

TERAPIA CON ONDE D'URTO

Therapy by means of shock waves

A. Marucco

*Dipartimento di Riabilitazione, Neurologia,
Lungodegenza, Azienda ULSS 17, Padova*

RIASSUNTO

Le onde d'urto sono onde acustiche con una elevata pressione di picco, di breve durata, con rapido innalzamento della pressione. Possono essere focalizzate o defocalizzate con diversa capacità di penetrazione nei tessuti e di area di azione. Si riconoscono effetti biologici diretti, dovuti all'impatto pressorio sui tessuti ed effetti indiretti, per alterazione della permeabilità delle membrane cellulari e in minor misura del citoscheletro, mitocondri e nucleo con effetto antiinfiammatorio e antidolorifico. Le casistiche sino ad oggi pubblicate sembrano indicare una diminuzione dell'ipertonìa del muscolo spastico, fino a 4 settimane dopo il trattamento con onde focalizzate, con ipotesi di inibizione degli alfa motoneuroni. Tuttavia dato il ridotto numero di pazienti analizzati, la variabilità delle forme cliniche di paralisi cerebrale incluse e la non omogeneità nel tipo di onde utilizzate sono indispensabili studi mirati per emettere un giudizio sulla validità della terapia.

SUMMARY

Shock waves are acoustic waves with high peak pressure of short duration, with rapid increase in pressure. They can be focused or defocused with different ability to penetrate tissues and area of action. We recognize direct biological effects, due to the impact pressure on the tissues and indirect effects, due to alteration of the permeability of cell membranes and to a lesser extent of the cytoskeleton, mitochondria and nucleus with analgesic and anti-inflammatory effect. The case studies published till today seem to indicate a decrease of the spasticity, up to 4 weeks after treatment with focused waves, with the possibility of inhibition of alpha motoneurons. However given the small number of patients analyzed, the variability of clinical forms of cerebral palsy included and the inconsistency in the type of waves used, targeted studies are needed to issue a judgement on the validity of therapy

Nella relazione vengono affrontate le terapie con onde d'urto nel trattamento della spasticità del bambino con paralisi cerebrale infantile (PCI).

CARATTERISTICHE FISICHE DELL'ONDA D'URTO

L'Onda d'Urto è un'Onda Acustica con un'elevata pressione di picco (> 500 bar), breve durata (< 10 μ s), rapido innalzamento della pressione (< 10 ns), ampio spettro di frequenza (16 Hz-20 MHz) (definizione del Comitato Scientifico della Società Internazionale di Onde d'Urto). Questo tipo di onda d'urto viene definita *focalizzata*, poiché viene convogliata in un preciso volume focale ad una precisa profondità focale.

Vi è anche l'onda d'urto *defocalizzata* caratterizzata da una pressione che in pochi millisecondi (ms) si eleva dalla pressione atmosferica sino ad un valore massimo di picco di 0,1 Mega Pascal (MPa). Il fascio si genera al pari delle focalizzate, ma il centro di convergenza si realizza prima del punto di applicazione e raggiunge i tessuti divergendo nuovamente ed esplicando i suoi effetti su una superficie più estesa, con minor penetrazione (2-3 cm) e assenza di dolore.

PAROLE CHIAVE

Onde d'urto - Inibizione motoneuroni - Spasticità

KEY WORDS

Shock waves - Motoneuron inhibition - Spasticity

PRODUZIONE, PROPAGAZIONE, MECCANISMO D'AZIONE

Le onde d'urto sono generate da un rapidissimo innalzamento della pressione nell'acqua contenuta nella speciale camera della testata terapeutica, per un meccanismo elettroidraulico, elettromagnetico, piezoelettrico o pneumatico.

Tali caratteristiche dell'onda fanno sì che vi sia l'induzione di elevate forze di sollecitazione sulle interfacce fra i tessuti, con diversa densità, e che si generino forze di trazione (cavitazione). Una parte dell'onda acustica viene riflessa quando colpisce perpendicolarmente un'interfaccia fra due materiali di diversa densità, mentre la parte rimanente viene trasmessa. La quantità riflessa dipenderà dalla differenza di impedenza acustica fra i due diversi materiali. A livello dell'interfaccia fra muscolo e osso può essere riflessa fino al 36% di energia acustica e quasi il 100% fra muscolo e aria. L'energia assorbita invece stimola i processi biologici sul tessuto attraversato.

Le forze di trazione durante il fronte di discesa della pressione possono causare la formazione di bolle microscopiche di gas in un mezzo liquido (effetto di cavitazione). Vicino all'interfaccia, queste bolle collasano asimmetricamente colpendo la superficie con microgetti, che hanno un elevato potenziale distruttivo.

EFFETTI BIOLOGICI E CONTROINDICAZIONI

Si riconoscono effetti diretti, dovuti all'impatto pressorio diretto, con rottura ad es. di calcificazioni, e indiretti per l'aumento della temperatura e per il processo di cavitazione descritto in precedenza, con alterazione della permeabilità delle membrane cellulari e, in minor misura, di citoscheletro, mitocondri e nucleo.

Gli effetti biologici sono correlati all'energia dell'onda d'urto, alla concentrazione di acqua nei tessuti, al mezzo di propagazione e all'intervallo di tempo tra le singole onde.

Il mediatore chimico, individuato da numerosi studi, è rappresentato dall'ossido nitrico (NO) poiché la sua produzione viene aumentata sia attraverso una via diretta che indiretta, enzimatica e non¹⁻⁴.

L'NO ha effetti immediati, se vengono utilizzate onde a bassa Energia (En), di natura antinfiammatoria e antidolorifica, ed effetti tardivi se utilizzate onde

ad alta En, con stimolazione della rigenerazione tessutale specie a livello vasale, osseo, tendineo, muscolare⁵⁻¹⁰.

L'effetto antinfiammatorio è dovuto ad un'iniziale simpaticoplegia vasale con effetto di wash-out e ad un effetto più tardivo di produzione di nuovi vasi (neovangiogenesi).

L'effetto antidolorifico viene ipotizzato per un'inibizione dei nocicettori, conseguente ad una alterazione della membrana cellulare, oppure per una stimolazione dei nocicettori a generare alte quantità di impulsi (teoria del gate-control), od infine per un aumento dei radicali liberi.

A livello del muscolo spastico è stata dimostrata una diminuzione dell'ipertonìa, fino a 4 settimane dopo il trattamento con onde d'urto focalizzate¹¹. Gli Autori propongono le seguenti considerazioni, nel tentativo di spiegare la diminuzione dell'ipertonìa:

- assenza di denervazione o lesione del SNP, come documentata da EMG e onda F;
- possibile inibizione degli alfa-motoneuroni per inibizione delle fibre Ia a partenza fusale (conseguenti ad alterazione dei canali ionici di membrana);
- possibile inibizione degli alfa-motoneuroni per inibizione delle fibre Ib a partenza dagli organi tendinei del Golgi (conseguenti ad alterazione dei canali ionici di membrana).

Controindicazioni all'uso delle onde d'urto¹²:

- presenza di patologie tumorali nel campo di applicazione;
- prossimità di cartilagini di crescita;
- presenza di focolai settici acuti nel fuoco di azione;
- angiomatosi ossee;
- alterazioni vasali sclerotiche;
- presenza di apparecchiature elettroniche biomedicali;
- gravidanza.

PUBBLICAZIONI

Tra le pubblicazioni trovate in letteratura si discutono solo i seguenti lavori:

- Amelio E, Manganotti P. *Effect of shock wave stimulation on hypertonic plantar flexor muscles in patients with cerebral palsy: a placebo controlled study.* J Rehabil Med 2010;42:339-43.

Casistica

12 bambini con piede equino spastico unilaterale, età media 8 anni, compresa tra 6-11 anni, 6 maschi e 6 femmine.

Protocollo valutativo

Valutazione PROM con goniometro elettronico, Ashworth Scale, pedobarografia effettuati prima del trattamento, immediatamente dopo, a distanza di 1-4-12 settimane. Studio aperto: ogni bambino controllo di sé stesso. Veniva proposta una seduta placebo e una seduta singola di onde d'urto a distanza di 2 settimane, non seguita da alcun trattamento fisioterapico od ortesico.

Strumentazione onde d'urto

Generatore elettromagnetico, eco guidato, con produzione di onde focalizzate con energia di 0,030 millijoule per mm^2 (mj/mm^2), con 1500 colpi per ogni muscolo, soleo e gastrocnemio, nei rispettivi punti motori.

Risultati

Dopo il trattamento placebo: nessuno.

Dopo il trattamento con onde d'urto si è verificata una diminuzione della spasticità secondo Ashworth Scale immediatamente, dopo 1 e 4 settimane, mentre a 12 sett. non vi era alcun risultato statisticamente significativo. Analoghi risultati per i PROM, per l'aumento della superficie di appoggio in centimetri del tallone e del picco di pressione del tallone.

Conclusioni

Una singola seduta di onde d'urto fa diminuire la spasticità dei muscoli plantari di caviglia, con effetti simili a quelli prodotti dall'inoculo di tossina botulinica, anche se con risultati immediati ma meno duraturi rispetto alla tossina.

- Moretti B, Norarnicola A, Patella V. *Extracorporeal shock wave therapy*. Bremen-London-Boston: Uni-Med Verlag AG 2008.

Casistica

10 bambini, 5-12 anni, deambulanti e non, con inoculo di tossina botulinica ai plantiflessori di caviglia 5 mesi prima del trattamento con onde d'urto.

Protocollo valutativo

Esame neurologico ed articolare, PROM, scala Ashworth, test controllo motorio selettivo, Physician's Rating Scale, baropodometria elettronica, videoregi-

strazione pattern motorio, eseguiti prima del trattamento, a distanza di 15 giorni e di 1 mese.

Strumentazione onde d'urto

Apparecchio elettromagnetico, con sonda ecografica, con parabola di focalizzazione con onde di En $0,03 \text{ mj}/\text{mm}^2$, 1000 colpi per sito e 800 per la giunzione miotendinea dell'achilleo; gli ultimi 200 colpi per ogni sito con la tecnica della spazzolata. I muscoli trattati sono stati bicipite femorale, gastrocnemio, giunzione mio-tendinea dell'achilleo, puntando i punti motori corrispondenti all'inoculo di tossina. Le sedute di trattamento sono state giornaliere, per un totale di cinque, abbinata ad uno stretching plurigiornaliero, uso diurno di tutori AFO, utilizzo di ginocchiere notturne per i primi 15 giorni, fisioterapia intensiva per i primi 15 giorni, con esercizi in stazione eretta e durante la marcia, abbinati ad elettrostimolazione non precisata.

Risultati

Buoni risultati a fine trattamento e a 15 giorni sia secondo Ashworth che con PROM, risultati nettamente inferiori ad un mese dal trattamento (mantenimento solo in 1/3 dei pazienti valutati con Ashworth e in 2/3 dei pazienti valutati ai PROM).

Conclusioni

L'utilizzo delle onde d'urto sarebbe auspicabile in concomitanza all'infiltrazione con tossina, sia per avere una rapida riduzione della spasticità, sia per consentire una migliore diffusione della tossina stessa, che ottiene risultati più tardivi ma più duraturi delle onde d'urto.

- Servodio Iammarrone C, Servodio Iammarrone F. *Onde d'urto e spasticità: nuove prospettive*. Napoli: Editrice Ricerca Medica 2009.

Casistica

12 bambini, età media 7,4 anni, 5 emiparetici, 4 diplegici, 3 tetraplegici, 9 deambulanti senza ausili, 4 con ausili.

Protocollo valutativo

Ashworth Scale, Modified Physician's Rating Scale, Selective motor control test, GMFM, analisi baropodometrica, analisi del cammino, videoregistrazione, eseguite prima del trattamento, al termine del trattamento e a distanza di 3 mesi.

Strumentazione onde d'urto

Litotritore elettromagnetico, con onde defocalizzate, con En 0,012-0,016 mj/mm², con 2400 colpi a seduta, con puntamento del muscolo gastrocnemio e del tendine achilleo, con una seduta a settimana per cinque settimane. Le sedute erano abbinata a mobilizzazioni passive ed attive della tibiotarsica (TT), stretching del tricipite, a cadenza tri o penta settimanale per tutti e tre i mesi post trattamento.

Risultati

Miglioramenti, a partire dalla 5 seduta, dei PROM, della spasticità, dell'appoggio del piede sia alla baropodometria che alla gait analysis; a 3 mesi dal trattamento il 75% dei pazienti non presentava modifiche rispetto all'inizio del trattamento.

Conclusioni

Il trattamento deve essere precoce e integrato in un protocollo riabilitativo. I pazienti di età compresa tra i 2 e i 6 anni hanno risultati migliori ma meno duraturi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le onde d'urto vengono definite, in tutte le casistiche sino ad oggi pubblicate, come non dolorose, a differenza dell'uso tradizionale per le patologie osteomuscoloarticolari. Inoltre diminuiscono la spasticità, secondo Ashworth, con effetti non duraturi, al massimo di tre mesi, variabili a seconda dell'associazione a un protocollo riabilitativo quotidiano e prolungato e all'uso di tutori. Solo il gruppo di Verona (Manganotti et al.) analizza gli effetti delle onde d'urto nel tricipite surale in una specifica patologia come l'emiplegia, gli altri studi presentano un numero ridotto di pazienti, con varie forme di PCI, non paragonabili tra loro. Inoltre non vi è omogeneità nel tipo di onde d'urto utilizzate, focalizzate e non, nelle energie applicate e nella metodica di applicazione, rendendo ancora più difficili i confronti fra le varie casistiche.

Sono necessari ulteriori studi prima di emettere un giudizio sull'efficacia delle onde d'urto nel trattamento della spasticità e sull'assenza del dolore indotto dalla terapia nei bambini affetti da PCI.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Ciampa AR, de Prati AC. Nitric oxide mediates anti-inflammatory action of extracorporeal shock waves. *FEBS Lett* 2005;579:6839-45.
- 2 Mariotto S, Cavalieri E. Extracorporeal shock waves: from lithotripsy to anti-inflammatory action by NO production. *Nitric Oxide* 2005;12:89-96.
- 3 Mariotto S, de Prati AC. Extracorporeal shock waves therapy in inflammatory diseases: molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action. *Curr Med Chem* 2009;16:2366-72.
- 4 Gotte G, Amelio E. Short-time non-enzymatic oxide synthesis from L-arginine and hydrogen peroxide induced by shock waves treatments. *FEBS Letters* 2002;520:153-5.
- 5 Ludwig J, Lauber S, Lauber HJ, et al. High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults. *Clin Orthop* 2001;387:119-26.
- 6 Wang FS, Yang KD. Extracorporeal shock wave promotes growth and differentiation of bone-marrow stromal cells toward osteoprogenitors associated with induction of TGF-1. *J Bone Joint Surg* 2002;84B:457-61.
- 7 Wang CJ, Wang FS, Yang KD, et al. Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon-bone junction a study in rabbits. *J Orthop Res* 2003;21:984-9.
- 8 Wang CJ, Wang FS, Yang KD, et al. The effect of shock wave treatment at the tendon-bone interfacean hystomorphological and biomechanical study in rabbits. *J Orthop Res* 2005;23:274-80.
- 9 Maier M, Hausdorf J, Tischer T, et al. New bone formation by extracorporeal shock waves. *Dependence of induction on energy flux density*. *Orthopade* 2004;33:1401-10.
- 10 Chen YJ, Wang CJ, Yang KD, et al. Extracorporeal shock wave promote healing of collagenase-induced Achilles tendinitis and increase TGF-beta 1 and IGF-1 expression. *J Orthop Res* 2004;22:854-61.
- 11 Amelio E, Manganotti P. Effect of shock wave stimulation on hypertonic plantar flexor muscles in patients with cerebral palsy: a placebo controlled study. *J Rehabil Med* 2010;42:339-43.
- 12 Moretti B, Notarnicola A, Patella V. Extracorporeal shock wave therapy. Bremen-London-Boston: UniMed Verlag AG 2008.
- 13 Servodio Iammarone C, Servodio Iammarone F. Onde d'urto e spasticità: nuove prospettive. Napoli: Editrice Ricerca Medica 2009.

Corrispondenza: Anna Marucco, Dipartimento di Riabilitazione, Neurologia, Lungodegenza Azienda U.L.S.S. 17 Ospedale di Monselice, via G. Marconi 19, 35043 Monselice (PD) - E-mail: anna.marucco@ulss17.it