

ELETTROSTIMOLAZIONE

Electrical stimulation

A.C. Turconi

IRCCS E. Medea, Bosisio Parini (LC)

RIASSUNTO

La terapia con Elettrostimolazione (ES) utilizza correnti a bassa frequenza che producono effetti particolari sui tessuti e in particolare sulle strutture eccitabili (nervi e muscoli). Attraverso questa terapia si ottiene, infatti, una modificazione della percezione dolorifica e un incremento della forza muscolare attraverso l'aumento dell'area della sezione muscolare, con selettivo reclutamento delle fibre II nel muscolo innervato. Abbiamo diversi tipi di elettrostimolazione utilizzabili nella pratica clinica (NMES, FES, TES) diversamente impiegati e utilizzabili non solo sulle patologie periferiche ma anche in quelle di origine centrale. In campo neurologico infantile, le indicazioni della letteratura non sono conclusive a causa dell'esiguità degli studi randomizzati e della variabilità della metodologia applicata. Sembrerebbe esservi comunque più evidenza nel supportare gli studi con NMES. Si può pertanto concludere che il trattamento con ES necessita ancora di ulteriori evidenze che confermino la sua efficacia.

SUMMARY

Electrical stimulation therapy uses low frequency current producing peculiar effects in the tissues, in particular in excitable structures (nerves and muscles). By mean of this therapy we can obtain a change in pain perception and an increase in muscle strength by increasing the muscle section area with a selective recruitment of type II fibers in the not denervated muscle. Several types of electrical stimulation can be used in clinical practice (NMES, FES, TES) in the treatment of peripheral pathologies as well as in pathologies with a central damage. In the area of developmental neurology, we cannot find in literature certain conclusions, because of the low number of randomized studies and of the variability in the applied methodology. A bigger evidence is present in studies supporting NMES. We can conclude that the treatment with electrical stimulation needs more evidence to confirm its efficacy.

INTRODUZIONE

Durante la terapia con Elettrostimolazione (ES), le correnti a bassa frequenza utilizzate producono effetti particolari sui tessuti e in particolare sulle strutture eccitabili (nervi e muscoli).

Questi effetti si manifestano in modo diverso:

- Abbiamo innanzi tutto una modificazione della percezione del dolore nel sistema nervoso secondo la teoria del cancello o *Gate Control Theory*. Questa teoria, formulata per la prima volta nel 1962 da Ronald Melzack e Patrick Wall, fornisce un modello esplicativo relativo alle modalità di attivazione molecolare dei recettori cellulari, con particolare ma non esclusivo riferimento ai processi nocicettivi, ovvero alla percezione e trasmissione del dolore.
- Abbiamo inoltre effetti neurofisiologici diversi prodotti a seconda che si tratti di muscolo innervato o di muscolo denervato dove si ottengono delle contrazioni muscolari indotte.

Nel *muscolo innervato*, la contrazione prodotta dalla ES è diversa da quella volontaria dove viene sviluppata una forza dovuta a sommazione spaziale (numero) e temporale (frequenza).

PAROLE CHIAVE

Stimolazione Elettrica Neuromuscolare (NMES) -
Stimolazione Elettrica Funzionale (FES) -
Stimolazione Elettrica Terapeutica (TES)

KEY WORDS

*Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) -
Functional Electrical Stimulation (FES) - Therapeutic
Electrical Stimulation (TES)*

Infatti, nel caso di muscolo innervato stimolato con ES, il firing delle fibre è sincrono, vengono stimulate per prime le fibre tipo II a diametro maggiore, la frequenza del firing è fissa, sono stimolati anche i nervi sensitivi e vi è un rapido affaticamento muscolare. Inoltre l'uso della ES a lungo può cambiare le proprietà contrattili delle fibre muscolari con progressiva conversione delle fibre rapide in fibre lente. I cambiamenti iniziano nella membrana e nei capillari e si completano con modificazioni della miosina. Gli effetti citati furono dimostrati anche nell'uomo da Scott et al., nel 1985, usando correnti a bassa frequenza (10 Hz) per stimolare il nervo popliteo per un'ora al giorno, 3 volte al giorno, per 6 settimane all'intensità sufficiente a provocare una contrazione del Tibiale Anteriore.

L'effetto derivante dalla ES produce pertanto un incremento della forza muscolare attraverso l'aumento dell'area della sezione muscolare e attraverso un selettivo reclutamento fibre II con aumento sinaptico dell'efficienza muscolare.

Da qui discendono, quindi, le indicazioni elettive per l'utilizzo della ES che sono le seguenti:

- riduzione dell'atrofia muscolare mantenendo la normale sintesi proteica e prevenendo il breakdown proteico nei casi di ridotta contrazione muscolare dovuta a dolore o a immobilizzazione;
- stimolazione dei muscoli profondi o dei muscoli difficilmente reclutabili volontariamente (pavimento pelvico);
- stimolazione del muscolo, in caso di trapianto del nervo motore;
- utilizzazione nei casi di ritardato recupero del nervo periferico;
- miglioramento del metabolismo, del flusso sanguigno e del ritorno venoso e linfatico con diminuzione dell'edema.

Nel caso invece di muscolo *denervato*, avremo una serie di modificazioni strutturali e funzionali come perdita della motilità volontaria e riflessa, atrofia, degenerazione e fibrosi, comparsa di fibrillazioni e contrazioni spontanee.

Per stimolare efficacemente un muscolo denervato occorre utilizzare una maggiore intensità di stimolazione elettrica. La corrente migliore deve avere una sufficiente durata dell'impulso (> 30 ms) e una appropriata in-

tensità con un'onda quadra. La velocità di contrazione e rilasciamento del muscolo è però minore rispetto al muscolo innervato.

MATERIALI E METODI

Abbiamo diversi tipi di elettrostimolazione utilizzabili nella pratica clinica:

- *Stimolazione Elettrica Neuromuscolare (NMES)*. Applicazione di una corrente con sufficiente intensità da produrre una contrazione muscolare-overload che provoca un aumento della forza dovuta ad aumento dell'area della sezione del muscolo e ad un reclutamento selettivo di fibre di tipo II che causa maggior efficienza sinaptica del muscolo.
- *Stimolazione Elettrica Funzionale (FES)*. Quando la NMES viene applicata in modo task-specifico ovvero quando un muscolo si deve contrarre durante lo svolgimento di un'attività funzionale definita.
- *Stimolazione Elettrica Terapeutica (TES)*. Subcontrazione a bassa intensità, sotto la soglia di contrazione. Essa provoca un aumento dell'afflusso sanguigno e di solito è usata nelle applicazioni a lungo termine.

Le principali applicazioni terapeutiche della ES sono le seguenti:

- Disabilità ortopediche.
- Debolezza muscolare.
- Stroke e Trauma Cranico.
- Lesioni spinali.
- Paralisi Cerebrali Infantili.
- Sclerosi Multipla.
- Incontinenza.

Esistono però controindicazioni e precauzioni da osservare nell'utilizzo delle varie forme di ES:

- Presenza di pacemaker cardiaco.
- Applicazione in zone adiacenti a carotidi, occhi e laringe.
- Gravidanza.
- Applicazione su tessuto cutaneo danneggiato.

Un uso improprio può portare a danneggiamento degli elettrodi e ad irritazione cutanea. Un'intensa o prolungata stimolazione può provocare spasmi muscolari e/o lesioni muscolari. Inoltre, una contrazione da elettrostimolazione può generare eccessiva tensione all'interno del muscolo.

I parametri di stimolazione possono essere variabili. Solitamente vengono usate correnti bifasiche o premodulate con onda rettangolare o trapezoidale. L'ampiezza utilizzabile va da 0 a 150 mA, la Frequenza da 20 a 30 Hz e l'impulso da 0 a 500 μ sec.

Nella patologia infantile si utilizzano elettrodi di superficie per la stimolazione di muscoli superficiali di facile reperibilità.

Molto variabili sono le componenti nocicettive legate alla soglia dolorifica e alle caratteristiche individuali del soggetto.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Vi sono diversi interrogativi che il clinico si pone nell'uso della ES relativi alla sua reale efficacia terapeutica, ai diversi effetti prodotti dai differenti tipi di ES, ai parametri di stimolazione, alla efficacia in campo infantile e in particolare in patologie neurologiche.

La letteratura internazionale può fornire indicazioni in merito poiché gli studi in questo ambito sono abbastanza numerosi. Da decenni, infatti, la ES viene utilizzata nelle varie patologie come strumento terapeutico. A tutt'oggi continuano a uscire diversi lavori sull'argomento, soprattutto nel campo delle disabilità croniche infantile di origine centrale. Questa è una terapia, infatti, che facilmente si può prestare per gli studi, poiché il setting può essere preparato e controllato abbastanza agevolmente. Pochi però sono i lavori randomizzati di I livello e le metodologie usate sono molto diversificate.

Nella letteratura troviamo diversi studi che supportano l'uso della ES nelle Paralisi Cerebrali Infantili (PCI) mostrando una serie di effetti di seguito riportati:

Effetti periferici

- Rinforzo muscolare ¹.
- Riduzione spasticità antagonista ².
- Riduzione spasticità ³.
- Riduzione cocontrazione ⁴.
- Creazione di cambiamenti nei tessuti molli che permettono incremento del ROM ⁵.

Effetti centrali

- Stimola la riorganizzazione nelle regioni motorie dell'encefalo (plasticità) (Merzenich 2000 Dev

Med Child Neurol, Jenkins 1987 prog Brain Res, Allard 1991 J Neurophysiol, Wang 1995 Nature, Merzenich 1993 J Hand Ther).

In un interessante lavoro del 2005, JR de Kroon ⁶ ha evidenziato come la ES può prestarsi ed essere somministrata con delle caratteristiche tipiche della teoria del Motor Learnig come quella di essere una attività ripetitiva, goal oriented, al limite della performance. Per essere efficace, il compito deve però essere anche cognitivamente orientato, originale e combinato con un feedback della performance.

Gli obiettivi principali perseguiti nella somministrazione di ES nei bambini con PCI sono per la maggior parte degli Autori sono i seguenti:

- riduzione della stiffness e dei riflessi esagerati;
- riduzione della co-attivazione-cocontrazione dei muscoli antagonisti;
- aumento del ROM;
- rinforzo del muscolo per limitare la sensazione di incapacità da parte del paziente di attivare completamente i muscoli (reclutamento povero);
- miglioramento del timing per favorire la coordinazione motoria.

Un lavoro molto importante di revisione in questo ambito è quello di Claire Kerr pubblicato nel 2004 ⁷.

Gli Autori, prendendo in considerazione le varie banche dati della letteratura, hanno selezionato 18 articoli sull'argomento con diversi livelli di evidenza:

- 6 studi randomizzati controllati;
- 4 studi di coorte non controllati;
- 8 case study.

Fra questi, sono 6 gli studi di Livello I, studi randomizzati controllati (3 NMES-3 TES). In questi lavori si evidenzia un'estrema variabilità relativa sia al numero dei soggetti, sia alla loro età e diagnosi, sia alla metodologia di somministrazione (tempi di somministrazione, muscoli stimolati ecc.). I risultati mostrano in 2 studi effettuati con NMES miglioramenti statisticamente significativi e in 1 studio con TES miglioramenti statisticamente significativi. Tra i 4 studi di coorte, solo uno è a livello III e i restanti sono a livello IV (3 NMES 1 TES). Anche qui vi è estrema variabilità e uno scarso numero di soggetti reclutati. I risultati mostrano come 1 studio sia inconclusivo, 2 studi mostrino miglioramenti e 1 studio mostri miglioramenti non durevoli. Anche negli 8 case study di livello V considerati troviamo miglioramenti.

Le conclusioni a cui arrivano gli Autori sono che è impossibile allo stato attuale arrivare a definire delle evidenze a causa dell'esiguità degli studi randomizzati e della variabilità della metodologia applicata.

Sembrerebbe esservi comunque più evidenza nel supportare gli studi con NMES.

Gli stessi Autori (Claire Kerr et al.) sono poi promotori di uno studio randomizzato controllato contro placebo che viene pubblicato nel 2006⁸.

Lo studio è condotto su una popolazione ampia di 60 soggetti sottoposti a NME o TES con gruppo placebo di controllo.

I risultati non mostrano differenze statisticamente significative tra NMES e TES versus placebo per quanto riguarda forza muscolare o la funzione, vi sono solo differenze significative nell'impatto della disabilità alla fine del trattamento.

Daniel R. Merrill pubblica, più recentemente (2009), una nuova review⁹. Ritroviamo citati qui gli stessi lavori completati con gli ultimi usciti dopo il 2004 molti dei quali dedicati alla FES.

Infine un ultimo accenno alle applicazioni particolari della ES come complemento alla inoculazione con Tossina Botulinica A e nelle applicazioni percutanee (P-FES).

Per quanto riguarda l'uso combinato con tossina, alcuni Autori (Seifart, Kang, Eleopra), riferiscono un potenziamento/accelerazione dell'effetto chemodenevante ma gli studi sono pochi e con bassa evidenza.

L'applicazione di elettrodi percutanei, impiantati solitamente nel TA e nei gastrocnemi, pare induca maggior efficacia negli effetti ma comporti rischi di infezioni. Ulteriori lavori dovranno essere effettuati in questo campo.

CONCLUSIONI

Si può concludere che il trattamento con ES necessita ancora di ulteriori evidenze che confermino la sua efficacia. Inoltre i risultati sembrano riportare, dove presenti, benefici a carico di componenti segmentarie piuttosto che vantaggi funzionali nelle attività della vita quotidiana.

Sarà necessario aumentare gli studi randomizzati, studiare e standardizzare la metodologia di applicazione, selezionare la popolazione per età, patologia e gravità e identificare gli strumenti di outcome da utilizzare.

Attualmente la ES è pertanto da considerare solo come un possibile e complementare supporto all'esercizio terapeutico.

BIBLIOGRAFIA

¹ Lieber RL. *Skeletal muscle adaptability. III: Muscle properties following chronic electrical stimulation.* Dev Med Child Neurol 1986;28:662-70.

² Alfieri V. *Electrical treatment of spasticity. Reflex tonic activity in hemiplegic patients and selected specific electrostimulation.* Scand J Rehabil Med 1982;14:177-82.

³ Carmick J. *Managing equinus in children with cerebral palsy: electrical stimulation to strengthen the triceps surae muscle.* Dev Med Child Neurol 1995;37:965-75.

⁴ Schecker LR, Cheshier SP, Ramirez S. *Neuromuscular electrical stimulation and dynamic bracing as a treatment for upper-extremity spasticity in children with cerebral palsy.* J Hand Surg Br 1999;24:226-32.

⁵ Wright PA, Granat MH. *Therapeutic effects of functional electrical stimulation of the upper limb of eight children with cerebral palsy.* Dev Med Child Neurol 2000;42:724-7.

⁶ de Kroon JR. *Relation between stimulation characteristics and clinical outcome in studies using electrical stimulation to improve motor control of the*

upper extremity in stroke. J Rehabil Med 2005;37:65-74.

⁷ Kerr C, McDowell B, McDonough S. *Electrical Stimulation in cerebral palsy: a review of effects on strength and motor control.* Dev Med Child Neurol 2004;46:205-13.

⁸ Kerr C, McDowell B, Cosgrove A, et al. *Electrical stimulation in cerebral palsy: a randomized controlled trial.* Dev Med Child Neurol 2006;48:870-6.

⁹ Merrill DR. *Review of electrical stimulation in cerebral palsy and recommendations for future directions.* Dev Med Child Neurol 2009;51(Suppl 4):154-65).

Corrispondenza: Anna Carla Turconi, IRCCS Eugenio Medea, via Don Luigi Monza 20, 23842 Bosisio Parini (LC) - Tel. +39 031 877830 - Fax +39 031 877829.