

# *Κρουστικά κύματα(shockwave therapy)στη φυσικοθεραπεία*

*Ζήση Δήμητρα*

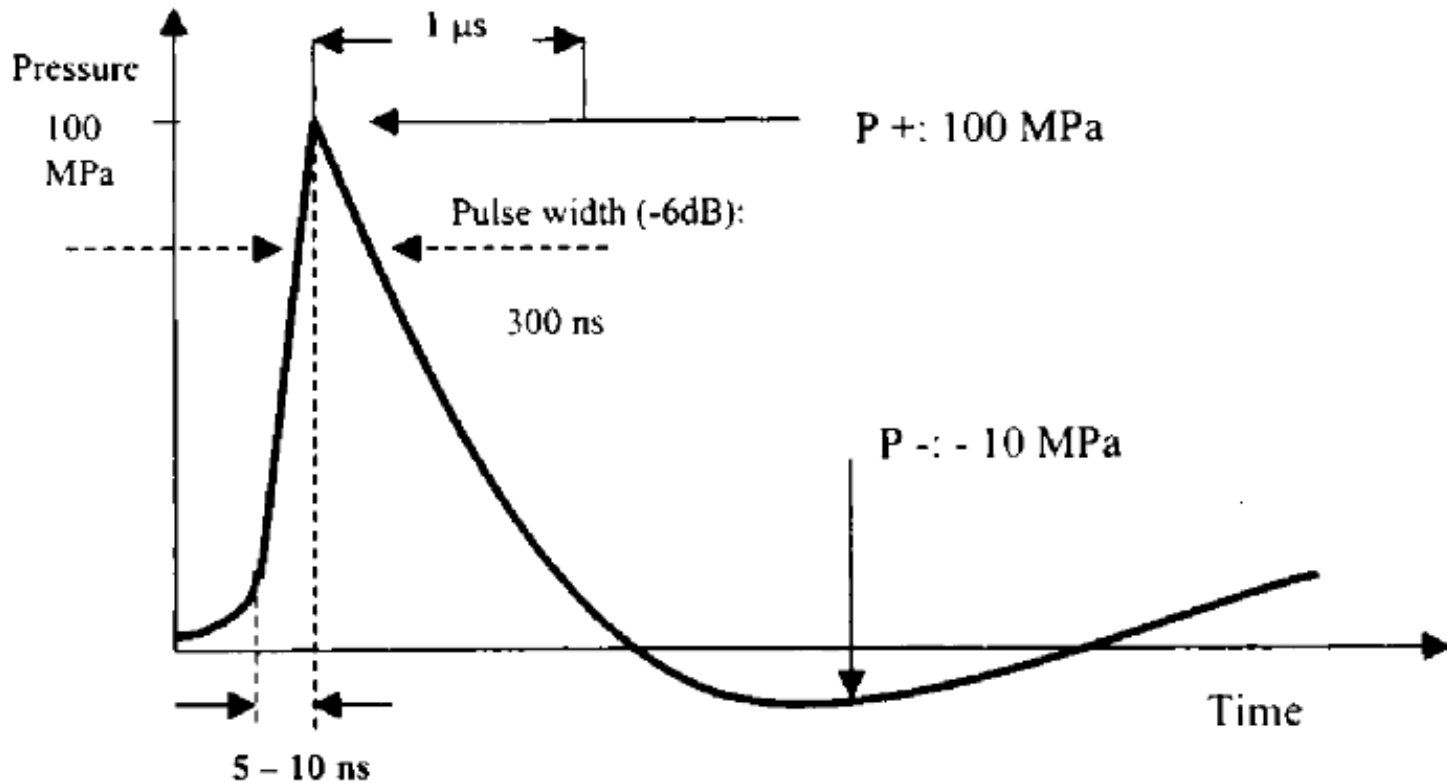
*Τμήμα Φυσικοθεραπείας Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας*

# Κρουστικό κύμα

- **Ένα κρουστικό κύμα** αντιπροσωπεύει μια ελεγχόμενη έκρηξη, παράγοντας ένα ηχητικό παλμό. Όταν το κρουστικό κύμα εισέρχεται στον ιστό, μπορεί να διαχυθεί & να αντανακλαστεί ώστε η κινητική ενέργεια να απορροφηθεί σύμφωνα με την αέρινη δομή των ιστών ή δομών

# Χαρακτηριστικά των κρουστικών κυμάτων

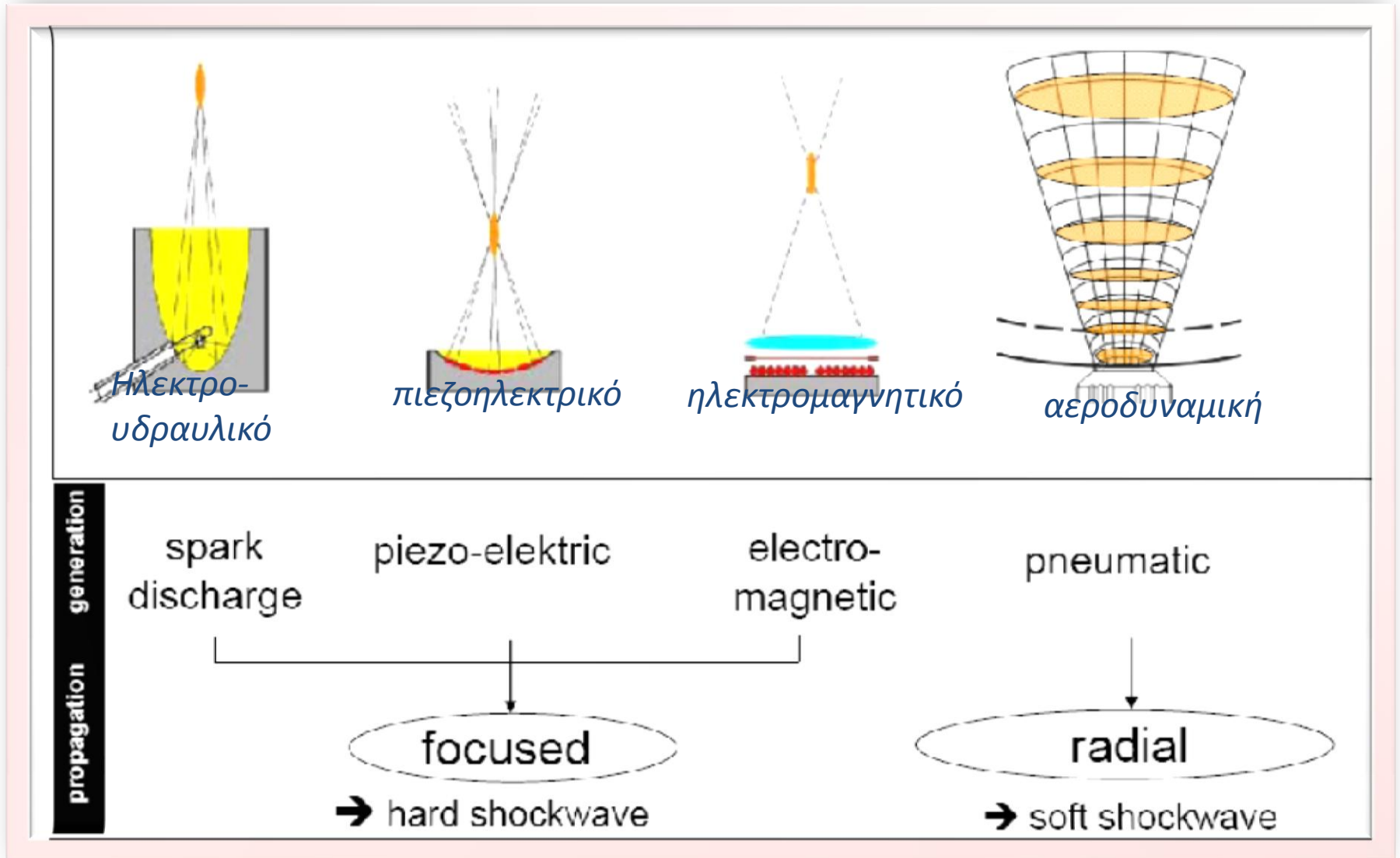
Ogden JA, Tóth-Kischkat A, Schultheiss R: Principles of Shock Wave Therapy. Clin Orthop Relat Res 2001 [387] 8-17)



*Τυπική φόρμα ενός θεραπευτικού κρουστικού κύματος*

# Δημιουργία Θεραπευτικού κρουστικού κύματος

Chung B, Wiley JP. Extracorporeal Shockwave Therapy A Review. Sports Medicine (SPORTS MED), 2002; 32(13): 851-65



# Διάκριση κρουστικών κυμάτων(shockwaves)

- ✓ Ανάλογα με την πυκνότητα & το ποσό ενέργειας:
- ✓ Χαμηλής(0,08 mJ/mm<sup>2</sup>)
- ✓ Μέσης (0,28 mJ/mm<sup>2</sup>)
- ✓ Υψηλής (0,6 mJ/mm<sup>2</sup>)

Rompe JD, Kirkpatrick CJ, K€ullmer K, et al. Dose related effects of shock waves on rabbit tendon Achilles. A sonographic and histological study. J Bone Joint Surg 1998;80B:546–52.

Πυκνότητες ενέργειας κάτω των 0,5 mJ/mm<sup>2</sup> ➡ μείωση των παρενεργειών στο φυσιολογικό οστίτη ιστό

Maier M., Duerr HR (1999) Castor oil decreases pain during ESWT application. Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery, 119:423-427

## Χαμηλής vs υψηλής ενέργειας shockwaves

Χαμηλής ενέργειας πτωχά κλινικά αποτελέσματα (Speed et al. 2003, Haacke et al. 2003, Buchbinder et al. 2002)

VS

Υψηλής ενέργειας ταχύτερη ανακούφιση (συχνά **μόνο** 1 εφαρμογή) (Ogden et al. 2002, Alvarez et al. 2002)

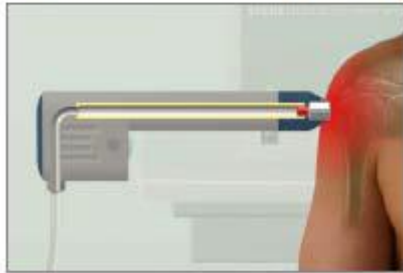
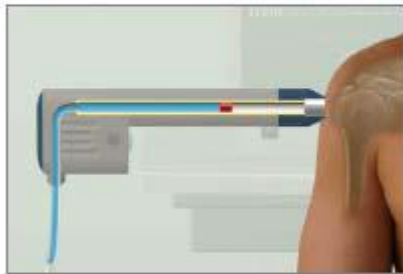
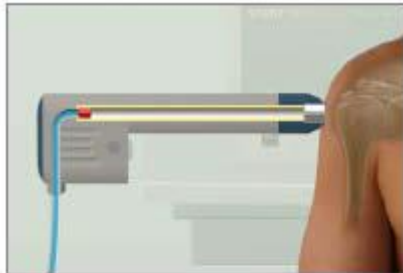
# Ιστορική αναδρομή των συσκευών κρουστικών κυμάτων

- ✓ Εκτενής έρευνα στη Γερμανία 1968-1970 για την επίδραση των κρουστικών σε ζώντες οργανισμούς
- Πειραματικές μελέτες σε ιστούς(μυϊκός-συνδετικός κ.ο.κ)(Chung, 2002)
- Εξωσωματική λιθοτριψία-κλινική εφαρμογή-δεκαετία 1980(Thiel et al, 2001)
- ✓ Ορθοπαιδικές ενδείξεις επικοινωνιαλγία, πελματιαία απονευρωσίτιδα, τενοντίτιδες, ψευδάρθρωση(Wang, 2012)
- ✓ Ο FDA απέδειξε κλινική εφαρμογή για πελματιαία απονευρωσίτιδα, επικοινωνιαλγία(2003)



Coombs et al, 2000, COOMBS R, SCHADEN W, ZHOU, S: "Musculoskeletal Shockwave Therapy", ed by R Coombs, et al, Greenwich Medical Media, London, 2000.

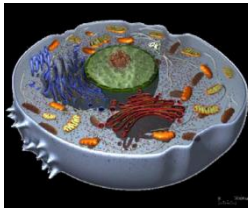
# Εφαρμογή-τρόπος δράσης



- ✓ Πεπιεσμένος αέρας διαχέεται στο πομπό
- ✓ Ηχητικός παλμός μεταφέρεται μέσα στον ιστό με τη βοήθεια του gel
- ✓ Μέγιστη ενέργεια διαχέεται στον πομπό & ακτινοβολεί τον ιστό

# Φυσιολογικές επιδράσεις των κρουστικών κυμάτων

- Αύξηση & διαφοροποίηση των κυττάρων [παραγωγή κυτοκίνης & απελευθέρωση ελεύθερων ριζών ( NO, CO, O<sup>-</sup>) → αντιφλεγμονώδη δράση]



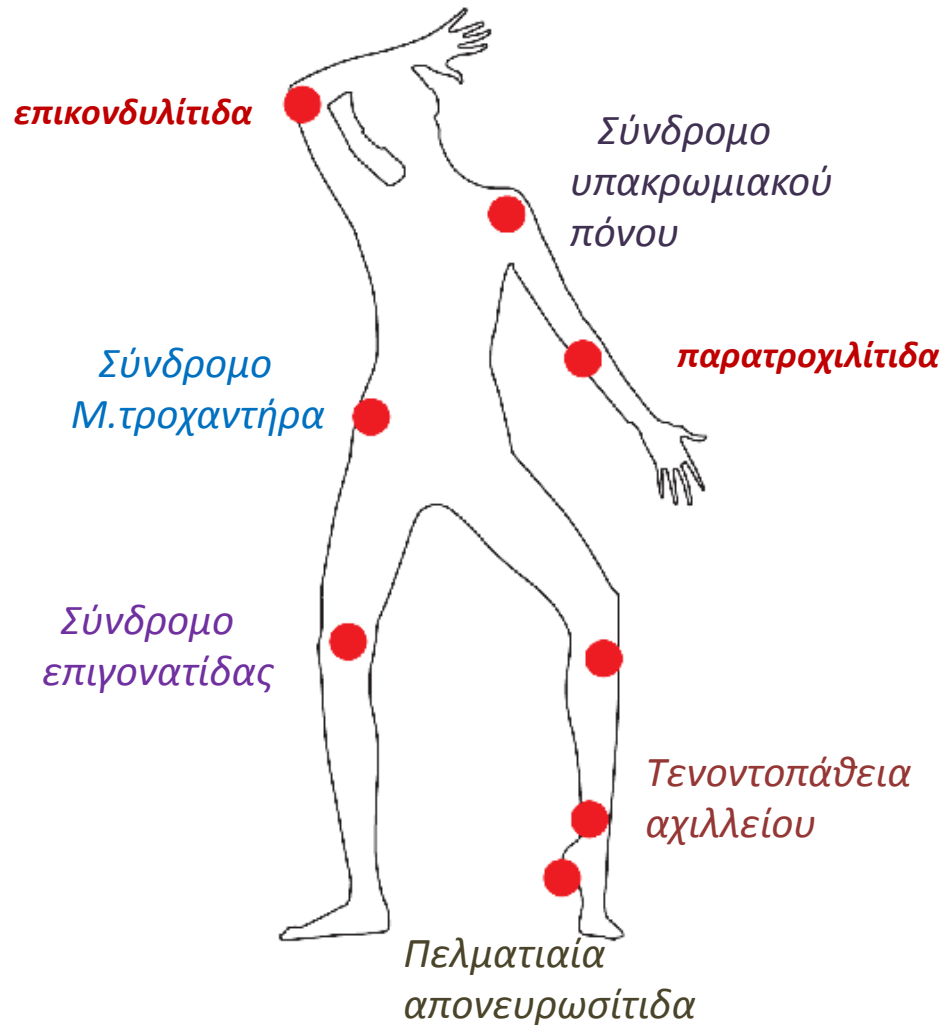
- Επιτάχυνση της πώρωσης καταγμάτων (επίδραση στην πρωτεϊνοσύνθεση)
- Οστεογενετική δραστηριότητα σε κατάγματα (άγνωστος μηχανισμός)
- Αγγειογενετική επίδραση (αύξηση της αιματικής ροής του οστού & ιστών, αναλγησία, αύξηση μεταβολισμού, βελτίωση διαπερατότητας κυτταρικής μεμβράνης, αντιφλεγμονώδη δράση)
- Αποκατάσταση του φυσιολογικού μυϊκού τόνου



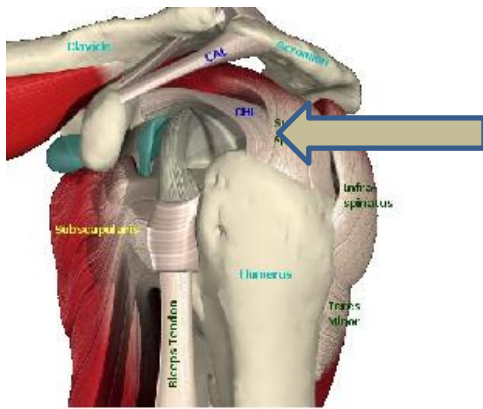


# Ορθοπαιδικές ενδείξεις για κρουστικά κύματα(ESWT)1

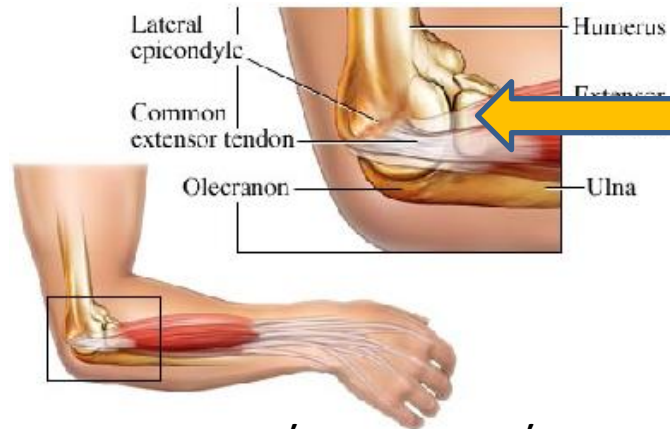
Wang. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2012;7:11



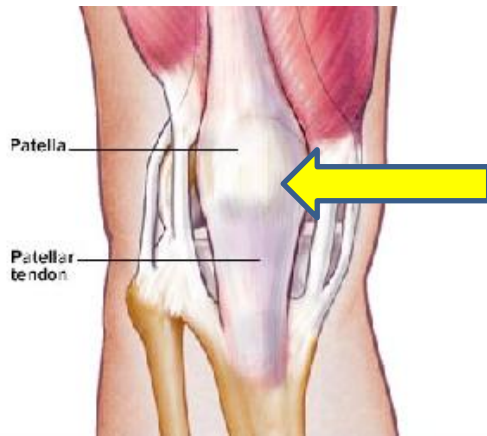
# Ορθοπαιδικές ενδείξεις για κρουστικά κύματα(ESWT) 2



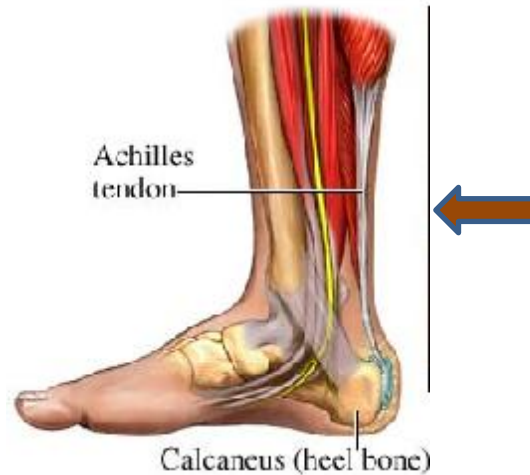
τένοντας υπερακανθίου



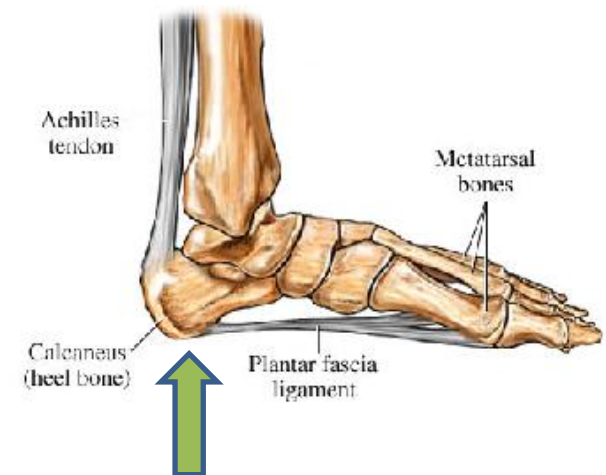
τένοντας εκτεινόντων



επιγονατιδικός τένοντας



αχίλλειος τένοντας



πελματιαία περιτονία

# Αντενδείξεις

*Health Technology Assessment: Extracorporeal Shockwave Therapy for the Treatment of Musculoskeletal Disorders. Olympia, Wash: Department of Labor and Industries; March 29,2004.*

27.

- Απόλυτες

- ✓ Εγκυμοσύνη
- ✓ Όγκος
- ✓ Σηπτική φλεγμονή
- ✓ Αιμάτωμα
- ✓ Οίδημα
- ✓ Αναπτυσσόμενο σκελετό
- ✓ Μεταλλικά εμφυτεύματα
- ✓ Νευροπάθειες

- Σχετικές

- ✓ Οξεία φλεγμονή
- ✓ Οστεοπόρωση
- ✓ πάνω στη ράχη

# Case studies 1

“Shockwave Treatment in Orthopaedics and Rheumatology, Clinical and Experimental Studies” Dr Moustafa Hafez, MB.BCh, MS (Orth), CASLAT, PhD, Clinical Tutor & Research Consultant Imperial College London, April 2011

**Κάταγμα βραχιονίου με υπερτροφική ψευδάρθρωση(προ θεραπείας)**



**Κάταγμα βραχιονίου μετά από 4 συνεδρίες με κρουστικά κύματα**



# Case studies 2

Κάταγμα σκαφοειδούς(προ  
θεραπείας)

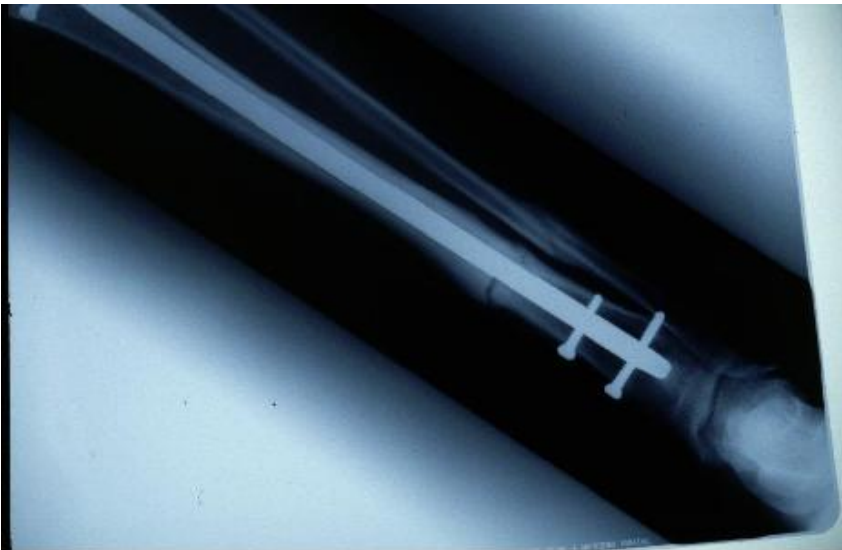


Κάταγμα σκαφοειδούς μετα τη  
θεραπεία με κρουστικά κύματα

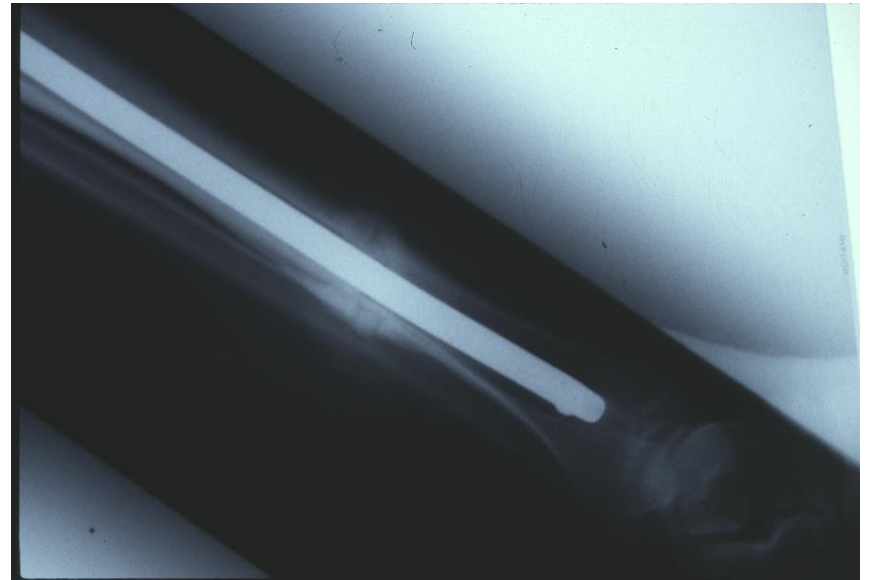


# Case studies 3

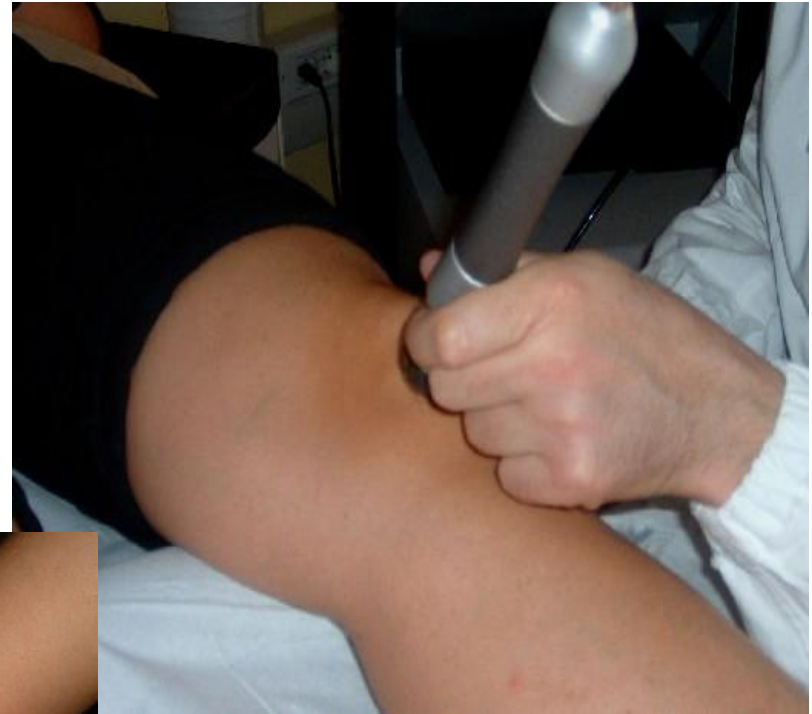
Καθυστερημένη πώρωση σε κάταγμα κνήμης(πριν)



Καθυστερημένη πώρωση σε κάταγμα κνήμης(μετά από θεραπεία)



# Κλινικές εφαρμογές



# Εφαρμογή εξωσωματικής θεραπείας με κρουστικά κύματα 'shockwave' σε ασθενή με πελματιαία απονευρίτιδα Μελέτη ατομικής περίπτωσης

- ❑ Ασθενής 35 ετών
- ❑ 2000 κρουστικούς παλμούς σε 3 σημεία ευαισθησίας(μετά από ψηλάφηση)
- ❑ Πυκνότητα ενέργειας:0.25mJ/mm<sup>2</sup>
- ❑ Συχνότητα:5-10Hz
- ❑ Διάρκεια συνεδρίας:20 min.
- ❑ Διάρκεια προγ.:2 φορές/για 4 εβδ.





# Πρωτόκολλο Θεραπείας-συσκευή

- Συσκευή:πιεζοηλεκτρική της Storz Medical(Storz Medical Masterplus MP 100)



# Πρωτόκολλο Θεραπείας-θέση ασθενούς-εφαρμογή

- Θέση ασθενούς & εφαρμογή
- ✓ Ύπτια
- ✓ 3 σημεία ευαισθησίας
- ✓ 2000 παλμούς
- ✓ Πυκνότητα ενέργειας:  $0.25\text{mJ}/\text{mm}^2$
- ✓ Συχνότητα: 5-10Hz
- ✓ Διάρκεια συνεδρίας: 20 min.
- ✓ Διάρκεια προγ.: 2 φορές/για 4 εβδ.
- ✓ Διατάσεις





# Πρωτόκολλο Θεραπείας-αποτελέσματα

- ❑ Ανακούφιση από πρωινό πόνο μετά από τις 3 συνεδ.(VAS πρωινού πόνου)
- ❑ Βελτίωση ROM πρηνισμού-ίδιο επίπεδο με υγιές(μετά τη θεραπεία)
- ❑ Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης λειτουργικότητας & πόνου βελτίωση 20%(Richter et al.,2006)
- ❑ Ερωτηματολόγιο για λειτουργικότητα-βελτίωση 22%

# Συζήτηση

Λουδάκη Γ., Παπαστράτης Η., ΡΤ, Μsc *Φυσικοθεραπεία* 12(3):151-160, 2009

- Με βάση τα αποτελέσματα η θεραπεία με shockwaves οδηγεί στο έλεγχο-μείωση των μικροκαταστροφών στους ιστούς-επουλωτική απόκριση-καλύτερη προσαρμογή στις βιολογικές απαιτήσεις (Ogden et al. 2004)
- Αναλγητική διαδικασία-υπερδιέγερση περιοχών εγκεφαλικού φλοιού-μνήμη πόνου (Rompe et al 2005)-μείωση των αισθητικών ινών στη περιοχή εφαρμογής (Ohtori et al 2001)
- Σταδιακή βελτίωση μετά το τέλος της θεραπείας  διεγερση διαδικασίας επούλωσης
- Αποτελέσματα παρούσης έρευνας συμφωνούν με άλλες έρευνες (Hammer et al. 2003), (Strash et al. 2002), (Alvarez et al. 2002)
- Περιορισμοί  εργασία ατομικής μελέτης
- Μειονέκτημα-έλλειψη υπερηχογραφικής απεικόνισης της πελματιαίας απονεύρωσης
- **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ SHOCKWAVES VS ΚΛΑΣΣΙΚΗ Φ/Θ-MONO** 2 συνεδρίες των 15'/εβδ για 4 εβδ. ΕΝΩ κλασσική φ/θ πολύ περισσότερο

# Συμπεράσματα

- Σημαντική βελτίωση πρωινού πόνου
- Βελτίωση λειτουργικότητας
- Καμία παρενέργεια
- Καλά αποτελέσματα σε χρόνια πελματιαία απονευρωσίτιδα
- Ύπαρξη ελεγχόμενων μελλοντικών κλινικών ερευνών

# Βιβλιογραφική ανασκόπηση



1. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Kullmer K, Schwitalle M, Kirschek O: Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achilles. J Bone Joint Surg Br 1998, 80B:546-52.
2. Ogden JA, Tóth-Kischkat A, Schultheiss R: Principles of Shock Wave Therapy. Clin Orthop Relat Res 2001 [387] 8-17)
3. Rompe JD, Furia JP, Maffulli N. Mid-portion Achilles tendinopathy -current options for treatment. Disabil Rehabil. 2008;30:1666-1676.
4. Chung B, Wiley JP. Extracorporeal Shockwave Therapy A Review. Sports Medicine (SPORTS MED), 2002; 32(13): 851-65
5. *Coombs et al, 2000, COOMBS R, SCHADEN W, ZHOU, S: "Musculoskeletal Shockwave Therapy", ed by R Coombs, et al, Greenwich Medical Media, London, 2000.*
6. Shiel M, Nieswand M, Dörffel M. The use of shock waves in medicine, a tool of modern OR: an overview of basic physical principles, history and research. Minim Invasive Ther Allied Technol. 2000;9(3-4):247-53.
7. Wang. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2012;7:11
8. Wilson M, Stacy J. Shock wave therapy for Achilles tendinopathy. Curr Rev Musculoskelet Med. 2010;4(1):6-10.

# Βιβλιογραφική ανασκόπηση



9. *Johannes EJ, Kaulesar Sukul DM, Matura E (1994). High-energy shock waves for the treatment of nonunions: an experiment on dogs. J Surg Res 57:246–252.*
10. *Valchanou VD, Michailov P (1991). High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. Int Orthop 15:181–184.*
11. *Alvarez RG.(2002).Preliminary results on the safety and efficacy of the Ossatron for the treatment of plantar fasciitis.Foot and Ankle International,23(3):197-203*
12. *Hammer D.S. Adam F.,Kreutz A.,Rupp S.,Kohn D.,Seil(2003)ESWT in patients with chronic proximal plantar fasciitis.A 2-year follow-up.Foot and ankle Int.24:823-828*
13. *Maier M.,Duerr HR (1999)Castor oil decreases pain during ESWT application.Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery,119:423-427*
14. *Ogden J.A.,Alvarez R.,Marlow M.(2002)Shockwave therapy for chronic proximal plantar fasciitis:A met-analysis.Foot and Ankle Int.23:301-308*
15. *Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon–bone junction A study in rabbits Ching-Jen Wang a, Feng-Sheng Wang b, Kuender D. Yang b,\* , Lin-Hsiu Weng a, Chia-Chen Hsu a, Chun-Shun Huang c, Lin-Cheng Yang Journal of Orthopaedic Research 21 (2003) 984–989*

# Βιβλιογραφική ανασκόπηση



16. Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, et al. Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis. Clin Orthop 2001;387:47–59.
17. Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, et al. Shock wave therapy(Orthotripsy) in musculoskeletal disorders. Clin Orthop 2001;387:22–40.
18. Ogden JA, Toth-Kischkat A, Schultheiss R. Principles of shockwave therapy. Clin Orthop 2001;387:8–17.
19. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Kullmer K, et al. Dose related effects of shock waves on rabbit tendon Achilles. A sonographic and histological study. J Bone Joint Surg 1998;80B:546–52.
20. Rompe JD, Burger R, Hopf C, et al. Shoulder function after extracorporeal shock wave therapy for calcific tendonitis. J Shoulder Elbow 1998;7:505–9.
21. Rompe JD, Hopf C, Kullmer K, et al. Analgesic effect of extracorporeal shock wave therapy on chronic tennis elbow. J Bone Joint Surg 1996;78B:233–7.
22. Rompe JD, Hopf C, Nafe B, et al. Low-energy extracorporeal shock wave therapy for painful heel: A prospective controlled single-blind study. Arch Orthop Trauma Surg 1996;115:75–9.



# Βιβλιογραφική ανασκόπηση



23. Speed CA, Richards C, Nichols D, Burnet S, Wiles JT, Humphrey H, et al. shock wave therapy for tendonitis of the rotator cuff. A double-blind, randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002;84:509–12.
24. Speed CA, Nichols D, Richards C, Humphrey SH, Wiles JT, Burnet S, et al. Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis—a double-blind, randomized, controlled trial. *J Orthop Res* 2002;20:895–8.
25. Spyridopoulos I, Luedeman C, Chen D, Kearney M, Murohara T, Principe N, et al. Divergence of angiogenesis and vascular permeability signaling by VEGF: inhibition of protein kinase C suppresses VEGF-induced angiogenesis, but promotes VEGF-induced NO-dependent vascular permeability. *Arterioscl Thromb Vas Biol* 2002;22:901–6.
26. *Health Technology Assessment: Extracorporeal Shockwave Therapy for the Treatment of Musculoskeletal Disorders*. Olympia, Wash: Department of Labor and Industries; March 29, 2004.

# Βιβλιογραφική ανασκόπηση



27. Predicting response to physiotherapy treatment for musculoskeletal shoulder pain: a systematic review Rachel Chester<sup>1,2\*</sup>, Lee Shepstone<sup>3</sup>, Helena Daniell<sup>2</sup>, David Sweeting<sup>4</sup>, Jeremy Lewis<sup>5,6</sup> and Christina Jerosch-Herold<sup>1</sup> Chester et al. BMC Musculoskeletal Disorders 2013, 14:203
28. Εφαρμογή εξωσωματικής θεραπείας με κρουστικά κύματα 'shockwave' σε ασθενή με πελματιαία απονευρίτιδα Μελέτη ατομικής περίπτωσης Λουδάκη Γ., Παπαστράτης Η., ΡΤ, Μsc Φυσικοθεραπεία 12(3):151-160, 2009

# Αποσπάσματα

## 1<sup>ο</sup> Άρθρο

### Extracorporeal Shock Wave-Mediated Changes in Proliferation, Differentiation, and Gene Expression of Human Osteoblasts

Alexander Hofmann, MD, Ulrike Ritz, PhysioloD, Martin Henri Hessmann, PhD, Mauro Alini, PhD, Pol Maria Rommens, PhD, and Jan-Dirk Rompe, PhD

**Background:** The goal of this study was to determine whether cell proliferation, differentiation, and gene expression of primary human osteoblasts (hOB) are influenced by shock wave application (SWA).

**Methods:** Osteoblast cultures were isolated from cancellous bone fragments and treated with 500 impulses of energy flux densities of 0.06 mJ/mm<sup>2</sup>, 0.18 mJ/mm<sup>2</sup>, 0.36 mJ/mm<sup>2</sup>, and 0.50 mJ/mm<sup>2</sup>. Twenty-four hours and 96 hours after SWA cell proliferation, alkaline phosphatase activity, and mineralization were analyzed. The global gene expression profiling was determined 96 hours after SWA employing Affymetrix HG-U133A microarrays.

**Results:** After 24 hours, hOB showed a dose-dependent increase in cell proliferation from 68.7% (at 0.06 mJ/mm<sup>2</sup>,  $p = 0.002$ ) up to 81.6% (at 0.5 mJ/mm<sup>2</sup>,  $p = 0.001$ ), which also persisted after 96 hours. Numbers of alkaline phosphatase-positive hOB increased after SWA treatment with peak levels of response between 0.18 mJ/mm<sup>2</sup> and 0.5 mJ/mm<sup>2</sup> after 24 hours. Mineralization was significantly higher in all groups compared with controls. Microarray analyses revealed SWA-induced differential expression of 94 genes involved in physiologic processes, cell homeostasis, and bone formation. Most intriguing was the up-regulation of multiple genes involved in skeletal development and osteoblast differentiation (e.g., PTHrP, prostaglandin E2-

receptor EP3, BMP-2 inducible kinase, chordin, cartilage oligomeric matrix protein, matrilin).

**Conclusion:** We showed that shock waves have direct dose-dependent stimulatory effects on proliferation and differentiation of osteoblasts from normal human cancellous bone. We demonstrated that several genes critical for osteoblast differentiation and function are regulated after SWA. Overall, data presented herein will aid further understanding of the osteogenic effect of shock waves and, in addition, will enhance current knowledge of the SWA-mediated gene expression.

**Key Words:** Extracorporeal shock wave therapy, Osteoblast, High density microarray.

*J Trauma.* 2008;65:1402-1410.

J Trauma 2008;65:1402-1410

# 2<sup>o</sup> Αρθρο

## **Extracorporeal Shock Waves Stimulate Frog Sciatic Nerves Indirectly via a Cavitation-Mediated Mechanism**

G. Schelling,\* M. Delius,‡ M. Gschwender,\* P. Grafe,§ and S. Gambihler‡

\*Institute of Anesthesiology, †Institute for Surgical Research, and §Institute of Physiology, Ludwig-Maximilians University, Munich, Germany

**ABSTRACT** Shock waves (SWs) are single pressure pulses with amplitudes up to over 100 MPa, a rise time of only a few nanoseconds, and a short duration of approximately 2  $\mu$ s. Their clinical application for stone destruction causes pain, indicating nerve stimulation by SWs. To examine this phenomenon, sciatic nerves of frogs were exposed to SWs in an organ bath. The SWs were generated with an experimental Dornier lithotripter model XL1 at an operating voltage of 15 kV. The nerves were mounted in a chamber which allowed electrical nerve stimulation and the registration of electrically and SW-induced compound action potentials (SWCAPs). The chamber was filled with frog Ringer's solution. In a standardized protocol, 100 SWs were administered at a rate of 1/min to each nerve preparation and a total of four experiments were performed. The first experiment established that  $95.0 \pm 4.7\%$  of administered SWs induced action potentials which were lower in amplitude ( $1.45 \pm 1.14$  versus  $1.95 \pm 0.95$  mV,  $p = 0.004$ ) but similar in shape to electrically induced compound action potentials. In a second experiment, it was shown that the site of origin of the SWCAPs could be correctly determined by simultaneous recording of action potentials at both ends of the nerve. The mechanism of shock wave stimulation was examined by experiments 3 and 4. In experiment 3, in contrast to the previous experiments, SW exposure of the nerves was performed 6 cm outside the shock wave focus. This resulted in a mean probability of inducing a SWCAP of only 4%. After gas bubble administration, this probability increased to 86% for the first SW released immediately after bubble application and declined to 56% for the second, 21% for the third, to 0 for the 10th SW after fluid injection. This indicates that cavitation, the interaction between shock waves and gas bubbles in fluid or tissues, was involved in SWCAP generation. In experiment 4, nerves were again exposed in the focus, however, the Ringer's solution surrounding the nerve was replaced by polyvinyl alcohol (PVA). PVA is a solution with low cavitation activity. In PVA, the excitability was markedly diminished to  $11.0 \pm 5.1\%$  compared with  $96.0 \pm 4.4\%$  in control nerves exposed in Ringer's solution. In conclusion, bioeffects of SWs on nervous tissue appear to result from cavitation. It is suggested that cavitation is also the underlying mechanism of SW-related pain during extracorporeal SW lithotripsy in clinical medicine.

# 3<sup>o</sup> Αρθρο

## **Extracorporeal Shock Waves Stimulate Frog Sciatic Nerves Indirectly via a Cavitation-Mediated Mechanism**

G. Schelling,\* M. Delius,† M. Gschwender,\* P. Grafe,§ and S. Gambihler‡

\*Institute of Anesthesiology, †Institute for Surgical Research, and §Institute of Physiology, Ludwig-Maximilians University, Munich, Germany

**ABSTRACT** Shock waves (SWs) are single pressure pulses with amplitudes up to over 100 MPa, a rise time of only a few nanoseconds, and a short duration of approximately 2  $\mu$ s. Their clinical application for stone destruction causes pain, indicating nerve stimulation by SWs. To examine this phenomenon, sciatic nerves of frogs were exposed to SWs in an organ bath. The SWs were generated with an experimental Dornier lithotripter model XL1 at an operating voltage of 15 kV. The nerves were mounted in a chamber which allowed electrical nerve stimulation and the registration of electrically and SW-induced compound action potentials (SWCAPs). The chamber was filled with frog Ringer's solution. In a standardized protocol, 100 SWs were administered at a rate of 1/min to each nerve preparation and a total of four experiments were performed. The first experiment established that  $95.0 \pm 4.7\%$  of administered SWs induced action potentials which were lower in amplitude ( $1.45 \pm 1.14$  versus  $1.95 \pm 0.95$  mV,  $p = 0.004$ ) but similar in shape to electrically induced compound action potentials. In a second experiment, it was shown that the site of origin of the SWCAPs could be correctly determined by simultaneous recording of action potentials at both ends of the nerve. The mechanism of shock wave stimulation was examined by experiments 3 and 4. In experiment 3, in contrast to the previous experiments, SW exposure of the nerves was performed 6 cm outside the shock wave focus. This resulted in a mean probability of inducing a SWCAP of only 4%. After gas bubble administration, this probability increased to 86% for the first SW released immediately after bubble application and declined to 56% for the second, 21% for the third, to 0 for the 10th SW after fluid injection. This indicates that cavitation, the interaction between shock waves and gas bubbles in fluid or tissues, was involved in SWCAP generation. In experiment 4, nerves were again exposed in the focus, however, the Ringer's solution surrounding the nerve was replaced by polyvinyl alcohol (PVA). PVA is a solution with low cavitation activity. In PVA, the excitability was markedly diminished to  $11.0 \pm 5.1\%$  compared with  $96.0 \pm 4.4\%$  in control nerves exposed in Ringer's solution. In conclusion, bioeffects of SWs on nervous tissue appear to result from cavitation. It is suggested that cavitation is also the underlying mechanism of SW-related pain during extracorporeal SW lithotripsy in clinical medicine.

# Αποσπάσματα

## 4<sup>ο</sup> Άρθρο



Journal of Orthopaedic Research 21 (2003) 984–989

Journal of  
Orthopaedic  
Research

[www.elsevier.com/locate/orthres](http://www.elsevier.com/locate/orthres)

### Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon–bone junction A study in rabbits

Ching-Jen Wang <sup>a</sup>, Feng-Sheng Wang <sup>b</sup>, Kuender D. Yang <sup>b,\*</sup>, Lin-Hsiu Weng <sup>a</sup>,  
Chia-Chen Hsu <sup>a</sup>, Chun-Shun Huang <sup>c</sup>, Lin-Cheng Yang <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Chang Gung Memorial Hospital at Kaohsiung, 123 Ta-Pei Road, Niao-Sung Hsiang, Kaohsiung 833, Taiwan

<sup>b</sup> Department of Medical Research, Chang Gung Memorial Hospital at Kaohsiung, 123 Ta-Pei Road, Niao-Sung Hsiang, Kaohsiung 833, Taiwan

<sup>c</sup> Department of Pathology, Chang Gung Memorial Hospital at Kaohsiung, 123 Ta-Pei Road, Niao-Sung Hsiang, Kaohsiung 833, Taiwan

<sup>d</sup> Department of Anesthesiology, Chang Gung Memorial Hospital at Kaohsiung, 123 Ta-Pei Road, Niao-Sung Hsiang, Kaohsiung 833, Taiwan

Received 21 November 2002; accepted 7 April 2003

#### Abstract

Despite the success in clinical application, the exact mechanism of shock wave therapy remains unknown. We hypothesized that shock wave therapy induces the ingrowth of neovascularization and improves blood supply to the tissues. The purpose of this study was to investigate the effect of shock wave therapy on neovascularization at the tendon–bone junction. Fifty New Zealand white rabbits with body weight ranging from 2.5 to 3.5 kg were used in this study. The right limb (the study side) received shock wave

***ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ***

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΟΙΤΗΤΗ

*A.T.E.I. Δυτικής Ελλάδας*

*Τμήμα Φυσικοθεραπείας*

*Μάθημα: Αρχές Βιοφυσικής*

*Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Κουτσογιάννης Κωνσταντίνος Υγειοφυσικός*

*Επίκουρος Καθηγητής Ιατρικής Φυσικής*

*Τίτλος Εργασίας: Κρουστικά κύματα (shockwaves) στην Φυσικοθεραπεία*

*Φοιτήτρια: Ζήση Δήμητρα (κατατακτήριες έτος εισαγωγής 2011-2012*

*σειρά κατατάξης: 1<sup>η</sup> )*

*A.M.: 1653*

*Τυπικό εξάμηνο: ΣΤ*

*Ημερομηνία καταβολής: 14/5/2014*

*Αρχείο: PDF & σχετικά άρθρα*

*E-mail: dimizi67@gmail.com*