



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI BARI  
ALDO MORO

Policlinico  
di Bari



Dipartimento SMBNOS  
U.O.C. ORTOPEDIA e TRAUMATOLOGIA  
Direttore: Prof. Biagio Moretti



III CONGRESSO NAZIONALE

PRESIDENTE  
UMBERTO TARANTINO

ROMA 16-18 SETTEMBRE 2021

HOTEL SHERATON PARCO DE' MEDICI

# LA STIMOLAZIONE BIOFISICA: EFFETTI EXTRASCHELETRICI

Francesco Rifino – Elisa Pesare

# BIOFISICA CLINICA

## LETTERATURA ODIERNA (2021)

NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Log in

PubMed.gov

Biophysical stimulation



Search

[Advanced](#) [Create alert](#) [Create RSS](#)

[User Guide](#)

NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Log in

PubMed.gov

extracorporeal shock wave



Search

[Advanced](#) [Create alert](#) [Create RSS](#)

[User Guide](#)

NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Log in

PubMed.gov

pulsed electromagnetic field



Search

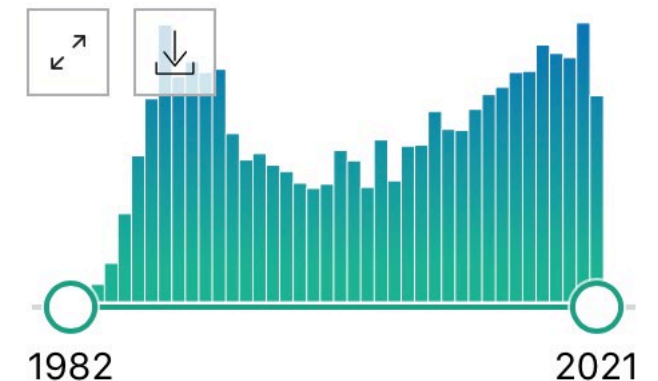
[Advanced](#) [Create alert](#) [Create RSS](#)

[User Guide](#)

**In totale fino a circa 5800 articoli**



### RESULTS BY YEAR



# BIOFISICA CLINICA

- Campi elettromagnetici pulsati PEMF
- Campi elettrici ad accoppiamento capacitivo CCEF
- ULTRASUONI (LIPUS)
- ESWT (Onde d'urto)



# BIOFISICA CLINICA

- **Campi elettromagnetici pulsati PEMF**
- **Campi elettrici ad accoppiamento capacitivo CCEF**
- **ULTRASUONI (LIPUS)**
- **ESWT (Onde d'urto)**

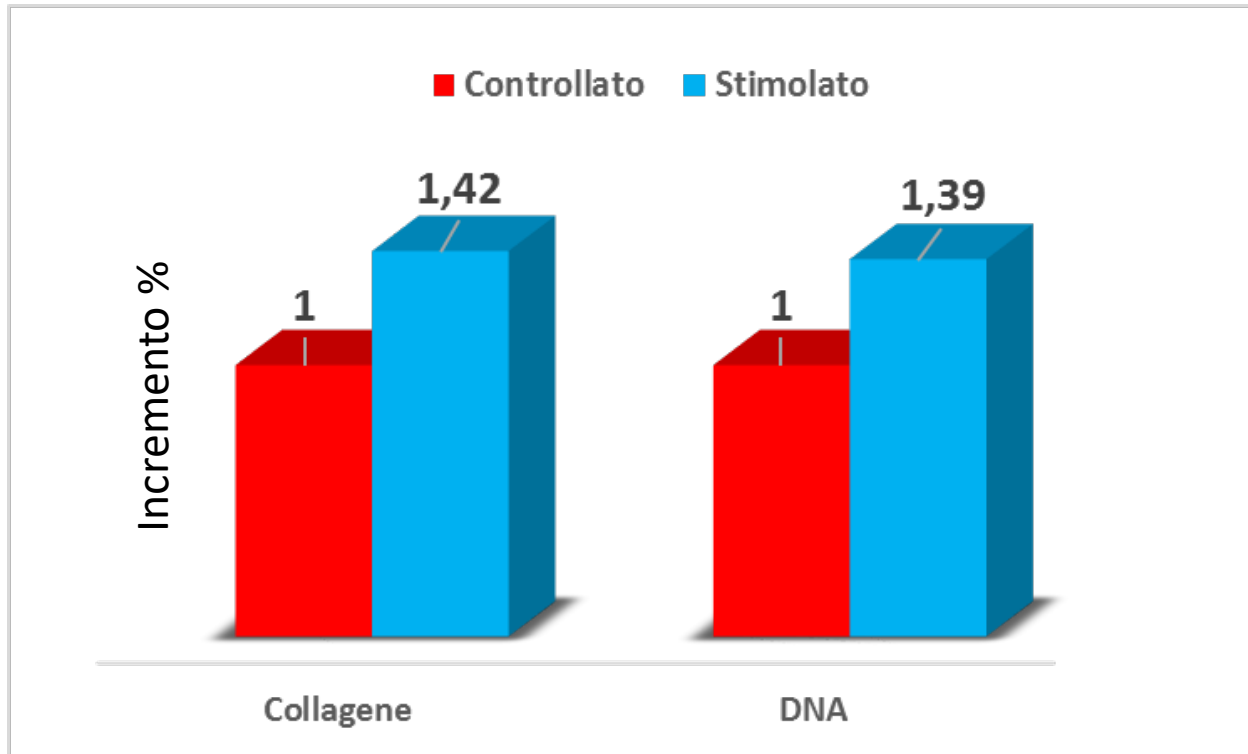


# AVVERTENZE PEMF

1. pazienti portatori di dispositivi elettromedicali  
(pacemaker, ICD)
2. gravidanza
3. pazienti pediatrici
4. **pazienti con storia di patologia oncologica e con neoplasia nel  
campo di applicazione (???)**

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: effetti in vitro sui TESSUTI MOLLI

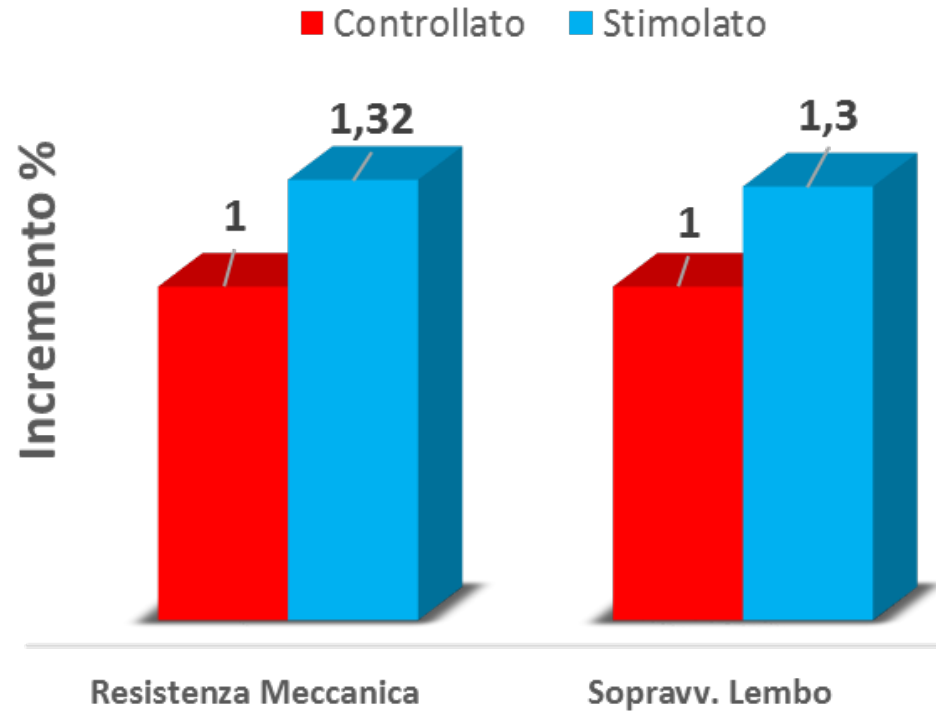
(PEMF)



I campi elettromagnetici pulsati aumentano la proliferazione e l'angiogenesi di cellule endoteliali, nonché la proliferazione e la produzione di collagene in colture di fibroblasti.

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: effetti in vivo sui TESSUTI MOLLI

(PEMF)



I campi elettromagnetici pulsati aumentano la sopravvivenza di lembi cutanei non vascolarizzati, prodotti sperimentalmente nel dorso del ratto; favoriscono il processo riparativo cutaneo, cui si accompagna un importante effetto microvascolare dovuto alla neoangiogenesi.

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: Low Frequency pulsed electromagnetic field (PEMF) *in vitro*

Cell Biochem Biophys (2013) 66:697–708

DOI 10.1007/s12013-013-9514-y

ORIGINAL PAPER

## Low Frequency Pulsed Electromagnetic Field Affects Proliferation, Tissue-Specific Gene Expression, and Cytokines Release of Human Tendon Cells

L. de Girolamo · D. Stanco · E. Galliera · M. Viganò · A. Colombini ·  
S. Setti · E. Vianello · M. M. Corsi Romanelli · V. Sansone



I tenociti umani provenienti da campioni di semitendinoso e gracile prelevati da **8 pazienti**, sotto differenti condizioni sperimentali (4, 8, 12 ore) sono stati sottoposti a PEMF

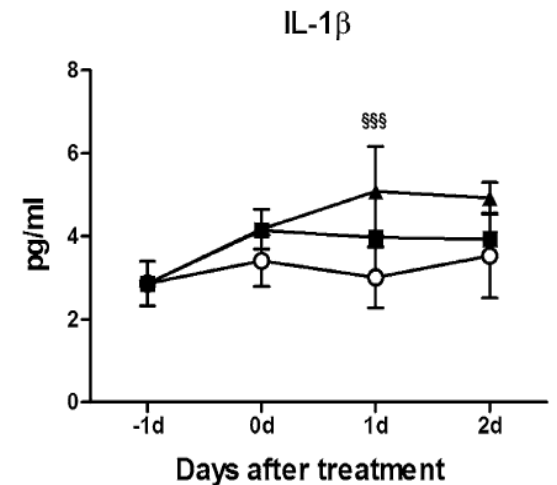
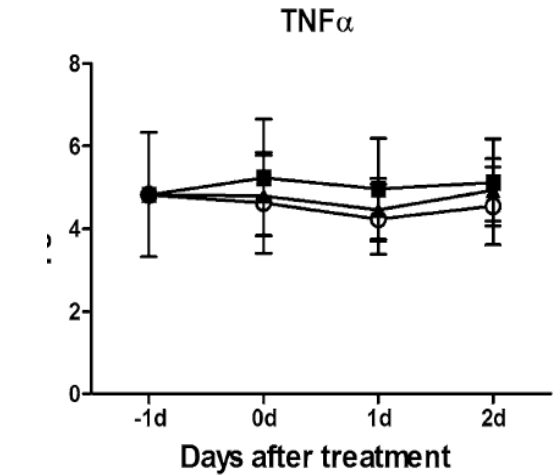
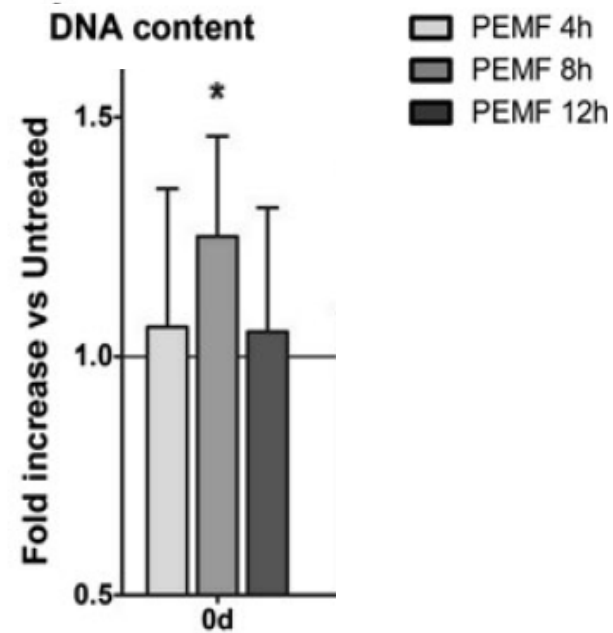


# STIMOLAZIONE BIOFISICA: Low Frequency pulsed electromagnetic field (PEMF) *in vitro*

## RISULTATI

L'esposizione a PEMF di 8 ore (1,5 mT, 75 Hz) è in grado di indurre:

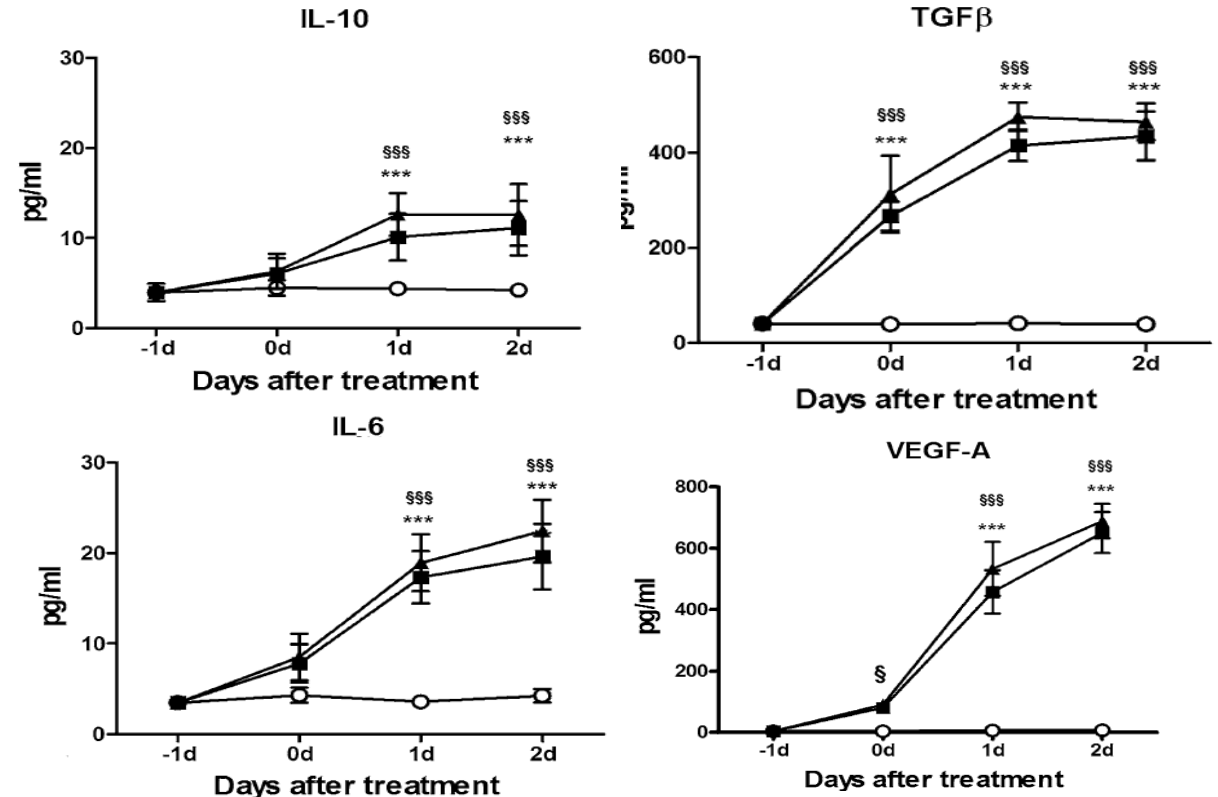
- **La stimolazione della proliferazione delle TC**
- Espressione di marcatori tendinei specifici
- Aumento di SCX e COL1A1 nelle cellule trattate con PEMF nel trattamento di maggiore durata



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: Low Frequency pulsed electromagnetic field (PEMF) *in vitro*

## RISULTATI

- Significativo maggior rilascio di citochine antinfiammatorie nei tenociti trattati con PEMF per 8 e 12
- Aumento notevolmente maggiore della trascrizione dell'mRNA di VEGF-A e della sua proteina correlata dopo l'esposizione a PEMF



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: Low Frequency pulsed electromagnetic field (PEMF) *in vitro*

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc  
DOI 10.1007/s00167-014-3143-x

EXPERIMENTAL STUDY

## In vitro functional response of human tendon cells to different dosages of low-frequency pulsed electromagnetic field

L. de Girolamo · M. Viganò · E. Galliera ·  
D. Stanco · S. Setti · M. G. Marazzi · G. Thiebat ·  
M. M. Corsi Romanelli · V. Sansone

I **tenociti umani** provenienti da campioni di semitendinoso e gracile prelevati da **6 pazienti**, sono stati **sottoposti a PEMF sotto differenti condizioni sperimentali**:

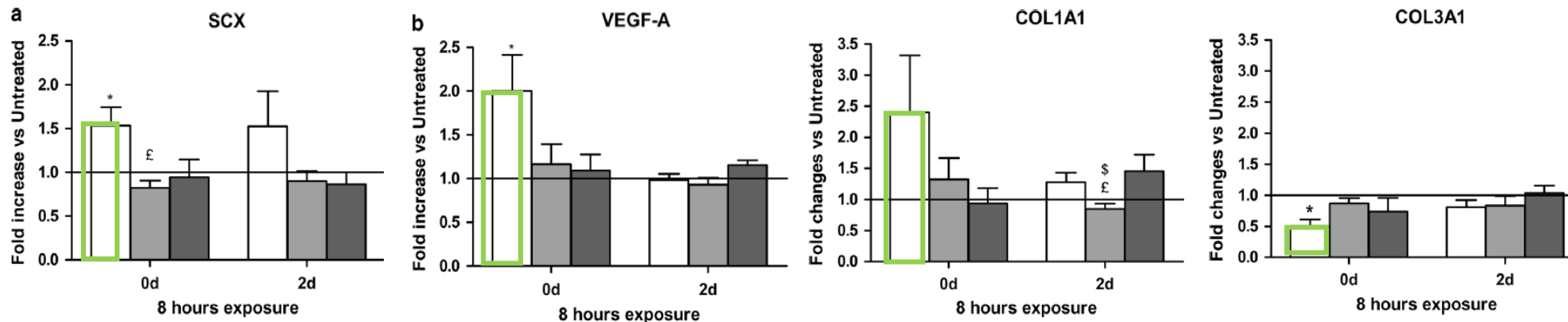
- variando la intensità (1.5 o 3mT)
- la durata (8h o 12h)
- il numero delle esposizioni (singolo trattamento o trattamenti ripetuti)

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: Low Frequency pulsed electromagnetic field (PEMF) *in vitro*

## RISULTATI:

Il trattamento a 1,5 mT-PEMF ha determinato:

- La più alta up-regolazione di SCX, VEGF-A e l'espressione di COL1A1
- Ha ridotto significativamente COL3A1



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: Low Frequency pulsed electromagnetic field (PEMF) *in vitro*

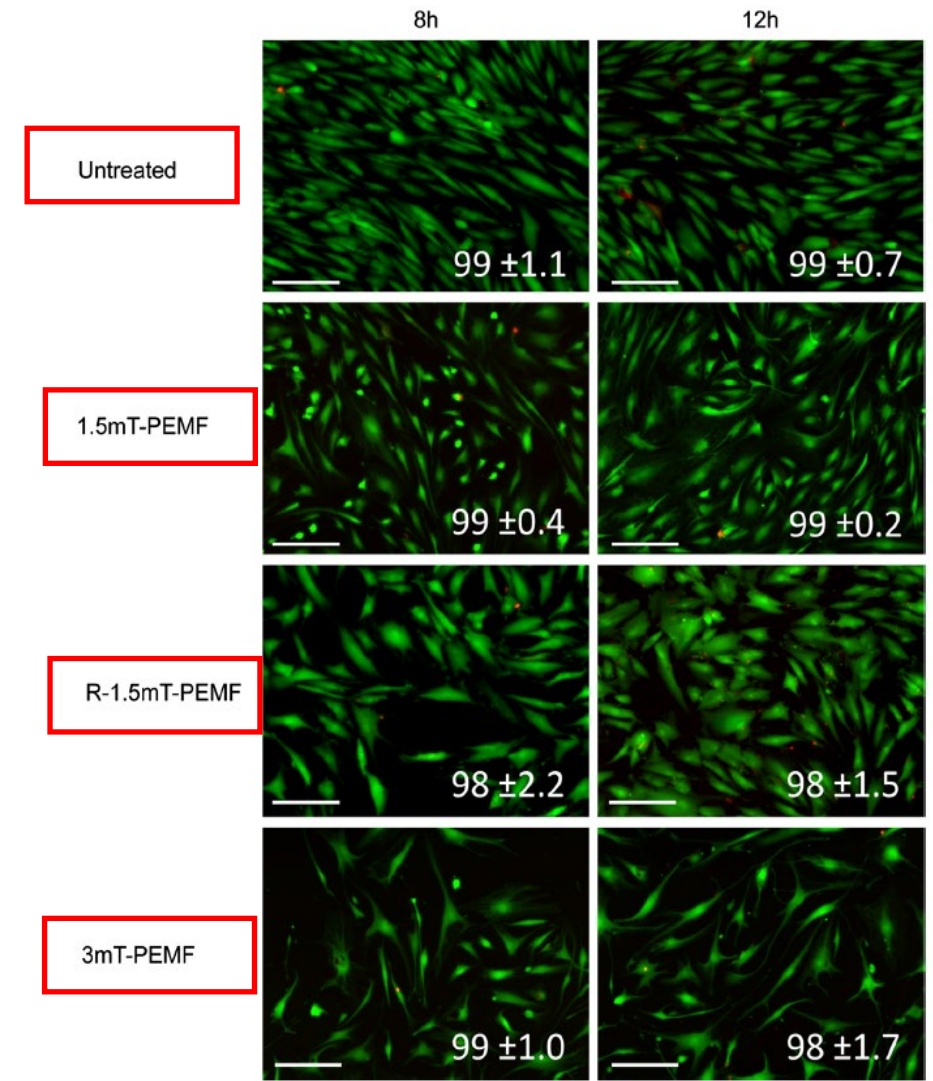
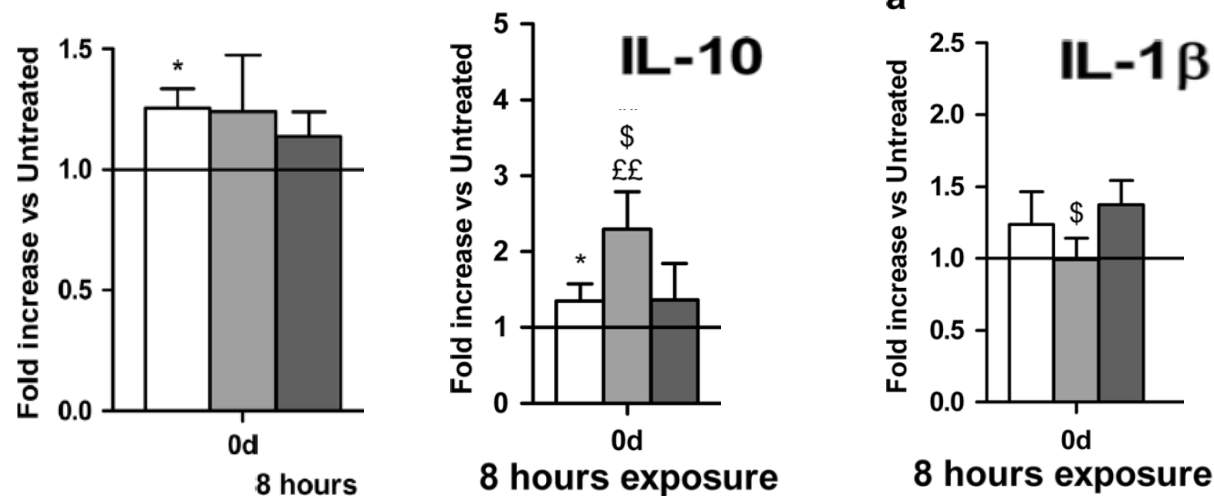
## RISULTATI:

Aumento nella proliferazione dei tenociti in tutti i trattamenti

Il trattamento a 1,5 mT-PEMF ha determinato:

- Aumento nella produzione di IL-10
- Rilascio più alto di IL-1b, IL-6, e TGF-b

R-1.5mT-PEMF ha ridotto in maggior misura le citochine infiammatorie rispetto al singolo trattamento



COLLAGENE TIPO I/III

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF + MSCs

## Tenogenic differentiation of Mesenchymal Stem Cells isolated from human umbelical cord

*Research Article*

### **Pulsed Electromagnetic Fields Improve Tenogenic Commitment of Umbilical Cord-Derived Mesenchymal Stem Cells: A Potential Strategy for Tendon Repair—An In Vitro Study**

Antonio Marmotti <sup>1,2</sup> Giuseppe Maria Peretti <sup>3,4</sup> Silvia Mattia,<sup>2</sup> Laura Mangiavini <sup>4</sup>  
Laura de Girolamo <sup>4</sup> Marco Viganò,<sup>4</sup> Stefania Setti <sup>5</sup> Davide Edoardo Bonasia,<sup>1</sup>  
Davide Blonna <sup>1</sup> Enrico Bellato <sup>1</sup> Giovanni Ferrero,<sup>1</sup> and Filippo Castoldi<sup>1</sup>

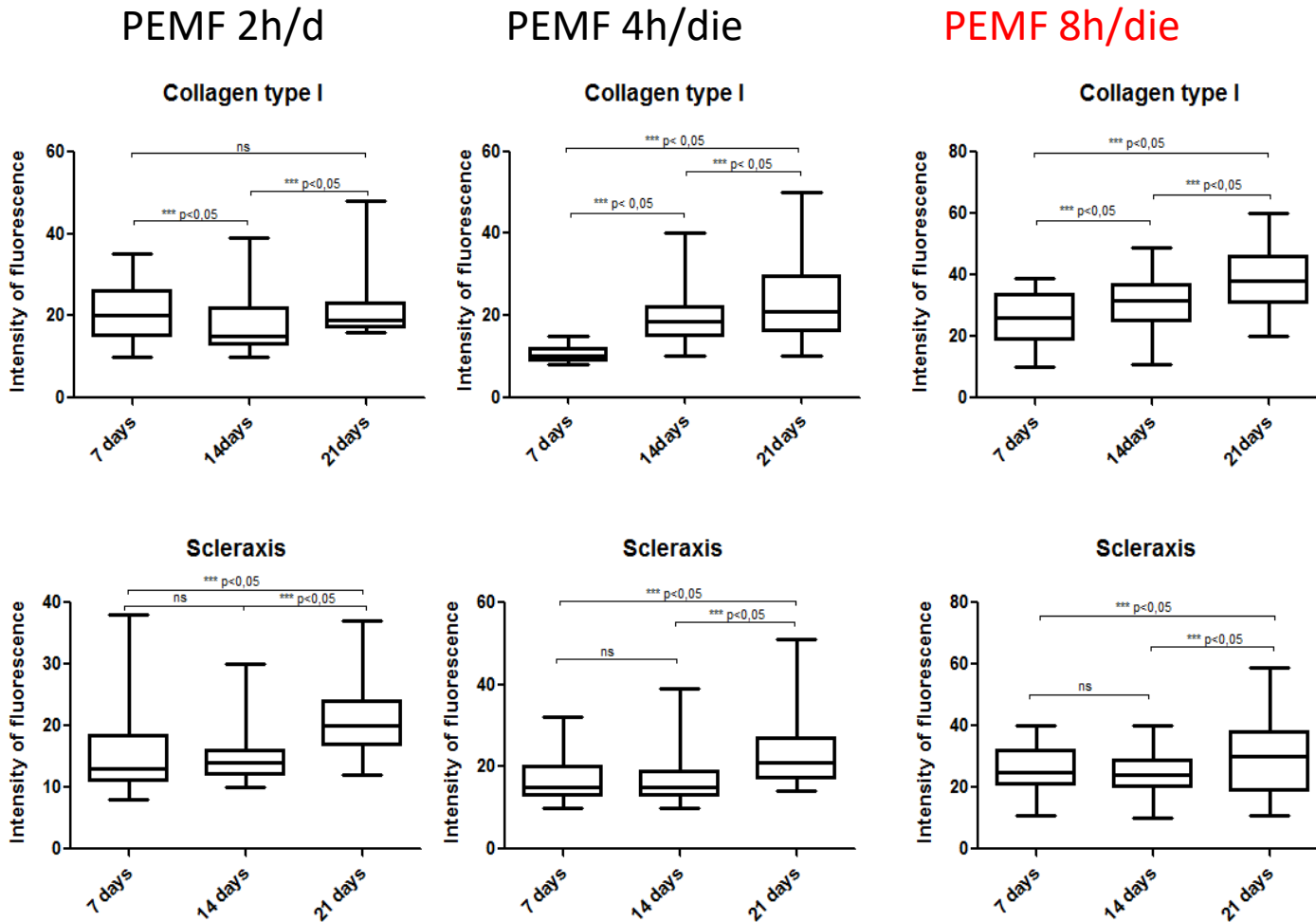


- **15 cordoni ombelicali** da parto cesareo di donne senza gravidanza a rischio
- I campioni di cordone ombelicale sono stati tritati manualmente in piccoli frammenti (lunghezza inferiore a 4 mm)
- I campioni di cordone ombelicale sono stati coltivati in terreno di espansione MSC con tenociti

**Le MSC sono state sottoposte a campi elettromagnetici pulsati per**

- **2 ore/giorno,**
- **4 ore/giorno**
- **8 ore/giorno**

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF + MSCs

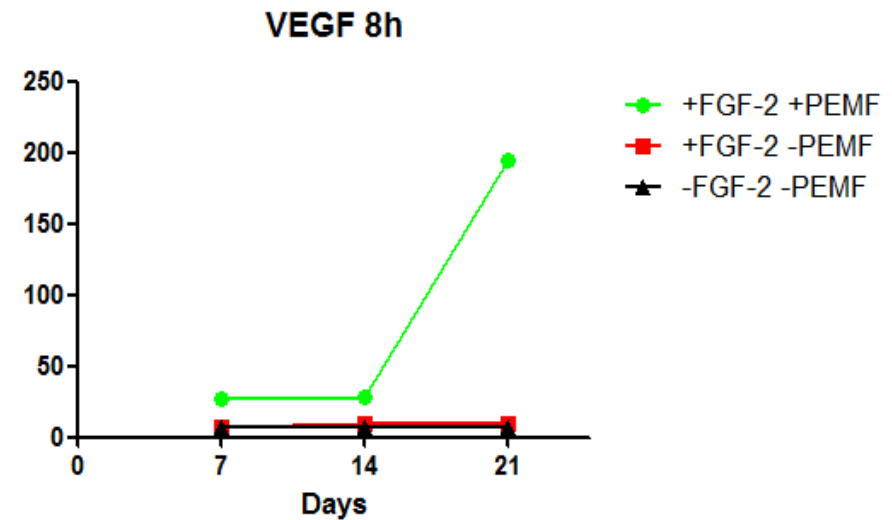
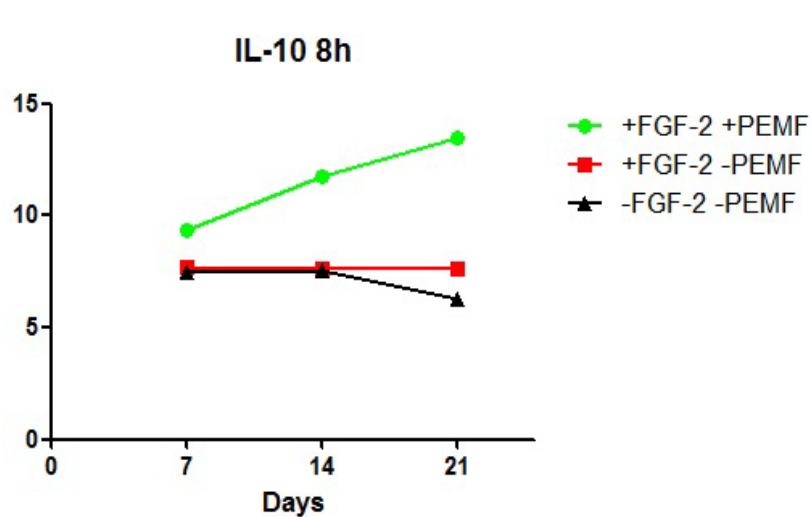


## RISULTATI:

- l'esposizione a PEMF (di 1,5 mT e 75 Hz) fornisce uno stimolo biofisico che **migliora** significativamente l'impegno **tendineo in vitro delle UC-MSC umane**.
- Le UC-MSC coltivate con FGF-2 e stimulate con PEMF hanno mostrato una **maggiore produzione di collagene di tipo I e sclerassi**

Pertanto, l'esposizione a PEMF può rappresentare uno scenario biologico alternativo di preconditionamento delle MSC verso la via tenogenica

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF + MSCs



## RISULTATI:

L'esposizione prolungata al PEMF era anche correlata alla massima espressione di marcatori tenogenici

Il modello di rilascio di **IL-10** e **VEGF** è parallelo l'espressione del marker tenogenico, **confermando ulteriormente l'esposizione di 8 h/die come il miglior "protocollo anabolico"**

Questi risultati, infatti, potrebbero avere una rilevanza clinica per futuri modelli preclinici e clinici di rigenerazione del tendine e chirurgia ricostruttiva della cuffia dei rotatori



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF e studi in vivo

RAT MODEL

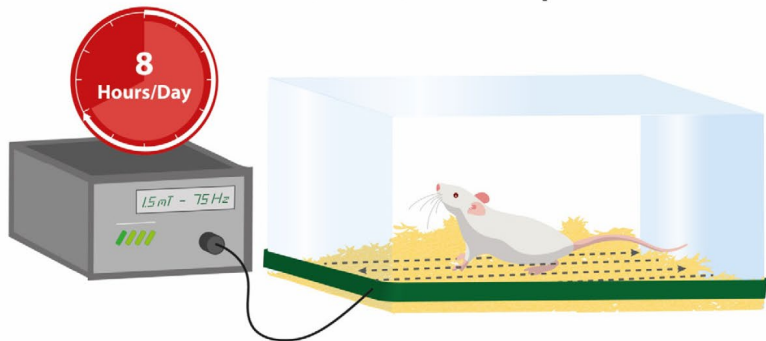


68 RATTI



COLLAGENASI DI TIPO I  
PER INDURRE TENDINOPATIA ACHILLEA

PEMF stimulation set-up



BJR



## FOOT & ANKLE

### Pulsed electromagnetic fields improve the healing process of Achilles tendinopathy

A PILOT STUDY IN A RAT MODEL

C. Perucca Orfei,  
A. B. Lovati,  
G. Lugano,  
M. Viganò,  
M. Bottagisio,  
D. D'Arrigo,  
V. Sansone,  
S. Setti,  
L. de Girolamo

From IRCCS Orthopedic  
Institute Galeazzi,  
Milan, Italy

#### Aims

In the context of tendon degenerative disorders, the need for innovative conservative treatments that can improve the intrinsic healing potential of tendon tissue is progressively increasing. In this study, the role of pulsed electromagnetic fields (PEMFs) in improving the tendon healing process was evaluated in a rat model of collagenase-induced Achilles tendinopathy.

#### Methods

A total of 68 Sprague Dawley rats received a single injection of type I collagenase in Achilles tendons to induce the tendinopathy and then were daily exposed to PEMFs (1.5 mT and 75 Hz) for up to 14 days - starting 1, 7, or 15 days after the injection - to identify the best treatment option with respect to the phase of the disease. Then, 7 and 14 days of PEMF exposure were compared to identify the most effective protocol.

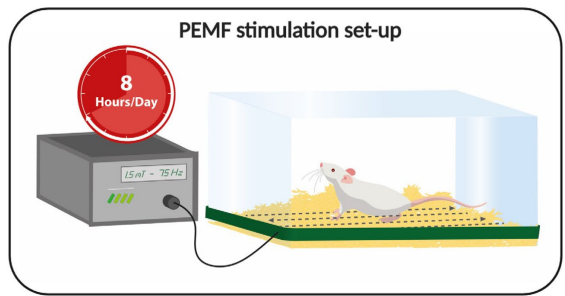
#### Results

The daily exposure to PEMFs generally provided an improvement in the fibre organization, a decrease in cell density, vascularity, and fat deposition, and a restoration of the physiological cell morphology compared to untreated tendons. These improvements were more evident when the tendons were exposed to PEMFs during the mid-acute phase of the pathology (7 days after induction) rather than during the early (1 day after induction) or the late acute phase (15 days after induction). Moreover, the exposure to PEMFs for 14 days during the mid-acute phase was more effective than for 7 days.

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF e studi in vivo

**RAT MODEL**

PEMF (1,5 mT; 75Hz) → 7giorni  
 8h/die → 14 giorni



**Table I.** Animal grouping and respective treatments.

Group name		Start of PEMF treatment (days after collagenase injection)	PEMF duration, days	Timepoints (sample size)
+PEMF	EAP	Day 1	14	Day 15 (4)
	MAP 7	Day 7	7	Day 21 (6) Day 30 (6) Day 45 (6)
	MAP 14	Day 7	14	Day 21 (6) Day 30 (6) Day 45 (6)
	LAP	Day 15	14	Day 30 (6)
-PEMF		N/A	N/A	Day 15 (4) Day 21 (6) Day 30 (6) Day 45 (6)

EAP, early acute phase; MAP, mid-acute phase; LAP, late acute phase; PEMF, pulsed electromagnetic field; N/A, not applicable.

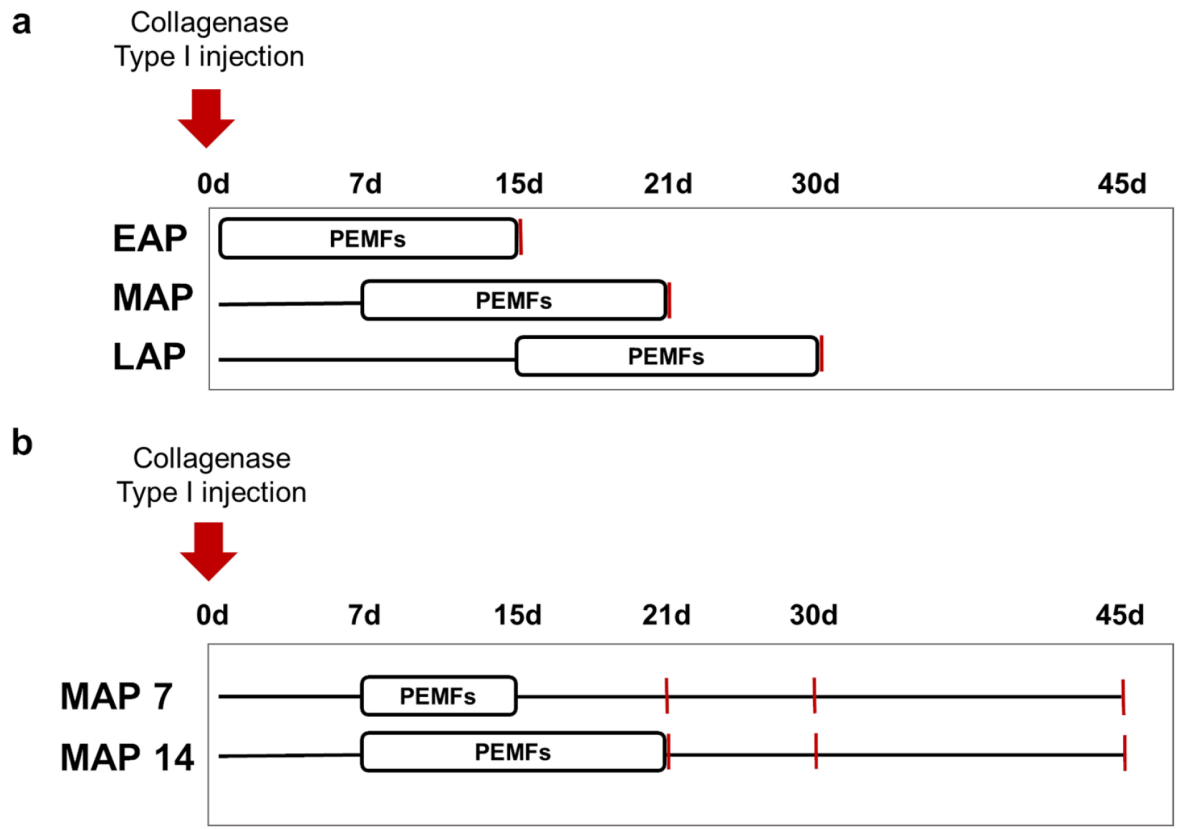


Fig. 1

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF e studi in vivo

Mid-acute phase group - MAP

## RISULTATI:

L'esposizione giornaliera ai PEMF ha determinato:

- Diminuzione della densità cellulare
- Miglioramento nell'organizzazione delle fibre, della vascolarizzazione e della deposizione di grasso
- Ripristino della fisiologica morfologia cellulare

**I risultati sono stati maggiormente evidenti nel gruppo di inizio del trattamento PEMF a 7 giorni dall'iniezione di collagenasi I, con una terapia della durata di 14 giorni**

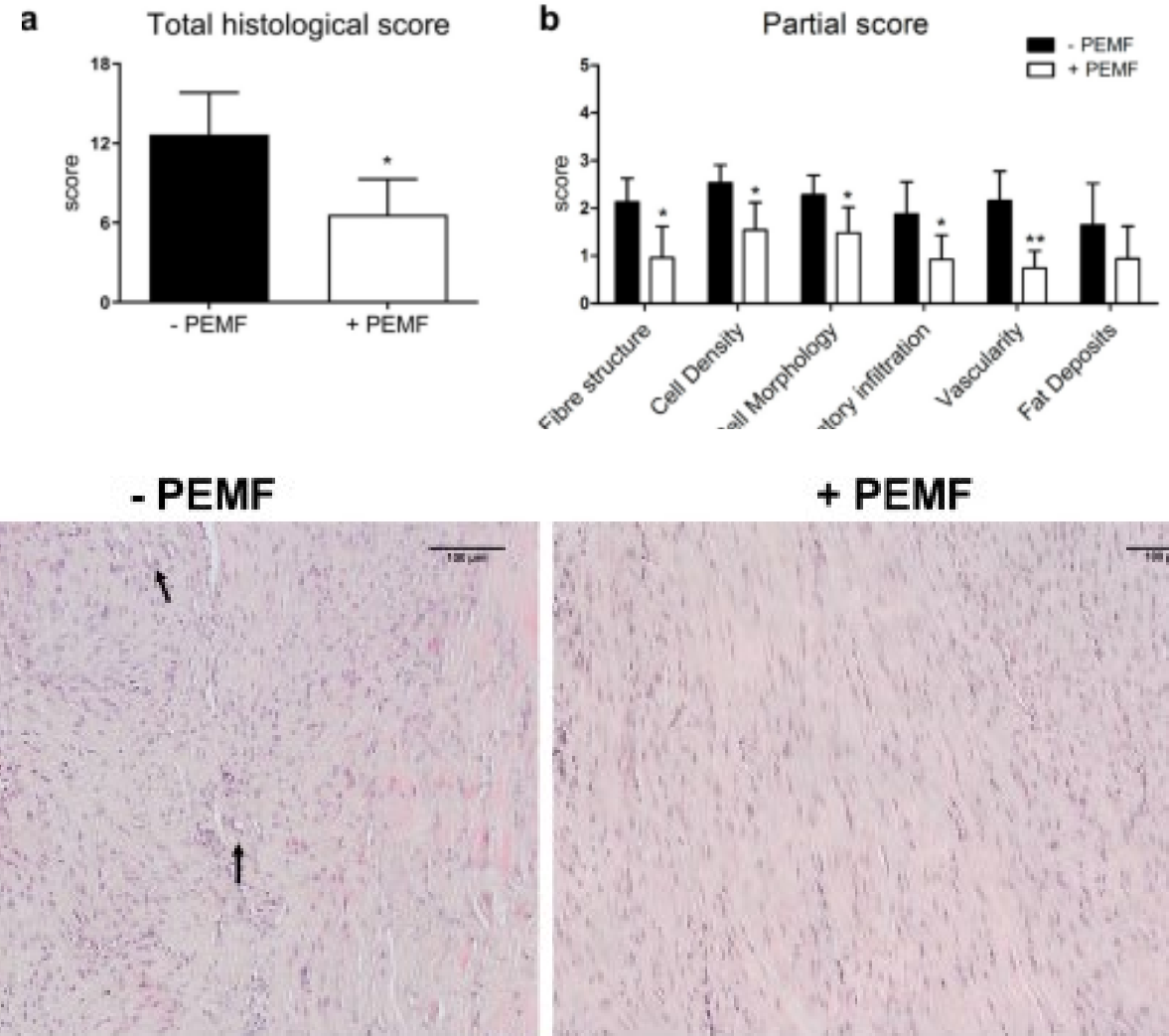


Fig. 4

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF

RESEARCH ARTICLE

## A<sub>2A</sub> adenosine receptors are involved in the reparative response of tendon cells to pulsed electromagnetic fields

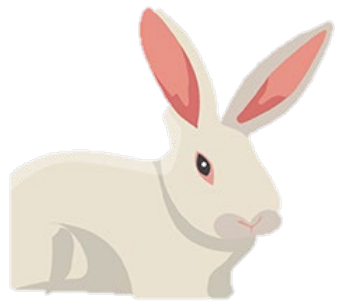
Alessandra Colombini<sup>1\*</sup>, Carlotta Perucca Orfei<sup>1</sup>, Fabrizio Vincenzi<sup>2</sup>, Paola De Luca<sup>1</sup>, Enrico Ragni<sup>1</sup>, Marco Viganò<sup>1</sup>, Stefania Setti<sup>3</sup>, Katia Varani<sup>2</sup>, Laura de Girolamo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orthopaedic Biotechnology Lab, IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Milan, Italy, <sup>2</sup> Department of Morphology, Surgery and Experimental Medicine, University of Ferrara, Ferrara, Italy, <sup>3</sup> IGEA SpA, Carpi, Modena, Italy

Come nella cartilagine, anche sui tenociti il campo elettromagnetico modula il legame tra il recettore e adenosina a<sub>2A</sub> attivando un effetto antiinfiammatorio (effetto adenosin-agonista A<sub>2A</sub>)

Table 2. Summary of parameters evaluated in TCs after PEMF treatment for 48 hours in basal or inflamed (+ IL1 $\beta$ ) conditions.

	PEMF	
	Basal	+ IL1 $\beta$
A <sub>2A</sub> AR density/affinity	+ (n.s.)	+ (n.s.)
ADORA2A	- (n.s.)	-
SCX	+	=
COL1A1	=	=
COL3A1	=	=
IL-33	+	+
IL-6	=	-
IL-8	=	=
VEGF	=	=
PGE <sub>2</sub>	=	-
TGF- $\beta$ 1	=	=
IL-1Ra	n.d.	n.d.
IL-10	n.d.	n.d.



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF vs ESWT

FULL TEXT LINKS



Bioelectromagnetics. 2021 Feb;42(2):128-145. doi: 10.1002/bem.22314. Epub 2020 Dec 25.

## Comparison of the Effects of Pulsed Electromagnetic Field and Extracorporeal Shockwave Therapy in a Rabbit Model of Experimentally Induced Achilles Tendon Injury

Coşar Uzun <sup>1</sup>, Nurten Erdal <sup>1</sup>, Serkan Gürgül <sup>2</sup>, Deniz Kalaycı <sup>3</sup>, Şakir Necat Yılmaz <sup>4</sup>, Asena Ayça Özdemir <sup>5</sup>, Derya Yetkin <sup>4</sup>, Cengiz Yılmaz <sup>6</sup>

Affiliations

PMID: 33368423 DOI: 10.1002/bem.22314

50 CONIGLI

STUDI  
BIOMECCANICA

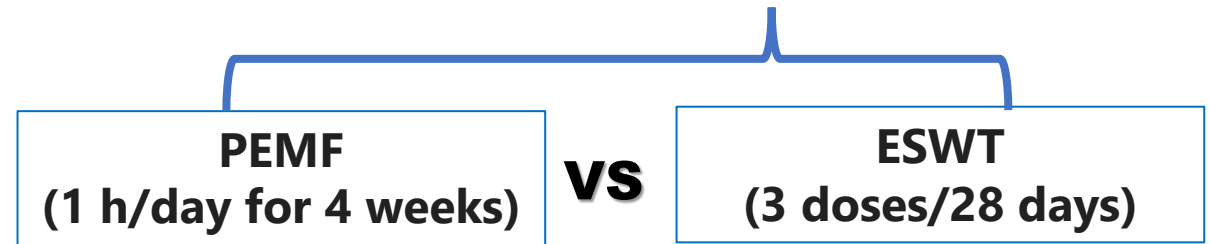
**GRUPPO A**

- C (Control)
- SH (Sham),
- TI (lesione del tendine)
- TI + ESWT
- TI + PEMF

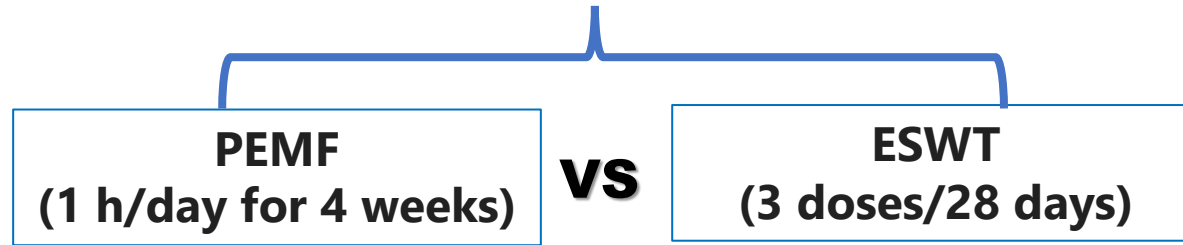
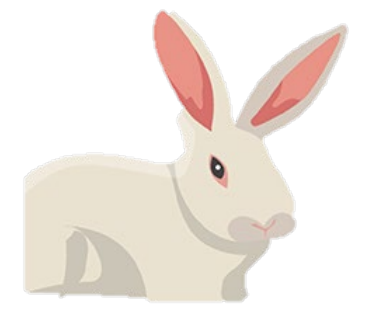
STUDI  
DI IMMUNOISTOCHEMICA

**GRUPPO B**

- C (Control)
- SH (Sham),
- TI (lesione del tendine)
- TI + ESWT
- TI + PEMF



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF vs ESWT



STUDI  
BIOMECCANICA

## GRUPPO A

Le valutazioni biomeccaniche

- **carico massimo**
- **tenacità**
- **le medie delle sollecitazioni massime**

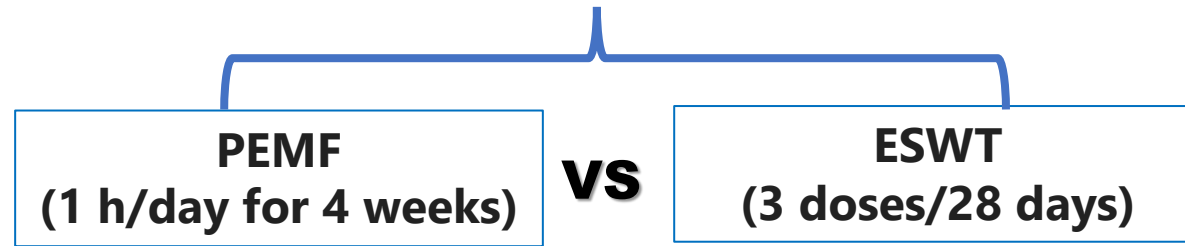
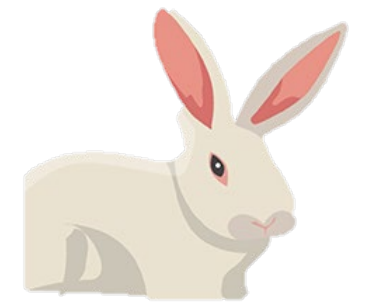
del gruppo TI + PEMF sono aumentate significativamente ( $P < 0,05$ )

STUDI  
DI IMMUNOISTOCHEMICA

## GRUPPO B

- **Inferiore quantità di tessuto fibroso**
- **Recupero morfologia delle fibre di collagene**
- **Più uniforme organizzazione del collagene**

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: PEMF vs ESWT



STUDI  
BIOMECCANICA

STUDI  
DI IMMUNOISTOCHEMICA

**BIOMECCANICA: PEMF > ESWT**

**ISTOCHEMICA: ESWT=PEMF**

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: effetti in vivo sui TESSUTI MOLLI (PEMF)

44 pazienti (media 66 anni)

Ulcere venose degli arti inferiori.

Doppio cieco: 22 nell'attivo, 22 nel placebo.

Stimolazione: 90 giorni.



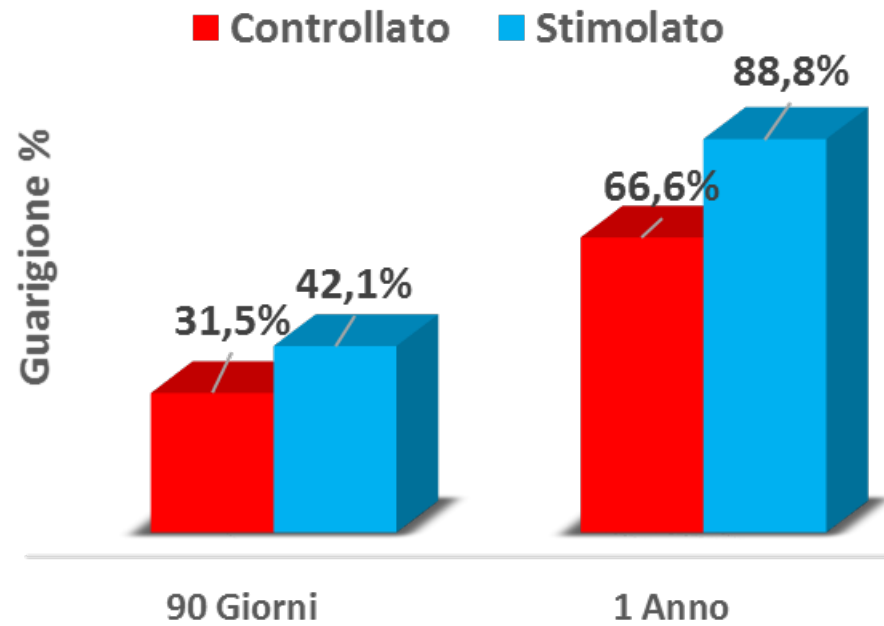
Inizio



2 mesi di stimolazione



4 mesi di stimolazione





# STIMOLAZIONE BIOFISICA: effetti in vivo sui TESSUTI MOLLI

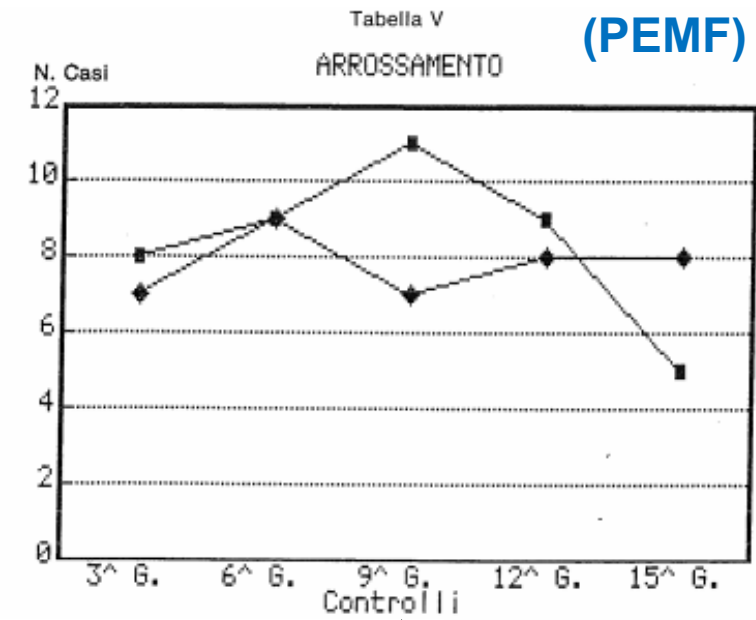
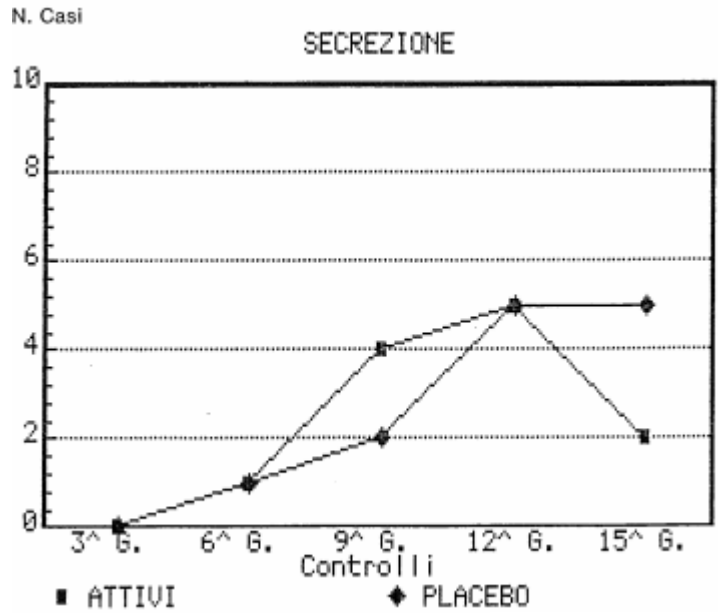
(PEMF)

40 pazienti (media 70 anni) : 20 protesi totale d'anca, 20 endoprotesi

Ferite chirurgiche dell'anca controllate in 3, 6, 9, 12 e 15 giornata

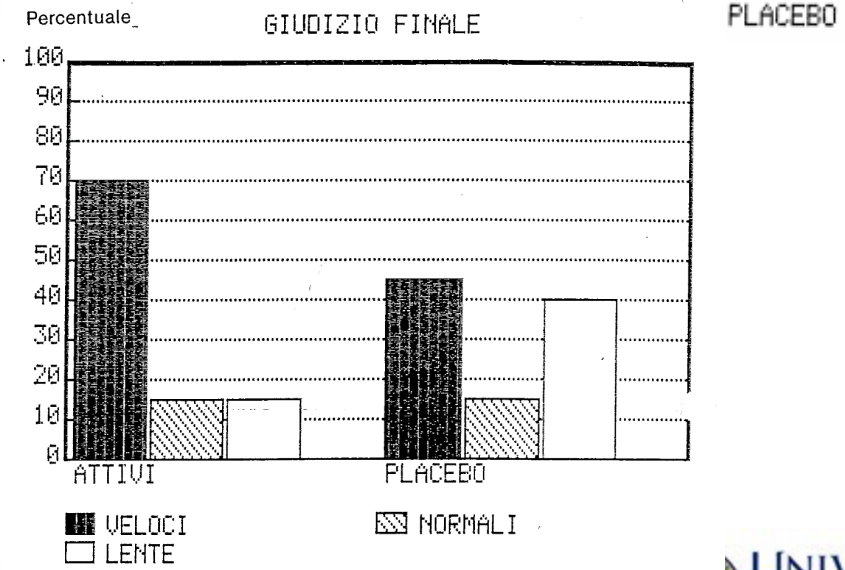
Doppio cieco: 20 nell'attivo, 20 nel placebo.

Stimolazione: da 4 ore per 15 giorni



## RISULTATI:

- Miglioramento nell'arrossamento
- Miglioramento nelle secrezioni del gruppo trattato



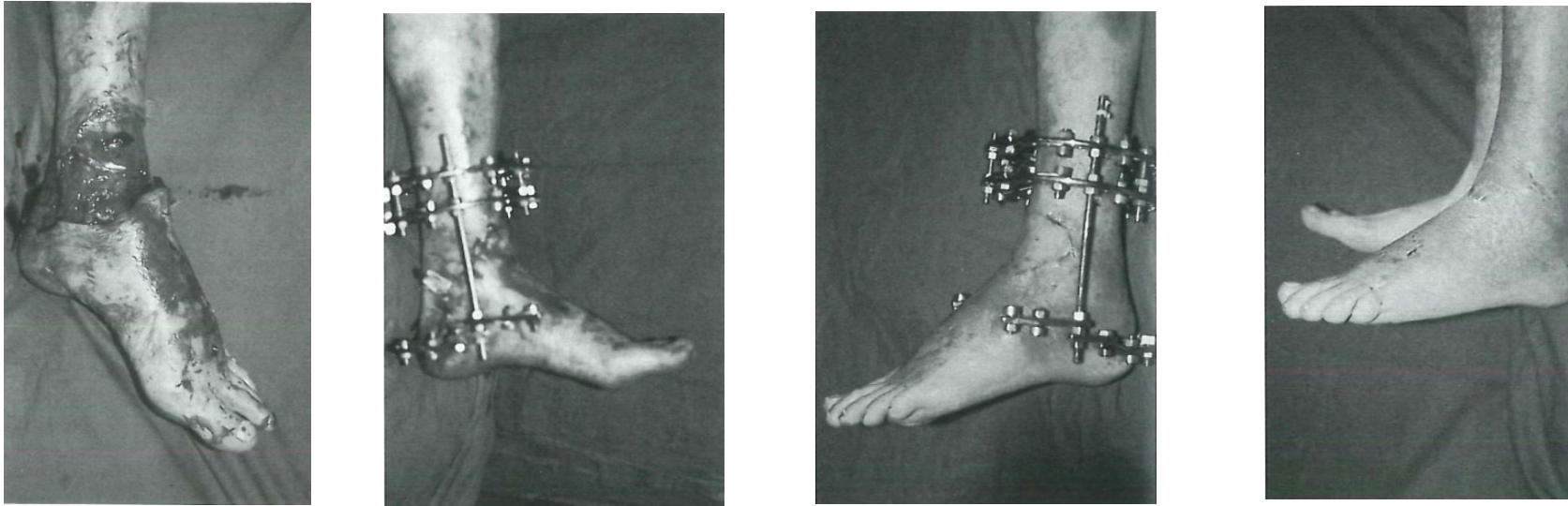
# STIMOLAZIONE BIOFISICA: effetti in vivo sui TESSUTI MOLLI

(PEMF)

**142 pazienti (6-87 anni); 28 fratture esposte, 44 lesioni traumatiche di sole parti molli, 33 lesioni traumatiche mano, 9 pseudoartrosi, 16 deficit vascolari, 7 ferite da armi da fuoco.**

**Stimolazione: da 4-12 ore per 60-970 ore**

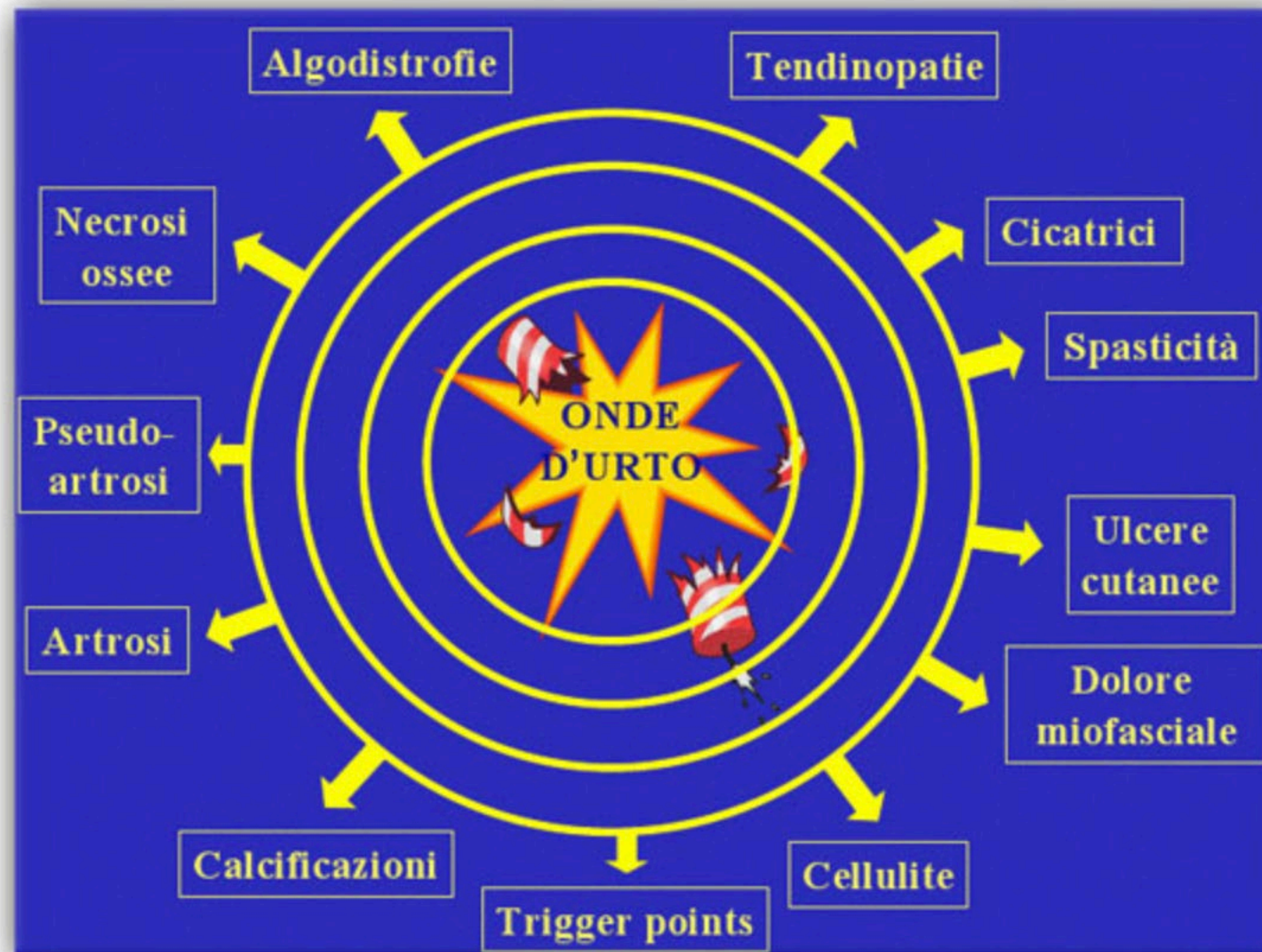
**L'azione della Stimolazione favorisce positivamente la stimolazione delle parti molli e l'attecchimento degli innesti cutanei**



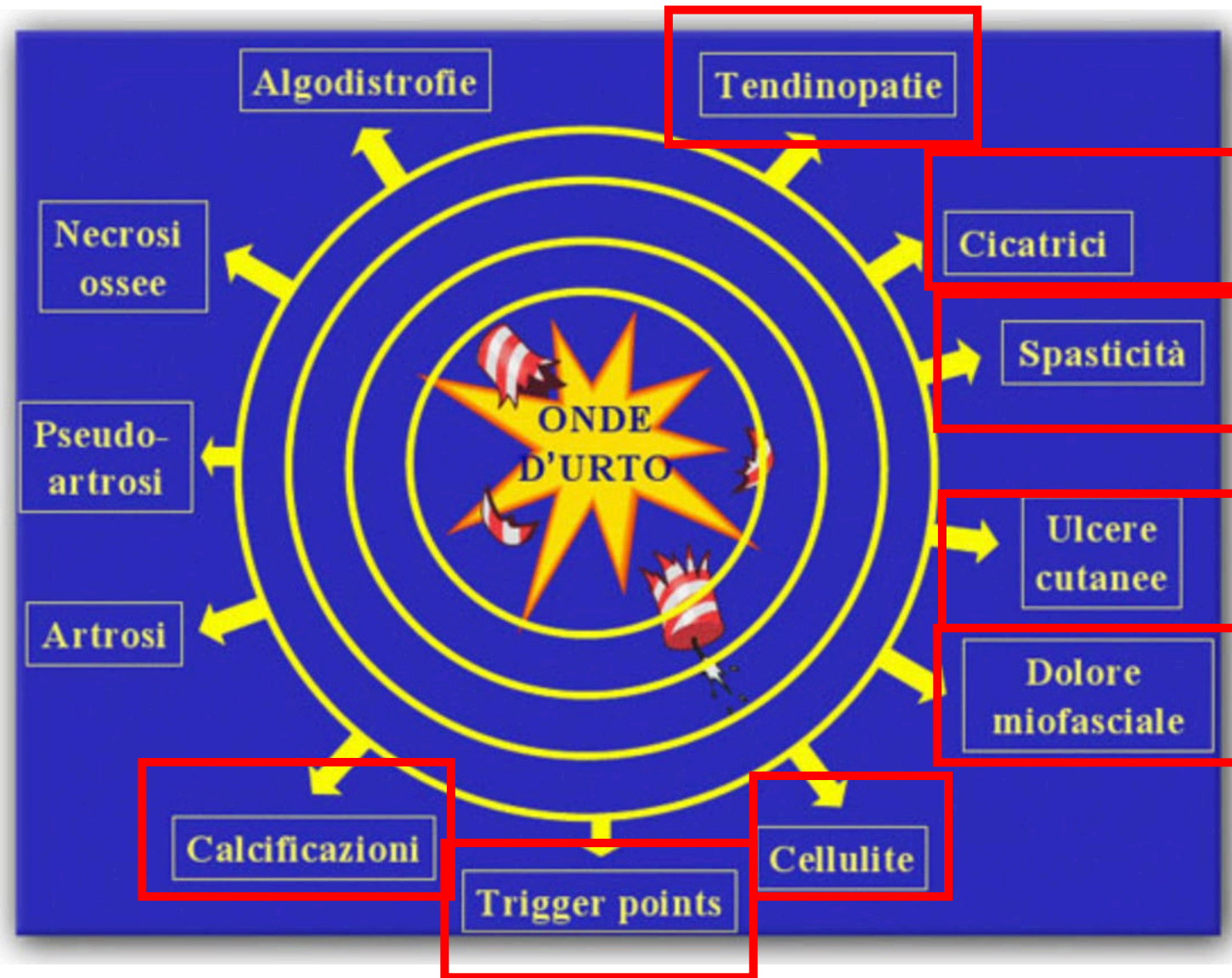
**Uomo di 38 anni, con sub-amputazione della tibio-tarsica. Toilette chirurgica delle ferite e Ilizarov.**

**La guarigione a circa 3 mesi di stimolazione per complessive 760 ore**

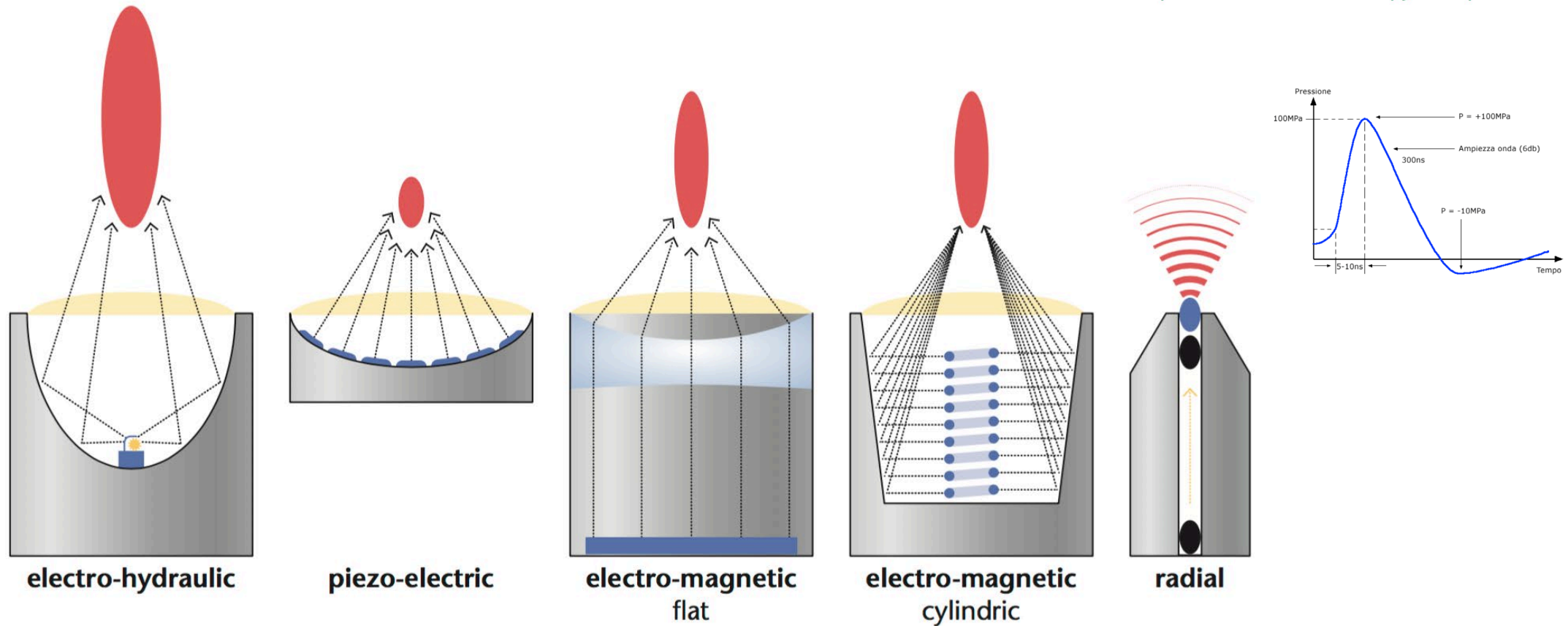
# ONDE D'URTO: indicazioni



# ONDE D'URTO: indicazioni

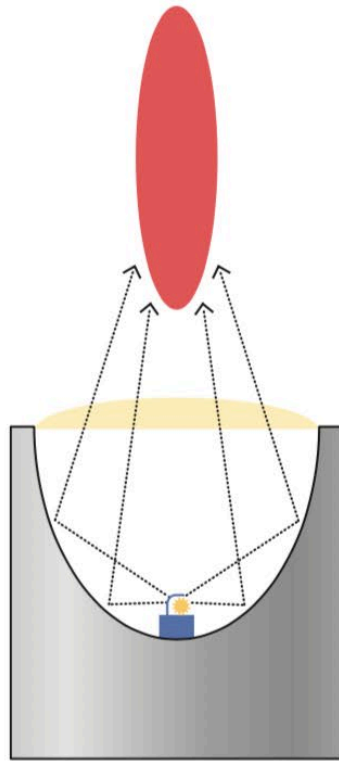


# ONDE D'URTO: tipologie

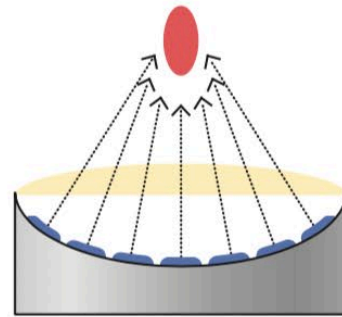


**Fig. 1** Different types of generating pressure waves and shock waves are produced by the diverse devices for ESWT. All these devices produce more or less focused pressure waves and shock waves except the radial devices, which produce pressure waves, which are not focused and have the highest energy in the area where the applicator delivers the mechanical energy into the body, superficially on the skin.

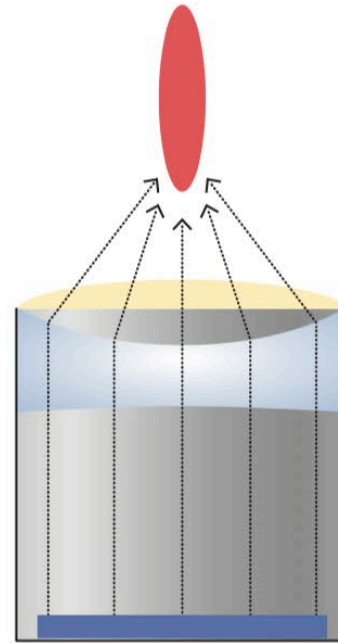
# ONDE D'URTO: tipologie



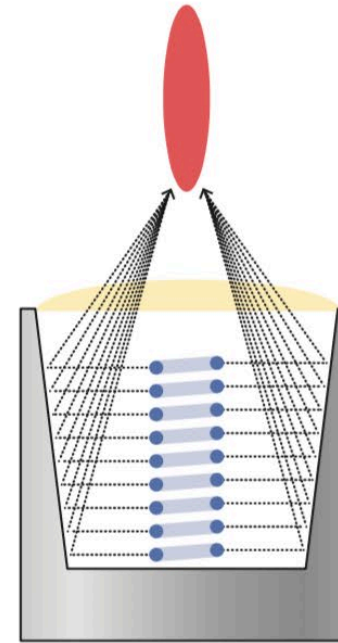
electro-hydraulic



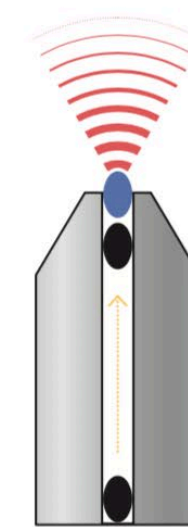
piezo-electric



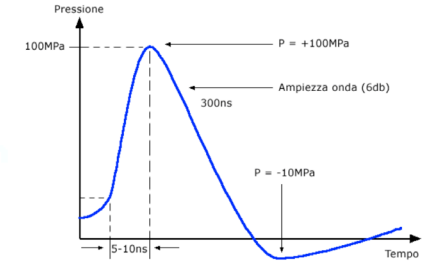
electro-magnetic  
flat



electro-magnetic  
cylindric



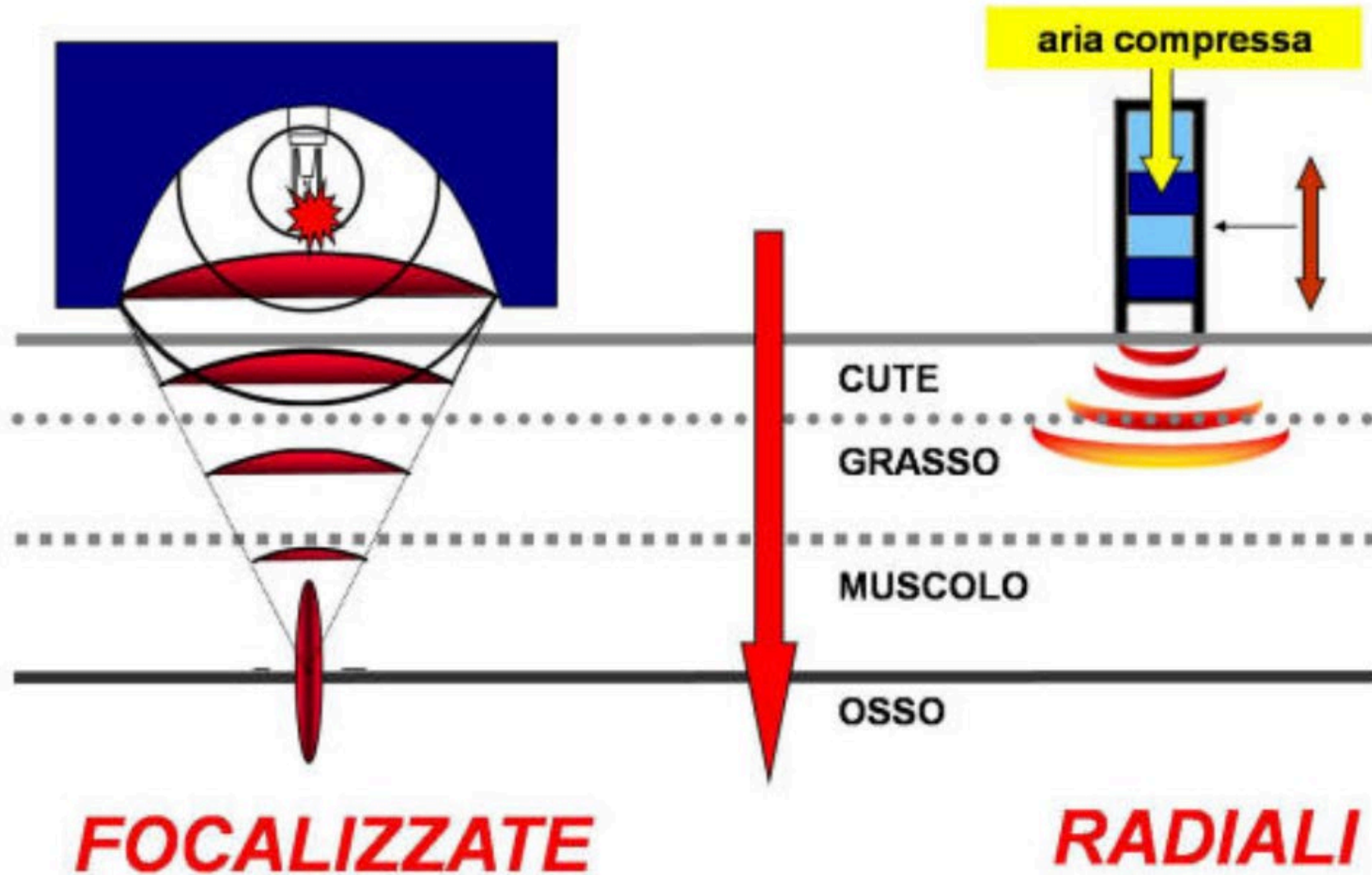
radial



**FOCALIZZATE**

**RADIALI O AD ARIA  
COMPRESSA**

# ONDE D'URTO: tipologie



**FOCALIZZATE**

**RADIALI**

# ONDE D'URTO: requisiti

## Requisiti del dispositivo: stato dell'arte

1. Sicurezza elettrica
2. Sicurezza biologica
3. Efficacia specifica per patologia

Instructional Lecture: Basic Science

EOR | VOLUME 5 | OCTOBER 2020  
DOI: 10.1302/2058-5241.5.190067  
[www.efortopenreviews.org](http://www.efortopenreviews.org)

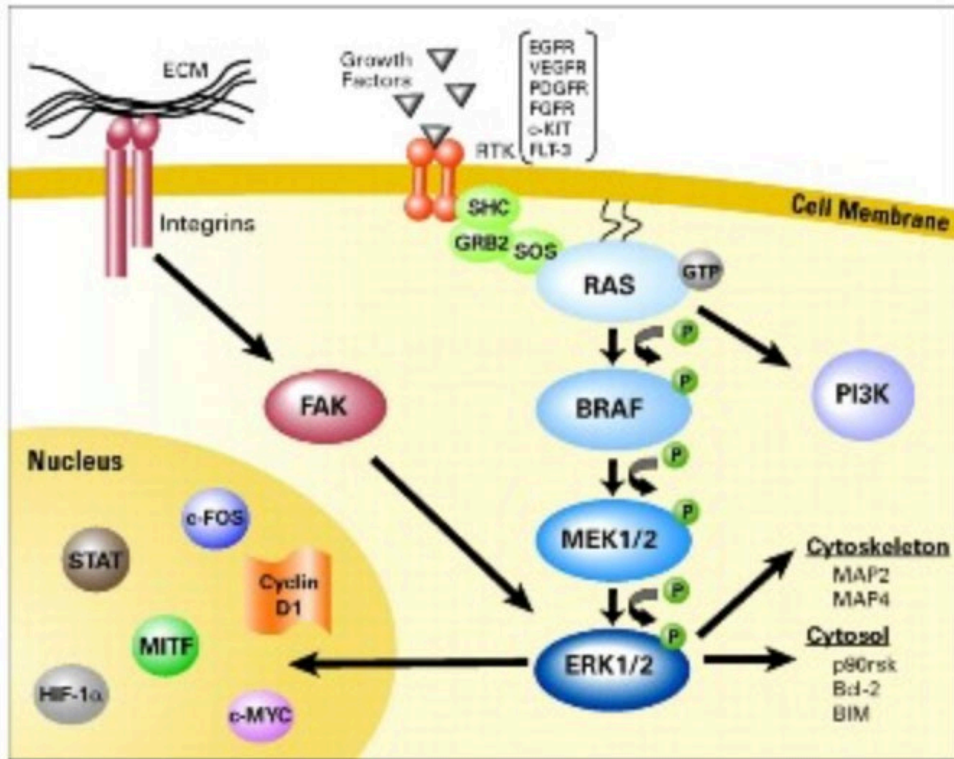


EFORT open reviews

Extracorporeal shock wave therapy: an update



# ONDE D'URTO: meccanismo d'azione



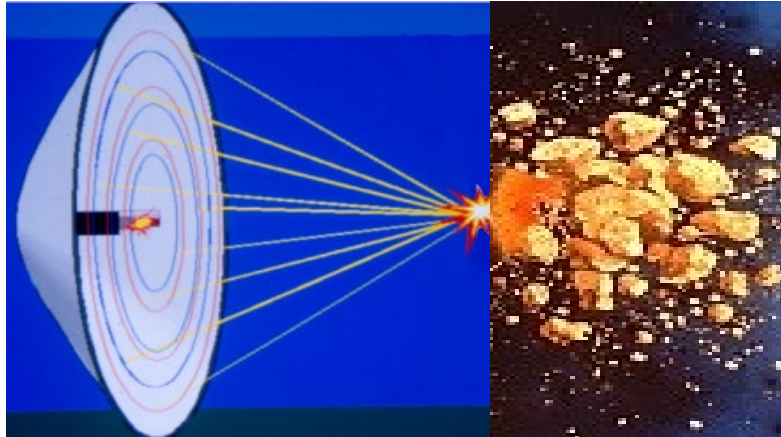
E' una **cascata innescata dalla meccano-trasduzione:**

- **l'energia meccanica provoca cambiamenti** nello scheletro cellulare
- Si ha una **reazione che agisce sul nucleo cellulare** (ad esempio il rilascio di mRNA) che influisce su diverse strutture cellulari come mitocondri, reticolo endoplasmatico, vescicole intracellulari, ecc.,
- **Attivazione della risposta enzimatica che porta al miglioramento del processo di guarigione**

**LE ONDE D'URTO SONO ONDE ACUSTICHE AD ALTA ENERGIA**

**GLI EFFETTI BIOLOGICI DELLE ONDE D'URTO SONO: L'EFFETTO ANTINFIAMMATORIO, ANTIDOLORIFICO, ANTIEDEMATIGENO, L'INCREMENTO DELLA VASCOLARIZZAZIONE LOCALE E DEI PROCESSI METABOLICI, QUINDI DI RIPARAZIONE TISSUTALE.**

# ONDE D'URTO: meccanismo d'azione (alte energie)



TESSUTO OSSEO



**EFFETTO  
OSTEOGENICO**

EFFETTO  
ANGIOGENICO

**MICROFRATTURE**

**ROTTURA DEI MACROCRISTALLI DI  
IDROSSIAPATITE**

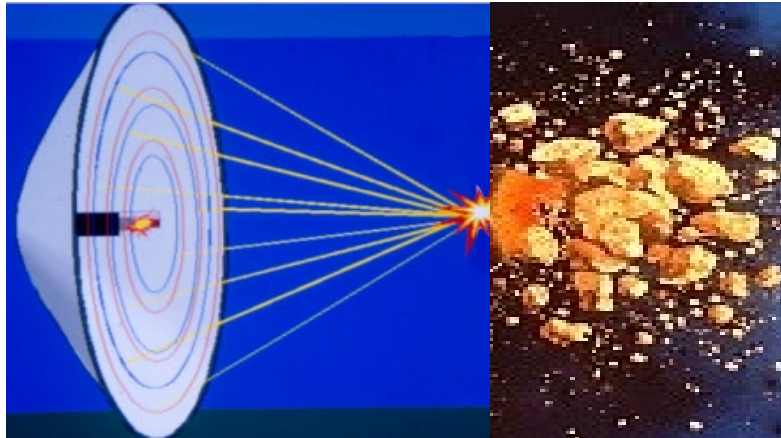
**ATTIVAZIONE DELLA B.M.D.**

**NEOSTEOGENESI**



Review  
Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) – First choice treatment of fracture non-unions?  
Wolfgang Schaden <sup>a,b</sup>, Rainer Mittermayr <sup>a,b,\*</sup>, Nicolas Haffner <sup>b</sup>, Daniel Smolen <sup>b</sup>, Ludger Gerdesmeyer <sup>c</sup>, Ching-Jen Wang <sup>d</sup>

# ONDE D'URTO: meccanismo d'azione (medio-basse energie)



TESSUTO OSSEO



EFFETTO  
OSTEOGENICO

**EFFETTO  
ANGIOGENICO**

## EFFETTO INDIRETTO BIOCHIMICO

- PERFORAZIONE DELLA MEMBRANA BASALE DEI VASI

- LIBERAZIONE DI MONOSSIDO DI AZOTO PER ATTIVAZIONE DELLA NO SINTASI



RILASCIO DELL'E.S.A.F.

**neoangiogenesi**



Review  
Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) – First choice treatment of fracture non-unions?

Wolfgang Schaden <sup>a,b</sup>, Rainer Mittermayr <sup>a,b,c</sup>, Nicolas Haffner <sup>b</sup>, Daniel Smolen <sup>b</sup>, Ludger Gerdesmeyer <sup>c</sup>, Ching-Jen Wang <sup>d</sup>

# ESWT: CONTROINDICAZIONI ED EFFETTI AVVERSI

## Contro-indicazioni

- pacemaker
- epilessia
- neoplasie
- infezioni
- gravidanza
- coagulopatie

## Effetti avversi:

- ematoma
- dolore (durante il trattamento)



# ESWT e TENDINOPATIE



# TENDINOSI CALCIFICA

JOURNAL OF BIOLOGICAL REGULATORS & HOMEOSTATIC AGENTS

Vol. 30, no. 4, 1195-1202 (2016)

LETTER TO THE EDITOR

**TENDONITIS OF THE ROTATOR CUFF TREATED WITH EXTRACORPOREAL  
SHOCK WAVE THERAPY: RADIOGRAPHIC MONITORING TO IDENTIFY  
PROGNOSTIC FACTORS FOR DISINTEGRATION**

A. NOTARNICOLA<sup>1,2</sup>, L. MORETTI<sup>2</sup>, G. MACCAGNANO<sup>2</sup>, S. TAFURI<sup>3</sup> and B. MORETTI<sup>1,2</sup>

## NOSTRA ESPERIENZA DI 1 ANNO DI TRATTAMENTO

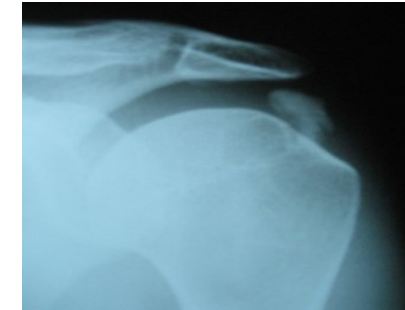
**Casistica: 174 spalle**

**FU (medio a 3 mesi):**

- Completa risoluzione calcificazione: 36.8%**
- Riduzione calcificazione: 21.8%**

**Il riassorbimento della calcificazione si è verificato con maggiore probabilità:**

- **quando le calcificazioni erano di maggiori dimensioni (class di Bosworth,  $p=0.004$ ),**
- **di tipo A (sec class di Molè,  $p=0.043$ )**
- **nei pazienti più anziani ( $p=0.011$ )**



# ESWT e TENDINOPATIE →

*J Orthop Sports Phys Ther.* 2016 Sep;46(9):714-25. doi: 10.2519/jospt.2016.4629. Epub 2016 Jul 31.

## Is Extracorporeal Shockwave Therapy Combined With Isokinetic Exercise More Effective Than Extracorporeal Shockwave Therapy Alone for Subacromial Impingement Syndrome? A Randomized Clinical Trial.

[Santamato A](#), [Panza F](#), [Notarnicola A](#), [Cassatella G](#), [Fortunato F](#), [de Sanctis JL](#), [Valeno G](#), [Kehoe PG](#), [Seripa D](#), [Logroscino G](#), [Fiore P](#), [Ranieri M](#).

STUDY PROTOCOL

Open Access



Is radial Extracorporeal Shock Wave Therapy (rEWST) combined with supervised exercises (SE) more effective than sham rESWT and SE in patients with subacromial shoulder pain? Study protocol for a double-blind randomised, sham-controlled trial

Elisabeth Kvalvaag\*, Jens Ivar Brox, Kaia Beck Engebretsen, Helene Lundgaard Søberg, Erik Bautz-Holter and Cecilie Røe

- **OUTCOME PRIMARIO: RISOLUZIONE DEL DOLORE**
- **OUTCOME SECONDARIO: RIPRESA ATTIVITA' LAVORATIVA**

# SINDROME DA CONFLITTO

- **Disegno dello studio:** trial prospettico randomizzato con controllo (SW vs SW + esercizi isocinetici) in cieco, FU fino a 54 settimane
- **Risultati:** il trattamento combinato di SW e esercizi ha permesso di ottenere un miglioramento significativo del dolore, il recupero funzionale e della forza muscolare



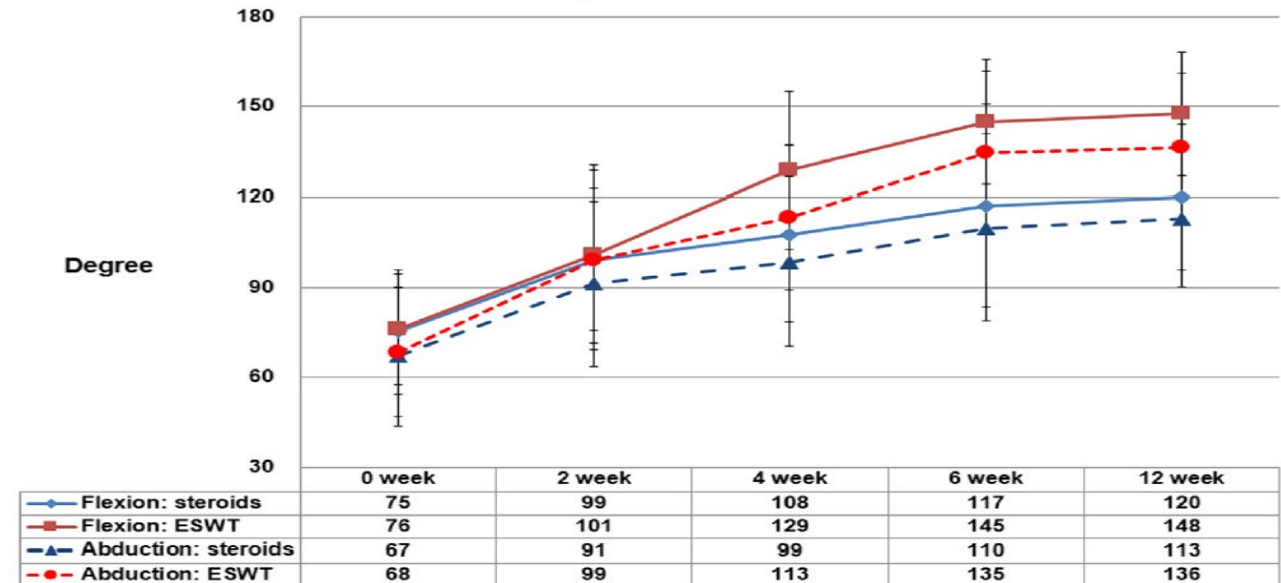
## Extracorporeal shockwave therapy improves short-term functional outcomes of shoulder adhesive capsulitis 2014



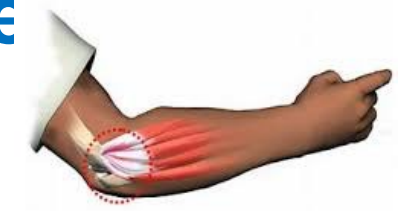
Chih-Yu Chen, MD<sup>a,b</sup>, Chia-Chian Hu, BS<sup>b</sup>, Pei-Wei Weng, MD<sup>b</sup>, Yu-Ming Huang, MD<sup>b</sup>, Chang-Jung Chiang, MD, PhD<sup>b</sup>, Chia-Hsien Chen, MD<sup>b</sup>, Yang-Hwei Tsuang, MD, PhD<sup>b</sup>, Rong-Sen Yang, MD, PhD<sup>c</sup>, Jui-Sheng Sun, MD, PhD<sup>c,d,\*</sup>, Cheng-Kung Cheng, PhD<sup>a,\*\*</sup>

- **Disegno dello studio:** 40 pazienti, in trial prospettico randomizzato con controllo (**cortisone per OS vs SW**) in cieco, FU a 12 settimane
- **Razionale:** trattamento di infiammazione sinoviale e fibrosi capsulare ( ipotesi anche in trattamento di M. di Dupuytren)
- **Risultati:** miglioramento clinico in entrambi i gruppi. Il gruppo SW ha presentato un miglior recupero funzionale dalla 4<sup>o</sup> settimana

Angle of flexion



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: E-RSWT su epicondilitite



## Radial shock wave therapy for lateral epicondylitis: a prospective randomised controlled single-blind study

G. SPACCA <sup>1</sup>, S. NECOZIONE <sup>2</sup>, A. CACCHIO <sup>1</sup>

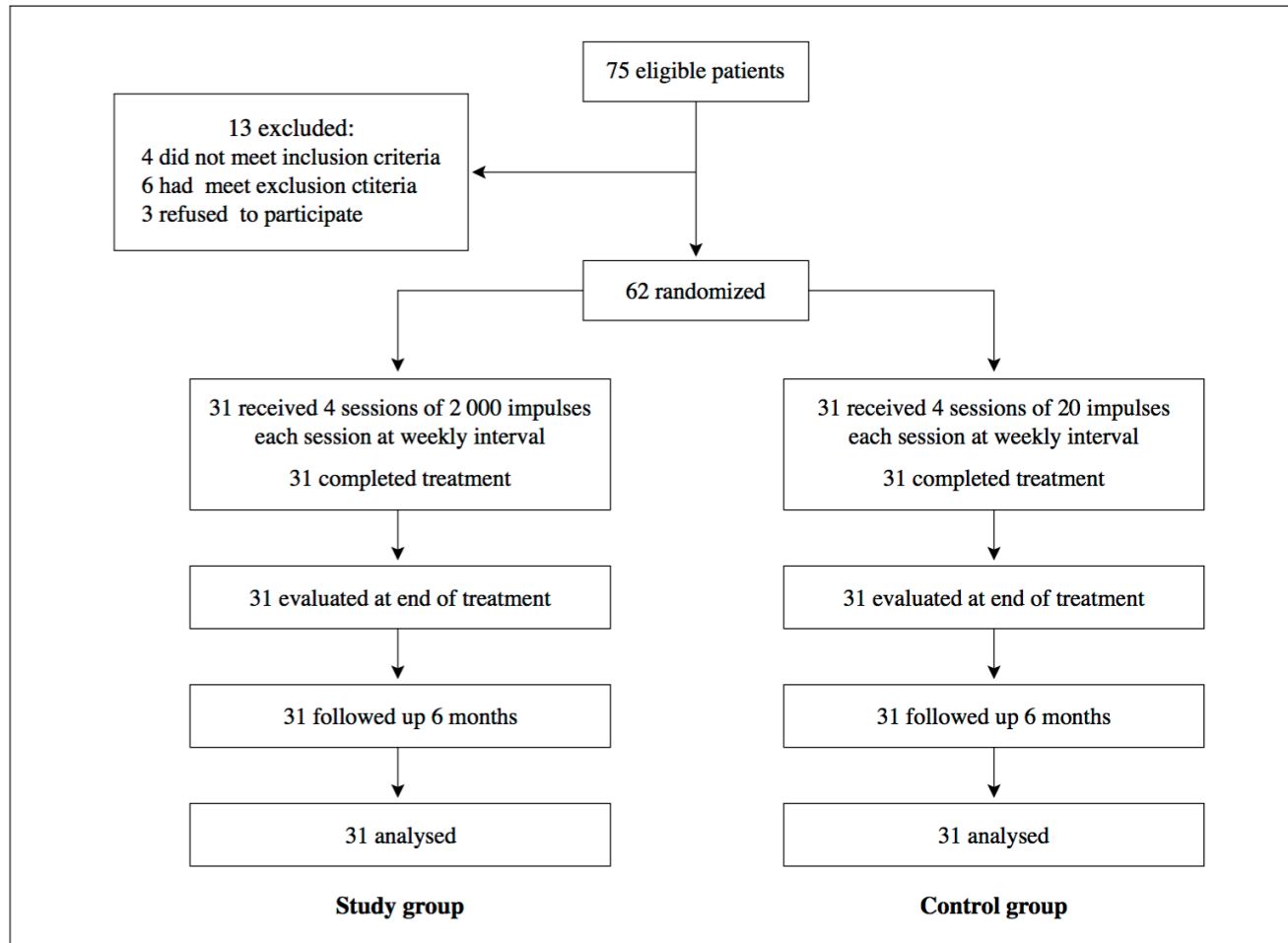


TABLE II.—Pain Scores (VAS 0-10 cm) before and after treatment, and at 6 months follow-up in the Study and Control Groups.

Score	Study Group Median (5 <sup>th</sup> -95 <sup>th</sup> )	Control Group Median (5 <sup>th</sup> -95 <sup>th</sup> )	P value
<i>Pain at rest</i>			
Before treatment	4.5 (2-7)	4.5 (2-8)	0.635*
After treatment	0.5 (0-1.5)	5 (2-8.5)	<0.001*
P value	<0.001**	<0.001**	
Follow-up	0.5 (0-2)	6.5 (3-9)	<0.001*
P value	<0.001***	<0.001***	
<i>Pain provoked by palpation</i>			
Before treatment	8 (4.5-9.5)	7 (4.5-9)	0.647*
After treatment	0.5 (0-3)	8.5 (5.5-9.5)	<0.001*
P value	<0.001**	<0.001**	
Follow-up	1 (0-3)	8 (5-9)	<0.001*
P value	<0.001***	<0.001***	
<i>Pain at Thomsen Test</i>			
Before treatment	5.0 (2-8.5)	4.5 (2-8)	0.413*
After treatment	0.5 (0-2.5)	5.0 (2.5-8)	<0.001*
P value	<0.001**	<0.001**	
Follow-up	1.0 (0-3)	6.5 (2.5-9)	<0.001*
P value	<0.001***	<0.001***	



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT su epicondilite



- a) **RSWT riduce efficacemente il dolore e aumenta la forza di presa e la funzione del gomito, senza effetti negativi correlati al dispositivo. Inoltre, i risultati osservati dopo il trattamento si sono mantenuti nei successivi 6 mesi**
- b) **I risultati del presente studio randomizzato controllato sono comparabili con quelli dei precedenti studi ESWT e RSWT**
- c) **l'effetto cumulativo tempo-dipendente, mostrato per l'ESWT, indipendentemente dal sistema di generazione delle onde d'urto, è presente anche nell'RSWT**
- d) **Gli RSWT, come mostrato per gli ESWT a bassa EFD, hanno il vantaggio che può essere fatto senza anestesia, riducendo i rischi di effetti avversi locali o sistemici**
- e) RSWT è una **nuova modalità terapeutica** sicura ed efficace nel trattamento dei pazienti con gomito del tennista

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT in vitro e su uomo

## BMC Musculoskeletal Disorders



Research article

Open Access

### The management of neuropathic ulcers of the foot in diabetes by shock wave therapy

Biagio Moretti<sup>1,3,5</sup>, Angela Notarnicola\*<sup>1</sup>, Giulio Maggio<sup>2</sup>, Lorenzo Moretti<sup>1</sup>, Michele Pascone<sup>2</sup>, Silvio Tafuri<sup>4</sup> and Vittorio Patella<sup>1</sup>

Address: <sup>1</sup>Department of Clinical Methodology and Surgical Techniques, Orthopedics Section, Faculty of Medicine and Surgery Bari, General Hospital, Piazza Giulio Cesare 11, 70124 Bari, Italy, <sup>2</sup>Plastic Surgery Unit, Faculty of Medicine and Surgery of Un General Hospital, Piazza Giulio Cesare 11, 70124 Bari, Italy, <sup>3</sup>President of Course of Motor and Sports Sciences, Faculty of Med of University of Bari, General Hospital, Piazza Giulio Cesare 11, 70124 Bari, Italy, <sup>4</sup>Hygiene Section, Department of Biomedica Human Oncology, Faculty of Medicine and Surgery of University of Bari, General Hospital, Piazza Giulio Cesare 11, 70124 Bari, Italian Society of Shock Waves Therapy, Naples, Italy

Email: Biagio Moretti - b.moretti@ortop2.uniba.it; Angela Notarnicola\* - angelanotarnicola@yahoo.it; Giulio Maggio - giulior Lorenzo Moretti - lorenzo.moretti@libero.it; Michele Pascone - m.pascone@dacti.uniba.it; Silvio Tafuri - silvio.tafuri@yahoo.it; Vittorio Patella - v.patella@ortop2.uniba.it

\* Corresponding author



### Abstract

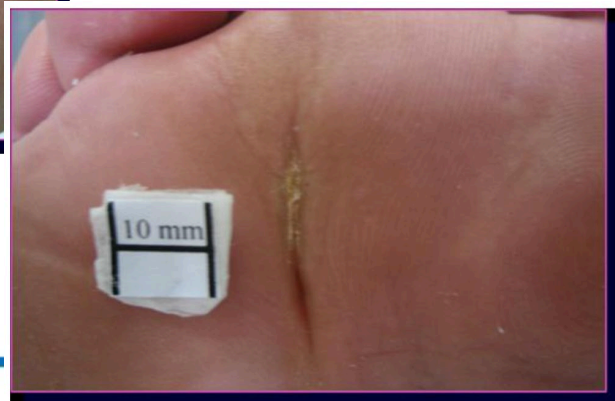
**Background:** Diabetes is becoming one of the most common chronic diseases, and ulcers are its most serious complication. Beginning with neuropathy, the subsequent foot wounds frequently lead to lower extremity amputation, even in the absence of critical limb ischemia. In recent years, some researchers have studied external shock wave therapy (ESWT) as a new approach to soft tissue wound healing. The rationale of this study was to evaluate if ESWT is effective in the management of neuropathic diabetic foot ulcers.

**Methods:** We designed a randomized, prospective, controlled study in which we recruited 30 patients affected by neuropathic diabetic foot ulcers and then divided them into two groups based on different management strategies. One group was treated with standard care and shock wave therapy. The other group was treated with only standard care. The healing of the ulcers was evaluated over 20 weeks by the rate of re-epithelization.

**Results:** After 20 weeks of treatment, 53.33% of the ESWT-treated patients had complete wound closure compared with 33.33% of the control patients, and the healing times were 60.8 and 82.2 days, respectively ( $p < 0.001$ ). Significant differences in the index of the re-epithelization were observed between the two groups, with values of 2.97 mm<sup>2</sup>/die in the ESWT-group and 1.30 mm<sup>2</sup>/die in the control group ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Therefore, ESWT may be a useful adjunct in the management of diabetic foot ulceration.

**Trial registration:** Current Controlled Trials ISRCTN21800909



# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT in PILLAR PAIN



## EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE THERAPY IN PILLAR PAIN AFTER CARPAL TUNNEL RELEASE: A PRELIMINARY STUDY

PIETRO ROMEO,\* M. CRISTINA D'AGOSTINO,<sup>†</sup> A. LAZZERINI,<sup>‡</sup> and VALERIO C. SANSONE\*

\*Orthopaedic Department of the Università degli Studi di Milano, Istituto Ortopedico Galeazzi, Milano, Italy; <sup>†</sup>Extracorporeal Shock Wave Unit, Istituto Clinico Humanitas, Rozzano, Italy; and <sup>‡</sup>Hand Surgery Unit, Istituto Clinico Humanitas, Rozzano, Italy

(Received 13 December 2010; revised 29 June 2011; in final form 5 July 2011)

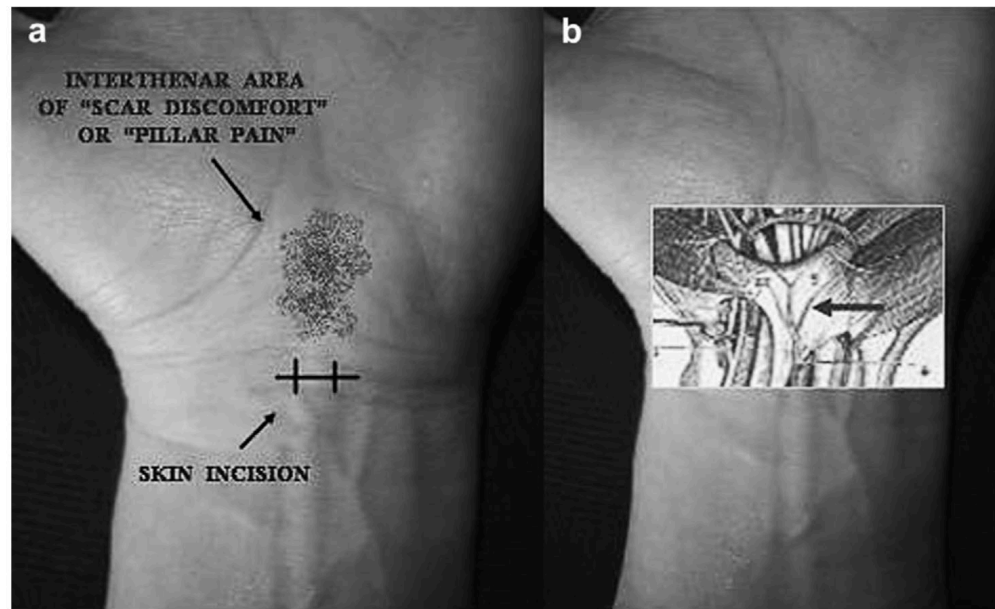


Fig. 1. (a) Patients report pain and swelling especially in the interthenar area. (b) Small unmyelinated fibers of the transverse carpal ligament.

- Il "Pillar pain" è una **complicanza relativamente frequente** dopo liberazione del nervo mediano al polso
- La sua **eziologia rimane ancora sconosciuta** sebbene **diversi studi evidenzino un'inflammatione neurogena** come possibile causa e **tessuto di granulazione al lig. trasverso**
- Il **trattamento include riposo, tutori e fkt**; un numero significativo di pazienti continua a lamentare **dolore sino a due-tre anni dopo l'intervento chirurgico**

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT in PILLAR PAIN



Studio prospettico non controllato  
40 pazienti (37 F, 3 U) operati da stesso chirurgo

## CRITERI DI INCLUSIONE

- **Dolore persistente > 3 mesi**
- VAS > 5
- Edema locale

**La diagnosi di PP** è stata posta sulla base dei risultati di **tre test clinici** eseguiti da un unico valutatore per tutti i pazienti:

- **presa della mano** (Yung et al. 2005)
- applicazione di **pressione diretta sulle regioni tenar e ipotenar** ( Wilson 1994)
- **“Table test”** dove il paziente appoggia le mani sul bordo di un tavolo, appoggiando il peso sulle mani (Boya et al. 2008)

Table 1. Interval scores for pain, skin redness and edema

Measurement	T0 (pre treatment)	T1 (40 d post treatment)	T2 (120 d post treatment)
VAS (pain)	6.18 ± 1.02 (Min. 4–Max. 8)	2.52 ± 1.07 (0–4.5)	0.44 ± 0.63 (0–2)
Skin redness	1.45 ± 0.75 (Min. 0–Max. 3)	0.75 ± 0.49 (0–2)	0.18 ± 0.3 (0–1)
Edema	1.38 ± 0.59 (Min. 0–Max. 2)	0.58 ± 0.5 (0–1)	0

The values are given as the mean and standard deviation with the range in parentheses.

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT in PILLAR PAIN



Studio prospettico non controllato  
40 pazienti (37 F, 3 U) operati da stesso chirurgo

## CRITERI DI INCLUSIONE

- **Dolore persistente > 3 mesi**
- VAS > 5
- Edema locale

La **diagnosi di PP** è stata posta sulla base dei risultati di **tre test clinici** eseguiti da un unico valutatore per tutti i pazienti:

- **presa della mano** (Yung et al. 2005)
- applicazione di **pressione diretta sulle regioni tenar e ipotenar** ( Wilson 1994)
- **“Table test”** dove il paziente appoggia le mani sul bordo di

- **I risultati sembrano confermare il ruolo dell'infiammazione neurogena nella PP** conseguente al release del tunnel carpale aperto
- Anche se la PP si risolve spontaneamente, in molti casi ciò può verificarsi solo dopo anni anziché mesi
- **L'ESWT si è dimostrato uno strumento valido, sicuro e non invasivo** che ha ridotto significativamente i tempi di recupero dai sintomi
- **Sono necessari ulteriori studi di supporto**

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT in SPORT

Review > Curr Sports Med Rep. 2021 Jun 1;20(6):298-305.

doi: 10.1249/JSR.0000000000000851.

## Extracorporeal Shockwave Therapy in the Management of Sports Medicine Injuries

Allison N Schroeder<sup>1</sup>, Adam S Tenforde

### Abstract

Affiliations + expand

PMID: 34099607 DOI: [10.1249/JSR](https://doi.org/10.1249/JSR)

Treatment of musculoskeletal conditions in athletes with extracorporeal shockwave therapy (ESWT) is gaining popularity as greater evidence supports its use. ESWT protocols (describing energy flux density, number of impulses, type of shockwave (focused or radial), number/frequency/duration of treatment session, area of application, and postprocedural therapy protocols) can be adjusted in the clinical setting. Protocols vary across studies, and optimal protocols for most indications are yet to be determined. ESWT can safely be used to treat various musculoskeletal conditions in athletes, including rotator cuff tendinopathy, lateral elbow epicondylitis, greater trochanteric pain syndrome, hamstring tendinopathy, patellar tendinopathy, Achilles tendinopathy, other tendinopathies, plantar fasciopathy, bone stress injuries, and medial tibial stress syndrome. ESWT can be used to treat in-season athletes, as it often requires no/minimal time away from sport and may result in rapid benefits. ESWT should be used in conjunction with physical therapy to facilitate longer-term gains in function and to optimize healing.

# STIMOLAZIONE BIOFISICA: ESWT in SPORT

Review > Curr Sports Med Rep. 2021 Jun 1;20(6):298-305.

doi: 10.1249/JSR.0000000000000851.

**Sia RSWT che ESWT possono essere usate per trattare diverse condizioni patologiche di atleti, da sole o in associazione con altre tecniche e con risoluzione del quadro clinico entro 4 mesi:**

- **Tendinopatia della CDR**
- **Epicondilite**
- **Trocanterite**
- **Tendinopatia hamstring**
- **Tendinopatia Achilleo**
- **Fascite plantare**

# TAKE-HOME MESSAGES

- ❑ anche per L'extrascheletrico, la stimolazione biofisica (CEMP) e O.U. focali e radiali rappresentano valida alternativa al trattamento chirurgico
- ❑ stimolazione biofisica: nelle lesioni tendinee (in vitro) il miglior risultato si ha dopo 7 gg , per almeno 6 ore/die (segnale dipendente);
- ❑ l'esposizione a PEMF può rappresentare uno scenario biologico alternativo di preconditionamento delle MSC verso la via tenogenica
- ❑ O.U.: energia calibrata per tipo di lesione e sede



# TAKE-HOME MESSAGES

- ❑ **la terapia biofisica** deve essere attuata **soltanto con strumenti di provata efficacia e sicurezza biologica**, con le modalità e i dosaggi indicati in letteratura
  
- ❑ **la stimolazione ha una valida efficacia nelle ulcere cutanee**
  
- ❑ **bisogna promuovere:**
  - **studi clinici su uomo (PEMF)**
  - **Studi prospettici, randomizzati e controllati** per mostrare l'efficacia dell'eswt nel trattamento delle lesioni tendinee

# TAKE-HOME MESSAGES

- se la stimolazione biofisica ha dimostrato la capacità di attivare il metabolismo cellulare a vari livelli, **APPARE RESTRITTIVO** sfruttare tale opportunità soltanto nel campo muscoloscheletrico

# TAKE-HOME MESSAGES



# TAKE-HOME MESSAGES



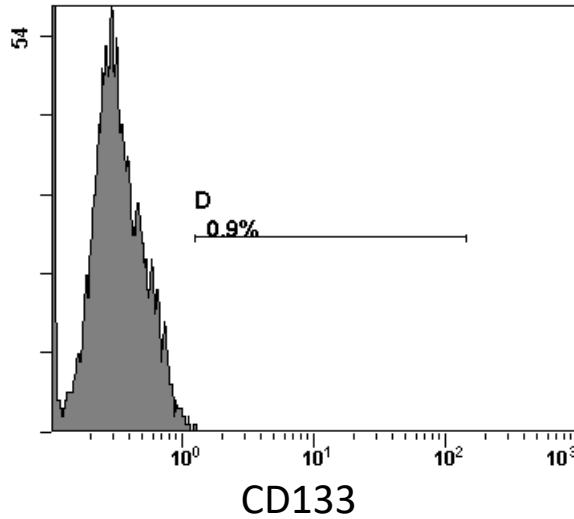
# TAKE-HOME MESSAGES



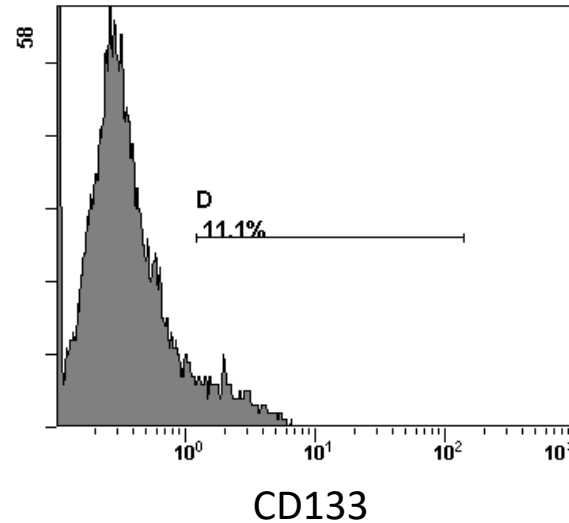
# IN ALTRI ORGANI: RENI

## CD133 expression in ARPCs

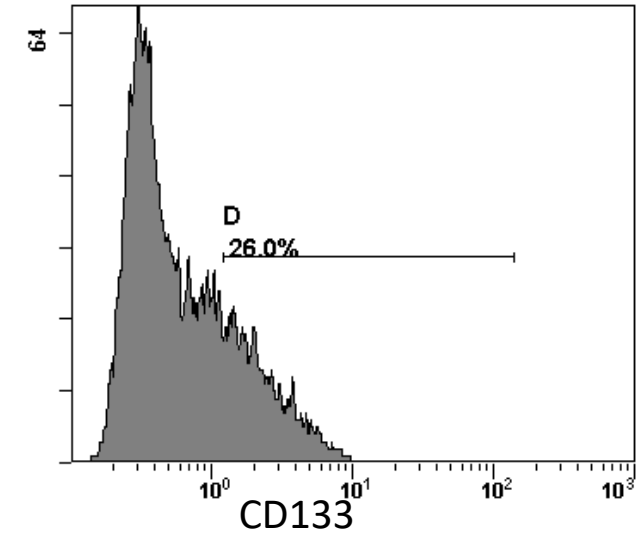
Unlabeled ARPCs



ARPCs without magnetic field



After 6 hours on magnetic field



**Sono state sottoposte le cellule di biopsia renale a stimolazione con CEMP per 6 ore e si è visto, in citofluorimetria, che il campo magnetico aumenta l'espressione del CD133**

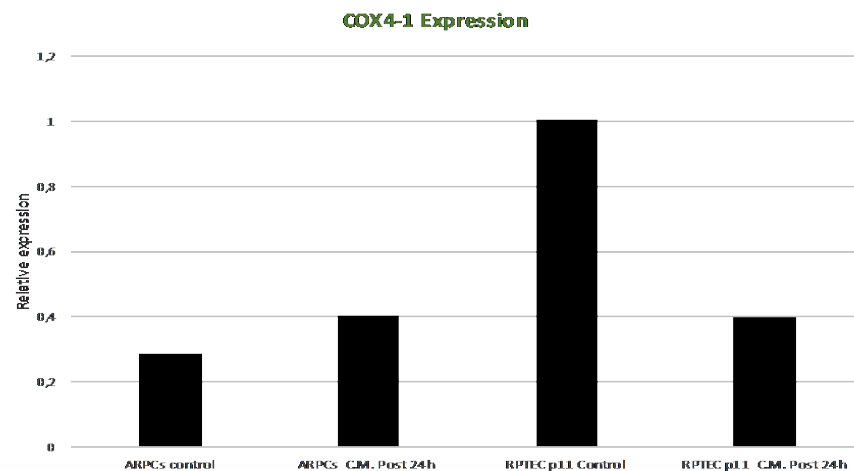
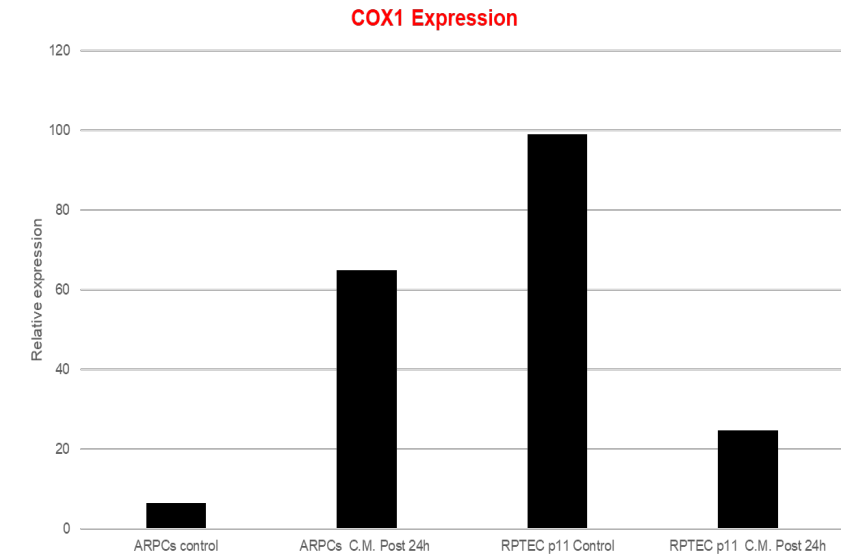
**Il CD133 è il marcatore tipico di queste cellule, ne rappresenta la loro staminalità e recentemente è anche stato dimostrato che è un marcatore inverso di senescenza per queste cellule**



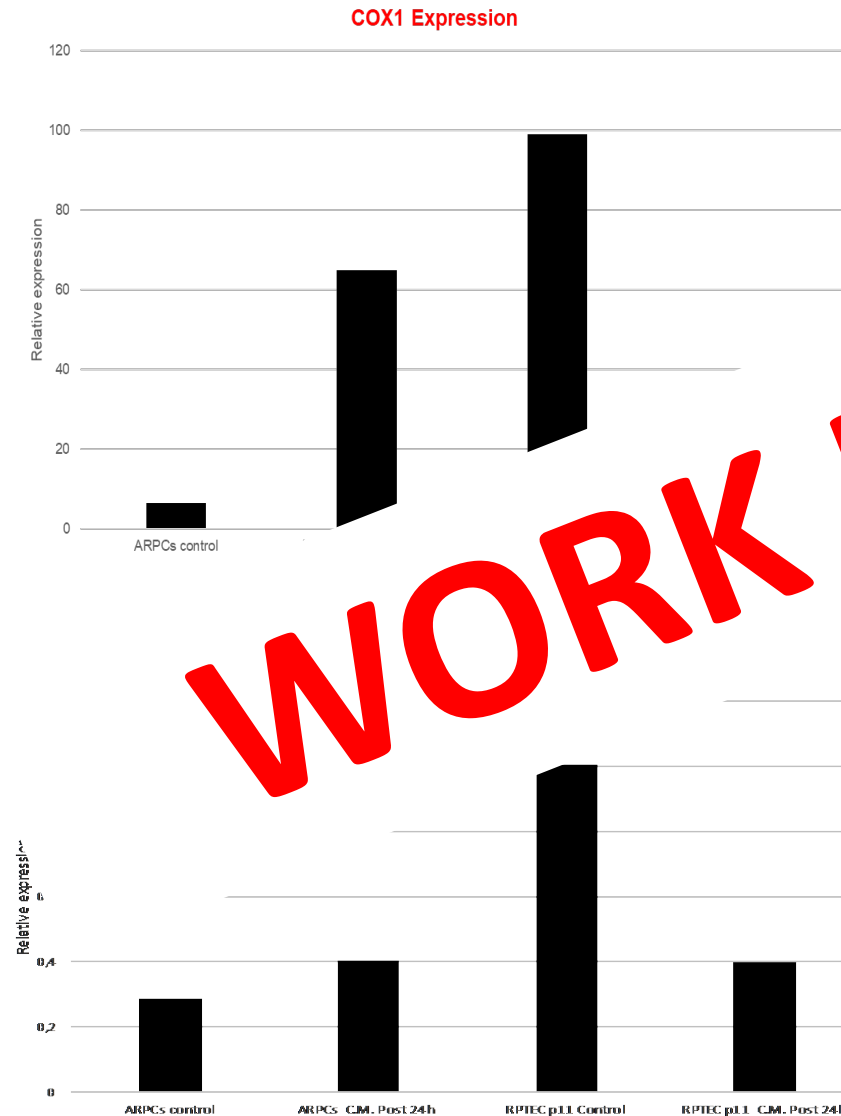
# IN ALTRI ORGANI: RENI

## COX1 e COX4 expression in ARPCs

Inoltre, si è scoperto che sottoponendo le cellule alla stimolazione per 24 ore, si è ottenuto (in real-time) l'aumento dell'espressione dei geni COX1 e COX4 responsabili della sintesi delle prostaglandine che hanno un ruolo molto importante per il mantenimento delle proprietà delle cellule staminali



# IN ALTRI ORGANI: RENI



**WORK IN PROGRESS**

## COX1 e COX4 e

Inoltre, si è osservato un aumento dell'espressione dei geni COX1 e COX4 responsabili della sintesi delle prostaglandine che hanno un ruolo molto importante per il mantenimento delle proprietà delle cellule staminali





GRAZIE