



Efectos biológicos de las ondas de choque

Durante más de 30 años, las ondas de choque han sido aplicadas con éxito para desintegrar cálculos en vías urinarias (1). Actualmente, las ondas de choque también se utilizan para tratar patologías del sistema músculo-esquelético (2).

De la desintegración de piedras en el riñón al tratamiento de huesos

En las radiografías de seguimiento, los urólogos observaron que si el cálculo estaba ubicado en los uréteres y en la vejiga, las ondas de choque producían también un aumento de la densidad del hueso ilíaco. Las ondas de choque destruían los cálculos y a la vez fomentaban la osteogénesis en las áreas cercanas a la zona de tratamiento (3). Este efecto atrajo rápidamente la atención de cirujanos ortopédicos y traumatólogos.

Se iniciaron estudios en ciencia básica, trabajos de experimentación con animales de laboratorio y ensayos clínicos en humanos. Las ondas de choque mejoraban el crecimiento óseo y tenían un efecto regenerador en los tendones.

El tratamiento con ondas de choque usado con éxito durante más de 15 años en patologías ortopédicas

El tratamiento con ondas de choque se expandió rápidamente por todo el mundo para las siguientes indicaciones:

1. Pseudoartrosis y fracturas con retraso de consolidación (4)
2. Tendinopatía calcificante del hombro (5)
3. Fasciopatía plantar (con o sin espolón)(6)
4. Epicondilopatía ("codo de tenista") (7)

En estas patologías, los ensayos clínicos muestran su eficacia en la consolidación ósea, la disminución del dolor y la recuperación de la funcionalidad.

La constante investigación ha permitido un aumento del conocimiento sobre las respuestas biológicas y los mecanismos de acción de las ondas de choque. Los conceptos de estimulación, mecanotransducción, angiogénesis y regeneración tisular permiten ampliar la gama de indicaciones terapéuticas a otras patologías crónicas del sistema músculo-esquelético: Tendinopatía aquilea (8,9), Síndrome doloroso del trocánter mayor ("bursitis trocantérea")(10) y en otros síndromes dolorosos de inserción muy frecuentes en el mundo del deporte como el síndrome de los músculos isquiotibiales (11) y el síndrome medial de la tibia (12).

Mecanismos de acción de las ondas de choque

Originalmente, se adoptó un modelo mecánico. Las ondas de choque causaban microlesiones en el área tratada, iniciando así el proceso de curación del tejido. En la actualidad, las investigaciones básicas demuestran que la suposición original del efecto mecánico tiene que considerarse inexacto.

Del modelo mecánico al modelo biológico

Diversos grupos de investigadores por todo el mundo han realizado estudios demostrando que las ondas de choque provocan una respuesta biológica en el tejido tratado.

Mediante un proceso llamado mecanotransducción, el estímulo mecánico de las ondas de choque genera una respuesta biológica.

El núcleo de las células se activa y se inicia la producción de proteínas responsables de los procesos de regeneración tisular (también llamados “factores de crecimiento”).

Las ondas de choque activan la angiogénesis, se forman nuevos vasos sanguíneos. (13, 14, 15). Aumentan la producción de colágeno, a partir de factores de crecimiento como el TGF-beta1 y el IGF-I (16,17). La regeneración de tejidos está mediada también por la liberación de óxido nítrico y el factor de crecimiento VEGF. Los estudios muestran la presencia del antígeno PCNA, que indica proliferación celular(18).

Otros trabajos muy recientes han podido probar una influencia de las ondas de choque en la diferenciación y migración de células madre (19). Esta respuesta biológica evita la producción de fibrosis en los tejidos tratados (20).

Las ondas de choque incrementan la formación de hueso (21), aumentando la proliferación y diferenciación de osteoblastos (22). En pseudoartrosis y retrasos de consolidación, diversos ensayos clínicos en humanos muestran que las ondas de choque comparadas con la cirugía tienen la misma tasa de éxito, una recuperación más rápida y menos complicaciones. La ISMST (“International Society for Medical Shockwave Treatment”), en base a estos resultados positivos, recomienda las ondas de choque como tratamiento de primera elección para pseudoartrosis y retrasos de consolidación de huesos largos. (4, 23).

Nuevos campos de aplicación

Además de los resultados positivos en hueso y tendón, las ondas de choque están siendo eficaces en la regeneración cutánea (24).

Actualmente, las ondas de choque se aplican en el tratamiento de lesiones agudas y crónicas de la piel: úlceras por presión, úlceras venosas y arteriales, úlceras diabéticas, quemaduras, lesiones cutáneas post-traumáticas y post-quirúrgicas (25, 26).

Ensayos clínicos en animales y los primeros estudios clínicos en humanos han demostrado también un efecto regenerativo en lesiones isquémicas del miocardio (27, 28).

El abanico de posibilidades terapéuticas de las ondas de choque seguirá aumentando en los próximos años.

Referencias bibliográficas

1. Chaussy C et al. First clinical experience with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. J Urol. 1982 Mar;127(3):417-20

2. Storheim K, Gjersing L, Bølstaad K, Risberg MA. Extracorporeal shock wavetherapy (ESWT) and radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) in chronic musculoskeletal pain. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2010 Dec 2; 130(23):2360-4. Systematic Review.
3. Haupt G, Haupt A, Ekkernkamp A, Gerety B, Chvapil M. Influence of shock waves on fracture healing. *Urology*. 1992 Jun; 39(6):529-32.
4. Cacchio A, Giordano L, Colafarina O, Rompe JD, Tavernese E, Ioppolo F, Flamini S, Spacca G, Santilli V. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Nov;91(11):2589-97.
5. Huisstede BM, Gebremariam L, van der Sande R, Hay EM, Koes BW. Evidence for effectiveness of Extracorporeal Shock-Wave Therapy (ESWT) to treat calcific and non-calcific rotator cuff tendinosis - A systematic review. *Man Ther*. 2011 Mar 9.
6. Gerdesmeyer L, Frey C, Vester J, Maier M, Weil L, Gollwitzer H. Radial extracorporeal shock wave therapy is safe and effective in the treatment of chronic recalcitrant plantar fasciitis: results of a confirmatory randomized placebo-controlled multicenter study. *Am J Sports Med*. 2008 Nov;36(11):2100-9.
7. Spacca G, Necozone S, Cacchio A. Radial shock wave therapy for lateral epicondylitis: a prospective randomized controlled single-blind study. *Eur Med Phys* 2005. 41: 17-25
8. Rompe JD, Nafe B, Furia JP, Maffulli N. Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait and-see policy for tendinopathy of the main body of tendon Achilles: a randomized controlled trial. *American Journal of Sports Medicine* 2007. 35: 374-383.
9. Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric Loading Compared with Shock Wave Treatment for Chronic Insertional Achilles Tendinopathy. A Randomized, Controlled Trial *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:52-61.
10. Rompe JD, Segal NA, Cacchio A, Furia JP, Morral A, Maffulli N. Home training, local corticosteroid injection, or radial shock wave therapy for greater trochanter pain syndrome. *Am J Sports Med*. 2009 Oct;37(10):1981-90.
11. Cacchio A, Rompe JD, Furia JP, Susi P, Santilli V, De Paulis F. Shockwave therapy for the treatment of chronic proximal hamstring tendinopathy in professional athletes. *Am J Sports Med*. 2011 Jan;39(1):146-53.
12. Moen MH, Rayer S, Schipper M, Schmikli S, Weir A, Tol JL, Backx FJ. Shockwave treatment for medial tibial stress syndrome in athletes; a prospective controlled study. *Br J Sports Med*. 2011 Mar 9.
13. Mittermayr R, Hartinger J, Antonic V, Mein A, Schaden W. Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) Minimizes Ischemic Tissue Necrosis Irrespective of Application Time and Promotes Tissue Revascularization by Stimulating Angiogenesis. *Ann Surg*. 2011 Mar 2.
14. Keil H, Mueller W, Herold-Mende C, Gebhard MM, Germann G, Engel H, Reichenberger MA. Preoperative shock wave treatment enhances ischemic tissue survival, blood flow and angiogenesis in a rat skin flap model. *Int J Surg*. 2011 Jan 21.
15. Mittermayr R, Hartinger J, Antonic V, Meinel A, Pfeifer S, Stojadinovic A, Schaden W, Redl H. Extracorporeal shock wave therapy (ESWT) minimizes ischemic tissue necrosis irrespective of application time and promotes tissue revascularization by stimulating angiogenesis. *Ann Surg*. 2011 May;253(5):1024-32.
16. Berta L, Fazzari A, Ficco AM, Enrica PM, Catalano MG, Frairia R. Extracorporeal shock waves enhance normal fibroblast proliferation in vitro and activate mRNA expression for TGF-beta1 and for collagen types I and III. *ActaOrthop*. 2009 Oct;80(5):612-7.
17. Chen YJ, Wang CJ, Yang KD, Kuo YR, Huang HC, Huang YT, Sun YC, Wang FS. Extracorporeal shock waves promote healing of collagenase-induced Achilles tendinitis and increase TGF-beta1 and IGF-I expression. *J Orthop Res*. 2004 Jul;22(4):854-61

18. Wang CJ, Wang FS, Yang KD, Weng LH, Hsu CC, Huang CS, Yang LC. Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon-bone junction. A study in rabbits. *J Orthop Res.* 2003 Nov;21(6):984-9.
19. Meglio FD, Nurzynska D, Castaldo C, Miraglia R, Romano V, De Angelis A, Piegari E, Russo S, Montagnani S. Cardiac shock wave therapy: assessment of safety and new insights into mechanisms of tissue regeneration. *J Cell Mol Med.* 2011 Jul 27.
20. Fu M, Sun CK, Lin YC, Wang CJ, Wu CJ, Ko SF, Chua S, Sheu JJ, Chiang CH, Shao PL, Leu S, Yip HK. Extracorporeal shock wave therapy reverses ischemia-related left ventricular dysfunction and remodeling: molecular-cellular and functional assessment. *PLoS One.* 2011;6(9):e24342.
21. Van der Jagt OP, Piscaer TM, Schaden W, Weinans H. Unfocused extracorporeal shockwaves induce anabolic effects in rat bone. *J Bone Joint Surg Am.* 2011 Jan 5;93(1):38-48.
22. Hofmann A, Ritz U, Hessmann MH, Alini M, Rommens PM, Rompe JD. Extracorporeal shock wave-mediated changes in proliferation, differentiation, and gene expression of human osteoblasts. *J Trauma.* 2008 Dec;65(6):1402-10.
23. John P. Furia, Paul J. Juliano, Allison M. Wade, Wolfgang Schaden and Rainer Mittermayr Shock Wave Therapy Compared with Intramedullary Screw Fixation for Nonunion of Proximal Fifth Metatarsal Metaphyseal-Diaphyseal Fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 92:846-854. April 2010
24. Ottomann C, Hartmann B, Maier H, Thiele R, Schaden W, Stojadinovic A. Prospective randomized trial of accelerated re-epithelization of skin graft donor sites using extracorporeal shock wave therapy. *J Am Coll Surg.* 2010 Sep;211(3):361-7.
25. Ottomann C, Stojadinovic A, Lavin PT, Gannon FH, Heggeness MH, Thiele R, Schaden W, Hartmann B. Prospective Randomized Phase II Trial of Accelerated Reepithelialization of Superficial Second-Degree Burn Wounds Using Extracorporeal Shock Wave Therapy. *Ann Surg.* 2011 Aug 17.
26. Larking AM, Duport S, Clinton M, Hardy M, Andrews K. Randomized control of extracorporeal shock wave therapy versus placebo for chronic decubitus ulceration. *Clin Rehabil.* 2010 Mar;24(3):222-9.
27. Kikuchi Y, Ito K, Ito Y, Shiroto T, Tsuburaya R, Aizawa K, Hao K, Fukumoto Y, Takahashi J, Takeda M, Nakayama M, Yasuda S, Kuriyama S, Tsuji I, Shimokawa H. Double-blind and placebo-controlled study of the effectiveness and safety of extracorporeal cardiac shock wave therapy for severe angina pectoris. *Circ J.* 2010 Mar;74(3):589-91.
28. Tao SM, Guo T, Wang Y, Cai HY, Yang C. Extracorporeal cardiac shock wave therapy improved myocardial micro-vascular circulation after acute myocardial infarction at early stage in pigs. *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2011. Mar;42(2):222-6.