

Un nuovo ruolo per il midollo spinale: non solo un semplice esecutore

Emanuele Negro, Lia Morosi ed Ulisse Mascarello
Casa di cura per la riabilitazione "le Terrazze" di Cunardo - Varese

Nelle più comuni concezioni del mondo della riabilitazione, il midollo spinale è considerato come un centro inferiore, la cui funzione è solo quella di effettuare dei segnali in uscita provenienti dal motoneurone superiore e diretti agli effettori muscolari, mentre il cervello rappresenta il cosiddetto centro superiore, depositario delle funzioni superiori (funzioni cognitive).

In un'ottica riabilitativa sistemica invece possiamo considerare il SNC come una struttura costituita da vari livelli che si integrano tra di loro creando un sistema dinamico; questo concetto è stato proposto dal neurologo Jackson agli inizi del '900 il quale, nella sua teoria evuzionistica, sviluppò i concetti di evoluzione e dissoluzione del SNC definendo il processo di evoluzione in tre aspetti principali:

- è un processo che va da livelli di maggior organizzazione a livelli di minor organizzazione, considerando che i centri inferiori sono i più organizzati giacché sono già bene organizzati alla nascita, mentre i centri superiori costituiscono i livelli meno organizzati poiché sono in continua organizzazione;
- è un processo che passa dal più semplice al più complesso, considerando in questo caso i centri inferiori più semplici e i centri superiori più complessi;
- è un processo che va da livelli più automatici, cioè i centri inferiori, a livelli più volontari, ossia i centri superiori.

In pratica i centri concepiti in questo sistema, si sviluppano passando da un livello di maggiore organizzazione, maggiore semplicità e maggiore automatismo, i centri inferiori, ad un livello di minore organizzazione, maggiore complessità e minore automatismo, i centri superiori.

Jackson intende il processo di evoluzione come un processo positivo attraverso il quale il sistema nervoso viene "messo insieme"; il processo di dissoluzione invece, è inteso come l'esatto contrario cioè è un processo di involuzione che porta dai livelli meno organizzati, più complessi e più volontari ai livelli più organizzati, più semplici e più automatici.

Inoltre egli formulò una teoria secondo cui ogni malattia nervosa portava all'insorgenza di elementi negativi ed elementi positivi; in pratica quando il sistema nervoso subisce una dissoluzione si passa ad un livello di evoluzione inferiore, quindi si possono considerare i sintomi negativi come una risposta alla dissoluzione mentre i sintomi positivi come l'emergenza del livello di evoluzione inferiore e rappresentano pertanto i residui di uno stato evolutivo inferiore che è diventato il più adatto.

Si può chiarire meglio questo concetto prendendo come esempio l'emiplegia.

Nei casi più comuni si può affermare la presenza di una lesione che coinvolge i livelli superiori, il che comporta che ci sia stata una dissoluzione del sistema con i suoi sintomi negativi che comprendono la paralisi dell'emisoma controlaterale; tuttavia possiamo trovare anche dei sintomi positivi i quali comprendono la comparsa di RAAS o di irradiazione abnorme, segno dell'emergenza del livello inferiore in questo caso di meccanismi midollari.

Secondo questa accezione il sistema nervoso può essere diviso in tre livelli principali seguendo una complessa organizzazione verticale:

i cer
nuclei de
rappresen

•
co
de
•
e
so

Ogni
crescente
sintomo,
con la loc

Per q
una teor
costituisc
superiori

Ques
la riorga
spontane
lesione c
riabilitat

Quas
decision
livello è
quarto li
contiene
e del mid
corpo ag

La sc
diventa a
una riorg
aree cere
riorganiz
o all'em
guidata
del mido
riorganiz
che una
riorganiz
più evol

Ques
ruolo de
importan
si può ca
ben più
Seco

• i centri motori inferiori sono costituiti dalle corna anteriori del midollo spinale e dai nuclei del tronco encefalico; questi centri sono i più semplici e i più organizzati e sono rappresentativi;

• i centri motori medi comprendono la corteccia motoria o sensoriale; questi sono più complessi e meno organizzati e rappresentano regioni più ampie del corpo in maniera doppiamente indiretta. Sono quindi ri-rappresentativi;

• i centri motori superiori sono costituiti dai lobi frontali; questi sono i più complessi e i meno organizzati, rappresentano regioni più ampie in maniera tre volte indiretta, sono perciò ri-ri-rappresentativi.

Ogni funzione è quindi rappresentata in ciascuno di questi tre livelli da strutture di crescente complessità, pertanto secondo Jackson non si può identificare la localizzazione del sintomo, che corrisponde alla lesione di una determinata zona del Sistema Nervoso Centrale, con la localizzazione della funzione.

Per quanto la teoria di Jackson possa sembrare, ad un'prima e non attenta osservazione, una teoria che prevede un'organizzazione piuttosto gerarchica delle varie strutture che costituiscono il SNC, bisogna invece intenderla come una struttura dinamica dove i livelli superiori integrano i livelli inferiori divenendo quindi più evoluti.

Questo però non vuol dire che in caso di lesione di un livello inferiore come il midollo la riorganizzazione non può mai avvenire, ovviamente parliamo di una riorganizzazione spontanea la quale porta più facilmente all'emergenza di elementi patologici rispetto ad una lesione corticale; ma se provassimo invece a guidare la riorganizzazione con una proposta riabilitativa adeguata potremmo aspettarci una riorganizzazione migliore?

Quasi un secolo dopo Jackson il neurofisiologo Alain Berthoz nel libro "La scienza della decisione" descrive una teoria che definisce come "teoria dei modelli interni", dove il primo livello è situato nel midollo spinale, un secondo livello ha sede nel cervelletto ed il terzo e quarto livello corrispondono ai gangli della base e alla corteccia; ognuno di questi livelli contiene dei modelli interni e i livelli più elevati controllano i modelli interni del cervelletto e del midollo, creando così un modello interno globale che Berthoz chiama uno schema del corpo agente.

La somiglianza tra la teoria di Jackson e quella di Berthoz appare abbastanza ovvia e diventa anche intuitivo pensare che in caso di lesione nei livelli più evoluti si potrà osservare una riorganizzazione migliore, grazie alla maggiore interattività e connessione tra le varie aree cerebrali; ovviamente non si parla di una riorganizzazione spontanea o di una cattiva riorganizzazione dovuta ad una riabilitazione poco attenta a fenomeni come la diaschisi o all'emergenza di elementi dello specifico, ma parliamo bensì di una riorganizzazione guidata che permetta un miglior recupero. Con questo non vogliamo sminuire il ruolo del midollo spinale, perché è vero che una lesione a questa struttura non permette una riorganizzazione raffinata come quella che può avvenire nei livelli più evoluti, però pensiamo che una riabilitazione adeguata, seppure in tempi maggiori, potrebbe fare in modo che la riorganizzazione raggiunga il midollo stesso e portare ad un'emergenza di comportamenti più evoluti.

Questa teoria oltre a presentare molte analogie con la teoria di Jackson, riqualifica il ruolo del midollo spinale, in quanto gli sono attribuite funzioni proprie ed anche di una certa importanza, quando invece è sempre stato considerato un semplice esecutore; in questa teoria si può capire che l'autore descrive il midollo spinale come una struttura deputata a un ruolo ben più nobile, arrivando persino a definirla come un "decisore locale".

Secondo Berthoz, effettivamente la decisione, ad esempio, di camminare normalmente

o cambiare il ritmo dell'andatura, è presa a livello del cervello, ma la sua esecuzione è assicurata da neuroni specializzati situati nel midollo, i quali, liberando neuromediatrici, agiscono modificando l'attività e la trasmissione a livello delle giunzioni sinaptiche, creando una riconfigurazione funzionale della rete.

Oltre a questo meccanismo di controllo del cammino e dell'equilibrio, esistono nel midollo spinale dei modelli interni che gestiscono le proprietà meccaniche degli arti, simulandone la dinamica e la geometria.

In sintesi, il midollo spinale contiene una rete di neuroni alla quale giunge il comando motorio, che consente la simulazione interna del movimento; questo segnale di movimento sarà modificato, tenendo conto delle proprietà biomeccaniche e dinamiche degli arti, per cui in uscita alcuni segnali prevedono lo stato in cui si dovrebbe trovare il sistema se la previsione coincide con l'obiettivo prefissato.

Infatti se i recettori di muscoli, articolazioni o della pelle, individuano uno stato diverso da quello previsto o una situazione pericolosa, il confronto fra output del modello interno e gli input sensoriali genera un errore; pertanto durante il cammino avverranno dei cambiamenti di strategia o modulazioni correlati ai vari momenti del ciclo.

Ad esempio possiamo pensare al tipo di risposta muscolare scatenata da uno stimolo doloroso come una ferita avvenuta sotto il piede durante il cammino; questo tipo di risposta muscolare coinvolge una vera e propria sinergia di muscoli e non un muscolo o due come invece accade nel semplice riflesso.

Inoltre questa risposta organizzata dal nostro SNC è flessibile in quanto dipende dalla fase del ciclo locomotorio in cui è avvertito lo stimolo doloroso; infatti in una determinata fase si avrà l'attivazione dei muscoli flessori, in un'altra fase degli estensori e così via.

In pratica mentre sono attivati i muscoli per rispondere allo stimolo doloroso, il nostro SNC decide quale sinergia utilizzare in funzione del momento del ciclo, e questa decisione è presa a livello del midollo spinale che sceglie la migliore strategia motoria per rispondere allo stimolo.

Un meccanismo di selezione delle informazioni a livello del midollo spinale è dato dall'inibizione presinaptica; si tratta di un meccanismo di inibizione che impedisce l'arrivo di determinati segnali sensoriali al midollo, per fare in modo che determinate informazioni giungano solo quando sono necessarie.

Pertanto secondo Berthoz, non si può considerare il midollo come un semplice generatore di ritmi nel ciclo locomotorio, bensì come già detto, può essere definito un decisore locale in quanto controlla i cambiamenti di sinergie motorie che avvengono nelle diverse fasi del ciclo locomotorio.

Oltre alla teoria di Berthoz vi sono però numerosi studi che parlano delle diverse funzioni del midollo spinale e della plasticità che può esserci in seguito a lesione e che può condizionare il recupero.

In un articolo del 1999 si afferma che il midollo spinale ha un ruolo nell'attività preparatoria del movimento; i due Autori infatti ci dicono che i neuroni del midollo spinale sono attivi durante la pianificazione del movimento in maniera simile a quelli delle regioni sopraspinali. Essi hanno investigato l'attività degli interneuroni in scimmie addestrate ad eseguire un compito di flessione-estensione del polso, dove però tra il segnale istruttivo e l'attivazione del movimento vi era un intervallo temporale; in questo modo hanno dimostrato il coinvolgimento degli interneuroni nell'attività preparatoria, vedendo infatti che un terzo degli interneuroni mostravano una modulazione della loro attività a riposo proprio durante questo intervallo. Questo indica che la preparazione al movimento coinvolge un numero

diverso di a
Esistono
specializat
In uno
nell'interaz
del tratto e
movimenti
neuroni ai
ridotta sebb
R. G., 1992

I lavori
importante
ma quello o
subisce una

Possiam
struttura me
a causa della

Ciò non
crescita asso
pazienti con
anche in que

In una re
pochi giorni
caratterizat
erano tempo
motoneuroni

In una se
degli assoni
oligodendroc

Purtropp
chiari, ma po

Riorganizza

È risaput
indispensabil
fronte ad un'e

Esistono
primo import
dove si è inizi
che la riorgan
quali hanno d
a livello centr
hanno dimost
quali sono in
G., 2000); si a
sarebbe prese
esperienza pr

diverso di aree di cui il midollo spinale prende parte (Prut Y., Fetz E., 1999).

Esistono poi numerosi lavori che hanno cercato di individuare popolazioni di neuroni specializzate nello svolgimento di particolari funzioni; tra questi citiamo solo i più importanti.

In uno studio è stato identificato un sistema interneuronale che risulta rilevante nell'interazione tra sistemi spinali e sopraspinali; hanno osservato che un gruppo di neuroni del tratto cervicale del midollo spinale del gatto, mediano il controllo soprasspinale dei movimenti di raggiungimento all'oggetto guidati dalla vista. Quando l'output di questi neuroni ai neuroni motori è lesionato, la precisione del movimento di raggiungimento è ridotta sebbene gli altri aspetti del movimento non siano colpiti (Alstermark B., Lundberg R. G., 1992).

I lavori appena citati vogliono dimostrare che il midollo spinale svolge un ruolo ben più importante della semplice trasmissione di segnali dalla periferia alla corteccia e viceversa, ma quello che ci interessa particolarmente è capire cosa succede quando il midollo spinale subisce una lesione.

Possiamo affermare con decisione che una lesione del midollo spinale, ovvero della struttura meno evoluta del SNC, seppur incompleta, rende molto meno probabile il recupero a causa della scarsa riorganizzazione che vi può avvenire.

Ciò non vuol dire che non si possa verificare alcun tipo di recupero anzi, nonostante la crescita assonale in seguito a lesione sia difficile, sono stati documentati recuperi spontanei in pazienti con lesione incompleta del midollo spinale, indicando che il recupero può avvenire anche in questa sede.

In una review, sono spiegati i meccanismi iniziali di recupero in seguito a lesione: infatti pochi giorni dopo la lesione si ha una fase iniziale in cui si vede un recupero funzionale caratterizzato sia dal recupero della trasmissione delle vie assonali non lesionate che erano temporaneamente bloccate dallo shock spinale, sia un recupero dell'eccitabilità dei motoneuroni.

In una seconda fase il recupero funzionale può essere attribuito alla remielinizzazione degli assoni risparmiati che avevano perso la loro guaina mielinica data dalla morte degli oligodendrociti immediatamente a seguito della lesione (Fouad K e Tse A., 2008).

Purtroppo però i meccanismi che sottendono il recupero a lungo termine non sono ancora chiari, ma possiamo parlare di plasticità.

Riorganizzazione dopo lesione del midollo spinale

È risaputo che le strutture del SNC e SNP sono dotate di una grande plasticità, indispensabile per il recupero; la plasticità è la capacità di una struttura di modificarsi di fronte ad un'esperienza, la quale deve però essere tipica per quel determinato sistema.

Esistono numerosi studi sulla plasticità, che hanno seguito diverse tappe nel tempo: il primo importante lavoro sulla plasticità risale agli anni '60 con uno studio di Liu e Chambers dove si è iniziato a parlare di rigenerazione delle fibre (sprouting); negli anni '80 si osserva che la riorganizzazione può avvenire anche a distanza con i lavori di Merzenich e Kaas, i quali hanno dimostrato che in seguito a deprivazione di un nervo si ha una riorganizzazione a livello centrale (Merzenich M., e Kaas J. H., 1982); successivamente, i lavori di Recanzone hanno dimostrato che la plasticità può essere determinata dai processi di apprendimento, i quali sono in grado di riorganizzare le reti neurali anche in assenza di lesione (Recanzone G., 2000); si arriva quindi agli studi di F. J. Varela sull'esperienza, la quale secondo l'Autore sarebbe presente non solo a livello sensoriale, ma anche cognitivo e fenomenologico, e questa esperienza produce una riorganizzazione strutturale costante (Varela F. J., 1985); infine c'è

la teoria della neurogenesi, proposta da Altman negli anni 60 e ripresa dalla Gould nel 1999 la quale dimostra che esiste la possibilità di rigenerazione neuronale; sostiene che in zone subventricolari ci sono magazzini di cellule indifferenziate, nel cervello del macaco queste cellule possono migrare ed andare verso la corteccia dove si differenziano, ma perché queste cellule sopravvivano e si differenzino devono essere sottoposte ad esperienze tipiche per quelle strutture (Gould E., 1999).

Torniamo indietro: nell'esperimento degli anni '60 di Liu e Chambers vennero rimosse tutte le radici dorsali unilaterali del midollo spinale del gatto e constatarono che in comparazione con il lato sano, aumentavano le proiezioni assonali verso le radici del lato lesa. Il meccanismo d'incremento di queste proiezioni fu ritenuto essere lo sprouting di nuovi terminali e assoni collaterali nelle aree parzialmente denervate (Liu C., Chambers W., 1958).

In questo articolo classico è dimostrata la plasticità a livello del midollo spinale che può essere visto come un sistema capace di riorganizzarsi in seguito a lesione; questo tipo di riorganizzazione spontanea però non è positiva per il recupero della funzione, è infatti essenziale la comunicazione con le strutture corticali per fare in modo di poter guidare la riorganizzazione tramite l'esperienza.

Nella review di Fouad e Tse è spiegato il meccanismo dello sprouting, definito come la fuoriuscita di rami da un assone, e può avvenire in diverse modalità in seguito a lesione di assoni discendenti:

- possono essere osservati processi di sprouting al di sopra del sito di lesione che connettono assoni lesionati ad interneuroni non interessati dalla lesione;
- in caso di lesione incompleta del midollo spinale si possono osservare sprouting di assoni non lesionati al di sotto del sito di lesione che possono fornire input ai target spinali che hanno perso i loro input discendenti;
- possono essere osservati sprouting rigenerativi che avvengono alla punta degli assoni lesionati.

In seguito a lesione del midollo spinale la riorganizzazione non si può osservare solo a livello del midollo ma avviene anche ad altri livelli inclusa la corteccia motoria.

E' stato condotto un esperimento utilizzando la PET durante un compito che richiedeva l'uso delle mani in pazienti con lesione midollare; hanno osservato oltre all'attivazione di aree della mano un incremento dell'attività di aree della corteccia sensomotora principalmente dedicate al controllo delle gambe. Questo dimostrava che l'attivazione corticale alterata era il risultato della riorganizzazione che segue il ridotto o alterato apporto di input afferenti dopo lesione midollare (Bruehlmeier et al., 1998).

Usando una combinazione di RM funzionale e stimolazione magnetica transcranica, M. Lotze e colleghi hanno esaminato la rappresentazione corticale dei muscoli dell'arto superiore in pazienti che avevano subito una lesione toracica completa.

La RM rivelava cambiamenti nella rappresentazione immediatamente vicino all'area deafferentata. Anche la stimolazione magnetica transcranica comunque ha rilevato cambiamenti nell'eccitabilità adiacenti, ma anche più distanti dall'area deafferentata suggerendo una riorganizzazione potenzialmente più estesa (Lotze M. e coll., 2006).

Sono numerosi gli studi che suggeriscono una riorganizzazione corticale in seguito a lesione midollare o a lesione di un nervo periferico, però la cosa importante è riuscire a capire come questa riorganizzazione può essere utilizzata per il recupero della funzione; infatti solitamente la riorganizzazione corticale avviene principalmente per vicinanza tra aree corticali, ma ad esempio si potrebbe pensare di guidare questa riorganizzazione tramite

degli esercizi
lesionate, per

Implicazioni

Molti lavori
chiaramente n
funzionali per
Potremmo qui
locale, ma si
l'esperienza e
con numerose
riorganizzazio

Inoltre gli
spinale, le fibre
ai motoneuron
vari interneuro
connessioni pe
complesse, i c
(Shinoda Y., 19

Quindi il m
invito organizz
agli scopi dell'

Allora anch
lesione, si rivo

Il trattamen
si riflette nella
midollare veng
training con tr
possibilità di u

Sin dalla va
basti pensare a

La scala AS
una scala da 0 a
contro resistenz
all'assenza di s

Chiarament
qualitativo della

Infatti nella
se presenta ad
l'irradiazione o
discorso, infatti
modo da avere
trattamento.

Molto spess
è limitato ad u
stimolazioni ele

In un articol

degli esercizi conoscitivi adeguati e favorire così la comunicazione con le strutture midollari lesionate, permettendo un miglior recupero della funzione.

Implicazioni riabilitative

Molti lavori ci fanno capire che anche il midollo spinale si riorganizza in seguito a lesione, chiaramente non si parla di una riorganizzazione favorevole alla comparsa di comportamenti funzionali per l'uomo, ma di una strutturazione di elementi patologici sicuramente negativi. Potremmo quindi pensare ad un midollo spinale come un sistema che si riorganizza a livello locale, ma si riorganizza male, oppure potremmo pensare di guidare il recupero tramite l'esperienza e considerando che il midollo spinale è formato da 15 fasci i quali comunicano con numerose strutture sovrasegmentarie, non si potrebbe guidare il recupero tramite la riorganizzazione delle vie non lesionate?

Inoltre gli studi di Y. Shinoda degli anni '80 hanno dimostrato che a livello del midollo spinale, le fibre del fascio piramidale non si uniscono sempre e soltanto monosinapticamente ai motoneuroni delle corna anteriori, ma al contrario una percentuale di essi si distribuisce a vari interneuroni che possono controllare anche muscoli antagonisti; quindi grazie a queste connessioni polisinaptiche le aree corticali motorie possono controllare attività motorie complesse, i cui dettagli vengono organizzati dal midollo spinale o dal tronco encefalico (Shinoda Y., 1981).

Quindi il midollo spinale rappresenta, come già detto, un sistema nel sistema che riceve un invito organizzativo dai centri corticali ed è dotato di un'indipendenza che lo rende adattabile agli scopi dell'azione intrapresa grazie a questi interneuroni.

Allora anche in questo caso possiamo chiederci: ma se il midollo spinale, in caso di lesione, si rivolge alla corteccia, l'esperienza può modificare questi interneuroni?

Il trattamento riabilitativo utilizzato più frequentemente nella lesione del midollo spinale si riflette nella maniera in cui lo stesso è considerato; se pensiamo al recupero dopo lesione midollare vengono subito in mente i numerosi studi che si basano su diverse varianti del training con treadmill per il recupero della funzione locomotoria trascurando spesso la possibilità di una riorganizzazione tramite la comunicazione con le strutture corticali.

Sin dalla valutazione di un paziente con lesione midollare si possono notare delle pecche, basti pensare alla più comunemente utilizzata scala ASIA.

La scala ASIA valuta essenzialmente in maniera molto rigida la presenza di movimento in una scala da 0 a 5 dove 0 corrisponde alla completa paralisi e 5 alla presenza di movimento contro resistenza, inoltre misura l'aspetto sensitivo dei vari dermatomeri da 0, che corrisponde all'assenza di sensibilità, a 2 che corrisponde alla presenza di sensibilità.

Chiaramente una valutazione di questo genere manca completamente dell'aspetto qualitativo della valutazione sia per quanto riguarda il movimento che la sensibilità.

Infatti nella valutazione del movimento, bisogna anche considerare come viene eseguito, se presenta ad esempio degli elementi della patologia come possono essere la RAAS o l'irradiazione o lo schema elementare; anche per quanto riguarda la sensibilità vale lo stesso discorso, infatti bisognerebbe valutare sia le sensibilità semplici che quelle complesse in modo da avere un quadro del paziente più completo e saper indirizzare adeguatamente il trattamento.

Molto spesso però il trattamento descritto nella maggior parte degli articoli pubblicati, è limitato ad un allenamento al treadmill combinato con interventi farmacologici e con stimolazioni elettriche epidurali.

In un articolo pubblicato nel 2009, è descritto un esperimento eseguito sui topi in seguito

a lesione completa del midollo spinale, dove il recupero secondo gli Autori, può avvenire anche in assenza di input sopraspinali: in pratica tramite un allenamento al treadmill, l'utilizzo di agonisti serotoninergici e stimolazioni elettriche epidurali, la locomozione spinale può emergere da una combinazione tra la capacità dei central pattern generator e l'abilità di questi circuiti spinali di utilizzare le afferenze sensoriali per controllare il passo, sempre in assenza di input sopraspinali

(Courtine G. e coll., 2009).

Se ragioniamo in chiave evolutiva, l'esperimento sopra citato può essere applicabile per il SNC dei topi ma probabilmente per il SNC dell'uomo, più evoluto, non è applicabile tale procedimento o quantomeno porterebbe a risultati poco incoraggianti.

Se ragioniamo in un'ottica evuzionistica possiamo citare il neurobiologo E. Goldberg, che nel libro "L'anima del cervello. Lobi frontali, mente e civiltà", fa un'importante osservazione, ovvero, mentre nel SNC dei rettili e degli uccelli si può applicare un principio di tipo modulare, dato che in questi animali il talamo è la struttura maggiormente sviluppata, nell'uomo dove è la corteccia ad essere maggiormente sviluppata, si deve applicare un principio di interattività.

Questo significa che l'uomo proprio in seguito a questa evoluzione possiede una maggior variabilità nei comportamenti rispetto agli animali, e proprio in merito a questa diversità anche il trattamento dovrebbe essere impostato in maniera diversa, non trascurando pertanto l'utilità che potrebbe avere la comunicazione con le strutture sopraspinali ai fini del recupero.

Presentiamo di seguito un caso clinico di un paziente con lesione midollare che è stato trattato ricercando proprio questa integrazione con le strutture sopraspinali mediante l'ETC, in modo da favorire una riorganizzazione dei tessuti lesionati che permetta l'emergenza di comportamenti più evoluti.

Caso Clinico.

T. E., anni 46.

Diagnosi clinica: "Esiti di asportazione sub-totale di glioma di basso grado livello T10 - T12 mediante laminectomia".

Lo studio neurofisiologico di controllo segnala un disturbo delle vie sensitive (> dx) con potenziali evocati motori nella norma.

Valutazione iniziale Data 26/04/2010

Il paziente è in grado di mantenere la posizione seduta per periodi ridotti, non mostra alcun deficit di controllo del tronco apparente nonostante riferisca una persistente sensazione di "galleggiamento" nell'appoggio sulle natiche e sulle cosce. Riferisce inoltre presenza di parestesie (formicolii) diffuse agli arti inferiori. A letto il paziente riesce a mantenere esclusivamente la posizione supina, riferisce rigidità e mancanza di controllo agli arti inferiori durante i piccoli spostamenti a letto. I passaggi posturali avvengono solo con aiuto esterno, il paziente riferisce di sentire che gli arti inferiori non lo sostengono.

Non si riscontra Reazione Abnorme Allo Stiramento a livello dei flessori e adduttori di anca di entrambi gli arti inferiori; è presente minimamente e solo in movimenti molto veloci a livello dei flessori di ginocchio a destra, minima ai flessori plantari di entrambi i piedi sia a ginocchio flesso, sia quando il ginocchio è esteso.

Alla ric
eseguito cor
d'anca e ai

Alla ric
difficoltà e s
e ai pronato

Il pazien
in tutti i gru
d'anca di de

Si evide
a discapito d

Notevol
direzione d
più evident
notevole im
maggiori di

In partic
fatte scorre
(la stessa su

Sempre
precisa dell
grado di dis
entrambi i l

Non si e
divisa) e an

Il pazien
di utilizzarla
sempre nel
l'immagine

Il lingua
gli esercizi
fenomenolo
sensazioni a
Si evide

Descriv
pensato di n
l'attenzione
con le quali
illustreremo

Modificazio

Modifica

Data di f

Da verifi

Esito del

Il pazien

Alla richiesta di flessione attiva di anca e ginocchio da supino il movimento è minimo, eseguito con difficoltà e si riscontra in entrambi gli arti Irradiazione Abnorme degli abduttori d'anca e ai pronatori del piede e flessori delle dita più evidente a destra.

Alla richiesta di abduzione dell'anca da supino il movimento è minimo, eseguito con difficoltà e si manifesta irradiazione abnorme ad entrambi gli arti agli extrarotatori dell'anca e ai pronatori del piede, più evidente a destra.

Il paziente presenta Deficit di Reclutamento Muscolare sia qualitativo che quantitativo in tutti i gruppi muscolari più evidente all'arto inferiore destro, in particolare agli abduttori d'anca di destra.

Si evidenzia un deficit sensitivo che interessa ogni tipo di sensibilità più evidente a sinistra a discapito di quanto invece emerso dall'indagine neurofisiologica.

Notevoli anche i deficit della sensibilità cinestesica (non è in grado di percepire né la direzione del movimento, né la sua ampiezza) in particolare alle ginocchia e alle caviglie più evidenti a sinistra. Minori problematiche sono state riscontrate alle anche (seppur con notevole impegno attentivo il paziente è in grado di capire la direzione del movimento, maggiori difficoltà con la sua ampiezza)

In particolare si evidenziano difficoltà a riconoscere tre superfici differenti (moquette) fatte scorrere sulla pianta del piede; non vi è coerenza dell'informazione tattile nei due arti (la stessa superficie non viene percepita uguale sui due piedi).

Sempre sulla pianta del piede si riscontrano difficoltà nel riconoscimento dell'ubicazione precisa della sensazione tattile e pressoria, in particolare a sinistra. Il paziente non è in grado di distinguere consistenze differenti (legno e spugna morbida) poste sotto il tallone da entrambi i lati.

Non si evidenziano problematiche riguardo i tre tipi di attenzione (sostenuta, selettiva e divisa) e anzi riesce a mantenerla anche in situazioni di lieve disturbo con poca fatica.

Il paziente è in grado di evocare l'immagine motoria pur con qualche difficoltà iniziale e di utilizzarla correttamente durante gli esercizi. Si è rilevata la necessità da parte del paziente, sempre nel contesto dell'esercizio, di utilizzare un tempo abbastanza lungo per evocare l'immagine e trasferirla dalla parte interessata.

Il linguaggio prevalentemente utilizzato dal paziente nelle descrizioni di sé e durante gli esercizi è di tipo prevalentemente cognitivo e sensoriale. Emergono aspetti di tipo fenomenologico soltanto in rari casi e su approfondimento da parte del terapeuta sulle sensazioni avvertite.

Si evidenzia una buona capacità di apprendimento del compito.

Descriviamo le modificazioni intermedie ipotizzate. Per alleggerire la lettura si è pensato di non dilungarsi con l'elenco degli esercizi eseguiti quanto piuttosto di focalizzare l'attenzione sulle problematiche emerse nella proposizione degli esercizi e sulle modalità con le quali abbiamo cercato di superare tali difficoltà. Dopo le modificazioni intermedie illustreremo due esempi di esercizi cercando di motivare le nostre scelte operative.

Modificazioni Intermedie Attese.

Modificazione Intermedia n. 1.

Data di formulazione 26 aprile 2010

Da verificare: 26 Maggio 2011.

Esito della verifica: positivo

Il paziente dovrà essere in grado di mantenere per un lungo periodo di tempo la posizione

seduta accorgendosi della comparsa di disallineamenti degli arti inferiori (extrarotazione delle anche, flessione plantare delle caviglie) e con riduzione della sensazione di "galleggiamento".

Il paziente dovrà essere in grado, con la guida del terapeuta, di eseguire il passaggio seduto-lettino e viceversa, con controllo visivo senza comparsa di irradiazioni in supinazione dei piedi e riuscendo a mantenere le piante dei piedi in appoggio.

Miglioramento dell'informatività cinestetica e tattile. Miglioramento della rappresentazione corporea.

Modificazione Intermedia n. 2

Data di formulazione 27 maggio 2010

Da verificare: 14 Luglio 2010.

Esito della verifica: positivo

Il paziente dovrà essere in grado di eseguire autonomamente tutti i passaggi posturali aiutandosi con gli arti superiori in appoggio.

Dovrà essere in grado inoltre di mantenere la stazione eretta con appoggio degli arti superiori alle parallele anche per periodi di cinque minuti con corretto allineamento di bacino e arti inferiori, con eguale distribuzione di peso sui due emilati e senza che insorgano irradiazioni abnormi in estensione delle dita dei piedi, in particolare gli alluci.

Ulteriore miglioramento dell'informatività cinestetica e tattile.

Modificazione Intermedia n. 3

Data di formulazione: 14 luglio 2010

Da verificare: 25 Agosto 2010.

Esito della verifica: parzialmente positivo

Il paziente dovrà essere in grado di eseguire autonomamente tutti i passaggi posturali aiutandosi con gli arti superiori in appoggio. Dovrà essere in grado di mantenere la stazione eretta con allineamento corretto anche senza appoggi.

Dovrà inoltre essere in grado di camminare tra due parallele senza controllo visivo con un adeguato appoggio di tallone al suolo nella funzione di ammortizzamento e con una sufficiente flessione d'anca e di ginocchio nella funzione di raggiungimento senza l'insorgenza di irradiazione abnorme alle dita dei piedi e agli inversori del piede.

Ulteriore miglioramento dell'informatività cinestetica e tattile.

Agli inizi di Agosto si verifica l'insorgenza di infiammazione tendinea al grande trocantere del femore destro con dolore che si accentua in stazione eretta e che quindi limita molto la possibilità di eseguire esercizi in stazione eretta. Tale infiammazione trattata con antinfiammatori e ricorso ad onde d'urto si protrarrà per circa tre settimane imponendo una rivalutazione del programma riabilitativo stabilito.

Modificazione Intermedia n. 4.

Data di formulazione 25 agosto 2010

Da verificare. 24 settembre 2010.

Esito della verifica: positivo

Si ripropongono gli obiettivi della modificazione intermedia precedente

L'esito della verifica si reputa positivo anche se il paziente saltuariamente mostra una certa tendenza ad abduire l'anca destra e a raggiungere il suolo col piede destro leggermente supinato. Inoltre si evidenzia un'accentuata flessione di ginocchio sempre a destra nella fase di raggiungimento.

Modificazi

Data di form

Da verificari

Esito della

Il paziente

effettuando un

e pre-oscillazio

Dovrà inoltr

che si evidenzi

Ulteriore m

Il paziente

nell'avanzamen

trasferimento d

ancora modesto

perdita del con

comunque com

Il cammino

Esercizi e cond

Le problema

nei pazienti con

parte dei casi no

Il caso clinic

percezione della

inferiori, tuttav

a cui porre att

coxo-femorale e

Poiché in se

almeno per le a

partendo dal lat

In breve tem

bacino/tronco. R

posizione neutra

Maggiori dif

inferiore destro,

inferiore sinistro

precoce compar

Il paziente rif

non solo nel mo

In particolare

Tali inaspettat

hanno portato alla

Abbiamo pro

somigliare a que

Esercizio ric

Contenuti:

Modificazione Intermedia n. 5.

Data di formulazione 24 settembre 2010

Da verificare: 24 Ottobre 2010.

Esito della verifica: parzialmente positivo

Il paziente dovrà essere in grado di camminare tra due parallele senza controllo visivo effettuando un corretto trasferimento di carico e avanzamento del tronco nelle fasi di appoggio e pre-oscillazione.

Dovrà inoltre essere in grado di camminare con due canadesi con controllo visivo senza che si evidenzino comparsa di irradiazione abnorme di alcun genere.

Ulteriore miglioramento dell'informatività cinestesica e tattile.

Il paziente evidenzia ancora durante il cammino senza controllo visivo difficoltà nell'avanzamento del corpo durante la fase di preoscillazione in particolare a destra. Il trasferimento di carico sull'arto in appoggio viene ben eseguito dal lato sinistro, ma risulta ancora modesto sul lato destro, nella fase di oscillazione saltuariamente a destra si osserva perdita del controllo dell'arto inferiore che mostra una eccessiva flessione di ginocchio, comunque compensata bene nella fase di approccio.

Il cammino risulta lento ed a tratti asimmetrico.

Esercizi e condotte riabilitative.

Le problematiche emerse nell'utilizzo dell'immagine motoria come strumento dell'esercizio nei pazienti con lesione midollare sono particolarmente evidenti. Innanzitutto nella maggior parte dei casi non è possibile fare ricorso al lato sano perché la patologia è bilaterale.

Il caso clinico descritto rientra in tale categoria. Si sono verificate notevoli difficoltà nella percezione della cinestesi e nella costruzione di relazioni spaziali tra i vari elementi degli arti inferiori, tuttavia dopo breve tempo - indirizzando l'attenzione del paziente sulle informazioni a cui porre attenzione - è emerso che il deficit percettivo a livello dell'articolazione coxofemorale era di minore entità rispetto agli altri distretti.

Poiché in sede valutativa si è evidenziato una differenza nella percezione tra i due arti, almeno per le anche si è scelto far elaborare al paziente il movimento da programmare partendo dal lato destro, che dava informazioni maggiormente affidabili.

In breve tempo il paziente, da supino, era in grado di percepire spontaneamente i rapporti bacino/tronco. Riusciva inoltre a mantenere seppure per breve tempo l'anca e il ginocchio in posizione neutra, prevenendo l'extrarotazione dell'anca.

Maggiori difficoltà insorgevano in relazione agli altri distretti degli arti inferiori. All'arto inferiore destro, a discapito di un minor deficit di sensibilità cinestesica rispetto all'arto inferiore sinistro, si è rilevato un maggior deficit qualitativo del reclutamento muscolare con precoce comparsa di irradiazione anche per spostamenti minimi.

Il paziente riferiva inoltre una "sensazione di pesantezza" e "di minore scioltezza" avvertita non solo nel movimento attivo ma anche quando l'arto destro era mosso dal terapeuta.

In particolare tale pesantezza era molto accentuata "dal ginocchio in giù".

Tali inaspettate osservazioni unite all'importante compromissione della sensibilità cinestesica hanno portato alla scelta di cambiare le modalità di evocazione dell'immagine motoria.

Abbiamo provato a prendere come modello di riferimento articolazioni che potessero somigliare a quella in esame.

Esercizio riconoscimento di direzioni ed ampiezza in flessione-estensione del ginocchio.

Contenuti: costruzione ed elaborazione di informazioni cinestesiche di ginocchio,

costruzione di relazioni spaziali tra ginocchio e caviglia, recupero della frammentabilità tra i vari elementi, superamento del deficit di reclutamento, superamento della minima R.A.A.S. ai flessori di ginocchio.

Modalità: il paziente è ad occhi chiusi, seduto senza appoggio del dorso, allineato e con eguale distribuzione di carico sugli emibacini. Il terapeuta muove il gomito dello stesso lato in esame in flessione-estensione partendo da un angolo di 90°. Il paziente deve riconoscere in quale posizione viene portato il gomito (6 possibilità: combinazioni di aperto/chiuso con poco/a metà/ tutto) evocarne un'immagine motoria e quindi trasferire sull'arto inferiore la sensazione percepita ed anticiparla aggiungendo la qualità della "leggerezza" percepita nel gomito.

Obiettivo: il paziente, seduto in carrozzina, mantiene l'allineamento (il piede a terra con la caviglia a 90° senza extraruotare l'anca e senza sollevare il tallone) e ne percepisce l'eventuale perdita.

L'esercizio è stato eseguito per un lungo periodo e ha portato ad un effettivo miglioramento della sensibilità cinestesica, ed ha portato al conseguimento dell'obiettivo formulato.

Un'altra problematica è emersa nella riorganizzazione delle diverse fasi della deambulazione. Si è osservata la difficoltà del controllo delle sequenze di movimento, in particolare – come previsto – in assenza di controllo visivo. Il paziente sembrava non essere consapevole di quanto accadeva quando provava a spostare gli arti inferiori.

Per facilitare la comprensione di ciò che avrebbe dovuto sentire si è utilizzata la modalità di evocazione dell'immagine motoria che prevede una trasformazione visivo-somestesica (Reggiani P., 1999). In pratica partendo da un movimento compiuto da un soggetto esterno il malato deve essere in grado di trasformare ciò che vede direttamente in un'immagine somestesica.

Da studi recenti emerge che con tale modalità di esercizio l'attivazione delle aree motorie cerebrali che collaborano all'esecuzione del movimento in esame è particolarmente enfatizzata. G. Rizzolatti e C. Sinigaglia sostengono: "*nell'uomo la vista di atti compiuti da altri determina nell'osservatore un immediato coinvolgimento delle aree motorie deputate all'organizzazione e all'esecuzione di quegli atti*" per l'attivazione di un sistema neuronale detto "Mirror" il quale "*codifica atti motori transitivi e intransitivi; è in grado di selezionare sia il tipo di atto sia la sequenza dei movimenti che lo compongono; infine non necessita di un'effettiva interazione con gli oggetti, attivandosi anche quando l'azione è semplicemente mimata*" (Rizzolatti G., Sinigaglia C., 2006).

Inoltre, la misurazione delle modificazioni del flusso regionale cerebrale durante l'evocazione dell'immagine motoria mostrano un'attivazione di aree cerebrali sovrapponibili a quelle attive durante il movimento reale, comprese porzioni dell'Area Motoria Primaria (Decety J., 1996).

Non siamo a conoscenza di studi effettuati su ciò che accade nel midollo in seguito all'attivazione dei neuroni specchio o delle aree motorie coinvolte nell'evocazione dell'immagine motoria, ma verosimilmente possiamo pensare che anche in esso si verifichino "*meccanismi di risonanza*" simili a quelli osservati nel SNC (Rizzolatti G., Sinigaglia C., 2006).

Pertanto possiamo pensare che l'immagine utilizzata per simulare una sequenza di azioni possa "*rappresentare credibilmente uno strumento d'apprendimento*" (Reggiani P., 1999), anche a livello del midollo spinale e quindi favorirne una riorganizzazione dei circuiti neurali.

Il paziente, nell'eseguire il passo anteriore attuava una retroversione del bacino con minima flessione d'anca e tendenza ad una leggera abduzione. Nella fase di approccio al terreno il

ginoc
rileva
O
simul

Es
Co
inferi
framm

Ma
in app
al suo
osserv
motori
movim
esegui

Ob
adegua

Uti
elemen
consap
grado d

Val
Il p
visivo
Perman
del mo
discesa
arto "d

Non
inferior
di ginoc
maggio

Alla
ai pron

Alla
leggera

mentre

Per
gruppi r

Si ex
Il pa

poste so

Si ri
nel ricol

ginocchio rimaneva leggermente flesso. Sebbene tale fase avvenisse correttamente, spesso si rilevava un'inversione del piede con conseguente appoggio sulla parte esterna della pianta.

Oltre ad esercizi appositi per le singole articolazioni coinvolte abbiamo proposto una simulazione della funzione di appoggio al suolo (fase 0-10% del passo).

Esercizio simulazione della funzione di appoggio del piede al suolo.

Contenuti: costruzione ed elaborazione di informazioni cinestesiche dell'arto inferiore, costruzione di relazioni spaziali tra gli elementi dell'arto inferiore, recupero della frammentabilità, superamento del deficit di reclutamento.

Modalità: il paziente in stazione eretta tra le parallele, piedi allineati e con arti superiori in appoggio. Il terapista è di fronte al paziente con piedi allineati ed esegue un appoggio al suolo dell'arto in esame fino a far appoggiare l'intera pianta al suolo. Il paziente deve osservare l'azione proposta dal terapista, quindi chiudere gli occhi ed evocare un'immagine motoria della medesima azione. Successivamente il paziente deve eseguire in III° grado il movimento osservato pensando alla "leggerezza" che egli reputa visibile nel movimento eseguito dal terapista.

Obiettivo: il paziente esegue l'appoggio al suolo con una flessione dell'anca di ampiezza adeguata, senza abduzione dell'arto e con il controllo sulla pronazione del piede.

Utilizzando tali modalità d'esercizio si è notato nel paziente un maggiore controllo sugli elementi della patologia, un incremento qualitativo del reclutamento muscolare. Il paziente è consapevole di tali cambiamenti; nel prosieguo del trattamento ha affermato di non essere in grado di camminare bene senza prima aver immaginato.

Valutazione finale: 03/11/2010.

Il paziente è in grado di camminare per brevi tratti con due canadesi con controllo visivo con un buon appoggio al suolo e una discreta fase d'appoggio con ambedue gli arti. Permangono maggiori difficoltà in fase di preoscillazione dove si riscontra un minor controllo del movimento. Il cammino è lento. Il paziente è inoltre in grado di eseguire la salita e la discesa delle scale con corrimano ed un canadese utilizzando l'arto inferiore sinistro quale arto "dominante" sia nella fase di salita, sia nella regolazione della fase di discesa.

Non si riscontra RAAS a livello dei flessori e adduttori di anca di entrambi gli arti inferiori; essa è presente minimamente e solo in movimenti molto veloci a livello dei flessori di ginocchio a destra, minima ai flessori plantari di entrambi i piedi sia a ginocchio flesso, maggiore quando il ginocchio è esteso in particolare a destra.

Alla richiesta di flessione di anca e ginocchio da supino compare Irradiazione Abnorme ai pronatori del piede e flessori delle dita più evidente a destra.

Alla richiesta di abduzione dell'anca da supino il movimento è minore a destra, con leggera irradiazione abnorme agli extrarotatori dell'anca e ai pronatori del piede a destra, mentre non si manifesta a sinistra.

Permane modesto deficit di reclutamento muscolare qualitativo e quantitativo in tutti i gruppi muscolari più evidente agli abduttori di anca destra.

Si evidenziano notevoli riduzioni dei deficit sensitivi per ogni modalità percettiva.

Il paziente mostra ancora difficoltà nel distinguere consistenze differenti (tre spugne) poste sotto il piede in particolare a sinistra.

Si rileva incremento della sensibilità cinestesica, anche se permangono alcune difficoltà nel riconoscimento della direzione del movimento in particolare alle ginocchia.

Il paziente è in grado di utilizzare in modo ottimale lo strumento Immagine Motoria anche in movimenti complessi riguardanti più elementi dell'arto inferiore.

Conclusioni.

Nel caso clinico analizzato, gli elementi patologici - solitamente presenti in seguito a modalità di trattamento tradizionali - sono stati contenuti ed in parte ridotti. Il paziente ha appreso la capacità di controllo su tali elementi e pertanto essi non pregiudicano le funzioni apprese.

In merito a quanto osservato, considerato l'incremento generale della percezione e l'ottimale capacità di evocare rappresentazioni motorie da parte del paziente, appare legittimo ipotizzare un contributo fattivo delle condotte riabilitative attuate, in particolare dal punto di vista della qualità della riorganizzazione dei circuiti midollari..

Bibliografia

1. Alstermark B., Lundberg A. (1992) *Muscle afferents and spinal control of movement*, Pergamon Press, Oxford, New York, 327.
2. Berthoz A. (2004) *La scienza della decisione*, Codice Edizioni, Torino.
3. Bruehlmeier e coll. (1998), *How does the human brain deal with a spinal cord injury?*, Eur. J. Neurosci. 10(12), 3918.
4. Courtine G. et al., (2009), *Transformation of non functional spinal circuits into functional states after the loss of brain input*, Nature Neuroscience, 12, 10, 1333.
5. Decety J. (1996), *The neurophysiological basis of Motor Imagery*, Behavioural brain Res. 77, 45.
6. Fouad K., Tse A. (2008), *Adaptive changes in the injured spinal cord and their role in promoting functional recovery*, Neurological Research, 30, 17.
7. Goldberg E. (2004), *L'anima del cervello. Lobi frontali, mente e civiltà*. UTET, Torino.
8. Gould E., Tanapat P., Hastings NB., Shors TJ. (1999), *Neurogenesis in adulthood: a possible role in learning*, Trends Cogn. 3(5), 186.
9. Jackson J.H. (1884), *Evolution and dissolution of the nervous system*, Croonian Lecture, Selected Papers, 2.
10. Liu C., Chambers W. (1988), *Intraspinal sprouting of dorsal root axons*, Archives Neurology Psychiatry, 79, 46.
11. Lotze M., Laubis-Herrmann U., Topka H (2006), *Combination of TMS and fMRI reveals a specific pattern of reorganization in M1 in patients after complete spinal cord injury*, Restor Neurol Neurosci, 24(2), 97.
12. Maturana H. R., Varela F. J. (1985), *Autopoiesi e cognizione*, Marsilio Ed., Venezia.
13. Merzenich M., Kaas J. H. (1982), *Reorganization of mammalian somatosensory cortex following peripheral nerve injury*, TINS.
14. Prut Y., Fetz E. (1999), *Primate spinal interneurons show pre-movement instructed delay Activity*, Nature 401, 590.
15. Recanzone G. (2000) in: *The new cognitive neurosciences*, di Gazzaniga M., MIT Press, 237.
16. Reggiani P. (1999), *L'immagine motoria come strumento per l'esercizio terapeutico*. Supplemento editoriale a "Il Grandevetro", Biblioteca A.R. Lurija, 21.
17. Rizzolatti G., Sinigaglia C. (2006), *So quel che fai*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
18. Shinoda Y., Yokota J., Futami T. (1981), *Divergent projection of individual corticospinal axons to motoneurons of multiple muscles in the monkey*, Neuroscience Lett., 23, 1, 7.

