

Shock wave treatment, practice changing from past to the future

Şok dalga tedavisi, geçmişten geleceğe değişen uygulama alanları

İbrahim URAL¹, Kerem ALPTEKİN²

ABSTRACT

Use of shock wave therapy in urological field dates back to 1970-1980. Experimental studies for ureteral stones in the 1970s showed osteoblastic activity changes in ilium, and revived ability of shock waves in the treatment of musculoskeletal system. Treatment with shock waves has become popular in recent decades. It has been used as first-choice or as a supportive treatment for plantar fasciitis, calcaneal spur, lateral epicondylitis and calcific tendonitis of the shoulder. Shock wave applications recently have begun to be tested in the treatment of various diseases, and favourable result have been reported. The purpose of this review is to summarize the use of shock wave therapy in terms of dose and duration of application in the treatment of dental diseases, myocardial ischemia, spasticity, and tendonitis.

Key word: Shock wave therapy, indications, efficiency

ÖZ

Şok dalga tedavisinin üroloji alanında kullanımı 1970-1980 dönemlerine rastlamaktadır. 1970'lerde üreter taşları için yapılan deneysel çalışmalar sırasında iliumda meydana gelen osteoblastik aktivite değişiklikleri şok dalgalarının kas-iskelet sistemi tedavilerinde kullanılabilirliğini gündeme getirmiştir. Şok dalgaları ile tedaviler son dekadlarda gittikçe daha fazla yer bulmaya başlamıştır. Plantar fasiit, kalkaneal spur, lateral epikondilit, omuzun kalsifik tendiniti hastalıklarında bazen ilk seçenek bazen de destek tedavisi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak son dönemlerde şok dalga uygulamaları değişik hastalıkların tedavisinde de denenmeye başlanmış, olumlu sonuçlar bildirilmeye başlanmıştır. Bu derlemenin amacı dental tedavilerden, miyokardial iskemiye, spastiteden, tendinitlere kadar şok dalga tedavisinin kullanımını etki mekanizmaları, uygulama dozları ve süreleri bağlamında özetlemektir.

Anahtar kelimeler: Şok dalga tedavisi, endikasyonlar, etkinlik

GİRİŞ

Şok dalgaları yüksek amplitüdü ve kısa dalgalı, tekli pulsatil akustik dalgalardır. Bu dalgalar iki farklı akustik empedansı olan doku arasında geçiş sırasında mekanik enerjilerini dağıtırlar. Şok dalgaları elektrik jeneratörleri tarafından üretilir ve dalga oluşumu için elektroakustik konvertör ve bir eliptik odaklayıcıya gereksinim duyarlar¹. Sesi oluşturan jeneratörün özelliğine göre elektrohidrolik, elektromagnetik ve piezoelektrik olmak üzere üç farklı sistem bulunmaktadır. Şok dalgaları su gibi sıvı bir ortam içinde yaratılır ve biyolojik dokulara geçişini kolaylaştırmak için jel kullanılır^{2,3}. Şok dalgaları ilk bakışta ultrason dalga-

larını anımsatsalar da 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 oluşturmasıdır. Diğer bir deyişle, sınır yüzeyinde şok dalgası ile hava kabarcığı oluşmakta ve yine büzülmektedir. Bu sırada 400-1000 bara kadar ulaşan bir basınç meydana gelir ve bu basınç yüksekliği ultrasondan yaklaşık 1000 kat daha fazladır. Şok dalgası oluşturan cihazları ve farklı tedavileri karşılaştırmada "enerji yoğunluğu" ve "total enerji miktarı" önem taşımaktadır. Enerji yoğunluğu (Energy Flux Density)

Received: 12.07.2015

Accepted: 21.07.2015

¹Bahçeşehir Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bölümü

²Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

Yazışma adresi: Dr. Kerem Alptekin, Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul

e-mail: kalptekin79@hotmail.com

her şok dalgasında 1 mm² alana iletilen maksimum akustik enerji miktarıdır. Total dalga enerjisi ise uygulanan alana yayılan enerji yoğunluklarının toplamıdır ve her şok dalgası tarafından ortaya çıkarılan total akustik enerjiyi tanımlar^{4,5}.

Literatürde düşük, orta ve yüksek enerjiden söz edilirken, bu tanımlamada kesin bir fikir birliği yoktur. Speed ve ark. ⁽⁶⁾ 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. Bunun dışında başka otoriteler tarafından da yukarıdaki enerji seviyelerine benzer seviyelerde sınıflandırma yapılmıştır^{7,8}.

Odaklanmış Şok Dalgaları

Odaklanmış şok dalgaları elektrohidrolik, elektromanyetik veya piezoelektrik cihazlarla üretilirler ve akustik enerjiyi belirli bir yoğunluktaki ve derinlikteki dokuya, belirli bir enerji yoğunluğuyla iletirler⁹. Elektrohidrolik cihazlarda içinde su bulunan aplikatörden üretilen buharlaşma sonrası oluşan yüksek voltajlı deşarj ile şok dalgası ortaya çıkar ve eliptik reflektör vasıtasıyla odak bölgeye iletir. Elektromanyetik cihazlarda şok dalgası yakınsak bir akustik lens tarafından üretilir. Piezoelektrik cihazlarda ise sferik başlıktaki kristal ardışık olarak dalgalar üretir. Bu dalgalar hedef dokuda belirli bir konsantrasyona ulaşır¹⁰.

Bu tip şok dalgaları uygulanırken odaklanma iyi yapılmalı, endikasyon iyi konulmalıdır. Ultrason veya başka bir radyolojik kılavuz eşliğinde uygulanmalıdır. Yüksek miktarda enerji yoğunluğunun gerektiği durumlarda kullanılmaktadır.

Odaklanmamış Şok Dalgaları (Defocused SW)

Bazı elektromanyetik ve elektrohidrolik cihazlar akustik enerjiyi düzlemsel dalgalar hâline çevirirler. Bu dalgalar daha geniş bir alana yayılırlar ancak etkileri aynıdır. Doku içine giriş derinlikleri sınırlıdır ve buna bağlı olarak terapötik derinlik daha azdır ve kutanöz ülserler gibi daha yüzeysel lezyonlarda kullanılabilir⁹.

Radial Şok Dalgaları

Bazı cihazlar fiziksel özellikleri odaklanmış dalgalardan tamamen farklı olan radial veya basınç dalgaları üretirler. Lineer basınçlı, düşük enerjili, göreceli olarak düşük hızlı, kısa süreli yükselme zamanına sahip dalgalardır. Üretilen enerjinin oluşturduğu basınç ciltte en yüksek seviyede olup, derinlikle ters orantılı olarak azalır^{9,11}.

Kemik ve Yumuşak Dokularda Klinik Uygulamalar

Tendinopati Tedavisinde Kullanım

Şok dalgalarının tendon-kemik bileşkesindeki görülen tendinopatiler üzerinde etkisini araştıran birçok deneysel çalışma yapılmıştır. Birtakım çalışmalarda yeni damar oluşumunun arttığı, daha az yapışıklık geliştiği ve mekanik olarak daha güçlü bir doku elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca uygulanan dokuda kolajen sentezinin arttığı ve dokunun tensil gücünün arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmalarda, dokuda VEGF (Vessel Endothelial Growth Factor) ve eNOS (Endothelial Nitric Oxide Synthetase) gibi anjiogenetik belirteçlerin arttığı tespit edilmiştir¹²⁻¹⁴. Sonuç olarak, şok dalgalarının yumuşak dokulardaki olası etki mekanizmasının şok dalga sonrası anjiogenez ile ilişkili büyüme faktörlerinin ortama salınması ve bunun da yeni damar oluşumunu ve ortamdaki oksijenizasyonu artırarak doku iyileşmesini hızlandırması olduğu düşünülmektedir. Çeşitli çalışmalarda yumuşak doku patolojilerinde uygulama dozları ve kullanılan enerji miktarlarında farklılıklar görülmektedir. Genel kabul gören fikir, yüksek dozların hasara yol açtığı ve uygulanmaması gerektiği şeklindedir^{15,16}. Şok dalgalarının yumuşak dokularda kullanılmasında damar-sinir dokularının üzerine odaklanmamasına dikkat edilmelidir. Sinir dokusu üzerine yapılan deneysel uygulamalarda sinirlerde ödem ve benzeri birtakım değişikliklerin oluştuğu gözlenmiştir¹⁷.

Omuzun Kalsifik Tendinitinde Kullanımı

Kalsifik tendinit çoğunlukla 30-60 yaşları arası kadınlarda daha sık görülen bir sorundur. Asemptomatik

hastalarda % 2,5 ile % 20 arasında kalsifikasyon görüldüğü ve bazı serilerde omuz yakınmaları ile baş vuran hastalarda % 54 oranına varan miktarda kalsifikasyon görülebildiği bildirilmiştir. Bu hastalıkta rotator manşette hipovaskülarizasyon ve dejeneratif değişiklikler sonucunda kondroid metaplazi ve tendonda kalsifikasyon geliştiği öne sürülmektedir¹⁸. Kalsifik tendinitte medikal tedavi, fizik tedavi, eklem içi enjeksiyonlar, eklem lavajı gibi konservatif tedaviler uygulanmakla birlikte konservatif tedavinin başarısının % 30 ile 85 arasında açık cerrahinin başarısının ise % 79-89 arasında değiştiği bildirilmiştir¹⁹. Şok dalgaları kalsifik tendinitte alternatif bir tedavidir. Literatürde omuzda kalsifik tendinit olgularında şok dalga tedavisinin klinik başarısı % 36 ile % 85 arasında iken, radyolojik olarak kalsifikasyonların kaybolması ise % 19 ile % 77 arasında bildirilmiştir²⁰.

Kalsifik tendinitte şok dalgalarının etki mekanizması ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Şok dalgası uygulandığı odakta basıncı arttırması ve bunun da kalsifikasyonda kavitasyon meydana getirerek kalsifik birikintilerin fragmente olarak çözülmesini sağlayıp ve bu parçaların çevre dokular tarafından absorbe edilmesi, şok dalgalarının dokuda yarattığı mekanik iritasyon sonucunda inflamatuvar değişikliklerin tetiklenmesi, kalsifikasyondaki çözülmenin mekanik iritasyona haricinde ortamdaki artmış kan dolaşımına bağlı olması öne sürülen mekanizmalardır²¹⁻²³.

Kalsifik tendinitte genel endikasyonlar; 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 antikoagülan kullananlarda şok dalga tedavisi önerilmemektedir¹⁹.

Bazı otoriteler kalsifikasyonu tamamen kaybolan hastaların fonksiyonel sonuçlarının kısmi kaybolanlara göre daha başarılı olduğunu tespit etmişler ve

iyi klinik sonuca ulaşabilmek için kalsifikasyonların tamamen elimine edilmesinin tedavinin temel amacı olması gerektiğini bildirmişlerdir. Kalsifik tendinitte cerrahi ve yüksek enerjili ESWT'nin sonuçlarının karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmalarda 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^{4,5}. Cerrahi tedavinin uzun dönem izlemde -çok farklı olmamakla birlikte- daha iyi sonuç vermesine karşın, hastanede kalış süresinin uzun olması, hasta işine dönene kadar olan toplam maliyetin cerrahi tedavide pahalı olduğu göz önünde bulundurulduğunda cerrahi tedaviden önce şok dalga tedavisinin denenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Yüksek dozlarda uygulamalar, düşük dozlarda uygulamalara göre bir miktar daha etkili olmakla birlikte, şok dalgalarının kalsifikasyonun merkezine odaklanması en önemli konudur ve klinik sonuçları olumlu etkiler¹⁹.

Lateral Epikondilit Tedavisinde Kullanımı

Lateral epikondilit (tenisçi dirseği), toplumun % 1-3'ünü etkileyen ve etyolojisi tam anlaşılamamış bir hastalıktır. Dirseğin ortak ekstansör tendonlarında ve özellikle de ekstansör karpi radialis brevis tendonunda makroskopik ve mikroskopik yırtıklar ile oluşur^{24,25}. Etiyolojide yaşlanma, kimyasal, vasküler, hormonal ve herediter faktörlerin de rol alabileceği bildirilmiştir. Histolojik olarak yoğun fibroblast grupları, vasküler hiperplazi ve dağınık kollajen lifleriyle karakterize bir dejeneratif süreç olarak değerlendirilir⁴. Tanısı kolay olmasına rağmen, tedavisi zorluklar içerir. Konservatif tedavide non-steroid anti-inflamatuvar ilaçlar, ultrason tedavisi, steroid enjeksiyonları, fonksiyonel breysleme, fizik tedavi ve lazer tedavisi kullanılmakla birlikte hastaların yaklaşık % 7'sinde cerrahi olarak açık, perkutan ya da artroskopik teknikler uygulanmaktadır²⁵. Şok dalga tedavisi ile lateral epikondilit tedavisinde de başarılı sonuçlar bildirilmiştir. İnvaziv bir girişim olmaması ve bildirilen düşük komplikasyon oranları kullanım sıklığını arttırmıştır. Şok dalgaları

nın lateral epikondilite nasıl semptomatik 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. Bunun yanında anjiogenez ile ilişkili büyüme faktörlerinin ortama salınması ve bunun da doku iyileşmesini hızlandırması diğer öngörülen etki mekanizmasıdır⁵.

Plantar Fasciitiste Kullanımı

Plantar fasciitis topuk ağrısının önde gelen nedenlerindendir. Bu hastalık, plantar fascianın kendisinden kaynaklanabileceği gibi, ayağın biyomekanik anomalilerinde de görülebilmektedir. Radyolojik olarak kalkaneusta spur formasyonu görülse bile herhangi bir semptomu bulunmayan kişilerde de spur görülebilmektedir²⁶. Konservatif tedavi hastaların bir kısmında yetersiz kalmakta ve daha ileri ve agresif tedavi yöntemleri kullanılmasını gerektirebilmektedir. Sık kullanılan steroid enjeksiyonlarında plantar fascia rüptüleri ve semptomlarda rekürrens ortaya çıkabilmektedir. Konservatif tedavi yöntemlerinden yarar görmeyen hastalarda cerrahi yöntemler kullanılabilir, ancak cerrahi yöntemlerde iyileşmenin uzun sürmesi, operasyon sonrası alçı immobilizasyonu ve rehabilitasyon gereksinimi, ayak biyomekanik bozulması ve düşük oranda da olsa komplikasyonlar ve rekürrens olasılıkları mevcuttur. Tüm bu konuyu geçen tedavilerdeki yetersizlik ve komplikasyonlar, daha az riskli ve etkili alternatif tedavilerin araştırılmasını gerektirmiştir. Şok dalga tedavisi ile plantar fasciitiste % 34 ile % 88 arasında başarılı sonuçlar bildirilmiştir⁵.

Kırık Tedavisinde Kullanımı

Şok dalgalarının kırık iyileşmesindeki etki mekanizması tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir. Şok dalgalarının mikrokırıklar ve hematoma oluşturarak kemik yapımını uyarıcı etki gösterdiği düşünülmekle birlikte, mitojenik ve osteojenik uyarının kırık kaynamasını hızlandıran nedenler olduğu iddia edilmiştir. Şok dalgalarının TGF- β 1 ve BMP-2 miktarını arttırdığı ve bu

sayede mezenkimal kök hücrelerinin kemik iliğinden ortama çağrılmasını (recruitment) ve osteoprogenitor hücrelere farklılaşmasını hızlandırdığı iddia edilmektedir. Aynı zamanda hücre membranı hiperpolarizasyonu ve membrana bağlı proteinlerin aktivasyonu ile osteoblastik proliferasyonu ve farklılaşmayı arttırdıkları gösterilmiştir^{27,28}.

Kırığın Kaynama Bozukluklarında Kullanımı

Kırıkların tedavisinden sonra ortalama % 5 oranında karşılaşılan malunion veya nonunion gibi komplikasyonların tedavisinde geleneksel olarak yine operasyon, fonksiyonel breysleme, yürüme alçısı gibi ikinci ve pahalı yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, şok dalga uygulamaları bu konuda alternatif bir tedavi yöntemi olarak son zamanlarda göze çarpmaktadır. Çeşitli çalışmalarda farklı dozlarda bu konuda olumlu sonuçlar bildirilmiştir. Ancak bu konuda birçok olumlu sonuç bildirilmiş olmasına rağmen, kaliteli çalışmaların az sayıda olması tedavi dozlarının belirlenmesinde bir rehber oluşmasına engel olmaktadır⁹.

Psödartroz tedavisinde şok dalga uygulaması minimal invaziv bir yöntem olup, ciddi komplikasyonlar ortaya çıkarmaz. Yüzeysel peteşiler, doku ödemi ve dermal erozyon en sık bildirilen komplikasyonlardır. Minimal invaziv bir girişim olarak değerlendirilmesine karşın, uygulama ağırlı olduğu için rejyonel ya da genel anestezi gerekmektedir. Düşük orandaki komplikasyonların yanı sıra cerrahi yöntemlere göre daha ucuzdur ve ayaktan tedavi olarak da uygulanabilir⁹.

Artroplasti ve İlgili Durumlarda Kullanım

Şok dalgalarının çimentolu protez revizyonlarında sementin ve protezin çıkarılmasını kolaylaştırdığına dair olumlu sonuçlar veren yayınlar mevcuttur. Diğer bir olası kullanım alanı da gevşemiş sementsiz protezlerin stabilizasyonunda uygulanmasıdır⁴.

Tetik Nokta ve Kas Ağrılarında Kullanım

Şok dalgalarının anjiogenez ve bununla ilişkili fak-

törlerin ortama salınmasını sağlıyor olması yumuşak dokulardaki olası etki mekanizması olabilir. Buna bağlı olarak yeni damar oluşumunu ve ortamdaki oksijenasyonu arttırarak doku iyileşmesini hızlandırmasının da iyileşme üzerinde olduğu düşünülmektedir. Yumuşak doku sorunlarında uygulama dozları ve kullanılan enerji miktarlarında konusunda genel kabul gören fikir, yüksek dozların hasara yol açtığı ve uygulanmaması gerektiği şeklindedir⁵.

Spastisite

Şok dalgalarının spastisite üzerinde nasıl etki ettiği tam olarak anlaşılamamakla birlikte, normal vibrasyon ile stimülasyondan daha farklı mekanizmalar ile etki ettiği düşünülmektedir. İnmeli hastalarda üst ekstremitelerde tek doz şok dalga uygulanmasının bile kas tonusunda uzun süreli bir azalma sağladığını göstermiştir²⁹. Şok dalgalarının periferik sinir iletiminde ve spinal eksitabilitede değişiklikler ve kas denervasyonunda azalma sağladığı düşünülmektedir^{30,31}. Spastisite üzerindeki etkilerin nasıl ortaya çıktığı konusunda kısıtlı sayıda araştırma mevcuttur ve bunlarda da enzimatik olan ve enzimatik olmayan nitrik oksit sentezini sağladığı görülmüştür. Nitrik oksit nöromusküler bileşkede bulunur ve merkezi sinir sisteminde nörotransmisyon, hatırlama ve sinaptik plastisitenin sağlanmasında etkilidir. Nitrik oksit sentezi önemli fizyolojik mekanizmalarda rol alması, şok dalgalarının değişik tendon problemleri üzerindeki etkilerinin açıklanmasında yardımcı olur³². İn vitro sağlıklı ratlarla yapılan çalışmalarda şok dalga uygulamasının nöromusküler bileşke üzerinde etki göstererek, kas aksiyon potansiyelini arttıran asetil kolinin reseptör sayısında azalma ve reseptörlerde dejenerasyon yaptığı gözlenmiştir. Serebral palsili hastalarda radial ESWT uygulamasının spastisiteyi azalttığı ve bu etkinin yaklaşık 2 ay devam ettiği gösterilmiştir³¹.

Kronik Deri Ülserleri

Şok dalgalarının kemiğin kaynama bozuklukları üzerinde ESWT ile yapılan çalışmalar sırasında derideki yaraların etrafında kollateral oluşturuca trofik et-

kileri gözlenmiştir. Yara iyileşmesinde granülasyon dokusunun oluşumunun artması, damarlanmanın ve kanlanmanın artması söz konusudur. Bu etkiler yanıklarda şok dalga uygulanması sonrası yapılan laser doppler tetkikleri ile gösterilmiştir. Bazı çalışmalarda tek uygulama ile kapiller yoğunluğunun arttığı gözlenmiştir^{33,34}. Human microendothelial hücreler (HMEC-1) uygulamadan 12 saat sonra artmaya başlar ve proapoptotik genlerde down regülasyon ortaya çıkar. İskemik deri ülserlerinde etki uygulama sayısına, zamanına, dozuna bağlı değilmiş gibi gözükmektedir. İskemik yaralarda çeşitli zamanlarda yapılan uygulamalarda kapillerizasyon olduğu gözlenmiştir. Kronik diyabetik deri yaralarında genellikle cerrahi prosedürler çok yüz güldürücü olmadığından çoğu zaman hiperbarik oksijen tedavisi gibi konservatif tedaviler uygulanmaktadır. Ancak, şok dalgası uygulamalarının perfüzyonu arttırdığı ve hücre aktivitesini arttırarak apoptozisi geciktirdiği gösterilmiştir⁹.

Kemiğin Avasküler Hastalıkları

Şok dalgaları kemikte kan dolaşımını arttırarak etki eder. Ayrıca osteokalsin ve TGF-1B üretimini arttırır, osteoblast ve periostal hücreleri stimüle eder, mezenkimal kök hücrelerin osteojenik diferansiasyonunu uyarır. Bu etkiler nitrik oksit gibi serbest oksijen radikallerinin spesifik türevlerinin, sinyal proteinlerinin ve transkripsiyonda rol alan faktörlerin artması sayesinde olur.

Şok dalga tedavisi femur başı osteonekrozunun erken döneminde nekrotik alanın genişlemesi ve kemik kollapsının oluşmasının önüne geçebilir. Böylece cerrahi tedavileri geciktirebilir veya engelleyebilir. Kemik ödeminin ve buna bağlı olarak da ağrının azalmasında önemli rol oynayabilir. Ayrıca osteoklastogenezisi inhibe ederek kemiğin modelling ve remodellinginde de direkt rol oynayabileceği iddia edilmektedir. Bu sayede osteoporoz ve osteopenide de kemik üzerinde etkili olabileceği öne sürülmüştür^{35,36}.

Myokardiyal İskemi

Neoanjiogenetik etkileri bilinen şok dalgalarının normal ve iskemi geçirmiş insan kalplerinden izole edilen

kardiyak primitif hücreler üzerine etkileri ile kardiomyosit, düz kas ve endotel hücre öncüllerinin proliferasyon ve diferansiyasyon konusunda pozitif bulgular vermiştir. Hayvan çalışmalarında ise şok dalgalarının azalmış sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun artmasını ve bölgesel kan dolaşımının damar endotelial büyüme faktörü (VEGF) seviyesini yükselterek arttırdığını göstermiştir³⁷.

Dental Tedavilerde Kullanımı

Periodontal inflamasyonlarda tipik olarak kemik rezorpsiyonu ortaya çıkar. Son zamanlarda in vivo araştırmalarda enfekte gingival dokuda şok dalgalarının alveolar kemik rejenerasyonunda olumlu etkiler ortaya çıkardığı gözlenmiştir. Odaklanmamış şok dalgalarının tek seferlik kullanımı 1-2 hafta sonra sağlıklı kemik dokunun volümünü normalize ettiğini ve 6 hafta süre ile de anti-inflamatuvar etkinin devam ettiği gösterilmiştir³⁸. Şok dalga tedavisi farklı enerji düzeylerinde kullanıldığında bakteri türüne de bağlı olarak gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerin ve oral infeksiyonlar için spesifik olan Streptococcus mutans ve Porphyromonas gingivalis gibi bakterilerin disagregasyona uğradıkları görülmüştür. Oral tedavilerde kombine olarak düşünüldüğünde bu konuda da tedavi planlamalarına potansiyel olumlu katkıları söz konusu olabilir³⁹.

Sonuç olarak, ESWT üzerindeki çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Birtakım spesifik tedavilerin planlanması ve uygulanmasında çeşitli zorlukların yaşandığı dönemlerde destek olarak kullanılabilir bir modalitedir. Aynı zamanda kas iskelet sistemi hastalıkları dışında da çeşitli hastalıklarda tedavilerde yeni perspektifler açabileceği gözlenmektedir. Özellikle doku rejenerasyonun ön planda tutulduğu birçok tedavi stratejilerinde gittikçe artan bir önem kazanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ogden JA, Toth-Kischkat A, Schultheiss R. Principles of shock wave therapy. *Clin Orthop* 2001; 387: 8-17. <http://dx.doi.org/10.1097/00003086-200106000-00003>
2. Ching-Jen Wang. Extracorporeal shockwave therapy in mus-

- culoskeletal disorders. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2012; 7: 11. <http://dx.doi.org/10.1186/1749-799X-7-11>
3. Dıraçoğlu D. Kas-İskelet Sistemi Hastalıklarında Ekstrakorporeal Şok Dalga Tedavisi. *Türkiye Klinikleri J PM&R* 2004; 4: 106-114.
4. Baloğlu İ, Özsoy MH, Aydınok H, et al. Ortopedi ve Travmatolojide Şok Dalga Tedavisi TOTBiD. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi* 2005; 4: 1-2.
5. Ching-Jen Wang. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2012; 7: 11. <http://dx.doi.org/10.1186/1749-799X-7-11>
6. Speed CA, Nichols D, Richards C, et al. Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis--a double blind randomised controlled trial. *J Orthop Res* 2002; 20: 895-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0736-0266\(02\)00013-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0736-0266(02)00013-X)
7. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, et al. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis: a sonographic and histological study. *J Bone Joint Surg* 1998; 80-B: 546-52. <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.80B3.8434>
8. Speed CA. Extracorporeal shock-wave therapy in the management of chronic soft-tissue conditions. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-B: 165-71. <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.86B2.14253>
9. Romeo P, Lavanga V, Pagani D, Sansone V. Extracorporeal Shock Wave Therapy in Musculoskeletal Disorders: A Review *Med Princ Pract* 2014; 23: 7-13. <http://dx.doi.org/10.1159/000355472>
10. Gerdesmeyer L, Maier M, Haake M, et al. Physical technical principles of extracorporeal shockwave therapy (ESWT). *Orthopade* 2002; 31: 610-617. <http://dx.doi.org/10.1007/s00132-002-0319-8>
11. Van der Worp H, Van den Akker S, Van Schie H, et al. ESWT for tendinopathy: technology and clinical implications. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 21: 1451-1458. <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-012-2009-3>
12. Orhan Z, Ozturan K, Guven A, et al. The effect of extracorporeal shockwaves on a rat model of injury to tendo Achillis. A histological and biomechanical study. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-B: 613-8.
13. Hsu RW, Hsu WH, Tai CL, et al. Effect of shock-wave therapy on patellar tendinopathy in a rabbit model. *J Orthop Res* 2004; 22: 221-7. [http://dx.doi.org/10.1016/S0736-0266\(03\)00138-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0736-0266(03)00138-4)
14. Wang CJ, Wang FS, Yang KD, et al. Shockwave therapy induces neovascularization at the tendon-bone junction. A study in rabbits. *J Orthop Res* 2003; 21: 984-9. [http://dx.doi.org/10.1016/S0736-0266\(03\)00104-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0736-0266(03)00104-9)
15. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, et al. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis: a Sonographic and histological study. *J Bone Joint Surg* 1998; 80-B: 546-52. <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.80B3.8434>
16. Perlick L, Schiffmann R, Kraft CN, et al. Extracorporeal shock wave treatment of the achilles tendinitis: Experimental and preliminary clinical results. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2002; 140: 275-80. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2002-32475>
17. 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: 246-52. <http://dx.doi.org/10.1006/jsre.1994.1139>
18. Wang CJ, Ko JY, Chen HS. Treatment of calcifying tendinitis of the shoulder with shock wave therapy. *Clin Orthop* 2001;

- 387: 83-9.
<http://dx.doi.org/10.1097/00003086-200106000-00011>
19. Chin-Jung Hsu, Der-Yean Wang, Kuo-Fung Tseng, et al. Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder Taichung. *J Shoulder Elbow Surg* Volume 17, Number 1, 55-59.
 20. Vavken P, Holinka J, Rompe JD, et al. Focused extracorporeal shock wave therapy in calcifying tendinitis of the shoulder: a meta-analysis. *Sports Health* 2009; 1: 137-44.
<http://dx.doi.org/10.1177/1941738108331197>
 21. Loew M, Daecke W, Kusnierczak D, et al. Shock-wave therapy is effective for chronic calcifying tendinitis of the shoulder. *J Bone Joint Surg* 1999; 81-B: 863-7.
<http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.81B5.9374>
 22. Perlick L, Luring C, Bathis H, et al. Efficacy of extracorporeal shock-wave treatment for calcific tendinitis of the shoulder: experimental and clinical results. *J Orthop Sci* 2003; 8: 777-83.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00776-003-0720-0>
 23. Wang CJ, Yang KD, Wang FS, et al. Shock wave therapy for calcific tendinitis of the shoulder: a prospective clinical study with two-year follow-up. *Am J Sports Med* 2003; 31: 425-30.
 24. Gündüz R, Malas FÜ, Borman P, et al. Physical therapy, corticosteroid injection, and extracorporeal shock wave treatment in lateral epicondylitis. Clinical and ultrasonographical comparison. *Clin Rheumatol* 2012; 31: 807-12.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10067-012-1939-y>
 25. Ilieva EM, Minchev RM, Petrova NS. Radial shock wave therapy in patients with lateral epicondylitis. *Folia Med (Plovdiv)* 2012; 54: 35-41.
<http://dx.doi.org/10.2478/v10153-011-0095-5>
 26. Cornwall MW, McPoil TG. Plantar fasciitis: etiology and treatment. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 29: 756-60. Review.
<http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1999.29.12.756>
 27. Wang FS, Yang KD, Chen RF, et al. Extracorporeal shock wave promotes growth and differentiation of bone-marrow stromal cells towards osteoprogenitors associated with induction of TGF-beta1. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84: 457-61.
<http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.84B3.11609>
 28. Hofmann A, Ritz U, Hessmann MH, et al. Extracorporeal shock wave-mediated changes in proliferation, differentiation, and gene expression of human osteoblasts. *J Trauma* 2008; 65: 1402-10.
<http://dx.doi.org/10.1097/TA.0b013e318173e7c2>
 29. Manganotti P, Amelio E. Long-term effect of shock wave therapy on upper limb hypertonia in patients affected by stroke. *Stroke* 2005; 36: 1967-71.
<http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000177880.06663.5c>
 30. Amelio E, Manganotti P. Effect of shock wave stimulation on hypertonic plantar flexor muscles in patients with cerebral palsy: a placebo-controlled study. *J Rehabil Med* 2010; 42: 339-43.
<http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0522>
 31. Vidal X, Morral A, Costa L, et al. Radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) in the treatment of spasticity in cerebral palsy: a randomized, placebo-controlled clinical trial. *Neuro Rehabilitation* 2011; 29: 413-9.
 32. Kenmoku T, Ochiai N, Ohtori S, et al. Degeneration and recovery of the neuromuscular junction after application of extracorporeal shock wave therapy. *J Orthop Res* 2012; 30: 1660-5.
<http://dx.doi.org/10.1002/jor.22111>
 33. Steinberg J, Stojadinovic A, Elster E, et al. Is the role for ESWT in wound care? *Podiatry Today* 2006; 19: 62-68.
 34. Arno A, Garcia O, Hernan I, et al. Extracorporeal shock waves, a new non-surgical method to treat severe burns. *Burns* 2010; 36: 844-849.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2009.11.012>
 35. Wang FS, Wang CJ, Chen YJ, et al. Ras induction of superoxide activates ERK-dependent angiogenic transcription factor HIF-1alpha and VEGF-A expression in shock wave-stimulated osteoblasts. *J Biol Chem* 2004; 279: 10331-7.
<http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M308013200>
 36. Ludwig J, Lauber S, Lauber HJ, et al. High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults. *Clin Orthop* 2001; 387: 119-26.
<http://dx.doi.org/10.1097/00003086-200106000-00016>
 37. Nishida T, Shimokawa H, Oi K, et al. Extracorporeal cardiac shock wave therapy markedly ameliorates ischaemia-induced myocardial dysfunction in pigs in vivo. *Circulation* 2004; 110: 3055-3061.
<http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000148849.51177.97>
 38. Sathishkumar S, Meka A, Dawson D, et al. Extracorporeal shock wave therapy induces alveolar bone regeneration. *J Dent Res* 2008; 87: 687-691.
<http://dx.doi.org/10.1177/154405910808700703>
 39. Novak KF, Govindaswami M, Ebersole JL, et al. Effects of low-energy shock waves on oral bacteria. *J Dent Res* 2008; 87: 928-931.
<http://dx.doi.org/10.1177/154405910808701009>