

# Vibrazioni a onde meccanosonore

Paolo Buselli<sup>1</sup>, Sara Messina<sup>2</sup>, Marco Fontanesi<sup>3</sup>, Francesco Ferraro<sup>4</sup>,  
Vanessa Rosati<sup>5</sup>, Maria Grazia Benedetti<sup>6</sup>, Serena Filoni<sup>7</sup>, Roberto Casale<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Responsabile Unità operativa di Riabilitazione specialistica, Istituti Ospitalieri di Cremona

<sup>2</sup> Scuola di Specializzazione in Medicina fisica e riabilitativa, Università degli Studi di Pavia

<sup>3</sup> Corso di Laurea in Fisioterapia, Università degli Studi di Brescia

<sup>4</sup> Direttore Unità operativa di Riabilitazione neuromotoria, Azienda Ospedaliera "Carlo Poma", Mantova

<sup>5</sup> Direttore Medico, Riabilitazione Casa di Cura "Villa Delle Querce", Nemi (Roma)

<sup>6</sup> Direttore Unità operativa di Medicina fisica e riabilitativa, Istituti Ortopedici Rizzoli, Bologna

<sup>7</sup> Unità operativa di Riabilitazione tecnologica, Fondazione Centri di Riabilitazione "Padre Pio" Onlus, San Giovanni Rotondo (FG)

<sup>8</sup> Direttore della Divisione Unità operativa di Riabilitazione neuromotoria III, Fondazione "Salvatore Maugeri", IRCCS Montescano (PV)

## Abstract

Da alcuni anni lo sviluppo, in ambito sia riabilitativo sia sportivo, si è rivolto alla stimolazione focalizzata su precisi punti che permette un'applicazione targettizzata e localizzata con evidenti vantaggi di accuratezza. Il più recente metodo di erogazione di uno stimolo meccanico sfrutta le qualità di specifici trasduttori per le diverse superfici di contatto: i trasduttori vengono fissati alla cute con fasce elastiche e collegati a un generatore di impulsi che – attraverso l'emissione di aria a elevata pressione – fa giungere al punto *target* una serie di condensazioni e rarefazioni dell'aria, cioè una vibrazione meccanosonora. Utilizzando questo apparecchio, è stato condotto un trial rivolto a un'applicazione pratica della terapia vibratoria focalizzata in soggetti con ipertono spastico dell'arto inferiore in esiti di *ictus cerebri*.

## Parole chiave

Terapia vibratoria  
Ictus  
Arto inferiore  
Ipertono spastico

## Key words

Vibration  
Stroke  
Limb  
Hypertonic spastic

**D**a tempo si è diffuso l'utilizzo della stimolazione vibratoria nell'ambito della fisiologia del sistema sensomotorio; dalla ricerca si sono poi avute ricadute in ambito operativo nei settori della medicina dello sport e più recentemente nella riabilitazione.

Dai primi vibratorii meccanici a oggi, la tecnologia medica ha sviluppato sistemi sempre più raffinati di erogazione dello stimolo vibratorio: dalle stimolazioni mediante pedane vibranti sulle quali ci si posizionava in piedi, alle stimolazio-

ni localizzate mediante cilindri, palline e sfere. Nell'ambito della medicina dello sport, gli studi hanno evidenziato interessanti risposte su vari aspetti del lavoro muscolare. In riabilitazione l'applicazione di questo tipo di stimolazione ha mostrato miglioramenti in numerosi casi clinici.

Da alcuni anni lo sviluppo, in ambito sia riabilitativo sia sportivo, si è rivolto alla stimolazione focalizzata su precisi punti che permette un'applicazione targettizzata e localizzata con evidenti

**Tabella 1** Vibrazione: effetti prevalenti

Effetto	Frequenza
Decontratturante	Intorno a 50 Hz
Inibizione dell'ipertono spastico	100Hz
Antalgico	200 Hz
Potenziamento muscolare	Fino a 300 Hz

vantaggi di accuratezza. Il più recente metodo di erogazione di uno stimolo meccanico sfrutta le qualità di specifici trasduttori per le diverse superfici di contatto: i trasduttori vengono fissati alla cute con fasce elastiche e collegati a un generatore di impulsi che attraverso l'emissione di aria a elevata pressione fa giungere al punto *target* una serie di condensazioni e rarefazioni dell'aria, cioè una vibrazione meccanosonora.

Nell'ampio *range* di frequenze utilizzabili, si possono distinguere diversi effetti prevalenti secondo le frequenze utilizzate (tabella 1).

I primi lavori di Hagbarth e Eklund<sup>1-2</sup> prevedevano l'applicazione delle vibrazioni al ventre muscolare e/o alla struttura tendinea per determinare una risposta neuromuscolare definita dagli Autori "riflesso tonico da vibrazione" (RTV). Nel corso degli anni è stato dimostrato che l'RTV induce un aumento della risposta contrattile dei gruppi muscolari coinvolti attraverso una maggiore sincronizzazione delle unità motorie implicate nel movimento, un miglioramento della coordinazione dei muscoli sinergici e un aumento dell'inibizione degli antagonisti grazie al principio di inibizione reciproca<sup>3-7</sup>.

Questi cambiamenti nella risposta neuromuscolare sono da attribuire principalmente all'aumento dell'attività dei centri motori superiori e al sostanziale miglioramento dei comandi nervosi che regolano la risposta neuromuscolare<sup>8</sup>.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Le vibrazioni possono essere applicate in vari campi, ottenendo diversi effetti terapeutici secondo il loro utilizzo:

- **senescenza e invecchiamento**, come prevenzione dell'atrofia delle fibre muscolari tipica della sarcopenia. A tale proposito è stato studiato l'incremento di equilibrio, abilità nella deambulazione e forza muscolare in persone anziane residenti in case di cura<sup>9</sup>, evidenziando la migliore capacità di movimento autonomo che può ridurre il rischio di cadute, oltre che aumentare la flessibilità muscolare<sup>10</sup>;

- **riabilitazione post-chirurgica, post-traumatica e propriocettiva**, sviluppo della forza muscolare e di un corretto *pattern* di attivazione muscolare in ambito riabilitativo ortopedico, che permette di ridurre la forza di picco durante una contrazione muscolare massima e quindi di ottenere una massima contrazione isometrica volontaria maggiore<sup>11</sup>, oltre a un incremento delle capacità propriocettive delle articolazioni interessate dall'applicazione dello stimolo vibratorio. È stata inoltre evidenziata una riduzione dell'affaticabilità muscolare, con una migliore adattabilità della contrazione muscolare<sup>12</sup>;

- **riabilitazione neurologica**, riduzione dell'ipertono spastico in pazienti con esiti di ictus e condizioni cliniche stabilizzate. È stato verificato l'effetto delle vibrazioni sulla riduzione dell'ipertono tramite diversi studi che hanno indagato gli effetti a livello muscolare<sup>13-15</sup> e a livello dei centri superiori<sup>16-19</sup>, dove si verifica una modificazione delle reti neurali nelle aree motorie della corteccia cerebrale, con aumento del volume delle stesse. È stato dimostrato il miglioramento della motilità attiva degli arti paretici, in cui la spasticità è stata ridotta utilizzando le vibrazioni<sup>20-23</sup>, con evidenza di miglioramento dell'utilizzo degli arti stessi in compiti funzionali come il cammino<sup>24</sup>;

- **terapia del dolore**, trattamento dei punti *trigger* e *tender* in pazienti affetti da sindrome del dolore miofasciale e nel *low back pain*<sup>25-26</sup>;

- **medicina dello sport**, metodica di recupero funzionale, riabilitazione e allenamento di soggetti praticanti sport<sup>27-28</sup>.

### VALUTAZIONE CLINICA E SPERIMENTALE

Nel 2012 si è costituito un gruppo di clinici e ricercatori per la valutazione clinica e sperimentale degli effetti della vibrazione focalizzata in ambito riabilitativo. In questo contesto, è stato condotto un primo *trial* pilota su un selezionato gruppo di pazienti; il *trial* è stato rivolto a un'applicazione pratica della terapia vibratoria focalizzata in soggetti con ipertono spastico dell'arto inferiore in esiti di *ictus cerebri*. I soggetti sono stati valutati clinicamente e sottoposti a ciclo riabilitativo presso il Servizio ambulatoriale della Riabilitazione specialistica degli Istituti Ospitalieri di Cremona.

I criteri di inclusione nello studio sono stati:

- episodio di ictus cerebrale avvenuto da almeno sei mesi;
- età compresa tra 18 e 80 anni;
- punteggio della scala di valutazione Ashworth compreso tra 1 e 3;

**Figura 1** Applicazione dei trasduttori accoppiati alla cute (Vibra, pgc a-circle).



- capacità di deambulare senza aiuto e senza ausili per brevi tratti;
- assenza di gravi comorbidità.

Ogni soggetto è stato valutato in due momenti diversi: prima e dopo il trattamento riabilitativo. La valutazione ha indagato il livello di spasticità nell'arto inferiore colpito dalla paresi, la capacità di deambulare e l'autonomia nello svolgimento delle attività della vita quotidiana. Alla valutazione clinica è stata associata l'analisi del cammino tramite *gait analysis* presso il Laboratorio del Movimento dell'Ospedale "Carlo Poma" di Mantova, Presidio riabilitativo di Bozzolo, secondo il protocollo Davis<sup>29</sup>.

### Trattamento riabilitativo

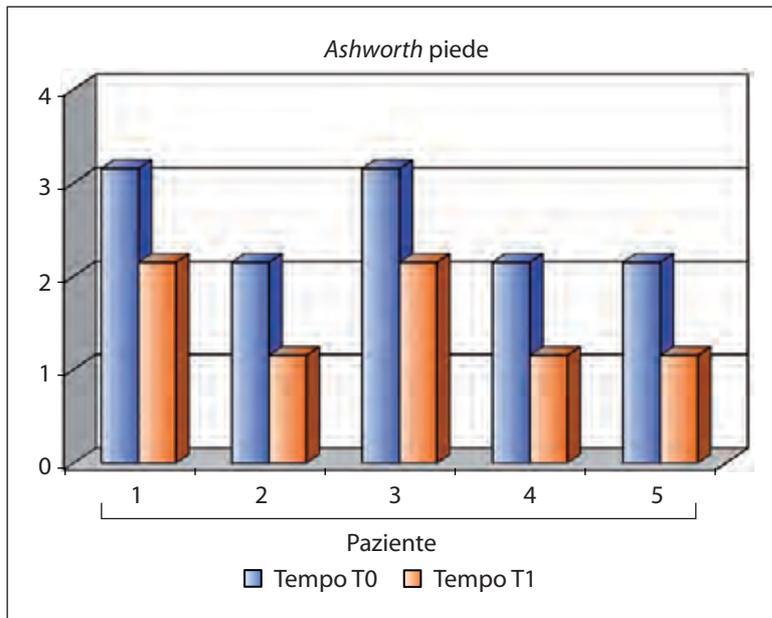
I pazienti dello studio sono stati sottoposti a un regime di trattamento ambulatoriale della durata di cinque settimane con tre sedute la settimana, svolte a giorni alterni e composte da trattamento con

vibrazioni meccanosonore selettive sui muscoli tibiale anteriore, semitendinoso e semimembranoso (frequenza 100 Hz), seguiti da trattamento riabilitativo neuromuscolare tradizionale. Il trattamento con le vibrazioni meccanosonore è stato effettuato tramite un generatore d'aria a geometrie variabili che convoglia l'aria compressa su trasduttori accoppiati alla cute (figura 1).

I risultati preliminari dello studio vedono concluso l'iter di cinque pazienti (due maschi e tre femmine) con età compresa tra 45 e 72 anni (età media 62 anni).

### RISULTATI

Durante le valutazioni cliniche sono emersi miglioramenti dal punto di vista sia soggettivo sia oggettivo: quattro pazienti su cinque hanno riferito infatti una riduzione della rigidità dell'arto inferiore e di conseguenza una migliore capacità



**Figura 2** Tono della muscolatura del piede: la valutazione secondo Ashworth mostra una costante e significativa riduzione della situazione di ipertono spastico post-trattamento.

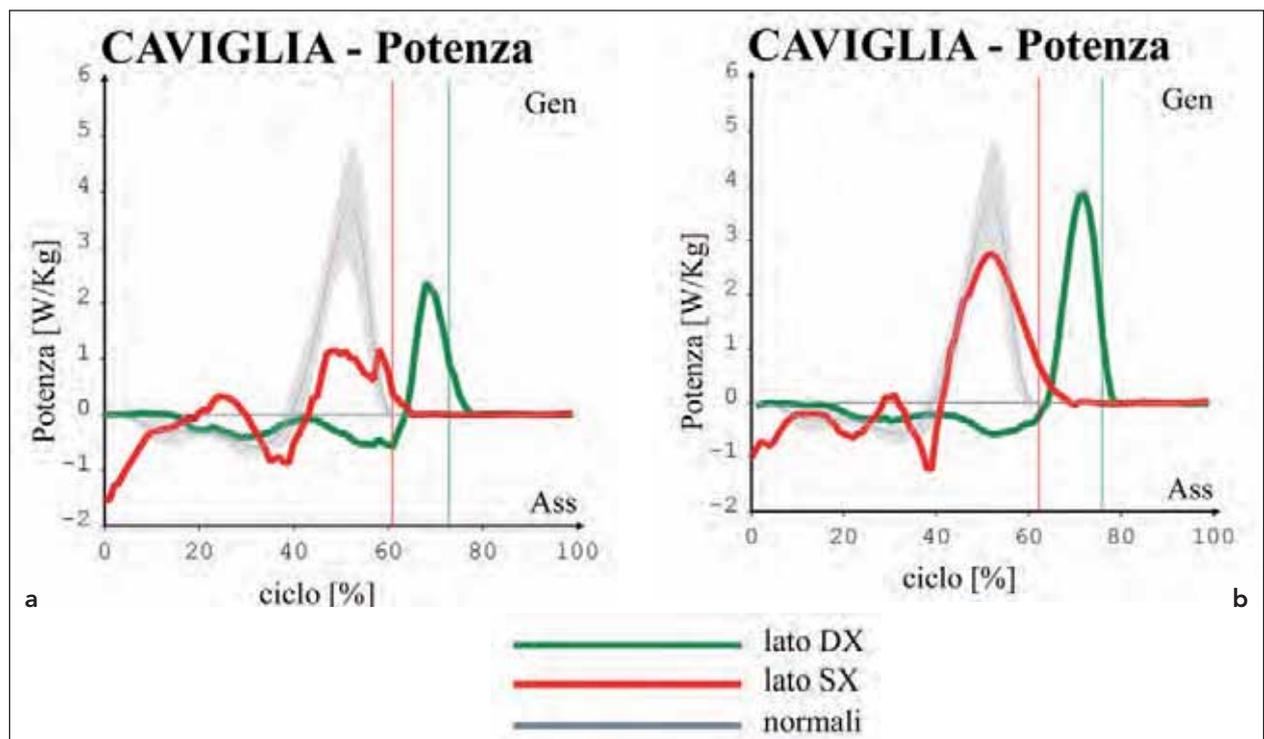
di deambulare, con cammino più fluido e sicuro. Tale dato risulta ben evidenziato dai valori della valutazione secondo Ashworth per il tono della muscolatura del piede, che mostra una costante e significativa riduzione della situazione di ipertono spastico post-trattamento (figura 2).

I parametri rilevati attraverso la *gait analysis* hanno altresì confermato un miglioramento del *pattern* deambulatorio, soprattutto a livello della caviglia e del piede (figura 3):

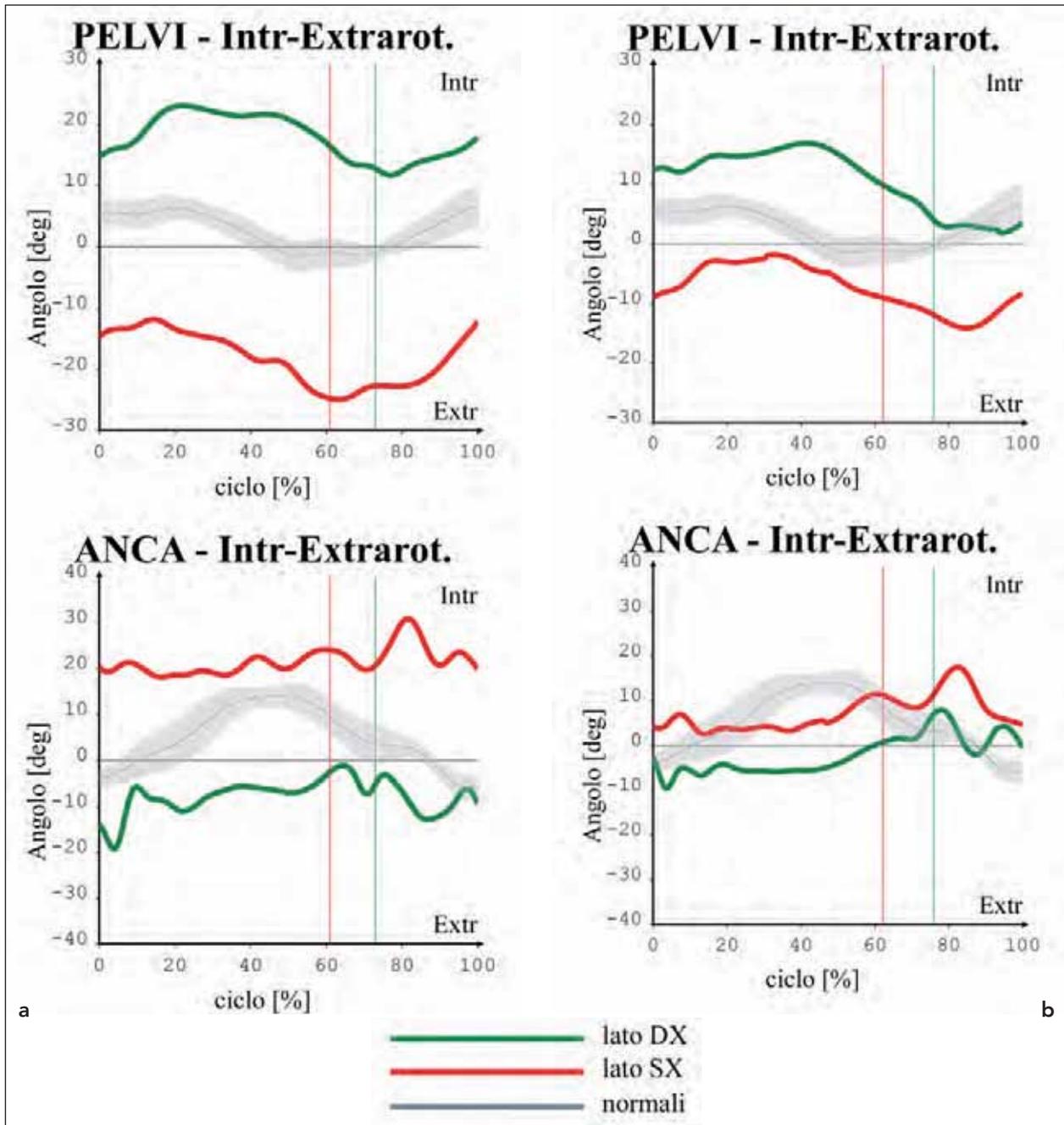
- aumento della cadenza (step/min) in quattro pazienti;

- aumento della lunghezza del passo in tre pazienti;
- diminuzione della fase di doppio supporto (%) in quattro pazienti;
- aspetti cinetici della caviglia paretica più vicini ai parametri di normalità in tre pazienti.

La difficoltà maggiore nel ricavare dati relativi al miglioramento della deambulazione attraverso la *gait analysis* è legata al fatto che ogni paziente utilizza un proprio *pattern* patologico per deambulare e, quindi, ognuno di essi può migliorare alcuni parametri rispetto ad altri, rendendo diffi-



**Figura 3** L'esame prima del ciclo riabilitativo (a) e al termine del ciclo riabilitativo (b) con incremento e armonizzazione dei parametri.



**Figura 4** Esame della cinematica segmentaria prima del ciclo riabilitativo (a) e al termine del ciclo riabilitativo (b) con avvicinamento ai parametri di normalità.

cile lo studio di un parametro univoco per tutti i soggetti in esame.

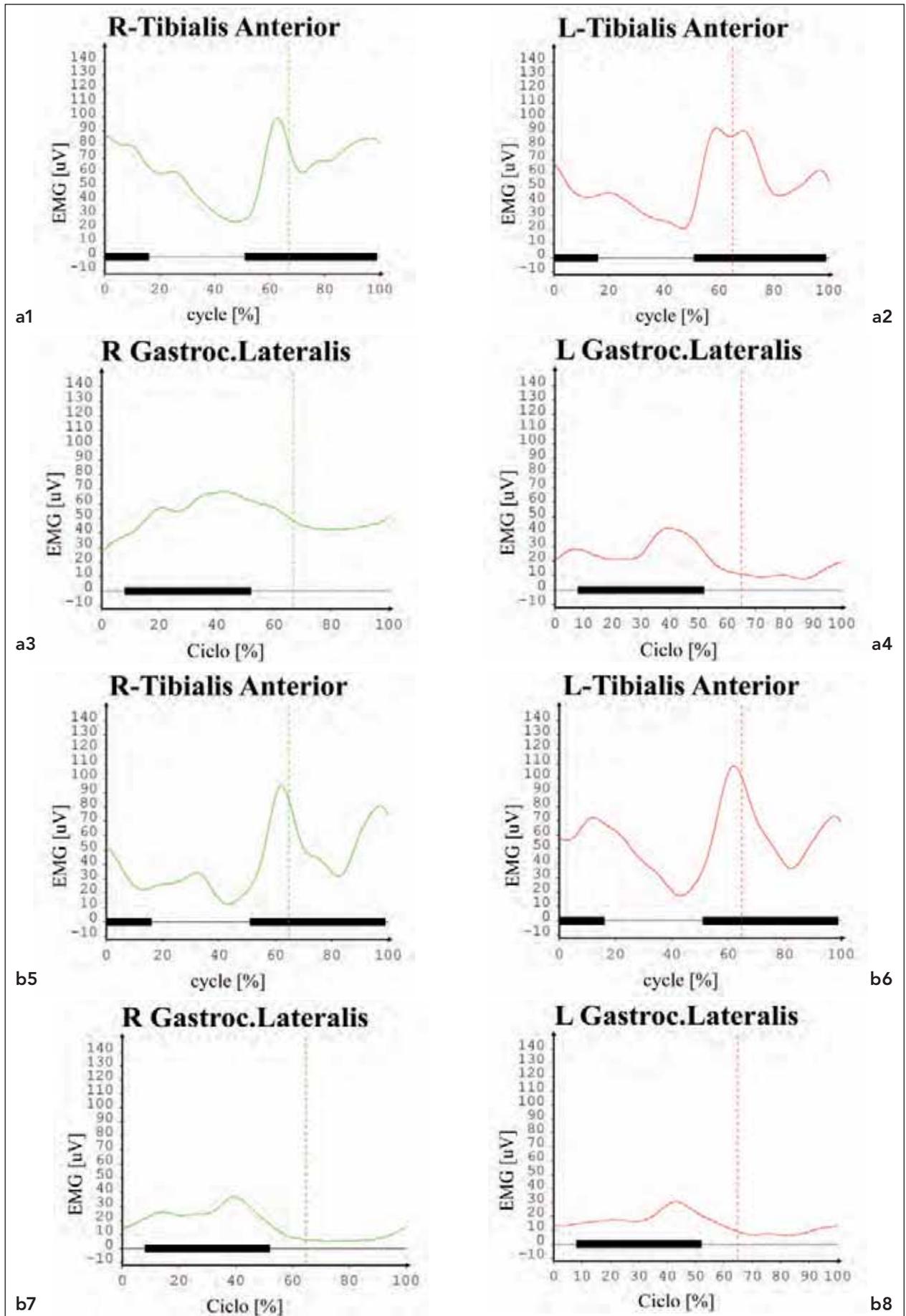
L'aspetto più evidente è comunque dato dai *pattern* di attivazione elettromiografici, che evidenziano un *timing* più vicino a quello fisiologico dal lato sia paretico sia sano (figure 4 e 5).

## CONCLUSIONI

La validità statistica dei dati non è al momento valutabile per il numero ridotto di pazienti sino a ora esaminati. Tuttavia essendo un *trial* pilota, consente alcune considerazioni; infatti, si evi-

denza il **miglioramento di alcuni parametri** relativi a specifici aspetti della **deambulazione**, soprattutto a livello del **complesso caviglia-piede**, in accordo con alcuni studi presenti in letteratura<sup>30</sup>. Tali miglioramenti hanno prodotto una modificazione del *pattern* di deambulazione, che risulta più vicino al fisiologico.

Quanto emerso dai dati a oggi raccolti sostiene l'ipotesi di ottenere una riduzione dell'ipertono spastico attraverso l'applicazione di vibrazioni selettive. L'interpretazione di questo dato può essere legata, facendo riferimento anche a precedenti studi sperimentali, allo stimolo di una risposta



**Figura 5** Esame elettromiografico prima del ciclo riabilitativo (a) e al termine del ciclo riabilitativo (b) con riequilibrio del rapporto dell'attivazione tra i diversi gruppi muscolari.

del sistema neuromuscolare a livello centrale sulle mappe di attivazione motoria della corteccia cerebrale<sup>20-21</sup>.

La riduzione dell'ipertono permette ai soggetti trattati di reclutare i muscoli necessari durante il cammino senza la necessità di ricorrere a schemi del passo patologici, in accordo a quanto è stato rilevato nel nostro studio attraverso l'elettromiografia di superficie.

Questi motivi permettono di essere fiduciosi nella possibilità di proseguire con ulteriori studi riferiti a quest'opportunità terapeutica di signifi-

cativo interesse, grazie alle caratteristiche di non invasività e di scarso rischio, associate anche a un costo contenuto.

L'integrazione di queste metodiche di trattamento con tecniche più tradizionali rappresenta un deciso miglioramento delle opportunità riabilitative per pazienti affetti da disabilità complesse ed estremamente variabili, come nel caso dei postumi dell'*ictus cerebri*.

*Si ringraziano G. Bernabei, Fisioterapista (Torino), M. Poli, fisioterapista (Riccione) e N. Gramellini fisioterapista (Forlì) per la collaborazione.*



## BIBLIOGRAFIA

- HAGBARTH KE, EKLUND G. Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain Res* 1966; 2: 201-03.
  - HAGBARTH KE, EKLUND G. The effects of muscle vibration in spasticity, rigidity, and cerebellar disorders. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 1968; 31: 207-13.
  - JOHNSTON RM, BISHOP B, COFFEY GH. Mechanical vibration of skeletal muscles. *Phys Ther* 1970; 50(4): 499-505.
  - ARCANGEL CS, JOHNSTON R, BISHOP B. The achilles tendon reflex and the H response during and after tendon vibration. *Phys Ter* 1971; 51(8): 899-905.
  - ARMSTRONG TJ, FINE LJ, RADWIN RG, SILVERSTEIN BS. Ergonomics and the effects of vibration in hand-intensive work. *Scand J Work Environ Health* 1987; 13(4): 286-9.
  - MATYAS TA, GALEA MP, SPICER SD. Facilitation of the maximum voluntary contraction in hemiplegia by concomitant cutaneous stimulation. *Am J Phys Med* 1986; 65(3): 125-34.
  - SAMUELSON B, JORFELDT L, AHLBORG B. Influence of vibration on endurance of maximal isometric contraction. *Clin Physiol* 1989; 9(1): 21-5.
  - CASALE R, RING H, RAINOLDI A. High frequency vibration conditioning stimulation centrally reduces myoelectrical manifestation of fatigue in healthy subjects. *J Electromyogr Kinesiol* 2009; 19: 998-1004.
  - PIETRANGELO T, MANCINELLI R, TONIOLO L, ET AL. Effects of local vibrations on skeletal muscle trophism in elderly people: mechanical, cellular, and molecular events. *Int J Molecular Med* 2009; 24: 503-12.
  - TSUJI T, KITANO N, TSUNODA K, ET AL. Short-term effects of whole-body vibration on functional mobility and flexibility in healthy, older adults: a randomized crossover study. *J Geriatr Phys Ther* 2014; 37(2): 58-64.
- ... *continua* ■

La bibliografia completa e ulteriori approfondimenti sono disponibili in **[www.ilfisioterapista.it](http://www.ilfisioterapista.it)**

