

IL TRATTAMENTO DELL'EDEMA OSSEO POST TRAUMATICO DELLO SCAFOIDE CON STIMOLAZIONE BIOFISICA CON CAMPI ELETTRICI AD ACCOPPIAMENTO CAPACITIVO (CCEF): CASE REPORT

A. DE MAS, R. MELE

SC Chirurgia della Mano e Microchirurgia - Pordenone

Post-traumatic scaphoid oedema treatment through Capacitively Coupled Electric Field stimulation (CCEF): case report

SUMMARY

The authors illustrate the action mechanism of tissue biophysical stimulation in a case of an undiagnosed undisplaced fracture of the wrist scaphoid, which presented bone oedema and a first stage of osteonecrosis on MRI, and treated with Capacitively Coupled Electric Fields (CCEF). The application of CCEF resolved the osteonecrosis and the patient recovered wrist function. Oedema reduction was observed on MEI after 5 months of treatment. Riv Chir Mano 2012; 1: 62-67

KEY WORDS

Scaphoid fracture, bone oedema, Capacitively Coupled Electric Field stimulation

RIASSUNTO

Gli autori dopo aver illustrato il meccanismo di azione della stimolazione biofisica tissutale presentano un caso di frattura composta misconosciuta dello scafoide carpale trattata, dopo riscontro all'esame RM di edema midollare (necrosi iniziale), con stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo (Capacitively Coupled Electric Fields, CCEF). L'osteonecrosi iniziale ha tratto giovamento dall'applicazione della stimolazione biofisica dell'osso con recupero clinico funzionale e obiettivo: la RMN eseguita a distanza di cinque mesi dall'inizio della terapia ha evidenziato la regressione dell'edema.

PAROLE CHIAVE

Frattura scafoide, edema midollare osseo, stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo

INTRODUZIONE

La frattura dello scafoide carpale è una delle lesioni più comuni che si possono verificare nei traumi del polso ed è noto che una quota possa passare misconosciuta alle radiografie iniziali. La qualità dei radiogrammi rimane essenziale per la corretta diagnosi. Pazienti con radiografie negative presentano il 18.7 per cento di probabilità di avere una

frattura dello scafoide (1). La Risonanza Magnetica (RM) è di aiuto per evidenziare lo stato di vitalità dell'osso traumatizzato (2) e in particolare per l'edema midollare (3).

Le cause della lesione necrotica possono essere primitive come nel morbo di Kiembock per il semilunare o nella malattia di Preiser per lo scafoide, o secondarie a fatti traumatici, microtraumatici e metabolici (diabete).

Il processo di devitalizzazione procede per tappe: inizialmente si presenta l'edema del midollo osseo, segue la sclerosi trascolare, la trasformazione cistica della spongiosa e infine la frammentazione ossea. Lo stadio finale comprende il collasso carpale (polso SLAC o SNAC) e l'artrosi.

La vascolarizzazione dello scafoide presenta una zona critica al terzo medio prossimale con aumento del rischio di ritardo di consolidazione e pseudoartrosi.

Il trattamento dell'edema midollare prevede l'immobilizzazione, la somministrazione di prostaglandine, alcune procedure chirurgiche come la cosiddetta "core decompression"

CASE REPORT

Una donna di 58 anni cadeva dal ciclomotore a seguito di un incidente stradale urtando a terra il polso e la mano destra. Lamentando dolore locale e

impotenza funzionale venivano eseguiti gli accertamenti radiografici del polso con la proiezione per lo scafoide che risultarono negativi (Fig. 1).

Fu applicato un palmare di posizione che la paziente ha mantenuto per 10 giorni.

Alla scadenza del riposo prescritto l'immobilizzazione è stata rimossa a domicilio.

A trenta giorni dal trauma per la persistenza della sintomatologia dolorosa e della limitazione funzionale, il fisiatra consulente prescrisse un ciclo di laser terapia e l'esecuzione di una RM del polso.

Nel frattempo fu ripetuta la radiografia del polso (a 3 mesi dal trauma), con referto negativo (Fig. 2).

La RM, eseguita 5 mesi dopo il trauma, ha evidenziato: "...irregolarità di intensità di segnale con aspetti simil flogistici a carico dei due terzi prossimali dello scafoide... compatibili con complicanza osteonecrotica in verosimili esiti di frattura senza spostamento... note entesopatiche evidenti carico degli estensori laterali..." (Fig. 3).



Figura 1. (A) Rx eseguite il giorno della caduta. (B) Particolare dello scafoide.

Giunta a visita presso il nostro centro veniva consigliato ciclo con stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo (CCEF) con il dispositivo Osteobit (IGEA SpA, Carpi, Mo) 9 ore al giorno, per 40 giorni.

La paziente con la terapia prescritta ha riferito un progressivo miglioramento della sintomatologia dolorosa e un recupero della validità funzionale.

A 6 mesi la RM di controllo segnala un miglioramento del quadro clinico allo scafoide e risenti-



Figura 2. (A) Controllo Rx a tre mesi dal trauma. (B) Particolare dello scafoide.

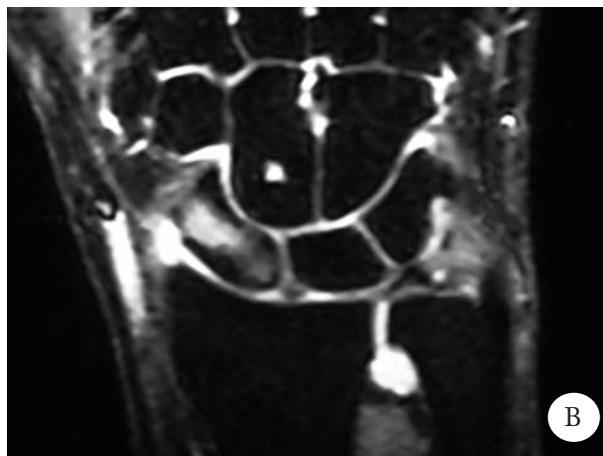
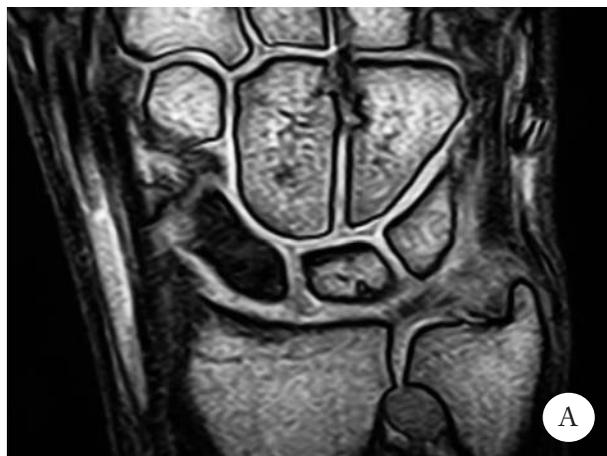


Figura 3. (A) RM a cinque mesi dal trauma. (B) RM a cinque mesi dal trauma.

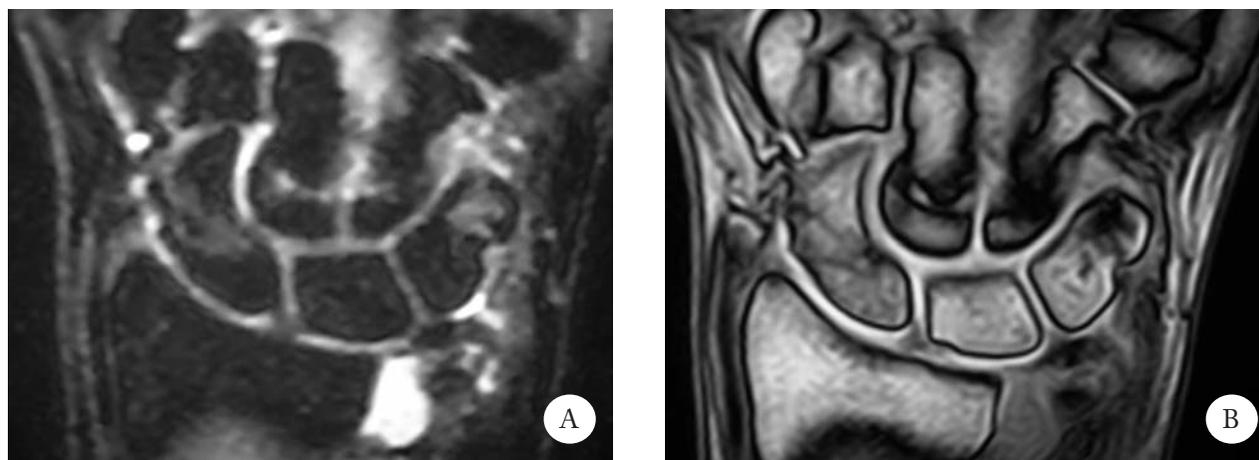


Figura 4. (A) RM a 6 mesi dopo la terapia con CCEF. (B) RM a 6 mesi dopo la terapia con CCEF.

mento degenerativo a carico dell'articolazione radio-scafoidea. Come reperto collaterale è riscontrato un ganglio artrogeno all'articolazione radio-ulnare distale, senza corrispettivo clinico obiettivo (Fig. 4).

All'esame obiettivo prima del trattamento il polso si presenta normoatteggiato, vivamente dolente la palpazione a livello della tabacchiera anatomica e in misura minore al tubercolo dello scafoide; Finkelstein test debolmente positivo. L'analisi del movimento evidenzia dolore alla flessione completa con limitazione di 1/4 dell'escursione articolare, l'estensione è completa con lieve dolenzia all'apice del movimento. La forza prensile appare diminuita a destra (il test di Jamar risulta di 60 Kg a sinistra e 35 Kg a destra, pinch grip di 15 Kg a sinistra e 10 kg a destra), non ci sono differenze alla misurazione della circonferenza al polso e all'avambraccio.

Dopo il trattamento all'obiettività era presente un recupero della forza prensile al test di Jamar (60 Kg a sinistra e 45 kg a destra, pinch grip con incremento di 2 Kg a sinistra).

CARATTERISTICHE DEL SEGNALE BIOFISICO

Il segnale biofisico generato dallo stimolatore è costituito da un treno di impulsi alla frequenza di 12.5 Hz e presenta un duty cycle del 50%. La parte attiva del treno di impulsi è un'onda sinusoidale al-

la frequenza di 60 kHz e ha una ampiezza in tensione variabile in funzione dell'impedenza del tessuto corporeo interposto tra gli elettrodi. Il microprocessore presente nel dispositivo è in grado di riconoscere le variazioni di impedenza del tessuto corporeo dovute sia al progredire del processo di mineralizzazione del callo osseo, che alla diversa impedenza cutanea tipica di ogni paziente. Il microprocessore attiva ad intervalli temporali predefiniti un controllo retroazionato sulla densità di corrente da inviare al sito di lesione per promuovere il processo osteogenetico ed erogare la densità di corrente necessaria: $30 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. La presenza di questo microprocessore garantisce oltremodo che la distribuzione spaziale del campo elettrico sia tale da coprire tutta l'estensione della lesione.

Gli elettrodi sono facilmente applicabili a livello della cute e la leggerezza e le ridotte dimensioni dell'apparecchiatura rendono lo stimolatore portatile e perfettamente compatibile con le attività quotidiane.

DISCUSSIONE

La guarigione di una frattura è certamente dipendente dal trattamento ortopedico: allineamento, immobilizzazione e contatto fra i monconi costituiscono le basi biomeccaniche in grado di garantire la consolidazione dell'osso. L'ambiente meccani-

co è in grado di determinare il successo o meno del processo riparativo, ma la guarigione della frattura è il risultato di un'adeguata attività cellulare, che prevede immediatamente dopo il trauma l'organizzazione dell'ematoma, la formazione di un callo fibroso, poi cartilagineo, l'attivazione del pool di cellule osteoprogenitrici, la loro espansione ed infine la differenziazione in senso osteoblastico, che porterà alla mineralizzazione del callo riparativo e alla ricostituzione di tessuto osseo con proprietà biomeccaniche originarie. I fenomeni di rimodellamento saranno più tardivi e comunque avranno una durata molto lunga.

Ad oggi le metodiche che influiscono sull'attività biologica del processo di guarigione possono essere di ordine biologico (trapianto di cellule staminali mesenchimali), farmacologico (fattori di crescita) o di ordine fisico. Oltre allo stimolo meccanico (4, 5) è possibile utilizzare le correnti elettriche direttamente impiantate in sede di frattura (metodica faradica), indotte nel focolaio di frattura mediante campi elettromagnetici pulsati (metodica induttiva) o campi elettrici (metodica capacitiva) e più recentemente all'effetto piezoelettrico indotto mediante ultrasuoni pulsati a bassa intensità (metodica a ultrasuoni).

La tecnica adottata nel presente case report si riferisce all'impiego di stimolazione biofisica tramite campi elettrici con accoppiamento capacitivo. L'esposizione al campo elettrico produce un aumento della proliferazione delle cellule osteoprogenitrici e un aumento della matrice extracellulare (6). Il sito di interazione del campo elettrico risiede a livello della membrana cellulare: l'aumento del calcio intracellulare conseguente attiva la calmodulina che determina a sua volta attraverso la trascrizione genica e la proliferazione cellulare, la produzione BMPs, TGF β , e varie proteine della matrice tra cui collagene BMP-2, BMP-4, BMP-6, BMP-7, TGF- β 1, FGF-2 e VEGF (7-9). Curve dose-risposta dimostrano come grandezze dello stimolo fisico (forma d'onda, ampiezza frequenza) e il tempo di trattamento possono indurre diversi effetti biologici sul tessuto osseo (10).

In vivo, la stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo si è dimostrata efficace

nell'accelerare l'osteogenesi riparativa in difetti ossei di modelli animali (11) e Brighton mostrò la capacità di questa metodica nel stimolare e accorciare il tempo di consolidazione di fratture di fibula sperimentali eseguite su conigli, evidenziando la miglior combinazione delle grandezze fisiche del segnale (60kHz-0.33V/cm-33 μ A/cm) (12).

Studi clinici (13, 14) hanno evidenziato accorciamento dei tempi di recupero funzionale (clinico) e radiografico con percentuali al di sopra dell'80% per le fratture fresche (15) e con percentuali inferiori (77%) sui ritardi di consolidazione con oltre 20 settimane di trattamento. I mezzi di sintesi o l'infezione non hanno influito negativamente sui risultati (16, 17). Infine, la stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo si è dimostrata efficace nel trattamento delle necrosi avascolari della testa del femore in combinazione con core decompression e innesti ossei (18). Diversi autori consigliano il trattamento di piccole sedi scheletriche viste le limitate dimensioni degli applicatori (19). A breve termine si determina un forte effetto anabolico sulla cartilagine articolare proteggendo l'articolazione dagli effetti catabolici delle citochine infiammatorie e riassorbendo l'edema dell'osso subcondrale. A lungo termine, gli effetti si riassumono nella capacità di promuovere una forte attività osteogenetica nell'area necrotica, nell'attivare il metabolismo cellulare, nel favorire l'angiogenesi e nel prevenire le fratture trabecolari che determinano il conseguente collasso dell'osso subcondrale.

La sindrome dell'edema midollare osseo può avere un decorso spontaneo di circa 6-12 mesi, ma dal punto di vista terapeutico a parte l'immobilizzazione e la limitazione ai carichi, non ci sono altre opzioni. Nel caso esposto l'applicazione stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo (Osteobit) ha consentito un recupero clinico funzionale in supporto a terapia fisica e antinfiammatoria. Il ciclo di 40 sedute a domicilio ha consentito una netta regressione dell'immagine RM dell'edema midollare e un miglioramento della sintomatologia dolorosa con recupero della forza alla mano.

CONCLUSIONI

L'edema midollare osseo dello scafoide nel caso considerato è secondario alla frattura misconosciuta e non trattata.

La risonanza magnetica risulta l'esame più indicato per evidenziare questa condizione patologica e monitorarne l'evoluzione soprattutto dopo avere impostato la terapia.

La stimolazione con campi elettrici ad accoppiamento capacitivo trova una buona collocazione nel trattamento dell'edema midollare osseo primitivo e secondario, ponendosi come mezzo di supporto all'immobilizzazione.

BIBLIOGRAFIA

- Blum A, Sauer B, Detreille R, et al. The diagnosis of recent scaphoid fractures: review of the literature. *J Radiol* 2007; 88: 741-59.
- Schmitt R, Heinze A, Fellner F, Obletter N, Struhn R, Bautz W. Imaging and staging of avascular osteonecroses at the wrist and hand. *Eur J Radiol* 1997; 25 (2): 92-103.
- Karantanas A, Dailiana Z, Malizos K. The role of MR imaging in scaphoid disorders. *Eur J Radiol* 2007; 17 (11): 2860-71.
- Fukada E, Yasuda I. On the piezoelectric effect of bone. *J Phys Soc Japan* 1957; 12: 121-8.
- Bassett CAL, Becker RO. Generation of electric potentials in bone in response to mechanical stress. *Science* 1962; 137: 1063-4.
- Hartig M, Joos U, Wiesmann HP. Capacitively coupled electric fields accelerate proliferation of osteoblast-like primary cells and increase bone extracellular matrix formation in vitro. *Eur Biophys J* 2000; 29 (7): 499-506.
- Aaron RK, Boyan BD, Ciombor DM, Schwartz Z, Simon BJ. Stimulation of growth factor synthesis by electric and electromagnetic fields. *Clin Orthop* 2004; 419: 30-7.
- Zhuang H, Wang W, Seldes R, et al. Electrical stimulation induces the level of TGF- β 1 mRNA in osteoblastic cells by a mechanism involving calcium/calmodulin pathway. *Biochem Biophys Res Comm* 1997; 237: 225-29.
- Fredericks D, et al. Effects of capacitive coupling electrical stimulation on expression of growth factors in a rabbit posterolateral spine fusion model. *North American Spine Society, Chicago* 2004.
- Wang Z, Clark CC, Brighton CT. Up-regulation of bone morphogenetic proteins in cultured murine bone cells with use of specific electric fields. *J Bone Joint Surg* 2006; 88A: 1053-65.
- Kaynak D, Meffert R, Günhan M, Günhan O. A histopathologic investigation on the effects of electrical stimulation on periodontal tissue regeneration in experimental bony defects in dogs. *J Periodontol* 2005; 76 (12): 2194-204.
- Brighton CT, Hozack WJ, Brager MD, et al. Fracture healing in the rabbit fibula when subjected to various capacitively coupled electrical fields. *J Orthop Res* 1985; 3 (3): 331-40.
- Benazzo F, Mosconi M, Beccarisi G, Galli U. Use of capacitively coupled electric fields in stress fractures in athletes. *Clin Orthop* 1995; 310: 145-9.
- Goodwin CB, Brighton CT, Guyer RD, Johnson JR, Light KI, Yuan HA. A double-blind study of capacitively coupled electrical stimulation as an adjunct to lumbar spinal fusions. *Spine* 1999; 24 (13): 1349-56.
- Impagliazzo A, Mattei A, Spurio Pompili GF, Setti S, Cadossi R. Treatment of ununited fractures with capacitively coupled electric field. *J Orthopaed Traumatol* 2006; 7: 16-22.
- Brighton CT, Pollack SR. Treatment of recalcitrant nonunion with a capacitively coupled electrical field. A preliminary report. *J Bone Joint Surg* 1985; 67A: 577-85.
- Brighton CT, Shaman P, Heppenstall RB, Esterhai JL Jr, Pollack SR, Friedenberg ZB. Tibial nonunion treated with direct current, capacitive coupling, or bone graft. *Clin Orthop* 1995; 321: 223-34.
- Steinberg ME, Brighton CT, Corces A, et al. Osteonecrosis of the femoral head. Results of core decompression and grafting with and without electrical stimulation. *Clin Orthop* 1989; 249: 199-208.
- Cadossi R, Caruso G, Setti S, Massari L. Fattori fisici di stimolazione ossea. *GIOT* 2007; 33 (suppl. 1): S255-S261.