

Meccanismi d'azione ed effetti dei campi elettromagnetici pulsati (PEMF) in fisioterapia e medicina dello sport

Cosa sono le PEMF. La terapia del campo elettromagnetico pulsato, o "*Pulsed electromagnetic field (PEMF) therapy*", è un tipo di elettroterapia che utilizza campi elettromagnetici pulsanti per trattare un'area di tessuto lesa. La chiave del meccanismo d'azione delle PEMF, e di tutti i loro effetti biologici su cellule e tessuti, risiede proprio nella modulazione dell'impulso elettromagnetico in modo pulsato, anziché continuo come avviene invece nella classica magnetoterapia, dalla quale si distinguono del tutto. Le PEMF, infatti, non fanno parte delle tecnologie di magnetoterapia.

Il dispositivo che eroga le PEMF è costituito da un micro-generatore e da un'antenna. Quest'ultima è la parte effettrice del dispositivo, ovvero la parte attiva che eroga le PEMF.

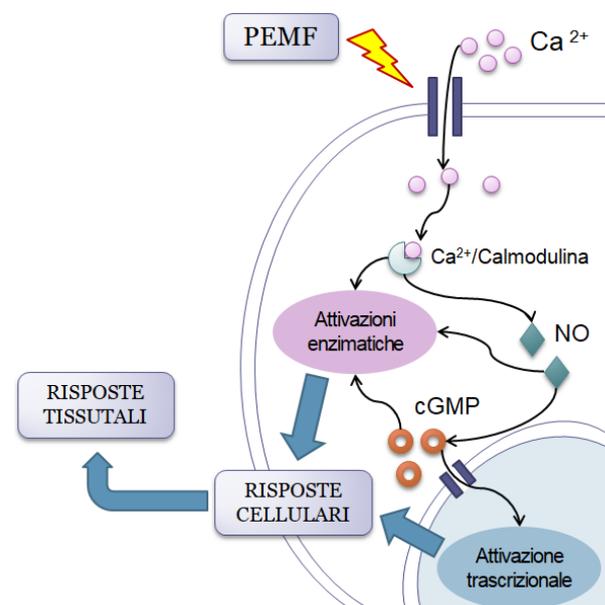
Le forme d'onda PEMF sono state progettate per penetrare completamente attraverso tutti i tipi di tessuti, dalla cute al tessuto osseo, e rappresentano un tipo di trattamento assolutamente non invasivo e non termico. Pertanto, poiché il loro meccanismo d'azione risiede esclusivamente negli effetti non termici, possono essere impiegate in qualunque tipo di patologia, trauma o disturbo legato alla medicina dello sport e alla fisioterapia, compreso qualunque tipo di infiammazione acuta o lesione caratterizzata da un'alta componente infiammatoria e possono essere mantenute attive anche in cicli di ventiquattrore fino a riduzione dei segni e sintomi cardinali della flogosi, compreso il dolore, la cui attenuazione inizia dall'erogazione del primo impulso da parte del dispositivo.

Le PEMF sono applicate e studiate da oltre vent'anni come tecnologia non invasiva per la promozione e velocizzazione della guarigione delle ferite e trovano un impiego efficace come trattamento coadiuvante in varie patologie fra cui fratture ossee, artriti, osteoartriti, infiammazioni acute, infiammazioni croniche, edemi, dolori, dolori cronici, ferite e ferite croniche. Negli ultimi dieci anni sono stati approfonditi i loro meccanismi d'azione e, seppure siano ancora oggi oggetto di studio, sono state messe in luce alcune vie biochimiche e metaboliche che vengono attivate a seguito della loro interazione con i

tessuti viventi e che spiegano gli effetti terapeutici che dimostrano *in vivo*, oltre che *in vitro*.

Meccanismi d'azione. I meccanismi d'azione delle PEMF possono essere distinti in tre tipologie, cioè meccanismi di tipo fisico, meccanismi di tipo biofisico e meccanismi prettamente biologici. Mentre il meccanismo d'azione fisico è relativamente semplice e ben conosciuto e legato alla legge di induzione di Faraday, che enuncia come «*un campo elettromagnetico variabile nel tempo (pulsante) induce un campo elettrico in un conduttore vicino*», i meccanismi d'azione biofisico e biologico sono molto complessi.

Con ogni singolo impulso il tessuto bersaglio viene investito da un campo elettromagnetico. L'effetto principale di questa stimolazione si estrinseca a livello della membrana plasmatica delle cellule, la quale va incontro a una transiente depolarizzazione. Questo evento innesca degli effetti secondari molto importanti (meccanismo biofisico) mediante l'apertura transiente di specifici canali ionici transmembrana, tra i quali spiccano i canali voltaggio dipendenti per lo ione calcio (Ca^{2+}). Il calcio è un importante secondo messaggero cellulare, infatti l'entrata di calcio nella cellula, e il suo legame a livello citoplasmatico con la calmodulina (in un tempo pari a millisecondi da un singolo impulso), innesca tutto un'insieme di vie biochimiche a cascata a



livello citoplasmatico che includono l'attivazione enzimatica e il rilascio di monossido di azoto (NO) (in un tempo pari a secondi da un singolo impulso), tramite l'attivazione dell'enzima ossido nitrico sintasi citoplasmatica (cNOS). Il monossido di azoto, considerato un ormone solubile, a sua volta attiva tutto un'insieme di vie biochimiche, una delle quali porta alla produzione di guanoso monofosfato ciclico (cGMP), un altro secondo messaggero (in un tempo pari a secondi/minuti da un singolo impulso). Da questo momento iniziano gli effetti terziari delle PEMF, di tipo prettamente biologico e che proseguono in un arco di tempo compreso fra qualche ora a giorni e settimane a partire dal primo impulso e che comprendono l'attivazione trascrizionale a carico del nucleo della cellula di svariati geni con produzione di fattori di crescita e di altre proteine e recettori transmembrana che avranno come esito l'orientamento delle cellule, a prescindere dal tessuto di cui fanno parte, alla rigenerazione e al ripristino dell'omeostasi. Ciò che si osserva macroscopicamente è la riduzione dell'infiammazione, del dolore, dell'edema e una rigenerazione completa dei tessuti, comprensiva di neovascolarizzazione e rimodellamento della matrice extracellulare fino a completa *restitutio ad integrum* del tessuto leso. All'azione delle PEMF rispondono tutte le cellule coinvolte in una lesione, comprese le cellule endoteliali (che ricostruiranno i vasi sanguigni lesi), i fibroblasti (che andranno incontro a proliferazione e ripareranno la matrice extracellulare lesa), le cellule muscolari, i condrociti e gli osteoblasti (che andranno incontro a una più rapida ed efficiente proliferazione). L'attività delle cellule del sistema immunitario, in particolare la componente infiammatoria, viene invece sedata (abbassamento dei livelli di interleuchine) e viene favorita l'attivazione dei monociti a macrofagi per ripulire l'area lesa da microrganismi, corpi estranei e cellule morte. In definitiva, dei possibili esiti di una flogosi acuta, cioè la necrosi, la flogosi cronica e la guarigione, le PEMF bloccano le prime due e favoriscono gli esiti rigenerativi di cellule e tessuti.

Campi di applicazione. Le PEMF, come già detto in precedenza, promuovono la guarigione dei tessuti e trovano applicazione in fisioterapia, ortopedia, osteopatia, nella pratica riabilitativa a seguito di traumi, lesioni o post-chirurgica, nella medicina

dello sport e nel fitness, compreso il recupero neuromuscolare dell'atleta post-allenamento. Le patologie che trovano applicazione efficace di questa tecnologia comprendono fratture ossee, artriti, osteoartriti, infiammazioni acute e croniche, edemi, dolori, dolori cronici, ferite e ferite croniche; inoltre trovano beneficio tutte le lesioni, traumi e infiammazioni che interessano spalla, gomito, mano, ginocchio, rachide, articolazione dell'anca, articolazione della caviglia e piede. Sono inclusi anche tutti i dolori di natura artrosica, dolori a livello delle inserzioni tendinee, (ad esempio braccio del tennista, gomito del golfista, spalla del lanciatore e periartrite scapolo-omerale), sindrome da sovraccarico, patologia rotulea, patologia meniscale, degenerazione dei dischi intervertebrali e delle articolazioni vertebrali, il "colpo della strega", la rachialgia cervicale da "colpo di frusta", dolori di natura ischiatica, contratture muscolari ed esiti post-traumatici. Trovano anche beneficio tutte le algie degenerative, le inserzioni tendinee dolorose, le borsiti, infiammazioni del tendine di Achille, dolori da spina calcaneale e da piede piatto.

Focus: riparazione ossea. La riparazione ossea richiede la cooperazione di tipi di cellule specifiche dell'osso: osteoblasti e osteoclasti ed è stato dimostrato che le PEMF hanno un effetto sulla riparazione ossea tramite diversi meccanismi compresa la stimolazione della calcificazione della fibrocartilagine nello spazio tra i segmenti ossei, l'aumento dell'afflusso di sangue e della guarigione della lesione a seguito degli effetti sui canali ionici per il calcio e l'aumento del tasso di formazione ossea da parte degli osteoblasti. Inoltre, l'uso delle PEMF come trattamento per le fratture non consolidate ha dimostrato di essere molto efficace.

Focus: trattamento di artrosi, artriti e osteoartriti. La stimolazione tramite PEMF ha dimostrato di avere efficacia clinica per il trattamento di artrosi e artriti, comprese le osteoartriti. Le PEMF sopprimono la risposta infiammatoria a livello della membrana plasmatica delle cellule e sono coadiuvanti nella gestione e nel trattamento del dolore.

Focus: tendiniti. Le PEMF sono in grado di ridurre il dolore e aumentare la mobilità fin dalle prime applicazioni anche in pazienti che soffrono del disturbo e non rispondono o non possono assumere la terapia farmacologica a base di

corticosteroidi.

Precauzioni d'uso. È sconsigliato l'uso in caso di cardiopatie, aritmie gravi, portatori di protesi o mezzi di sintesi magnetizzabili, sindrome da compressione di nervi periferici (prima della rimozione della causa compressiva). È consigliato durante il trattamento di evitare l'uso di soluzioni o pomate contenenti ioni liberi di metalli magnetizzabili (non esistono studi clinici sperimentati). Possono esistere alcuni rari casi di ipersensibilità individuale ai campi magnetici, generalmente molto poco frequenti, aspecifici ed eliminabili entro poco tempo dopo la sospensione del trattamento.

Controindicazioni. Portatori di stimolatori impiantabili attivi, pazienti epilettici anche se in terapia farmacologica, persone con turbe psicologiche generiche, donne in stato di gravidanza e/o in fase di allattamento, pazienti con emorragie in atto o in presenza di lesioni vascolari, pazienti con neoplasie conclamate.

BIBLIOGRAFIA

1. Bassett CAL (1993), "Beneficial Effects of Electromagnetic Fields" Journal of Cellular Biochemistry, 71:387-393
2. Bianchi N, Sacchetti F, Mordà M, Citarelli C, Capanna R, Giannotti S (2018) Use Of Pulsed Radiofrequency Electromagnetic Field (Prfe) Therapy For Pain Management And Wound Healing In Total Knee And Reverse Shoulder Prosthesis: Randomized And Double-blind Study. Euromediterranean Biomedical Journal 13 (28) 120-12
3. Funk RH (2018) Coupling of pulsed electromagnetic fields (PEMF) therapy to molecular grounds of the cell. Am J Transl Res. 10(5):1260-1272
4. Gaynor JS, Hagberg S, Gurfein BT (2018) Veterinary applications of pulsed electromagnetic field therapy. Research in Veterinary Science, 119:1-8
5. Kubat NJ, Moffet J, Fray LM (2015) Effect of pulsed

6. Strauch B, Herman C, Dabb R, Ignarro LJ, Pilla AA (2009). Evidence-Based Use of Pulsed Electromagnetic Field Therapy. Aesthetic Surgery Journal, 29(2): 135-143
7. Teven CM, Greives M, Natale RB, Su, Y, Luo Q, He B-C, Shenaq D, He T-C, Reid RR (2012) Differentiation of Osteoprogenitor Cells Is Induced by High-Frequency Pulsed Electromagnetic Fields. Journal of Craniofacial Surgery, 23(2): 586-593
8. Wade B (2013) A review of pulsed electromagnetic field (PEMF) mechanisms at a cellular level: a rationale for clinical use. American Journal of Health Research. 1(3): 51-55
9. Waldorff EI, Zhang N, Ryaby JT (2017) Pulsed electromagnetic field applications: A corporate perspective. Journal of Orthopaedic Translation. 9:60-68
10. Wang T, Xie W, Ye W, He C (2019) Effects of electromagnetic fields on osteoarthritis. Biomedicine & Pharmacotherapy. 118:109282
11. Pipitone N, Scott dl (2001) "Magnetic Pulse Treatment for Knee Osteoarthritis: A Randomised, Double-blind, Placebo- controlled Study" Current Medical Research and Opinions. 17(3):190-196.
12. Luben RA (1991), "Effects of Low-energy Electromagnetic Fields (pulsed and DC) on Membrane Signal Transduction Processes in Biological Systems," Health Physics, 61(1):15-28.
13. Darendeliler MA, Darendeliler A, Sinclair PM (1997) "Effects of Static Magnetic and Pulsed Electromagnetic Fields on Bone Healing" International Journal of Adult Orthodontic and Orthognathic Furgery. 12(1):43-53.
14. Bassett CAL, Pawluk RJ, Pilla AA (1974) "Acceleration of Fracture Repair by Electromagnetic Fields: A Surgically Non-invasive Method" Annals of the New York Academy of Fciences, 238:242-262
15. Binder A, Parr G, Hazleman B, Fitton-Jackson S (1984) "Pulsed Electromagnetic Field Therapy of Persistent Rotator Cuff Tendinitis: A Double-blind Controlled Assessment," The Lancet. 1(8379):695-698.



CELESTE	Ferite Post-operatorio
MARRONE	Edema Osseo Edema Dei Tessuti Molli
BIANCO	Dolore Mestruale Tendiniti, Tendinosi Traumi Da Sovraccarico Dolore acuto Dolore cronico
GIALLO	Stimolazione calcificazione ossea

BAC
TECHNOLOGY
MEDICAL
DEVICES