

Ortopedi ve Travmatolojide Şok Dalga Tedavisi

İsmail Baloğlu*, M. Hakan Özsoy**, Hilmi Aydınok***, Veli Lök****

Şok dalga tedavisi (ossa-terapi, ekstrakorporeal şok dalga tedavisi, Extracorporeal Shock Wave Therapy-ESWT), yüksek amplitüdü ses dalgalarının vücudun istenen bölgesine odaklanması ve orada tedavi sağlaması esasına dayalı yeni bir ortopedik tedavi yöntemidir. 1970'lerde şok dalgalarının ürolojide kullanılmaya başlanmasından sonra yapılan deneysel çalışmalarda, alt üreter taşlarının kırılması sırasında iliumda değişikliklerin görülmesi ile kemik doku üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.⁽¹⁾ Ortopedi ile ilgili ilk çalışma 1987 yılında Karpman ve ark. tarafından yapılmış ve köpek femur modelinde, şok dalgaları uygulanarak kemik çimentosu ve çimento-kemik aralığında mikrokırıklar oluştuğu bildirilmiştir.⁽²⁾ 1991 yılında Valchanou ve Michailov'un psödoartrozların tedavisinde bildirdikleri %85.4 oranında başarılı sonucun ardından ESWT ortopedi ve travmatolojide yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.^(3,4) Günümüzde şok dalgaları, plantar fasciitis, lateral humeral epikondilit, kırık kaynamaması ve kaynama gecikmesi ve omuzun kalsifiye tendinitinin tedavisinde yoğun olarak uygulanmalarının yanında femur başı avasküler nekrozu, aşil tendiniti, patellar tendinit ve osteokondritis dissekans tedavilerinde de kullanılmaktadır.

Şok dalgaları, yüksek amplitüd ve kısa dalgalı, tekli pulsatil akustik dalgalardır. Bu dalgalar iki farklı akustik empedansı olan doku aralığında (örneğin yumuşak dokudan kemiğe geçerken) mekanik enerjilerini dağıtırlar. Şok dalgaları, elektrik jeneratörleri tarafından üretilir ve dalga oluşumu için elektroakustik konvertör ve bir eliptik odaklayıcıya ihtiyaç duyarlar. Sesi yaratan jeneratörün tipine göre elektrohidrolik, elektromagnetik ve piezoelektrik olmak üzere üç farklı sistem bulunmaktadır. Şok dalgaları su gibi sıvı bir ortam içinde yaratılır ve biyo-

lojik dokulara geçişini kolaylaştırmak için jel kullanılır.^(1,5)

Şok dalgaları ultrason dalgalarına benzeseler de, onlardan farklı dalgalardır. Ultrason dalgaları şok dalgalarının aksine sinüs dalgası şeklinde eşit olarak yayılmaktadır. Önemli ayırıcı bir özellik de iki ortamı ayıran sınırdaki şok dalgasındaki akustik enerjinin, basınç ve elastik güç olarak değişmeye uğraması ve daha sonra kabarcık (kavitasyon) etkisi oluşmasıdır. Diğer bir deyişle, sınır yüzeyinde şok dalgası ile hava kabarcığı oluşmakta ve tekrar büzülmemektedir. Bu esnada 400-1000 bar'a kadar ulaşan bir basınç meydana gelir ve bu basınç yüksekliği ultrasondan 1000 kat daha fazladır.⁽⁵⁾

Şok dalgası oluşturan cihazları ve farklı tedavileri karşılaştırmada "enerji yoğunluğu" ve "total enerji miktarı" önem taşımaktadır. Enerji yoğunluğu (Energy Flux Density); her şok dalgasında 1mm² alana iletilen maksimum akustik enerji miktarıdır. Total dalga enerjisi; uygulanan alana yayılan enerji yoğunluklarının toplamıdır. Bu terim her şok dalgası tarafından ortaya çıkarılan total akustik enerjiyi tarif etmektedir. Total enerji miktarı ise her dalga tarafından ortaya çıkarılan enerjinin kullanılan şok sayısı ile çarpımı sonucu elde edilir.^(1,5)

Literatürde düşük, orta ve yüksek enerjiden bahsedilirken, bu tanımlamada kesin bir fikir birliği yoktur. Speed ve ark. enerji yoğunluk seviyelerine göre 0.10 mJ/mm²den daha aşağı dozları "düşük enerji", 0.10-0.20 mJ/mm² arası "orta enerji" ve 0.20 mJ/mm² üzeri "yüksek enerji" olarak adlandırmaktadır.⁽⁶⁾ Rompe ve ark. ise; 0.08 mJ/mm² enerji yoğunluğuna kadar olan enerjiyi "düşük enerji", 0.08-0.28 mJ/mm² arasını "orta enerji" olarak değerlendirmişlerdir.⁽⁷⁾ Mainz, enerji yoğunluklarına göre 0.08-0.27 mJ/mm² arasını "düşük enerji", 0.28-0.59 mJ/mm² arasını "orta enerji" ve 0.60 ve üzerini ise "yüksek enerji" olarak isimlendirmekteyken, Kassel ise 0.12 mJ/mm² altını "düşük enerji" ve 0.12 mJ/mm² üzerini ise "yüksek enerji" olarak adlandırmaktadır.⁽⁸⁾

* Op. Dr., Allersberger Straße 81-D 90461 Nürnberg/ALMANYA

** Op. Dr., S.B. Ankara Hastanesi, 1. Ortopedi ve Tiv. Kl. Başasistanı, Ankara

***Op. Dr., Eşrefpaşa Belediye Hastanesi, Ortopedi ve Tiv. Uzmanı, İzmir

****Prof Dr., 1416 Sokak, No:11 Kahramanlar 35230 İzmir

Şok Dalgalarının Tendinopatiler ve Tendon-Kemik Bileşkesi Üzerine Etkileri

ESWT'nin tendon-kemik bileşkesinde görülen tendinopatiler üzerinde etkisini araştıran bir çok deneysel çalışma yapılmıştır. Orhan ve ark., farelerde aşıl tendonu parsiyel rüptür modelinde, ESWT uygulanan (500 şok, 15 kV) deneklerde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, yeni damar oluşumunun arttığı, daha az yapışıklık geliştiği ve mekanik olarak daha güçlü bir doku elde edildiğini bildirmişlerdir⁽⁹⁾. Hsu ve ark., tavşanlarda oluşturdukları patellar tendinit modelinde, 0.29 mJ/mm² enerji yoğunluğunda ESWT uyguladıklarında iyileşme dokusunda kollajen sentezinin arttığı, yeni damarlanmanın hızlandığı ve dokunun tensil gücünün arttığını bildirmişlerdir.⁽¹⁰⁾ Wang ve ark. da tavşanlarda yaptıkları bir deneysel çalışmada, düşük enerjili şok dalgalarının (0.12 mJ/mm² ve 500 şok) aşıl tendon-kemik bileşkesine uygulandığında yeni damar oluşumunu hızlandırdığını ve bu etkinin 12 haftaya kadar devam ettiğini göstermişlerdir. Bu çalışmada dokuda VEGF (vessel endothelial growth factor) ve eNOS (endothelial nitric oxide synthetase) gibi anjiogenetik belirteçlerin (marker) arttığını tespit etmişlerdir.⁽¹¹⁾

Sonuç olarak ESWT'nin yumuşak dokulardaki olası etki mekanizmasının şok dalga sonrası anjiogenez ile ilişkili büyüme faktörlerinin ortama salınması ve bunun da yeni damar oluşumunu ve ortamdaki oksijenasyonu arttırarak doku iyileşmesini hızlandırması olduğu düşünülmektedir.

Yumuşak doku patolojilerinde uygulama dozları ve kullanılan enerji miktarlarında çalışmalar arasında farklılıklar görülmektedir. Genel kabul gören fikir, yüksek dozların hasara yol açtığı ve uygulanmaması gerektiği şeklindedir. Rompe ve ark., tavşan aşıl tendonunda şok dalgalarının doza bağımlı bir etki gösterdiklerini tespit etmiştir. 0.60 mJ/mm² enerji yoğunluğundaki uygulamada tendonda kalınlaşma, fibrinoid nekroz ve inflamatuvar peritendinöz reaksiyonlar görüldüğü ve bu etkinin uygulamadan 4 hafta sonra bile devam ettiği, bunun da tendonun mekanik gücünü azaltarak parsiyel ya da total rüptür riskini getirdiği bildirmiş ve tendon hastalıklarının tedavisinde 0.28 mJ/mm²'nin üzerindeki dozların klinikte kullanılmaması gerektiği yorumuna varmışlardır.⁽⁷⁾ Orhan ve ark., farelerde yaptıkları çalışmada ESWT'nin aşıl tendonu üzerinde doza bağımlı bir etki gösterdiğini ve 0.20 mJ/mm² dozda belirgin

histolojik değişiklikler görüldüğünü bildirmişlerdir.⁽¹²⁾ Benzer şekilde Perlick ve ark. 0.2 - 0.54 mJ/mm² arası yüksek enerji kullanıldığında tendon lezyonlarının geliştiğini, 0.23 mJ/mm² altındaki dozlarda ise düşük oranda yan etkiler görüldüğü ve başarılı klinik sonuçlara ulaşılabildiği bildirmişlerdir.⁽¹³⁾ Maier ve ark. da ESWT'de kullanılan enerjinin tavşan quadriceps tendonuna olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında, 0.5 mJ/mm² üzerindeki enerjilerde tendon ve paratenonda morfolojik değişiklikler başladığını göstermişler ve insan quadriceps tendonuna da bu dozun üzerine çıkılmaması gerektiği sonucuna varmışlardır.⁽¹⁴⁾

Şok dalgalarının kullanılmasında damar-sinir dokularının üzerine odaklanmamasına dikkat edilmelidir. Wang ve ark., köpeklerde 0.47 mJ/mm² enerji yoğunluğundaki şok dalgalarının femoral damarlar ve sinire uygulandığında; femoral arterde orta katın adventisyadan ayrıldığını, femoral sinirde ise ödem ve çevre dokularda inflamatuvar reaksiyon geliştiğini bildirmişlerdir.⁽¹⁵⁾ Bolt ve ark., atlarda palmar dijital sinir bölgesine ESWT uygulandığında sinir iletim hızlarının bozulduğu ve elektron mikroskopisinde miyelin kılıfında parçalanmalar görüldüğünü rapor etmişlerdir.⁽¹⁶⁾

Şok Dalgalarının Kırık İyileşmesi Üzerine Etkileri

ESWT'nin kırık iyileşmesi, kemik ve kırık dokular üzerinde etkileri ile ilgili çok sayıda deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Haupt ve ark. farelerde yaptıkları bir çalışmada, şok dalga tedavisinin kırık iyileşmesi üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir.⁽¹⁷⁾ Johannes ve ark., köpeklerde oluşturdukları hipertrofik kaynamama modelinde, 4000 şok dalgasını 14.5 kV enerji seviyesinde uyguladıklarında, 12 haftada tüm deneklerde başarılı kaynama elde ettiklerini bildirmişlerdir.⁽¹⁸⁾ Wang ve ark., şok dalga tedavisinin köpeklerde akut tibia kırıklarına uygulandığında 12. haftadan sonra kallus oluşumu ve kortikal kemik oluşumunu arttırdığını göstermiştir.⁽¹⁹⁾ Uslu ve ark. da, osteotomi hattına ESWT uygulanan tavşanlarda daha fazla kallus oluştuğunu tespit etmişlerdir.⁽²⁰⁾ Yine Wang ve ark. 24 tavşanda oluşturdukları kapalı femur kırığı modelinde, yüksek doz (0.47 mJ/mm², 4000 şok) ESWT uygulananlarda, düşük doz (0.18 mJ/mm², 2000 şok) uygulama ve kontrol grubuna göre kemik kütlesi ve dayanıklılığı anlamında daha başarılı yeni kemik oluşumu

elde ettiklerini bildirmişlerdir.⁽²¹⁾ Hsu ve ark., 42 tavşan tibia diafiz kırığı üzerine yaptıkları çalışmada; iyileşme dokusunun mekanik gücünün hem erken hem de geç dönemde ESWT uygulananlarda kontrol grubuna göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.⁽²²⁾

Hayvan deneylerinde şok dalgalarının kemik iyileşmesi üzerindeki olumlu etkilerini gösteren birçok çalışma karşısında mekanik stabilitenin azaldığı, osteosit ölümüne, kemik iliği nekrozuna ve kırık iyileşmesinde gecikmeye neden olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur.^(5,23,24) Koyunlarda tibia osteotomisi sonrası ESWT'nin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, Forriol ve ark. ESWT'den 3 hafta sonra kortikal kemikte ve periost yüzeyinde herhangi bir değişiklik saptamamış ve kemik iyileşmesinin de geciktiğini bildirmişlerdir.⁽²³⁾ Augat ve ark., koyun tibialarında yaptıkları çalışmada, ESWT'nin kırık iyileşmesi üzerinde olumlu bir etkisinin olmadığını saptamışlar ve istatistiksel olarak anlamlı olmasa da dalga gücünün artırılmasının kırık iyileşmesinde olumsuz etki gösterdiğini bildirmişlerdir.⁽²⁴⁾

Kırık iyileşmesinde kullanılan enerji miktarı klinik çalışmalarda farklılık göstermektedir. Bu konudaki deneysel çalışmalarda; Chen ve ark. sıçanlarda kaynamama modelinde farklı enerji seviyelerini araştırdıklarında optimal enerji seviyesinin 0.16 mJ/mm² ve 500 şok dalgası olduğu ve 0.28 mJ/mm² üzeri dozların hem kaynama üzerinde ilave etkisi olmadığı hem de artmış yan etkilerini nedeniyle sıçanlarda kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Yazarlar insanlarda da 0.42 mJ/mm² dozunun aşılması gerektiğini bildirmişlerdir.⁽²⁵⁾ Maier ve ark. da 0.50 mJ/mm² üzerindeki dozların, yan etkilerinden dolayı kullanılmaması gerektiği sonucuna varmışlardır.⁽²⁶⁾ Martini ve ark. da 21 kV (0.31 mJ/mm²) üzerindeki dozların osteoblastlar üzerinde sitotoksik etki gösterdiğini bildirmişlerdir.⁽²⁷⁾ Haake ve ark. da, enerji miktarı arttıkça hücrelerin içinde defektler geliştiği ve hücrelerin kendini onarma kabiliyetinin de azaldığını belirtmişlerdir.⁽²⁸⁾ Bu sonuçlara karşın, klinik çalışmalarda 0.84 mJ/mm²'ye ulaşan enerji yoğunluklarında bile başarılı sonuçlara ulaşıldığı bildirilmiştir. (Tablo 1)

ESWT'nin kırık iyileşmesindeki etki mekanizması tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir. Bazı çalışmalarda ESWT'nin mikrokırıklar ve hematoma oluşturarak kemik yapımını uyarıcı etki gösterdiği iddia

edilmektedir.^(3,29,30) Buna karşın son yıllarda yapılan deneysel çalışmalarda, etkinin mikrokırık oluşumu ile ilgili olmadığı ve mitojenik ve osteojenik uyarının kırık kaynamasını hızlandıran nedenler olduğu iddia edilmiştir.^(25,31) ESWT'nin ortamdaki TGF- β 1 ve BMP-2 üretimini arttırdığı ve bu mediatörler aracılığıyla mezenkimal kök hücrelerinin kemik iliğinden ortama çağrılmasını (recruitment) ve osteoprogenitor hücrelere farklılaşmasını hızlandırdığı iddia edilmektedir.^(25,32,33) Aynı zamanda hücre membranı hiperpolarizasyonu ve membranbağlı proteinlerin aktivasyonu ile osteoblastik proliferasyonu ve farklılaşmayı arttırdıkları gösterilmiştir.^(25,33) Martini ve ark., osteoblast hücre kültürüne şok dalgası uygulandığında, osteoblastlarda nitrik oksit, osteokalsin ve TGF- β 1 üretiminin arttığını ve osteoblastik farklılaşmanın hızlandığını bildirmişlerdir.⁽²⁷⁾ Maier ve ark. tavşanlarda yaptıkları deneysel çalışmada, normal femura ESWT uygulandığında erken dönemde (10. günde) kanlanmada azalma ve ardından 28. günde kanlanmada artış tespit etmişlerdir. ESWT'nin etkisinin kanlanması azalmış ya da avasküler dokuların mikro destrüksiyonu ile revaskülarizasyonun ivmelenmesi, lokal büyüme faktörlerinin salınımı ve onarım için gerekli kök hücrelerinin ortama çağırılması ile ilgili olduğunu iddia etmişlerdir.⁽²⁶⁾

Gecikmiş Kaynama ve Kaynamamalarda Şok Dalgası Uygulamaları

Günümüzdeki osteosentez ameliyatlarının mükemmelliğine rağmen psödartrozların rastlanma sıklığı %5'e kadar varmaktadır.⁽³⁴⁾ Psödartrozların tedavisinde bazı konservatif yöntemler (fonksiyonel brace, yürüme alçısı) başarı ile kullanılabilirle beraber, büyük çoğunlukla cerrahi tedaviye gereksinim doğmaktadır.⁽³⁵⁾ Daha önceki tedavisi başarısızlıkla sonuçlanmış bir hastada, yeni bir ameliyatın kabulü, onun komplikasyonlarının üstlenilmesi zorluk yaratmakta ve çoğunlukla hastanın hekiminden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Cerrahinin yerine komplikasyonu az olan, konservatif ve ucuz bir yöntemin uygulanabilirliği, hekimi ve hastayı önemli derecede rahatlatmaktadır. Bu bakımdan şok dalga tedavisinin (ESWT) başarılı bir yöntem olarak ortaya çıkması, ortopedi ve travmatoloji de büyük önem kazanmıştır.

Şok dalga tedavisinin kullanımı ile ilk olarak Valchanou ve Michailov farklı yerleşimlerdeki 82

Tablo 1: Kaynama gecikmesi ve kaynamama olgularında ESWT uygulamaları ile ilgili klinik seriler.

Yazar	Olgu Sayısı	İzlem Süresi (ay)	Başarı(%)	Vuruş Sayısı	Enerji Yoğunluğu (mJ/mm ²)	Bölge
Wang ⁽⁴³⁾	72	12	80	6000	0,62	Femur-tibia
				3000	0,56	Humerus
				2000	0,56	Radius-ulna
				1000	0,47	Metatars
Rompe ⁽³⁴⁾	43	4	72	3000	0,60	Femur-tibia
Vogel ⁽³⁸⁾	52	3.4	60.4	3000	0,60	Femur-tibia-diz-ayak bileği-metatars
Schaden ⁽³⁹⁾	115	3 ay - 4 yıl	75.7	12000	0.40	Tibia-femur
				2500	0.35	Skafoid
Schoellner ⁽⁴⁰⁾	43	4	72.1	3000	0,60	
Wirsching ⁽⁴¹⁾	115	36	81		0,84	
Biedermann ⁽³⁵⁾	16 kaynama gecikmesi		93	2900	0.70	

gecikmiş kaynama ve kaynamama serilerinde 70 kırıkta (%85.4) başarılı kaynama elde edebilmişlerdir.⁽³⁾ Bu başarı ortopedi camiasında büyük ilgi toplamış ve sonra yapılan çalışmalar ile kırık kaynamamalarında %41 ile %81 arasında başarılı sonuçlar bildirilmiştir. (Tablo 1)

Wang ve ark. 72 hastalık kronik kaynamama olgu serilerinde, hipertrofik kaynamamalarda sonuçları daha iyi bildirirken, atrofik tipte sadece %27.3 oranında başarılı sonuç bildirmişlerdir.⁽³⁶⁾ Rompe ve ark., kırığa bağlı kaynamamalarda femurda %66, tibiada %50 oranında başarıya ulaşabilmişken, osteotomi sonrası kaynamamalarda femurda %80 ve tibida %81 kaynama elde edebilmişlerdir.⁽³⁴⁾ Vogel ve ark., atrofik psödoartroz, nörofibromatozis, fibroz displazi veya osteogenesis imperfekta gibi konjenital bozukluklarda başarının daha düşük olduğunu belirtmişler ve bu olgular değerlendirme dışı bırakılırsa başarı oranının %67 olduğunu söylemişlerdir.⁽³⁸⁾ Wirsching ve ark.'nın serisinde, hipertrofik psödoartrozların tamamı kaynarken avasküler psödoartrozlarda %57 oranında başarılı sonuç bildirilmiştir. Yazarlar, avasküler tipteki kaynamamalarda spongios otogreftleme ve beraberinde ESWT uygulanmasını önermişlerdir.⁽⁴¹⁾ Biedermann ve ark. da, kaynamama olgularında ortalama %56 başarı elde etmiş ve hipertrofik kaynamamalarda bu oranın %62 ve atrofik tipte ise %50 olduğunu bildirmişlerdir. Fakat elde edilen başarının kırık kaynamasının doğal süreci sonucunda mı yoksa ESWT'nin etkisi ile mi olduğunun

ayrımının yapılamadığı ve bu nedenle randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.⁽³⁵⁾

Beutler ve ark. ise, 2 x 2000 şok dalgası ve 18 kV seviyesinde ESWT uyguladıkları 27 psödoartrozda sadece %41 oranında başarılı sonuca ulaşabildiklerini bildirmişlerdir. Başarı hipertrofik tipte %53, atrofik tipte ise %25 oranındadır. Yazarlar, eğer uygulamadan 3 ay sonra kırıkta kaynama adına değişiklik görülmediyse cerrahinin gündeme gelmesi gerektiği yorumunu yapmışlardır.⁽⁴²⁾

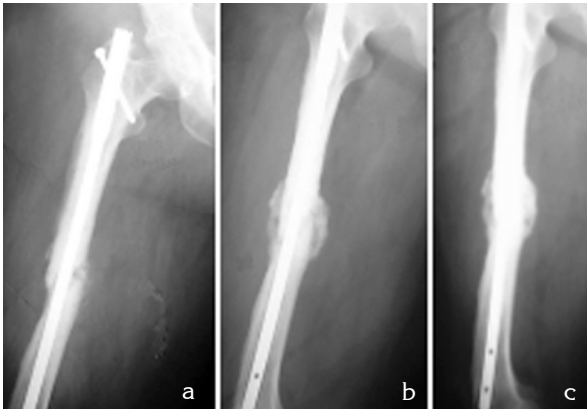
Tüm bu çalışmalarda hasta grupları heterojen olup hasta seçim kriterleri farklılıklar göstermektedir. ESWT öncesi ve sonrası uygulamalar, çalışmalar arasında ve hatta çalışmaların kendi içinde farklıdır. Literatürdeki yayınlarda bulunan en büyük sorunlardan biri de enerji şekillerinin birbirine çevrilmesindeki (kV'nin mJ/mm²'ye çevrilmesi ya da tersi) farklılıklardır. Bunun yanında şok dalgası üretim metodu, uygulanan doz ve şok sayısı, tekrar sıklığı, takip kriterleri ve takip süreleri benzer olmadığı için çalışmaları karşılaştırmak mümkün olamamaktadır.

Gerçek kontr-endikasyonlar olarak çevrede akut enfeksiyonlar, akut osteomyelit, hemorajik diyatezler, habis tümörler ve gebelik kabul edilmektedir. Keza patolojik kırıklarda, kapanmamış epifiz büyüme bölgelerinde, kalp pili olan hastalarda, büyük sinirlerin bulunduğu bölgelerde veya omurilik bölgesinde, immün süpresif ve antikoagülan ilaç kullanan hastalarda ESWT uygulanması önerilmemektedir.^(34,39,43) Fragmanlar arasında 5 mm'den

fazla aralık veya atrofik psödartroz varlığının önceden belirlenmesi gerekir. Atrofik ve sintigrafide reaktif bulgu göstermeyen psödartrozlarda iyileşme oranı daha düşüktür.^(36,38,41) Osteosentezin tekniği uygun yapılması durumunda ESWT başarısı olumsuz etkilenmemektedir. İnstabilite durumunda şok dalgası tedavisi ile birlikte eksternal immobilizasyon kullanımı gerekmektedir.^(36,37,39,43) Hastada osteosentez materyali bulunması kontr-endikasyon yaratmaz ancak, intramedüller çivileme yapılmış olgularda sonuçlar, plaklı osteosentezlere göre daha başarılıdır. (Şekil 1)

Psödartroz tedavisinde ESWT minimal invaziv bir yöntem olup ciddi komplikasyonlara rastlanmamıştır. Yüzeysel peteşiler, doku ödemi ve dermal erozyon en sık bildirilen komplikasyonlardır.^(34, 37-39) Wang ve ark., 72 olgunun 58'inde (%80.6) yüzeysel peteşi ve 27'sinde de (%37.5) hematoma oluştuğunu fakat bunların kendiliğinden düzeldiğini bildirmişlerdir.⁽³⁶⁾ Minimal invaziv bir girişim olarak değerlendirilmesine karşın, uygulama ağrılı olduğu için rejyonel ya da genel anestezi gerekmektedir.⁽³⁹⁾ Düşük orandaki komplikasyonların yanı sıra, cerrahi yöntemlere göre daha ucuzdur ve ayaktan tedavi olarak da uygulanabilir.

Biz küçük kemiklerde 22-24 kV ve 1500-2000 şok dalgası kullanmaktayız. Femur, tibia, humerus gibi büyük kemiklerde ise 28 kV ve 6000 şok dalgası uygulamaktayız. Bu 6000 şok dalgasını 3-4 farklı odağa ve her odağa 1500-2000 vuruş gelecek şekilde uygulamaktayız. Kaynamayı 3 aylık perodlarda takip ederek en fazla 4 uygulama yapmaktayız. 2000 yılına kadar olan 25 olgumuzda tek uygulama ile %78 oranında kaynama elde edebildik.^(44, 45) (Şekil 2)



Şekil 1a,b,c: a: Femurda kaynamama; b: Şok dalga tedavisinden 4 ay sonra kaynama oluşumu; c: Şok dalga tedavisinden 8 ay sonra kaynama oluşumu.



Şekil 2 a,b,c: Kaynamama tedavisinde şok dalgası tedavisi. a: Kubbe tipi yüksek tibia osteotomisinden sonra kaynamama; b: Şok dalga tedavisinden 7 hafta sonra kaynama başlamış; c: 4 ay sonra kaynama tamamlanmış.

Bu konuda randomize, plasebo kontrollü çalışmaların bulunmaması kesin bir yargıya varmayı olanaklı kılmamasına rağmen, ESWT'nin kaynamamış kırıklarda kullanımı, bildirilen başarılı sonuçlar bulunması ve komplikasyonların göz ardı edilebilecek kadar az olması nedeniyle cerrahi tedaviye baş vurmadan önce denenebilecek önemli bir tedavi alternatifidir. Hipertrofik tipte kaynamamalar, atrofik tipte göre daha başarılı sonuçlar vermektedir ve tedavinin etkisine karar vermek ve daha farklı tedavilere geçmek için en az 3 aylık bir süre beklenmesi gerekmektedir.

Omuzun Kalsifiye Tendinitinde Şok Dalga Tedavisi

Omuzun kalsifiye tendiniti çoğunlukla 30-60 yaşları arasında görülen ve günlük ortopedi pratiğinde sık olarak rastlanan bir sorundur. Asemptomatik hastalarda %2.5 ile %20 arasında kalsifikasyon görüldüğü ve omuz şikayetleri ile baş vuran hastalarda %54 oranına varan miktarda kalsifikasyon görülebildiği bildirilmiştir.⁽⁴⁶⁾ Bu hastalığın etyolojisi tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir ancak, rotator manşette hipovaskülarizasyon ve dejeneratif değişiklikler sonucunda kondroid metaplazi ve tendonda kalsifikasyon gelişimi öne sürülen nedenlerdir.⁽⁴⁷⁾ Kalsifiye tendinitin kronik veya subakut evresinde fizik tedavi, lokal anestetik veya kortikosteroid enjeksiyonu ya da her ikisi birlikte uygulanabilmektedir. İğne ile lavaj uygulamaları da önerilen tedaviler arasındadır. Konservatif tedavinin başarısı %30 ile 85 arasında değişmektedir.⁽⁴⁸⁾ Açık cerrahi ile % 79-89 arasında başarılı sonuçlar bildirilmiştir.⁽⁴⁹⁾

ESWT, 1993 yılından beri omuzun kalsifiye tendinitinde kullanmakta olan bir alternatif tedavidir. Literatürde omuzda kalsifik tendinit olgularında şok

Tablo 2: Omuz kalsifiye tendinitine ESWT uygulamaları ile ilgili klinik seriler.

Yazar	Olgu Sayısı	İzlem Süresi (ay)	Başarı(% ESWT)	Başarı(% Plasebo)	Radyolojik Kalsifikasyonun Kaybolması (%)ESWT	Radyolojik Kalsifikasyonun Kaybolması (%)Plasebo	Vuruş Sayısı	Uygulama Sayısı	Enerji Yoğunluğu
Wang ⁽⁴⁷⁾	29	3	61.9	-	28.6 Tam 9.5 Parsiyel	-	1000	1 - 3	14 kV (0.18 mJ/mm ²)
Wang ⁽⁵³⁾	37 ESWT 6 Plasebo	24	90.9	Yok	57.6 Tam 15.1 Parsiyel	16.7 Parsiyel	1000	1 - 3	14 kV (0.18 mJ/mm ²)
Cosentino ⁽⁵⁶⁾	35 ESWT 35 Plasebo	6	69	Yok	40 Tam 31 Parsiyel	Yok	1200	4	0.28 mJ/mm ²
Rompe ⁽⁴⁶⁾	40	1.5 6	72.5	-	10 Tam 42.5 Parsiyel 15 Tam 47.5 Parsiyel	-	1500	1	0.28 mJ/mm ²
Rompe ⁽⁴⁸⁾	50	12 24	60 64	-	47 Tam 33 Parsiyel -	-	3000	1	0.60 mJ/mm ²

dalga tedavisinin klinik başarısı %36 ile %85 arasında iken radyolojik olarak kalsifikasyonların kaybolması ise %19 ile %77 arasında bildirilmiştir.^(46,50,51) (Tablo 2)

Kalsifik tendinitte ESWT'nin etki mekanizması ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Loew ve ark., etki mekanizmasını; şok dalgası odağında basıncın artması ve bunun da kalsifikasyonda fragmantasyon ve kavitasyon meydana getirerek kalsifik birikintilerin çözülmesi ve çevre dokular tarafından absorbe edilmesi olduğunu düşünmektedirler.⁽⁵¹⁾ Perlick ve ark. ise etki mekanizmasının kalsifikasyonun fiziksel parçalanma ve erimesine değil, şok dalgalarının dokuda yarattığı mekanik irritasyon sonucunda inflamatuvar değişikliklerin tetiklenmesine bağlı olduğunu düşünmektedir.⁽⁵²⁾ Wang ve ark. da kalsifikasyondaki çözülmenin mekanik irritasyona değil, ortamdaki artmış kan dolaşımına bağlı olduğu yorumuna varmışlardır.⁽⁵³⁾

Omuzun kalsifiye tendinitinde genel kabul gören şok dalgası uygulanma endikasyonları; hastanın erişkin olması, en az 6 aylık konservatif tedaviye yanıt vermeyen semptomların bulunması, radyolojik olarak en az 10 mm ve homojen ya da heterojen fakat keskin sınırları olan (Gartner Tip I ya da II) kalsifikasyonların bulunması şeklindedir. Omuzun adheziv kapsülitinde, rotator manşet lezyonu varlığında, omuz bölgesinde osteoartrit, tümöral, inflamatuvar veya enfeksiyöz hastalıkların varlığında, çocuklarda, hamilelerde ve oral antikoagulan kullananlarda ESWT önerilmemektedir.^(4,54,55)

Rompe ve ark., kalsifikasyonu tamamen kaybolan hastaların fonksiyonel sonuçlarının parsiyel kaybolanlara göre daha başarılı olduğunu tespit etmişler ve iyi klinik sonuca ulaşabilmek için kalsifikasyonların tamamen elimine edilmesinin tedavinin temel amacı olması gerektiğini bildirmişlerdir.⁽⁵⁷⁾ Yine Rompe ve ark., kalsifiye tendinitte cerrahi ve yüksek enerjili ESWT'nin sonuçlarını karşılaştırdıkları bir başka çalışmada, 1 yıllık izlemde cerrahi (%75 başarılı) ve ESWT (%60 başarılı) arasında anlamlı farklılık olmadığını; fakat iki yıllık takipte cerrahinin (%90 başarılı) ESWT'ye (%64 başarılı) oranla daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Homojen ve keskin sınırlı kalsifikasyonu olanlarda (Gartner Tip I) cerrahi daha iyi sonuçlara varırken, Gartner Tip II kalsifikasyonu olanlarda (keskin sınırlı inhomojen kalsifikasyon ya da sınırları belli olmayan homojen kalsifikasyon) iki tedavi şekli arasında fark bulunmamıştır. Yazarlar, cerrahi tedavinin uzun dönem izlemde -çok farklı olmamakla birlikte- daha iyi sonuç vermesine karşın, hastanede kalış süresinin uzun olduğu, hasta işine dönene kadar olan toplam maliyetin cerrahi tedavide yaklaşık 12,000 \$ daha pahalı olduğunu belirterek, özellikle omuzda inhomojen kalsifikasyonu olanlarda (Gartner Tip II), cerrahi tedaviden önce ESWT'nin denemesi gerektiğini belirtmişlerdir.⁽⁴⁸⁾ Yakın zamanda yayınlanan bir çalışmada da Krasny ve ark., ESWT'ye ek olarak iğne ile kalsifikasyonun boşaltılması ile daha başarılı sonuçlara ulaşabildiğini bildirmişlerdir.⁽⁵⁸⁾

Uygulanan tedavilerde kullanılan enerji miktarı ve şok dalga sayısı farklılık göstermektedir. Genel yaklaşım, yüksek enerjili tedavinin (0.28 mJ/mm² ve üstü) etkinliğinin hem klinik hem de radyolojik olarak daha başarılı olduğu şeklindedir. Gerdesmeyer ve ark. randomize, plasebo kontrollü ve çok merkezli çalışmalarında kronik kalsifiye omuz tendiniti olan hastalara yüksek enerjili (0.32 mJ/mm² ve 1500 şok), düşük enerjili (0.08 mJ/mm² ve 6000 şok) ESWT veya plasebo tedavi uygulamışlar ve yüksek enerji uygulananlardaki sonuçların düşük enerji grubuna göre daha iyi olduğu bildirilmişlerdir.⁽⁵⁹⁾ Loew ve ark. prospektif, kontrollü çalışmalarında, düşük enerjili (0.1 mJ/mm²) ve yüksek enerjili (0.3 mJ/mm²) ESWT'nin etkisini araştırmışlardır. Düşük enerjili ESWT'nin herhangi bir tedavi yapılmayan hastalarla benzer etki yarattığını, fakat yüksek enerjili ESWT'nin anlamlı subjektif ve fonksiyonel (%70) iyileşme sağladığını belirtmişlerdir.⁽⁵¹⁾ Rompe ve ark. da randomize, kontrollü çalışmalarında, düşük enerjili (0.06 mJ/mm²) ve yüksek enerjili (0.28 mJ/mm²) ESWT'nin kalsifiye omuz tendiniti üzerine etkileri araştırmışlardır. Düşük enerjili grupta %50, yüksek enerjili grupta %64 oranında kalsifikasyonların kaybolduğunu, her iki grupta da fonksiyonel skorların 6 ve 24 haftalık izlemde anlamlı şekilde düzeldiğini, fakat bu düzelmelerin yüksek enerji grubunda daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.⁽⁶⁰⁾

Bunlara karşın Pleiner ve ark., 0.28 mJ/mm² enerji yoğunluğunda ESWT uyguladıkları hastalarda 0.07mJ/mm² uygulananlara göre fonksiyonel olarak anlamlı farklılık tespit ettiklerini fakat ağrı azalmasında kısa dönem hariç gruplar arasında fark görülmediğini bildirmişlerdir.⁽⁶¹⁾ Benzer şekilde Perlick ve ark., yüksek enerjili (0.42 mJ/mm²) şok dalga tedavisinin orta enerjili (0.23 mJ/mm²) tedaviye göre kalsifikasyonların çözülmesi anlamında daha başarılı olduğunu, iki grupta da fonksiyonel ve ağrı skorlarında belirgin düzelmeye görülmesine rağmen gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir.⁽⁵²⁾

ESWT'nin kalsifiye tendinit tedavisinde bildirilen olumlu sonuçlarının karşısında Charrin ve Noel 0.32 mJ/mm² enerji kullanarak tedavi ettikleri hastalarda, 12 haftada %36.6 ve 24 haftada %55.1 subjektif düzelmeye elde etmişler ve radyolojik olarak kalsifikasyonda kaybolma sadece %17.7 olguda tespit edebilmişlerdir.⁽⁵⁴⁾

ESWT uygulamasında şok dalgalarının kalsifikasyonun merkezine odaklanması önemlidir ve klinik sonuçları olumlu etkiler.^(50,62)

Omuzda ESWT uygulamasından sonra görülen komplikasyon oranları oldukça düşüktür.^(48,54,55,60,63) En sık görülen ciltte peteşial kanamalar olup daha az sıklıkla da subdermal hematoma oluşabilmektedir. ESWT sonrası opere edilen olgularda rotator manşet ya da kıkırdak sorunlarına rastlanmamıştır.⁽⁵⁵⁾ İki farklı çalışmada, kalsifiye tendinit nedeniyle ESWT uygulanan 24 hastanın hiç birinin MRG kontrolünde omuzda belirgin kas, tendon, kemik ya da kıkırdak lezyonu saptanmamıştır.^(64, 65) Önemli bir komplikasyon sayılabilecek humerus başı osteonekrozu, Durst ve ark. tarafından bir olguda bildirilmiş ve etkenin anterior humeral sirkümfleks arterin şok dalgaları nedeniyle yaralanması olduğu düşünülmüştür.⁽⁶⁶⁾

Kalsifiye olmayan omuz tendinitlerinde de şok dalgası uygulaması denenmiş fakat başarılı sonuca ulaşılamamıştır.^(63,67)

Sonuç olarak, omuzun kalsifiye tendinitinde şok dalga tedavisi, klinik çalışmalarda elde edilen ortalama %50-70 arasındaki başarılı sonuçlar ve görülen yan etkilerin azlığı göz önüne alındığında, konservatif tedavilerde başarı elde edilememiş hastalarda cerrahi tedaviye baş vurulmadan önce denemesi uygun olabilecek bir tedavi alternatifidir. ESWT'nin cerrahi tedaviye göre toplam maliyet açısından daha ucuz olması ve daha hızlı işe geri dönebilme sağlanması da bu fikri desteklemektedir.⁽⁴⁾

Lateral Epikondilit Tedavisinde Şok Dalga Uygulamaları

Lateral epikondilit (tenisçi dirseği), toplumun %1 ile %3'ünü etkileyen ve etyolojisi tam anlaşılamamış bir hastalıktır.⁽⁶⁸⁾ Temel semptomu, ortak ekstansör orijinde olan ve distale doğru yayılan ve bu kasların kullanımını gerektiren aktivitelerle artan ağrıdır. Genellikle spor ya da işe bağlı bir aşırı kullanıma hastalığı olup, güçlü kavrama ve eksantrik kontraksiyonlar esnasında el bileğinin tekrarlayıcı, hızlı hareketleri ile ortak ekstansör orijinde ve özellikle de ekstansör karpi radialis brevis tendonunda makroskopik ve mikroskopik yırtıklar ile oluşur. Etiyolojide yaşlanma, kimyasal, vasküler, hormonal ve herediter faktörlerin de rol alabileceği bildirilmiştir.⁽⁶⁹⁾ Histolojik olarak yoğun fibroblast grupları, vasküler hiperplazi ve dağınık kollajen

lifleriyle karakterize bir dejeneratif süreç olarak değerlendirilir.⁽⁶⁸⁾ Tanısı kolay olmasına rağmen tedavisi zorluklar içerir. Hastalığın doğal süreçte 1 yılda %70-%80 oranında düzelebildiği bildirilmektedir. Konservatif tedavide non-steroid anti-inflamatuar ilaçlar, ultrason tedavisi, steroid enjeksiyonları, fonksiyonel breysleme, fizik tedavi ve lazer tedavisi kullanılmakta olmasına rağmen, hiç birinin gerçek anlamda etkin olduğuna ait kanıta dayalı veriler bulunmamaktadır.^(68,70) Açık, perkutan ya da artroskopik tekniklerle başarılı sonuçlar bildirilmiş olmasına rağmen, bu tedavilerin de sonuçları uyumsuzluklar ve farklılıklar içermektedir.^(70,71) Şok dalga tedavisi ile lateral epikondilit tedavisinde de %90.9'a varan başarılı sonuçlar bildirilmiştir. İnvaziv bir girişim olmaması ve bildirilen düşük komplikasyon oranları kullanım sıklığını artırmıştır. (Şekil 3)

Şok dalgalarının lateral epikondilitte nasıl semp-



Şekil 3: Tenisçi dirseğinde uygulama.

tomatik iyileşme sağladığı tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir. Yaygın kabul edilen bir görüşe göre, ağırlı noktadaki sinir uçlarının aşırı stimülasyonunun refleks ağrı inhibisyonuna (hiperstimülasyon analjezisi) neden olduğu düşünülmektedir.⁽⁷²⁻⁷⁴⁾ Bunun yanında anjiogenez ile ilişkili büyüme faktörlerinin ortama salınması ve bunun da doku iyileşmesini hızlandırması diğer öngörülen etki mekanizmasıdır.⁽⁹⁻¹¹⁾

Literatürde yayınlanan ve ESWT'nin etkin olduğunu iddia eden, plasebo kontrollü olmayan klinik serilerde %48 ile %84 arasında başarı bildirilmiştir. (Tablo 3). Bu serilerde, iyileşmenin 24 haftaya kadar sürebileceği ve gerektiğinde tedavinin tekrar yapılabileceği önerilmektedir. Maier ve ark., erkek hastalarda %84 başarı elde ederken, kadınlarda bu oran %52 olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada MRG bulgularında sıvı kolleksiyonu ve fibrovasküler proliferasyon bulunan hastaların (yani vital ve enflamasyonlu dokuların) skatris dokusu olarak değerlendirilen hastalara göre daha iyi cevap verdiği tespit edilmiştir.⁽⁷⁷⁾ Krischek ve ark. tenisçi dirseği olgularında %60 başarı sağlarken bu oran golfçü dirseği olgularında %27'ye düşmüştür.⁽⁷⁴⁾ Steroid enjeksiyonu ile düşük doz ESWT'nin karşılaştırıldığı, prospektif, randomize çalışmada Crowther ve ark., 48 olguya ESWT ve 25 olguya da tek doz steroid enjeksiyonu uygulamışlardır. ESWT uygulamasında 3 x 2000 vuruş ve 0.1 mJ/mm² enerji yoğunluğunda şok dalgaları kullanılmıştır. Üç aylık izlemde steroid enjekte edilen hastaların

Tablo 3: Tenisçi dirseğinin tedavisinde ESWT'nin etkili olduğunu iddia eden çalışmalar.

Yazar	Olgu Sayısı	İzlem Süresi(ay)	Başarı(%) ESWT	Başarı(%) Plasebo	Vuruş Sayısı	Uygulama	Enerji Yoğunluğu
Ko ⁽⁷⁵⁾	53	6	73	-	1000	1-2	14kV (0,18 mJ/mm ²)
Decker ⁽⁷⁶⁾	78	30.7	73	-		3	0.05-0.18 mJ/mm ²
Maier ⁽⁷⁷⁾	42	19	84 (erkek) 52 (kadın)	-	2000	3-5	0,15 mJ/mm ²
Krischek ⁽⁷⁴⁾	29	12	62	-	500	3	0,08 mJ/mm ²
Furia ⁽⁷⁸⁾	36	3	78	-			
Rompe ⁽⁸⁰⁾	25 25	3 6	56 20	-	1000 10	3 3	0,08 mJ/mm ²
Rompe ⁽⁷²⁾	50 50	6	48 6	-	1000 10	3 3	0,08 mJ/mm ²
Wang ⁽⁸¹⁾	43 ESWT 6 Plasebo	12	90.9	Başarı yok	1000	1 - 3	0.18 mJ/mm ² (14 kV)
Mehra ⁽⁸²⁾	13 ESWT 11 Plasebo	6	78	9	2000	1	2.5 bar
Rompe ⁽⁸³⁾	37 ESWT 40 Plasebo	3	65	28	2000	3	0.09 mJ/mm ²

%84'ünde başarılı sonuç elde edilmişken ESWT uygulananlarda başarı %60 olarak tespit edilmiştir.⁽⁷⁹⁾

ESWT'nin başarılı olduğunu iddia eden plasebo kontrollü çalışmalarda ise; aktif tedavi edilen olgularda %65-90.9 oranında başarı elde edilmişken plasebo grubunda başarı oranı %0-28 arasındadır.⁽⁸¹⁻⁸³⁾ (Tablo 3)

Literatürde bildirilen başarılı sonuçlara karşın, ESWT'nin etkinliğinin yetersiz olduğu ve plaseboda farksız olduğunu gösteren klinik olgu serileri ve randomize kontrollü çalışmalar da bulunmaktadır.^(6, 84-89) (Tablo 4) Richter ve ark., ESWT uyguladıkları 16 hastanın 3 aylık izleminde 13 hastada şikayetlerin gerilediği fakat daha sonraki izlemlerde sadece 2 hastanın asemptomatik olarak kaldığını bildirmişlerdir.⁽⁸⁴⁾ Melegati ve ark. da, 3 x 1800 impuls ve 0.16 mJ/mm² enerji yoğunluğunda ESWT uyguladıkları 41 hastanın 6 aylık izleminde, ağrı ve fonksiyon durumunda anlamlı iyileşme bildirirken hiç bir hastada ağrının tam olarak ortadan kalkmadığını belirtmişlerdir.⁽⁸⁵⁾ Perlick ve ark., kronik lateral epikondilitli hastalarda Mittelmaier işlemi (lateral epikondilden tanjansiyel kemik rezeksiyonu) yapılan 30 hasta ile ESWT uygulanan (2 x 2000 şok ve 0.23 mJ/mm² enerji yoğunluğunda) 30 hastayı karşılaştırmışlardır. Bir yıllık izleminde, cerrahi uygulanan hastalarda %73 oranında başarılı sonuca ulaşılabilmişken, ESWT uygulananlarda sadece %43 oranında başarılı sonuç elde edebilmişlerdir.⁽⁸⁶⁾ Melikyan ve ark., kronik lateral epikondilit nedeniyle cerrahi sırası bekleyen 74 hasta üzerinde randomize, plasebo kontrollü bir çalışma yapmışlardır. Düşük enerjili ESWT uygulanan tedavi grubunda %46 ve plasebo grubunda %43 olguya bir yıl sonunda cerrahi tedavi gerekli olmuş ve gruplar arasında farklılık tespit edilememiştir.⁽⁸⁷⁾

Lateral epikondilit tedavisinde çoğunlukla ek tedavi gerektirmeyen yüzeysel komplikasyonlar bildirilmiştir. Tedavide düşük enerjili şok dalgaları

kullanıldığı için komplikasyon oranları yüksek değildir. Richter ve ark., ESWT uyguladıkları 16 hastanın 10'unda lokal kızarıklık ve küçük hematolar oluştuğunu bildirmişlerdir.⁽⁸⁴⁾ Haake ve ark., lateral epikondilit nedeniyle düşük enerjili ESWT uyguladıkları 272 hastada %21.1 oranında ciltte kızarıklık, %4.8 oranında ağrı, %4.5 oranında peteşi ve hematoma bildirmişlerdir.⁽⁹⁰⁾

Tenisçi dirseği için uygulanan tüm tedavilerin değerlendirildiği bir derlemede, 2004 yılına kadar yapılan çalışmalar ele alındığında, akut ve kronik tenisçi dirseği tedavisinde kanıta dayalı bir tedavi şeması yapmanın mümkün olmadığı bildirilmiştir.⁽⁷⁰⁾ Stasinopoulos ve Johnson da yakın zamanda yayınladıkları meta-analizde, ESWT'nin tenisçi dirseği tedavisindeki etkisi hakkında olumlu ya da olumsuz bir kanıya varmanın mümkün olmadığı ve bu konuda iyi düzenlenmiş randomize, plasebo kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulduğu yorumunu yapmışlardır.⁽⁹¹⁾ Wild ve ark. ise, ESWT'nin lateral epikondilit tedavisinde cerrahiye ve hatta 6 haftayı geçen fizyoterapi ve enjeksiyon tedavilerine göre daha ucuz, az invaziv ve işgücü kaybına neden olmayan bir tedavi olduğunu belirtmişlerdir.⁽⁴⁾

Sonuç olarak; cerrahi tedavilerin plasebo ile karşılaştırıldığı randomize, kontrollü çalışmaların bulunmaması ve ESWT'nin etkili olabileceğini bildiren çalışmaların da mevcut olması ve komplikasyon oranlarının düşük olması nedeniyle, konservatif tedavilere yanıt vermeyen olgularda, cerrahi uygulamalara geçmeden önce, ESWT uygulanabilecek bir tedavi alternatifidir.

Plantar Fasciitte Şok Dalga Uygulamaları

Plantar fasciitis topuk ağrısının önde gelen nedenlerindedir ve genel toplumun yaklaşık %10'unda görüldüğü bildirilmektedir.⁽⁹²⁾ Bu hastalık, plantar fascianın orijininin yaralanması sonucu oluşabileceği gibi, ayağın biyomekanik anomalilerinde de görülebilmektedir. Radyolojik olarak

Tablo 4: Tenisçi dirseğinin tedavisinde ESWT'nin etkili olmadığını iddia eden çalışmalar.

Yazar	Olgu Sayısı	İzlem Süresi(ay)	Başarı(%) ESWT	Başarı(%) Plasebo	Vuruş Sayı	Uygulama	Enerji Yoğunluğu
Haake ⁽⁸⁸⁾	134 ESWT, 137 Plasebo	3	25.8	25.4	2000	3	0.09 mJ/mm ²
Chung ⁽⁸⁹⁾	31 ESWT, 29 Plasebo	2	39	31	2000	1	0.03-0.17 mJ/mm ²
Speed ⁽⁶⁾	40 ESWT, 35 Plasebo	3	35	34	1500	3	0.12 mJ/mm ²

kemiksel çıkıntı görülebilmekle birlikte, bu radyolojik görüntünün herhangi bir semptomu bulunmayan kişilerde de görülebildiği ve çıkıntının varlığı ve büyüklüğü ile klinik bulguların ilişkili olmadığı bildirilmiştir.^(93, 94)

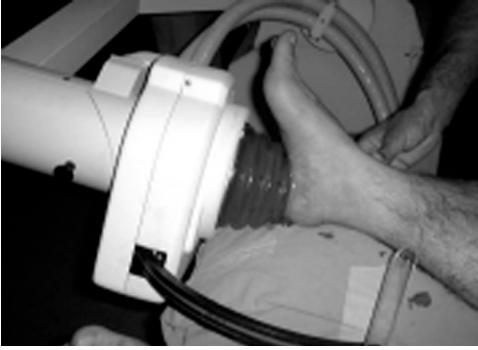
Plantar fasciitisin klinik tanısı genellikle kolaydır fakat ayırıcı tanıda seronegatif artropatiler ve sinir sıkışması sendromları göz önüne alınmalıdır. Plantar fasciitisin genel tedavi yaklaşımı konservatif olup, bu hastaların yaklaşık %10'unda konservatif tedavi yetersiz kalmakta ve daha ileri ve agresif tedavi yöntemleri kullanılmasını gerektirebilmektedir.⁽⁹⁵⁾ Sık kullanılan steroid enjeksiyonlarında plantar fascia rüptürleri ve semptomlarda rekürrens bildirilmiştir.⁽⁹⁶⁾ Konservatif tedavi yöntemlerinden fayda görmeyen hastalarda açık ya da endoskopik cerrahi teknikler kullanılmıştır. Ancak cerrahi yöntemlerde iyileş-

menin uzun sürmesi, operasyon sonrası alçı immobilizasyonu ve rehabilitasyon ihtiyacı, ayak biyomekaniğinin bozulması ve düşük oranda da olsa komplikasyonlar ve rekürrens olguları bildirilmiştir.^(97, 98)

Tüm bu bahsi geçen tedavilerdeki yetersizlik ve komplikasyonlar, daha az riskli ve etkili alternatif tedavilerin araştırılmasını gerektirmiştir. Şok dalga tedavisi ile özellikle kaynamayan kırıklarda elde edilen başarılı sonuçlar, bu uygulamanın ortopedi pratiğine girmesini sağlamış ve alternatif tedavi yöntemlerinin araştırıldığı yumuşak doku sorunlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle Avrupa'dan bildirilen başarılı sonuçlardan sonra bu yöntemin ABD'de de kullanımı için girişimler olmuş ve Amerikan FDA kurumu Ogden ve ark. ve Buch ve ark.'nın yaptığı prospektif, randomize, plasebo kon-

Tablo 5: Plantar fasciit tedavisinde ESWT uygulamaları.

Yazar	Olgu Sayısı	İzlem Süresi(ay)	Başarı(%) ESWT	Başarı(%) Plasebo	Vuruş Sayısı	Uygulama	Enerji Yoğunluğu (mJ/mm ²)
Perlick ⁽¹⁰¹⁾	83	12	61 tam iyileşme, 24 daha az ağrı	-	3000	1	0.30
Maier ⁽¹⁰²⁾	43	19.3	75	-	2000	3 - 5	0.15
Chen ⁽¹⁰³⁾	80	6	87	-	1000	1 - 2	14 kV (0.18 mJ/mm ²)
Hammer ⁽¹⁰⁵⁾	25	24	94	-	3000	1	0.2
Hammer ⁽¹¹⁶⁾	22	6	79	-	3000	3	0,2
Hyer ⁽¹⁰⁶⁾	30	4.1	83	-	3800		
Weil ⁽¹¹⁷⁾	36	8.4	82	-	2500	1	20.6 kV (yüksek enerji)
Ogden ⁽⁹⁹⁾	186 ESWT, 116 plasebo	3	56	-	1500		18 kV (yüksek enerji)
Ogden ⁽¹⁰⁷⁾	148 ESWT, 145 plasebo	3 12	47 93	30 18	1500	1-2	0.22 (yüksek enerji)
Rompe ⁽¹⁰⁸⁾	15 ESWT, 15 plasebo	1.5	72.9	8.5	1000	3	0.06
Rompe ⁽¹¹⁰⁾	16 ESWT, 13 plasebo	12	72	35	2100	3	0.16
Buch ⁽¹⁰⁰⁾	75 ESWT, 72 plasebo	3	61.6	39.7	3800	1	0.03-0.36 (Yüksek enerji)
Theodore ⁽¹¹¹⁾	76 ESWT, 74 plasebo	3 12	56 94	47 Çoğu hastada ek tedavi ihtiyacı.	3800	1	0.36
Mehra ⁽⁸²⁾	13 ESWT, 10 plasebo	6	93	Başarı yok	2000	1	2.5 bar
Abt ⁽¹¹²⁾	17 ESWT., 15 plasebo	12	88	33.3	1000	2	0.08(düşük enerji)
Cosentino ⁽⁹⁴⁾	30 ESWT, 30 plasebo	3	Oran bildirilmemiş Ağrıda anlamlı düzelme p<0.0001	Ağrıda anlamlı düzelme yok p=0.47	1200	6	0.03-0.4
Haake ⁽¹¹³⁾	135 ESWT, 137 plasebo	12	81	76	4000	3	0.08
Buchbinder ⁽¹¹⁴⁾	81 ESWT, 85 plasebo	3	63.2	62.5	2500	3	0.02-0.33 arası
Speed ⁽¹¹⁵⁾	46 ESWT, 42 plasebo	3	37	24	1500	3	0.12(Orta enerji)



Şekil 4:
Plantar
fasciitiste
uygulama.

trollü çalışmalardaki başarılı sonuçlar doğrultusunda plantar fasciitis tedavisinde elektro-hidrolik yüksek enerjili şok dalgası kullanımını 2000 yılında onaylamıştır. (99, 100) (Şekil 4)

ESWT'nin plantar fasciitiste başarılı sonuçlarını bildiren çok sayıda klinik çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalardan plasebo kontrollü olmayan, klinik serilere baktığımızda; %75 ile %94 arasında başarılı sonuçlar bildirilmiştir. (Tablo 5) Rompe ve ark. uygulanan şok sayısının tedaviye olan etkisini araştırdıkları 112 hastalık randomize, kontrollü çalışmalarında 3 kez 1000 impulsluk ve 0.08mJ/mm²lik uygulama ile aynı güçte fakat 3 kez 10 impulsluk düşük enerjili uygulamayı karşılaştırdıklarında; 1000 impulsluk tedavi grubunun 6 aylık değerlendirmede 10 impulsluk uygulamaya göre %47 oranında daha başarılı sonuca ulaştığını; 5 yıllık izlemde de aradaki farkın azalmasına rağmen istatistiksel anlamlı olarak devam ettiğini bildirmişlerdir. Beş yıllık takipte 3x1000 şok ile tedavi edilen hastaların %79'unda başarılı sonuca ulaşılabilmiştir. (109) Krischek ve ark. da, 3 x 500 impuls ile 3 x 100 impulsun 0.08 mJ/mm²li enerji yoğunluğuyla uygulanmasını karşılaştırmışlar ve tedavinin etkili olabilmesi için düşük enerjili şok dalgalarının en az 3 x 500 impuls şeklinde uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir. (104) Weil ve ark., ortalama 8.4 aylık takipte ESWT (%82 başarı) ve plantar fascia gevşetilmesi (%83 başarı) uygulanan olgular arasında farklılık tespit etmemişler ve ESWT'nin cerrahi tedaviye geçmeden önce uygulanabileceği yorumunu yapmışlardır. (117) Plasebo kontrollü bazı çalışmalarda da %94'e kadar başarılı sonuçlar bildirilmiş ve aradaki farkın ESWT lehine anlamlı olarak farklı olduğu bildirilmiştir. (82,94,99,100,107,108,110,-112) (Tablo 5). Ogden ve ark., plasebo kontrollü çalışmalarında ESWT'nin konservatif tedaviye yanıt vermeyen plantar fasciitis hastalarında cerrahiden önce ve hatta kortizon

enjeksiyonundan da önce düşünülmesi gerektiğini söylemişlerdir. (99)

Tüm bu başarılı sonuçlara karşın Haake ve ark. plasebo kontrollü çalışmalarında, bir yıllık izlemde ESWT grubunda %81 ve plasebo grubunda %76 başarılı sonuca ulaşılmasını; hastalığın spontan remisyona girebilmesine, ek uygulanmış olan konservatif metotlara ya da uzamış plasebo etkisine bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. (113) (Tablo 5) Speed ve ark. ve Buchbinder ve ark. da prospektif, randomize, çift-kör ve plasebo kontrollü çalışmalarında, ESWT'nin plantar fasciitis tedavisinde plasebo-dan farksız bir etki gösterdiğini belirtmişlerdir. (114, 115)

Biz, kronik plantar fasciitis tanısıyla tedavi ettiğimiz hastalarda 16-18 kV gücünde ve 4-6 hafta ara ile 3 kez 1000-2000 impulsluk elektrohidrolik şok dalgalarını kullanmaktayız. Uygulama sırasında analjezi amaçlı N. tibialis posterior bloğu ve/veya lokal infiltrasyon anestezisi uygulamaktayız. Tedavi ettiğimiz 224 hastanın 6 aylık izleminde 154 (%68.7) hastada tam düzelme ve 50 (%22.3) hastada ise ağrı şiddetinde azalma (parsiyel düzelme) tespit ettik. (118)

Plantar fasciite şok dalgası uygulamasında görülen komplikasyonlar az sayıda olup en sık görülenler; uygulama sırasında ağrı, ciltte hafif kızarıklık ve topuk ağrısının birkaç gün geçici artmasıdır. Ayak tabanında ve topukta yanma hissi ve şişlenme, topukta ödem ve hematoma gelişiminin daha az sıklıkta görüldüğü ve ileri tedaviye gerek duyulmadan kısa sürede düzeldiği bildirilmiştir. (94, 99,110,113, 115)

Literatürde yayınlanan çalışmaların bir kısmı kontrol grubunun bulunmaması, hasta sayısının yeterli olmaması, kör değerlendirme yapılmaması nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmalar her ne kadar başarılı sonuçlar bildirseler de çalışmaların kanıt gücünün (level of evidence) düşük olması ESWT'nin tedavi etkinliği hakkında net bir fikre varılmasını engellemektedir. (119) Literatürde yapılan çalışmalar arasında karşılaştırma yapmak; hasta seçim kriterlerinin farklılığı, beraberinde fizik tedavi metodlarının kullanılıp kullanılmaması, uygulanan enerji miktarı, şok dalgalarının lokalizasyon metod farklılıkları, uygulanan şok ve tekrar sayısı açısından farklılıklar nedeniyle de zor olmaktadır. Ayrıca cihazların şok dalgası üretimi ve odaklama metodları da farklıdır.

Kullanılan enerji miktarı ve enerji üretim metodları da farklılıklar içermektedir. Düşük enerjili (elek-

tromagnetik, piezoelektrik) ESWT'nin ardışık seanslarda ve anestezi kullanılmadan uygulanması ile yüksek enerjili (elektrohidrolik) ESWT'nin lokal ya da rejyonel anestezi altında yapılması konusunda fikir birliği yoktur. Her iki grupta da başarılı ve başarısız sonuçlar bildirilmiştir. Düşük enerjiyi savunanlar kullanılan enerji arttıkça daha fazla yan etki görüldüğünü iddia ederken, yüksek enerjili şok dalgasını savunanlar ise düşük enerji kullanımının başarısız sonuçların temel nedeni olduğunu söylemektedirler.^(99, 108, 113, 114)

ESWT'nin yumuşak doku sorunlarının tedavisinde fikir birliği olmayan bir diğer nokta da hastalık semptomlarının süresi ile ESWT'nin etkinliği arasındaki ilişkidir. Heilbig ve ark. plantar fasciitis, radial ve ulnar humeral epikondilit nedeniyle tedavi ettikleri hastaların sonucunda kronik semptomları (35 ay ve üstü) olan hastaların ESWT'den daha çok fayda gördüğünü bildirmişlerdir. Buna neden olarak kronik hastalığı olan kişilerin, çoğunlukla avasküler, sklerotik ve biyomekanik olarak anormal olan iyileşme dokusunun fragmantasyonu (parçalanması) ile iyileşmenin hızlandığı, buna karşın akut sorunları olanlarda ise interstisyal doku değişimi çok fazla olmadığından bu dokuların şok dalgalarının geçirgenliğinin ya da şok dalgalarına karşı olan cevabının azlığını ileri sürmüşlerdir.⁽¹²⁰⁾ Diğer taraftan Ogden ve ark., kısa süreli semptomları olan hastaların tedaviden daha çok fayda gördüğünü bildirmişlerdir.⁽⁹⁹⁾ Maier ve ark. da MR görüntülerde kalkaneusta kemik iliği ödemi olanların, yani daha çok enflamasyon ve vaskülaritenin ESWT'ye daha iyi yanıt verdiğini bildirmiştir.⁽¹⁰²⁾

2000 yılında yayınlanan bir literatür taramasında Crawford ve ark., plantar fasciitis tedavisi ile 1966 - 1997 yılları arasında literatürde 11 randomize kontrollü çalışma bulabilmiş ve bu çalışmaların değerlendirilmesinde, topikal kortikosteroidlerin iyontoforez tekniği ile uygulanması, dorsifleksiyon gece splinti ve de düşük enerjili ESWT'nin etkili olduğuna ait düşük kanıt seviyeli bir yoruma ulaşabilmişlerdir.⁽¹²¹⁾ Aynı çalışmacıların 2003 yılında tekrar ettikleri tarama sonucunda ise 19 çalışma değerlendirmeye alınabilecek kalitede bulunmuş ve genel olarak kanıt seviyelerinin düşük olduğu yorumu yapılmış ve ESWT'nin etkisinin ise tartışmalı olduğu görüşüne varılmıştır.⁽¹²²⁾ Yakın zamanda yayınlanan bir diğer meta-analizde ise ESWT'nin plantar fasciitis tedavisinde plaseboya göre üstün

olarak bulunduğu fakat bu verinin istatistiksel gücünün -anamlı olmakla beraber- düşük olduğu bildirilmiştir.⁽¹²³⁾ Son 3-4 yılda yapılan randomize, plasebo kontrollü çalışmalarda elde edilen hem başarılı hem de yetersiz sonuçlar, plantar fasciitiste ESWT'nin etkinliği konusundaki tartışmayı devam ettirmektedir. Sonuç olarak ESWT, kronik plantar fasciitis tedavisinde etkili olabilecek ve komplikasyon oranı düşük olan ve bu nedenle cerrahi tedavilere geçmeden önce uygulanması önerilebilecek bir tedavi şeklidir.

Şok Dalgalarının Diğer Kullanım Alanları

Şok dalgalarının ortopedik cerrahideki diğer bir kullanım alanı çimentolu protez revizyonlarında çimentonun ve protezin çıkarılmasını kolaylaştırmasıdır. Cerrahi öncesi veya cerrahi esnasında kullanılması kemik-çimento aralığında ayrılma yapabileceği ve çimentonun kolaylıkla çıkarılabileceğini gösteren deneysel çalışmalar olmasına rağmen, bu konuda yapılmış bir klinik çalışma bulunmamaktadır.⁽²⁾ Diğer bir olası kullanım alanı da gevşemiş çimentosuz protezlerin stabilizasyonunda uygulanmasıdır.⁽¹²⁴⁾ Shaden, aktif enfeksiyon görülmeyen, çimentosuz femoral protez gevşemesinde 4000-12000 vuruş ve 28 kV enerjide şok dalgaları ile %80 oranında başarılı sonuca ulaşabildiğini bildirmiştir.⁽¹²⁵⁾

Femur başı avasküler nekrozunun tedavisinde Ludvig ve ark. erken evrede (evre I ve II) yüksek enerjili şok dalgaları uyguladıklarında, 1 yıllık izlemde ağrı azalma ve kalça skorunda düzelleme tespit etmişlerdir.⁽¹²⁶⁾ Wang ve ark. da, 18 hastanın 22 kalçasında erken dönemde başarılı sonuçlara ulaştıklarını bildirmişlerdir.⁽⁶⁾ Biz de tedavi ettiğimiz ve erken dönem takipleri bulunan 6 erken evre femur başı AVN hastasında ağrının azaldığını ve hastalık ilerlemesinin durduğunu izledik.

Yakın dönemde yapılan çalışmalarda patellar tendinit tedavisinde başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Peers ve ark., cerrahi tedavi uyguladıkları 14 hasta ile ESWT uyguladıkları (1000 şok ve 0.08 mJ/mm²) 13 hastanın sonuçlarını karşılaştırdıklarında ESWT grubunda %66 iyi ve çok iyi sonuca ulaştıklarını ve bunun cerrahi tedavi sonuçlarından (%58 iyi-çok iyi) farklı bulunmadığını bildirmişlerdir.⁽¹²⁷⁾ Wang ve ark., şok dalgaları ile patellar tendinite ek olarak ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası kemik-patellar tendon-kemik donör sahasındaki kronik ağrılarda

da %80 başarılı sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.⁽⁵⁾

Kas-İskelet Şok Dalga Tedavisinin Uluslararası Örgütlenmesi (ISMST)

Kas iskelet sistemi hastalıklarında ESWT'nin klinik kullanımı ile ilgili çalışmalara yön verilmesi ve bu teknolojinin standardize edilerek yaygınlaştırılabilmesi için Avrupa Kas-İskelet Şok Dalga Tedavisi Derneği (ESMST) 14 Haziran 1997'de Viyana'da kuruldu. Kuruluşu gerçekleştiren hekimlerin büyük çoğunluğu ortopedi uzmanlarından, daha azı genel cerrah ve travma cerrahlarından oluşmaktaydı. Almanya, Avusturya, İtalya, İspanya, İsviçre, Slovakya'dan doktorların yanı sıra Türkiye'yi temsilen Prof.Dr. Veli Lök ve Almanya'da mesleğini sürdüren Ortopedi Uzmanı Op. Dr. İsmail Baloğlu kurucu üye olarak yer aldılar. Derneğin 1. Uluslararası Kongresi 30 Mayıs-1 Haziran 1998'de İzmir'de yapıldı ve bir uygulamalı kursla birleştirildi. ESMST'nin 2. uluslararası kongresi 1999'da Londra'da yapıldı. Derneğe Avrupa dışından ülkelerinde katılması sonucunda derneğin adı "Uluslararası Kas-İskelet Şok Dalga Tedavisi Derneği (ISMST)" olarak değiştirildi. 2002 yılı itibari ile ISMST'ye 33 ülkeden 347 üye kaydı mevcuttur. Ülkemiz, şok dalga tedavisinin uluslararası örgütlenmesine baştan itibaren aktif olarak katılmış ve 1.Uluslararası Kongreyi İzmir'de organize ederek önemli bir öncülük yapmıştır.

*Yazışma Adresi: Op. Dr. M. Hakan Özsoy
S.B. Ankara Hastanesi,
1. Ortopedi ve Trv. Kl. Başasistanı,
Ankara
hakanozsoy@rocketmail.com*

Kaynaklar

1. Ogden JA, Toth-Kischkat A, Schultheiss R: Principles of shock wave therapy. Clin Orthop 2001, 387:8-17.
2. Karpman RR, Magee FP, Gruen TW, Mobley T: The lithotripter and its potential use in the revision of total hip arthroplasty. Clin Orthop 2001, 387:4-7.
3. Valchanou VD, Michailov P: High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. Int Orthop 1991, 15(3):181-4.
4. Wild C, Khene M, Wanke S: Extracorporeal shock wave therapy in orthopedics. Assessment of an emerging health technology. Int J Technol Assess Health Care 2000, 16(1):199-209.
5. Wang CJ: An overview of shock wave therapy in musculoskeletal disorders. Chang Gung Med J 2003, 26(4):220-

32.

6. Speed CA, Nichols D, Richards C, Humphreys H, Wies JT, Burnet S, Hazleman BL: Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis--a double blind randomised controlled trial. J Orthop Res 2002, 20(5):895-8.
7. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, Schwitalle M, Kricshek O: Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis: a sonographic and histological study. J Bone Joint Surg 1998; 80-B(3):546-52.
8. Speed CA: Extracorporeal shock-wave therapy in the management of chronic soft-tissue conditions. J Bone Joint Surg 2004, 86-B(2):165-71.
9. Orhan Z, Ozturan K, Guven A, Cam K: The effect of extracorporeal shock waves on a rat model of injury to tendo Achillis. A histological and biomechanical study. J Bone Joint Surg 2004, 86-B(4):613-8.
10. Hsu RW, Hsu WH, Tai CL, Lee KF: Effect of shock-wave therapy on patellar tendinopathy in a rabbit model. J Orthop Res 2004, 22(1):221-7.
11. 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, 21(6):984-9.
12. Orhan Z, Cam K, Alper M, Ozturan K: The effects of extracorporeal shock waves on the rat Achilles tendon: Is there a critical dose for tissue injury? Arch Orthop Trauma Surg 2004, 124:631-5.
13. Perlick L, Schiffmann R, Kraft CN, Wallny T, Diedrich O: [Extracorporeal shock wave treatment of the achilles tendinitis: Experimental and preliminary clinical results]. Z Orthop Ihre Grenzgeb 2002, 140(3):275-80.
14. Maier M, Tischer T, Milz S, Weiler C, Nerlich A, Pellengahr C, Schmitz C, Refior HJ: Dose-related effects of extracorporeal shock waves on rabbit quadriceps tendon integrity. Arch Orthop Trauma Surg 2002, 122(8):436-41.
15. Wang CJ, Huang HY, Yang K, Wang FS, Wong M: Pathomechanism of shock wave injuries on femoral artery, vein and nerve. An experimental study in dogs. Injury 2002, 33(5):439-46.
16. Bolt DM, Burba DJ, Hubert JD, Strain GM, Hosgood GL, Henk WG, Cho DY: Determination of functional and morphologic changes in palmar digital nerves after nonfocused extracorporeal shock wave treatment in horses. Am J Vet Res 2004, 65(12):1714-8.
17. Haupt G, Haupt A, Ekkernkamp A, Gerety B, Chvapil M: Influence of shockwave on fracture healing. J Urol 1992, 39:529-32.
18. Johannes EJ, Kaulesar Sukul DM, Matura E: High-energy shock waves for the treatment of nonunions: an experiment on dogs. J Surg Res 1994, 57(2):246-52.
19. Wang CJ, Huang HY, Chen HH, Pai CH, Yang KD: Effect of shock wave therapy on acute fractures of the tibia: a study in a dog model. Clin Orthop 2001, 387:112-8.
20. Üslü MM, Bozdoğan O, Guney S, Bilgili H, Kaya U, Olcay B, Korkusuz F: The effect of extracorporeal shock wave treatment (ESWT) on bone defects. An experimental study. Bull Hosp Jt Dis 1999, 58(2):114-8.
21. Wang CJ, Yang KD, Wang FS, Hsu CC, Chen HH: Shock wave treatment shows dose-dependent enhancement of bone mass and bone strength after fracture of the femur. Bone 2004, 34(1):225-30.

22. Hsu RW, Tai CL, Chen CY, Hsu WH, Hsueh S: Enhancing mechanical strength during early fracture healing via shock-wave treatment: an animal study. *Clin Biomech* 2003, 18(6):S33-9.
23. Forriol F, Solchaga L, Moreno JL, Canadell J: The effect of shockwaves on mature and healing cortical bone. *Int Orthop* 1994, 18(5):325-9.
24. Augat P, Claes L, Suger G: In vivo effect of shock-waves on the healing of fractured bone. *Clin Biomech* 1995, 10(7):374-378.
25. Chen YJ, Kuo YR, Yang KD, Wang CJ, Huang HC, Wang FS: Shock wave application enhances pertussis toxin protein-sensitive bone formation of segmental femoral defect in rats. *J Bone Miner Res* 2003, 18(12):2169-79.
26. Maier M, Milz S, Tischer T, Munzing W, Manthey N, Stabler A, Holzkecht N, Weiler C, Nerlich A, Refior HJ, Schmitz C: Influence of extracorporeal shock-wave application on normal bone in an animal model in vivo. *Scintigraphy, MRI and histopathology. J Bone Joint Surg* 2002, 84-B(4):592-9.
27. Martini L, Giavaresi G, Fini M, Torricelli P, de Pretto M, Schaden W, Giardino R: Effect of extracorporeal shock wave therapy on osteoblastlike cells. *Clin Orthop* 2003, 413:269-80.
28. Haake M, Wessel C, Wilke A: [Effects of extracorporeal shock waves (ESW) on human bone marrow cell cultures]. *Biomed Tech* 1999, 44(10):278-82.
29. Kaulesar-Sukul DM, Johannes EJ, Pierik EG, van Eijck GJ, Kristelijn MJ: The effect of high energy shock waves focused on cortical bone: an in vitro study. *J Surg Res* 1993, 54(1):46-51.
30. Ikeda K, Tomita K, Takayama K: Application of extracorporeal shock wave on bone: preliminary report. *J Trauma* 1999, 47(5):946-50.
31. Maier M, Hausdorf J, Tischer T, Milz S, Weiler C, Refior HJ, Schmitz C: [New bone formation by extracorporeal shock waves. Dependence of induction on energy flux density]. *Orthopade* 2004, 33(12):1401-10.
32. Wang FS, Yang KD, Chen RF, Wang CJ, Sheen-Chen SM: Extracorporeal shock wave promotes growth and differentiation of bone-marrow stromal cells towards osteoprogenitors associated with induction of TGF-beta1. *J Bone Joint Surg* 2002, 84-B(3):457-61.
33. Chen YJ, Wurtz T, Wang CJ, Kuo YR, Yang KD, Huang HC, Wang FS: Recruitment of mesenchymal stem cells and expression of TGF-beta 1 and VEGF in the early stage of shock wave-promoted bone regeneration of segmental defect in rats. *J Orthop Res* 2004, 22(3):526-34.
34. Rompe JD, Rosendahl T, Schollner C, Theis C: High-energy extracorporeal shock wave treatment of nonunions. *Clin Orthop* 2001, 387:102-11.
35. Biedermann R, Martin A, Handle G, Auckenthaler T, Bach C, Krismser M: Extracorporeal shock waves in the treatment of nonunions. *J Trauma* 2003, 54(5):936-42.
36. Wang CJ, Chen HS, Chen CE, Yang KD: Treatment of nonunions of long bone fractures with shock waves. *Clin Orthop* 2001, 387:95-101.
37. Schleberger R, Senge T: Non-invasive treatment of long-bone pseudarthrosis by shock waves (ESWL). *Arch Orthop Trauma Surg* 1992, 111(4):224-7.
38. Vogel J, Rompe JD, Hopf C, Heine J, Burger R: [High-energy extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of pseudarthrosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1997, 135(2):145-9.
39. Schaden W, Fischer A, Sailler A: Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union. *Clin Orthop* 2001, 387:90-4.
40. Schoellner C, Rompe JD, Decking J, Heine J: [High energy extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in pseudarthrosis]. *Orthopade* 2002, 31(7):658-62.
41. Wirsching RP, Eich W, Misselbeck E: [Long-term results of extracorporeal shock wave treatment in pseudoarthroses]. *Stosswelle* 1998, 1:22-6.
42. Beutler S, Regel G, Pape HC, Machtens S, Weinberg AM, Kremeike I, Jonas U, Tscherne H: [Extracorporeal shock wave therapy for delayed union of long bone fractures - preliminary results of a prospective cohort study]. *Unfallchirurg* 1999, 102(11):839-47.
43. Birnbaum K, Wirtz DC, Siebert CH, Heller KD: Use of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of non-unions. A review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002, 122(6):324-30.
44. Lök V, Baloğlu İ, Aydınok H: Experience of shock wave for non-unions in İzmir. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S (eds), *Musculoskeletal Shockwave Therapy*, Greenwich Medical Media Ltd, London, 2000, s:185-6.
45. Baloglu I, Aydınok H, Lök V: Our results of the ossatherapy for treatment of pseudoarthrosis. 3rd Congress of the ISMST, Naples, 2000, Abstracts:56
46. Rompe JD, Rumler F, Hopf C, Nafe B, Heine J: Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop* 1995, 321:196-201.
47. Wang CJ, Ko JY, Chen HS: Treatment of calcifying tendinitis of the shoulder with shock wave therapy. *Clin Orthop* 2001, 387:83-9.
48. Rompe JD, Zoellner J, Nafe B: Shock wave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop* 2001, 387:72-82.
49. Rubenthaler F, Wittenberg, RH: [Intermediate-term follow-up of surgically managed tendinosis calcarea (calcifying subacromion syndrome--SAS) of the shoulder joint]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1997, 135(4):354-9.
50. Jakobeit C, Winiarski B, Jakobeit S, Welp L, Spelsberg G: [Ultrasound-guided, high-energy extracorporeal-shock-wave treatment of symptomatic calcareous tendinopathy of the shoulder. *ANZ J Surg* 2002, 72(7):496-500.
51. Loew M, Daecke W, Kusnierczak D, Rahmanzadeh M, Ewerbeck V: Shock-wave therapy is effective for chronic calcifying tendinitis of the shoulder. *J Bone Joint Surg* 1999, 81-B(5):863-7.
52. Perlick L, Luring C, Bathis H, Perlick C, Kraft C, Diedrich O: Efficacy of extracorporeal shock-wave treatment for calcific tendinitis of the shoulder: experimental and clinical results. *J Orthop Sci* 2003, 8(6):777-83.
53. Wang CJ, Yang KD, Wang FS, Chen HH, Wang JW: Shock wave therapy for calcific tendinitis of the shoulder: a prospective clinical study with two-year follow-up. *Am J Sports Med* 2003, 31(3):425-30.
54. Charrin JE, Noel ER: Shockwave therapy under ultrasonographic guidance in rotator cuff calcific tendinitis. *Joint Bone Spine* 2001, 68(3):241-4.
55. Daecke W, Kusnierczak D, Loew M: Long-term effects of extracorporeal shockwave therapy in chronic calcific tendinitis.

- tis of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2002, 11(5):476-80.
56. Cosentino R, De Stefano R, Selvi E, Frati E, Manca S, Frediani B, Marcolongo R: Extracorporeal shock wave therapy for chronic calcific tendinitis of the shoulder: single blind study. *Ann Rheum Dis* 2003, 62(3):248-50.
 57. Rompe JD, Zollner J, Nafe B, Freitag C: [Significance of calcium deposit elimination in tendinosis calcarea of the shoulder]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2000, 138(4):335-9.
 58. Krasny C, Enenkel M, Aigner N, Wlk M, Landsiedl F: Ultrasound-guided needling combined with shock-wave therapy for the treatment of calcifying tendonitis of the shoulder. *J Bone Joint Surg* 2005, 87-B(4):501-7.
 59. Gerdesmeyer L, Wagenpfeil S, Haake M, Maier M, Loew M, Wortler K, Lampe R, Seil R, Handle G, Gassel S, Rompe JD: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic calcifying tendonitis of the rotator cuff: a randomized controlled trial. *JAMA* 2003, 290(19):2573-80.
 60. Rompe JD, Burger R, Hopf C, Eysel P: Shoulder function after extracorporeal shock wave therapy for calcific tendinitis. *J Shoulder Elbow Surg* 1998, 7(5):505-9.
 61. Pleiner J, Crevenna R, Langenberger H, Keilani M, Nuhr M, Kainberger F, Wolzt M, Wiesinger G, Quittan M: Extracorporeal shockwave treatment is effective in calcific tendinitis of the shoulder. A randomized controlled trial. *Wien Klin Wochenschr* 2004, 116(15-16):536-41.
 62. Haake M, Deike B, Thon A, Schmitt J: Exact focusing of extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinopathy. *Clin Orthop* 2002, 397:323-31.
 63. Speed CA, Richards C, Nichols D, Burnet S, Wies JT, Humphreys H, Hazleman BL: Extracorporeal shock-wave therapy for tendonitis of the rotator cuff. A double-blind, randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg* 2002, 84-B(4):509-12.
 64. Maier M, Lienemann A, Refior HJ: [Are there magnetic resonance tomographic changes following shock-wave treatment of tendinitis calcarea?]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1997, 135(2):20-1.
 65. Loew M, Jurgowski W, Mau HC, Thomsen M: Treatment of calcifying tendinitis of rotator cuff by extracorporeal shock waves: a preliminary report. *J Shoulder Elbow Surg* 1995, 4(2):101-6.
 66. Durst HB, Blatter G, Kuster MS: Osteonecrosis of the humeral head after extracorporeal shock-wave lithotripsy. *J Bone Joint Surg* 2002, 84-B(5):744-6.
 67. Schmitt J, Haake M, Tosch A, Hildebrand R, Deike B, Griss P: Low-energy extracorporeal shock-wave treatment (ESWT) for tendinitis of the supraspinatus. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg* 2001, 83(6):873-6.
 68. Boyer MI, Hastings H: Lateral tennis elbow: "Is there any science out there?" *J Shoulder Elbow Surg* 1999, 8(5):481-91.
 69. Nirschl RP, Pettrone FA: Tennis elbow. The surgical treatment of lateral epicondylitis. *J Bone Joint Surg* 1979, 61-A(6):832-9.
 70. Theis C, Herber S, Meurer A, Lehr HA, Rompe JD: [Evidence-based evaluation of present guidelines for the treatment of tennis elbow -- a review]. *Zentralbl Chir* 2004, 129(4):252-60.
 71. Dunkow PD, Jatti M, Muddu BN: A comparison of open and percutaneous techniques in the surgical treatment of tennis elbow. *J Bone Joint Surg* 2004, 86-B(5):701-4.
 72. Rompe JD, Hope C, Kullmer K, Heine J, Burger R: Analgesic effect of extracorporeal shock-wave therapy on chronic tennis elbow. *J Bone Joint Surg* 1996, 78-B(2):233-7.
 73. Melzack R: Prolonged relief of pain by brief, intense transcutaneous somatic stimulation. *Pain* 1975, 1:357-73.
 74. Kricshek O, Hopf C, Nafe B, Rompe JD: Shock-wave therapy for tennis and golfer's elbow--1 year follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999, 119(1-2):62-6.
 75. Ko JY, HS, Chen LM: Treatment of lateral epicondylitis of the elbow with shock waves. *Clin Orthop* 2001, 387:60-7.
 76. Decker T, Kuhne B, Gobel F: [Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in epicondylitis humeri radialis. Short-term and intermediate-term results]. *Orthopade* 2002, 31(7):633-6.
 77. Maier M, Steinborn M, Schmitz C, et al: Extracorporeal shock-wave therapy for chronic lateral tennis elbow-prediction of outcome by imaging. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001, 121(7):379-84.
 78. Furia JP: Safety and efficacy of extracorporeal shock wave therapy for chronic lateral epicondylitis. *Am J Orthop* 2005, 34(1):13-9.
 79. Crowther MA, Bannister GC, Huma H, Rooker GD: A prospective, randomised study to compare extracorporeal shock-wave therapy and injection of steroid for the treatment of tennis elbow. *J Bone Joint Surg* 2002, 84-B(5):678-9.
 80. Rompe JD, Hopf C, Kullmer K, Heine J, Burger R, Nafe B: Low-energy extracorporeal shock wave therapy for persistent tennis elbow. *Int Orthop* 1996, 20(1):23-7.
 81. Wang CJ, Chen HS: Shock wave therapy for patients with lateral epicondylitis of the elbow: a one- to two-year follow-up study. *Am J Sports Med* 2002, 30(3):422-5.
 82. Mehra A, Zaman T, Jenkin AI: The use of a mobile lithotripter in the treatment of tennis elbow and plantar fasciitis. *Surgeon* 2003, 1(5):290-2.
 83. Rompe JD, Decking J, Schoellner C, Theis C: Repetitive low-energy shock wave treatment for chronic lateral epicondylitis in tennis players. *Am J Sports Med* 2004, 32(3):734-43.
 84. Richter D, Ekkernkamp A, Muhr G: [Extracorporeal shock wave therapy--an alternative concept for the treatment of epicondylitis of the humerus and radius?] *Orthopade* 1995, 24(3):303-6.
 85. Melegati G, Tornese D, Bandi M, Rubini M: Comparison of two ultrasonographic localization techniques for the treatment of lateral epicondylitis with extracorporeal shock wave therapy: a randomized study. *Clin Rehabil* 2004, 18(4):366-70.
 86. Perlick L, Gassel F, Zander D, Schmitt O, Wallny T: [Comparison of results of results of medium energy ESWT and Mittelmeier surgical therapy in therapy refractory epicondylitis humeri radialis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1999, 137(4):316-21.
 87. Melikyan EY, Shahin E, Miles J, Bainbridge LC: Extracorporeal shock-wave treatment for tennis elbow. A randomized double-blind study. *J Bone Joint Surg* 2003, 85-B(6):852-5.
 88. Haake M, König IR, Decker T, Riedel C, Buch M, Müller HH: Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of lateral epicondylitis : a randomized multicenter trial. *J Bone Joint Surg* 2002, 84-A(11):1982-91.
 89. Chung B, Wiley JP: Effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in the treatment of previously untreated lateral

- epicondylitis: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2004, 32(7):1660-7.
90. Haake M, Boddeker IR, Decker T, Buch M, Vogel M, Labek G, Maier M, Loew M, Maier-Boerries O, Fischer J, Betthausen A, Rehack HC, Kanovsky W, Muller I, Gerdesmeyer L, Rompe JD: Side-effects of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in the treatment of tennis elbow. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002, 122(4):222-8.
 91. Stasinopoulos D, Johnson MI: Effectiveness of extracorporeal shock wave therapy for tennis elbow (lateral epicondylitis). *Br J Sports Med* 2005, 39(3):132-6.
 92. DeMaio M, Paine R, Mangine RE, Drez D Jr: Plantar fasciitis. *Orthopedics* 1993, 16(10):1153-63.
 93. Prichasuk S, Subhadrabandhu T: The relationship of pes planus and calcaneal spur to plantar heel pain. *Clin Orthop* 1994, 306:192-6.
 94. Cosentino R, Falsetti P, Manca S, De Stefano R, Frati E, Frediani B, Baldi F, Selvi E, Marcolongo R: Efficacy of extracorporeal shock wave treatment in calcaneal enthesophytosis. *Ann Rheum Dis* 2001, 60(11):1064-7.
 95. Davis PF, Severud E, Baxter DE: Painful heel syndrome: results of nonoperative treatment. *Foot Ankle Int* 1994, 15(10):531-5.
 96. Acevedo JI, Beskin JL: Complications of plantar fascia rupture associated with corticosteroid injection. *Foot Ankle Int* 1998, 19(2):91-7.
 97. Conflitti JM, Tarquinio TA: Operative outcome of partial plantar fasciectomy and neurolysis to the nerve of the abductor digiti minimi muscle for recalcitrant plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 2004, 25(7):482-7.
 98. Jerosch J, Schunck J, Liebsch D, Filler T: Indication, surgical technique and results of endoscopic fascial release in plantar fasciitis (E FRPF). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004, 12(5):471-7.
 99. Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, Cross GL, Marlow M: Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis. *Clin Orthop* 2001, 387:47-59.
 100. Buch M, Knorr U, Fleming L, Theodore G, Amendola A, Bachmann C, Zingas C, Siebert WE: [Extracorporeal shock-wave therapy in symptomatic heel spurs. An overview]. *Orthopade* 2002, 31(7):637-44.
 101. Perlick L, Boxberg W, Giebel G: [High energy shock wave treatment of the painful heel spur] (*Unfallchirurg*. 1998, 101(12):914-8.
 102. Maier M, Steinborn M, Schmitz C, Stabler A, Kohler S, Pfahler M, Durr HR, Refior HJ: Extracorporeal shock wave application for chronic plantar fasciitis associated with heel spurs: prediction of outcome by magnetic resonance imaging. *J Rheumatol* 2000, 27(10):2455-62.
 103. Chen HS, Chen LM, Huang TW: Treatment of painful heel syndrome with shock waves. *Clin Orthop* 2001, 387:41-6.
 104. Krischek O, Rompe JD, Herbsthofner B, Nafe B: [Symptomatic low-energy shockwave therapy in heel pain and radiologically detected plantar heel spur] *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1998, 136(2):169-74.
 105. Hammer DS, Adam F, Kreutz A, Kohn D, Seil R: Extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in patients with chronic proximal plantar fasciitis: a 2-year follow-up. *Foot Ankle Int* 2003; 24(11):823 -8.
 106. Hyer CF, Vancourt R, Block A: Evaluation of ultrasound-guided Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) in the treatment of chronic plantar fasciitis. *J Foot Ankle Surg* 2005, 44(2):137-43.
 107. Ogden JA, Alvarez RG, Levitt RL, Johnson JE, Marlow ME: Electrohydraulic high-energy shock-wave treatment for chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg* 2004, 86-A(10):2216-28.
 108. Rompe JD, Hopf C, Nafe B, Burger R: Low-energy extracorporeal shock wave therapy for painful heel: a prospective controlled single-blind study. *Arch Orthop Trauma Surg* 1996, 115(2):75-9.
 109. Rompe JD, Schoellner C, Nafe B: Evaluation of low-energy extracorporeal shock-wave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg* 2002, 84-A(3):335-41.
 110. Rompe JD, Decking J, Schoellner C, Nafe B: Shock wave application for chronic plantar fasciitis in running athletes. A prospective, randomized, placebo-controlled trial. *Am J Sports Med* 2003, 31(2):268-75.
 111. Theodore GH, Buch M, Amendola A, Bachmann C, Fleming LL, Zingas C: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 2004, 25(5):290-7.
 112. Abt T, Hopfenmuller W, Mellerowicz H: [Shock wave therapy for recalcitrant plantar fasciitis with heel spur: a prospective randomized placebo-controlled double-blind study] *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2002, 140(5):548-54.
 113. Haake M, Buch M, Schoellner C, Goebel F, Vogel M, Mueller I, Hausdorf J, Zamzow K, Schade-Brittinger C, Mueller HH: Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis: randomized controlled multicentre trial. *BMJ* 2003, 327(7406):75-9.
 114. Buchbinder R, Ptasznik R, Gordon J, Buchanan J, Prabaharan V, Forbes A: Ultrasound-guided extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002, 288(11):1364-72.
 115. Speed CA, Nichols D, Wies J, Humphreys H, Richards C, Burnet S, Hazleman BL: Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A double blind randomised controlled trial. *J Orthop Res* 2003, 21(5):937-40.
 116. Hammer DS, Adam F, Kreutz A, Rupp S, Kohn D, Seil R: Ultrasonographic evaluation at 6-month follow-up of plantar fasciitis after extracorporeal shock wave therapy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005, 125(1):6-9.
 117. Weil LS Jr, Roukis TS, Weil LS, Borrelli AH: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic plantar fasciitis: indications, protocol, intermediate results, and a comparison of results to fasciotomy. *J Foot Ankle Surg* 2002, 41(3):166-72.
 118. Baloğlu İ, Aydinok H, Lök V: Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in plantar fasciitis. 3. Asya-Pasifik Diz Cerrahisi Kongresi, 1-4 Kasım 2004, Ankara
 119. Boddeker R, Schafer H, Haake M: Extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of plantar fasciitis--a biometrical review. *Clin Rheumatol* 2001, 20(5):324-30.
 120. Helbig K, Herbert C, Schostok T, Brown M, Thiele R: Correlations between the duration of pain and the success of shock wave therapy. *Clin Orthop* 2001, 387:68-71.
 121. Crawford F, Atkins D, Edwards J: Interventions for treating plantar heel pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2000, (3):CD000416.
 122. Crawford F, Thomson C: Interventions for treating plantar

- heel pain. Cochrane Database Syst Rev 2003, (3):CD000416.
123. Thomson CE, Crawford F, Murray GD: The effectiveness of extra corporeal shock wave therapy for plantar heel pain: a systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord 2005, 22;6(1):19.
124. Haupt G: Use of extracorporeal shock waves in the treatment of pseudarthrosis, tendinopathy and other orthopedic diseases. J Urol 1997, 158(1):4-11
125. Shaden W: Stoßwellentherapie bei Hüftendoprothesenlockkerungen. In: Extracorporale Stoßwellentherapie in der Orthop, Grundlagen und Adwendung. Siebert W, Buck W (eds), Germany, 2001, s:201-4.
126. Ludwig J, Lauber S, Lauber HJ, Dreisilker U, Raedel R, Hotzinger H: High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults. Clin Orthop 2001, 387:119-26.
127. Peers KH, Lysens RJ, Brys P, Bellemans J: Cross-sectional outcome analysis of athletes with chronic patellar tendinopathy treated surgically and by extracorporeal shock wave therapy. Clin J Sport Med 2003, 13(2):79-83.