili (dotati di un'ampia base d'appoggio) ad ausili mobili (dotati di una base d'appoggio ridotta per poter essere trasportati). Qualora la fissazione prossimale, seppur presente, sia ancora incerta, noteremo un'instabilità di bacino durante il cammino (anche senza ausili nei casi meno compromessi); in particolare, il bacino subirà una traslazione orizzontale verso l'arto in appoggio ogni volta che il soggetto solleverà dal terreno l'arto inferiore controlaterale. Al contrario, coloro che possiedono una buona fissazione prossimale saranno capaci di spostarsi in sicurezza anche con appoggi non stabili o addirittura in assenza di ausili per gli arti superiori, poiché potranno sfruttare la capacità di sostegno "in spinta" dei propri arti superiori nel primo caso e la stabilità del bacino per il mantenimento dell'assetto posturale monopodale nel secondo.

2.2.1.5 Disturbi relativi al controllo motorio

Il controllo motorio può essere definito come il processo che analizza le informazioni afferenti provenienti dall'apparato locomotore e introduce gli aggiustamenti necessari per ottenere un comportamento coordinato. Nella PCI il controllo motorio è condizionato sia nel versante efferente (produzione di movimenti) sia in quello afferente (raccolta di informazioni). Un movimento eseguito in modo non corretto, qualunque sia il motivo per cui questo avviene, produrrà infatti la

raccolta, l'elaborazione e la rappresentazione di alterate informazioni percettive, alle quali conseguirà inevitabilmente un'incapacità "secondaria" di progettare, pianificare ed eseguire movimenti corretti (Ferrari, 1990).

Fra gli errori che possono essere compiuti dal punto di vista motorio ricordiamo:

- **Difficoltà di controllo selettivo.** Si intende la difficoltà o l'incapacità di attivare movimenti isolati e selettivi. Pensiamo per esempio all'impossibilità o all'estrema difficoltà di dor-siflettere la caviglia a ginocchio esteso durante la fase di volo, con la conseguente necessità di attivare una *placing* a partenza dal piede per limitare lo strisciamento della punta al suolo (*clearance*).
- **Irradiazione.** Si tratta di un'inopportuna diffusione della contrazione muscolare dal muscolo, in cui essa è giustificata, a zone limitrofe, o anche distanti, lungo direttrici obbligate in cui essa non è necessaria o risulta francamente dannosa. Non è infrequente, per esempio, che nei bambini emiplegici durante il cammino si attivi in modo significativo una flessione di gomito e polso a livello dell'arto superiore, altrimenti sufficientemente rilasciato.
- **Co-contrazione.** È definita come una contrazione contemporanea di muscoli agonisti e antagonisti generata allo scopo di garantire la fissazione di una o più articolazioni. Nella PCI assume un significato patologico quando è causata dall'incapacità del muscolo antagonista di lasciarsi passivamente allungare mentre l'agonista lavora (abnorme reazione allo stiramento). Il risultato è la produzione di un movimento frenato e affaticante (il cosiddetto "freno a mano tirato").

Per riconoscere la presenza di co-contrazione fra due gruppi muscolari antagonisti durante un movimento volontario, possiamo osservare che i muscoli agonisti e antagonisti, che agiscono sul distretto d'interesse, sono tesi e prominenti. Tramite una EMG di superficie potremo confermare la nostra ipotesi. Riconoscere una co-contrazione patologica è molto importante qualora si pensi di affiancare al trattamento fisioterapico un percorso chirurgico

gico o di inibizione tramite tossina botulinica o di riequilibrio chirurgica.

2.2.2 Errori relativi alle componenti *bottom up*

Le componenti *bottom up* fanno riferimento alle caratteristiche dell'apparato locomotore che intervengono nella realizzazione della funzione cammino. Tra queste troviamo:

- forza e resistenza⁸ muscolari;
- proprietà reologiche del muscolo e dei tessuti molli (*stiffness*⁹);
- lassità legamentosa costituzionale;
- ROM articolare;
- geometria dello scheletro;
- peso dei segmenti.

Questi fattori devono essere presi in considerazione nella valutazione funzionale per comprendere la natura delle deformità secondarie.

- Consideriamo per esempio la lussazione dell'anca: essa non può essere attribuita esclusivamente al pattern motorio dominante (schema a forbice) o allo sbilanciamento muscolare tra flessori e adduttori prepotenti ed estensori e abduttori deficitari, in quanto sappiamo che si può presentare con caratteristiche molto simili anche in patologie dominate invece dalla debolezza come le atrofie muscolari spinali. Per questo è necessario tenere in considerazione anche la resistenza intrinseca dell'articolazione. Evidentemente le ricadute terapeutiche saranno differenti in base all'interpretazione che diamo alla natura della deformità, ovvero se riconduciamo l'alterazione a carico del muscolo (ipertonìa, squilibrio tra gruppi muscolari antagonisti ecc.) o della biomeccanica articolare (instabilità o rigidità) o delle caratteristiche intrinseche dello scheletro (ipoplasia acetabolare) o di tutte e tre le componenti insieme.

Un segno di natura sia centrale sia periferica è

la *spasticità*, definita come aumentata eccitabilità velocità-dipendente del riflesso da stiramento (Lance, 1980 e 1990), che si esprime contemporaneamente attraverso un eccesso di attività e un difetto di passività (Odéen e Knutson, 1981; Metaxiotis et al., 2000).

La spasticità comprende:

- errori di quantità: reclutamento eccessivo di unità motorie rispetto al compito richiesto;
- errori di tipologia: contrazione tonica e fasica;
- errori di qualità: esauribilità e precoce affaticamento, quindi scarsa efficacia della contrazione muscolare;
- errori di durata: incapacità di rilasciamento al termine della contrazione volontaria;
- errori di combinazione spazio-temporale;
- errori di associazione: irradiazione e co-contrazione;
- errori di scansione temporale: alterato timing dell'attivazione;
- difetti di passività: abnorme reazione allo stiramento, in quanto il riflesso da stiramento si attiva precocemente rispetto alla lunghezza muscolare raggiunta.

La spasticità si valuta al lettino sottoponendo il muscolo esplorato a un allungamento rapido.

2.3 Aspetti percettivi

Come per la funzione posturale, anche nella valutazione della stazione eretta e della deambulazione risulta di grande importanza l'individuazione di eventuali problematiche percettive. Tali alterazioni possono essere di natura diversa: alterazioni della sensibilità, disturbi di tolleranza percettiva, problemi di attenzione e di controllo simultaneo delle informazioni sensoriali.

2.3.1 Alterazioni della sensibilità

Riguardo a questo problema, ci limitiamo a descrivere uno degli atteggiamenti che osserviamo

⁸ *Resistenza*: è la capacità fisica che permette di sostenere un determinato sforzo nel tempo.

⁹ Si riferisce al comportamento elastico delle fibre muscolari. Le alterazioni della *stiffness* possono dipendere da: alterazioni delle componenti visco-elastiche del tessuto connettivo, alterazioni della titina (la proteina che permette la connessione delle miofibre a livello della banda Z), alterazioni della struttura del sarcomero, ecc..

tipicamente in stazione eretta e durante la deambulazione: l'*avoiding* del piede al trasferimento del carico o al solo contatto del suolo, espressione dell'intolleranza sensitiva tipica delle forme discinetiche, ma presente talvolta anche nelle tetraplegie e nelle diplegie spastiche.

L'*avoiding* del piede determina la brusca flessione dell'arto inferiore con possibile caduta del soggetto o, se più controllabile, un'alterata modalità di caricare l'arto: l'appoggio del piede al suolo avviene in modo sempre diverso; non esistono schemi replicabili ed è presente una continua variazione del carico per effetto della tendenza a "sfuggire" dall'appoggio dovuta alla scarsa tollerabilità delle informazioni sensoriali. In caso di *avoiding* del piede osserviamo un netto peggioramento nella capacità di caricare l'arto quando aumenta la superficie esplorante del piede: per questo motivo i bambini prediligono camminare sulle punte piuttosto che sfruttare l'appoggio di pianta, così come camminano meglio con le calzature piuttosto che senza.

In presenza di una riduzione della sensibilità è bene porre attenzione all'eventuale presenza di zone di iposensibilità a carico del piede. Esse sono da valutare attentamente soprattutto nel caso in cui il paziente utilizzi ortesi, poiché possono più facilmente crearsi lesioni da compressione o da sfregamento.

2.3.2 Problemi di tolleranza percettiva

Nell'analisi della funzione cammino è importante individuare e valutare attentamente la presenza di eventuali problematiche di tolleranza percettiva. Tale funzione si compone di elementi quali la riduzione della base d'appoggio, lo spostamento degli arti nello spazio e la necessità di sfruttare gli equilibri dinamici che difficilmente si combinano con problematiche di tolleranza percettiva. Per questi motivi la stazione eretta e il cammino accentuano i segni della dispercezione anche nei casi in cui questi disturbi avevano interferito solo modestamente nel controllo posturale e nella locomozione orizzontale. Se spostiamo la prospettiva di indagine da come il cammino influisce

sul disturbo percettivo, a come il disturbo percettivo influisce sul cammino e sulla costruzione dell'identità del soggetto, individuiamo chiaramente altri aspetti: nel processo evolutivo del bambino, il cammino rappresenta la funzione che porta il soggetto a raggiungere l'indipendenza dall'adulto e la fiducia in se stesso. Il disturbo percettivo costituisce sempre una "barriera" che può inibire la costruzione o l'utilizzo di una funzione motoricamente eseguibile.

Comportamenti legati alla dispercezione sono la necessità di una continua rassicurazione e l'evitamento di situazioni stressanti. Il bambino con disturbo percettivo ricerca un continuo contatto con l'adulto, che diviene per lui l'elemento indispensabile per accedere alla prestazione, e riduce al massimo la sperimentazione, limitando fortemente le proprie capacità d'azione e la propria iniziativa motoria.

Per comprendere questi concetti è necessaria una piccola digressione. Bisogna tenere presente che: "*Il movimento costituisce uno degli strumenti fondamentali per l'organizzazione del Sé del bambino*" (Corominas, 1983); è quindi importante per la costruzione di un'immagine di sé come entità separata e indipendente. Il movimento è infatti una delle componenti fondamentali non solo del mondo esterno del bambino, ma anche del suo mondo interiore. Il movimento è la via dominante dell'espressione del piacere e della fantasia, il veicolo per i desideri, quali il mettere in bocca, il toccare, il prendere, lo spostarsi, il giocare, ma anche per il dispiacere. Attraverso il movimento il bambino esprime i sentimenti difficili, la paura, l'angoscia, la rabbia; il movimento è anche uno strumento di difesa, quando serve per piangere, agitarsi, cambiare posizione, buttare fuori la rabbia e l'angoscia, allontanare le cose pericolose o che possono fare male. Il movimento è un mezzo fondamentale per esprimere la vicinanza e la lontananza, necessarie per lo sviluppo della individuazione: "L'altro diverso da me, che esiste fuori di me". Essere in grado di muoversi per conto proprio e a proprio piacimento significa esistere come individuo autonomo. Comprendiamo perciò come sia difficoltoso, per un bambino con paralisi cerebrale, il processo di separazione dalle figure genitoriali e la conseguente

creazione di un'immagine definita e definitiva di sé come individuo indipendente, capace di auto-determinazione. Lo sviluppo del Sé nei bambini con PCI risulta sovradeterminato dal danno del sistema nervoso centrale. Nel caso del disturbo percettivo, la situazione diviene ulteriormente problematica, perché il movimento assume caratteristiche non tollerabili e altamente angoscianti. Il corpo dell'adulto, in particolare quello della madre¹⁰, diventa per il bambino con disturbo percettivo uno strumento di contenimento fisico-emozionale. Per questo si verifica spesso che questi bambini, pur essendo sufficientemente dotati dal punto di vista cognitivo, incontrino da adulti notevoli difficoltà a separarsi dalla propria madre con cui mantengono un rapporto adesivo di fusione/confusione, in una condizione che potremmo definire parassitaria ancor prima che simbiotica. In braccio al portatore di cure il bambino con disturbo percettivo è più attivo e interessato ad agire e interagire con l'ambiente circostante, ma in questa situazione vive un'illusione di abilità attraverso il corpo e la mente dell'adulto che gli impedisce di rendersi conto oggettivamente dei propri limiti¹¹ (Ferrari e Cioni, 2005). In presenza di dispercezione, il bambino assume caratteristiche di dipendenza psicologica e di mancanza di autonomia anche verso prestazioni motorie o cognitive a lui possibili. Quando ha sviluppato una sufficiente quantità di rappresentazioni mentali corrispondenti alla percezione del proprio corpo e a quello dell'altro e inizia a sperimentare la separazione, il bambino tende ad attribuire le proprie esperienze emotive all'altro o a vivere dentro l'altro per evitare l'ansietà e la sofferenza. I bambini con disturbo percettivo hanno poche o nessuna possibilità di elaborare l'ansietà di separazione tramite il movimento, per cui, utilizzando molto la proiezione, tendono all'illu-

sione della non separatezza per sentirsi sia sicuri sia importanti. Essi sono spesso molto legati ai genitori, ai fratelli o agli insegnanti. Si osserva che, ove le aspettative genitoriali sono più elevate, o incongrue, anche i bambini presentano maggiori difficoltà di mediazione con le loro difficoltà e hanno organizzazioni del Sé più fragili (Marzani, 2005).

Nello sviluppo del bambino normale anche la madre prova sentimenti ambivalenti: desidera che il figlio cresca e insieme soffre al pensiero di perdere l'attaccamento totale dei primi mesi. La separazione viene però incentivata dalla sensazione di forza e di potenza che il bambino esprime nel divenire autonomo, proprio attraverso il movimento. È questa sensazione di potenza e di forza che sostiene la spinta a crescere e a trasmettere anche ai genitori la forza vitale, l'orgoglio di un figlio che *diventa grande*, altro da loro, una persona indipendente e totalmente nuova. Comprendiamo dunque come possa risultare difficile per una madre cercare una dimensione di indipendenza e di separazione dal figlio per spingerlo all'autonomia quando, per quest'ultimo, tale esperienza viene vissuta con angoscia e frustrazione. Nei più recenti studi di neurofisiologia, infatti, è stato messo in evidenza come, attraverso un meccanismo neuronale condiviso (sistema dei neuroni specchio), sia possibile una comprensione esperienziale diretta dei sentimenti provati dal soggetto che stiamo osservando. È proprio questo meccanismo di "simulazione incarnata" che fa sì che non vediamo solo un'azione, un'emozione, o una sensazione: in parallelo alla descrizione sensoriale degli stimoli sociali osservati, vengono generate nell'osservatore delle rappresentazioni interne degli stati corporei associati a quelle stesse azioni, emozioni o sensazioni, come se egli stesse compiendo un'azione simile o provando una si-

¹⁰ Le sensazioni tattili, visive, acustiche ecc. evocate dagli input ambientali devono essere trasformate, "mentalizzate" perché possano essere "contenute" e non siano più devastanti. Nella situazione endouterina, l'ambiente stesso funge da "contenitore", viceversa nella vita extrauterina non c'è più un contenitore "fisico" e il bambino si trova di fronte agli input ambientali non più mediati dal mezzo uterino, che determinano sensazioni corporee dotate di un carico mentale destrutturante. L'azione della mente deve essere quella di contenere gli input e quindi "mentalizzarli". Ciò è possibile nel bambino senza gravi deficit neurologici solo se l'azione di contenimento è guidata dalla "rêverie" materna (Bion, 1973) che funge da "filtro", da mediatore tra gli input ambientali e quindi le sensazioni corporee e la mente del bambino.

¹¹ Il bambino "cado-cado" vorrebbe essere una mente senza corpo in grado di governare il corpo senza mente di un adulto consenziente, generalmente la propria madre (Ferrari e Cioni, 2005).

mile emozione o sensazione (Gallese, 2006). In questo senso, di fronte alle sensazioni angoscienti provate dai bambini con disturbo percettivo all'allontanamento dell'adulto, si può pensare che tali sensazioni inducano dei modelli di comportamento nei familiari che penalizzino ancora una volta il processo di separazione e di autonomizzazione del figlio.

Spesso i bambini dispercettivi hanno la necessità di dormire con uno dei genitori o manifestano disturbi del sonno con richieste di contatto durante la notte. La difficoltà nell'addormentamento (che rappresenta il passaggio da uno stato controllato – veglia – a uno incontrollabile – sonno), oltre a essere legata alla “sensazione di precipitare”, esprime la difficoltà a distaccarsi dal corpo della madre (cambiamento di luogo) e l'incapacità a restare da solo, anche momentaneamente, nelle condizioni in cui è possibile sentire la voce della madre nell'altra stanza o riuscire a vederla dietro un vetro. Marzani (2005) parla in questo senso di ansietà di separazione.

Il disturbo percettivo, accentuando la dipendenza fisica dall'adulto, accentua anche la dipendenza psicologica, la conflittualità e l'ambivalenza che un figlio psichicamente sano prova quando è “costretto” a restare troppo legato alle figure genitoriali.

Conseguenza della patologia cronica in generale, e non solo del disturbo percettivo, è poi la presenza di una forte inibizione pulsionale soprattutto sul versante dell'aggressività: tutti i conflitti vengono inibiti poiché il soggetto ritiene inconsciamente di non potersi permettere, poiché fortemente dipendente dall'altro. Talvolta le figure genitoriali, in modo particolare quella materna, emergono in modo imperante e assumono un posto di eccessiva importanza rispetto al bambino stesso (il “bisogno del dito” della mamma come elemento indispensabile per accedere al movimento lascia inevitabilmente segni profondi). Possiamo facilmente immaginare come sia determinante l'individuazione del disturbo di tolleranza percettiva per l'influenza che esso esercita sui meccanismi profondi della costruzione dell'identità del soggetto, oltre che sull'acquisizione della “funzione cammino” in se stessa.

Per riconoscere questa problematica e porre le dovute attenzioni in ambito riabilitativo, rispettando la globalità del soggetto, è necessario effettuare una valutazione mirata volta all'individuazione dei segni percettivi (difetti e compensi): *startle*, arti superiori in atteggiamento di *startle*, *grimaces* facciali, ammiccamento intenso o frequente, sguardo fuori campo, congelamento della postura, verbalizzazioni, turbe neurovegetative, reazione in flessione globale e *grasp* alle mani, spasticità adattiva, afferramento difensivo, antepulsione del tronco ecc. Per assicurarsi della presenza dell'intolleranza percettiva, sarà necessario ricercare i segni “principali” (*startle*, congelamento della postura e del movimento, sguardo fuori campo) inseriti in un quadro clinico caratterizzato dalla discrepanza tra la qualità del repertorio motorio conservato e il suo utilizzo. Tutti i restanti segni dovranno essere considerati importanti “campanelli d'allarme” (Borelli et al 2013, Capitolo 8, par. 8.2.2).

A parità di compromissione motoria, l'età del raggiungimento della stazione eretta e dell'acquisizione del cammino assistito (dalla mano dell'adulto) è molto simile tra i bambini diplegici con dispercezione e i bambini diplegici che non presentano problematiche percettive. Ciò che rende assai dissimili i due gruppi è invece la capacità di esercitare autonomamente la stazione eretta e il cammino, qualora vi sia un grado di compromissione motoria a esso compatibile. Tra i diplegici con problemi percettivi, osserviamo spesso bambini capaci di portarsi eretti o di camminare senza ausili o senza sostegno, solo a patto che resti loro vicino un adulto che li tocchi (Fig. 2.3).

Altri bambini raggiungono il consenso all'azione solo se sentono il contatto della mano della fisioterapista, anche di un solo dito, dietro la loro spalla (Fig. 2.3). Quella mano esercita una facilitazione motoria o una facilitazione percettiva, dal momento che è sufficiente che il paziente pensi di averla ancora sulla spalla, perché continui a camminare, mentre il solo dubbio che essa non ci sia più lo blocca. “*Per questi bambini la mano del terapeuta rappresenta certamente qualcosa di più di una facilitazione motoria: è una bussola per l'orientamento, è un contrappeso per il bilanciamento, è uno scudo per la difesa, è un viatico per*”



Fig. 2.3 I bambini con disturbi percettivi richiedono il contatto o la vicinanza dell'adulto per il raggiungimento della stazione eretta e per l'accesso al cammino

il cammino" (Ferrari e Cioni, 2005). Quel dito svolge infatti un'importante funzione di contenimento e di protezione dallo spazio posteriore: è la certezza che qualcuno è pronto a difenderlo da perturbazioni improvvise e da perdite di equilibrio che possano esporlo a una potenziale caduta all'indietro.

In alcuni casi, i passaggi posturali e la deambulazione possono essere considerati autonomi dal punto di vista motorio, ma assolutamente dipendenti dal punto di vista percettivo. Per le sopraccitate ripercussioni del disturbo percettivo sulla costruzione dell'identità e sull'autostima, è molto importante che il riabilitatore ponga attenzione ai meccanismi di rassicurazione rappresentati dal contatto con l'adulto (fisico, verbale, visivo), affinché questi possano rappresentare uno strumento utile a promuovere la sperimentazione di nuove esperienze in sicurezza e serenità. Per questo sarà necessario proporre gradualmente strategie alternative per incentivare gli spostamenti indipendenti, sfruttando tutte le facilitazioni che possono favorire una positiva rielaborazione dell'esperienza. Per esempio, nella quotidianità sarà da prediligere lo spostamento con un deambulatore (che offre stabilità e possibilità di afferrarsi) o con due quadripodi appesantiti (se sufficientemente rassicuranti per il soggetto) anziché un cammino senza ausili vincolato alla stretta vicinanza/contatto dell'adulto. Questa

scelta risulta spesso di non facile comprensione per i familiari: rinunciare al cammino senza ausili viene vissuto come un'opzione peggiorativa o come un "tornare indietro"; per questo riteniamo importante il coinvolgimento dell'intera famiglia nel progetto riabilitativo e la condivisione profonda delle motivazioni che stanno alla base delle scelte terapeutiche. L'eventuale progressione verso un cammino senza ausili verrà gradualmente sperimentata insieme con il fisioterapista, che valuterà le strategie più adatte a contenere il disagio percettivo (afferramento, velocizzazione, proiezione anteriore del tronco ecc.), per non fare della vicinanza dell'adulto l'unica soluzione possibile.

2.3.2.1 Afferramento difensivo

Per raggiungere la stazione eretta in autonomia, il bambino con disturbo percettivo si organizza ricercando l'afferramento a superfici stabili e ad "appigli" sicuri (maniglie, barre ecc.) anziché ricorrere alla fissazione prossimale e al solo appoggio su superfici occasionali. Tale strategia viene adottata non solo per facilitare il compito motorio (come può avvenire nelle PCI con deficit di fissazione prossimale e instabilità di bacino) e rendere più sicura la postura, ma anche per inibire la reazione di *startle*, che costituisce un ulteriore elemento destabilizzante per la postura. Questa strategia viene utilizzata inoltre per organizzare in



Fig. 2.4 Passaggio posturale realizzato attraverso la strategia in afferramento

Purtroppo, alcuni bambini con disturbo di tolleranza percettiva severo, possono non riuscire a superare tale necessità. In questi casi, sarà necessario mantenere ausili per lo spostamento che prevedano l'afferramento a una struttura più o meno stabile (deambulatore o quadripodi) anche se il soggetto è capace di camminare tenuto per mano o con l'adulto vicino.

Nei casi più gravi, i pazienti possono non riuscire a tollerare nemmeno la stazione eretta in afferramento se non in presenza del contatto fisico con il portatore di cure.

autonomia i primi spostamenti, passando dall'afferramento di una superficie a un'altra. L'afferramento difensivo può essere sostituito, nel corso della costruzione della funzione, da strategie alternative più evolute ed efficaci, come per esempio la propulsività e la velocizzazione. Nel trattamento del bambino dispercettivo, l'afferramento deve essere tenuto presente e valorizzato in maniera opportuna predisponendo di un setting adeguato.

La strategia in afferramento (Fig. 2.4) può non essere sempre funzionale, poiché rende impossibile qualsiasi attività manipolativa, conferendo alle mani un ruolo centrale nel sostegno. Per questo motivo la fisioterapista dovrà ricercare altre modalità di compenso e considerare l'afferramento una fase transitoria da sfruttare e poi superare. Il primo passo verso il suo superamento è rappresentato dalla possibilità di afferrarsi con una sola mano per utilizzare l'altra in un compito differente (per esempio, il trasporto di oggetti) (Fig. 2.5).

2.3.2.2 Propulsività

Soprattutto i bambini appartenenti alla terza forma di diplegia tendono a camminare molto velocemente (Ferrari, Cioni 2009), mantenendo il tronco antepulso come in una continua caduta verso avanti. Inseguono costantemente il proprio baricentro, hanno difficoltà nell'arrestarsi e nel rallentare e tendono a cercare un sostegno solido su cui andarsi ad appoggiare per arrestare il cammino. Lo spostamento in velocità va assecondato e favorito, soprattutto nelle fasi di esordio del cammino, e contenuto solo successivamente (Fig. 2.6).

Poiché la capacità di fermarsi segue spesso quella di spostarsi velocemente, il trattamento fisioterapico deve rispettare la strategia propulsiva e accettare il cammino veloce, anche nei casi in cui non sia stata ancora acquisita la capacità di rimanere fermi in piedi (Fig. 2.7).

Attraverso la velocità il bambino sfugge allo



Fig. 2.5 Afferramento necessario per il mantenimento della stazione eretta



Fig. 2.6 Proiezione anteriore del tronco per favorire la velocizzazione



Fig. 2.7 La strategia di velocizzazione consente di attraversare uno spazio appositamente delimitato

spazio posteriore, ha minore necessità di controllare l'equilibrio durante la fase monopodale e può sintonizzarsi sulle coordinate cinestetiche, riducendo l'influenza delle informazioni visive (conflitto visuocinestetico). La proiezione anteriore del tronco è un comportamento adattivo: oltre a favorire la velocizzazione, compensa la difficoltà ad affrontare lo spazio posteriore, spazio nel quale le reazioni di difesa risultano quasi sempre assenti, ed eventuali perturbazioni posturali incontrollabili e perciò fortemente temute.

Uno degli elementi che permette il ricorso alla velocizzazione è l'equino di spinta, che non è in questo caso da interpretare come un errato at-

teggimento del piede da correggere con ogni mezzo (Fig. 2.8). Per questo motivo, nel momento in cui il bambino, all'esordio del cammino indipendente, ricerca la velocità come strategia di compenso, le ortesi dovranno essere eliminate a favore di una calzatura alta allacciata, o dovranno essere alleggerite, rese flessibili e allineate ai metatarsi nel caso non possano essere sospese per altri motivi (ad esempio, per deviazioni importanti del piede in varo-valgo e in intra-extrarotazione). Allo stesso modo sono da evitare il trattamento con tossina botulinica e la chirurgia funzionale per non penalizzare la spinta necessaria per la velocizzazione attraverso l'ini-



Fig. 2.8 Equino di spinta

bizione prematura del tricipite surale. Le ortesi saranno indicate o nella fase precedente l'esordio del cammino, per facilitare il raggiungimento della stazione eretta, o nella fase successiva, per ottenere il controllo della velocità e favorire la capacità di fermarsi. L'impiego della tossina botulinica e della chirurgia funzionale diventerà giustificato quando l'equino tenderà a strutturarsi e a perdere la sua funzione di compenso.

Il trattamento fisioterapico, costruito per favorire la strategia di velocizzazione necessaria al contenimento del disturbo percettivo, dovrà prevedere spostamenti da un appoggio fisso all'altro (o, se necessario, inizialmente da un adulto all'altro), in modo che il tratto da percorrere risulti breve e il bambino abbia la possibilità di raggiungere l'appoggio finale con sufficiente facilità. Il tavolo, lo stipite della porta, una sbarra ecc., ovvero l'oggetto scelto per frenare il peso del corpo in velocità e consentire al bambino di terminare la sua corsa afferrandosi, dovrà rispondere a requisiti di solidità e stabilità progressivamente minori, coerentemente con il miglioramento della capacità di controllare la prestazione. Nelle fasi finali sarà sufficiente che l'oggetto garantisca una possibilità minima di appoggio, o più tardi, anche solo di contatto. Infine l'oggetto giunge ad assumere un mero ruolo simbolico di riferimento spaziale (ad esempio il muro mantenuto a lato durante il cammino).

2.3.2.3 Atteggiamento degli arti superiori in posizione di *startle*

Durante la deambulazione, questa posizione degli arti superiori costituisce una manifestazione tipica dell'intolleranza al vuoto e alla profondità dello spazio: quasi tutti i soggetti dispercettivi che non utilizzano ausili mantengono gli arti superiori in posizione di *startle*. L'atteggiamento in *startle* si differenzia dalla reazione di guardia (alta, media o bassa) e non è da riferirsi alla fase organizzativa della funzione. La reazione di guardia migliorerebbe la prestazione, rendendo più pronte e tempestive le reazioni di equilibrio e i paracadute, nel caso di un'eventuale caduta in avanti; gli arti superiori in posizione di *startle* accentuano invece la retropulsione del tronco, peggiorando l'equilibrio e rendendo impossibile qualsiasi protezione nella caduta verso dietro (Fig. 2.9).

L'atteggiamento degli arti superiori in *startle* è un segno che il bambino non riesce a inibire quando l'esposizione al vuoto è maggiore (come in stazione eretta e durante il cammino) (Fig. 2.10a e 2.10b). Gli arti superiori possono essere più o meno proiettati in avanti: generalmente più sono anteriori al tronco, più il paziente sta ricercando la velocità nel cammino e quindi la proiezione in avanti del baricentro. Quanto più le soluzioni acquisite dal bambino divengono mature, tanto più gli arti superiori vengono abbassati e addotti, con gomiti semiestesi, avambracci leg-

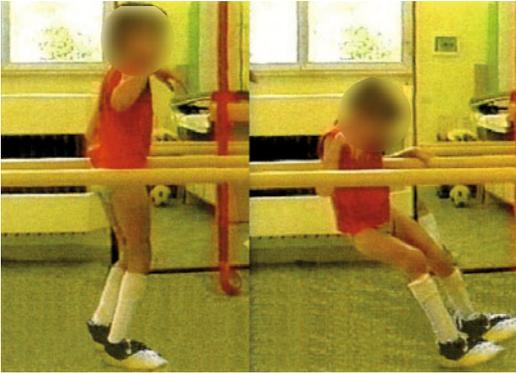


Fig. 2.9 La difficoltà di abbassare gli arti superiori compromette l'efficacia dei paracadute durante la caduta

germente pronati, polsi flessi e dita estese (Fig. 2.10c e 2.10d). In queste fasi, è possibile osservare la presenza della reazione di *startle* solo distalmente, a carico delle dita della mano, o il sollevamento più o meno accentuato degli arti superiori (in una posizione che ricorda più chiaramente la *startle*) durante i cambi di direzione o di velocità, i passaggi posturali (per esempio, da seduto a eretto) e l'allontanamento dai riferimenti spaziali (pareti, mobili, persone).

Vediamo ora un esempio di setting volto a promuovere la velocizzazione in un bambino con disordini percettivi, tenendo presenti le strategie, i



a



b



c



d

Fig. 2.10 a, b Atteggiamento degli arti superiori in posizione di *startle*. **c, d** Nel corso dello sviluppo del cammino si assiste a un progressivo abbassamento degli arti superiori legato a una maggiore capacità di inibire la *startle* e a un incremento di stabilità e sicurezza

compensi e gli atteggiamenti descritti sino a ora. Verranno innanzitutto inseriti elementi a cui il bambino possa fare riferimento durante il movimento e a cui possa affidarsi, come per esempio barre parallele e tavoli, in modo da formare uno spazio circoscritto, dai confini chiari, una sorta di “binario”, all’interno del quale egli possa esercitare il cammino. L’altezza degli appoggi, sufficientemente stabili, dovrà essere valutata in modo da facilitare l’utilizzo degli arti superiori come difesa. Inizialmente le superfici non dovranno essere troppo basse, considerando che i bambini con dispercezione mantengono gli arti superiori in posizione di *startle* e che per loro è difficoltoso abbassarli per eseguire una reazione paracadute. Parallelamente al miglioramento della capacità di utilizzo e di controllo delle reazioni di difesa, l’altezza degli appoggi potrà essere progressivamente abbassata. Se il fisioterapista riterrà opportuno superare la necessità di affidarsi all’afferramento e promuovere la capacità di appoggio degli arti superiori “in spinta”, predisporrà nel setting superfici estese a cui il bambino non possa aggrapparsi, ed eviterà quindi barre, maniglie e parallele (Fig. 2.11).

2.3.2.4 Agganciamento o mira visiva

Questa strategia è utilizzata da alcuni bambini per “agganciarsi” a un riferimento visivo e costruire quindi una mira stabile nella direzione del proprio avanzamento: in termini di elaborazione percettiva significa non dover processare informazioni vi-

sive complesse provenienti da un sistema in movimento (Fig. 2.12).

In questo modo il bambino tenta di escludere le informazioni visive che scorrono nel campo periferico per prestare attenzione a quelle più stabili e centrali (mira visiva), oltre a “sintonizzarsi” sulle coordinate cinestetiche (conflitto visuocinestetico). Tale strategia può non essere funzionale, soprattutto in ambienti aperti dove è difficile trovare una mira idonea cui fare riferimento. Quando la mira visiva è rappresentata da un adulto di fronte al bambino, assume l’ulteriore significato di rassicurazione emotiva, elemento determinante per questi pazienti. Una mira visiva posta più o meno all’altezza degli occhi del bambino favorisce la strategia poiché non richiede aggiustamenti della posizione del capo.

2.3.2.5 Semplificazione

I bambini con problemi percettivi che non riescono ad accedere alla strategia della velocizzazione, sia per la presenza di vincoli combinatori e di sinergie patologiche che ne limitano la libertà di scelta (per esempio, tetraplegie con antigrafità verticale e diplegie della prima forma, Ferrari, Cioni 2009), sia per l’impossibilità di attivare l’equino di spinta (per insufficienza del tricipite surale o per cedimento della volta plantare), avanzano lentamente e semplificano il passo, congelando i distretti articolari, riducendo i gradi di libertà e limitando la raccolta di informazioni sensoriali. La strategia consiste nel ridurre al minimo il movimento per



Fig. 2.11 Setting costruito per sperimentare la velocizzazione



Fig. 2.12 Mira visiva: il bambino fissa l'adulto che lo precede

renderlo “più controllabile” ed essere così meno esposti alle perturbazioni. Per inserirsi nella logica adottata da questi pazienti, il riabilitatore potrà facilitare il bambino proponendo ortesi solide e avvolgenti, che contribuiscano a “congelare” le articolazioni coinvolte, semplificando il controllo motorio e la gestione delle informazioni sensoriali (ridotte in quantità e qualità), oltre che esercitare la funzione di contenimento, come se fossero una sorta di “seconda pelle”. La strategia della semplificazione viene adottata, oltre che dai bambini dispercettivi, anche dai pazienti che presentano difficoltà nel controllo sequenziale del movimento.

2.3.2.6 Riferimenti spaziali

Il soggetto che sa stare in piedi a pochi centimetri dal muro, senza toccarlo, mentre non riesce a farlo se si allontana da esso anche di un solo passo, non presenta certamente un problema motorio, ma un'intolleranza percettiva verso le informazioni connesse al vuoto, alla distanza e alla profondità dello spazio circostante. Diversi bambini con problematiche percettive, se pur capaci di un cammino autonomo, ricercano durante la deambulazione la vicinanza di pareti o mobili (navigazione costiera). Questi riferimenti spaziali esercitano una funzione di contenimento e rappresentano potenziali sostegni a cui potersi appoggiare in caso di necessità. Per questo motivo, i bambini con problematiche percettive, se devono attraversare una stanza, scelgono di percorrere il suo perimetro a fianco delle pareti anziché passare per il centro. Essere consa-

pevoli di questi meccanismi aiuta a disporre gli ambienti di vita in modo da renderli più funzionali e facilitanti per il soggetto (per esempio, se si vuole rendere più accessibile il giardino, si possono inserire tavolini e seggiole o arredi per esterni in punti strategici, in modo da creare percorsi ripartendo opportunamente lo spazio).

Di fronte a questi comportamenti viene spontaneo chiedersi se vi siano anche altre ragioni che possano giustificare una tale paura e quindi un bisogno così importante di contenimento. Si tratta quindi “solo” di un difetto percettivo o esiste anche un vissuto negativo generato da precedenti esperienze catastrofiche?

Il vissuto è frutto di un'esperienza (positiva o negativa) compiuta nel passato: possiamo immaginare la situazione di un bambino che, dopo avere effettuato un certo numero di cadute, con conseguenze sempre negative, abbia ora giustamente paura di cadere. Ci siamo preoccupati di esplorare possibili esperienze negative attraverso un'indagine indiretta, un'intervista ai genitori, e un'indagine diretta, un colloquio mirato con il paziente da parte della psicologa. I risultati sono stati concordemente negativi. In particolare, è interessante sapere che la frequenza delle cadute è maggiore per i bambini senza problemi percettivi, che non hanno cioè paura di cadere, che per i dispercettivi. Inoltre, nessun soggetto del primo gruppo racconta di cadute significative, nonostante metà di essi ne abbiano subite, mentre più della metà dei soggetti dispercettivi fa frequentemente riferimento a espe-

rienze di questo genere, anche quando queste risultano, a parere dei genitori, assolutamente irrisorie. La caduta rappresenta quindi per i soggetti dispercettivi un evento sempre angosciante e spesso addirittura catastrofico. Si può comprendere come questi bambini interpretino come minacciosa qualsiasi variazione posturale o sollecitazione esterna, anche se modesta.

Un'ulteriore caratteristica emersa dal colloquio con i genitori, che è possibile confermare attraverso l'analisi delle storie longitudinali dei pazienti, è la fluttuazione dell'intensità del disturbo percettivo. Questo si accentua a periodi, nel corso dei quali il soggetto aumenta la dipendenza dall'adulto come conseguenza dell'incremento dell'intolleranza verso il movimento e lo spazio. Il bambino tende a manifestare atteggiamenti regressivi, come per esempio il bisogno di andare a letto con i genitori per riuscire ad addormentarsi.

Quali possono essere le cause della fluttuazione del disturbo? Innanzitutto bisogna tenere presente il fatto che questi bambini, essendo in crescita, modificano continuamente le proprie caratteristiche somatiche e, quindi, le strategie utilizzate per fare fronte al problema. Un periodo di accentuazione del disturbo potrebbe essere, per esempio, dovuto alla perdita di un compenso per modificate caratteristiche morfologiche, con conseguente aumento della "paura" finché il soggetto non diviene capace di trovarne un altro in grado di essere ugualmente efficace. Un esempio può essere la perdita dell'equino di spinta a causa della strutturazione della retrazione del tricipite surale, che comporta difficoltà a generare velocità e una riduzione della base d'appoggio. Non è nemmeno da escludere che l'aumento delle difficoltà legate al disturbo percettivo sia talvolta legato a fattori di carattere relazionale e psicologico, come un periodo di maggiore ansietà dovuto a eventi familiari (la malattia di un nonno) o al rendimento scolastico.

2.3.3 Problemi di attenzione e processazione simultanea delle informazioni sensoriali

Problemi di attenzione e di processazione simultanea delle informazioni sensoriali si mani-

festano nel segno dell'ipoposturalità e dell'esauribilità della reazione di sostegno, facilmente valutabili in stazione eretta quando viene richiesto al bambino il mantenimento della posizione nel tempo. Sono generalmente meno palesi durante il cammino, poiché questo rappresenta una condizione dinamica che richiede una continua attivazione.

Emergono in modo evidente quando è richiesto un controllo simultaneo di due o più funzioni (*dual task*), come mantenere la stazione eretta durante la manipolazione di un oggetto o la lettura di un testo.

Ipotizziamo la presenza di ipoposturalità, riconoscendo che il problema è di natura percettiva, quando il paziente è in grado di eseguire il raddrizzamento su richiesta, dimostrando l'integrità di fondo dei meccanismi del controllo posturale. Qualora il deficit della reazione di sostegno sia così marcato da impedire anche su richiesta un completo raddrizzamento, l'origine del difetto sarà da considerarsi anche di natura motoria.

2.4 Esame clinico distrettuale

L'esame clinico distrettuale ha lo scopo di confermare una parte dei dati che emergono dalla valutazione funzionale, senza la quale le singole valutazioni che ne derivano sono prive di significato.

Esso si compone della valutazione di:

- spasticità;
- ROM passivo;
- controllo motorio selettivo;
- forza muscolare (quando possibile);
- deformità articolari e scheletriche.

2.4.1 Valutazione della spasticità

In letteratura sono presenti diverse scale di valutazione della spasticità, che negli anni hanno subito modifiche allo scopo di renderle sempre più adeguate.

La scala che proponiamo in questo testo è la *modified Tardieu scale* (MTS), di semplice som-

ministrazione e largamente impiegata nell'ambito della PCI. Validata, standardizzata e giudicata affidabile, viene spesso utilizzata in letteratura perché permette, con una buona sensibilità, di discriminare tra spasticità e retrazione.

La scala MTS si basa sulla valutazione della reazione muscolare al movimento passivo di un determinato segmento corporeo effettuata a diverse velocità:

- **V1:** velocità più lenta possibile che minimizza il riflesso miotattico da stiramento;
- **V2:** velocità della caduta del segmento sotto l'influenza della gravità;
- **V3:** velocità massima possibile (più rapida della caduta del segmento sotto l'influenza della gravità).

Successivamente viene misurato l'angolo di reazione muscolare, partendo dalla posizione neutra:

- l'**angolo R2** (*passive joint range of motion*), ottenuto utilizzando V1, che misura l'ampiezza del movimento passivo;
- la differenza fra l'ampiezza del movimento passivo e l'**angolo R1** (*dynamic joint range of motion*), ottenuto utilizzando V2 o V3, che misura la spasticità.

La misura della resistenza incontrata viene infine giudicata secondo una scala a cinque livelli (Tardieu et al., 1954, 1982):

- **grado 0:** assenza di riflesso da stiramento;
- **grado 1:** leggera resistenza per tutta la durata del movimento passivo con nessuna chiara "cattura" (*catch*) in nessun angolo specifico. La cattura rappresenta la reazione del muscolo allo stiramento. Quanto più piccolo è l'angolo del ROM in cui compare e più bassa è la velocità, tanto maggiore è la spasticità intesa come abnorme reazione allo stiramento;
- **grado 2:** il movimento passivo è interrotto a uno specifico angolo da una chiara "cattura" seguita da rilasciamento;
- **grado 3:** clono esauribile (meno di 10 secondi) quando viene mantenuta la tensione, che compare a uno specifico angolo;
- **grado 4:** clono non esauribile (più di 10 secondi) quando viene mantenuta la tensione, che compare a uno specifico angolo;
- **grado 5:** articolazione rigida.

2.4.2 ROM articolare e muscolare

In anni recenti diversi studi hanno messo in luce la sufficiente affidabilità delle misure goniometriche del range di movimento, in particolare quando viene concordata la modalità di misurazione, utilizzando punti di repere ben definiti.

È bene precisare che vanno distinti il "*range di escursione articolare*" (ROM), cioè l'entità in gradi del movimento possibile in un'articolazione, e il "*range di lunghezza muscolare*", misurato anch'esso in gradi di escursione articolare, ma espressione della lunghezza del muscolo. Per i muscoli monoarticolari i due parametri sono equivalenti, mentre per i muscoli biarticolari il range di lunghezza muscolare sarà condizionato dalla posizione delle articolazioni adiacenti e risulterà inferiore alla capacità totale di escursione dell'articolazione stessa valutata isolatamente. L'escursione articolare percorribile (*range of motion*) si valuta con movimenti lenti, per non evocare il riflesso miotattico da stiramento, che aumenterebbe il tono muscolare. Se vogliamo differenziare il contributo della spasticità (R1) da quello della retrazione (R2), la manovra va eseguita dapprima lentamente (retrazione) e poi in modo più rapido (spasticità, *first-catch*) (Berweck et al., 2003; Boyd et al., 1999; Faber, 2008).

Rimandiamo a testi specifici (Ferrari et al., 2013) la spiegazione e l'analisi delle modalità di valutazione del ROM e della lunghezza muscolare nei diversi distretti dell'arto inferiore, ricordando qui solo l'importanza che, a nostro avviso, riveste la valutazione del ROM e delle lunghezze muscolari poiché permette di monitorare nel tempo l'evoluzione delle deformità secondarie, contribuendo al processo di valutazione dei segni clinici.

2.4.3 Valutazione del controllo motorio selettivo

Per valutazione del controllo motorio selettivo si intende la valutazione della capacità del soggetto di eseguire movimenti volontari isolati.

Volendo giudicare la capacità di controllo motorio selettivo è opportuno soffermarsi sull'a-

nalisi quantitativa e qualitativa del repertorio dei moduli che il bambino è in grado di selezionare e attivare. Ricordiamo per la funzione cammino l'importanza di alcuni movimenti selettivi spesso difficilmente evocabili dai soggetti con PCI, come per esempio la dorsiflessione della caviglia o l'estensione e abduzione d'anca, che ci danno l'idea della ricchezza del repertorio ovvero della disponibilità motoria del bambino (analisi quantitativa). Una volta verificati questi aspetti, è fondamentale valutare come il bambino sia in grado di combinare questi moduli tra loro, verificando se il movimento sia realizzato solo all'interno di combinazioni (sinergie) fisse e stereotipe (per esempio, una dorsiflessione realizzabile solo all'interno della triplice flessione) imposte dalla paralisi centrale, o se viceversa il bambino sia in grado di combinazioni di movimento funzionali alla dinamica del cammino (per esempio, la dorsiflessione della caviglia a ginocchio esteso, l'estensione d'anca a ginocchio flesso ecc.).

La valutazione della possibilità di isolare i movimenti contribuisce a comprendere meglio l'accesso interno a un determinato modulo, e quindi la *libertà di scelta*¹² del bambino. Inoltre la capacità di attivare moduli motori isolati è di particolare interesse qualora si stia considerando la possibilità di effettuare un intervento di transfer muscolare, per esempio il tibiale posteriore pro dorsiflessione, o il retto femorale pro flessione del ginocchio.

È comunque importante specificare che, ad eccezione della situazione di transfer, l'eventuale trattamento riabilitativo impostato sulla modificabilità possibile non andrà mai alla ricerca della prestazione motoria ideale (*best performance*), bensì della prestazione più fruibile (*good enough*), compatibilmente alla logica imposta dalla paralisi (Ferrari et al, 2009).

¹² *Libertà di scelta*: la condizione di normalità è caratterizzata dalla variabilità e dalla plasticità dei comportamenti e delle strategie, mentre la condizione di patologia è di contro definita dalla rigidità e dalla stereotipia (Camerini e De Panfilis 2003). La libertà di scelta non è da intendersi come quota di normalità residua, ma come grado di indipendenza da pattern primitivi e patologici all'atto di associare tra loro moduli motori diversi.

2.4.4 Valutazione delle deformità scheletriche e delle problematiche articolari associate

Le deformità distrettuali articolari e scheletriche hanno la capacità di influenzare il pattern del cammino in modo molto significativo. Per la complessità dell'argomento, che non ci consente di riassumere esaustivamente tutte le problematiche possibili, rimandiamo al testo *L'arto inferiore nella PCI: semeiotica e chirurgia funzionale*, di recente pubblicazione (Ferrari et al., 2013). In questa sede ci limitiamo a ricordare che le problematiche principali sono quelle relative alla scoliosi, all'obliquità pelvica, alla lussazione dell'anca, all'antiversione dei colli femorali, alla torsione tibiale, al mal allineamento e all'instabilità della rotula, al conflitto torsionale del ginocchio, alla perdita del braccio di leva al piede, alle varie forme di equino accompagnato da valgo-pronazione o varo-supinazione del piede, alla eterometria fra gli arti inferiori, primitiva o secondaria.

2.5 Basi per l'interpretazione del segno

Prima di presentare alcuni esempi di analisi del segno, per capire come giudicarne la natura (difetto o compenso) e individuarne l'origine, riteniamo opportuno ragionare riguardo alla sua *modificabilità*, facendo alcune precisazioni. Stabilire la modificabilità degli elementi valutati è indispensabile per impostare obiettivi riabilitativi raggiungibili e per presentare con chiarezza diagnosi, prognosi e progetto riabilitativo ai familiari e, quando possibile, al paziente stesso. Infatti, porsi degli obiettivi non commisurati alle possibilità effettive del bambino stesso significa lavorare con fatica senza raggiungere alcun risultato concreto, finendo per attribuire al bambino la responsabilità di non impegnarsi a sufficienza nel migliorare la propria condizione (migrazione del senso di colpa dai genitori al bambino).

In clinica ritroviamo:

- *segni scarsamente modificabili*: sono causati direttamente dalla lesione neurologica, quali per esempio i segni legati alle componenti *top*

down (insufficienza della reazione di sostegno, inadeguatezza delle reazioni di difesa ecc.), alla permanenza di riflessi primitivi (per esempio, la *startle*) o alla prepotenza di pattern patologici (per esempio, lo schema a forbice). Si tratta di segni scarsamente modificabili: anche con il passare del tempo e con il trattamento fisioterapico non è possibile “eliminarli”. In caso di segni relativi a componenti deficitarie (ipoposturalità, deficit delle reazioni di difesa ecc.), potremo eventualmente assistere a una riduzione della loro influenza in seguito alla capacità del soggetto di organizzare strategie compensatorie. Pensiamo per esempio al bilanciamento sull’avampiede per enfatizzare la reazione di sostegno in caso di ipoposturalità, oppure alla riduzione degli spostamenti del COP (proiezione del centro di massa), in particolare verso i limiti della base d’appoggio, in caso di deficit delle reazioni di difesa. Rispetto al disturbo percettivo, possiamo assistere a una diminuzione della frequenza delle reazioni di *startle* se il soggetto impara a gestire meglio il proprio movimento, sfruttando l’afferramento o la velocità, a stabilizzare la postura e a prevenire le situazioni potenzialmente poco tollerabili. È importante tenere presente che il disturbo di base rimane in ogni caso invariato e che, se volessimo vedere ricomparire i segni “silenti”, sarebbe sufficiente ostacolare il ricorso al compenso. In caso di disturbo percettivo, è utile prevenire le reazioni e non facilitarne l’espressione, affinché queste non si potenzino per effetto dell’aumento dell’ansia, pur nella consapevolezza che l’ambiente non è mai completamente controllabile (si possono contenere i rumori di casa, ma non quelli del mondo esterno).

Rientrano nel gruppo dei segni non modificabili anche alcuni elementi del pattern motorio del cammino poiché fortemente automatizzati e governati da un controllo centrale piuttosto limitato. Per esempio, alcuni bambini che camminano con il tronco antepulso e l’anca flessa sono in grado di raddrizzare volontariamente il tronco su richiesta, ma non di mantenere autonomamente questo assetto quando la loro attenzione viene concentrata su altro. Spesso si

tratta degli elementi connotativi del cammino della forma clinica di PCI.

Cambiamenti migliorativi ottenibili tramite l’apprendimento sono possibili anche per questo tipo di problemi, ma in finestre temporali molto ristrette e coincidenti con la fase organizzativa della funzione. Una volta concluso il processo maturativo, è raro osservare ulteriori modificazioni cliniche;

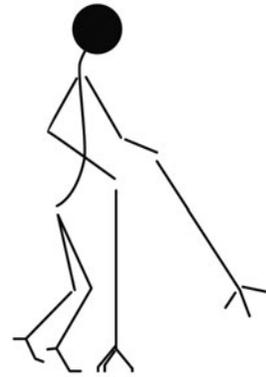
- *segni modificabili spontaneamente*: rappresentano le prime soluzioni adottate dal SNC per risolvere un compito che si presenta troppo complesso in relazione alle competenze attuali del soggetto. Sono tipici del bambino piccolo che, trovandosi di fronte a un compito nuovo e complicato, tenta di affrontarlo ricorrendo all’utilizzo delle strategie più semplici, che sono spesso quelle dettate dalla patologia. L’esperienza tende a modificare spontaneamente questo tipo di risposte e l’esercizio fisioterapico può aiutare a trovare soluzioni più adeguate in tempi consoni agli appuntamenti dello sviluppo. In questi casi, si dovrà prendere in considerazione la transitorietà del segno. Anche la decisione di quando intervenire con strumenti invasivi (tossina botulinica o chirurgia funzionale) dovrà tenere conto del tempo richiesto al SNC per scoprire e organizzare compensi più efficaci; pertanto non dovrà essere troppo tempestiva. Un esempio può essere rappresentato dal bambino piccolo che, nella fase di organizzazione della stazione eretta, ricorre all’interferenza addutoria o attiva la reazione primitiva di sostegno per favorire la fissazione prossimale e controllare più facilmente la postura. Entrambi questi segni, con il maturare della funzione, potranno ridursi o scomparire;
- *segni modificabili tramite il trattamento* fisioterapico, le ortesi e gli ausili, l’impiego di tossina botulinica o di farmaci introdotti per via sistemica o distrettuale, chirurgia funzionale. Le modificazioni indotte da questi strumenti sono rivolte a segni che riguardano esclusivamente gli aspetti *bottom up*, a eccezione del trattamento della spasticità, segno sia centrale sia periferico. Fanno parte dei segni modificabili tutti i com-

pensi: essi verranno ridotti o abbandonati influenzando (con chirurgia funzionale, tossina o farmaci combinati alla fisioterapia) l'alterazione che ne è alla base. Allo stesso modo è possibile modificare un compenso quando, attraverso l'apprendimento, il paziente riesce ad adottarne uno più adeguato ed efficace. Per esempio, se un soggetto possiede un'esagerata reazione allo stiramento del tricipite surale destro, che comporta un equino di *stance*, facilmente tenderà a cercare un appoggio di punta anche all'arto controlaterale per limitare la zoppia. Qualora si andasse a inibire il tricipite destro in modo da consentire un appoggio di pianta, l'equino di compenso a carico del piede sinistro scomparirebbe senza bisogno di trattamento. Un altro esempio è offerto dal bambino con importante instabilità di bacino che ha necessità di mantenere l'afferramento per riuscire a controllare l'asse corporeo. Se egli sarà capace di sfruttare l'adduzione per stabilizzare il bacino, riuscirà probabilmente ad abbandonare l'afferramento difensivo e a liberare gli arti superiori per impiegarli in altri compiti. Allo stesso modo il bambino con dispercezione, che adotta il congelamento per evitare la *startle* e la conseguente perturbazione posturale, riuscirà a liberare almeno in parte il movimento e a ridurre il congelamento se avrà imparato altre modalità di inibizione di questa reazione, come l'afferramento o, meglio ancora, l'adduzione delle braccia al tronco. È importante ricordare che i compensi presenti sono da modificare solo se è possibile introdurne altri più idonei ed efficaci.

Passiamo ora alla presentazione di esempi di analisi del segno, per capire come individuarne la natura (difetto o compenso) e l'origine. Immaginiamo di osservare un bambino che cammina con il tronco eretto, il bacino retroverso, le anche flesse e addotte, le ginocchia flesse e i piedi talo-valgo-pronati.

Potremmo ipotizzare che il problema risieda nella flessione delle anche che potrebbe essere causata da:

- *tensione del retto femorale* quale flessore dell'anca: in tal caso ci aspetteremmo l'esten-



sione del ginocchio piuttosto che la sua flessione, a meno che non sia contemporaneamente presente un'insufficienza del tricipite surale per cui la tibia, non offrendo più il punto fisso necessario a consentire un'efficace azione al quadricipite, avanzerebbe impedendo l'estensione del ginocchio. La presenza di tensione al retto femorale dovrebbe però associarsi, anche in quest'ultimo caso, all'antiversione del bacino e non alla sua retroversione;

- *tensione dell'ileopsoas*: in questo modo ci spiegheremmo il perché della flessione delle anche, ma ci dovremmo aspettare un bacino antiverso.

Proseguendo nell'analisi, potremmo pensare che la causa primaria del pattern del cammino risieda nella flessione delle ginocchia e quindi ipotizzare la presenza di:

- *debolezza del quadricipite*: a questa si assocerebbe però l'antepulsione del tronco e/o il cammino con ginocchio il più esteso possibile;
- *eccessiva lunghezza del tendine sottorotuleo*, con ridotta funzionalità e risalita della rotula, riconoscibile dal profilo laterale del ginocchio;
- *contrattura o retrazione degli ischiocrurali*, che si accompagnerebbe a ginocchio flesso e bacino retroverso;
- *iperattività del gastrocnemio*, che sarebbe necessariamente associata a piede equino. Nel nostro esempio il bambino presenta invece una talo-valgo-pronazione dei piedi che potrebbe ancora essere compatibile con la presenza di un equino mascherato (verificabile attraverso

la valutazione distrettuale). Quest'ultima possibilità non spiegherebbe però il mantenimento del bacino in retroversione, poiché la presenza di un ginocchio flesso si associa più facilmente alla sua antiversione per ridurre il braccio di leva del quadricipite al ginocchio. Ipoteticamente potremmo osservare ginocchia flesse, piedi talo-valgo-pronati e retroversione del bacino se l'equino mascherato fosse associato a contrattura o retrazione degli ischiocrurali;

- *debolezza del gastrocnemio*: il quadricipite per funzionare necessita di trovare un punto fisso sulla tibia. Se il tricipite si attiva in modo adeguato, la tibia costituisce un punto fisso e il quadricipite svolge il suo ruolo di estensore del ginocchio. Se viceversa il tricipite è ipovalido e la tibia cede in flessione anteriore, il quadricipite perde il suo punto fisso, il ginocchio diviene sempre più flesso e il tronco viene trascinato in avanti.

Dalle ipotesi formulate risulta evidente che la causa più probabile del pattern osservato risiede a livello del ginocchio, generata da iperattività o retrazione degli ischiocrurali. Il *crouch knee* è associato a una debolezza del gastrocnemio, che contribuisce alla flessione del ginocchio e alla dorsiflessione della caviglia, o a un equino mascherato. I problemi a livello delle altre due stazioni articolari sono secondari alla flessione del ginocchio: la retroversione del bacino è secondaria all'accorciamento degli ischiocrurali mentre la flessione dell'anca è necessaria al mantenimento dell'equilibrio complessivo.

L'esame distrettuale potrà stabilire se è in causa una retrazione o una contrattura degli ischiocrurali e potrà riconoscere la presenza di un equino mascherato o la debolezza del tricipite surale.

Parallelamente all'individuazione del distretto maggiormente responsabile del pattern della deambulazione da un punto di vista cinesiologico, dovremmo chiederci da un punto di vista funzionale dove risiede il *problema principale* e quale sia la *strategia* utilizzata dal paziente per far fronte alle sue necessità, tenendo presente i limiti imposti dalla paralisi. Per fare questo è necessario innanzitutto raccogliere informazioni clini-

che dettagliate riguardo ad altri aspetti (repertorio motorio posseduto e suo utilizzo, prassie, percezione, capacità cognitive ecc.). Nell'esempio descritto, possiamo ipotizzare la presenza di un'importante esauribilità della reazione di sostegno, che accentua la flessione delle ginocchia e giustifica la valgo-pronazione dei piedi. L'adduzione delle cosce può anche rappresentare un tentativo di compenso all'ipoposturalità, o essere un compenso a un difetto di altro genere, per esempio un deficit di fissazione prossimale.

L'associazione di un difetto *top down*, quale il deficit della reazione di sostegno, e di componenti *bottom up*, quali la retrazione degli ischiocrurali, determina un quadro clinico che si accentua progressivamente (da un punto di vista sia biomeccanico sia centrale).

La presenza di esauribilità della reazione di sostegno, iperattività/contrattura dei flessori del ginocchio, bacino retroverso e tronco eretto può indurci a inquadrare questo paziente all'interno della seconda forma di diplegia (Ferrari, Cioni 2009). In questo caso, ci aspettiamo una strategia di avanzamento basata sulla migrazione dei fulcri articolari, il basculamento del bacino in anti/retroversione e la flessione del ginocchio in carico per facilitare l'avanzamento dell'arto in volo.

Veniamo ora al secondo esempio: osserviamo un soggetto che presenta un equino bilaterale che compromette la clearance del piede in volo e proviamo a interpretare il segno. Possiamo ipotizzare che il problema risieda primariamente a livello del piede, considerando l'equino come un *equino di*



sospensione dovuto all'incapacità di attivare al momento giusto i dorsiflessori o alla loro debolezza. In tal caso ritroveremo associata, con molta probabilità, un'accentuata flessione dell'anca e del ginocchio in fase di volo. Possiamo interpretare questo comportamento dell'anca e del ginocchio come un compenso funzionale ad accorciare l'arto in sospensione in modo sufficiente a evitare di strisciare la punta del piede a terra al passaggio dalla verticale (*steppage*). Se invece l'equino fosse dovuto a un'eccessiva attività del gastrocnemio all'interno del pattern estensorio, l'insufficiente flessione dell'anca e soprattutto del ginocchio assieme all'aumentata interferenza adduttrice potrebbe confermare la natura del difetto.

2.6 Valutazione clinica e storia naturale

Proveremo ora a descrivere il percorso diagnostico e l'evoluzione del cammino nelle diverse forme di PCI. Per la descrizione precisa e completa dei vari pattern rimandiamo al testo di Ferrari e Cioni del 2009. In questa sede cercheremo solo di delineare un profilo dell'autonomia raggiungibile e della fruibilità della funzione cammino nei diversi contesti della vita del soggetto, e per ciascun gruppo di pazienti proporremo una traccia dei possibili obiettivi del trattamento riabilitativo. È bene però sottolineare che ci riferiamo a obiettivi di massima, che saranno poi da declinare in ulteriori sotto-obiettivi specifici per ogni singolo paziente. Sappiamo infatti che ogni bambino è diverso dall'altro e che, anche all'interno di classi cliniche omogenee, esiste una variabilità interindividuale tale per cui non necessariamente ogni soggetto presenta tutti i segni della sua forma clinica e ha la possibilità di raggiungere i medesimi risultati. Precisiamo infine che l'intervento riabilitativo ha come potenziali strumenti non soltanto la fisioterapia, ma anche la chirurgia funzionale, la tossina botulinica e l'utilizzo di ortesi e ausili; è quindi da intendersi come un intervento integrato.

Il primo gruppo cui facciamo riferimento è rappresentato dai bambini affetti dalla *quarta forma di diplegia*. Essi solitamente raggiungono la stazione eretta precocemente e iniziano a camminare entro i 2 anni d'età. Non presentano particolari problemi di resistenza e sono in grado di adattare sufficientemente il cammino alle diverse necessità della vita quotidiana (terreni sconnessi, medie e lunghe distanze, superamento di ostacoli). Acquisiscono anche le abilità grosso-motorie più complesse quali la corsa, il salto, il cammino all'indietro. Alcuni bambini, nella fase di costruzione della funzione, possono necessitare di ausili leggeri, come un deambulatore posteriore, che vengono poi rapidamente abbandonati a favore del cammino autonomo. La strategia che caratterizza i bambini appartenenti a questa forma di diplegia, in particolare all'esordio del cammino, è la velocità, che permette loro di spostarsi e raggiungere le mete che si sono posti senza dover controllare eccessivamente le varie fasi del passo, a discapito talvolta della sicurezza. Nella prima fase della costruzione della funzione, poiché non sanno come fermarsi, si buttano a terra sulle ginocchia, a cosce intraruotate e addotte oppure su supporti fissi disponibili nell'ambiente. Sono bambini temerari e non hanno paura di cadere, né di farsi male. Nell'ambito del *Gross Motor Function Classification System*¹³ (GMFCS) questi bambini sono inquadrabili all'interno dei livelli I, II e, raramente, III.

Per le sottoclassi della diplegia della quarta forma, l'intervento riabilitativo si rivela un supporto fondamentale nella fase di acquisizione della funzione perché favorisce la scelta e lo sviluppo dello spostamento verticale nei tempi richiesti dall'appuntamento della funzione. Non sempre infatti il bambino sceglie il cammino come strumento elettivo di spostamento, investendo spesso sul gattonamento. L'intervento terapeutico avrà un ruolo significativo nella fase di consolidamento della funzione, favorendo il miglioramento di alcuni aspetti quali la stabilizzazione monopodale, la competenza nell'arresto

¹³ È un sistema di classificazione a 5 livelli che descrive la funzione motoria dei bambini e dei giovani con paralisi cerebrale sulla base delle loro capacità motorie con particolare enfasi sulla posizione seduta, il cammino, e la mobilità in carrozzina. <http://www.canchild.ca/en/aboutcanchild/resources/GMFCS.pdf>

della marcia, la capacità di organizzare i cambi di direzione in modo sicuro e con una buona modulazione della velocità, il controllo sequenziale delle varie fasi del passo ecc.

Ricordiamo infine che i bambini della quarta forma sono in grado di mantenere il cammino per tutta la vita, anche se spesso, a causa dell'alterazione delle componenti *bottom up* (retrazioni muscolari, deformità ecc.), possono necessitare nel tempo dell'impiego della tossina botulinica o della chirurgia funzionale e/o, in rari casi, di ausili per gli arti superiori.

Un altro gruppo è rappresentato dalla *terza forma di diplegia*, in cui la presenza del disturbo percettivo è in grado di compromettere in modo significativo il raggiungimento del cammino autonomo. Pur non presentando significative alterazioni sul piano dell'organizzazione motoria, i diplegici della terza forma iniziano a camminare solo con il supporto della mano dell'adulto. Può passare però molto tempo prima che riescano a camminare autonomamente, e la prestazione può rimanere a lungo incerta perché influenzata dallo stato emotivo del paziente, dalle caratteristiche dell'ambiente e dal comportamento assunto dagli adulti portatori di cura in termini di contenimento del disturbo e di stabilizzazione emozionale. I pochi pazienti che presentano un disturbo percettivo di entità moderata iniziano a camminare precocemente e riescono a raggiungere rapidamente una funzione efficace, seppur con qualche difficoltà a governare la velocità e a variare la direzione. Alcuni necessitano di ausili per gli arti superiori; altri invece, dopo una prima fase in cui utilizzano ausili prevalentemente allo scopo di arrestare la marcia e di invertirla, riescono a farne a meno. La maggior parte di questi bambini è in grado di utilizzare e mantenere il cammino durante tutta la vita, seppur con l'ausilio di tutori, della tossina botulinica o della chirurgia ortopedica funzionale. Alle volte le deformità che si instaurano nel corso degli anni sono tali da compromettere a tal punto la funzionalità del cammino da farlo diventare uno spostamento spendibile solo intra-moenia e per brevi distanze.

La strategia organizzativa è rappresentata dalla velocizzazione, che permette al bambino di attra-

versare velocemente lo spazio circostante, per lui poco tollerabile, e di sintonizzarsi maggiormente sulle coordinate cinestesiche, riducendo la loro integrazione con le informazioni visive periferiche, probabile fonte di conflitto e di ambiguità. In questo modo, si riduce la necessità di controllare in senso sequenziale le varie fasi del passo.

All'esordio del cammino, l'approccio riabilitativo ha certamente un ruolo fondamentale nel guidare l'acquisizione del cammino, favorendo la ricerca della velocità e il contenimento del disturbo percettivo attraverso un'esposizione graduale agli stimoli disturbanti, la ricerca dei compensi più funzionali, l'educazione e il sostegno dei familiari. Nelle fasi successive, l'intervento riabilitativo sarà importante invece per favorire la riduzione della velocità, la stabilità e la sicurezza nella stazione eretta e la capacità di arresto e di inversione della direzione di progressione. All'interno della GMFCS i bambini con terza forma di diplegia che necessitano di ausili sono riconducibili ai livelli III e IV, mentre quelli che non li utilizzano afferiscono ai livelli II e III.

Fra i bambini con la *seconda forma di diplegia* possiamo distinguere un gruppo che per camminare necessita di ausili per gli arti superiori, e un gruppo che non li utilizza. In generale la funzione viene acquisita entro i 3-4 anni d'età ed è sufficientemente veloce e sicura. Di solito, a causa dell'esauribilità della reazione di sostegno, questi bambini hanno una bassa resistenza e il cammino è realizzabile solo per tratti non particolarmente lunghi.

La strategia utilizzata per il cammino è la migrazione dei fulcri, con ricorso alla flessione sul ginocchio in carico per favorire l'avanzamento dell'arto in volo (segno definito "gonna stretta"). Alcuni di questi bambini perdono il cammino nell'adolescenza a causa dell'eccessiva cedevolezza dei tessuti molli, che aggrava l'esauribilità della reazione di sostegno rendendo la deambulazione troppo faticosa. Altri bambini sono in grado di utilizzare il cammino anche nell'età adolescenziale e adulta, ma limitatamente ad ambienti domestici e a percorsi brevi.

L'intervento riabilitativo ha l'obiettivo di facilitare la reazione di sostegno, ai fini di renderla

più efficace nel tempo, e di ridurre l'affaticabilità attraverso la diminuzione della flessione del ginocchio e l'individuazione di soluzioni facilitanti. Per ottenere questo risultato è fondamentale la prescrizione di ortesi, indispensabili per supportare la reazione di sostegno, ed eventualmente di ausili per gli arti superiori. Spesso si renderà necessario l'inoculo di tossina botulinica negli ischiocrurali o la chirurgia funzionale. L'intervento fisioterapico sarà necessario per migliorare la capacità di fissazione prossimale, l'equilibrio statico e dinamico, e per aumentare la lunghezza del passo anteriore. Per i bambini che utilizzano ausili per gli arti superiori, si dovrà utilizzare l'esercizio anche per migliorare la coordinazione tra arti superiori e inferiori nell'avanzamento. I diplegici della seconda forma che utilizzano ausili per gli arti superiori si inseriscono all'interno dei livelli III e IV della GMFCS.

I bambini affetti dalla *prima forma di diplegia* per camminare hanno sempre bisogno di ausili per gli arti superiori: deambulatori posteriori o anteriori, tripodi o quadripodi. Solo alcuni bambini sono in grado di organizzare un cammino senza ausili, spesso con occasionale appoggio di una mano alla parete, in ambienti circoscritti e domestici (per esempio, il corridoio di casa). Questo tipo di spostamento rimane però un episodio più o meno limitato nel tempo nella storia del paziente.

Il cammino è solitamente acquisito tra i 3 e i 5 anni d'età e spesso è limitato agli ambienti conosciuti, o possibile solo con il "conforto" di un adulto portatore di cure. Si tratta di un cammino lento, faticoso, poco fluente e con scarsa resistenza. Molti soggetti lo abbandonano a favore della carrozzina, ancora prima dell'adolescenza. Alcuni bambini conservano però una durevole reazione di sostegno e una marcia assistita da ortesi e ausili, utile per consentire l'autonomia nella cura personale.

Nella prima forma di diplegia la strategia utilizzata è il congelamento delle varie stazioni articolari, al fine di trovare un compromesso tra la prepotenza dello schema patologico, connotato dalla spasticità, e l'ipoposturalità. Inoltre, per vicariare il deficit di controllo simultaneo, questi bambini attuano una strategia di semplificazione dei movimenti necessari alla deambulazione.

L'intervento riabilitativo è necessario per il raggiungimento della stazione eretta prima e del cammino poi. Gli obiettivi specifici relativi alla deambulazione saranno incentrati sul miglioramento del controllo simultaneo di più stazioni articolari dell'arto inferiore e di più funzioni (cammino, orientamento visivo, aspetti cognitivi), sul mantenimento dell'allineamento dell'asse e sulla stabilizzazione del bacino, sul miglioramento della capacità di affidare il carico agli arti inferiori e di differenziarne i compiti durante la marcia (sostegno e avanzamento), sulla capacità di coordinare il movimento degli arti superiori e inferiori nella gestione dell'ausilio. La Tabella 2.1 riassume gli obiettivi di trattamento e le tipologie di ortesi indicate nelle diplegie.

All'interno delle *forme tetraplegiche*, solo i pazienti con antigrafità a tronco verticale hanno la possibilità di raggiungere il cammino. Si tratta di un cammino lento, faticoso e poco fluente, poiché i pazienti hanno bisogno di fermarsi per riassetare il programma motorio dopo ogni sequenza di passi. Il cammino è vincolato all'utilizzo di un deambulatore a causa dell'impossibilità di raggiungere un'efficace fissazione prossimale. Viene acquisito intorno ai 5 anni d'età, e non diventa mai veramente funzionale, cioè spendibile anche per lunghi spostamenti e in ambienti esterni. Viene sostanzialmente esercitato per permettere i piccoli spostamenti domestici utili a favorire i processi di cura e di igiene personale.

Anche in questo gruppo di bambini, le strategie più utilizzate sono la semplificazione del gesto e il congelamento delle stazioni articolari. Quest'ultima soluzione è funzionale anche a trovare un compromesso tra la reazione di sostegno e la reazione segnapassi, compromesso che non sarebbe per loro possibile organizzare altrimenti. In questo gruppo di bambini il cammino viene generalmente abbandonato in età adolescenziale a favore della carrozzina, sia per l'eccessiva fatica che esso comporta, sia a causa delle deformità intervenute a carico degli arti inferiori e del bacino che ne compromettono la funzionalità.

L'intervento riabilitativo è necessario sia per il raggiungimento della stazione eretta, sia per l'organizzazione del cammino. Gli obiettivi che possono essere individuati sono il miglioramento

Tabella 2.1 Obiettivi di trattamento e ortesi nelle diplegie

| | I FORMA | II FORMA | III FORMA | IV FORMA |
|---------------------------------|--|---|---|--|
| FISIOTERAPIA | - intensiva - prolungata | - precoce - discontinua | - differita - prolungata | - precoce - breve |
| OBIETTIVI DI TRATTAMENTO | - distribuzione del carico tra arti sup. e inf. - fissazione prossimale stabilizzazione del bacino - alternanza dei compiti degli arti inf. nella marcia | - qualità della reazione di raddrizzamento - miglioramento dell'organizzazione della reazione di sostegno e della sua stabilità nel tempo - fissazione prossimale - equilibrio statico e dinamico - lunghezza del passo | - strategie per il contenimento del disturbo percettivo - stabilità in stazione eretta - contenimento della velocità - capacità di arresto e inversione della direzione - controllo sequenziale | - distribuzione del carico tra i due emilati - stabilizzazione monopodale - controllo delle singole fasi del passo - stabilità nell'appoggio del piede al suolo |
| ORTESI | - AFO rigide alla tibiotarsica e flessibili ai metatarsi | - SAFO su calco rigide alla TT e irrigidite fino alla punta. - GRAFO con appoggio sottorotuleo | - 2SpAFO - uso transitorio | - AFO prefabbricate allineate alle teste dei metatarsi - HAFO |

della distribuzione del carico tra arti superiori e inferiori in modo da facilitare l'emergere della reazione di sostegno e di quella segnapassi, e l'addestramento all'uso funzionale degli ausili per gli arti superiori.

Nelle *forme emiplegiche* della PCI, la stazione eretta e il cammino vengono raggiunti autonomamente entro i 24 mesi di vita, spesso anche molto prima. I bambini sviluppano un cammino resistente e adattabile alle diverse necessità della vita quotidiana, e acquisiscono una buona competenza anche in altre abilità grosso-motorie come il salto e la corsa. I pazienti corrispondono quasi esclusivamente al I livello della GMFCS. La conquista del cammino non è quindi un merito della

fisioterapia; tuttavia occuparsi delle condotte motorie dell'arto inferiore del bambino emiplegico può essere utile per migliorare l'assetto posturale complessivo, contenere i difetti del passo, aumentare la stabilità e diminuire la frequenza delle cadute, soprattutto nella fase organizzativa della funzione. Migliorare la stabilità e l'assetto posturale complessivo significa anche ridurre l'irradiazione all'arto superiore e contribuire di conseguenza al miglioramento della funzione manipolativa.

Come per la popolazione diplegica, anche all'interno delle emiplegie è possibile individuare differenti forme cliniche che si distinguono tra loro per la modalità di cammino adottata.

Le forme del cammino nell'emiplegia

In letteratura viene sottolineata la necessità di descrivere la modalità di cammino dei bambini emiplegici per favorire, attraverso l'individuazione di gruppi omogenei di pazienti, la comunicazione fra i professionisti e il confronto sugli approcci terapeutici più adeguati.

Il nostro gruppo, studiando la varietà dei pattern di cammino riconoscibili all'analisi osservazionale su un ampio campione di bambini emiplegici, ha identificato quattro modalità principali di cammino. Esse differiscono per la tipologia degli errori commessi e non sono legate a un unico pattern con diversi livelli di gravità, come propongono invece le note classificazioni di Winters (1987) e di Becher (2002). Come in altri pazienti, anche nel bambino emiplegico l'attenta osservazione dei segni clinici presenti nei diversi segmenti corporei durante le varie fasi del passo (*stance* e *swing*) può aiutarci a capire la logica operativa utilizzata dal SNC per costruire questa funzione.

È possibile distinguere quattro forme principali di cammino:

- I forma: spastica;
- II forma: malformativa-primitiva;
- III forma: steppante;
- IV forma: acquisita.

Forma spastica

La forma spastica (I forma) è connotata dal pattern patologico caratteristico dell'antigravità verticale: il bacino si presenta leggermente sollevato, la coscia addotta e intraruotata, il ginocchio leggermente flesso e il piede equino varo-supinato (più frequente) o valgo-pronato (meno frequente). All'interno di questa forma sono riconoscibili due diverse espressività cliniche, una più distale e una generalizzata all'intero arto inferiore. Nel pattern a espressione distale, l'anca appare estensibile e modestamente addotta, il ginocchio quasi completamente esteso e il problema è sostanzialmente limitato a livello del piede. Il pattern generalizzato, invece, vede tutte le stazioni compromesse contemporaneamente, l'anca è flessa e addotta, il ginocchio è flesso, con possibile strabismo della rotula, e il piede è atteggiato in varo-supinazione. Di questa forma ne esiste una variante caratterizzata dal conflitto torsionale al ginocchio per il prevalere alla coscia dello schema tipico di flessione, adduzione e intrarotazione e alla gamba di quello di extrarotazione con valgo-pronazione del piede.

Nella corsa i soggetti emiplegici della I forma tendono a un reclutamento bilaterale e a simmetrizzare gli arti inferiori, mentre all'arto superiore vengono accentuati i movimenti associati con asimmetria dei movimenti pendolari.

Le strategie compensatorie adottate saranno diverse in relazione al grado di compromissione presente a livello dei singoli distretti. Per la forma generalizzata i compensi che si riscontrano con maggiore frequenza sono l'inclinazione, l'antepulsione del tronco e la parziale circonduzione della coscia. Per quanto riguarda la forma con espressione prevalentemente distale, le strategie adottate sono l'aumento della flessione dell'anca, e conseguentemente del ginocchio, e il *vaulting*. L'elemento connotativo di questa forma è la flessione dell'anca con l'antiversione del bacino.

I forma: SPASTICA

Variante A

Forma generalizzata

Segni:

- anca flessa, coscia addotta, intraruotata;
- ginocchio leggermente flessso;
- piede equino varo-supinato (o valgo-pronato).

Compensi:

- inclinazione controlaterale del tronco (pendolo frontale);
- antepulsione del tronco;
- modesta circonduzione della coscia;
- accentuazione della lordosi lombare.

Tutte le stazioni
compromesse
contemporaneamente

Forma distale

Segni:

- anca leggermente flessa;
- ginocchio semiesteso;
- piede equino varo-supinato.

Compensi:

- aumento della flessione dell'anca e conseguentemente del ginocchio in *swing*;
- equino funzionale controlaterale (*voulting*).

Problema
principale: piede

Variante B

- anca flessa, coscia addotta, intraruotata;
- tibia extratorta;
- conflitto torsionale al ginocchio sollecitato in valgo;
- piede equino valgo-pronato.

Main core: anca flessa con bacino antiverso.

Forma malformativa-primitiva

La forma malformativa-primitiva (II forma) si presenta con l'anca leggermente flessa, la coscia abdotta ed extraruotata, il ginocchio esteso e il piede in equino-valgo-pronazione o più raramente in varo-supinazione. All'interno di questo schema, l'arto inferiore viene avanzato tramite la combinazione fra flessione della coscia e sollevamento del bacino (*hiking*) e tramite l'extrarotazione. Il ginocchio ha un'escursione articolare minima e viene mantenuto prevalentemente esteso, pur non trattandosi di un ginocchio rigido (*stiff knee*), mentre il piede appoggia in pronazione; spesso si assiste a un avanzamento di tre quarti, con l'emilato plegico che resta più arretrato rispetto a quello conservato. I soggetti della II forma sfruttano l'inclinazione controlaterale e la rotazione del tronco per aiutarsi nell'avanzamento.

Lo schema viene definito primitivo per la modalità con cui viene utilizzato l'arto inferiore, ov-

vero come un “pilone” che viene spostato senza segmentazione e caricato del peso del corpo per lo stretto tempo necessario.

Le forme primitive sono rare. Il pattern ricorre nelle sindromi di Sturge-Weber e in altre sindromi malformative del SNC.

L'elemento che caratterizza il pattern di cammino di questi pazienti è l'avanzamento con l'emilato plegico arretrato e il ginocchio esteso ma non rigido.

Il forma: MALFORMATIVA-PRIMITIVA

Segni:

- anca flessa;
- coscia abdotta, extraruotata;
- ginocchio esteso;
- piede equino valgo-pronato o varo-supinato.

Compensi:

- sollevamento dell'emibacino combinato alla flessione dell'anca dalla extrarotazione;
- inclinazione controlaterale del tronco;
- avanzamento in blocco a partenza dal tronco.

Main core: lato plegico arretrato.

Forma steppante

La forma steppante (III forma) è quella più tipicamente paretica (Crenna, 1998) ed è caratterizzata dalla caduta del piede durante la fase di volo. Il pattern mostra un'anca flessa ma estensibile in *terminal stance* e in *toe off*, la coscia può presentarsi lievemente addotta, il ginocchio è estensibile in carico e il piede cadente in *swing* (equino di sospensione) per ipostenia dei dorsiflessori o errore nel timing di attivazione. Alcuni soggetti possono sviluppare nel tempo una contrattura o retrazione del tricipite surale. Nella corsa, i pazienti affetti da questa forma tendono a mantenere l'asimmetria degli arti inferiori e raramente accentuano i movimenti associati all'arto superiore.

In questo gruppo riconosciamo un'evoluzione del difetto che può essere così descritta:

- I stadio: sono le cosiddette forme lievi, caratterizzate da un equino di sospensione dovuto al deficit o all'errato timing di attivazione dei dorsiflessori. Il difetto si esprime nella fase di *swing* e i compensi adottati possono essere lo *steppage* o il *pass-retract*.
- II stadio: al deficit dei dorsiflessori si associa anche un'iniziale retrazione del tricipite. Si verifica, così, “l'equino nascosto” che comporta una fase di contatto con appoggio di pianta e tibiotarsica con angolo maggiore di 90° e successiva sollecitazione del ginocchio in recurvato. Questo pattern è favorito dalla lassità legamentosa e avviene durante la *terminal stance*, quando il bacino va oltre la verticale e l'anca si estende.
- III stadio: si ha una retrazione del muscolo tricipite surale, non più compensabile dal recurvato del ginocchio, che provoca il sollevamento del tallone in carico. Pertanto l'equino non è più mimetizzabile e inizia a ripercuotersi sul ginocchio, che viene mantenuto flesso come compenso all'eccessiva lunghezza dell'arto.

Main core: piede cadente in *swing*.

III forma: STEPPANTE

Segni:

- anca flessa (estensibile in *terminal stance* e al *toe off*);
- coscia leggermente addotta;
- ginocchio estensibile in carico;
- piede cadente in *swing* (equino di sospensione).

} Fase di *swing*

Compensi:

- I fase: *pass-retract* o *steppage*;
- II fase: recurvato del ginocchio;
- III fase: ginocchio flesso e appoggio di punta con inversione dello schema del passo.

} Fase di *stance*

Main core: piede cadente in *swing*.

Forma acquisita

La forma acquisita, tipicamente post-natale (IV forma o a ginocchio rigido), è caratterizzata da una scarsa qualità del controllo motorio all'arto inferiore plegico. Si presenta con bacino sollevato (*hiking*), scoliosi compensatoria, anca rigida, ginocchio rigido (*stiff*) e piede equino varo-supinato.

IV forma: ACQUISITA

Segni:

- scoliosi compensatoria;
- bacino sollevato (*hiking*);
- anca rigida;
- ginocchio rigido (*stiff*);
- piede equino varo-supinato.

Note sull'eterometria degli arti inferiori

Nel bambino emiplegico l'eterometria è proporzionale più alla perdita di sostanza dovuta alla lesione del sistema nervoso centrale che al tipo e alla gravità della paralisi o alla sofferenza dell'anca. In alcune situazioni, nonostante si presenti con un difetto importante, l'ipometria è funzionale a compensare la flessione plantare della tibiotarsica e facilita l'avanzamento dell'arto plegico in volo, quindi va accettata per almeno 2-3 cm e compensata alla calzatura per quanto eccede questa misura.

Individuare la forma di cammino consente di ipotizzarne la storia naturale, ricavando informazioni importanti per la formulazione della prognosi funzionale (conoscere quale sia il migliore risultato raggiungibile da quel bambino emiplegico) che è alla base del contratto terapeutico che possiamo stipulare con la sua famiglia. La classificazione clinica può fornire indicazioni utili a orientare gli operatori nella scelta degli strumenti terapeutici più efficaci (ortesi, tossina botuli-

nica, chirurgia funzionale, fisioterapia).

Pensando per esempio al pattern di cammino della III forma troviamo ragionevole credere che l'introduzione di un tutore gamba-piede prefabbricato per sostenere la caduta del piede già nei primi anni di vita possa garantire al bambino un pattern di cammino stabile e fluente che, attraverso la fisioterapia nella fase di acquisizione della marcia, può tradursi in una deambulazione sicura, autonoma e resistente anche su terreni accidentati e in presenza di ostacoli.

Per quanto riguarda la I forma, invece, la componente spastica prevalente del segmento gamba-piede (forma distale) o dell'intero arto inferiore (forma generalizzata) può spingerci verso la necessità di valutare tutori più solidi (SAFO, *solid ankle foot orthosis*, o KAFO, *knee ankle foot orthosis*) che, mantenendo la tibiotarsica a 90°, evitino l'eccessivo allungamento del tricipite surale aggirandone l'abnorme reazione allo stiramento. Inoltre il ricorso a farmaci antispastici locali quali la tossina botulinica, o la chirurgia funzionale in associazione con la fisioterapia può garantire un pattern di cammino stabile, sicuro e resistente.

Nella II forma il pattern primitivo di cammino sposta la nostra attenzione sulla possibilità di favorire attraverso la fisioterapia una maggiore interiorizzazione dell'arto inferiore plegico, favorendo una migliore capacità di controllo simultaneo e sequenziale delle articolazioni che lo compongono ai fini del cammino autonomo. Inoltre, la tutorizzazione, attraverso l'utilizzo di ortesi a doppia spirale o a spirale semplice, può favorire un buon allineamento del piede nella fase di accettazione del carico, proteggendolo dalle deformità sul piano frontale.

Rispetto alla forma acquisita, pensiamo sia importante valutare i vincoli della patologia e il reale spazio di modificabilità della funzione, in particolare la capacità di apprendimento del soggetto e la sua motivazione. In questa forma risulta particolarmente importante soffermarsi sulla valutazione dell'evoluzione delle deformità, vincolanti rispetto al mantenimento della funzione e alla sua spendibilità. Spesso, oltre al segmento gamba-piede, è importante valutare con attenzione anche il ruolo dell'articolazione del ginocchio (generalmente congelato) che può influenzare il pattern del cammino.

Nella paralisi cerebrale infantile (PCI), l'effetto combinato della motricità patologica, delle alterazioni primitive di muscolo, altri tessuti molli e strutture ossee e della crescita somatica, modifica progressivamente le tensioni e le lunghezze muscolari, il range articolare e la geometria dello scheletro (Ferrari, 1997). Il SNC sviluppa le funzioni adattive tenendo conto e lasciandosi influenzare dalle caratteristiche reologiche dell'apparato locomotore (componenti *bottom up*) che a sua volta ha contribuito direttamente a modificare nel corso dell'attività volontaria e involontaria. Pensiamo per esempio al tono muscolare, alle sincinesie, agli spasmi e alle crisi convulsive. Le ortesi si inseriscono in questo rapporto di interazione reciproca fra SNC e apparato locomotore e agiscono sia come strumenti di "facilitazione periferica" sia come strumenti di "facilitazione centrale"; in quest'ultimo ruolo possono influenzare favorevolmente le scelte operative del sistema nervoso (Ferrari, 1997). Le ortesi¹ e gli ausili² sono, assieme all'esercizio terapeutico, ai farmaci (sistemici, distrettuali, topici) e alla chirurgia funzionale, gli strumenti di cui disponiamo per la riabilitazione delle funzioni posturali, locomotorie e manipolative nella PCI. Attraverso

l'utilizzo integrato di questi mezzi possiamo agire sulla funzione motoria per renderla il più possibile vantaggiosa per quel determinato bambino, idonea allo scopo che egli intende raggiungere e adeguata al contesto (ambiente, società, cultura) in cui verrà esercitata: in altri termini adattiva.

3.1 Cenni storici

Durante gli ultimi cinquant'anni, nell'ambito dei presidi ortopedici, si è assistito a un progresso significativo che ha condotto alla realizzazione di ortesi e ausili sempre più efficaci nel rispondere ai bisogni dei piccoli pazienti. Anche i materiali utilizzati nella costruzione delle ortesi hanno subito un'importante evoluzione: prima degli anni '60 i tutori venivano confezionati in metallo e cuoio, successivamente sono state introdotte le resine (polietilene, polipropilene ecc.) e da ultimo i materiali compositi, come la fibra di carbonio o i metalli ultraleggeri come il titanio. In passato le ortesi impiegate nell'ambito della PCI venivano spesso precedute dal confezionamento di gessi inibitori. Alle ortesi veniva infatti affidato il tri-

¹ *Ortesi*: è "un presidio ortopedico che viene applicato direttamente al corpo del paziente in presenza dell'organo, apparato, struttura o sistema deficitario, insufficiente o inadeguato che si vuole assistere, vicariare, o correggere" (Boccardi e Lissoni, 1984). L'ortesi è uno strumento periferico di facilitazione centrale in grado di indirizzare le scelte del SNC, di condizionare o modificare le condotte motorie e di facilitare l'apprendimento.

² *Ausili*: sono strumenti tecnici o soluzioni operative in grado di ridurre la disabilità in relazione a specifiche attività funzionali che il paziente vuole realizzare in un determinato contesto per raggiungere risultati definiti (Ferrari, 1997). Potremmo identificare gli ausili come l'interfaccia tra la motivazione del soggetto verso una definita attività, la sua disabilità e l'ambiente in cui intende operare. L'ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) definisce l'ausilio per l'assistenza e la tecnologia come "prodotto, strumento, apparecchiatura o tecnologia adattato e progettato appositamente per migliorare il funzionamento di una persona con disabilità".

plice compito di: inibire la spasticità nel distretto considerato, contenere o contrastare lo sviluppo delle deformità, specie dell'equino, e sostenere la reazione antigravitaria (Ferrari, 1997). Nei primi anni '80 accanto ai tutori rigidi (SAFO, *solid ankle foot orthosis*) sono stati introdotti i tutori articolati alla tibiotarsica (HAFO, *hinged AFO*) e quelli a geometria variabile, più noti come molle (PLS, *posterior leaf spring*).

In ambito internazionale le ortesi vengono classificate in base al segmento corporeo su cui sono applicate, alla loro forma e alle caratteristiche strutturali. Nella Tabella 3.1 vengono riportate le ortesi più comunemente impiegate nella riabilitazione della PCI.

3.2 Significato e funzione degli ausili e delle ortesi per il cammino

Gli ausili e le ortesi vengono impiegati nella PCI, separatamente o in associazione, per favorire l'organizzazione migliore possibile della statica e della marcia.

Gli *ausili* sono strumenti tecnici "esterni", che rimangono cioè "al di fuori" del soggetto. Riferendoci alla stazione eretta e al cammino, pensiamo agli stabilizzatori, agli stabilizzatori-deambulatori, ai deambulatori propriamente detti, anteriori e posteriori, e ai bastoni (quadripodi, tripodi, stampelle). Questi strumenti possono dare un valido aiuto nel favorire l'acquisizione, il mantenimento, l'esercitazione della statica e del cammino nella PCI.

Le *ortesi* sono presidi ortopedici applicati direttamente al corpo del paziente, come i tutori coscia-gamba-piede, i gamba-piede, le ortesi a spirale e a doppia spirale ecc.; vengono utilizzati per contenere un deficit, contrastare uno sbilanciamento muscolare, semplificare l'azione o assorbire le ipercinesie.

3.2.1 Ausili e ortesi per la stazione eretta

Relativamente alla funzione statica e al cammino, nell'ambito della PCI vi sono livelli di compromissione e gradi di abilità piuttosto eterogenei.

Tabella 3.1 Ortesi comunemente utilizzate nella PCI: terminologia internazionale (prima colonna); acronimo internazionale (seconda colonna); termine italiano corrispettivo (terza colonna)

| Terminologia internazionale | Acronimo internazionale | Traduzione italiana |
|---|-------------------------|---|
| <i>Foot orthosis</i> | FO | • Scarpe ortopediche • Plantari |
| <i>Supra malleolar orthosis</i> | SMO | • Ortesi sopramalleolari |
| <i>Ankle foot orthosis</i> | AFO | • Tutore gamba-piede |
| <i>Spiral AFO</i> | SpAFO | • Tutore a spirale |
| <i>Double spiral AFO</i> | 2SpAFO | • Tutore a doppia spirale |
| <i>Solid (fixed) AFO</i> | SAFO | • Tutore gamba-piede rigido su calco |
| <i>Posterior leaf spring</i> | PLS | • Molla gamba-piede su misura |
| <i>Tone reducing AFO</i> | TrAFO | • Tutore ad azione inibitoria |
| <i>Hinged AFO</i> | HAFO | • Tutore gamba-piede articolato alla tibiotarsica |
| <i>Ground reaction AFO</i> | GRAFO | • Tutore gamba-piede a molla su calco |
| <i>Knee ankle foot orthosis</i> | KAFO | • Tutore coscia-gamba-piede |
| <i>Standing, walking and sitting hip orthosis</i> | SWASH | • Tutore dinamico di abduzione |
| <i>Hip knee ankle foot orthosis</i> | HKAFO | • Tutore bacino-coscia-gamba-piede |

tivo". In questo contesto le ortesi possono essere un valido aiuto; pensiamo per esempio a presidi semplici come le ginocchiere in stoffa e stecche da utilizzare nelle prime fasi di sperimentazione della stazione eretta, quando il bambino è ancora piccolo e i segmenti sono facilmente contenibili (Fig. 3.1). Quando il bambino è più grande, si può ricorrere a docce a valva posteriore oppure a tutori KAFO (*knee ankle foot orthosis*) articolati al ginocchio per permettere di alternare la posizione seduta alla stazione eretta, così da garantire al bambino il mantenimento di una verticalità attiva.

È estremamente importante valutare l'assetto radiologico del bacino (grado di valgismo e di antiversione dei colli femorali, continenza dell'acetabolo) prima di proporre la funzione statica, ricordando la frequente predisposizione, soprattutto nelle forme tetraplegiche, a sviluppare deformità importanti dell'anca con conseguenze gravi anche sul rachide.

Le ortesi KAFO e le ginocchiere in stoffa e stecche sono utili nelle forme in cui il raggiungimento della stazione eretta è più compromesso. Esse offrono un vincolo articolare importante che vicaria la strategia del congelamento e semplifica il controllo simultaneo delle stazioni articolari (necessario per il mantenimento di questa postura). Nei casi in cui vi è una marcata ipoposturalità, esse possono offrire un importante contributo alla ridotta reazione di sostegno fino a vicariarla. Ricordiamo però che il bambino è in grado di utilizzare e di sfruttare favorevolmente questi strumenti solo se non presenta retrazioni o accorciamenti muscolari significativi e se possiede una buona capacità di raddrizzamento del tronco, di estensione delle anche e di afferramento con gli arti superiori. I tutori KAFO sono strumenti sofisticati e complessi che vengono realizzati su calco e necessitano per il loro utilizzo di un periodo di addestramento specifico sia del bambino sia dei caregiver. È fondamentale che il paziente sia capace di apprendere, seguendo le istruzioni del fisioterapista, e che sia motivato a sperimentare e mantenere la stazione eretta. I genitori devono essere istruiti sul posizionamento corretto dei tutori e sulla sorveglianza di eventuali arrossamenti o punti di pres-

sione che possono manifestarsi già nelle fasi iniziali, o dopo un tempo di utilizzo prolungato.

Se il bambino non possiede i prerequisiti descritti per la stazione eretta, o se questi sono venuti meno per l'insorgenza di tensioni e deformità (per esempio, prima della chirurgia ortopedica funzionale), si può ricorrere all'utilizzo di ausili come gli stabilizzatori. Essi garantiscono un mantenimento semiattivo della statica ma, a differenza delle ortesi, sono maggiormente costrittivi e scarsamente adattabili al contesto ambientale e sociale, per cui non sono sempre tollerati e accettati dai bambini e dalle famiglie. Esistono stabilizzatori da eretto, da prono e da supino, e possono essere dotati di tavolino anteriore con incavo (Figg. 3.2 e 3.3). Alcuni stabilizzatori dispongono di ruote laterali per permettere al bambino, o più spesso al genitore, di compiere spostamenti nella stanza (Fig. 3.2).

Tra i benefici più importanti offerti dalla statica ricordiamo: l'aumento del tono calcico, l'accelerazione del transito intestinale, il miglioramento del funzionamento vescicale, l'aumento delle funzionalità respiratoria e cardiocircolatoria, il mantenimento del trofismo dei tessuti e il rallentamento della progressione delle retrazioni



Fig. 3.2 Stabilizzatore dotato di ruote laterali per autospinata, per consentire al bambino di compiere movimenti intramoenia (per gentile concessione di Otto Bock Italia)



Fig. 3.3 Nelle immagini osserviamo alcuni esempi di stabilizzatori per bambini. Per gentile concessione di Fumagalli srl (a, b, c), di Ormesa, www.ormesa.com (d, e) e di Otto Bock Italia, www.ottobock.it (f)

muscolari e delle deformità articolari.

A differenza delle ortesi alte, che favoriscono sicuramente una maggiore integrazione dei segmenti corporei ma spesso vincolano gli arti superiori in compiti di sostegno e di difesa, i tavoli di statica permettono con maggiore facilità di liberare gli arti superiori per attività manipolatorie realizzabili in stazione eretta. A tale scopo molti di essi sono dotati di un tavolino avvolgente anteriore.

3.2.2 Ausili per lo spostamento verticale

Talvolta ci troviamo di fronte a bambini sufficientemente motivati a spostarsi verticalmente, ma che presentano un quadro motorio estremamente sfavorevole sia per la stazione eretta sia per il cammino. All'interno della PCI possiamo trovare infatti alterazioni primarie, quali l'incapacità di coniugare tra loro reazione di sostegno, reazione

segnapassi ed equilibri, e problematiche di altro livello (percettivo, cognitivo) che compromettono la possibilità di costruire la funzione cammino. Alcuni bambini, per esempio, a causa di una grave ipoposturalità, di un disturbo percettivo importante o della presenza di ipercinesie o di spasmi destabilizzanti in flessione o in estensione, non sono in grado di camminare in autonomia.

Altri bambini presentano un buon repertorio motorio, ma hanno una tale compromissione cognitiva e/o comportamentale da non riuscire a sfruttare e finalizzare le risorse possedute per raggiungere il cammino autonomo o per poterlo esercitare in sicurezza. Infine ci sono pazienti che, raggiunto il cammino autonomo con ausili, dopo qualche anno arrivano a perdere i requisiti fondamentali della funzione per l'aggravarsi delle retrazioni muscolari o delle deformità articolari.

Di fronte a queste situazioni, possiamo prendere in considerazione gli stabilizzatori-deambulatori che, vicariando le competenze deficitarie, sono in grado di permettere a questi bambini di sperimentare lo spostamento verticale (Fig. 3.4).

Tali ausili vengono considerati dal nomenclatore tariffario presidi per la statica, ma hanno in realtà caratteristiche più simili ai deambulatori. Presentano una struttura stabile e contenitiva con supporto toracico, supporto lombare, sellino o mutandina di sospensione, adatta a favorire la stazione eretta; contemporaneamente è possibile apporre regolazioni per posizionare il bambino in un assetto dinamico, l'appoggio dei piedi a terra è libero per consentire la progressione. Per il direzionamento, sono dotati di manubrio per l'appoggio degli avambracci. Le ruote sono solitamente piroettanti con possibilità di blocco direzionale. Sono presenti freni e dispositivi antiarretramento (Fig. 3.5).

Questi strumenti permettono al bambino il mantenimento della stazione eretta e lo spostamento verticale in sicurezza e in "semiautonomia". Ovviamente, questa attività avrà le caratteristiche del "cammino per esercizio" e potrà essere praticata solo in spazi ampi e dotati di pavimento; ricordiamo inoltre che è indispensabile l'aiuto dell'adulto sia per il posizionamento del bambino sull'ausilio, sia per rimuoverlo al termine dell'attività locomotoria.

3.2.3 Ausili per il cammino

Rispetto ai requisiti necessari per lo sviluppo della funzione cammino, quando gli arti inferiori sono compromessi, il "passaporto" per il recupero della funzione è fornito dagli arti superiori. Per favorire la deambulazione servono in questo caso ausili quali deambulatori, quadripodi, tripodi, stampelle e bastoni. Per la loro scelta è importante valutare la forma clinica di PCI, il tipo di fissazione raggiunta, la qualità della reazione di sostegno, la presenza di eventuali problematiche dispercettive, la competenza degli arti superiori e la capacità di coordinare gli stessi con il gesto degli arti inferiori, le caratteristiche intrinseche degli ausili e la necessità di apportarvi modifiche personalizzate. Analizziamo di seguito questi vari aspetti.

- *Forma clinica di PCI:* questa permette di individuare la strategia adottata dal bambino, gli elementi presumibilmente modificabili spontaneamente, quelli modificabili attraverso il trattamento rieducativo e quelli che rimarranno sostanzialmente invariati. In altre parole dobbiamo considerare la funzione cammino dal punto di vista prognostico (Fig. 3.6).
- *Tipo di fissazione espressa:* se il bambino utilizza una fissazione distale, sarà facilitato dall'impiego di deambulatori stabili e appesantiti, come per esempio i deambulatori con due ruote e due puntali. Se è in grado di attivare gli arti superiori in spinta, può ricorrere a deambulatori posteriori con presa di bacino (Fig. 3.7), ma non sarà capace di utilizzare i supporti mobili (quadripodi o bastoni ecc.) per lui troppo instabili e difficili da governare.

La valutazione della qualità della fissazione e del grado di controllo assiale permette di stabilire la capacità del bambino di orientare e di direzionare l'ausilio. Se egli è in grado di gestire i cambi di direzione con destrezza e sicurezza, possono essere concesse le ruote piroettanti (due piroettanti anteriori e due direzionali posteriori o quattro piroettanti) che rendono il deambulatore più maneggevole e costituiscono sicuramente una facilitazione per la direzione (altrimenti il deambulatore deve essere ogni volta sollevato anteriormente). Qualora invece per il bambino sia difficile

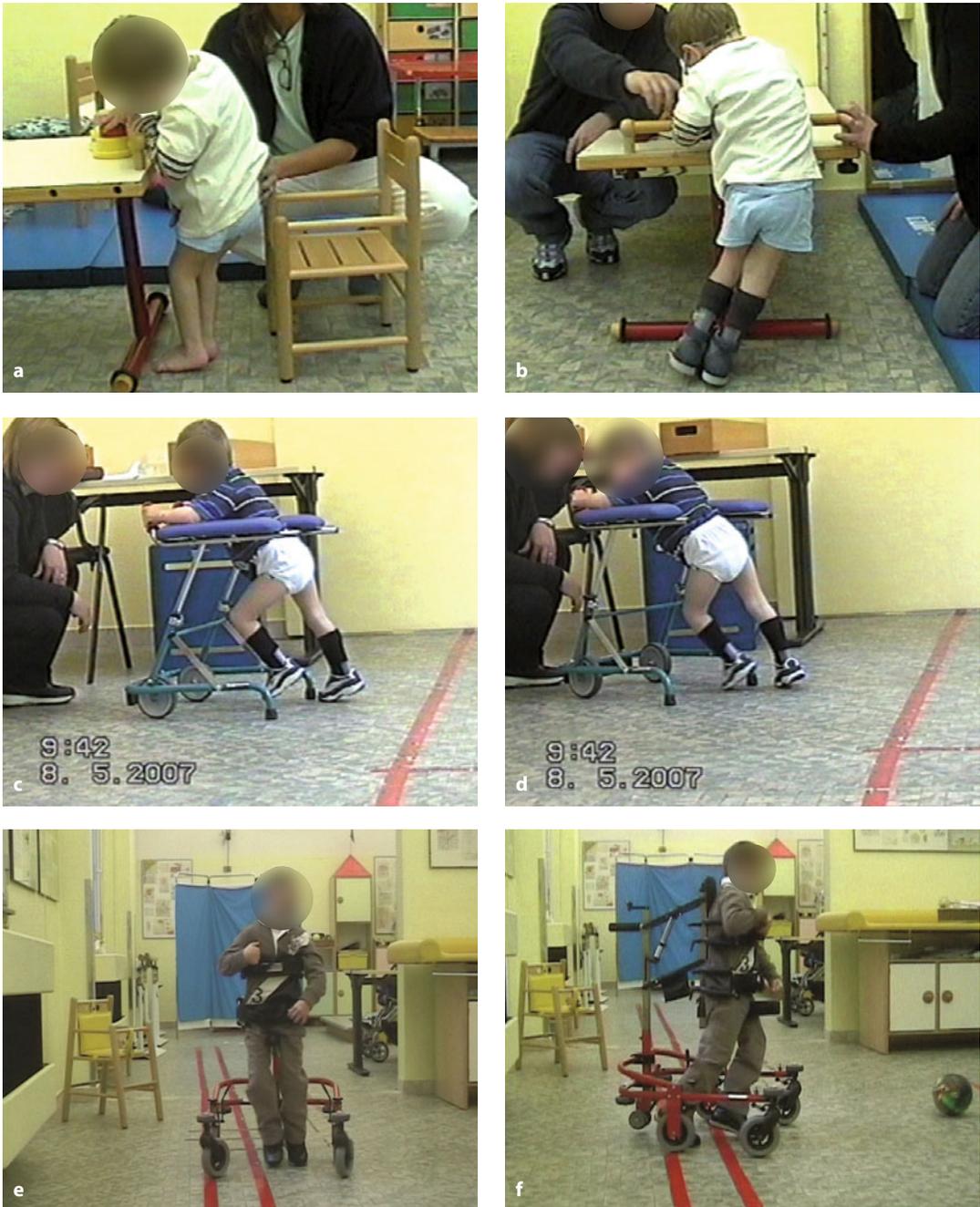


Fig. 3.4 Nelle immagini osserviamo un bambino tetraplegico che in stazione eretta presenta instabilità dell'asse corporeo e difficoltà a raggiungere la fissazione prossimale. Gli arti superiori manifestano una reazione di difesa in flessione. Il bambino è motivato a muoversi da eretto, ha una buona capacità di apprendimento e una buona tolleranza della frustrazione, per cui si cerca di facilitarlo introducendo un deambulatore anteriore con mensolina e manopole. Con questo deambulatore si evidenzia la difficoltà nel conciliare la reazione di sostegno e la reazione segnappassi. Il bambino, addestrato al cammino con l'ausilio in fisioterapia, è volenteroso e motivato nonostante le difficoltà. Il suo cammino resta estremamente lento, faticoso, poco gratificante e poco funzionale. Per questo il deambulatore anteriore viene sostituito, negli anni successivi, con uno stabilizzatore-deambulatore che vicaria maggiormente la reazione di sostegno, facilitando la liberazione della reazione segnappassi e garantendo uno spostamento verticale in autonomia senza comportare eccessiva fatica

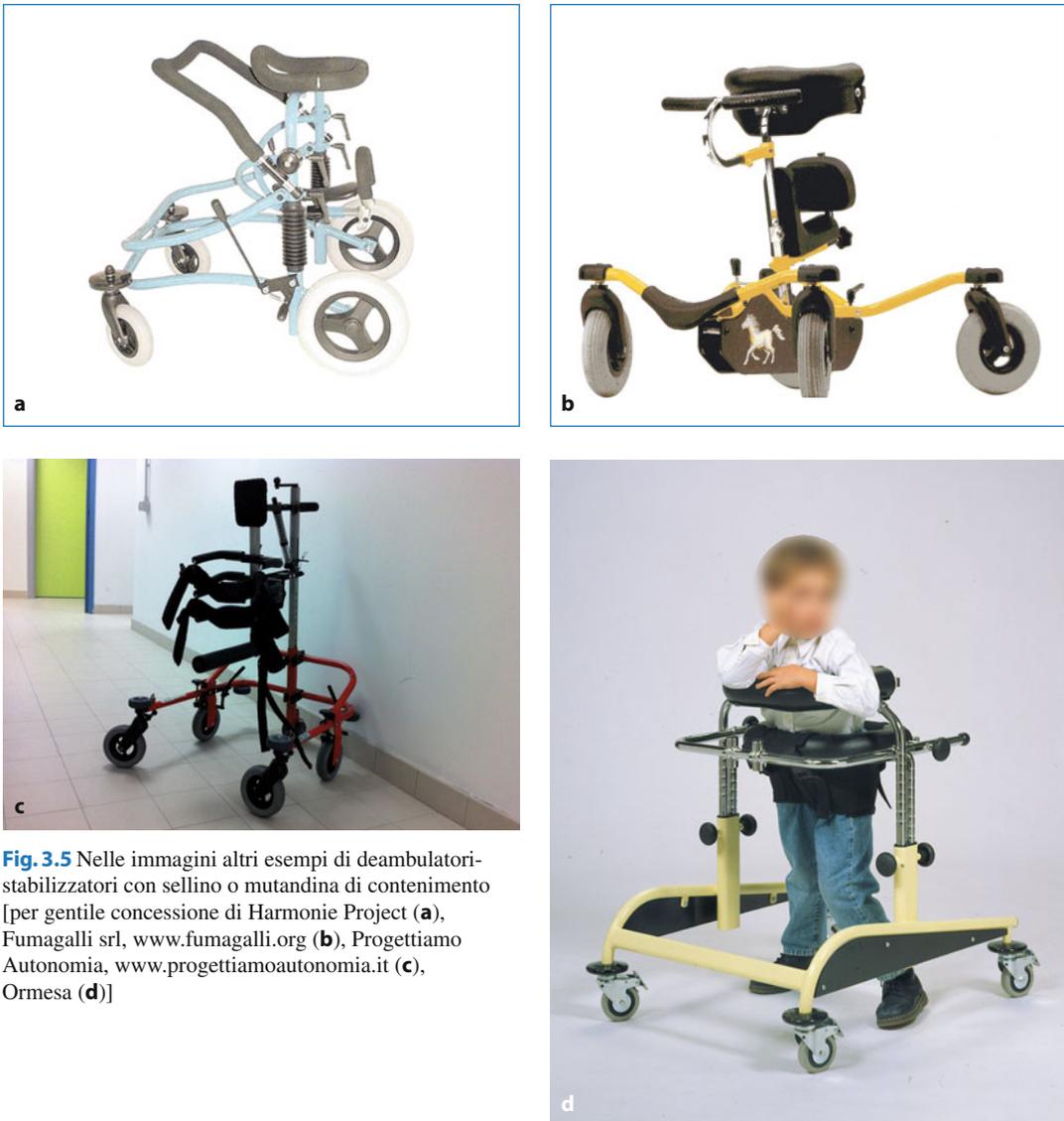


Fig. 3.5 Nelle immagini altri esempi di deambulatori-stabilizzatori con sellino o mutandina di contenimento [per gentile concessione di Harmonie Project (a), Fumagalli srl, www.fumagalli.org (b), Progettiamo Autonomia, www.progettiamoautonomia.it (c), Ormesa (d)]

controllare gli sbandamenti laterali a causa di una fissazione prossimale insufficiente, è meglio attivare il blocco unidirezionale. È importante che il bambino riesca a gestire la velocità dell'ausilio in sicurezza: occorre riflettere anche sulla scelta delle quattro ruote piuttosto che delle due ruote (e due puntali) o dell'applicazione dei freni a frizione sulle ruote posteriori.

Qualora il bambino abbia raggiunto una sufficiente fissazione prossimale, sarà agevolato dall'utilizzo di supporti mobili, meno ingombranti, leggeri, e più facilmente trasportabili dei deambulatori (Fig. 3.8).

Per i supporti mobili è importante osservare la qualità della fissazione prossimale e il pattern di cammino utilizzato in relazione all'ampiezza richiesta alla base d'appoggio, individuando il tipo di presidio più adatto tra quadripodi, tripodi, bastoni a piattello e bastoni a una punta.

Ricordiamo che i quadripodi e i tripodi stanno "in piedi da soli" in modo stabile, e che i bastoni a piattello necessitano di un minimo di attenzione perché più instabili. I bastoni a una punta devono essere mantenuti dal soggetto o essere appoggiati contro la parete o un supporto adatto ogni volta che egli voglia interrompere la verticalità: non



Fig. 3.6 In questo bambino si osservano la difficoltà di conciliare la reazione di sostegno con la reazione segnapassi, l'incapacità a dissociare fra loro i cingoli, l'incoordinazione nel distribuire il carico tra arti superiori e inferiori, una fissazione distale con instabilità dell'asse corporeo e una ridotta libertà di scelta. Le strategie adottate per il mantenimento della stazione eretta e il cammino sono il congelamento della postura e la semplificazione del gesto. Riconosciamo gli elementi propri della tetraplegia con antigravità verticale che sappiamo avere una evoluzione negativa rispetto alla funzione cammino; tale funzione si esplicherà in modo lento e faticoso fino alla sua probabile perdita in età pre-adolescenziale. In questo caso un deambulatore anteriore come quello presentato nelle immagini, associato a tutori gamba-piede, ha permesso al bambino di raggiungere ed esercitare la funzione cammino, attività praticabile intra-moenia con la sorveglianza dell'adulto

andranno mai appoggiati a terra, poiché andarli a raccogliere comporterebbe grande difficoltà. Per questo motivo sono ritenuti più scomodi e raramente vengono scelti o accettati dai bambini (Fig. 3.9).

- *Qualità della reazione di sostegno:* quando la reazione di sostegno è esauribile, l'ausilio deve essere sufficientemente stabile e resistente per accogliere il peso che il bambino scaricherà attraverso gli arti superiori. Viceversa, quando la reazione di sostegno è eccessiva o accompagnata da propulsività, è importante dotare il bambino di ausili leggeri che consentano una

rapida reazione di difesa, per esempio durante i cambi di direzione o all'arresto della marcia. Nei bambini con tetraplegia con antigravità verticale risulta difficile calibrare l'altezza degli ausili per la difficoltà a conciliare fra loro la reazione di sostegno con la reazione segnapassi, e queste con la reazione antigravitaria in flessione degli arti superiori. Più l'ausilio è alto, più è facile che il bambino fletta i gomiti per "appendersi", più è basso più è facile che fletta le ginocchia. In questi casi risultano vantaggiosi i deambulatori dotati di mensolina anteriore o di antibrachiali (afferramento effi-



Fig. 3.7 Questa bambina presenta un'instabilità di bacino sul piano frontale (deficit di fissazione prossimale). Per garantirle un cammino stabile, sicuro e resistente, è stato proposto un deambulatore posteriore con presa di bacino

cece); l'altezza di questi accessori dipenderà dalla capacità del bambino di spingere sugli avambracci, quindi di distribuire il carico tra arti superiori e inferiori, e di attivare lo schema del passo (Fig. 3.10).

- *Presenza di problematiche dispercettive:* queste possono influenzare la funzione locomotoria in modo diverso. Ci sono bambini, per esempio, che pur possedendo tutti i requisiti necessari per lo sviluppo di un cammino autonomo (buona reazione di sostegno, arti superiori competenti, fissazione prossimale, equilibri), non riescono di fatto a praticarlo. Se facilitati dall'utilizzo di un deambulatore posteriore in grado di dar loro il contenimento spaziale necessario, accedono alla funzione con buoni risultati (Fig. 3.11).

È sempre importante considerare anche il grado di dipendenza dall'adulto, poiché spesso troviamo bambini diplegici con problematiche percettive che camminano solo con l'adulto accanto, che offre loro un braccio per ap-

poggiarsi, o il contatto anche solo di un dito dietro la schiena o una continua rassicurazione verbale. Come già detto in precedenza, il contatto fisico fornisce un importante contenimento percettivo ed emotivo. Il cammino resta infatti accessibile solo in presenza del caregiver. In questi casi il passaggio al cammino con il deambulatore rappresenta un progresso importante sul piano dell'autostima, della maturazione emotiva e dell'autonomia mentale.

- *Competenze degli arti superiori:* per la scelta dell'ausilio è importante valutare la reazione di sostegno degli arti superiori: se essi sono in grado di attivarsi solo all'interno di un pattern flessorio (tetraplegia con antigravità verticale), l'ausilio dovrà necessariamente essere anteriore con mensola e manopole o antibrachiali inseriti al posto della mensola; se invece il bambino è in grado di conciliare, in interazione competitiva, lo schema di spinta e sostegno attraverso l'estensione del gomito con quello in flessione e chiusura, legato all'affer-



Fig. 3.8 Le immagini mostrano un bambino appartenente alla prima forma di diplegia con una fissazione prossimale sufficiente a consentire l'utilizzo dei quadripodi. Osservando il cammino, si può rilevare l'esauribilità della reazione sostegno per l'importante cedimento dei piedi in valgo-pronazione, la tendenza alla flessione delle ginocchia, l'equino di sospensione e il bilanciamento sull'avampiede. La marcia avviene con tronco antepulso ed equino d'appoggio. Per consentire uno spostamento fruibile anche in spazi ristretti sono stati proposti i quadripodi, ovvero supporti mobili ma allo stesso tempo stabili e in grado di sostenere il peso del soggetto. Allargando la base d'appoggio, essi offrono una facilitazione anche rispetto alla fissazione prossimale, consentendo al bambino di esprimere, in sicurezza, un migliore allineamento dell'asse corporeo



Fig. 3.9 Ausili mobili: quadripodi (a), tripodi (b), bastoni a piattello (c) e bastoni antibrachiali (d), noti in Italia come “stampelle canadesi”, utili soprattutto per chi preferisce supporti lunghi

ramento della mano, potrà usufruire di deambulatori posteriori o di supporti mobili (Fig. 3.12).

- *Coordinazione reciproca degli arti superiori e inferiori*: è importante valutare, all’interno del pattern del cammino, come si coordinano tra di loro i quattro arti durante l’avanzamento.
- *Caratteristiche intrinseche dell’ausilio*: in termini di stabilità, peso, mobilità e accessori, il deambulatore dovrà avere caratteristiche che si adattino all’ambiente in cui verrà esercitato il cammino (all’interno, all’esterno, in spazi ristretti o in spazi ampi), al peso e all’altezza del bambino, alla sua capacità di orientarlo e dirigerlo in condizioni di sicurezza.
- *Personalizzazione dell’ausilio*: dopo avere scelto il deambulatore più adatto, è importante adattarlo al bambino; per questo è di fondamentale importanza l’aiuto del tecnico ortopedico che potrà anche introdurre, se necessario, eventuali modifiche strutturali (Fig. 3.13).

La modificabilità della funzione cammino, la capacità del bambino di apprendere e la sua motivazione nell’esercitare questa funzione fanno in modo che essa possa evolvere nel tempo. Gli ausili dovranno seguire questa evoluzione per assistere adeguatamente i progressi del bambino. Non esiste un ausilio adatto a tutti i bambini come non esiste un ausilio adatto al bambino per tutte le fasi della sua vita e per tutte le potenziali situazioni che deve affrontare (Fig. 3.14).

3.2.4 Ortesi per il cammino

Le ortesi sono in grado di agire sia direttamente sul segmento corporeo a cui vengono applicate, per esempio per mantenerlo nella posizione più funzionale (facilitazione periferica), sia di influenzare favorevolmente le scelte operate dal SNC (facilitazione centrale). Infatti, attraverso il vincolo articolare introdotto dalle ortesi, è possibile rinforzare o ridurre, contrastare o dirigere un movimento insufficiente, eccessivo, distorto o scorretto.

3.2.4.1 Quale ortesi per quale bambino

Le ortesi sono presidi terapeutici vantaggiosi per la funzionalità del cammino se vengono comprese, accettate e tollerate. Un’accurata valutazione funzionale del bambino è indispensabile per individuare quale tipo di ortesi possa favorire un cambiamento migliorativo della performance del cammino. Prima di proporre e prescrivere ortesi è importante valutare, assieme agli altri professionisti del team che seguono il bambino (fisiatra, neuropsichiatra infantile, psicologo, tecnico ortopedico), i tempi e i modi più opportuni per introdurle. È infatti necessario tenere presente che le ortesi sottolineano inevitabilmente il difetto, rendendo il bambino diverso dai coetanei sani e concorrendo a evidenziarne in altro modo la disabilità. Per questo è importantissimo valutare se il bambino sia pronto a tollerarle e a integrarle, riconoscendole come uno strumento vantaggioso e migliorativo. Se questa prima fase



Fig. 3.10 Questa bambina diplegica presenta un importante deficit della reazione di sostegno difficile da compensare anche se indossa tutori gamba-piede con appoggio sottorotuleo su calco. Sono stati perciò introdotti tutori coscia-gamba-piede su calco e un deambulatore anteriore con due ruote e due puntali dotato di appoggio antibrachiale per favorire il trasferimento del peso sugli arti superiori, facilitare la fissazione prossimale e consentire un cammino maggiormente accessibile



Fig. 3.11 Nelle immagini illustriamo la storia di una bambina appartenente alla terza forma di diplegia con problematiche percettive. L'acquisizione della marcia è stata possibile grazie all'utilizzo di un deambulatore anteriore a spinta: il cammino era veloce ma instabile e poco sicuro. La bambina, a causa del disturbo percettivo, necessitava di un ausilio stabile e appesantito su cui potersi proiettare. Crescendo, ha preferito un deambulatore anteriore alto, a quattro ruote, essendo migliorate la destrezza e la sicurezza della marcia. Con il miglioramento della tolleranza percettiva, la bambina ha adottato un deambulatore posteriore che le permetteva di raggiungere maggiore velocità. (continua)



Fig. 3.11 (continua) Dopo diversi anni, è riuscita a investire nella strategia della velocizzazione che le ha permesso di abbandonare l'ausilio e di sperimentarsi in un cammino con pendolo frontale di tronco e arti superiori atteggiati in *startle*. Il cammino autonomo ha acquisito via via caratteristiche di maggiore stabilità e sicurezza. L'aumento della tolleranza percettiva, ha successivamente consentito alla ragazza di abbassare progressivamente gli arti superiori

viene tralasciata o tenuta scarsamente in considerazione, le ortesi saranno con molta probabilità poco capite, scarsamente utilizzate e vissute come un'ingiusta punizione da parte del bambino e della sua famiglia.

Per la scelta delle ortesi nella PCI è importante prendere in considerazione:

- *la forma clinica e la storia naturale del bambino*: per poter scegliere l'ortesi più favorevole è fondamentale riconoscere e sapere interpretare la strategia organizzativa messa in atto dal bambino nella costruzione della funzione cammino. Occorre analizzare il percorso di sviluppo seguito e i provvedimenti terapeutici adottati fino a quel punto (fisioterapia, ausili, tossina botulinica e chirurgia funzionale), valutare la capacità attuale del cammino e la sua
- possibile ulteriore modificabilità (Fig. 3.15).
- *il problema principale* che influisce sul pattern cammino: è importante individuare quale elemento domina sugli altri all'interno del pattern patologico, perché è soprattutto su questo che si agirà cercando le soluzioni compensative più adatte (vedi Approfondimento alla fine di questo capitolo).
- *il rispetto per le altre attività*: le ortesi non devono essere pensate solo in relazione al cammino, ma devono tenere conto anche delle altre attività funzionali. Quando per il bambino è importante alternare il cammino con la stazione seduta, nella scelta dell'ortesi occorrerà tenere presente questa esigenza: se il bambino necessita di tutori KAFO è importante che essi siano articolati al ginocchio così che possa se-

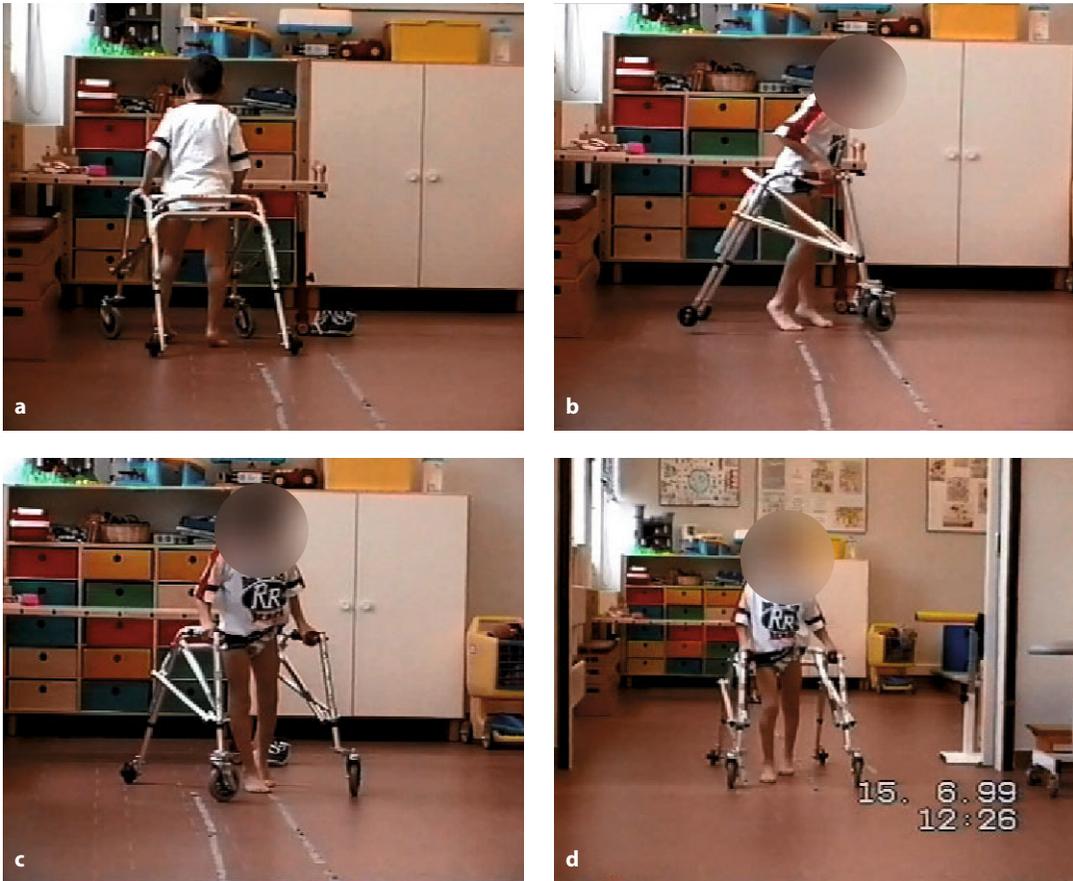


Fig. 3.12 Bambino con diplegia della terza forma agli esordi del cammino. Il bambino è in grado di conciliare, in interazione competitiva, gli schemi di spinta e sostegno connessi all'estensione dei gomiti con quelli in flessione e chiusura legati all'afferramento delle mani. È stato proposto un deambulatore posteriore, veloce e leggero che gli permette di sfruttare la strategia della velocizzazione in una situazione tollerabile anche dal punto di vista percettivo. Il bambino riesce a spostarsi nella stanza autonomamente e a giocare al tavolino rimanendo in piedi

dersi. Nel caso di bambini piccoli che esercitano ancora la motricità orizzontale, occorre valutare l'altezza dei tutori AFO rispetto al segmento gamba. Se riteniamo che sia ancora favorevole per il bambino la motricità a terra e lo sperimentarsi in ginocchio, i tutori dovranno essere più corti sulla gamba in modo che egli possa gattonare agevolmente; se viceversa vogliamo privilegiare la motricità verticale rispetto a quella orizzontale, potranno essere mantenuti un po' più alti per privilegiare stazione eretta e cammino.

3.2.4.2 Quale ortesi per quale obiettivo

Nella PCI le ortesi possono essere utilizzate con obiettivi differenti. Oltre a favorire come ab-

biamo visto la stazione eretta, possono assistere il cammino contenendo un deficit, contrastando i difetti e modificando favorevolmente il segno.

- **Contenere un deficit (centrale o periferico):** nel Capitolo 2 abbiamo descritto diversi segni patologici, come per esempio l'esauribilità della reazione di sostegno o il deficit di attivazione dei dorsiflessori, che possono limitare la funzionalità del cammino in termini di resistenza, di velocità e di sicurezza. Vediamo di seguito come le ortesi possono essere utilizzate per contenere tali deficit.

- *Esauribilità della reazione di sostegno:* è molto frequente nella prima e nella seconda forma di diplegia, ed è talvolta presente nelle forme di tetraplegia ad antigravità ver-



Fig. 3.13 Deambulatori opportunamente modificati per le esigenze specifiche di singoli bambini.

a Inserimento di una barra anteriore su un deambulatore posteriore per favorire il contenimento spaziale in presenza di un importante disturbo di tolleranza percettiva. **b** Deambulatore dotato di manopole di afferramento per facilitare un bambino con schema flessorio agli arti superiori. **c** Deambulatore con aggiunta di una barra divaricatrice che favorisce l'avanzamento di una bambina che presenta un'eccessiva interferenza adduttoria

ticale; spesso causa una riduzione della resistenza che può compromettere una funzione già acquisita. Per facilitare la reazione di sostegno e favorire una maggiore resistenza, sia in statica sia in dinamica, possono essere utilizzati tutori robusti (SAFO), realizzati in extruse o in polipropilene su calco³, rigidi alla tibiotarsica ma flessibili ai metatarsi per consentire al bambino di conferire propulsione alla marcia. Al contrario, i tutori vanno irrigiditi alla punta quando il piede tende al talismo sotto il peso del corpo (Figg. 3.16 e 3.17).

Nel caso si associno componenti torsionali, possono essere impiegate ortesi lunghe a spirale semplice che agiscono de-ruotando il piede in fase dinamica secondo il verso di costruzione (levogiro o destrogiro) (Fig. 3.18). Qualora il ginocchio sia instabile e

tenda al varismo o al valgismo, occorre prima di tutto stabilizzarlo sul piano frontale, per cui i tutori AFO a spirale devono essere dotati di alette sovracondiloidee sottorotulee. Per aumentarne l'effetto di tenuta e favorire la presa, si può ricorrere in alternativa a un appoggio sottorotuleo anteriore rigido, spesso più funzionale e meglio tollerato dal bambino.

Quando la reazione di sostegno è molto esauribile, come per esempio nei bambini definiti ipoposturali, in cui sia in statica sia in dinamica è evidente un importante pattern flessorio a carico degli arti inferiori associato a valgismo del ginocchio e a valgo-pronazione del piede, i tutori AFO non riescono a garantire un contenimento sufficiente. Si può ricorrere allora a ortesi coscia-gamba-piede (KAFO) articolate con

³ *Lavorazione su calco*: si intende la costruzione di un calco gessato dell'estremità del paziente su cui verrà modellato a caldo il foglio di resina che darà origine all'ortesi.



Fig. 3.14 Questa bambina, che presenta una dipleggia della prima forma, ha maturato nel corso dello sviluppo competenze sempre più elevate per il controllo del cammino, che le hanno permesso di arrivare al cammino autonomo con quadripodi. All'esordio della marcia l'instabilità dell'asse corporeo con fissazione distale, oltre alle problematiche percettive, sono state contenute da un deambulatore anteriore con appoggio antibrachiale a due ruote e due puntali. L'esercitazione del cammino in fisioterapia e a casa, la maturazione della fissazione prossimale e il miglioramento degli aspetti percettivi le hanno permesso l'acquisizione negli anni di una maggiore sicurezza fino a raggiungere un cammino veloce con un deambulatore posteriore, con raddrizzamento del tronco ed estensione dell'anca in carico. Successivamente, attraverso un attento lavoro fisioterapico e con l'utilizzo dei quadripodi, il cammino è diventato ancora più funzionale, prima con sorveglianza dell'adulto, poi in totale autonomia



Fig. 3.15 Bambino appartenente alla terza forma di diplegia con problematiche percettive che ha trovato nella velocizzazione della marcia la strategia più funzionale per raggiungere il consenso percettivo all'azione. L'equino di spinta diventa, in casi come questo, un compenso funzionale e come tale non va modificato o contenuto mediante ortesi, almeno finché il bambino non abbia appreso a tollerare lo spazio intorno a lui e a fermarsi. In una fase iniziale sono da preferire calzature commerciali alte, flessibili e ben allacciate, come le scarpe da ginnastica



Fig. 3.16 Cammino di una bambina con diplegia della prima forma. Nelle prime sequenze è evidente la fatica del cammino a piedi nudi: lo spostamento è lento, intervallato da pause, i passi sono corti e si rileva un'esauribilità della reazione di sostegno, testimoniata dalla ridotta estensione delle ginocchia e dal tentativo di scaricare il peso del corpo sui quadripodi attraverso l'antepulsione del tronco



Fig. 3.17 Con l'introduzione di tutori gamba-piede su calco, flessibili ai metatarsi, la bambina appare più allineata, si evidenzia una maggiore estensione delle ginocchia, il cammino è più veloce e propulsivo, ma ancora bilanciato sulle punte, i passi sono più lunghi e la resistenza complessiva maggiore

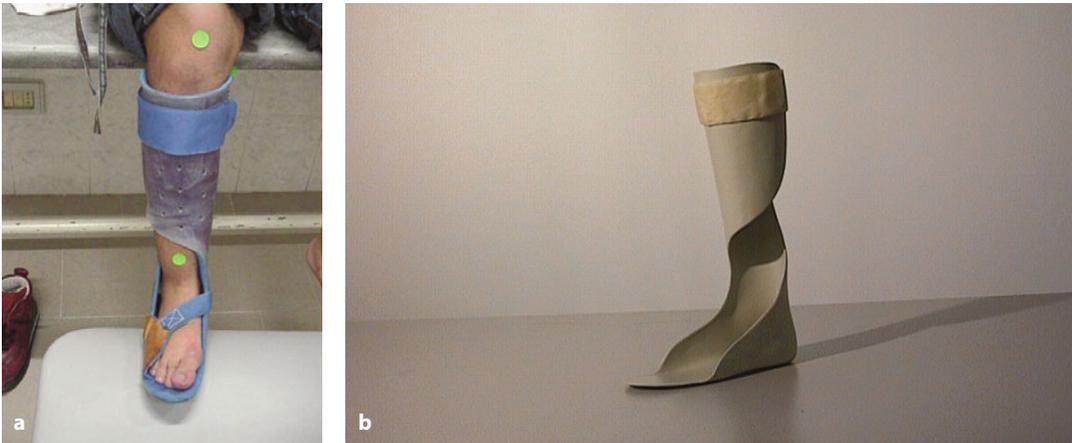


Fig. 3.18 Esempi di tutore a spirale semplice antivalgo

arresto al ginocchio (Fig. 3.19).

Ricordiamo che per rendere più resistenti i tutori AFO su calco rispetto alle sollecitazioni torsionali, possono essere introdotti al momento della lavorazione rinforzi mediali o laterali in fibra di carbonio a forma di farfalla o di banana. Nel caso occorra conferire una maggiore resistenza del piede alla flessione sia dorsale sia plantare, si può inserire sotto al tutore una lamina di acciaio armonico fissata con ribattini metallici.

Il tutore deve essere confortevole per il bambino: valutando le caratteristiche del piede (salienze ossee, trofismo, sudorazione della cute o ecc.), dovranno essere introdotte imbottiture idonee (in plastazote o in multiform) e applicati cinturini di contenimento avvolgenti e pratici (velcro e pelle). Quando si scelgono tutori SpAFO e AFO su calco con alette laterali, occorre porre particolare attenzione ai punti di pressione e allo sfregamento a livello dei condili femorali.

In alcuni casi, infine, la reazione di sostegno può presentarsi esauribile soprattutto in fase statica poiché in fase dinamica migliora grazie al carattere propulsivo del cammino. Se i bambini sono piccoli e leggeri, possono essere facilitati dall'utilizzo di ortesi gamba-piede prefabbricate in nylon o in polipropilene, definite comunemente molle, che impongono un angolo di 90° alla tibio-tarsica. Queste ortesi sono leggere e flessi-

bili e possono essere facilmente tollerate dai pazienti più piccoli, specie nelle prime fasi di sperimentazione del cammino; sono però poco resistenti se l'altezza, il peso e le sollecitazioni in torsione e flessione superano certi valori.

- *Instabilità di bacino*: alcuni bambini presentano una significativa instabilità di bacino che li penalizza nel trovare un sufficiente equilibrio sia statico sia dinamico, compromettendo l'acquisizione del cammino autonomo. Per compensare questo deficit, i bambini in stazione eretta imparano a fare ricorso all'adduzione delle cosce, migliorando la fissazione. Questo compenso però non è altrettanto funzionale per il cammino: spesso l'adduzione diventa un ostacolo per l'avanzamento poiché interferisce con lo schema del passo. In queste situazioni, un tutore dinamico di abduzione d'anca (TDA) può dare aiuto per favorire la stabilizzazione del bacino, consentire un'abduzione sufficiente delle cosce per il mantenimento dell'equilibrio in stazione eretta e offrire una guida alla traiettoria dell'arto inferiore durante il passo. Può essere utilizzato però solo se i muscoli adduttori non sono ipertonici o retratti, quindi dopo che è stata inoculata tossina botulinica o dopo essere stati allungati chirurgicamente. Nel caso il bambino presenti anche componenti ipoposturali, è consigliabile associare tutori



Fig. 3.19 Questo bambino presenta un'importante esauribilità della reazione di sostegno, per cui il cammino è lento e faticoso. Per favorire un cammino più veloce, resistente e funzionale sono state introdotte ortesi KAFO articolate al ginocchio abbinate a un deambulatore posteriore

gamba-piede prefabbricati o costruiti su calco per contenere l'esauribilità della reazione di sostegno, che spesso si accentua con l'utilizzo del TDA (Fig. 3.20).

- *Equino di sospensione*: comune a molte forme di PCI, può compromettere la dinamica del cammino rendendo difficoltosa la fase di volo per insufficiente clearance del piede al suolo. In questi casi, introducendo un tutore gamba-piede prefabbricato con angolo della tibiotarsica a 90° in grado di sostenere il peso del piede, si favorisce il passaggio della verticale dell'arto in volo, evitando lo sfregamento della punta al suolo. Alcuni bambini presentano, oltre all'equino di sospensione, il recurvato del ginocchio in fase di pieno appoggio a causa della retrazione/contrattura del soleo e/o dell'iposte-

nia del quadricipite (Fig. 3.21). Se l'iperestensione deriva da un'insufficienza primitiva o secondaria del quadricipite o da un semplificato controllo del ginocchio in *stance*, va rispettata. Nel caso il reclutamento non dipenda da insufficienza del quadricipite, possono essere introdotti tutori gamba-piede prefabbricati o costruiti su calco che controllino la spinta in recurvato del ginocchio, ma è sempre possibile che il bambino "talloneggi" mantenendo sollevata la punta del piede e appoggiato al suolo solo il tacco della scarpa con inevitabile peggioramento dell'equilibrio. Se il recurvato del ginocchio è causato da iperattività del tricipite surale con moderata contrattura del soleo, è vantaggioso introdurre un rialzo al tacco, così da accettare

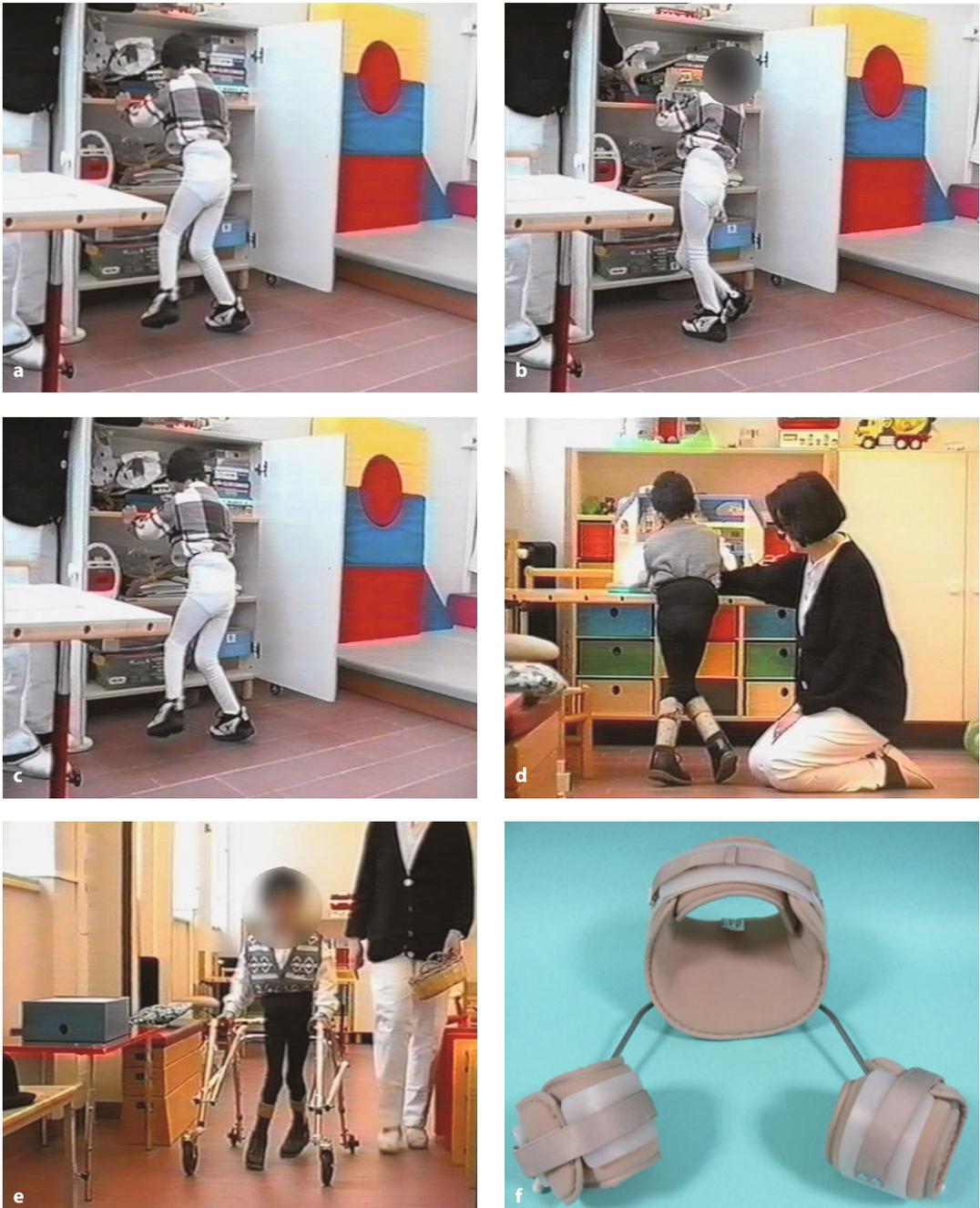


Fig. 3.20 Nelle prime immagini osserviamo la difficoltà del bambino nello stabilizzare il bacino e l'esauribilità della reazione di sostegno. Vengono introdotti tutori gamba-piede su calco per facilitare la reazione di sostegno, ma l'instabilità di bacino continua a compromettere il mantenimento della stazione eretta e comporta la necessità di impiegare gli arti superiori in compiti di sostegno. Durante la marcia con il deambulatore posteriore si evidenzia l'instabilità di bacino che compromette la funzionalità del cammino. (continua)



Fig. 3.20 (continua) L'applicazione dello SWASH e dei tutori gamba-piede facilita l'allineamento dell'asse corporeo e garantisce una stabilizzazione del bacino che migliora la fissazione prossimale e permette al bambino di utilizzare entrambi gli arti superiori in attività bimanuali. Il cammino è più stabile, sicuro e resistente. Lo SWASH, oltre a stabilizzare il bacino, funge da guida per l'avanzamento degli arti inferiori, controllando anche le componenti di rotazione. In questa situazione il bambino può iniziare l'addestramento a quadripodi, appesantiti e stabili, con lo scopo di favorire un maggiore controllo delle singole fasi del passo

l'equino e limitare l'influenza del soleo sull'estensione del ginocchio.

- *Equino da abnorme reazione allo stiramento del tricipite*: pensiamo alle quarte forme di diplegia dove l'abnorme reazione allo stiramento del tricipite riduce la stabilità dell'appoggio in stazione eretta e durante il cammino, ostacolando il bilanciamento e il soppesamento tra gli arti inferiori, l'arresto e l'inversione della marcia. Quando il bambino ha acquisito un cammino efficace, si può intervenire con il trattamento fisioterapico per favorire un maggiore controllo sulle singole fasi del passo. In questa fase, ortesi AFO su calco, flessi-

bili alla punta, possono essere un valido strumento perché favoriscono l'appoggio completo del piede, rallentano la marcia e ne facilitano l'arresto. Mantenendo la tibiotarsica a 90° , esse permettono di aggirare l'abnorme reazione allo stiramento del tricipite, mantenendo costante il grado di allungamento muscolare (Fig. 3.22).

- *Equino mascherato*: la contrattura/retrazione dei plantiflessori estrinseci del piede può produrre un cedimento strutturale del mesopiede per effetto del quale in stazione eretta si assiste allo sfondamento dell'articolazione mediotarsica, che favorisce l'eversione o l'inversione del piede (Fig. 3.23).

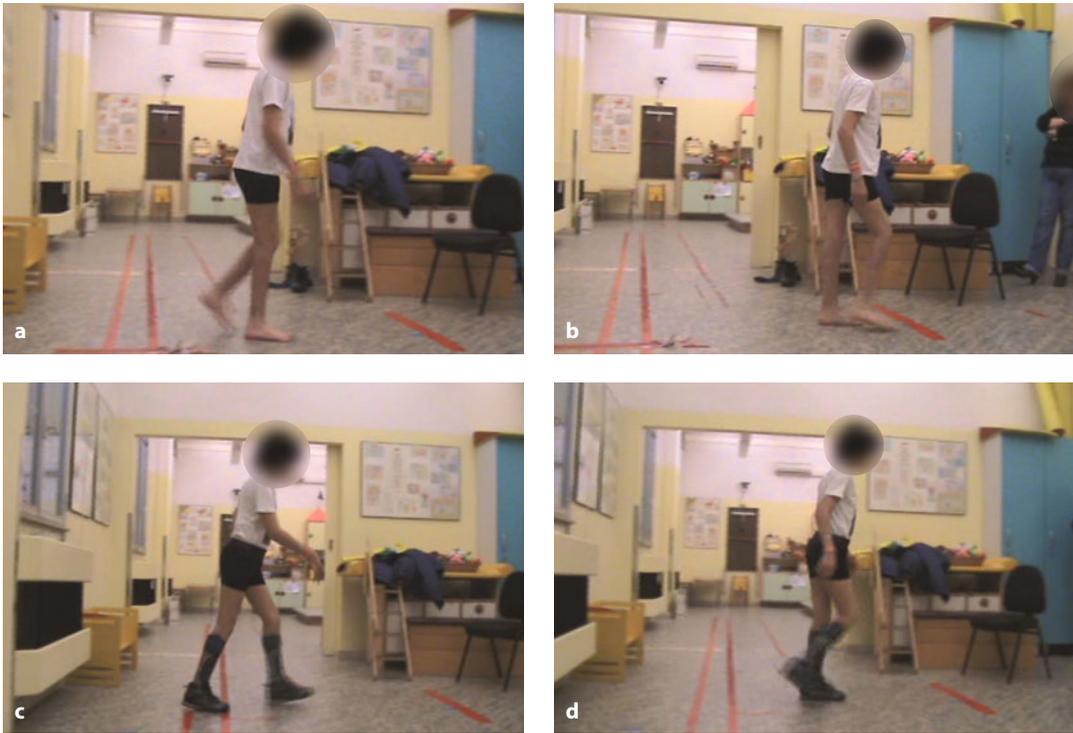


Fig. 3.21 Nelle immagini osserviamo la presenza di un equino di sospensione, evidente in fase di oscillazione, e di un recurvato del ginocchio in fase di pieno appoggio. Attraverso l'utilizzo di un tutore prefabbricato gamba-piede è possibile ridurre entrambi i segni

Se prevale la valgo-pronazione possono essere utilizzati tutori gamba-piede su calco con correzioni interne al tutore in materiale comprimibile, oppure ortesi ad anello⁴. Se prevale la varo-supinazione possono essere proposti tutori a doppia spirale⁵ per contenere sia la deformità dell'avampiede sia il varismo di retropiede e l'eventuale equino di sospensione, spesso associato. Per favorire l'allineamento del mesopiede è consigliabile che il tutore AFO su calco accetti qualche grado di plantiflessione.

- *Talismo*: spesso associato al valgismo del re-

tropiede, è molto frequente nelle forme ipoposturali, come per esempio la seconda forma di diplegia. Per favorire la resistenza e la stabilità del cammino, possono essere introdotte ortesi gamba-piede su calco, rigide alla tibiotarsica e irrigidite alla punta, in grado di contenere l'insufficienza del tricipite surale e la tendenza alla progressiva flessione delle ginocchia (crouch gait). Nel caso sia presente una componente valgizzante attiva sul ginocchio, possono essere aggiunti appoggi sovracondiloidei-sottorotulei per ottenere una maggiore stabilità frontale.

⁴ *Ortesi ad anello*: sono tutori di piccole dimensioni che abbracciano il mesopiede stabilizzandolo, così da evitare la deviazione in valgismo del tallone e la lussazione mediale dell'astragalo. Il tutore è composto da due parti: una cuffia interna realizzata in multiform su calco gessato tramite lavorazione in *vacuum*, e la struttura vera e propria in resina compensata molto sottile (2-3 mm) chiusa ad anello senza giunzioni. Partendo da una scansione laser del piede del paziente, l'ortesi viene disegnata al CAD per definire la misura delle correzioni necessarie, e realizzata da una fase computerizzata (CAM) che fornisce il positivo su cui verrà modellata la resina.

⁵ *Tutori a doppia spirale*: vengono realizzati in materiale leggero, tipo extruse di 3-4 mm di spessore; sono caratterizzati da flessibilità e memoria. Per il loro confezionamento viene utilizzato uno scanner per rilevare le impronte, un sistema CAD per definire le correzioni e una fresa computerizzata (CAM) per la costruzione del positivo su cui verrà modellata la resina. Nei casi più complessi viene utilizzato il calco in gesso.



Fig. 3.22 Nelle prime immagini osserviamo il cammino di un bambino con diplegia della quarta forma. La marcia è veloce e resistente, ma l'abnorme reazione allo stiramento del tricipite presente bilateralmente limita la capacità di arresto, che può avvenire solo se il bambino si ferma contro un supporto fisso. Risultano difficoltosi anche il soppesamento e il bilanciamento del peso corporeo tra gli arti inferiori. Vengono proposti AFO flessibili alla punta. Il cammino con le ortesi è più stabile e il bambino diviene capace di controllare le singole fasi del passo, mentre l'arresto della marcia può avvenire senza appoggio degli arti superiori



Fig. 3.23 Nelle immagini possiamo osservare un'importante valgo-pronazione del piede bilaterale, a cui è associato un equino mascherato riconoscibile alla valutazione distrettuale. Questo atteggiamento, associato a una reazione di sostegno esauribile, deforma l'assetto del piede e rende difficoltoso il cammino. Per questo sono stati prescritti tutori a dop-pia spirale in grado di contenere l'evolvere della deformità

- *Piede valgo-pronato e varo-supinato*: alcuni bambini presentano deviazioni del piede in valgo-pronazione o in varo-supinazione tali da compromettere la dinamica dello schema del passo e influenzare l'assetto del ginocchio. Queste deformità possono essere associate a equino più o meno marcato. Per contenere questo difetto, si può ricorrere a plantari avvolgenti inseriti in calzature sovramalleolari (Fig. 3.24) o, se l'equino è maggiore, a ortesi a doppia spirale.

Nel caso vi sia un importante valgismo del retro piede, si possono considerare anche le ortesi ad anello che vengono inserite in calzature commerciali, ma sono più difficili da tollerare se la deformità in piatto valgo-pronazione è poco riducibile.

- **Contrastare lo sbilanciamento muscolare:**
 - *Crouch gait*: alcuni bambini della seconda forma di diplegia a causa dello sbilanciamento muscolare tra comparto anteriore (estensori del ginocchio) e posteriore (plantiflessori del piede) vanno incontro al fenomeno del *crouch gait*. Attraverso l'applicazione di ortesi AFO su calco, rigide alla tibiotarsica e irrigidite alla punta, che sostengano il peso del paziente, possiamo contrastare lo sbilanciamento muscolare contenendo il deficit dei plantiflessori. Talvolta lo sbilanciamento può essere tale da richiedere l'utilizzo di tutori KAFO⁶ con

arresto della flessione del ginocchio.

- *Equinismo di contatto*: può derivare da un errore nella fase di contrazione tra plantiflessori e dorsiflessori, con prevalenza dei primi. In questo caso tutori gamba-piede prefabbricati o costruiti su calco, allineati ai metatarsi, possono esercitare una funzione tipo balestra in grado di rendere più stabile e sicuro il cammino.
 - **Semplificare il controllo motorio simultaneo**: la paralisi è frequentemente accompagnata da deficit di controllo simultaneo. Il cammino è una funzione piuttosto complessa, che richiede un costante controllo della postura e del gesto, non sempre facile da esercitare. Le ortesi possono semplificare il controllo motorio offrendo un vincolo alle articolazioni a cui vengono applicate, che facilita il bambino nell'organizzazione della marcia.
 - **Offrire una facilitazione percettiva**: i bambini che presentano problematiche di tolleranza percettiva, pensiamo per esempio ai bambini che mostrano un'intolleranza percettiva al carico e alle informazioni sensoriali a esso connesse, possono trarre vantaggio dall'uso delle ortesi in quanto esse agiscono come una "seconda pelle" in grado di favorire il consenso all'azione. Il tutore riduce le informazioni da analizzare provenienti dai piedi, le rende più costanti e stabili, quindi più facilmente riconoscibili e tollerabili. Il contenimento permesso dal tutore garantisce anche una facilitazione sul controllo motorio, riducendo i gradi di libertà articolare e rendendo di conseguenza la stazione eretta e il cammino più sicuri.
- I tutori che possono essere utilizzati per questo scopo sono molti, dal tutore KAFO all'AFO su calco. La scelta è guidata soprattutto dalla valutazione delle competenze motorie e delle strategie adottate dal bambino. Pensiamo per esempio ai bambini con terza forma di diplegia: in una fase iniziale, alcuni di essi possono avere bisogno del tutore come contenimento



Fig. 3.24 Plantare avvolgente e calzature sovramalleolari

⁶ Tutore coscia-gamba-piede: è caratterizzato da un cosciale la cui articolazione al ginocchio viene creata per sovrapposizione delle parti di resina, fissate da perni in prossimità dei condili per consentire la flessione-estensione del ginocchio. Può essere usato a ginocchio bloccato con ginocchiello anteriore in cuoio come stabilizzatore.

percettivo e facilitazione motoria per permettere il mantenimento della stazione eretta. Nella fase di acquisizione del cammino, le ortesi vengono rimosse per favorire la strategia della velocizzazione. Esse possono tornare utili in un secondo momento, quando il cammino si è stabilizzato, per favorire maggiore stabilità e sicurezza durante i cambi di direzione e una migliore capacità di arresto lontano da appoggi. In questi casi vengono solitamente impiegate ortesi a spirale corte con effetto extrarotante o a doppia spirale (Fig. 3.25).

- **Offrire una facilitazione al pattern di avanzamento:** per favorire l'avanzamento attraverso un pattern più fluente, possono essere utilizzati tutori gamba-piede realizzati su calco, articolati alla tibiotarsica (HAFO) mediante l'introduzione di un'articolazione in

metallo o in nylon. Il tutore articolato viene generalmente proposto nelle quarte forme di diplegia perché rispetta maggiormente la sequenza dei fulcri articolari. Risulta spesso difficile individuare il range articolare più favorevole per il soggetto e non sempre i bambini sono in grado di sfruttare favorevolmente l'aumentata ampiezza articolare. Tra le articolazioni, la più utilizzata è quella tipo Tamarak⁷ che ha il vantaggio di auto-allinearsi, conferendo maggiore elasticità al movimento articolare della caviglia (Fig. 3.26).

È possibile applicare anche un arresto regolabile alla flessione plantare così che il bambino possa trovare un migliore equilibrio. I tutori articolati sono scarsamente efficaci quando sono presenti componenti torsionali importanti.

⁷ *Articolazione Tamarak*: viene posizionata al momento della termoformatura con un sistema sottovuoto. Sul calco vengono inseriti degli appositi spessori così da creare le sedi in cui verranno collocate le anime di materiale plastico ed elastico che fungeranno da articolazione. I tecnici ortopedici del COE (Centro Ortopedico Emilano, Reggio Emilia - Gruppo Otto Bock), hanno riscontrato un miglioramento della funzionalità del tutore se gli elementi articolari vengono spostati un po' al di sopra dei malleoli. Questa soluzione ha consentito un "allontanamento" della parte più ingombrante del tutore favorendo la gamma delle calzature e riducendo il rischio di sfregamento della cute sui bordi mediali.

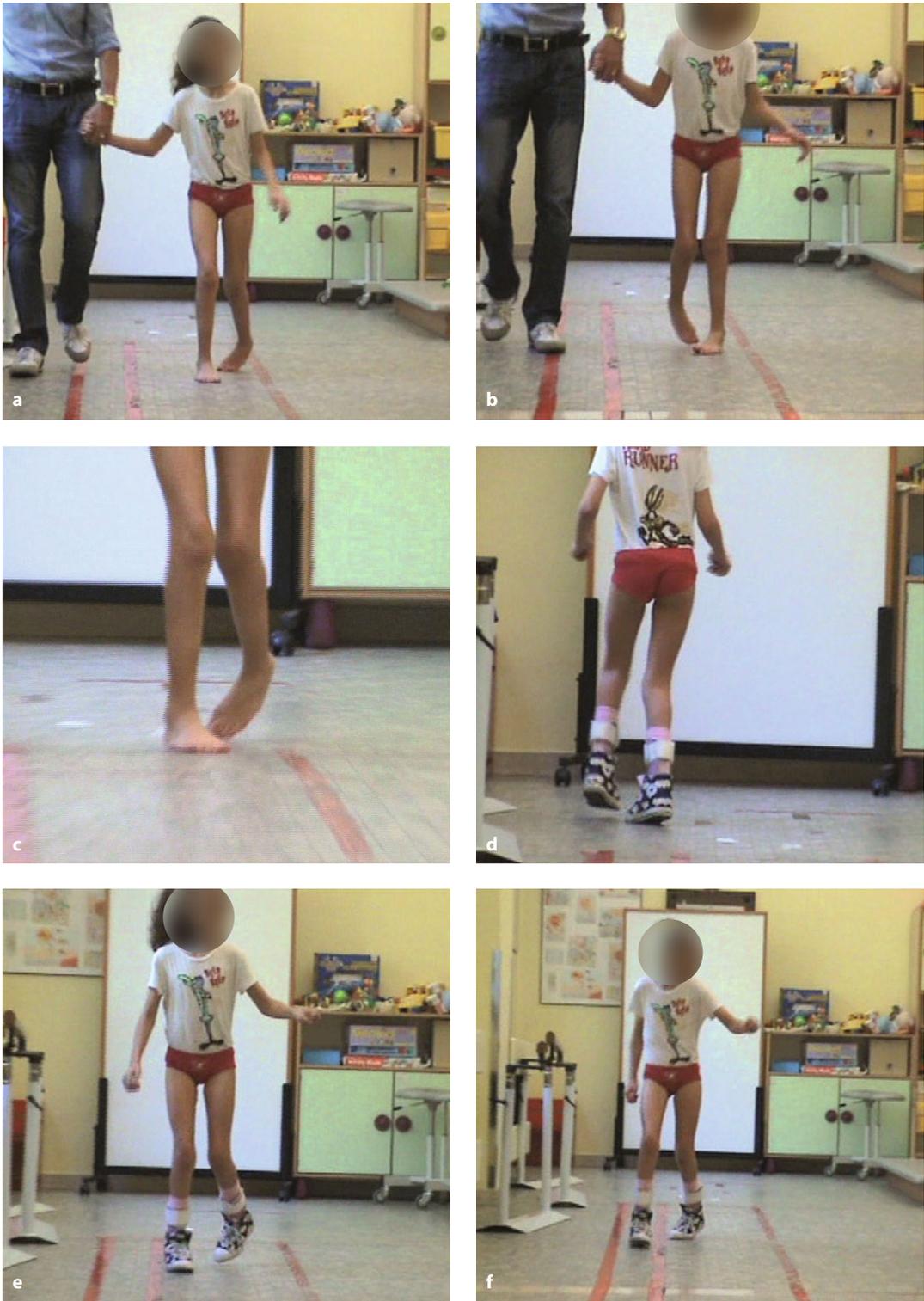


Fig. 3.25 Questa bambina con diplegia della terza forma non riesce a trovare una sufficiente stabilità e sicurezza nel cammino da scalza e richiede la mano dell'adulto. Con l'introduzione di tutori a doppia spirale, il cammino diviene più stabile e sicuro grazie al maggiore allineamento degli arti inferiori. La bambina è così in grado di camminare in autonomia

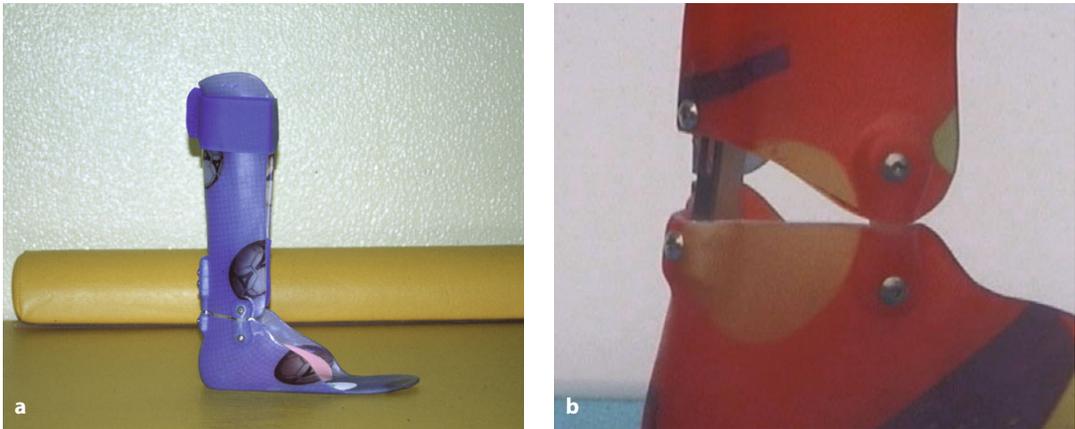


Fig. 3.26 Esempi di tutori HAFO e dell'articolazione tipo Tamarak

Approfondimento - Il caso di Anna

Analizzando il cammino di Anna, cercheremo di riconoscere i segni e di differenziarli in difetti o compensi secondo il ruolo che assumono nel favorire o ostacolare l'espressione della funzione. La loro interpretazione ci permetterà di individuare quali provvedimenti terapeutici adottare (ortesi, farmaci, fisioterapia ecc.).



Il cammino di Anna è lento e faticoso, l'avanzamento avviene attraverso una rotazione interna dell'arto in appoggio; sono presenti interferenza flessione-adduttoria, instabilità di bacino sul piano frontale ed esauribilità della reazione di sostegno, con necessità di affidare parte del carico agli arti superiori.

Il cammino di Anna è lento e faticoso, l'avanzamento avviene attraverso una rotazione interna dell'arto in appoggio; sono presenti interferenza flessore-adduttrice, instabilità di bacino sul piano frontale ed esauribilità della reazione di sostegno, con necessità di affidare parte del carico agli arti superiori.



La bambina è in grado di direzionare l'ausilio e di invertire la marcia, ma con molta difficoltà, a causa di un'interferenza adduttrice prepotente che non sembra potersi modificare.

Tramite la visione laterale del cammino, si riconoscono l'antepulsione del tronco, la flessione delle anche presente in tutte le fasi del passo, l'estensione incompleta delle ginocchia, sia in pieno appoggio sia dopo il passaggio della verticale, e l'equino di appoggio bilaterale. I passi sono corti e solo l'arto inferiore destro è in grado di compiere il semipasso anteriore.



Analisi dei singoli segmenti e ipotesi interpretativa

Tronco

Il tronco rimane antepulso durante tutto il ciclo del passo. Le possibili cause potrebbero essere:

- *moderata debolezza dei muscoli estensori d'anca*, in questo caso risulterebbe svantaggioso per la bambina utilizzare il deambulatore posteriore: esso estende posteriormente il poligono d'appoggio favorendo un pattern in estensione piuttosto che accogliere l'avanzamento della proiezione del baricentro dovuta all'antepulsione del tronco;
- *contrattura dei flessori d'anca*, che sarebbe evidente all'esame distrettuale e si assocerebbe a un'accentuazione compensatoria della lordosi lombare;
- *compenso alla difficoltà di attivare la flessione d'anca*, per esempio in seguito a ipostenia dei flessori dell'anca; sarebbe evidente all'esame distrettuale;
- *problema percettivo*: l'antepulsione del tronco è da interpretarsi come difesa percettiva da potenziali cadute in direzioni diverse da quella anteriore. Nel caso di Anna, questa rappresenta l'ipotesi più probabile.

Bacino

Nella visione frontale del cammino si apprezza un'instabilità di bacino. Le possibili cause potrebbero essere:

- *deficit di fissazione prossimale*, di natura centrale, che rende necessario l'utilizzo del deambulatore per sfruttare la stabilizzazione disto-prossimale tramite gli arti superiori;
- *insufficienza periferica del medio gluteo*, che si assocerebbe all'inclinazione compensatoria del tronco verso l'arto inferiore in appoggio, che qui manca;
- *segno secondario dell'interferenza adduttoria*, che destabilizza il cammino sul piano frontale durante l'avanzamento dell'arto in volo.

Nel nostro caso, siamo in presenza di un difetto di natura centrale (mancato raggiungimento della fissazione prossimale) che rende instabile il bacino sul piano frontale, a cui si aggiunge l'effetto di un'eccessiva attivazione dei muscoli adduttori, che inclina il bacino controlateralmente all'arto in carico durante l'appoggio monopodale. Considerando i compensi più tipici del cammino in presenza di instabilità del bacino, possiamo pensare che l'interferenza adduttoria sia stata sfruttata in un primo momento per favorire la fissazione del bacino attraverso la co-contrazione degli antagonisti, ma che sia poi diventata un difetto rispetto sia all'avanzamento dell'arto in volo, sia al mantenimento dell'orizzontalità del bacino per la sua scarsa modulabilità.

Anca

L'anca si presenta flessa durante tutte le fasi del passo. Le possibili cause potrebbero essere:

- *predominanza dello schema patologico in flessio-adduzione degli arti inferiori*, ovvero un'abnorme reazione allo stiramento dei muscoli flessori d'anca (ileopsoas e retto femorale) che ne impedisce l'estensione;
- *debolezza degli estensori d'anca*: in questo caso troveremmo come compenso l'iperlordosi e l'estensione del ginocchio, che non sono invece presenti;
- *compenso alla flessione del ginocchio*: se la flessione dell'anca fosse un compenso a un ginocchio rigido in flessione, l'antepulsione del tronco potrebbe servire a ridurre il braccio di leva al ginocchio e l'anca dovrebbe modulare il suo grado di flessione rispetto ai gradi di flessione presenti al ginocchio. Nella bambina l'anca rimane flessa in modo più stabile e fisso del ginocchio, che invece è relativamente modulabile.

Durante il cammino e nei cambi di direzione è evidente una certa *adduzione delle cosce*. Essa potrebbe essere interpretata come:

- *una causa centrale primaria legata all'espressione dello schema patologico in flessio-adduzione degli arti inferiori*, ovvero un difetto poco modificabile che determina un vincolo alla funzionalità del cammino in relazione all'avanzamento dell'arto in volo, alla fluenza e alla lunghezza del passo;
- *una soluzione attivata per compensare l'instabilità del bacino*, alla ricerca di una minore traslazione del bacino verso l'arto in appoggio e di un allineamento dell'asse corporeo;
- *entrambe le cause*: per questa bambina il ricorso all'adduzione delle cosce rappresenta ancora un compenso all'instabilità del bacino durante la stazione eretta (per esempio, durante il sollevamento del deambulatore per cambiare direzione), ma contemporaneamente costituisce un vincolo rispetto alla fluenza del passo, riducendone ampiezza e lunghezza.

Ginocchio

Durante il ciclo del passo le ginocchia non arrivano mai all'estensione completa. Potremmo ipotizzare:

- *un'esauribilità della reazione di sostegno*, evidente e chiaramente riconoscibile in questa bambina;
- *un accorciamento o una retrazione dei muscoli flessori* del ginocchio che non consentono una sua completa estensione. In questo caso il bacino dovrebbe essere retroverso, mentre in Anna ne osserviamo l'antiversione.

Piede

Durante la marcia il piede sinistro si presenta equino-valgo-pronato, il destro è invece equino-varo-supinato; ritroviamo un equino sia d'appoggio sia di sospensione. In fase di pieno appoggio l'equino si riduce parzialmente, ma non scompare. Come possiamo interpretarlo?

- *come espressione di un'esagerata reazione di sostegno o di una risposta primitiva al carico*, ma in questo caso la reazione di sostegno appare invece esauribile;
- *come tentativo di compensare l'esauribilità della reazione di sostegno* attraverso il ricorso al bilanciamento sulle punte.

Dopo avere condotto un'analisi per segmento cercando di interpretare il significato dei diversi segni clinici, è importante mettere in relazione tra loro le ipotesi interpretative e stabilire quale peso dare a ciascun segno, per arrivare a definire quali difetti intendiamo contrastare e quali compensi intendiamo assistere in relazione alla componente del cammino (per esempio, reazione di sostegno, reazione segnapassi, reazioni di equilibrio ecc.). L'ipotesi che costruiremo dovrà guidarci nell'individuare la strategia terapeutica da adottare e nella scelta dei presidi terapeutici più favorevoli.

Necessità di avanzare ovvero di attivare la reazione segnapassi:

- la bambina non è in grado di attivare movimenti di estensione e abduzione d'anca, né di combinarli insieme: ipotizziamo che la flessione dell'anca sia causata da un'interferenza flesso-adduttoria di natura centrale. Se la flesso-adduzione è una combinazione obbligata, per riuscire ad avanzare la bambina dovrà trovare una soluzione che non passi attraverso l'estensione dell'anca; ricorre infatti all'intrarotazione sull'arto in appoggio. In questo caso l'equino risulta vantaggioso in quanto la riduzione della superficie di appoggio al solo avampiede favorisce il pivot⁸;
- la valgo-pronazione del piede sinistro risulta vantaggiosa perché al contatto con il suolo introduce un pivot in rotazione esterna al piede, limitando gli effetti al suolo della rotazione interna della coscia e favorendo l'allineamento dell'arto inferiore. La varo-supinazione del piede destro aumenta invece la rotazione interna dell'arto inferiore in carico, chiudendo inopportuna l'angolo del passo. Seppur funzionale all'avanzamento, la rotazione interna dell'anca associata alla valgo-pronazione del piede crea sul ginocchio un conflitto torsionale fra due forze opposte: la rotazione interna a partenza dall'anca e la rotazione esterna a partenza dal piede.

⁸ *Pivot*: rotazione sul piede in appoggio. È un meccanismo che favorisce l'avanzamento.

Necessità di mantenere la verticalità quindi di *attivare la reazione di sostegno*:

- abbiamo considerato l'esauribilità della reazione di sostegno come deficit centrale non modificabile. L'equino è stato interpretato come un compenso interno favorevole a contrastare il difetto in quanto supporta la reazione di sostegno e fornisce propulsione alla marcia;
- un altro compenso vantaggioso per far fronte all'esauribilità della reazione di sostegno è l'utilizzo degli arti superiori in appoggio.

Necessità di mantenere un assetto stabile e sicuro durante la stazione eretta e il cammino:

- rispetto al controllo dell'asse corporeo, l'adduzione che deriva dal pattern centrale aiuta a stabilizzare il bacino in stazione eretta, ma allo stesso tempo intralcia l'avanzamento e favorisce l'inclinazione orizzontale del bacino durante la fase monopodale del passo;
- rispetto all'equilibrio complessivo, il deambulatore posteriore, che amplia il poligono d'appoggio, e gli arti superiori in grado di risposte sia di spinta (centrifughe) sia di afferramento (centripete) permettono alla bambina di compensare gli sbilanciamenti che conseguono all'avanzamento dell'arto in volo e all'instabilità del bacino.

Identificazione della forma clinica

Tenendo presenti tutti gli elementi considerati possiamo affermare che la bambina presenta una diplegia della prima forma. Per ottenere buoni risultati con il trattamento rieducativo, dobbiamo chiederci che cosa sia modificabile rispetto alla strategia organizzativa di questa forma di PCI e attraverso quali strumenti terapeutici. Le soluzioni terapeutiche proposte non potranno infatti prescindere dallo schema utilizzato dalla bambina e dallo stadio maturativo raggiunto.

La strategia utilizzata dalla prima forma di diplegia è la semplificazione: la bambina tende infatti a ridurre al massimo le ampiezze di movimento così da favorire il controllo simultaneo e sequenziale. Il cammino risulta lento, faticoso, esauribile, non fluente e con ridotta lunghezza del passo. Queste caratteristiche indurranno la bambina a investire poco su uno spostamento che non risulta funzionale e competitivo rispetto all'uso della carrozzina. Dobbiamo quindi domandarci se, all'interno della strategia organizzativa della prima forma di diplegia, coerentemente all'interpretazione che abbiamo fatto dei segni clinici, esistano obiettivi di cambiamento che possano rendere questo cammino più veloce e meno faticoso.

Come possiamo intervenire per migliorare la funzione cammino? Con quali strumenti?

Gli strumenti terapeutici di cui disponiamo nella riabilitazione sono la fisioterapia, i farmaci topici, distrettuali e sistemici, la chirurgia funzionale e le ortesi e gli ausili.

Fisioterapia

Sarebbe importante per la bambina raggiungere una migliore fissazione prossimale per risolvere, almeno in parte, l'instabilità di bacino. Fissando meglio il bacino, Anna potrebbe liberare con più facilità la reazione segnapassi, rendendo il cammino più fluido e veloce.

Tenendo conto della strategia di semplificazione e dell'interferenza flessore-adduttrice, ci sembra che il solo utilizzo della fisioterapia, in questa fase, sia insufficiente in quanto incapace di modificare significativamente le condotte motorie della bambina.

Tossina botulinica

Dobbiamo tornare all'interpretazione dei segni e domandarci se il cammino potrebbe trarre vantaggio da una maggiore ampiezza e libertà di alcuni distretti articolari.

L'equino è utile per il mantenimento della reazione di sostegno e non bisogna contrastarlo, errore che si compie molto di frequente quando si paragona il segno patologico alla normalità senza passare attraverso un'analisi attenta della funzione.

La mancata estensione del ginocchio sembra da imputarsi più all'esauribilità della reazione di sostegno che all'abnorme reazione allo stiramento degli ischiocrurali. Se attraverso la tossina botulinica decidessimo di ridurre la tensione, la bambina non raggiungerebbe comunque una completa estensione del ginocchio e indeboliremmo invece l'azione degli ischiocrurali come estensori d'anca.

Nonostante l'incompleta fissazione prossimale, potrebbe essere di aiuto indebolire i muscoli adduttori bilateralmente allo scopo di liberare la reazione segnapsi, aumentare l'ampiezza del movimento in flessione-estensione dell'anca, e diminuire la caduta orizzontale del bacino. Questa scelta s'inserisce all'interno di un progetto rieducativo che individua come obiettivo perseguibile il cammino con un ausilio che assicuri una soluzione alternativa alla stabilizzazione del bacino. Per l'insufficienza della reazione di sostegno si renderà necessaria l'applicazione di tutori.

Tutorizzazione

Le ortesi che verranno utilizzate e le loro caratteristiche, compreso il materiale di costruzione, dipenderanno dallo scopo che vogliamo raggiungere. Per esempio, se pensiamo di facilitare la reazione di sostegno potremmo prendere in considerazione i tutori AFO su calco, ma in questo caso non riusciremmo a ridurre l'intrarotazione dell'arto inferiore destro e quindi persisterebbe la difficoltà nell'avanzamento. Se invece decidiamo di stabilizzare la reazione di sostegno e di facilitare la reazione segnapsi, riducendo ampiezze e combinazioni di movimento, e offrendo contemporaneamente un contenimento percettivo, potremmo pensare a ortesi alte KAFO articolate con elastici posteriori extrarotanti.

Strumenti utilizzati

L'associazione di tossina botulinica sui muscoli adduttori, adozione di tutori KAFO articolati costruiti su calco, con elastici posteriori extrarotanti, e trattamento fisioterapico di addestramento alla marcia hanno permesso una modificazione significativa della performance del cammino.



(continua)



Il cammino si presenta ora più veloce e più fluente, sono evidenti un maggiore raddrizzamento del tronco e un' aumentata orizzontalità del bacino durante il carico monopodale.



La bambina è anche in grado liberare gli arti superiori dalla funzione di sostegno e riesce a sollevare il deambulatore con facilità per invertire la marcia. I tutori alti con elastici posteriori favoriscono l'estensione dell'anca in carico e l'avanzamento in extrarotazione dell'arto in volo, suggerendo una modalità di avanzamento non vincolata all'intrarotazione dell'arto in carico. Per questo motivo osserviamo una maggiore lunghezza del passo e una maggiore orizzontalità del bacino sul piano frontale.

**Per quanto tempo Anna dovrà utilizzare questo tutore?
Come camminerà a 15 anni?**

Sono domande importanti a cui è difficile dare risposte certe.

Occorre precisare innanzitutto che un tutore KAFO appare esagerato per un uso limitato del cammino; inoltre è decisamente poco confortevole se utilizzato in posizione seduta. È dunque da intendersi come uno strumento da sfruttare temporaneamente e, nel caso di Anna, successivamente all'azione della tossina botulinica sui muscoli adduttori per la presenza degli elastici posteriori extrarotanti. Tali tutori saranno da sostituire con tutori tipo AFO, più maneggevoli e meno ingombranti (costruiti su calco, eventualmente con appoggio sottorotuleo per facilitare maggiormente la reazione di sostegno ecc.).

Riguardo alla modalità di spostamento futuro e alle sue caratteristiche, si può dire che molto dipenderà dall'uso che la bambina vorrà e potrà fare del cammino, dal suo sviluppo (altezza, scatti di crescita, deformità ecc.), ma soprattutto da come a 15 anni Anna vedrà se stessa. È difficile infatti stare al passo con gli adolescenti del proprio gruppo se si utilizza un deambulatore, mentre potrà essere più appropriata la carrozzina, soprattutto se consideriamo gli spostamenti all'esterno.

La fatica spesa nella costruzione del cammino sarà comunque servita a dare ad Anna la possibilità di scegliere lo spostamento preferito garantendole la possibilità di un cammino intra-moenia utile per un accesso agevole anche in ambienti poco spaziosi.

In questo capitolo presenteremo alcuni casi clinici di bambini affetti da PCI al fine di esemplificare le relative proposte di trattamento fisioterapico.

Abbiamo scelto bambini con difficoltà nell'organizzazione della stazione eretta e del cammino, cercando di spaziare tra le diverse forme cliniche per presentare le possibili problematiche da affrontare e le differenti risorse da valorizzare.

Nella valutazione della funzione "cammino", risulta spesso necessario analizzare le strategie organizzative che il bambino utilizza sul piano orizzontale e in posizione seduta. Ciò permette di comprenderne l'organizzazione percettivo-motoria, i vincoli e le risorse possedute, quindi di ipotizzare l'evoluzione spontanea verso la quale indirizzare le scelte terapeutiche.

La valutazione della stazione eretta autonoma (ove possibile) con o senza appoggio anteriore, sarà rivolta nello specifico ad analizzare:

- le caratteristiche della reazione di sostegno (efficacia rispetto al mantenimento della postura e resistenza nel tempo);
- la funzione di sostegno eventualmente esercitata dagli arti superiori (afferramento e spinta);
- la capacità di controllo simultaneo gesto-postura in stazione eretta;
- il tipo di fissazione (distale o prossimale);
- la capacità di realizzare efficaci reazioni di difesa sia agli arti superiori sia agli arti inferiori (paracadute ed equilibri).

A conclusione del processo valutativo si esaminerà la funzione cammino analizzando:

- le caratteristiche della reazione segnapassi;
- la capacità di integrazione tra la reazione segnapassi e la reazione di sostegno;

- la capacità di direzionare un eventuale ausilio per gli arti superiori;
- la capacità di differenziare i compiti realizzati dai due arti inferiori (uno sostiene il carico mentre l'altro si sposta nello spazio);
- la capacità di distribuire il carico tra i due emilati;
- la stabilità dell'asse corporeo;
- la modalità di avanzamento.

Esamineremo poi i motivi che ci hanno condotto a proporre l'utilizzo di ausili e di ortesi e il ruolo che questi presidi ortopedici svolgono all'interno della proposta di trattamento.

L'intervento fisioterapico cercherà di tener conto sia dei dati raccolti dall'osservazione, necessaria all'individuazione di obiettivi specifici, sia delle esigenze e dei desideri del bambino in relazione alla sua fase di sviluppo.

4.1 Caso clinico n. 1: Mario

Età: 8 anni.

Diagnosi funzionale: diplegia.

4.1.1 Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria

Mario è un bambino dotato di buone capacità cognitive e relazionali. Di fronte ai compiti terapeutici, impiega tempo per rendersi pienamente partecipe della richiesta della fisioterapista. Ha bisogno di essere incoraggiato e di sperimentare gradualmente l'attività proposta prima di far emergere la propria iniziativa. Il timore di sba-

gliare e una ridotta tolleranza alla frustrazione lo rendono prudente e titubante verso nuove proposte. Presenta un repertorio motorio discretamente ricco e modulabile, nonostante la presenza di vincoli combinatori e di sinergie patologiche.

Mario mantiene la posizione seduta con un'accentuata retroversione del bacino e un'importante cifosi. Ha ancora una ridotta capacità di trasferire adeguatamente il carico sugli arti inferiori per ottenere un efficace punto di fissazione. Di fronte a perturbazioni posturali improvvise, manifesta reazioni di *startle* (Fig. 4.1) con perdita del controllo posturale e necessità di ricorrere a reazioni di difesa in afferramento. È comunque capace di contenere la reazione di *startle* e di mantenere gli arti superiori abbassati vicino al tronco.

Ai test per la valutazione della dispercezione, emergono manifestazioni di lieve entità, che non influiscono sull'utilizzo del repertorio motorio e non incidono in modo significativo sull'investimento nell'attività motoria. Si evidenzia qualche

reazione di *startle* a espressione distale durante i passaggi posturali e alla presentazione di stimoli visivi in entrata, la chiusura degli occhi più intensa e prolungata all'avvicinamento veloce di oggetti e la deviazione dello sguardo nella discesa delle scale. La reazione di *startle* rimane abbastanza contenuta in quanto non si accentua nemmeno in condizioni di precarietà posturale. In caso di perdita del controllo posturale (Fig. 4.1) Mario è capace di ricorrere a un utilizzo funzionale delle reazioni di paracadute, di equilibrio e all'afferramento. Il consenso all'azione è concesso anche rispetto a prestazioni complesse che presuppongono una reale possibilità di cadere. Sia da seduto che da eretto permangono invece difficoltà di processazione automatica delle informazioni posturali con perdita frequente dell'allineamento.

L'investimento sulla funzione cammino è abbastanza buono: Mario si muove con piacere e in modo funzionale con ortesi e deambulatore.

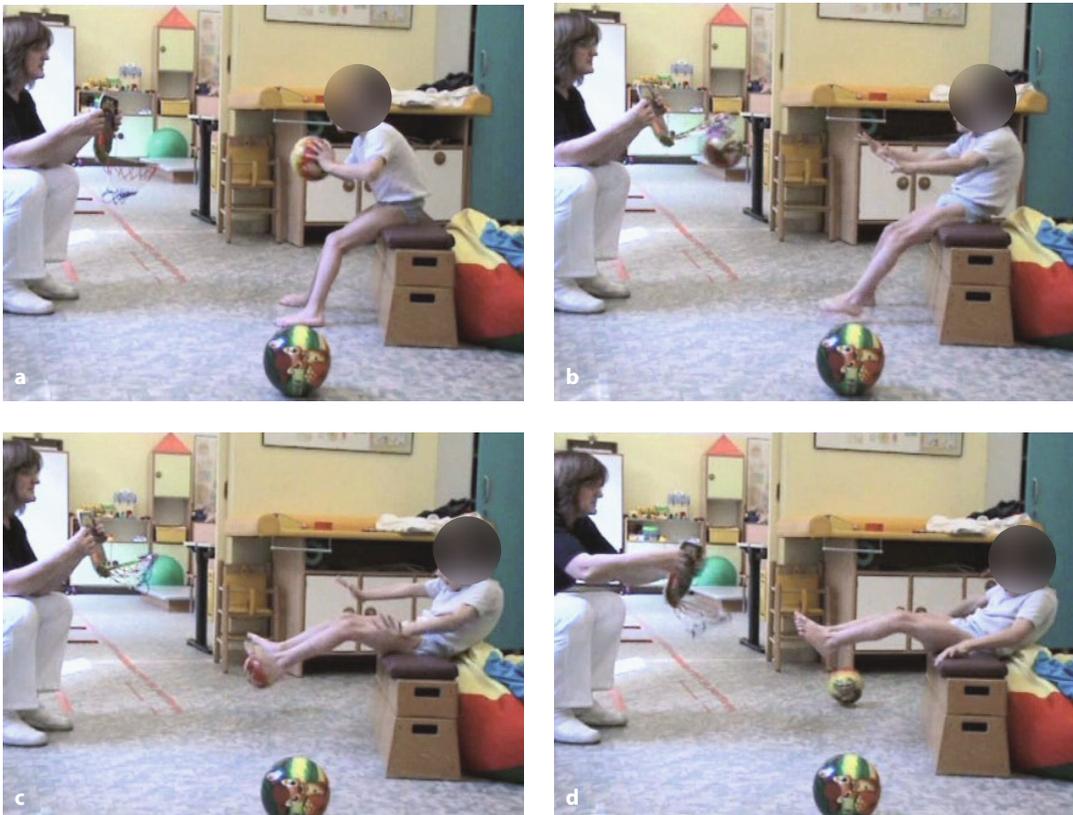


Fig. 4.1 Reazioni di *startle* e compromissione della postura durante il gesto degli arti superiori

L'esauribilità della reazione di sostegno incide notevolmente sulla stazione eretta e sulla postura seduta ed è uno degli aspetti più problematici della locomozione. In molte condizioni Mario tende ad assumere una postura sempre più flessa, fino a perderne il controllo (Fig. 4.2).

Un'altra seria difficoltà in stazione eretta e durante il cammino è l'incapacità di fissazione prossimale, soprattutto in termini di stabilizzazione del bacino. Questo trasla orizzontalmente verso il lato in appoggio a ogni passo. Sono visibili anche la caduta dell'emibacino controlaterale all'arto in carico e l'opposizione di fase nell'oscillazione tra cingolo scapolare e pelvico (Fig. 4.3).

All'età di sei anni e mezzo Mario ha affrontato un intervento chirurgico di allungamento dei muscoli adduttori e del gracile per ridurre l'interfe-

renza adduttrice. Se da un lato questo intervento ha consentito la liberazione dalla tendenza all'incrociamiento degli arti inferiori durante il cammino, dall'altro ha impedito a Mario di adottare uno dei compensi più utilizzati dai bambini diplefici (ricorso all'adduzione per facilitare la fissazione prossimale).

Mario utilizza la strategia di bilanciamento sull'avampiede¹ sia come compenso all'esauribilità della reazione di sostegno sia per favorire l'avanzamento propulsivo (Figg. 4.3 e 4.4). Durante l'avanzamento, l'arto inferiore sinistro assume un atteggiamento in intrarotazione e leggera adduzione, che non compare a destra. In fase monopodale, osserviamo la caduta dell'emibacino controlaterale all'arto in carico, con conseguente instabilità dell'asse corporeo: il rachide si inclina



Fig. 4.2 Esauribilità della reazione di sostegno



Fig. 4.3 Instabilità del bacino

¹ *Bilanciamento sull'avampiede*: l'appoggio del piede avviene sull'avampiede senza appoggio del tallone.

formando una curva convessa dal lato dell'arto in volo, con spostamento in opposizione di fase tra spalle e bacino. Mario facilita l'avanzamento degli arti inferiori attraverso la proiezione in avanti del tronco, aumentando il carico sugli arti superiori (Fig. 4.5). La reazione segnapassi viene facilitata dal movimento pendolare del capo e del cingolo scapolare. Aumentando la velocità, emergono l'incrociamiento degli arti inferiori e la tendenza all'avvitamento; ciò avviene sia perché il bacino non è stabile, sia a causa di una diminuzione dell'attenzione all'assetto posturale complessivo e alla traiettoria dell'arto inferiore in volo (Fig. 4.4).

Mario è in grado di mantenere la stazione eretta senza l'aiuto degli arti superiori solo se il bacino viene appoggiato al carrello, a causa della difficoltà a organizzare un'efficace fissazione prossimale e per l'incapacità di mantenere stabile il carico sugli arti inferiori. In questa posizione,

quando gli arti superiori vengono utilizzati per manipolare o trasportare oggetti, il bacino tende a traslare in avanti e a scivolare di lato, con conseguente perdita di stabilità della postura e necessità di maggiore appoggio. Per questi motivi, anche il sollevamento del carrello per cambiare direzione risulta difficile, in quanto gli arti superiori non possono abbandonare la funzione di sostegno ed eseguire un movimento in direzione opposta (Fig. 4.6)

Utilizzando un deambulatore con ruote pirostanti, lo spostamento risulterebbe certamente meno sicuro: aumenterebbe notevolmente la difficoltà nel controllare contemporaneamente avanzamento, direzione, stabilità sull'arto in carico e stabilità dell'asse corporeo, con il rischio di cambi direzionali non voluti.

La stazione eretta e il cammino con i quadripodi sono eseguibili da Mario esclusivamente in



Fig. 4.4 Strategie di avanzamento con il deambulatore



Fig. 4.5 Proiezione del tronco in avanti, carico sugli arti superiori e bilanciamento sull'avampiede



Fig. 4.6 Scivolamento laterale del bacino



Fig. 4.7 Proiezione anteriore del baricentro e movimenti pendolari di capo e tronco

palestra con il controllo della fisioterapista e sono possibili soltanto tenendo i quadripodi in posizione centrale e molto avanzata, per sopperire alla mancanza di controllo prossimale. La capacità di compiere aggiustamenti sugli arti inferiori per migliorare la base d'appoggio e per sfruttare le reazioni di difesa è ancora insufficiente. La tendenza all'avvitamento della postura diminuisce solo quando il carico viene trasferito in maniera più equilibrata tra gli arti inferiori, con miglioramento del raddrizzamento e dell'efficacia del pendolo frontale durante il cammino.

Nell'arco dell'ultimo mese, Mario ha dimostrato maggiore interesse verso lo spostamento con i quadripodi nonostante sia per lui più faticoso e più lento. L'avanzamento avviene in quattro tempi e con un'accentuazione dell'inclinazione anteriore del tronco (Fig. 4.7).

La proiezione del baricentro è molto avanzata rispetto ai piedi e il peso del corpo viene trasferito in maniera importante sugli arti superiori attraverso i quadripodi, che vengono mantenuti in una posizione eccessivamente anteriore e centrale. La necessità di attivare un costante controllo percettivo-motorio sulla sequenza del passo comporta una riduzione della fluenza. L'utilizzo dei quadripodi favorisce l'emergere dell'avanzamento di tre quarti con un'anticipazione dell'emilato sinistro rispetto al destro (Fig. 4.8).

Si può interpretare questa caratteristica in relazione al fatto che il carico viene mantenuto per lo più sull'arto inferiore di sinistra, dove è maggiore la stabilità ottenuta tramite l'iperestensione passiva del ginocchio. A destra l'iperestensione



Fig. 4.8 Avanzamento di tre quarti

è minore. La strategia di avanzamento è impostata sul pivot dell'avampiede, sull'inclinazione e sull'antepulsione del tronco e del capo, che facilitano la progressione dell'arto in volo.

Nel cammino senza tutori l'equino compare durante tutte le fasi del passo (Fig. 4.9). Questo si riduce in statica, consentendo un appoggio di pianta quasi completo, a scapito di un'accentuazione del disallineamento in valgo del retropiede (equino mascherato). Durante la fase di volo, la punta del piede tende a strisciare a terra per la presenza di un equino di sospensione e la difficoltà ad attivare la flessione dell'anca.

4.1.2 Ipotesi interpretative dei segni clinici e obiettivi fisioterapici

Gli elementi descritti ci portano a inquadrare la paralisi cerebrale di Mario in una prima forma di



Fig. 4.9 Cammino senza scarpe e senza tutori

diplegia ad anca estesa.

Tenuto conto dello spazio di modificabilità di questa forma, gli obiettivi a lungo termine del trattamento potranno essere:

- *acquisizione del cammino con quadripodi per agevolare gli spostamenti in ambienti interni* (per esempio, a domicilio), aumentando i tempi di utilizzo, la fluenza e la velocità. La funzionalità di questa forma di locomozione sarà completa se Mario riuscirà a raggiungere la capacità di mantenere la stazione eretta con l'appoggio di un solo arto superiore, in modo da poter liberare il controlaterale per afferrare e manipolare oggetti;
- *miglioramento dell'utilizzo del deambulatore, indicato per gli spostamenti in ambienti esterni* generalmente affollati (per esempio, a scuola), che garantisce maggiore stabilità e sicurezza. A questo fine saranno necessari la ricerca di un maggiore controllo sulla velocità della marcia, di una maggiore padronanza dei cambi di direzione e dei passaggi posturali e di un aumento della stabilità in stazione eretta per poter utilizzare più agevolmente gli arti superiori in compiti differenti;
- *utilizzo della carrozzina e della bicicletta* (con presa di bacino per rendere più stabile la seduta), per gli spostamenti all'aperto che possano prevedere una certa distanza o una certa durata.

Per raggiungere questi obiettivi saranno necessari ad opera della fisioterapista, un'attenta valutazione degli ausili più indicati e un idoneo adde-

stramento finalizzato al loro utilizzo.

Inoltre sarà necessario investire sui seguenti obiettivi a breve termine:

- **Obiettivo 1: distribuzione del carico tra arti superiori e inferiori in stazione eretta:**
 - favorire un parziale arretramento dalla proiezione del baricentro in stazione eretta e durante il cammino, inducendo un maggiore carico sugli arti inferiori e un maggiore raddrizzamento.
- **Obiettivo 2: migliorare la capacità di fissazione prossimale e di controllo del bacino in stazione eretta:**
 - migliorare la capacità di distribuire equamente il carico tra i due emilati e di trasferirlo da un emilato all'altro;
 - migliorare la capacità di bilanciare il carico e di equilibrarlo.
- **Obiettivo 3: alternanza dei compiti degli arti inferiori nella marcia:**
 - aumentare la capacità di differenziare i compiti tra i due arti inferiori (sostegno e gesto) per contrastare la tendenza allo strisciamento della punta del piede al suolo durante la fase di *swing*.

Tutte le proposte fisioterapiche sono da sviluppare con l'utilizzo di tutori AFO, poiché questi svolgono una funzione importante di semplificazione (riduzione delle stazioni di movimento da controllare), di facilitazione della reazione di sostegno (riducendo la fatica e aumentando la resistenza) e di contenimento delle deformità del piede in valgo-pronazione.

4.1.3 Proposte di trattamento

Proposta relativa agli obiettivi 1 e 2 (Fig. 4.10)

La proposta terapeutica condivisa con il bambino è rappresentata dal gioco del basket. Il compito richiesto è quello di mantenere la stazione eretta con un appoggio in afferramento laterale e di organizzare, contemporaneamente, il lancio delle



Fig. 4.10 Setting relativo alla prima proposta

palline nel canestro.

Nel tentativo di portare la palla dentro il canestro, possiamo osservare la difficoltà di mantenere l'allineamento posturale e la ricerca di fissazione prossimale utilizzando una posizione di tre quarti. Se attraverso questo esercizio vogliamo promuovere un maggiore controllo dell'asse corporeo e una limitazione dei compensi, dobbiamo avvicinare il canestro e rendere il compito più semplice.

Il gesto da eseguire e la posizione da mantenere obbligano Mario a una maggiore attenzione all'allineamento posturale per non cadere e per riuscire nel tiro: per evitare "l'avvitamento" della postura è necessario un attento controllo prossimale del bacino e un maggiore bilanciamento sugli arti inferiori. Gli arti superiori vengono liberati dal compito di sostegno e il tronco verticalizzato per la necessità di conservare la proiezione del baricentro all'interno della base d'appoggio. La linea rossa sul pavimento è un rinforzo percettivo all'allineamento degli arti inferiori per favorire una distribuzione più equa del carico.

Il ruolo della fisioterapista, che sostiene il bambino nella proposta di gioco, è quello di controllarne l'assetto posturale e di facilitarlo, attraverso istruzioni verbali, nell'aggiustamento della postura; ella recupera ogni volta le palline per porgerle a Mario a una distanza e a un'altezza tali da favorire il controllo del bacino, la distribuzione del carico sugli arti inferiori, l'attenzione alla postura.

Possiamo aumentare il grado di difficoltà della proposta spostando il canestro di fronte al bambino (Fig. 4.11). In questo modo lo spostamento del COP (proiezione del centro di massa) avviene in



Fig. 4.11 La direzione del gesto dell'arto superiore posta sul piano sagittale



Fig. 4.12 Trasferimento del carico da un arto inferiore all'altro

senso anteroposteriore anziché laterolaterale e il mantenimento dell'allineamento risulta più difficile in quanto il gesto avviene in direzione consensuale all'appoggio in afferramento, per cui è favorita la tendenza all'avvitamento.

Le diverse posizioni in cui viene collocato il canestro (altezza, distanza, posizione frontale, posizione laterale) inducono il bambino a riprogrammare l'azione partendo dall'assetto posturale (fissazione, distribuzione del carico) fino all'orientamento dell'arto superiore nei diversi piani dello spazio (Fig. 4.12).

Proposta relativa agli obiettivi 1 e 3 (Fig. 4.13)

La seconda proposta terapeutica prevede il tiro al bersaglio.

Il *compito richiesto* è la marcia all'interno nella corsia (non calpestabile) per raggiungere la "zona di tiro". La corsia obbliga Mario a controllare il bilanciamento complessivo e soprattutto l'integrazione degli arti inferiori con i superiori. Questi non potranno più essere spostati anteriormente in modo approssimativo, ma dovranno essere controllati sul piano laterale. Il *ruolo della fisioterapista* sarà quello di richiamare verbalmente l'attenzione del bambino sulla sequenza del passo.

Portando lateralmente i quadripodi, si induce un maggiore raddrizzamento e allineamento complessivo: il tronco verrà proiettato anteriormente in misura minore e di conseguenza verrà trasferito un carico maggiore sugli arti inferiori.

La forte motivazione e l'interesse di Mario a spendersi nel cammino hanno portato il team riabi-

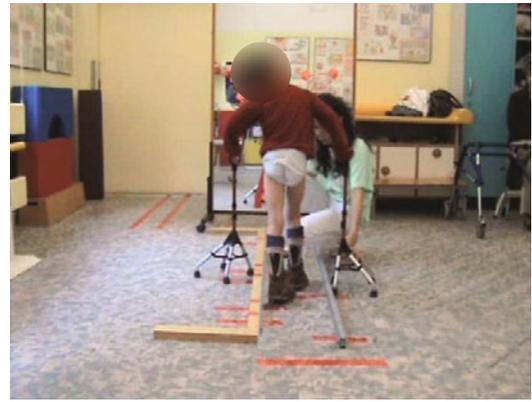


Fig. 4.13 Marcia all'interno di una corsia

litativo a investire su questa funzione pur nella consapevolezza che la lentezza e la fatica nel realizzarla potranno portare in adolescenza alla scelta di uno spostamento alternativo più efficiente, come quasi sempre accade all'interno della storia naturale della prima forma di diplegia.

4.2 Caso clinico n. 2: Filippo

Età: 2 anni e 11 mesi.

Diagnosi funzionale: diplegia.

4.2.1 Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria

Filippo possiede buone capacità cognitive e relazionali e non presenta disordini percettivi rilevanti. È in grado di mantenere la posizione seduta in autonomia e di svolgere contemporaneamente alcune semplici attività gestuali. Il tronco si presenta cifotico, le ginocchia sono flesse e l'appoggio è portato sul sacro (Fig. 4.14). Il mantenimento di una posizione seduta stabile è ancora difficoltoso: Filippo ricorre all'appoggio degli arti superiori anche in caso di piccoli spostamenti del baricentro. Le dita dei piedi sono costantemente atteggiate in *grasping* (Fig. 4.15).

In posizione seduta sul panchetto il tronco è più eretto e la posizione più stabile. In risposta ad un minimo spostamento del tronco (Fig. 4.16) Filippo è in grado di mantenere la posizione seduta



Fig. 4.14 Il bambino gioca in *long sitting*



Fig. 4.15 *Grasping* delle dita dei piedi



Fig. 4.16 Posizione seduta a gradino



controllando in autonomia l'asse corporeo, ma perdendo parzialmente l'appoggio dei piedi. Nei passaggi posturali è in grado di ruotare fra loro i cingoli scapolare e pelvico.

Il raggiungimento della stazione eretta autonoma è possibile attraverso l'afferramento degli arti superiori, che rivestono in questa manovra un

ruolo determinante. Il passaggio posturale avviene attraverso la posizione a "cavalier servente" (*half kneeling*) condizionata in parte dall'interferenza adduttrice (Fig. 4.17).

Riguardo agli spostamenti orizzontali, il bambino è capace di organizzare un gattonamento a schema crociato, che assolve pienamente all'esi-



Fig. 4.17 Passaggio posturale verso la stazione eretta



Fig. 4.18 Gattonamento crociato





Fig. 4.19 Afferramento del giocattolo dalla posizione a carponi

genza di spostarsi nello spazio in modo veloce e funzionale (Fig. 4.18).

Filippo è anche in grado di mantenere la posizione a carponi durante un'attività gestuale semplice che coinvolge un solo arto superiore (Fig. 4.19).

Nella motricità a terra e nei passaggi posturali, il bambino mostra una buona libertà di scelta tra le varie combinazioni di movimento: per esempio, riesce a raggiungere e mantenere la posizione in ginocchio ad anca pressoché estesa, con o senza il sostegno degli arti superiori (Fig. 4.20).

Rispetto a questa prima osservazione, possiamo affermare che il bambino possiede un discreto repertorio motorio e la capacità di organizzare sequenze posturali in differenti combinazioni; sono però presenti difficoltà nel controllo simultaneo di gesto e postura, anche in posizione seduta.

Nelle situazioni analizzate, inoltre, non sembrano evidenziarsi segni di intolleranza percettiva: Filippo riesce ad affrontare i passaggi posturali e le perturbazioni posturali senza mostrare segni di disagio.

Procedendo nella valutazione della stazione eretta e del cammino, osserviamo che Filippo possiede una reazione di sostegno sufficiente per raggiungere la posizione eretta, ma esauribile: egli si flette progressivamente sugli arti inferiori e affida agli arti superiori il compito di mantenere la posizione. L'arto inferiore cede rapidamente in flessione all'anca e al ginocchio, mentre la tibiotarsica passa in talismo, con valgismo del retro piede specie a sinistra (Fig. 4.21).



a



b



c

Fig. 4.20 Posizione in ginocchio ad anca estesa

Il bambino tenta di stabilizzare la postura attraverso l'adduzione e l'intrarotazione delle cosce, fino a portare le ginocchia a contatto fra loro. Quando è richiamato verbalmente (Fig. 4.21c) è in grado di recuperare una sufficiente reazione di sostegno.

Confrontando i due emilati (Fig. 4.21), emerge una significativa differenza nella distribuzione del carico fra i due arti inferiori: appena la posizione diviene precaria, il carico viene trasferito sull'arto inferiore destro. In questa situazione è evidente la difficoltà di Filippo a liberare gli arti superiori



Fig. 4.21 Esauribilità della reazione di sostegno

dai compiti di sostegno per poter accedere alla bimanualità. Il ricorso all'appoggio anteriore del tronco per stabilizzare la postura si giustifica in questo senso.

Il cammino, che in questa fase avviene attraverso l'utilizzo di un deambulatore posteriore, è caratterizzato da una discreta fluidità, dalla velocità e dall'affollamento dei passi. Esprime il piacere di muoversi e di scoprire quanto lo circonda.



Fig. 4.22 Cammino tra le parallele

Anche all'interno delle parallele, il cammino è poco controllato poiché il bambino si trova ancora in una fase di precarietà motoria in cui predomina la semplificazione del pattern (Fig. 4.22).

La velocità del cammino favorisce l'affollamento dei passi a scapito del controllo sulla sequenza dell'avanzamento e dell'allineamento posturale.

Esaminando il cammino di Filippo nella sua



Fig. 4.23 Deficit di fissazione prossimale

componente frontale, compare una difficoltà nel controllo dell'asse corporeo legata al deficit di fissazione prossimale, riconoscibile chiaramente nelle traslazioni laterali del bacino in carico monopodale (Fig. 4.23).

4.2.2 Ipotesi interpretative dei segni clinici e obiettivi fisioterapici

Dal percorso valutativo emergono l'assenza di schemi patologici prepotenti e la conservata libertà di scelta, la buona capacità gestuale e di sostegno degli arti superiori, il discreto repertorio motorio degli arti inferiori, la capacità di organizzare strategie efficaci nella motricità orizzontale, la tendenza a semplificare in stazione eretta e nel cammino.

I problemi principali relativi all'organizzazione delle funzioni emergenti (stazione eretta e cammino) sono l'esauribilità della reazione di sostegno, il deficit di fissazione prossimale, la difficoltà nel trasferimento di carico tra i due arti inferiori e l'affollamento dei passi².

Il deficit della reazione di sostegno è un segno di natura centrale che fa parte dei segni poco modificabili. Per **dare continuità alla reazione di sostegno** si è deciso di prescrivere tutori AFO rigidi alla tibiotarsica (SAFO) come strumento di facilitazione adottati durante le proposte di trattamento realizzate in stazione eretta.

Inoltre dalla valutazione emerge la possibilità di migliorare la capacità di fissazione prossimale. Il programma fisioterapico si pone quindi come **primo obiettivo l'acquisizione di una progressiva capacità di fissare l'asse corporeo in stazione eretta**. Un secondo obiettivo perseguibile è il **miglioramento della distribuzione del carico tra i due emilati in stazione eretta**, così da aumentare la stabilità posturale e raggiungere la possibilità di eseguire contemporaneamente compiti gestuali complessi. Un terzo obiettivo possibile consiste nel **raggiungimento di un maggior controllo motorio sulle singole componenti del cammino** (all'interno delle parallele) per ridurre l'affollamento dei passi.

4.2.3 Proposte di trattamento

Il primo esercizio propone il mantenimento della stazione eretta con l'appoggio laterale di un solo

²Affollamento dei passi: i passi si presentano rapidi, corti e ravvicinati.



Fig. 4.24 Proposta terapeutica

arto superiore mentre il controlaterale è impegnato in gesti rapidi in allontanamento e avvicinamento dall'asse corporeo (Fig. 4.24).

La proposta consiste nell'afferrare e lanciare una palla piccola e leggera: il bambino deve compiere un gesto rapido e non particolarmente preciso, poiché la palla deve essere semplicemente lanciata il più lontano possibile.

Nella realizzazione dell'esercizio si osserva un progressivo aumento del controllo posturale attraverso la fissazione di tronco e bacino, sia nella fase di afferramento sia nella fase di lancio (vedi Fig. 4.24). Filippo è in grado di controllare la propria postura mentre utilizza l'arto superiore per giocare: cerca di evitare eccessivi spostamenti laterali del bacino e sfrutta i sostegni presenti passando dall'appoggio dell'avambraccio alla spinta sulla mano.

Nel perseguire il **secondo obiettivo** il setting prevede due tavoli di differente altezza, posti l'uno accanto all'altro in modo da formare un angolo

retto (Fig. 4.25).

La proposta è quella di "preparare la pappa" con scatole, pentole giocattolo e barattoli, distribuiti in modo casuale sui due tavoli. Il bambino, per prendere gli strumenti necessari, deve spostarsi lateralmente tra un tavolo e l'altro alternando il carico tra i due arti inferiori (compito). Il ruolo della fisioterapista è quello di partecipare al gioco, suggerendo pietanze da preparare, e di facilitare gli spostamenti in una direzione e nell'altra cambiando la posizione degli oggetti. Fondamentale è la guida verbale, talvolta anche motoria, per sollecitare il trasferimento di carico in particolare verso l'emilato sinistro che presenta maggiori difficoltà nella accettazione del carico (Fig. 4.26).

Successivamente si richiede al bambino di passare dal trasferimento del carico tra i due arti inferiori alla realizzazione di un vero e proprio spostamento laterale tra i due tavoli, operazione che richiede un maggior controllo delle diverse



Fig. 4.25 Setting dell'esercizio terapeutico



Fig. 4.26 Alternanza di carico

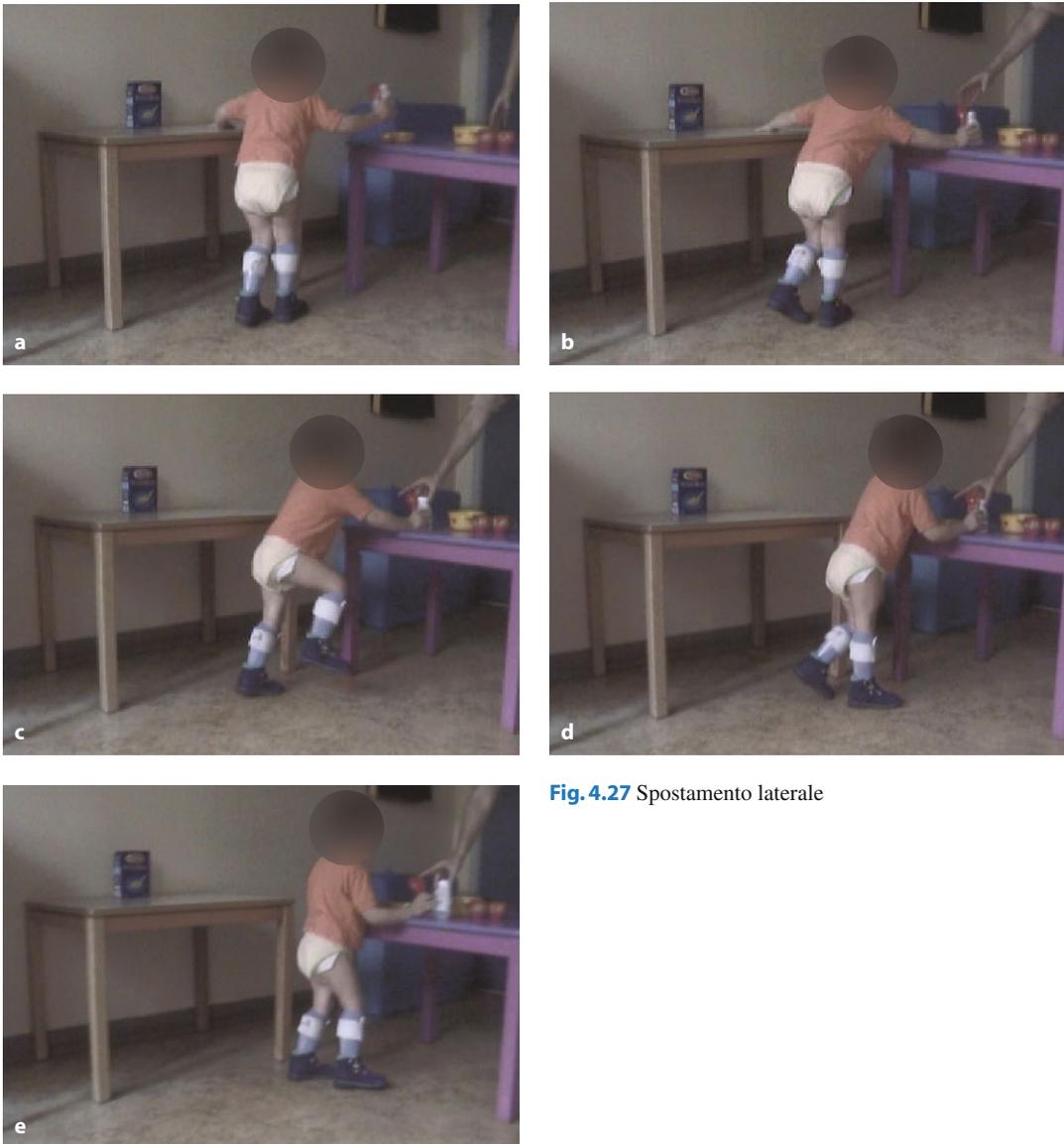


Fig. 4.27 Spostamento laterale

componenti: reazione di sostegno, raddrizzamento, fissazione prossimale ed equilibrio (Fig. 4.27). Il bambino è in grado di spostarsi da un supporto all'altro e di mantenere la stazione eretta senza appoggiare il tronco al tavolo. Progredendo con l'esercizio, lo spazio operativo viene ampliato e la fisioterapista propone il raggiungimento e l'afferramento di oggetti posti anche nello spazio posteriore alla sinistra del bambino (Fig. 4.28).

Con l'aiuto di un solo arto superiore, il bambino riesce a organizzare il trasferimento del ca-

rico sull'emilato sinistro e a spostare la proiezione del baricentro senza perdere la stabilità posturale.

Il **terzo obiettivo** di trattamento è il raggiungimento di un maggiore controllo motorio sulle singole componenti del cammino per ridurre l'affollamento dei passi.

Il setting è costituito da un tappeto sonoro inserito all'interno delle barre parallele che produce musica ogni qualvolta si calpesti una delle sue piccole orme colorate (Fig. 4.29). Queste ultime rappresentano una forma di facilitazione poi-



Fig. 4.28 Ampliamento dello spazio operativo



Fig. 4.29 Esercizio fisioterapico

ché favoriscono il controllo selettivo del movimento dell'arto inferiore. Le barre parallele permettono invece un sostegno fisso in afferramento agli arti superiori. La proposta è quella di avanzare sul tappeto cercando di calpestare le orme in modo da produrre la musica desiderata. Il compito richiesto al bambino è quello di dirigere l'appoggio del piede in una precisa posizione del tappeto e di controllare visivamente la direzione dell'arto in volo, regolando la lunghezza del passo anteriore. Il ruolo della fisioterapista è quello di guidare Filippo lungo il percorso, indicando l'orma su cui posizionare il piede.

La libertà di scelta del repertorio e la capacità di apprendimento e di modificazione osservata all'interno delle proposte di trattamento ci portano a ipotizzare una prognosi favorevole per il cammino autonomo. La maturazione della funzione nel tempo permetterà di confermare che il pattern di cammino di Filippo sia collocabile all'interno della seconda forma di diplegia.

4.3 Caso clinico n. 3: Roberto

Età: 4 anni.

Diagnosi funzionale: diplegia, quarta forma.

4.3.1 Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria

Roberto possiede ottime capacità relazionali e cognitive, e non mostra problemi di tolleranza percettiva. Il suo disturbo motorio si localizza prevalentemente a livello distale. All'età di 2 anni, grazie anche al trattamento fisioterapico, ha acquisito un cammino autonomo stabile, sicuro e veloce, caratterizzato da uno schema con equino di contatto, di pieno appoggio e di spinta, e rotazione interna delle cosce. All'età di 4 anni possiamo osservare una buona capacità di camminare autonomamente anche se a livello del piede si rileva un'accentuazione dell'equino di appoggio, di spinta e di sospensione che penalizza la stabilità e la sicurezza (Fig. 4.30).

L'equino del piede sinistro si riduce solo parzialmente in stazione eretta: la tibiotarsica man-

tiene un angolo maggiore di 90°, il ginocchio viene spinto in estensione e l'anca portata in flessione per compensare lo sbilanciamento posteriore del baricentro legato alla mancata flessione della tibia sul piede. Per ottenere un appropriato raddrizzamento del tronco, il bacino viene portato in antiversione con iperlordosi secondaria. A livello del piede destro, l'aumentata tensione a carico dei gastrocnemi laterale e mediale impedisce l'appoggio completo in stazione eretta e nei passaggi posturali, compromettendo la distribuzione del carico fra gli arti inferiori. Il peso del corpo viene prevalentemente sostenuto dall'arto inferiore sinistro. Il piede destro si mantiene in equino e non arriva all'appoggio del tallone. A sinistra si rileva una riduzione dell'equino associata a iperestensione del ginocchio e antiversione del bacino (Fig. 4.31).

Alla valutazione distrettuale si rileva un'aumentata tensione a carico dei gastrocnemi mediale e laterale: a sinistra la tibiotarsica raggiunge a fatica i 90°; a destra la tensione appare più marcata ed è impossibile raggiungere i 90°.

Dal punto di vista funzionale, l'aumentata tensione dei tricipiti porta Roberto a una maggiore titubanza e alla percezione di instabilità nel salire e scendere le scale (Fig. 4.32), attività per la quale il bambino chiede l'aiuto dell'adulto, mentre in precedenza era in grado di compierla autonomamente.

Le difficoltà aumentano anche nel superamento degli ostacoli: Roberto è in grado di scavalcare l'asticella posta a 5 centimetri dal pavimento senza particolari difficoltà motorie, ma non riesce a superare quella posta a 10 centimetri (Fig. 4.33) in quanto la base d'appoggio estremamente ridotta rende l'equilibrio precario. La mamma riferisce un aumento delle cadute, soprattutto se ci sono ostacoli da superare.

Durante l'osservazione si rendono evidenti l'insicurezza nell'arrestare la marcia e nel raccogliere oggetti situati a terra e l'instabilità durante l'appoggio monopodale destro, nel gesto di calciare la palla. Roberto non trova mai una reale stabilità monopodale e perde facilmente l'equilibrio, sbilanciandosi all'indietro nonostante i compensi di iperestensione del ginocchio e di antiversione del bacino (Fig. 4.34).



Fig. 4.30 Appoggio permanente in equino durante la marcia



Fig. 4.31 Alterata distribuzione del carico tra i due arti inferiori



Fig. 4.32 Titubanza nel salire il gradino



Fig. 4.33 Difficoltà del bambino a trasferire il carico sull'arto inferiore destro





Fig. 4.34 Equino d'appoggio al piede destro scarsamente risolvibile

4.3.2 Interpretazione dei segni clinici e obiettivi fisioterapici

Nel riconoscere la componente dell'equino d'appoggio come un "difetto" all'interno dell'organizzazione del cammino di Roberto, si decide di intervenire attraverso l'inoculo di tossina botulinica per ridurre la tensione dei gastrocnemi mediale e laterale. La tossina botulinica, riducendo la tensione muscolare, permette un appoggio quasi completo del piede e apre uno spazio di modificabilità della funzione che il bambino, attraverso la fisioterapia, imparerà a sfruttare per recuperare la stabilità nella stazione eretta, nei passaggi posturali e durante il cammino. In questa fase, infatti, si può ancora ricercare un maggiore controllo delle singole fasi del passo.

Gli obiettivi fisioterapici post-inoculo di tossina botulinica sono:

1. recuperare la lunghezza dei muscoli inoculati;
2. migliorare la stabilità e la sicurezza nei passaggi posturali e durante l'arresto della marcia;
3. migliorare la sicurezza e la stabilità monopodale

(nel calciare la palla, nel salire e scendere le scale e nel superare ostacoli);

4. favorire un maggiore controllo delle singole fasi del passo, cercando di ottenere l'appoggio plantigrado di entrambi i piedi e un'equa distribuzione del carico.

4.3.3 Proposte di trattamento

Vediamo ora quali sono le proposte di intervento in relazione agli obiettivi che ci siamo posti a seguito dell'inoculo di tossina botulinica.

1. Durante il primo periodo post-inoculo è importante intervenire per **favorire la diffusione della tossina nel muscolo inoculato** attraverso un'intensificazione dell'attivazione muscolare. Successivamente alla comparsa dell'effetto inibitorio del farmaco, il percorso fisioterapico è finalizzato all'**allungamento dei muscoli inoculati** mediante manovre di stretching muscolare passivo lento, graduale e progressivo (Fig. 4.35). Le manovre vengono ripetute 10 volte per ogni sequenza, 2 volte al



Fig. 4.35 Manovra di stiramento lento, graduale e progressivo dei muscoli gastrocnemi mediale e laterale



giorno per le prime 2 settimane, poi 1 volta al giorno fino al 30° giorno dall'inoculo.

Per ottimizzare e mantenere l'effetto della tossina, sono state prescritte ortesi gamba-piede prefabbricate, adatte al piede del bambino. Il loro utilizzo è consigliato con continuità durante il giorno e, per la prima settimana, anche durante il riposo notturno. A questo scopo le ortesi vengono fissate opportunamente al segmento gamba-piede con una benda elastica, così da mantenere in condizioni di allungamento la muscolatura inoculata.

A un mese dall'inoculo della tossina botulinica, la valutazione rileva un buon effetto inibitorio sulla spasticità, buono anche il miglioramento funzionale: il bambino è in grado di raggiungere l'appoggio completo del piede in stazione eretta, di mantenere per circa 3 secondi l'appoggio monopodale sia a destra sia a sinistra e di raccogliere oggetti collocati a terra, mantenendo l'appoggio di entrambi i talloni (Fig. 4.36). Il cammino avviene bilateralmente con appoggio completo del piede e con modesta inversione dello schema del

passo.

Contemporaneamente il trattamento funzionale post-tossina si rivolge ai seguenti obiettivi:

2. **Migliorare stabilità e sicurezza nei passaggi posturali e durante l'arresto della marcia:** è importante che il bambino migliori la distribuzione del carico tra i due arti inferiori (soppressione). Viene costruito il setting per un'attività da svolgere in stazione eretta e si affida al bambino il compito di controllare il soppressione tra gli arti inferiori, schiacciando la figura all'interno della sagoma vuota (Fig. 4.37). Il significato dell'esercizio è riconoscibile nella capacità del bambino di sperimentarsi controllando la stabilità dell'appoggio in stazione eretta e adeguandosi continuamente alla morbidezza e alla cedevolezza del tappeto (compito percettivo-motorio). Durante questo esercizio si osserva una minima attivazione spontanea dei dorsiflessori del piede.
3. **Migliorare la sicurezza e la stabilità monopodale e favorire l'emergere di strategie di difesa e di equilibrio nel cammino:** vengono proposti giochi di abilità. Il setting prevede



Fig. 4.36 Appoggio monopodale (a, b), raccolta di oggetti (c) e appoggio dei piedi a tutta pianta (d-f)



Fig. 4.37 Soppesamento tra gli arti inferiori



Fig. 4.38 Ostacoli nelle parallele



Fig. 4.39 Salita e discesa dal gradino in autonomia mantenendo l'afferramento alle barre

un percorso caratterizzato da diverse prove all'interno delle parallele, che forniscono maggiore sicurezza al bambino e gli garantiscono la possibilità di afferrarsi in caso di necessità. Il percorso inizia con un ostacolo da superare (Fig. 4.38) e prosegue con la salita e la discesa da un gradino (Fig. 4.39), così da favorire la stabilità monopodale e il passaggio di carico fra gli arti inferiori.



Fig. 4.40 Cammino sulla superficie instabile del cuscino

Per favorire l'emergere delle reazioni di equilibrio si propone lo scavalcamento di un cuscino morbido, su cui il piede del bambino sprofonda creando un'instabilità che egli deve compensare attivando reazioni paracadute a carico degli arti inferiori (Fig. 4.40). La complessità del compito è maggiore in quanto viene negata la possibilità di afferrare supporti durante il percorso. In questo esercizio è possibile riconoscere, oltre al compito motorio, anche una valenza percettiva in quanto il bambino è costretto a prestare attenzione ai segnali destabilizzanti che arrivano dalla "periferia" (piedi e arti inferiori) per riprogrammare e pianificare il movimento senza l'utilizzo degli arti superiori come sostegno, ma solo per funzioni di equilibrio.

Sempre nell'ottica di migliorare la sicurezza e la stabilità nel cammino, si propone un percorso su superfici destabilizzanti con caratteristiche tattili e pressorie diverse, così da richiedere al bambino un maggiore controllo percettivo-motorio (Fig. 4.41).

4. **Favorire un maggiore controllo delle singole fasi del passo:** il compito richiesto a Roberto è di controllare la lunghezza, l'ampiezza e l'angolo del passo passando da una casella all'altra, mantenendo una traiettoria costante e l'appoggio plantigrado del piede (Fig. 4.42).

Per una maggiore presa di coscienza della distribuzione del carico tra gli arti inferiori, viene costruito un setting in stazione eretta con due bilance e viene proposto un gioco di abilità in cui il bambino vince un punto ogni volta che indovina quando il peso è ugualmente distribuito tra i due arti inferiori. La fisioterapista sta accanto al bambino per intervenire in caso di perdita dell'equilibrio. Inizialmente il bambino prova a controllare la quantità di peso che oscilla tra le bilance a occhi aperti, poi continua l'attività a occhi chiusi (Fig. 4.43). È molto importante riuscire a trovare una modalità di gioco divertente per coinvolgere il bambino in questa attività, che è sicuramente molto efficace per la presa di coscienza, ma molto complessa sotto il profilo attentivo e percettivo.



a



b



c

Fig. 4.41 Cammino su superfici con caratteristiche tattili, pressorie e di attrito diverse



a



b

Fig. 4.42 Cammino controllato sulle caselle del puzzle



a



b

Fig. 4.43 Gioco delle bilance



Fig. 4.44 Cammino fluido e sicuro con ciabatte infradito

A tre mesi dall'inoculo della tossina, l'effetto inibitorio è ancora presente e il bambino è capace di un controllo delle singole fasi del passo tale da permettergli di camminare senza scarpe, indossando i sandali infradito (Fig. 4.44).

Il cammino è ora fluente, sicuro, stabile e resistente; Roberto è in grado di arrestare prontamente la marcia e di distribuire in modo più omogeneo il carico tra i due arti inferiori avanzando con appoggio tacco-punta.

4.4 Caso clinico n.4: Francesco

Età: 3 anni

Diagnosi funzionale: diplegia.

Nota: nell'ambito delle forme diplegiche della PCI, possiamo incontrare bambini abili e veloci nell'acquisire le abilità motorie sul piano orizzontale, ma che manifestano difficoltà nel raggiungere il cammino autonomo e necessitano per questo dell'intervento fisioterapico. In questi casi è spesso la presenza di un disturbo percettivo a condizionare l'accesso al repertorio motorio conservato. Solo attraverso un programma riabilita-



Fig. 4.45 Il bambino è capace di spostarsi da un supporto anteriore a un supporto laterale (a, b) mentre non è in grado di ruotarsi per raggiungere il piano d'appoggio posteriore (c, d)

tivo mirato è possibile per loro raggiungere l'autonomia nel cammino.

4.4.1 Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria

Francesco possiede una buona capacità di compiere la navigazione costiera (cammino laterolaterale) e di spostarsi in stazione eretta passando da un supporto all'altro (Fig. 4.45).

Il cammino mostra un'inversione dello schema del passo caratterizzata da un equino di sospen-

sione e di contatto. Nell'affrontare un piccolo tragitto senza supporti, Francesco richiede il contatto costante dell'adulto che non rappresenta per lui una facilitazione motoria, ma la condizione necessaria per raggiungere il consenso percettivo all'azione (Fig. 4.46).

Nonostante la capacità di esercitare il cammino sia presente già da mesi, Francesco non riesce ad affrancarsi da questo bisogno.

Per Francesco l'intervento fisioterapico rappresenta una guida esperienziale che consente al bambino di trovare soluzioni che lo rendano autonomo dalla presenza rassicurante dell'adulto.



Fig. 4.46 Il bambino è in grado di camminare solo se l'adulto mantiene un minimo contatto con la fisioterapista. Non ha bisogno di essere sostenuto o aiutato, ma solo di sentire il tocco dell'adulto, come segno di presenza rassicurante intorno a lui

4.4.2 Ipotesi interpretative dei segni clinici e obiettivi fisioterapici

Quale valore possiamo attribuire a quel minimo contatto fisico? Sul piano motorio non ha alcun significato, non rappresentando né un sostegno né una difesa efficace; acquista piuttosto valore sul piano percettivo poiché permette al bambino di raggiungere il consenso all'azione rendendo tollerabile la prestazione che sta per compiere.

Il dito dell'adulto è il "passaporto" per il cammino attraverso cui Francesco riesce a contenere in limiti accettabili la sua paura. Quando però viene perpetuato nel tempo, tale contatto diviene sfavorevole per la conquista dell'autonomia motoria e psicologica.

Obiettivo del trattamento fisioterapico è l'**acquisizione del cammino autonomo**. Per raggiungerlo è necessario favorire:

1. la strategia di velocizzazione come modalità di auto-contenimento del disagio percettivo prodotto dallo spazio aperto (paura del vuoto, paura di cadere);
2. l'attivazione di reazioni di difesa veloci ed ef-

ficaci agli arti superiori in risposta a eventuali perturbazioni destabilizzanti insorte in stazione eretta o durante il cammino.

La velocizzazione della marcia è una strategia utile per il superamento della paura, funzionale all'acquisizione dell'autonomia nel cammino. Per raggiungere questo obiettivo, si deve facilitare il ricorso alla spinta propulsiva offerta dall'equino attraverso l'adozione di calzature con suola flessibile in grado di consentire la massima dinamicità. Nell'analisi del passo risulta evidente l'inversione dello schema, dovuta all'equino di contatto e di sospensione, che conferisce una certa instabilità e precarietà alla stazione eretta e alla marcia. Tale situazione potrebbe indurci alla prescrizione di ortesi, un AFO per esempio, per migliorare la clearance e per consentire un migliore controllo dell'appoggio e quindi una maggiore stabilità in carico. Ortesi di questo tipo, però, rallenterebbero il passo interrompendo la fluenza della marcia e richiederebbero a Francesco un maggiore impegno nel controllo sequenziale, aggravando i problemi dell'equilibrio dinamico.

In questa fase, in cui non i segni motori, bensì quelli percettivi sembrano rallentare l'evoluzione della funzione cammino, ci sembra opportuno accettare il ricorso all'equino quale prima strategia funzionale per l'accesso alla velocità. Solo in un secondo momento, a marcia acquisita, gli obiettivi del trattamento diverranno l'acquisizione di una maggiore abilità del cammino lento, il controllo delle singole fasi del passo, la capacità di arrestare la marcia a comando anche lontano da possibili appoggi. Questi obiettivi potranno essere raggiunti anche mediante l'utilizzo di eventuali ortesi.

Nella fase di velocizzazione è importante che il bambino impari a proteggersi da possibili cadute dovute a un cammino ancora precario, che possono rallentare sotto il profilo emozionale l'acquisizione dell'autonomia.

4.4.3 Proposte di trattamento

I proposta. Si propone a Francesco di camminare velocemente "buttandosi" dalle braccia di una fi-

sioterapista all'altra, modalità comunemente osservabile nei bambini sani all'esordio della marcia. Il setting terapeutico è pensato per offrire a Francesco un contenimento percettivo ed emotivo. Il bambino può sperimentare il cammino in uno spazio che le fisioterapiste sedute a terra circoscrivono per lui, aiutandolo a superare la paura, mantenendolo agganciato visivamente e parlandogli per distogliere la sua attenzione dall'esecuzione della prestazione, per lui fonte di disagio e insicurezza (Fig. 4.47).

Francesco accetta di camminare da una fisioterapista all'altra senza alcun contatto fisico; il disturbo percettivo si manifesta con una reazione di *startle* all'avvio della marcia, quindi la velocità, l'aggancio visivo con le fisioterapiste e il contenimento dello spazio gli permettono di ottenere il consenso percettivo all'azione e di proseguire nella prestazione.

Il compito aumenta di complessità: si richiede a Francesco di camminare in uno spazio meno delimitato (Fig. 4.48). Il bambino si dimostra un po' più titubante all'avvio della marcia, poi prosegue



Fig. 4.47 Nelle immagini Francesco accetta di camminare da una fisioterapista all'altra senza contatto fisico. È evidente il suo disagio all'avvio della marcia testimoniato dalla *startle*. Il setting e le facilitazioni delle fisioterapiste permettono al bambino di raggiungere il consenso percettivo all'azione



Fig. 4.48 Nelle immagini Francesco accetta di camminare passando da una fisioterapista all'altra senza contatto fisico e in assenza della corsia offerta dal corpo delle fisioterapiste



Fig. 4.49 Il bambino percorre lo spazio dal muro al tavolino anteriore all'interno di un setting ancora contenuto

dimostrando di essere in grado di eseguire la prestazione richiesta.

Successivamente si aumenta ancora la difficoltà del compito per favorire una maggiore autonomia motoria ed emotiva. Si costruisce un setting delimitato dal muro, dal tavolino anteriore e dalla panchetta laterale su cui siede la fisioterapista con gli arti superiori abdotti per schermare lo spazio. Il *compito* consiste nell'andare a prendere il giocattolo posto sul tavolo partendo dal muro su cui il bambino è appoggiato di schiena. La fisioterapista lo incoraggia a procedere da solo, cercando di trasmettergli fiducia nelle sue capacità (Fig. 4.49). Attraverso questa proposta, si richiede a Francesco non più di affidarsi all'adulto, ma di esercitare un proprio controllo sul cammino assumendosi la responsabilità della fase di arresto, che avviene su un supporto fisso a cui il bambino può andarsi ad appoggiare.

Vinta la propria titubanza, Francesco accetta di staccarsi e cammina velocemente verso il tavolino ripetendo più volte il breve tragitto all'interno della proposta di gioco (Fig. 4.49).

Il proposta. Si propone un'attività volta a favo-

rire l'attivazione di reazioni di difesa veloci ed efficaci agli arti superiori in risposta a possibili perturbazioni destabilizzanti che potrebbero insorgere in stazione eretta o durante il cammino.

Il setting prevede un grande cuscino morbido anteriore su cui buttarsi in sicurezza, cuscini di gommapiuma di varie forme come contenimento posteriore e laterale e un tappeto morbido come base. La fisioterapista propone al bambino "il gioco dei tuffi" (*proposta*), accompagnandolo durante tutta la performance con parole rassicuranti e incoraggianti (*facilitazione emotiva*) (Fig. 4.50). Il *compito* richiesto al bambino è quello di proteggersi nella caduta attraverso reazioni di difesa degli arti superiori.

Il divertimento provato nel tuffarsi fornisce a Francesco la motivazione che lo distoglie dalla paura e gli consente di attivare reazioni di difesa agli arti superiori utili a proteggerlo nelle possibili future cadute.

Francesco cammina verso il cuscino e accetta di buttarsi su di esso, le sue reazioni di difesa sono ancora poco competenti, ma si dimostra disposto a sperimentarsi.

Dopo un anno Francesco è capace di cammi-



Fig. 4.50 Nelle immagini osserviamo il bambino nel gioco dei tuffi sul cuscino



Fig. 4.51 Il bambino è in grado di distaccarsi dall'adulto e di camminare in autonomia

nare in autonomia per tratti più lunghi, ha ormai fatto propria la strategia della velocizzazione che gli ha permesso il superamento della paura. Egli può ora sperimentare il cammino senza necessità di contatto o di vicinanza dell'adulto (Fig. 4.51).

L'arresto del cammino è ancora difficoltoso. Francesco ha bisogno di un supporto fisso su cui appoggiarsi e non è ancora in grado di ri-avviare la marcia in autonomia: la mano della mamma è ancora indispensabile perché il bambino possa

accettare di staccarsi dalla panchetta e ripartire. Solo successivamente, quando il bambino ha acquisito un cammino più stabile e sicuro e raggiunto la capacità di avviare e arrestare la marcia in autonomia, è stato possibile investire sulla qualità della performance. Nel programma fisioterapico sono state introdotte proposte mirate al controllo delle singole fasi del passo, alla distribuzione del carico tra i due arti inferiori e all'esecuzione dei gesti specializzati (Fig. 4.52).

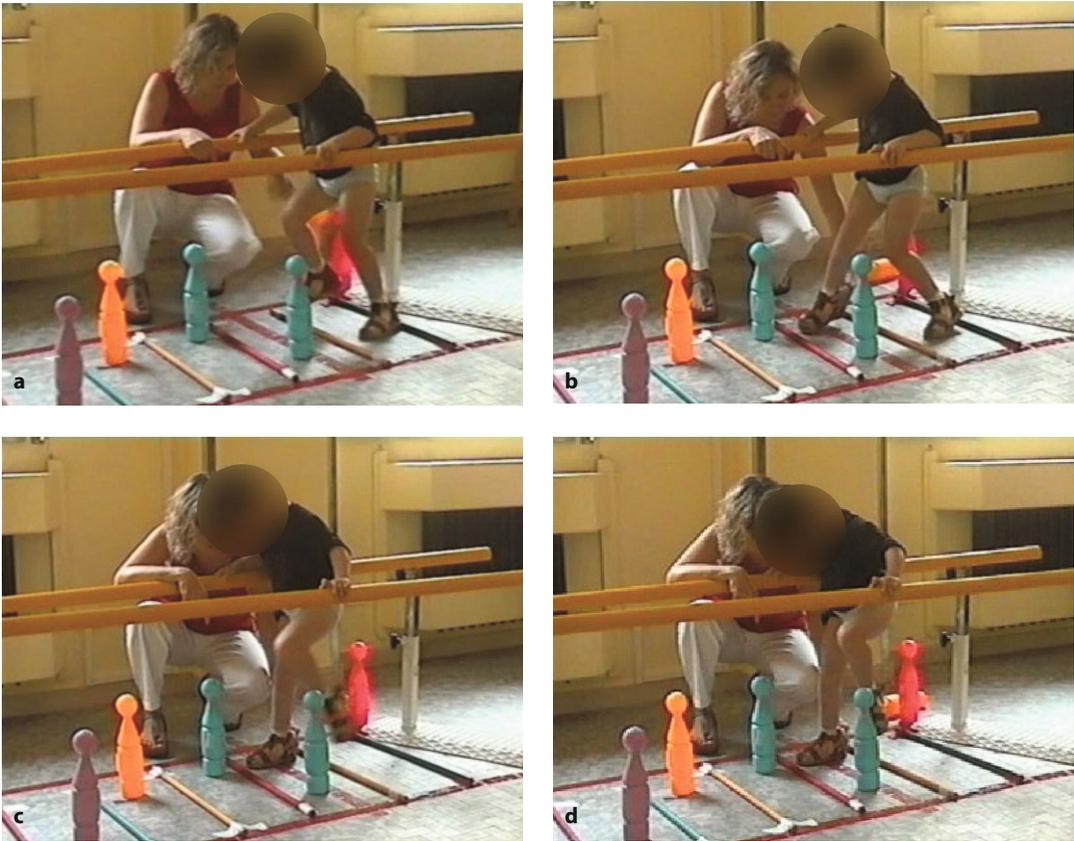


Fig. 4.52 In un setting costruito tra le parallele viene richiesto al bambino di controllare selettivamente i movimenti dell'arto inferiore necessari per abbattere i birilli

Con questa proposta di gioco, il *compito* richiesto a Francesco è quello di controllare la direzione e l'ampiezza del gesto dell'arto inferiore in volo per riuscire ad abbattere i birilli. La qualità del gesto (traiettoria, velocità, potenza) viene favorita dalla stabilità posturale offerta dal supporto per gli arti superiori (parallele).

Ulteriori proposte fisioterapiche rivolte al bilanciamento e agli equilibri dinamici si possono individuare nei giochi che prevedono percorsi costruiti per vincolare la lunghezza, l'ampiezza, e la direzione del passo, percorsi a ostacoli che inducano a un maggiore controllo sul carico monopodale, giochi di lancio con l'arto inferiore per controllarne maggiormente il gesto (calciare, toccare, ecc.).

Per favorire il processo di apprendimento e trasferimento di queste abilità nel cammino autonomo, può essere utile promuovere esperienze con attrezzature ludiche presenti nei parchi gioco

che contribuiranno all'acquisizione delle abilità motorie in un contesto di divertimento e condivisione con i coetanei.

4.5 Caso clinico n.5: Alessio

Età: 14 mesi.

Diagnosi: PCI a localizzazione diplegica.

Nota: proponiamo ora la storia riabilitativa di Alessio, affetto da diplegia spastica riconducibile alla terza forma, ripercorrendo l'osservazione iniziale, le valutazioni effettuate successivamente negli anni e i provvedimenti terapeutici adottati. Analizzeremo in particolare la funzione cammino per identificare i segni, i difetti e i compensi e valutare il loro grado di modificabilità o di stabilità nel tempo.



Fig. 4.53 Si osserva che il bambino è in grado di sbilanciarsi lateralmente e di raggiungere la pallina rossa ritornando poi nella posizione di partenza

4.5.1 Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria

Osservando Alessio seduto in long sitting sul tappeto, notiamo un buon controllo del capo, una certa proiezione anteriore del tronco, e gli arti inferiori abdotti ed extrarotati (Fig. 4.53a). Il bambino si protende verso il secchiello senza compiere alcun aggiustamento posturale: lo raggiunge con entrambe le mani e ritorna alla posizione di partenza senza perdere stabilità. A questa età non organizza ancora nessun tipo di spostamento da seduto (Fig. 4.53).

Il repertorio motorio degli arti superiori è decisamente ricco. Alessio è in grado di organizzare molteplici combinazioni di movimento: eleva completamente la spalla con gomito e polso estesi, supina l'avambraccio, pre-adatta la mano alle caratteristiche dell'oggetto, è capace di utilizzare entrambe le mani per manipolare ed esplorare (Fig. 4.54) ed è in grado di differenziare i compiti fra arti superiori (per esempio, utilizza una mano come sostegno per poter inclinare il tronco di lato, mentre l'altra raggiunge, afferra e

manipola l'oggetto). Nel raggiungere la pallina posta in alto e lateralmente, il tronco rimane prevalentemente antepulso. Sembra essere presente una certa difficoltà nel raddrizzare il tronco o nello sporgersi nello spazio posteriore (Fig. 4.54).

Riguardo alla motricità orizzontale, Alessio sfrutta lo strisciamento grazie alla capacità degli arti superiori di trascinare il corpo, con gli arti inferiori per lo più estesi in extrarotazione e ipomobili. Solo i piedi cercano di facilitare l'avanzamento attraverso movimenti di planti- e dorsiflessione della tibiotarsica eseguiti a ginocchio esteso (Fig. 4.55).

Da prono, il bambino è in grado di dissociare i cingoli "pivottando" sulla pancia in modo completo (Fig. 4.56).

Si apprezza qualche difficoltà nell'organizzare il passaggio da prono alla posizione in ginocchio (Fig. 4.57): il bambino afferra la seggiolina per "tirarsi in ginocchio" affidando il passaggio posturale ai soli arti superiori, mentre gli inferiori rimangono abbandonati e ipomobili. È sufficiente che la fisioterapista lo sostenga, perché Alessio riesca a fare avanzare anche gli arti inferiori e a portarsi



Fig. 4.54 Il bambino utilizza gli arti superiori in tutte le direzioni dello spazio e in modo indipendente. L'antepulsione del tronco è costante



Fig. 4.55 Il bambino organizza lo striscio per raggiungere il giocattolo che la fisioterapista gli propone



Fig. 4.56 Le immagini si evidenziano la capacità del bambino di dissociare i cingoli

in ginocchio, mentre gli arti superiori mantengono l'afferramento. Una volta raggiunta la posizione, il bambino è in grado di raddrizzare il tronco e di estendere l'anca, senza lasciare la presa.

Nel mettersi seduto sulla seggiolina, notiamo una certa difficoltà in stazione eretta: gli arti inferiori si attivano in blocco con una reazione di sostegno poco modulabile e primitiva (Fig. 4.58). Durante il passaggio posturale si nota il disagio di Alessio: sul volto si manifesta un'espressione di timore, le mani si mantengono fortemente ag-

grappate alla seggiolina e, ormai sbilanciato in avanti, il bambino non accetta di ruotare su se stesso per sedersi sopra. Solo la guida della fisioterapista e il continuo contatto della sua mano gli permettono di raggiungere la posizione cercata.

In stazione eretta gli arti inferiori si presentano abdotti ed extraruotati, quindi liberi dai vincoli combinatori della flessione-adduzione; Alessio sembra utilizzarli come "piloni" di sostegno senza compiere alcun aggiustamento posturale (Fig. 4.59). Il tronco è mantenuto in antepulsione, gli

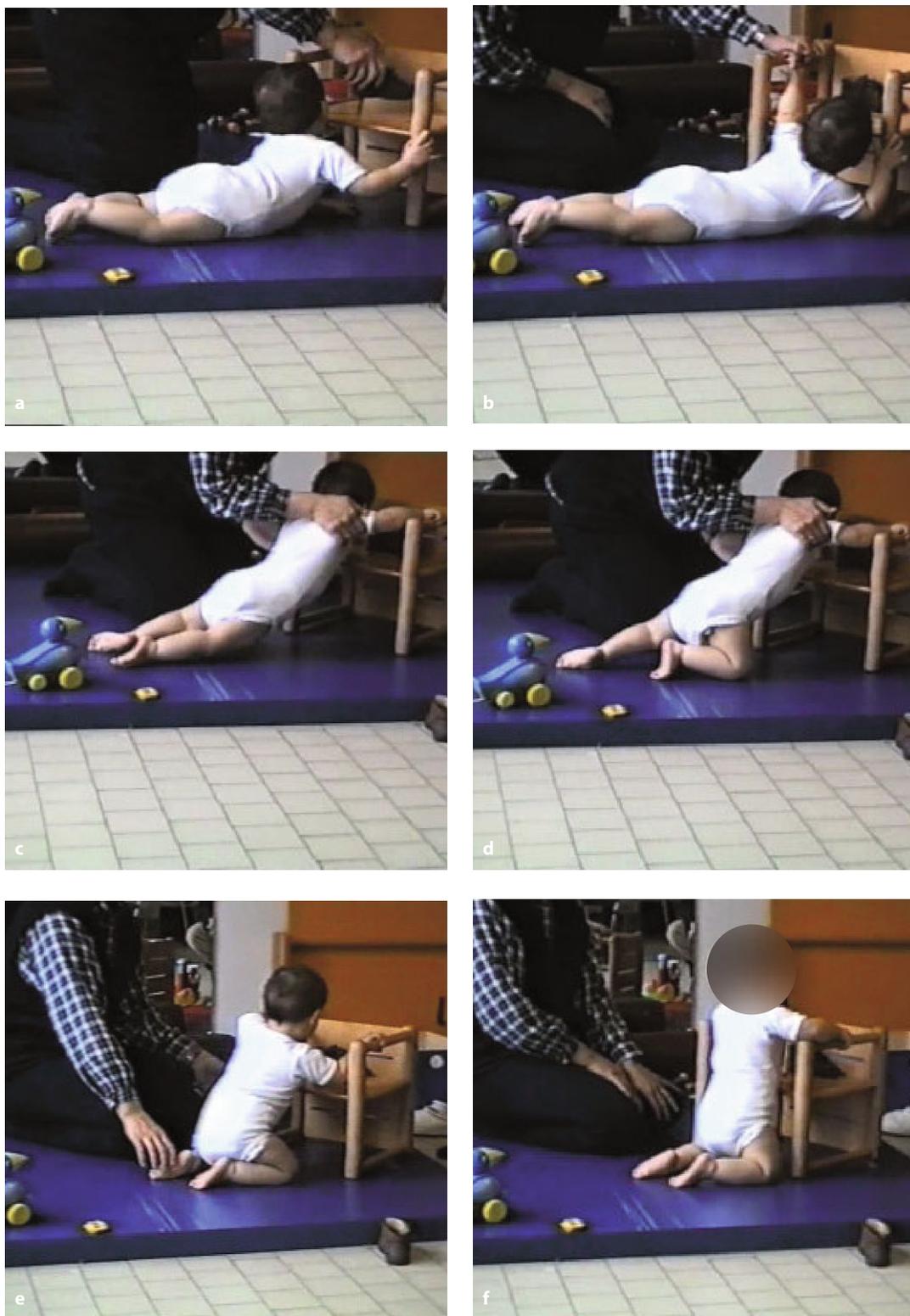


Fig. 4.57 Il bambino si porta dalla posizione prona a quella in ginocchio grazie alla facilitazione offerta dalla fisioterapista



Fig. 4.58 Nelle immagini osserviamo le difficoltà e il disagio del bambino nel raggiungere e mantenersi seduto sulla seggiolina



Fig. 4.59 Il bambino viene portato in stazione eretta dalla fisioterapista e sono evidenti la reazione di sostegno, l'antepulsione del tronco e la necessità di afferrarsi con gli arti superiori

arti superiori costantemente in afferramento.

Dall'osservazione emerge che Alessio è in grado di relazionarsi con la fisioterapista, di comprendere le sue proposte e di compiere azioni finalizzate. Dal punto di vista motorio, presenta un buon repertorio sia agli arti superiori sia agli arti inferiori. Questi ultimi però appaiono poco coinvolti nell'organizzazione della motricità, nonostante la possibilità di compiere movimenti prognosticamente favorevoli quali la dorsiflessione della tibiotarsica, l'abduzione della coscia e l'estensione dell'anca. Le combinazioni agli arti sia superiori sia inferiori appaiono libere e non vincolate in sinergie patologiche; solo nel passaggio

in stazione eretta si evidenzia una certa primitività della reazione di sostegno.

In conclusione, a quest'epoca il bambino presenta un repertorio motorio ricco, ma ancora piuttosto disorganizzato specie agli arti inferiori. Le ridotte strategie e lo scarso utilizzo del repertorio residuo, non giustificabili dalla misura della compromissione motoria, ci devono indurre ad approfondire la natura del disturbo.

4.5.1.1 Osservazione a 30 mesi d'età

Continuiamo l'osservazione delle competenze posturo-motorie del bambino a 2 anni e mezzo d'età. In quest'epoca Alessio ha organizzato un

gattonamento veloce e competente con un avanzamento a quattro tempi (Fig. 4.60); è in grado di portarsi autonomamente in ginocchio mantenendo gli arti superiori in appoggio e aderenti al supporto anteriore, senza arrivare però all'estensione completa delle anche. Durante i passaggi posturali, in cui gli arti superiori sono liberi dall'afferramento, qualora subisca una leggera perturbazione inaspettata, compaiono reazioni di *startle* a localizzazione distale riconoscibili nell'apertura in abduzione delle dita delle mani.

Alessio è diventato autonomo nel portarsi eretto: la manovra avviene attraverso l'afferramento degli arti superiori e la spinta simultanea degli arti inferiori (Fig. 4.61).

Alessio ha conquistato la stazione eretta ed è in grado di mantenerla modulando la reazione di sostegno; è capace di flettersi sugli arti inferiori per raggiungere i giocattoli a terra e di riportarsi eretto in sicurezza; utilizza gli arti superiori come sostegno spingendo anteriormente; inoltre, afferrandosi a una barra anteriore, è in grado di organizzare la navigazione costiera (Fig. 4.62). Il tronco si presenta abitualmente antepulso.

Spingendo un carrellino anteriore il bambino è ora in grado di camminare con stabilità e sicurezza sufficienti (Fig. 4.63).

L'iniziativa motoria si riduce quando è in piedi scalzo (Fig. 4.64): compaiono incertezza e paura, aumenta l'antepulsione del tronco e cresce il "congelamento" della postura, riconoscibile in termini sia di arresto del movimento sia di irrigidimento delle articolazioni, particolarmente a livello della tibiotarsica (equino).

In quest'epoca Alessio sembra più competente dal punto di vista posturo-motorio, ma si evidenziano segni che non sono spiegabili sul piano puramente motorio e che ci fanno ipotizzare la presenza di un disturbo percettivo:

- l'antepulsione del tronco, costantemente presente nonostante il buon raddrizzamento assiale e rotazionale;
- la difficoltà a estendere l'anca nella posizione in ginocchio, nonostante tale competenza fosse già presente all'età di 14 mesi;
- l'afferramento costante degli arti superiori in stazione eretta;
- l'aumento della paura, il congelamento e la

maggior difficoltà a investire nello spazio laterale e posteriore in stazione eretta quando si trova senza scarpe;

- qualche reazione di *startle* legata a piccole destabilizzazioni posturali quando gli arti superiori non sono in afferramento.

A 30 mesi d'età Alessio è ancora più veloce e competente nella motricità orizzontale; al contrario, nel compiere gli spostamenti verticali e i passaggi posturali, che presuppongono un innalzamento del baricentro, mostra lentezza, insicurezza e titubanza. Se però Alessio utilizza l'afferramento, come reazione di difesa primaria, diviene in grado di organizzare la navigazione costiera e di camminare velocemente, spingendo un carrellino appesantito.

Nonostante il ricco repertorio, il bambino non è in grado di utilizzare a pieno tutte le risorse motorie che possiede: le strategie di movimento restano scarse e rimane la necessità del contatto fisico o della vicinanza della fisioterapista.

Cerchiamo di capire quale sia il problema che conduce a questo comportamento: possiamo escludere sia un deficit significativo a carico delle funzioni cognitive, che sono sempre apparse adeguate, sia un disturbo di tipo prassico, in quanto abbiamo assistito a un'evoluzione migliorativa della capacità di costruire combinazioni e sequenze di movimento complesse. È da confermare invece la presenza di un disturbo percettivo all'origine dell'inibizione motoria di Alessio. Gli scarsi tentativi messi in atto dal bambino prima di riuscire nel compito, il disagio dimostrato nei passaggi posturali, il bisogno di afferrarsi, la quasi costante antepulsione del tronco e il congelamento globale in stazione eretta trovano una spiegazione nel disturbo di tolleranza percettiva. La scarsa iniziativa motoria potrebbe essere giustificata dal mancato consenso all'azione sul piano percettivo, a causa di una scarsa tolleranza delle informazioni legate al movimento del corpo nello spazio, in particolare quando avviene un innalzamento del baricentro (in ginocchio, seduto sulla seggiolina e in stazione eretta). L'antepulsione del tronco, la necessità di afferrarsi e di operare nello spazio anteriore e il mancato investimento in quello posteriore potrebbero rappresentare i compensi messi in atto dal bambino per evitare la



Fig. 4.60 Il bambino è in grado di gattonare e di portarsi in ginocchio autonomamente



Fig. 4.61 Il bambino si porta in posizione eretta autonomamente



Fig. 4.62 Navigazione costiera con afferramento a una barra anteriore



Fig. 4.63 L'accesso all'iniziativa motoria e all'organizzazione dello spostamento è facilitato dall'afferramento di un carrellino appesantito



Fig. 4.64 Appoggio in equino dei piedi, antepulsione del tronco e inibizione dell'iniziativa motoria in stazione eretta e scalzo

reazione di *startle*, segno importante del disagio percettivo ed elemento destabilizzante per il mantenimento della postura.

In questa fase, per favorire il consolidarsi della funzione cammino tenendo conto della lentezza, della titubanza e della paura di Alessio, abbiamo pensato di favorire la stabilità e la sicurezza in stazione eretta e nello spostamento verticale attraverso l'introduzione di tutori gamba-piede prefabbricati. Questi garantiscono l'appoggio completo del piede al suolo, aumentano la base d'appoggio e offrono nel contempo un contenimento percettivo poiché riducono le informazioni raccolte dal piede e si inseriscono nella "strategia" del congelamento delle articolazioni adottata per rendere la posizione assunta meno soggetta a perturbazioni incontrollabili.

Per rendere il bambino più sicuro e autonomo nel cammino, sfruttando risorse motorie quali la capacità di attivare gli arti superiori in spinta e di estendere l'anca dell'arto in carico, tenendo conto della problematica dispercettiva, abbiamo proposto un deambulatore posteriore. Questo ha il pre-

gio di garantire una base d'appoggio allargata e di circoscrivere lo spazio posteriore, offrendo un contenimento percettivo e la possibilità di stabilizzarsi attraverso l'afferramento; possiede inoltre una struttura stabile, ma contemporaneamente leggera, quindi maneggevole nei cambi di direzione.

4.5.1.2 Osservazione a 3 anni e mezzo d'età

All'età di 3 anni e mezzo Alessio cammina con i tutori gamba-piede e il deambulatore posteriore in modo autonomo (Fig. 4.65).

Il cammino è veloce ma poco controllato: il bambino sembra "tirarsi dietro" il deambulatore come se questo rappresentasse più uno scudo che un sostegno.

4.5.1.3 Osservazione a 4 anni d'età

All'età di 4 anni Alessio è in grado di mantenere in autonomia la stazione eretta senza appoggi, riesce a compiere brevi tratti di cammino senza ausili, ma ha bisogno della costante vicinanza dell'adulto.



Fig. 4.65 Cammino con il deambulatore posteriore

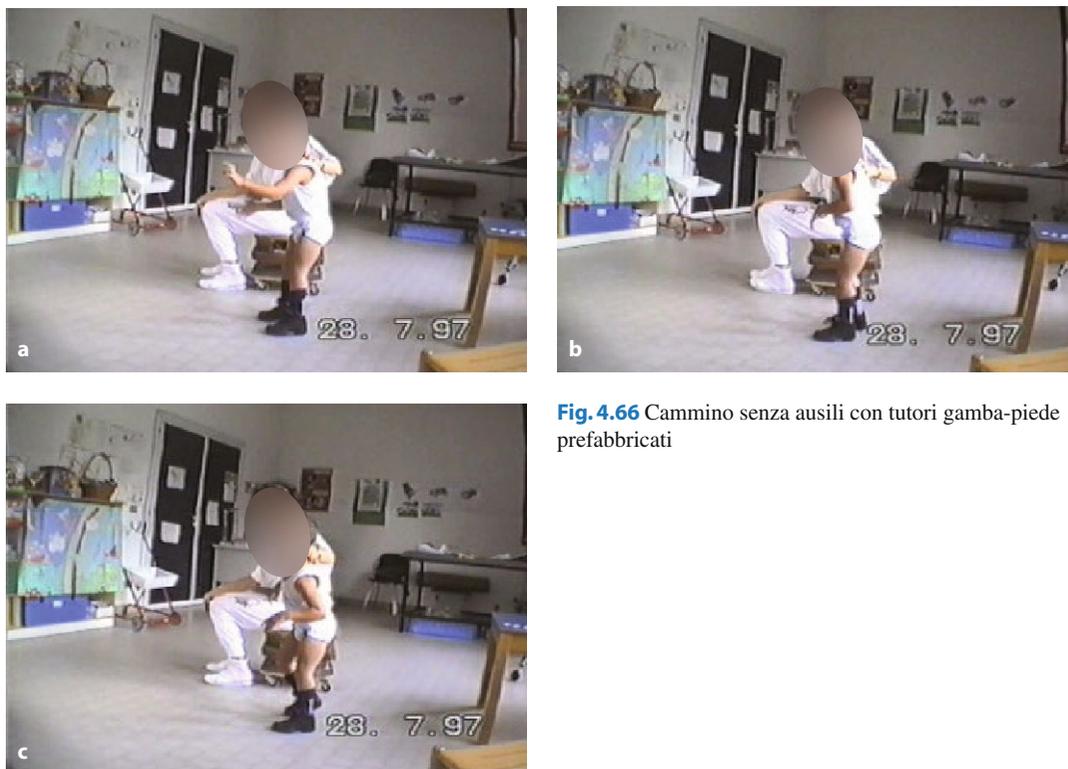


Fig. 4.66 Cammino senza ausili con tutori gamba-piede prefabbricati

La progressione con i tutori è molto lenta e Alessio richiede la presenza costante della fisioterapista accanto a lui: la mano dell'adulto dietro alla sua schiena ha la funzione di *starter* del cammino, è la chiave di accesso al consenso percettivo all'azione (Fig. 4.66). Il bambino è in grado di mantenere la stazione eretta in modo stabile e sicuro, mentre il cammino è caratterizzato da un susseguirsi di fermate. Questo tipo di deambulazione non è né funzionale né spendibile in alcun contesto, compreso quello fisioterapico. Il bambino è troppo timoroso, insicuro, poco capace di sfruttare le proprie abilità motorie.

La fisioterapista gli propone di velocizzare il cammino senza preoccuparsi di controllare le singole fasi del passo, concentrandosi solo sul punto

di arrivo, rappresentato da un supporto stabile posto a breve distanza. La velocizzazione può essere una strategia utile per superare la paura, nell'ottica di distogliere il bambino dal controllo costante della propria posizione nello spazio e di facilitare l'equilibrio dinamico. Per permettere la velocizzazione è indispensabile togliere le ortesi, così da favorire la propulsione, accentuando anche l'equino perché in questa fase risulta funzionale alla spinta.

Inizialmente si devono prevedere passaggi minimi, per esempio da un tavolo all'altro (Fig. 4.67): il bambino deve poterli eseguire in sicurezza senza il rischio di cadute, potenzialmente rovinose dal punto di vista emotivo. Man mano che la sicurezza aumenta, si proporranno distanze maggiori.



Fig. 4.67 Il bambino tenta di investire sulla velocità “lanciandosi” verso il tavolo anteriore

4.5.1.4 Osservazione a 5 anni d'età

All'età di 5 anni il bambino è in grado di attivare un cammino più veloce, con gli arti superiori sollevati in posizione di *startle*, un equino d'avvio, di sospensione e di spinta, e il pendolo frontale di tronco (Fig. 4.68). È ancora necessaria la vicinanza della fisioterapista per raggiungere il consenso percettivo all'azione.

In questa fase è importante per Alessio disporre di supporti sufficientemente alti su cui potersi andare a fermare: l'atteggiamento in posi-

zione di *startle* degli arti superiori durante il cammino vincola la disponibilità degli stessi a essere abbassati velocemente per offrire sostegno o difesa (guardia e paracadute anteriore) (Fig. 4.69).

Riconoscendo la strategia organizzativa della terza forma di diplegia (velocizzazione e pendolo frontale), non si ritiene utile passare attraverso l'addestramento ai quadripodi: il loro impiego risulterebbe difficoltoso in quanto in conflitto con l'utilizzo degli arti superiori a bilanciare.



Fig. 4.68 Cammino autonomo senza ortesi reso possibile ricorrendo alla strategia della velocizzazione



Fig. 4.69 Nelle immagini il bambino, non trovando un supporto sufficientemente alto, non riesce a sfruttare l'appoggio e cade a terra

4.5.1.5 Osservazione a 6 anni d'età

All'età di 6 anni Alessio è in grado di compiere brevi tratti di cammino senza la presenza della fisioterapista: il cammino è veloce, con pendolo frontale di tronco ed equino di spinta, gli arti superiori rimangono in posizione di *startle* (Fig. 4.70). La velocizzazione ha permesso il superamento della paura, risultando quindi una strategia di compenso favorevole che va ancora rispettata.

Resta ancora impossibile cambiare direzione e

arrestare la marcia senza andare ad afferrare supporti alti.

In questa fase, il cammino senza ausili rimane un esercizio praticabile solo intra-moenia in ambienti conosciuti e protetti. Per questo motivo, nelle altre situazioni come a scuola o in ambiente esterno, il bambino utilizza il deambulatore posteriore in grado di garantirgli la sicurezza necessaria per arrestare la marcia e invertire la traiettoria (Fig. 4.71).



Fig. 4.70 Alessio cammina per brevi tratti rincorrendo la proiezione del proprio baricentro



Fig. 4.71 Cammino con deambulatore posteriore

4.5.1.6 Osservazione a 8 anni d'età

All'età di 8 anni Alessio è in grado di camminare per distanze maggiori, gli arti superiori vengono mantenuti più abbassati; è aumentata la libertà dei movimenti sagittali del capo, del collo, del cingolo scapolare e del bacino (Fig. 4.72). Il cammino è più stabile e sicuro e il bambino è in grado

di contenere maggiormente il disturbo di tolleranza percettiva.

La difficoltà nell'arrestare la marcia è ancora presente, ma iniziano a comparire i primi tentativi di compenso tramite l'adduzione e l'intrarotazione degli arti inferiori (Fig.4.73).



Fig. 4.72 Cammino autonomo in spazi più ampi e a una velocità più contenuta



Fig. 4.73 Arresto della marcia in autonomia

4.5.1.7 Osservazione a 9 anni d'età

Alessio continua a esercitare il cammino, ma all'età di 9 anni il ricorso all'equino di spinta, come compenso funzionale, produce un progressivo "irrigidimento" e una perdita di elasticità del tricipite surale, trasformando il compenso in un "difetto" in grado di limitare ulteriormente la base d'appoggio già ridotta. L'equino diventa infatti un ostacolo per l'arresto della marcia e il mantenimento di una buona stabilità del cammino (Fig. 4.74). Si decide di intervenire attraverso l'inoculo di tossina botulinica bilateralmente sui gemelli e sul tibiale posteriore di destra, essendo presente a destra anche una deformità in varo-supinazione del piede, che chiude l'angolo del passo e riduce ulteriormente la su-

perficie d'appoggio.

In questa fase in cui il bambino ha acquisito uno schema di cammino stabile e tollerabile, possiamo contrastare l'equino che è diventato un vincolo per la sicurezza della marcia. In precedenza, soprattutto all'esordio del cammino autonomo senza ausili, l'equino ha rappresentato invece un compenso che ha favorito la propulsività e la velocizzazione necessarie per contenere il disturbo di tolleranza percettiva.

4.5.1.8 Osservazione a 10 anni d'età

Nel periodo successivo l'inoculo, è stato recuperato l'appoggio dei piedi a terra e il cammino è divenuto più stabile e sicuro anche senza le calzature (Fig. 4.75).



Fig. 4.74 Equino costante



Fig. 4.75 Effetto sul cammino della tossina botulinica inocolata sui gastrocnemi bilaterali e sul tibiale posteriore destro



Fig. 4.76 Cammino con tutori gamba-piede prefabbricati

Il bambino è ora in grado di controllare meglio il disturbo percettivo, risultato che si evidenzia con il graduale abbassamento degli arti superiori e la minore difficoltà di avanzamento (Fig. 4.76). Le ortesi gamba-piede prefabbricate, che sono state un ostacolo per l'acquisizione del cammino tramite la velocizzazione, ritornano ora a essere funzionali per contenere l'equino di sospensione slantizzato dopo l'inoculo di tossina botulinica ai gastrocnemi.

Il percorso di Alessio ha permesso di riconoscere l'influenza del disturbo percettivo nella costruzione e nel perfezionamento della funzione cammino. I provvedimenti terapeutici adottati hanno considerato di volta in volta le strategie adottate dal bambino per fronteggiare e governare meglio il disturbo percettivo. Gli stessi segni clinici sono stati interpretati come difetti o come compensi in relazione alla strategia adottata per l'acquisizione del cammino e in base alla fase di sviluppo raggiunta dalla funzione locomotoria.

4.6 Caso clinico n. 6: Federica

Diagnosi: tetraplegia a tronco verticale

Età: 3 anni e 7 mesi.

4.6.1 Osservazione e valutazione dell'organizzazione motoria

Federica è affetta da PCI a localizzazione tetraplegica, nella forma con antigrafità a tronco verticale. L'osservazione fisioterapica rivela che la bambina dispone di un repertorio motorio vincolato all'interno dei pattern della tetraplegia verticale, senza tuttavia che lo schema estensorio agli arti inferiori sia tale da condizionare l'organizzazione della stazione eretta (Fig. 4.77).

La semplificazione appare, infatti, la strategia scelta da Federica per organizzare la funzione motoria. La presenza contemporanea di una significativa ipoposturalità e di modesti disturbi percettivi fa sì che Federica tenda ad affidarsi ai genitori e a delegare loro il controllo della propria



Fig. 4.77 Pattern della tetraplegia a tronco verticale e reazione di *startle*



Fig. 4.78 Controllo simultaneo della postura e del gesto

postura e del proprio movimento complesso, rinunciando a un'autonoma iniziativa motoria. Questo comportamento è riconoscibile in vari contesti, per esempio a terra per lo spostamento orizzontale, dove prevale l'immobilità. In posizione seduta l'ipoposturalità è ben visibile nella reclinazione del capo, nella cifotizzazione del tronco, nella necessità di affidare agli arti superiori la funzione di sostegno e nella perdita graduale della stabilità della postura. Questo insieme di segni rende di fatto impossibile un

efficace controllo simultaneo di gesto e postura (Fig. 4.78).

Nella posizione seduta Federica attiva il rad-drizzamento del tronco attraverso l'evocazione del pattern estensorio. Il controllo di questa posizione è ancora precario e la difficoltà a mantenere nel tempo un'efficace risposta antigravitaria fa sì che Federica perda progressivamente la posizione raggiunta flettendo anteriormente il tronco e tentando di compensare con la reclinazione del capo. Gli arti inferiori sono incapaci di

contribuire alla stabilizzazione attraverso l'appoggio e la spinta al suolo. È evidente la difficoltà di organizzare combinazioni di movimento complesse come la dissociazione tra i cingoli, il controllo antigrafitario del tronco e il raggiungimento dell'oggetto con l'arto superiore (Fig. 4.79). Per Federica la presenza costante dell'adulto vicino a lei è fondamentale per accedere a qualsiasi attività motoria.

Da seduta (panchetto o seggiolina) Federica cerca di passare in stazione eretta tramite l'affer-



Fig. 4.79 Difficoltà nell'organizzare combinazioni di movimento complesse

ramento degli arti superiori ed è in grado di ri-sedersi, seppur in modo molto cauto e "misurato", purché vi sia la presenza contenitiva dell'adulto.

In stazione eretta Federica perde facilmente il controllo dell'asse corporeo (Fig. 4.80) finendo per affidarsi alle mani dell'adulto.

Se messa in condizione di spostarsi con un carrellino ad appoggio anteriore, Federica attiva la reazione segnapassi, solo dopo essersi sbilanciata in avanti. Se facilitata al bacino, migliora l'avanzamento, ma tende ad affidarsi completamente alle mani dell'adulto.

L'uso di tutori gamba-piede associati a calzature migliora tutte le performance, sia in posizione seduta (migliore allineamento e controllo posturale), sia in stazione eretta (aumento del tempo di permanenza nella posizione, migliore controllo dell'asse corporeo, riduzione dell'adduzione ecc.).

L'importante discrepanza tra le competenze di Federica nelle prestazioni "statiche" e la scarsità della sua iniziativa motoria, sul piano sia orizzontale sia verticale, ci inducono a considerare prio-



Fig. 4.80 Organizzazione della stazione eretta

ritaria la ricerca dell'intenzionalità e del piacere del movimento.

4.6.2 Ipotesi interpretative dei segni clinici e proposte di trattamento

In relazione all'osservazione e alla valutazione effettuate, tenendo presente la storia naturale della tetraplegia con antigravità a tronco verticale, pensiamo sia opportuno orientare il trattamento fisioterapico all'incremento dell'investimento sulla funzione motoria favorendo l'iniziativa e il desiderio di indipendenza. Sarà importante individuare gli interessi della bambina per catturare la sua attenzione e favorire l'iniziativa, la partecipazione e l'agire con piacere.

In relazione alla prognosi funzionale, che in questa forma prevede l'acquisizione di un cammino intra-moenia con ausili, alle competenze raggiunte e agli interessi manifestati dalla bambina, possiamo includere tra gli *obiettivi* attuali del trattamento, l'*organizzazione della stazione eretta assistita e l'avvio all'autonomia della deambulazione con ausilio*.

I problemi manifestati in stazione eretta com-

prendono difficoltà di allineamento e di raddrizzamento del tronco, difficoltà di fissazione prossimale e ipoposturalità che limita la prepotenza dell'estensione, ma rende precaria la risposta antigravitaria.

Scopo dell'esercizio fisioterapico è facilitare Federica a esercitare in autonomia il controllo della stazione eretta con appoggio, affidando maggiore carico agli arti inferiori e mantenendo l'allineamento tronco-bacino durante gesti semplici dell'arto superiore, seppure in appoggio a supporti fissi.

Come *facilitazioni esterne* si introducono tutori AFO per sostenere la reazione di sostegno, e un appoggio anteriore alto e avvolgente, per contenere le destabilizzazioni laterali del tronco e per offrire un piano d'appoggio a livello dei gomiti, sul quale Federica possa spingere per raddrizzarsi. In questo modo la bambina è facilitata nel controllare attivamente la propria postura durante l'attività manipolativa.

Il *setting* è rappresentato da un tavolo alto con incavo, a cui Federica può appoggiare il tronco e gli arti superiori (Fig. 4.81). Il *gioco* proposto, costruzioni a incastro semplice, minimizza l'impe-



Fig. 4.81 Setting dell'esercizio fisioterapico

gno gestuale richiesto, permettendo di concentrare l'attenzione sul controllo della propria postura.

Il *compito* richiesto a Federica è mantenere in autonomia la stazione eretta (Fig. 4.82). Le viene proposto di non affidarsi più al sostegno del caregiver, ma di controllare la propria posizione rievocando la reazione di sostegno quando necessario per recuperare il raddrizzamento (Fig. 4.83).

Successivamente si aggiunge la richiesta di controllare la stazione eretta eseguendo anche

due gesti semplici: afferrare l'oggetto posto sul supporto in diverse posizioni nello spazio e buttarlo lontano. Entrambe queste situazioni richiedono che un solo arto superiore sia impegnato nel compito di sostegno. In questo modo Federica deve affidare maggiore carico agli arti inferiori.

Il *ruolo della fisioterapista* è quello di guidare l'esecuzione dell'esercizio, e quindi di partecipare attivamente all'azione, motivando la bambina e facilitando il conseguimento del risultato.



Fig. 4.82 Esercizio fisioterapico: mantenimento della stazione eretta in autonomia



Fig. 4.83 Esercizio fisioterapico: riattivazione della reazione di sostegno

Dalle prestazioni posturo-motorie compiute dalla bambina, la fisioterapista potrà comprendere la sua capacità di adattamento alla situazione proposta, rispettandone i tempi, prima di introdurre modifiche o di aggiungere ulteriori richieste. Soprattutto nei bambini affetti da tetraparesi riscontriamo non soltanto tempi lunghi di adattamento alla situazione, ma anche lentezza nell'attivazione, nella pianificazione e nell'esecuzione dell'azione.

All'interno dell'organizzazione della stazione eretta assistita possiamo includere come obiettivo fisioterapico perseguibile il *passaggio seduto-eretto e viceversa*. La costruzione di un setting con sbarre ancorate a supporti fissi permetterà alla bambina di utilizzare gli arti superiori in afferramento, soluzione che rappresenta l'unica strategia possibile, coerente con l'organizzazione di questa

forma clinica, per la realizzazione del passaggio posturale senza l'aiuto dell'adulto (Fig. 4.84)

Si è pensato inoltre di proporre alla bambina il deambulatore Kidwalk per permetterle di spostarsi in ambienti domestici (casa e scuola). Questo tipo di deambulatore consente di contenere la difficoltà di conciliare fra loro la reazione segnapassi con quella di sostegno, tipica dei soggetti con tetraplegia, e di compensare l'instabilità dell'asse corporeo vicariando la difficoltà di fissazione prossimale (Fig. 4.85).

Questa proposta, che richiede un modesto controllo da parte di Federica, ha lo scopo di favorire la sua iniziativa, specie nei contesti comunitari e domestici, dove può essere allontanata la figura dell'adulto, nell'intenzione di incrementare la sua autostima e la sua indipendenza.



Fig. 4.84 Passaggio seduto-eretto con afferramento



Fig. 4.85 Spostamento verticale con stabilizzatore-deambulatore

Conclusioni

Questo volume, insieme al precedente dal titolo *La fisioterapia nella paralisi cerebrale infantile – Principi ed esperienze. Postura seduta*, rappresenta il frutto di esperienze condivise e nasce dall'intreccio delle opinioni, delle osservazioni, delle domande e dal continuo desiderio di approfondire, di crescere, di rendere più efficace e opportuno l'intervento fisioterapico.

Ben consapevoli dell'inesauribilità del "sapere" e della continua e necessaria evoluzione dei percorsi di crescita esperienziale, professionale e di conoscenza, abbiamo comunque deciso di scrivere il razionale che sta alla base del nostro attuale approccio riabilitativo per renderlo condivisibile con colleghi e studenti. Siamo infatti convinti che offrire al confronto tale approccio, significativi arricchirlo attraverso le critiche, le conferme e i dubbi che esso potrebbe far scaturire.

Ringraziamo per questo tutti i colleghi con cui abbiamo già condiviso parti del nostro cammino di riabilitatori, e tutte le persone care che ci hanno sostenuto in questa "esperienza in divenire"; vogliamo infine esprimere la nostra gratitudine a tutti i bambini e a tutte le famiglie che abbiamo incontrato, e che ci hanno donato un pezzo della loro saggezza: se infatti "la scienza è conoscenza organizzata, la saggezza è vita organizzata" (I. Kant).

Per concludere lasciamo la parola proprio a loro, ai nostri piccoli pazienti:

"Mi spieghi cos'è la fisioterapia?"

"La fisioterapia è quella che mi mettono i tutori, che mi mettono i gessi, che mi fanno giocare, che quando ho sete non c'è il boccione dell'acqua. Per me la fisioterapia è che mi porta sempre la mamma o gli zii e la Marty. La fisioterapista è strana perché mi fa giocare e poi è bella. Poi mi fa la bombetta con lo scotch e poi è brava. Ha le sue ciabatte con un buchino che infila i piedi. L'altra fisioterapista ha tanti riccioli, ha le ciabatte, la borsa e gli occhiali e le chiavi"

GRETA, 4 ANNI

"Dove si può giocare"

DAVID, 4 ANNI

"Venire a giocare, la fisioterapista .. è tanto gentile..."

DOMINICK, 5 ANNI

"Ehmm... facile! Un posto dove si gioca! Giusto?!?"

RAFFAELE, 6 ANNI

"Mmmhh, dai?!? ...curare!"

FEDERICO, 6 ANNI

"La fisioterapia per me è:

- *divertente*
- *mi ha insegnato a camminare*
- *mi hanno fatto fare percorsi divertenti che mi aiutano a saltare e camminare bene*
- *mi hanno insegnato a usare bene le mani*
- *mi insegnano a fare i labirinti, a mettere insieme gli oggetti, a giocare al memory, a fare i puzzle, a essere ordinato*
- *mi aiutano per la scuola e mi guardano le gambe e la schiena"*

RICCARDO, 8 ANNI

"Ehmm... è come un allenamento che viene svolto, cioè per aiutarti a migliorare in una specie di palestra, è come fare degli allenamenti in palestra... ehmm si fanno degli esercizi basati sul problema che tu hai e che ti aiutano a migliorarlo... ehmm poi... non ho più niente da dire"

MATTIA, 9 ANNI

"La fisioterapia è un mestiere che aiuta le persone con difficoltà fisiche, lievi o gravi, a migliorare o a guarire. Per me quindi la fisioterapia è benessere"

HOUDA, 17 ANNI

Bibliografia

- Andersson O, Grillner S (1981) Peripheral control of the cat's step cycle. *Acta Physiol Scand* 113:89-101
- Becher JG (2002) Pediatric rehabilitation in children with cerebral palsy: general management, classification of motor disorders. *J Prosthet Orthot* 14:143-149
- Bertozzi L, Montanari L, Mora I (2002) Architettura delle funzioni: lo sviluppo neuromotorio del bambino fra normalità e patologia. Springer, Milano
- Berweck S, Heinen F (2003) Treatment of cerebral palsy with botulinum toxin. Principles, Clinical Practice, Atlas, Child&Brain, Bonn Berlin
- Bion WR (1963) Gli elementi della psicoanalisi. Roma, Armando Editore (edizione italiana del 1973)
- Boccardi S, Licari V (1986) Il cammino indipendente del bambino. In: Movimento, azione, recupero. Liviana Editore, Padova
- Boccardi S, Lissoni A (1984) Cinesiologia, vol. 3, Società Editrice Universo, Roma
- Boyd RN, Graham HK (1999) Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *Eur J Neurol* 6(s4):23-34
- Borelli G, Neviani R, Sghedoni A et al (2013) La fisioterapia nella paralisi cerebrale infantile. Principi ed esperienze. Postura seduta. Springer, Milano
- Changeux, JP (1983) L'homme neuronal. Fayard, Paris. Trad. it. L'uomo neuronale Feltrinelli, Milano
- Corominas J (1983) Utilizzazione di conoscenze psicoanalitiche in un centro per bambini affetti da paralisi cerebrale infantile. In: Quaderni di psicoterapia infantile 8. Borla Editore, Roma
- Crenna P (1985) Controllo nervoso della locomozione. In: Rieducazione funzionale del cammino. Liviana Editore, Padova
- Crenna O, Frigo C (1983) Walking perturbations produced by cutaneous stimulation in men. Proc IFAC workshop and on Human Gait analysis and application. INSERM, pp 217-225
- De Panfilis C, Camerini GB (2003) Psicomotricità dello sviluppo. Manuale clinico. Carrocci
- Ferrari A (1990) Presupposti per trattamento rieducativo nelle sindromi spastiche della paralisi cerebrale infantile. *Europa medico physica* 26(4):173-87
- Ferrari A (1997) Proposte riabilitative nelle paralisi cerebrali infantili. Edizioni del Cerro, Pisa
- Ferrari A, Cioni G (2005) Le forme spastiche della paralisi cerebrale infantile. Springer, Milano
- Ferrari A, Cioni G (2009) The spastic forms of cerebral palsy – A guide to the assessment of adaptive functions. Springer, Milano
- Ferrari A, Faccioli S, Benedetti MG, Brunelli E (2009) Atti del corso “La chirurgia funzionale agli arti inferiori nei pazienti con PCI: tecniche e indicazioni a confronto”. Reggio Emilia, 24 settembre 2009
- Ferrari A, Reverberi S, Benedetti MG (2013) L'arto inferiore nella paralisi cerebrale infantile: semeiotica e chirurgia funzionale. Springer, Milano
- Ferrari A et al (1985) La genesi della funzione cammino. Atti del XIV convegno SIMFER
- Forsberg H, Grillner S, Rossignol S (1975) Phase dependent reflex reversal during walking in chronic spinal cats. *Brain Res* 330:103-107
- Gallese V, Migone P, Eagle M (2006) La simulazione incarnata: i neuroni specchio, le basi neurofisiologiche dell'intersoggettività ed alcune implicazioni per la psicoanalisi. *Psicoterapia e scienze umane* XL 3: 543-80
- Gage JR (2004) The treatment of gait problems in cerebral palsy. Mac Keith Press, London
- Grillner S (1973) Locomotion in the spinal cat. In: Stein RB, Pearson KG, Smith RS, Redford JB (eds) Control of posture and locomotion, pp 515-535. Plenum Press, New York
- Grillner S (1981) Control in locomotion in bipeds, tetrapods and fish. In: Brooks VB (ed) Handbook of Physiology – The Nervous System, vol 3. Am Physiol Soc, cap 26
- Kuo AD (2007) The six determinants of gait and the inverted pendulum analogy: a dynamic walking perspective. *Hum Mov Sc* 26:617-656

- Lance JW (1980) Symposium synopsis. In: Feldman RG, Young RR, Koella WP (eds) Spasticity: disordered motor control. Yearbook Medical Publishers, Chicago
- Lance JW (1990) What is spasticity? *Lancet* 335:606
- Mahler M et al (1975) La nascita psicologica del bambino. Boringhieri, Torino (1978)
- Magnus R (1924) Körperstellung, Springer, Berlin
- Marzani C (2005) Psicopatologia e clinica dei disturbi mentali. In: Ferrari A, Cioni G (eds) Le forme spastiche della paralisi cerebrale infantile. Springer, Milano
- Metaxiotis D, Accles W, Siebel A, Doederlein L (2000) Hip deformities in walking patients with cerebral palsy. *Gait Posture* 11:86-91
- Michaud TC (1997) Foot orthoses and other forms of conservative foot care. Williams & Wilkins, Philadelphia
- Milani Comparetti A (1985) Semeiotica neuroevolutiva e ontogenesi delle competenze relazionali del neonato. *Seminari USL* 18 "Il neonato ospedalizzato e la sua famiglia"; Empoli, pp 23-38
- Milani Comparetti A, Gildoni EA (1976) Dalla parte del neonato: proposte per una competenza prognostica. *Neuropsichiatria Infantile* 175:5-18
- Odéen I, Knutson, E (1981) Evaluation of the effects of muscle stretch and weight load in patients with spastic paraplegia. *Scand J of Rehabil Med* 13:117-121
- Peiper A (1961) Cerebral function in infancy and childhood. Consultants Bureau, New York
- Perry J (1992) Gait analysis – Normal and pathological function. Slack Inc, New York
- Pontiggia G (2004) Nati due volte. Mondadori, Milano
- Rademaker G. (1926) Die Bedeutung der roten Kerne und des übrigen Mittelhirnes für Muskeltonus, Körperstellung und Labyrinthreflexe. *Jama* 87:1058
- Spitz RA (1998) Il primo anno di vita: uno studio psicoanalitico sullo sviluppo delle relazioni oggettuali. Armando Editore, Roma
- Sutherland DH, Cooper L (1978) The pathomechanics of progressive crouch gait in spastic diplegia. *Orthop Clin North Am* 9(1): 143-54
- Sutherland DH (1997) The development of mature gait. *Gait and Posture* 6:163-170
- Sutherland DH, Olshen RA, Biden EN, Wyatt MP (1988) The development of mature walking. Cambridge University Press
- Tardieu G, Shentoub S, Delarue R (1954) A la recherche d'une technique de mesure de la spasticité. *Rev Neurol* 91:143-44
- Tardieu C, Huet de la Tours E, Bret MD, Tardieu G (1982) Muscle hypoestensibility in children with cerebral palsy: clinical and experimental observations. *Arch Phys Med Rehab* 63:97-102
- Taub E (1976) Movement in non human primates deprived of somatosensory feedback. *Exerc Sport Sci Rev* 4:335-374
- Winters TR, Gage JR, Hicks R (1987) Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am* 69:437-441