

Esercizio propriocettivo: protocollo rieducativo ambulatoriale integrato con biofeedback

Sandro Gentili Silvia Capici Cristina Nigito
Domenico Intiso Gaetano Gigante

Da diversi anni sono studiate le interazioni tra *input* sensoriali e propriocettivi relativi al trattamento rieducativo dei pazienti affetti da malattia di Parkinson (MP). È ormai fatto ampiamente noto che nella MP la perdita dei neuroni dopaminergici nella *pars compacta* della *substantia nigra* determina uno scompenso nei circuiti dei gangli della base che producono effetti clinici molteplici, sia motori sia non motori e, tra i primi, si ricordano la bradicinesia, la rigidità, il tremore e l'atteggiamento camptocormico.

Un'adeguata postura consente il mantenimento della proiezione del centro di gravità nel poligono di appoggio, sia quando il soggetto è fermo sia quando è in movimento. L'equilibrio statico e dinamico, ovvero il corretto e reciproco bilanciamento tra questi sistemi, permette all'azione motoria di esplicitarsi secondo il compito previsto. La postura è, infatti, uno stato di preparazione al movimento, in funzione di una simulazione interna delle sequenze motorie previste ai fini generali dell'azione. Sono noti i test di Kandel sulle risposte posturali nei soggetti su piattaforme traslate in avanti/in dietro che evidenziano come i movimenti anticipatori, in risposta a perturbazioni della postura, si adattino al contesto comportamentale, ma le risposte anticipatorie vengono modificate dall'esperienza e la loro efficacia aumenta con l'esercizio.

In caso di danno primario al sistema nervoso centrale le capacità adattative si riducono e il sistema si irrigidisce in schemi patologici. L'*habitus* del paziente affetto da MP è tipico, così come è nota la progressione sintomatolo-

gica che nel tempo conduce all'instabilità posturale con l'aumento del rischio di caduta. In questo complesso meccanismo di progressivo impoverimento del contenuto ideomotorio, associato all'aumento dei disturbi posturali e propriocettivi, è stata evidenziata un'alterazione dei circuiti motori striato-talamo-corticali e cerebello-talamo-corticali. Infine, in un recente studio è stata analizzata l'influenza dei farmaci dopaminergici sull'integrazione sensorimotoria e i processi propriocettivi.

Il programma di rieducazione motoria nella MP, per le considerazioni precedentemente esposte, passa necessariamente attraverso il *training* delle afferenze propriocettive anche con l'uso di specifici stimoli sensoriali (visivi e uditivi) somministrati mediante sistemi informatizzati in grado di registrare e quantificare l'esercizio terapeutico. Va ricordato che la sensazione propriocettiva non è necessariamente cosciente per cui, per rimodulare l'engramma motorio, il messaggio sensoriale deve essere trasformato in percezione attraverso un esercizio "conoscitivo".

Quindi, l'obiettivo della rieducazione propriocettiva nel paziente affetto da MP è quello di produrre un neoapprendimento finalizzato a rielaborare strategie per quelle competenze automatiche (quali le reazioni posturali per il mantenimento dell'equilibrio) che sono compromesse a causa del danno neurologico primario. Gestendo i sintomi di atteggiamento camptocormico e instabilità posturale si può contenere il danno secondario neuromotorio, prevenendo il danno terziario: le cadute.

Pertanto, la pianificazione di protocolli rie-

educativi adeguati al paziente affetto da MP deve prevedere la possibilità di misurare l'intensità, la durata e la ripetibilità dell'esercizio terapeutico, considerando sia la stadiazione della malattia sia le comorbidità sussistenti. Le sedute di *training* rieducativo sono consigliate per il mantenimento della funzionalità motoria e il controllo della rigidità. In molti lavori scientifici è ormai descritto il beneficio che questi pazienti traggono dall'esercizio terapeutico. Inoltre l'impiego di *cues* acustiche e visive si è rivelato importante come aiuto nel maggior controllo motorio, per il miglioramento propriocettivo e lo svolgimento della deambulazione.

In questo contesto l'adozione dei sistemi a *biofeedback* (BFB) è considerato di rilevante importanza. Infatti, l'esercizio terapeutico svolto con questi strumenti, oltre che utile nel reclutamento delle unità motorie e per il rinforzo della capacità muscolare, sfrutta segnali sensoriali (acustici e visivi) per condizionare una risposta motoria. Tali considerazioni hanno indotto a pianificare un protocollo rieducativo volto al riapprendimento sensorimotorio basato su un esercizio terapeutico mediante l'uso di BFB propriocettivo computerizzato.

GENERALITÀ SU TEST ED ESERCIZIO PROPRIOCETTIVO CON BIOFEEDBACK

Presso i nostri ambulatori è stata studiata ed elaborata una scheda clinica informatizzata per la valutazione fisiologica e per l'esercizio propriocettivo che ne discende. Questa è costituita da tre sezioni: prevalutazione; tracciati; *average trace error* (ATE), parametri che si possono acquisire in stazione sia seduta sia eretta.

Grazie a questa metodologia d'integrazione con BFB propriocettivo, sono stati sviluppati alcuni protocolli di ricerca volti al trattamento rieducativo ambulatoriale del paziente affetto da MP prima che si strutturi l'instabilità posturale.

Prevalutazione

Ha per scopo quello di fornire elementi indicatori del trattamento propriocettivo più appropriato da far eseguire al paziente. Consiste di diverse prove:

- viene definito il “centro di posizione”, viene cioè evidenziato con un segno (stellina) nel grafico planare, diviso in settori, lo stato iniziale del paziente, che questi percepisce come posizione corretta;
- successivamente si valuta e si registra la capacità di escursione su di un asse antero-posteriore del soggetto e il relativo scostamento dalla linea mediana;
- poi si passa alle traiettorie latero-laterali, alle diagonali, fino alla valutazione della capacità di congruenza rispetto alla circonferenza e al relativo spostamento dalla traiettoria proposta.

Sullo schermo il paziente e l'operatore visualizzano in tal modo quella che è stata da noi definita la “firma propriocettiva” del soggetto.

Da tale test si estrapolano anche quattro parametri relativi all'indice di stabilità, cioè ai gradi medi di scostamento dal percorso proposto: l'incremento di tale parametro rispetto al modulo di riferimento è indicativo di una disfunzione; alla posizione del tronco (solo in posizione seduta); all'indice di mobilità, legato al tempo di spostamento, che indica quanti gradi siano stati percorsi in totale; al centro percepito, coordinate nel settore e gradi della posizione della “stellina”.

Tracciati

Solitamente sono selezionati in base alla pre-valutazione e sono individuati da un numero progressivo a cui corrisponde uno specifico atto motorio caratterizzato da una traiettoria e dai relativi gradi di escursione.

L'esercizio terapeutico che corrisponde al tracciato, oltre al primario significato propriocettivo, ha valore anche per il mantenimento e/o il recupero dell'escursione articolare (figura 1).

Valutazione propriocettiva

Permette di effettuare un confronto e una valutazione più specifica sia per settori (relativi allo spostamento richiesto) sia per il carico impiegato durante l'esercizio. L'ATE esprime numericamente l'errore medio di percorso in riferimento alla linea ideale colorata in blu posta

Figura 1

Tracciati: sono individuati da un numero progressivo a cui corrisponde uno specifico atto motorio caratterizzato da una traiettoria e dai relativi gradi di escursione.

all'interno del corridoio delimitato dalle due circonferenze (figura 2).

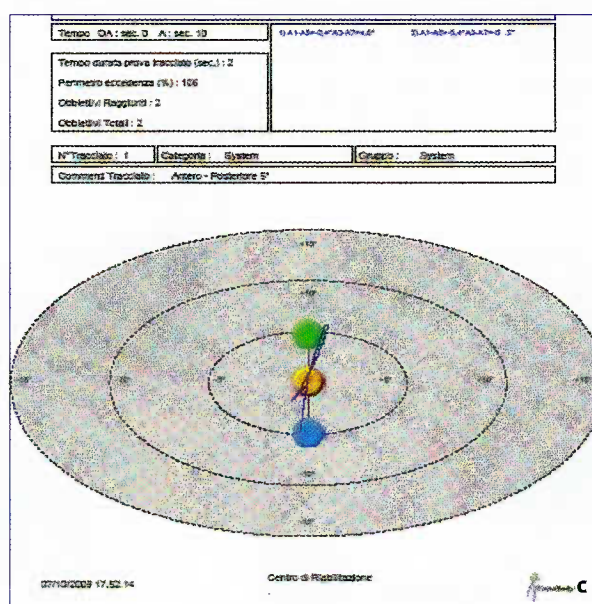
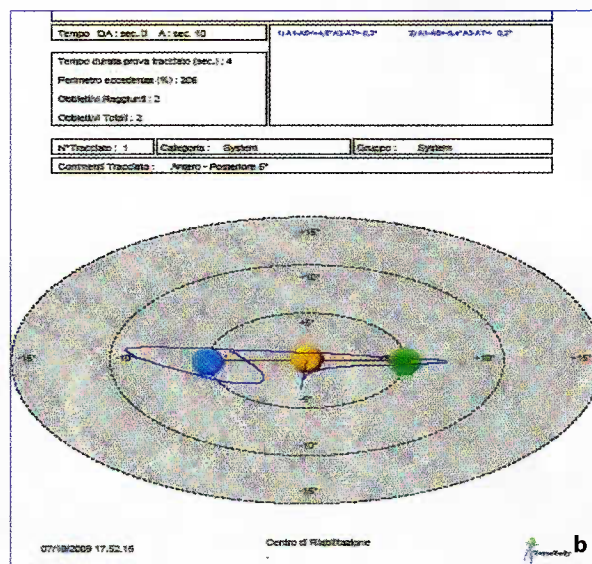
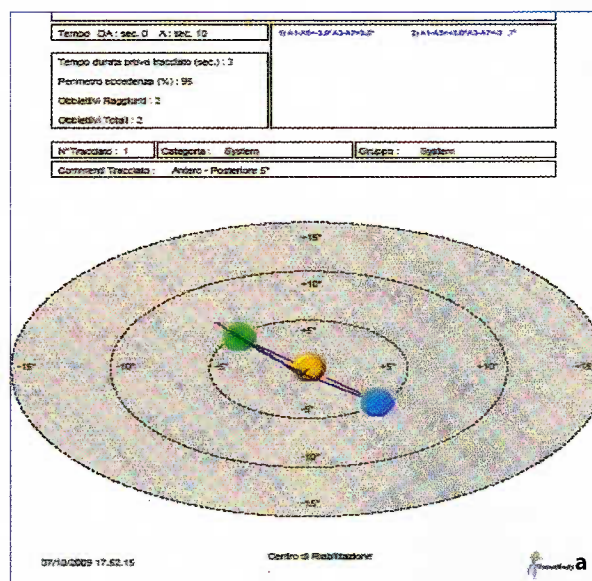
STUDIO SULLA RIEDUCAZIONE PROPRIOCETTIVA IN STAZIONE SEDUTA

Questo protocollo di ricerca ha previsto l'analisi delle capacità propriocettive dei pazienti affetti da MP, studiando la loro possibilità di percepire la corretta posizione seduta (centro percepito), l'allineamento tronco-bacino (controllo posizionale) e il grado di rigidità espresso nell'eseguire prestabiliti movimenti polidirezionali di bacino (capacità cinestesiche).

Si è voluto così verificare come l'eventuale miglioramento prodotto dall'esercizio terapeutico possa determinare un riapprendimento motorio.

Affinché i pazienti affetti da MP avessero la possibilità di ricevere informazioni sensoriali di ritorno all'esercizio proposto, finalizzato al miglioramento del grado di coscienza propriocettiva, è stata utilizzata una pedana propriocettiva.

Lo studio è stato condotto su un gruppo di dieci pazienti affetti da MP (stadio 2-3 di Hoehn & Yehar) di cui sei uomini e quattro donne, con età media pari a 69,2 anni. I pazienti reclutati hanno riferito un tempo di diagnosi di malattia compreso tra il 2000 e il 2005 e tutti sono stati in compenso farmacologico per l'intera durata del protocollo. Il gruppo è stato sottoposto a ciclo di rieducazione propriocettiva a cadenza quotidiana, per cinque giorni la settimana per un totale di venti sedute. Tutti i soggetti sono stati sottoposti a test di valutazione propriocettiva prima dell'inizio del ciclo (T1), al termine del ciclo (T2) e con *follow-up* tra la 45° e la 55° giornata successiva al trattamento (T3). Contestualmente alle valutazioni propriocettive, i pazienti parkinsoniani sono stati sottoposti a valutazione clinico-funzionale con la *Berg balance scale* (BBS) e a misurazione soggettiva del dolore mediante *visual analogue scale* (VAS, i soggetti



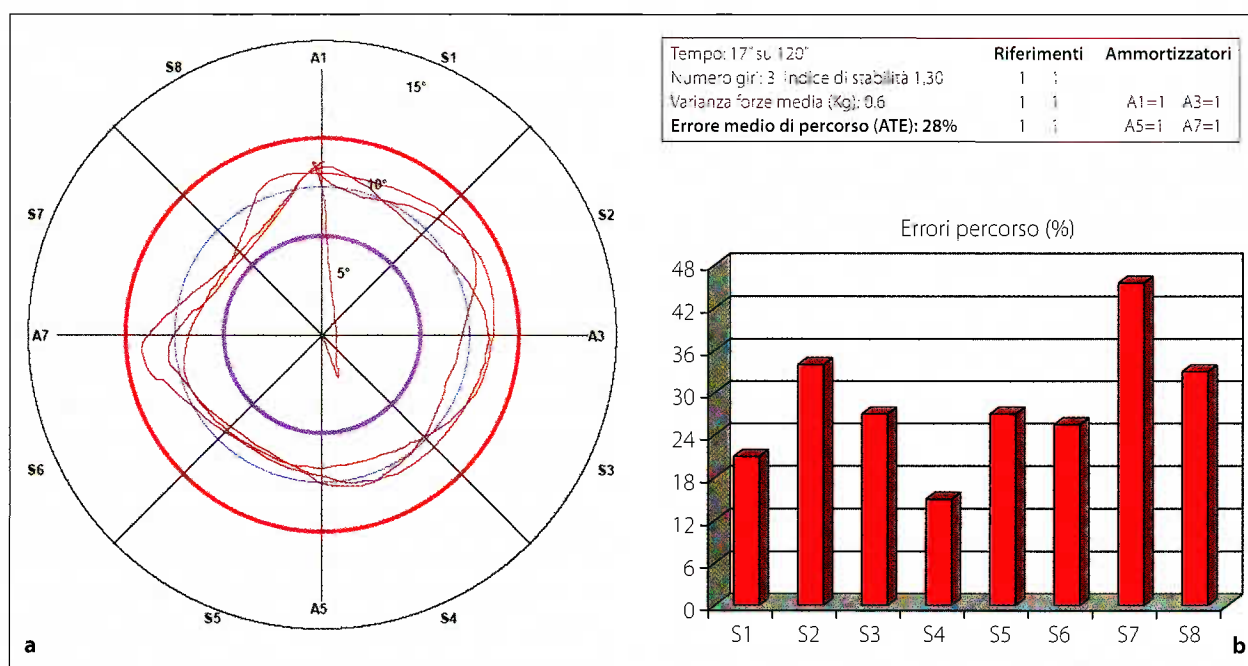


Figura 2

Average trace error (ATE): esprime numericamente l'errore medio di percorso in riferimento alla linea ideale colorata in blu posta all'interno del corridoio delimitato dalle due circonferenze.

reclutati presentavano algia vertebrale posturale e spondiloartrosi compatibile con l'età).

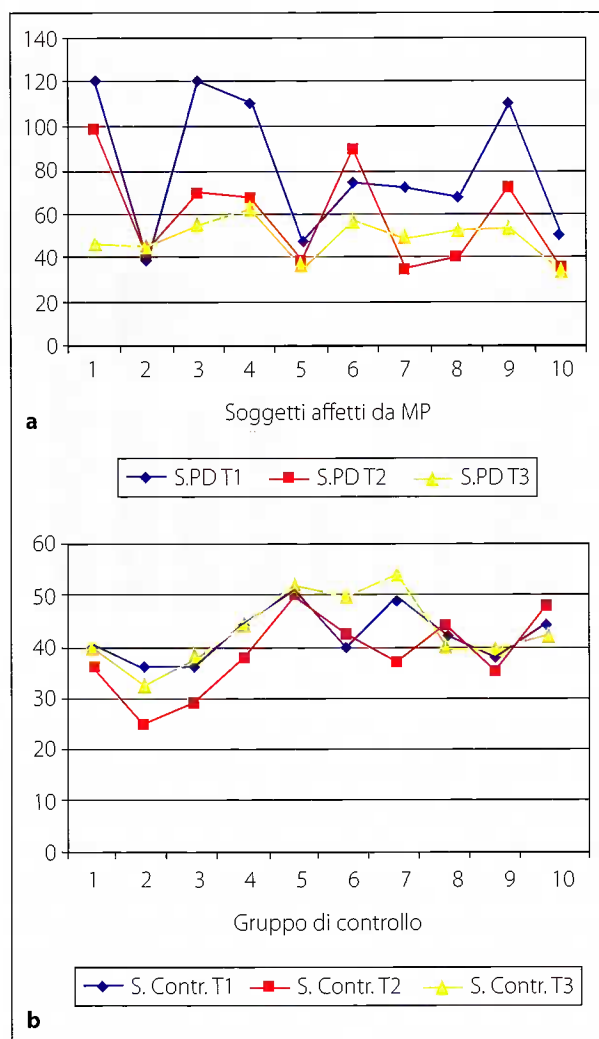
Proprio per analizzare il rapporto tra nocicezione e propriocezione, è stato reclutato un gruppo di confronto di dieci soggetti, omogeneo per età media (69,6 anni), sesso (cinque uomini e cinque donne) e comorbidità osteoarticolare degenerativa di grado lieve/medio, ma esente da patologia neurologica, reumoartropatica e da disturbi circolatori. Anche questo secondo gruppo è stato sottoposto a valutazione propriocettiva e a somministrazione di scala VAS nei medesimi tempi del primo gruppo. Nessuno dei soggetti appartenenti ai due gruppi è stato sottoposto a terapia antidolorifica durante il periodo dello studio.

Analizzando i risultati ottenuti con questo studio, ultimato nel 2009, è possibile riassumere che per quanto riguarda la risposta al dolore entrambi i gruppi hanno mostrato una progressiva riduzione dell'algia vertebrale. I pazienti affetti da MP sono passati da una VAS media a T1 di 6,6 a una media a T3 di 3,9; mentre il gruppo di controllo, da una media

iniziale di 6,3 è sceso a una media di 2,8 al *follow-up*. Questo tende a dimostrare che il dolore di origine posturale, determinato dalla spondiloartrosi in tutti i soggetti anziani, può essere ridotto con un maggior controllo posizionale e propriocettivo (si ricordi che la popolazione in esame nei due gruppi ha un'età media di circa 70 anni). A conferma di questo dato, analizzando i risultati dei test propriocettivi in entrambi i gruppi, si è notato che in tutti i pazienti il centro percepito tende con il *training* ad avvicinarsi al centro ideale d'intersecazione degli assi di lavoro della vista planare della pedana; così come è migliorato l'allineamento verticale tra busto e bacino.

All'analisi dei dati relativi alla BBS, tutti i soggetti del primo gruppo hanno progressivamente riferito un miglioramento della stabilità, minor incertezza nei trasferimenti posizionali e nei movimenti di rotazione del busto. Questo risultato, pur se non statisticamente significativo, sembra dare importante significato all'esercizio posizionale propriocettivo nella MP.

Per quanto riguarda i risultati relativi al grado di movimento percepito, i grafici della figura 3 mostrano una netta diminuzione del tempo con il quale i soggetti affetti da MP compiono l'esercizio proposto (quattro giri di pedana in un massimo di 120 secondi). Il tempo medio da loro impiegato durante la



prova iniziale è di 81 secondi per scendere al *follow-up* a 49,3 secondi. È chiaro che alla valutazione iniziale il soggetto affetto da MP mostra tutto il suo impaccio motorio e propriocettivo. Il tempo di esecuzione dell'esercizio, grazie al ritorno sensoriale offerto dal BFB, migliora progressivamente con la ripetizione del movimento richiesto. Confrontando il tempo medio impiegato dai pazienti del gruppo di controllo, si nota che al *follow-up* i soggetti affetti da MP impiegano circa lo stesso tempo con il quale i soggetti affetti da poliartrite hanno compiuto le tre le prove. Appare pertanto che l'esercizio proposto è stato utile ai pazienti del primo gruppo per migliorare il loro quadro di movimento, che risulta velocizzato e meglio percepito (indice di apprendimento sensorimotorio). Inoltre, si evince che i pazienti del secondo gruppo, non avendo problemi neuromotori, vanno alla

Figura 3

Grado di movimento percepito:
a, tempi dei soggetti affetti da MP;
b, tempi del gruppo di controllo (S, serie).

ricerca di un movimento più preciso, infatti al *follow-up* tendono leggermente ad aumentare il tempo di esecuzione dell'esercizio. Questa considerazione trova maggior rilievo nell'analisi dei grafici della figura 4 dove il gruppo di confronto manifesta al *follow-up* la minor percentuale media di errore.

I pazienti del gruppo di confronto scendono al *follow-up* a un ATE compreso tra il 20 e il 30%, mentre i soggetti affetti da MP mostrano al *follow-up* un complessivo lieve peggioramento tra le valutazioni in T2 e T3, mentre erano ben migliorati tra T1 e T2. Tale dato avvalorava la tesi che questi malati necessitano di *training* motorio frequentemente ripetuto. Inoltre potrebbe essere importante considerare che la diminuzione dell'algia vertebrale nel gruppo di controllo, in assenza di disturbo sensorimotorio, consentirebbe loro una miglior prestazione. Viceversa i soggetti affetti da MP incontrano difficoltà determinate sia dal deterioramento dell'automatismo motorio sia dalla quota di dolore primario dovuto alla malattia.

STUDIO SULLE CARATTERISTICHE PROPRIOCETTIVE IN POSIZIONE MONOPODALICA DESTRA E SINISTRA

Il precedente studio ha però aperto una serie di interrogativi relativi alla capacità di concentrazione e attenzione che i soggetti hanno impiegato durante lo svolgimento delle prove. Infatti, alcuni si erano fortemente applicati, altri hanno svolto l'esercizio più superficialmente. È da sottolineare che nessuno dei soggetti affetti da MP ha manifestato problemi cognitivi.

In questo secondo studio, ultimato nel 2010, si è ritenuto opportuno verificare la capacità di applicazione all'esercizio terapeutico, analizzando soggetti affetti da MP mediante un *training* propriocettivo monopodalico.

In questo studio sono stati presi in esame dieci soggetti affetti da MP allo stadio 1,5-2,5

Figura 4

Average trace error del gruppo di pazienti affetti da MP (a) e del gruppo di controllo (b).

della scala di Hoehn & Yahr, confrontati con altri dieci pazienti che hanno avuto una caduta accidentale senza disturbi dell'equilibrio associati. In entrambi i gruppi sono stati presi in esame pazienti della stessa fascia di età (media 65 anni) e con lo stesso numero di donne e uomini per ogni gruppo.

Altra particolare attenzione è stata posta all'attività lavorativa, ricreativa e al livello culturale dei soggetti presi in esame per entrambi i gruppi, in modo da ottenere l'uniformità del campione.

I soggetti affetti da MP sono stati trattati in compenso farmacologico, a orario concordato, in condizioni climatiche standard e dopo un periodo di relax dal loro arrivo in ambulatorio.

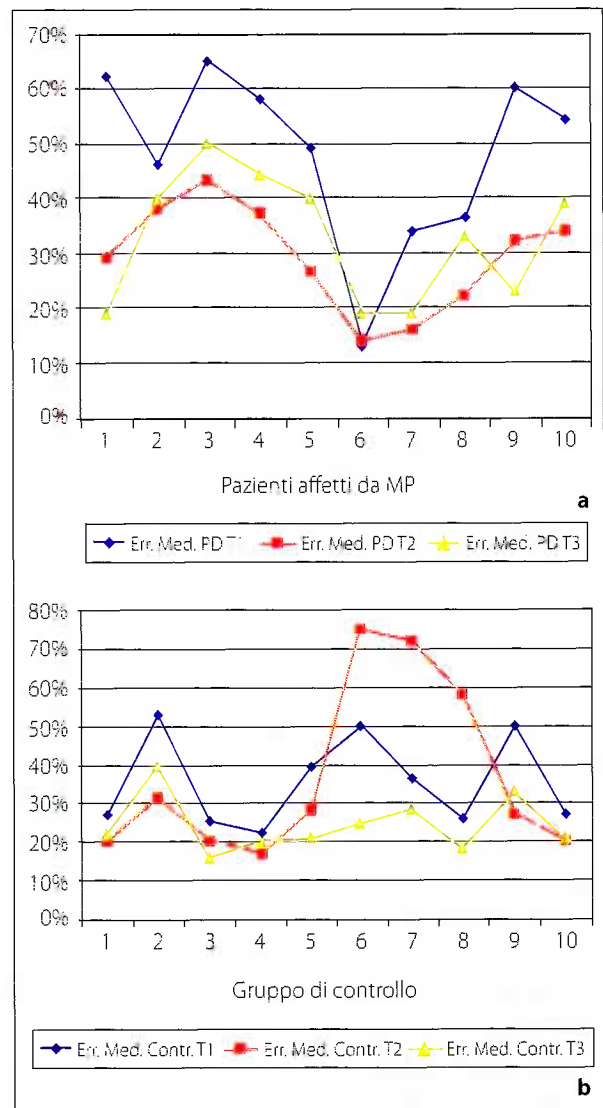
Trattandosi di uno studio limitato ai pazienti afferenti a un solo centro, per cercare di dare maggior significatività a questo studio pilota, si è cercato di selezionare il gruppo di controllo in maniera il più possibile simile e paragonabile al gruppo dei pazienti presi in esame.

Da sottolineare che per questo protocollo di studio, i due gruppi sono stati censiti e trattati grazie a una selezione che ha impegnato più di 100 pazienti inseriti nella normale routine del centro.

I pazienti sono stati sottoposti a ciclo di rieducazione propriocettiva monopodale in stazione eretta, a cadenza quotidiana, per cinque giorni la settimana per un totale di venti sedute, utilizzando una pedana propriocettiva.

Tutti i pazienti sono stati sottoposti a test di valutazione propriocettiva prima dell'inizio del ciclo (T1), al termine del ciclo (T2) e con *follow-up* tra la 45^a e la 55^a giornata successiva al trattamento (T3). Entrambi i gruppi sono stati altresì sottoposti negli stessi tempi a valutazione mediante scala *Unified Parkinson's disease rating scale*, *Fear of fall measure* (FFM), *Berg balance scale* (BBS) e SF-36.

È interessante notare come i risultati finali mettano in luce un miglioramento analogo nelle due classi di pazienti con evoluzione più precoce nel gruppo di controllo che è eguagliato al ter-



mine del ciclo di trattamento dai pazienti affetti da MP; inoltre è da sottolineare come al *follow-up*, in entrambi i gruppi, si manifesti una lieve riduzione dei risultati conseguiti con l'esercizio propriocettivo senza significativa differenza tra parkinsoniani e controllo.

Dall'analisi dei dati, che il programma esegue automaticamente dietro ogni ATE, è emerso che i pazienti affetti da MP potevano essere divisi in due gruppi, denominati "Diligenti" e "Non Diligenti", secondo l'approccio assunto nel compiere il *task* a loro proposto. Alcuni pazienti, i "Diligenti", pur di riuscire a compiere con maggior precisione l'esercizio impiegavano maggior tempo di esecuzione, gli altri invece, pur ritenendo importante l'esercizio e pur avendo avuto le stesse istruzioni sulle modalità della sua esecuzione (ovvero effettuarlo con attenzio-

ne entro 120 secondi), ritenevano di doverlo effettuare nel minor tempo possibile accettando anche un alto numero di imprecisioni (figura 5).

A questo punto l'analisi dei dati ha mostrato che i pazienti detti "Diligenti" tendono ad avere buoni risultati a livello sia dell'ATE sia dell'indice di stabilità, tanto sul lato maggiormente interessato quanto sul lato secondariamente colpito.

Il lato primariamente colpito, solitamente, nel tempo tende a un lieve peggioramento, talvolta rilevabile solo strumentalmente. Si può ipotizzare che questi pazienti tendano a utilizzare la via cerebello-talamo-corticale e striato-talamo-corticale in maniera bilanciata (anche grazie al supporto farmacologico) con una predominanza però della via cerebello-talamo-corticale, attivata dalla loro attenzione durante lo svolgimento preciso del *task* motorio. Questi pazienti tendono ad acquisire maggiormente l'informazione propriocettiva soprattutto con il lato "sano" e a essere in grado di eseguire nuovamente l'esercizio con precisione al *follow-up*.

Diversa è invece la situazione dei "Non Diligenti": costoro, infatti, sembrano usufruire del compenso farmacologico per riequilibrare il lato primariamente malato, dove migliora sia l'indice di stabilità sia la capacità di svolgere il *task* al *follow-up*.

Dal lato contro-laterale, apparentemente meno interessato dalla patologia, sembrerebbe invece subentrare un'instabilità documentata

dall'andamento dell'indice di stabilità e un'incapacità a riprendere il compito funzionale al *follow-up*. Apparentemente questi pazienti usufruirebbero del compenso farmacologico per quanto riguarda la parte più colpita che verrebbe riequilibrata, mentre la parte contro-laterale, meno colpita, risentirebbe di un "sovradosaggio" del farmaco e di un'eccessiva facilitazione della via striato-talamo-corticale, non compensata come nei "Diligenti" da un'attivazione, dovuta dall'attenzione, della via cerebellare.

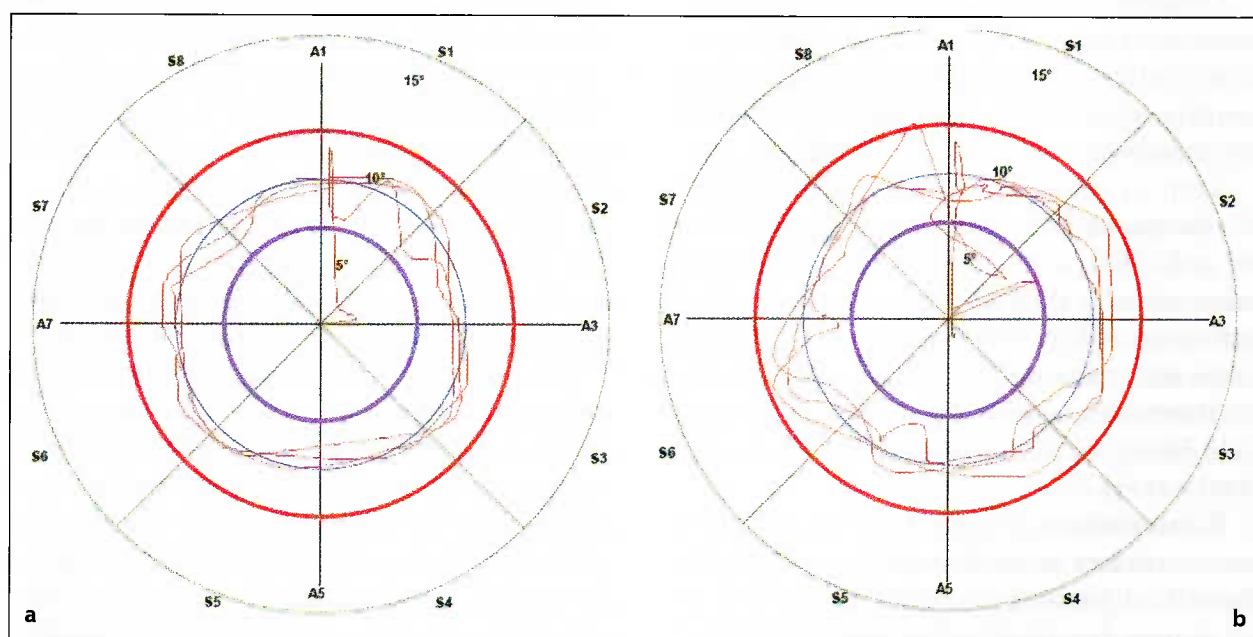
I risultati ottenuti sembrano associarsi con le evidenze più recenti degli studi di neurofisiologia e aprono interessanti prospettive, naturalmente da approfondire con ulteriori studi, su una riabilitazione nella MP, più attenta e mirata alle caratteristiche anche caratteriali dei diversi pazienti.

CONCLUSIONI

L'esercizio terapeutico integrato con l'impiego delle pedane mobili informatizzate determina un vero e proprio sistema di misura dell'esercizio propriocettivo e lotraghetta a pieno diritto nell'alveo della medicina basa-

Figura 5

Risultati ottenuti dall'analisi dell'*average trace error* (ATE) nel gruppo dei "Diligenti" (a) e dei "Non Diligenti" (b).



ta sull'evidenza dove si valuta e si misura, si esegue la terapia e si rimisura per valutare gli effetti del trattamento a cui è stato (o non è stato) sottoposto il paziente.

Complessivamente i dati esaminati mostrano che con l'esercizio propriocettivo svolto con sistemi a BFB (in stazione sia seduta sia in monopodalica) i pazienti affetti da MP conquistano un maggior controllo posizionale e nella cinestesi. Anche se i benefici ottenuti tendono lievemente a diminuire, dopo circa tre mesi dal termine del trattamento effettuato, con la ripetizione ciclica e cadenzata dell'esercizio terapeutico, è possibile mantenere nel tempo il buon risultato acquisito. Questo consente di migliorare la stabilità posizionale (BBS), mantenere le capacità di controllo motorio nelle situazioni di pericolo (FFM) e di tenere alto l'indice di soddisfazione (SF-36): in parole povere si ottiene una buona qualità della vita. I test effettuati con questi strumenti ci consentono altresì di poter monitorare nel tempo l'eventuale aumento del disturbo posturale/propriocettivo e pertanto, di poter valutare l'evoluzione del rischio di caduta.

Il lavoro con i BFB rappresenta un'esperienza motoria che aiuta i pazienti affetti da MP a riconoscere funzioni motorie automatiche limitate e poterle correggere volontariamente attraverso un esercizio misurato e ripetibile. I miglioramenti ottenuti con questi protocolli sono da attribuire al solo *training* rieducativo, dal momento che nessuno dei soggetti affetti da MP esaminati ha variato la terapia farmacologica in prossimità o durante il ciclo di rieducazione propriocettiva.

Altro dato molto importante emerso ai fini della definizione del programma motorio a cui sottoporre questi soggetti è quello della necessità di definire con molta cura i gruppi di studio. Infatti, come evidenziato, è determinante creare gruppi sulla base dell'omogeneità nella stadiazione della malattia e la scelta del campionamento sulla base dell'età, della motivazione, del carattere, dello stato cognitivo e delle comorbidità. Naturalmente questo complica lo studio sperimentale quando non si dispone di un numero importante di soggetti da esaminare. Ricorrere a studi multicentrici può essere la chiave per dimostrare definitivamente l'importanza dell'esercizio terapeutico nella MP.

Comunque il vantaggio offerto dai BFB è indiscutibile nel poter ripetere gli esercizi proposti e misurarne i risultati. Alla luce di quanto discusso, la proposta di inserire l'esercizio propriocettivo computerizzato all'interno di protocolli rieducativi adeguati alla MP, appare del tutto giustificata.

Sandro Gentili

Specialista in Medicina fisica e riabilitativa
Ricercatore, Cattedra di Medicina Riabilitativa
Università degli Studi "Tor Vergata", Roma

Silvia Capici

Specialista in Medicina fisica e riabilitativa
Istituto di Terapia fisica e riabilitazione, Roma

Cristina Nigito

Cattedra di Medicina Riabilitativa
Università Cattolica del S. Cuore, Roma

Domenico Intiso

Specialista in Medicina fisica e riabilitativa
Unità operativa di Medicina fisica e riabilitativa
IRCCS "Casa Sollievo della Sofferenza"
S. Giovanni Rotondo (FG)

Gaetano Gigante

Professore ordinario
Cattedra di Medicina Riabilitativa
Università degli Studi "Tor Vergata", Roma



Bibliografia essenziale

- Lewis MM, Slagle AB, Smith AB et al. Task specific influences of Parkinson's disease on the striato-thalamo-cortical and cerebello-thalamo-cortical motor circuitries. *Neuroscience* 2007; 147: 224-35.
- Mongeon D, Blanchet P, Messier J. Impact of Parkinson's disease and dopaminergic medication on proprioceptive processing. *Neuroscience* 2009; 158: 426-40.
- Smania N, Corato E, Tinazzi M et al. Effects of balance training on postural instability in patients with idiopathic Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24: 826.
- Tagliabue M, Ferrigno G, Horak F. Effects of Parkinson's disease on proprioceptive control of posture and reaching while standing. *Neuroscience* 2009; 158: 1206-14.

La bibliografia completa e ulteriori approfondimenti sono disponibili in

www.ilfisioterapista.it

