



Aşil tendon rüptürlerinin onarımı sonrası devamlı pasif hareketin etkisi: Tavşanlarda deneysel çalışma

The effect of continuous passive motion after repair of Achilles tendon ruptures: an experimental study in rabbits

Kadir ERTEM, Nurzat ELMALI, Mehmet Akif KAYGUSUZ, Muharrem İNAN,
İrfan A YAN, Güntekin GÜNER, Mustafa KARAKAPLAN

İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Aşil tendon rüptürünün onarımı sonrası devamlı pasif hareket (DPH) uygulanmasının tendon iyileşmesi ve ayak bileği hareket genişliği üzerindeki etkisi, alçı immobilizasyonu ile karşılaştırılarak değerlendirildi.

Gereç ve yöntem: Yirmi erişkin tavşanın Aşil tendonları cerrahi olarak kesildikten sonra modifiye Kessler tekniği ile onarıldı. Ameliyat sonrasında rastgele seçilen on tavşanın ayak bileğine altı hafta süresince, her gün dört saat DPH; kontrol grubundaki on tavşana ise aynı süre boyunca yalnızca alçı immobilizasyonu uygulandı. Tüm tavşanların yaşamı altıncı haftanın sonunda sonlandırılarak, onarım dokusu morfolojik ve histolojik olarak değerlendirildi.

Sonuçlar: Morfolojik incelemede DPH uygulanan grupta, onarım dokusundaki yapışıklıklar, adale atrofisi ve ayak bileği eklemının hareket genişliği bulguları, kontrol grubuna göre belirgin olarak daha iyi bulundu (sırasıyla $p<0.001$, $p<0.05$ ve $p<0.001$). Histolojik incelemede, hyalinizasyon ve iltihabi infiltrasyon bakımından gruplar arasında anlamlı fark bulunamadı. Ancak düzenli kollajen lif dizilimi, DPH grubunda %70 iken immobilize grupta %20 idi ($p<0.05$).

Çıkanmlar : Aşil tendon rüptürlerinin onarımı sonrası kontrollü DPH yaptırılması, yeniden rüptür oluşturmadan tendon iyileşmesi ve ayak bileği hareket genişliği bakımından alçı ile immobilizasyon uygulamasına göre üstünlük taşımaktadır.

Anahtar sözcükler: Aşil tendonu/yaralanma/cerrahi; immobilizasyon; fizik tedavi teknikleri; tavşan; rekonstrüktif cerrahi işlemler/yöntem/rehabilitasyon; yırtık/televi; tendon yaralanmaları/cerrahi/televi; yara iyileşmesi.

Objectives: The effect of continuous early passive motion on morphologic and histologic healing following repair of Achilles tendon rupture was evaluated in comparison with cast immobilization.

Methods: Achilles tendons of 20 adult rabbits were repaired with the use of modified Kessler technique after surgical transection. Throughout the postoperative six weeks, the rabbits were randomly assigned to cast immobilization (n=10) and to continuous early passive motion four hours a day (n=10). All the rabbits were sacrificed at the end of six weeks and their tendon tissues were removed for macroscopic and histologic examinations.

Results: On macroscopic evaluation, findings on adhesions at the operation site, periarticular atrophy, and the ROM of the ankle joint were found significantly more favorable with continuous early passive motion than those of the control group ($p<0.001$, $p<0.05$, and $p<0.001$, respectively). On histologic evaluation, regular collagen bundle alignment was 70% and 20% in the study and control groups, respectively ($p<0.05$), whereas findings on hyalinization and inflammatory infiltration were not significantly different.

Conclusion: The utilization of continuous controlled passive motion following repair of Achilles tendon rupture was shown to have beneficial effects on tendon healing and ankle range of movement, without leading to eventual ruptures.

Key words: Achilles tendon/injuries/surgery; immobilization; physical therapy techniques; rabbits; reconstructive surgical procedures/methods/rehabilitation; rupture/therapy; tendon injuries/surgery/therapy; wound healing.

Aşil tendon rüptürleri genellikle sportif aktiviteler sırasında meydana gelir. Tedavide amaç, hastanın yaralanma öncesindeki spor aktivitelerine tam olarak dönmesini sağlamaktır.^[1,2] Kopan Aşil tendonunda anatomik uzunluğun elde edilmesi konservatif yöntemlerle olanaksızdır. Buna karşın, cerrahi tedavi ile yeniden rüptür oluşma sıklığının daha düşük, baldır atrofisinin daha az, spor aktivitelerine yeniden dönüşün daha hızlı ve eklem hareket genişliğinin daha iyi olduğu bildirilmiştir.^[3-5] Bu yüzden, özellikle fonksiyonel açıdan aktif bireylerde ve sporcularda Aşil tendon rüptürlerinin tedavisinde cerrahi onarım tercih edilmektedir.

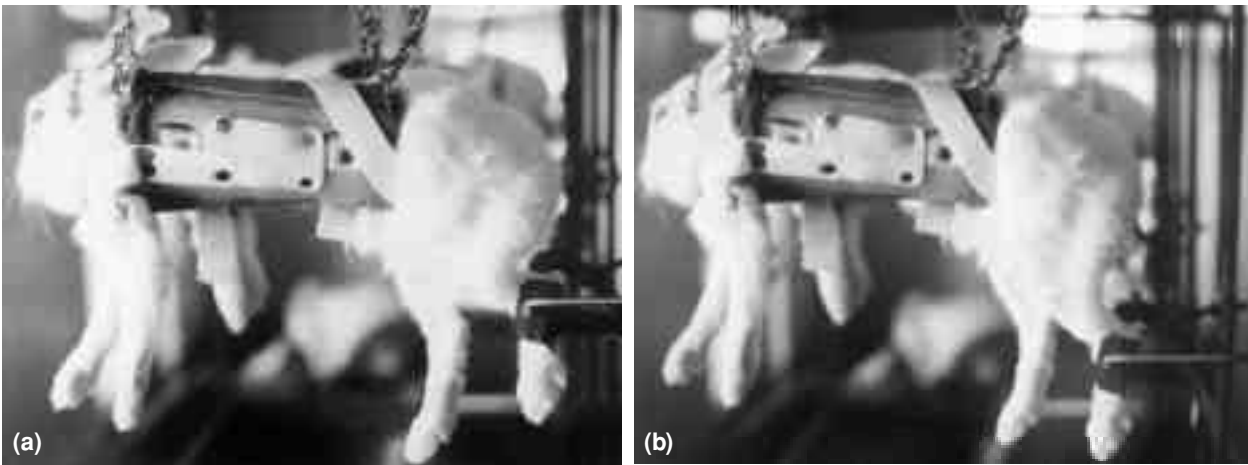
Onarım sonrası yeniden rüptür oluşmasından kaçınmak için klasik tedavide, ekstremitelere 6-8 hafta alçı ile immobilize edilmektedir. Ancak uzun süreli immobilizasyona bağlı olarak, adale atrofisi, eklemlerde sertlik, çevre dokulara yapışıklıklar veya derin ven trombozu gibi sorunlar gelişmektedir.^[6,7] İmmobilizasyonun bilinen bu zararlı etkilerinden dolayı 1980'li yılların sonlarından başlayarak cerrahi onarım sonrası erken harekete izin verilmesine dayanan farklı tedavi protokolleri yaygınlaşmıştır.^[8-13] Ancak onarım sonrası erken dönemde devamlı pasif hareket (DPH) uygulamasını, alçılı immobilizasyon uygulaması ile karşılaştıran kontrollü bir çalışma yoktur.

Bu deneysel çalışmada, tavşanlarda Aşil tendon rüptürünün onarımı sonrası erken dönemde kontrollü devamlı pasif hareket uygulanmasının iyileşmeyi olumlu etkileyeceği varsayımından yola çıkarak, onarım sonrası altı hafta süreyle günde dört saat DPH uygulamasının morfolojik ve histolojik sonuç-

larını, sadece alçı immobilizasyonu uygulanan kontrol grubu ile karşılaştırmayı amaçladık.

Gereç ve yöntem

İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Deneysel Araştırma Laboratuvarı'nda yapılan bu deneysel çalışmada, ağırlıkları ortalama 2000-2500 g arasında değişen, 20 adet erişkin beyaz dişi tavşan kullanıldı. Çalışma için İnönü Üniversitesi Hayvan Araştırma ve Etik Komitesi'nden onay alındı. Genel anestezi, ketamin 40 mg/kg (Ketalar®, Pakedo, 50 mg/ml) ve xylazine 5 mg/kg (Rompun®, Haven-Lockhard, 23.2 mg/ml) gluteal adale içine enjekte edilerek sağlandı. Profilaktik olarak sefradur 75 mg/kg (Sefril®, Squibb, 500 mg) tek doz intramusküler yoldan yapıldı. Aseptik koşullarda hazırlık sonrası topuktan baldır orta 1/3 bileşkeye kadar kavisli posterior kesi yapıldı. Cilt, cilt altı geçildikten sonra paratenon uzunlamasına açıldı. Tendon, kalkaneusla yapışma yerine 2-3 cm proksimalinden transvers olarak kesildi. Daha sonra tendon uçları 4/0 prolene kullanılarak modifiye Kessler tekniği ile onarıldı. Paratenon ve subkutan dokular 4/0 kromik katküt ile ve cilt 5/0 prolene ile dikildi. Tavşanlar, dizleri 30° fleksiyonda, ayak bilekleri 20° plantar fleksiyonda olacak şekilde uzun bacak alçısında immobilize edilerek kafeslerine kondu. Bundan sonra deney hayvanları rastgele olarak onarılı iki gruba ayrıldı. İkinci gün DPH yaptırılacak tavşanlar kafeslerinden alınıp, alçıları bi-valve hale getirilip çıkarıldı. Salter ve ark.^[14] tarafından geliştirilene benzer bir düzenek hazırlanarak denekler, dize ve ayak bileğine DPH uygulayan cihaza yerleştirildi ve altı hafta boyunca günde dört saat süreyle



Şekil 1. (a) Ayak bileği pasif hareketi'nin başlangıcı (b) ve sonu.

ayak bileklerine 90°-170° arası pasif plantar fleksiyon yaptırıldı (Şekil 1). Pasif hareket tamamlandıktan sonra bi-valve alçıları tekrar uygulanarak kafeslerine alındı. İkinci grup denekler ise onarım sonrası uygulanan uzun bacak alçısı içinde ilk dört hafta ayak bileği 20° ekin pozisyonunda immobilize edildi. Dördüncü haftadan sonra her iki gruptaki tavşanlara uygulanan alçı, ayak bileği nötralde olacak şekilde yenilendi. Ameliyattan sonraki erken dönemde analjezi için tek doz meperidin (Dolantin®, Hoechst, 100 mg), 2-10 mg/kg dozunda intramusküler olarak verildi.

Altıncı haftanın sonunda çalışma tamamlandığında, her iki gruptaki tavşanlar grupları bilmeyen bir kişi tarafından ayak bileği çevresindeki yapılar da oluşmuş olan atrofi, iyileşen tendon dokusunun çevreye yapışıklıkları yönünden değerlendirildi ve goniometre ile ayak bileğinin pasif hareket genişliği ölçüldü. Her iki gruptaki tavşanların yaşamları, altıncı haftanın sonunda 100 mg/kg/vücut ağırlığı ölçüsünde pentotal sodiumun (Sodium Thiopentone®, BP. 1. gr Abbott) kulak marjinal veninden hızlı intravenöz enjekte edilmesiyle sonlandırıldı ve alt ekstremitelerinin Aşıl tendonları açığa çıkarıldı. Onarım yerindeki değişikliklerin morfolojik olarak incelenmesinin ardından tendon örnekleri %10 nötral tampon formalin içerisinde bekletildi. Tendunun iyileşme bölgesinden alınan doku blokları hematoksilen-eosin ile boyanarak ışık mikroskopisinde incelendi. Histolojik incelemede, iyileşme dokusunda iltihabi hücre infiltrasyonu ve hyalinizasyon belirlendi. Kollajen lif dizilimi, liflerin devamlılığı

ve düzenliliğine göre değerlendirildi. Fibroblastik reaksiyon ve neovaskülarizasyonu değerlendirmek için, Curtis ve ark.nın^[15] kullandıkları evreleme sisteminden yararlanıldı. Buna göre fibroplazi, “yok”, “hafif”, “orta” ve “belirgin” şeklinde sınıflandırıldı; neovaskülarizasyon, bir büyük büyütme alanındaki kapillerin sayısı beşten az ise “hafif”, 5-10 arasında ise “orta”, 10’dan çok ise “belirgin” kabul edildi.

Çalışmamızda, gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel analizi Fisher testi ile, yeterli dağılım elde edilemediğinde ise Mann-Whitney U-testi ile değerlendirildi.

Sonuçlar

Morfolojik bulgular: Tavşanların hiçbirinde, yara iyileşmesi sırasında bir sorunla veya yeniden rüptürle karşılaşmadı. Onarım sonrası atrofi ve yapışıklık, alçı immobilizasyonu uygulananlarda daha belirgindi ($p<0.001$ ve $p<0.05$). Her iki grupta ayak bileği fleksiyonunda ve ekstansiyon genişliğinde kısıtlılık bulunmakla beraber kontrol grubunda oldukça belirgindi ($p<0.001$) (Tablo 1, 2).

Histolojik bulgular: Mikroskopik incelemede, hyalinizasyon ve iltihabi hücre infiltrasyonu bakımından farklılık anlamlı değilken, fibroblastik reaksiyon ve damar proliferasyonu (neovaskülarizasyon) bakımından gruplar arasındaki farklılık anlamlı bulundu (Tablo 3). Kontrol grubunda kollajen lif dizilimi %20 düzenli iken, DPH grubunda düzenli kollajen lif dizilimi %70 oranında bulundu ($p<0.05$) (Şekil 2).

Tablo 1. Atrofi ve yapışıklık bakımından gruplar arasındaki farklılıklar

	Devamlı pasif hareket			İmmobilizasyon			p (Fisher testi)
	Hafif	Orta	Belirgin	Hafif	Orta	Belirgin	
Atrofi	%20	–	–	%20	%40	%40	$p<0.0001$
Yapışıklık	%30	–	–	%30	%40	%30	$p<0.05$

Tablo 2. Fleksiyon-ekstansiyon kusurları bakımından gruplar arasındaki farklılıklar

	Devamlı pasif hareket		İmmobilizasyon	
	Fleksiyon	Ekstansiyon	Fleksiyon	Ekstansiyon
AO±SD	6.0 ± 6.1	5.0 ± 4.7	51.5 ± 10.8	25.0 ± 8.4
Ortanca	5	5	52.5	22.5

AO: Aritmetik ortalama; SD: Standart sapma; Mann-Whitney U-testi: $p<0.001$

Tablo 3. Mikroskopik bulgular bakımından gruplar arasındaki farklılıklar

	Yok (%)	Hafif (%)	Az (%)	Orta (%)	Belirgin (%)
Fibroblastik aktivasyon					
Devamlı pasif hareket	–	10	10	60	20
İmmobilizasyon	50	50	–	–	–
Damar proliferasyonu					
Devamlı pasif hareket	–	–	–	10	90
İmmobilizasyon	–	40	10	30	20
İltihabi infiltrasyon					
Devamlı pasif hareket	30	30	30	10	–
İmmobilizasyon	–	40	20	30	10
Hyalinizasyon					
Devamlı pasif hareket	80	–	–	–	20
İmmobilizasyon	60	–	–	–	40

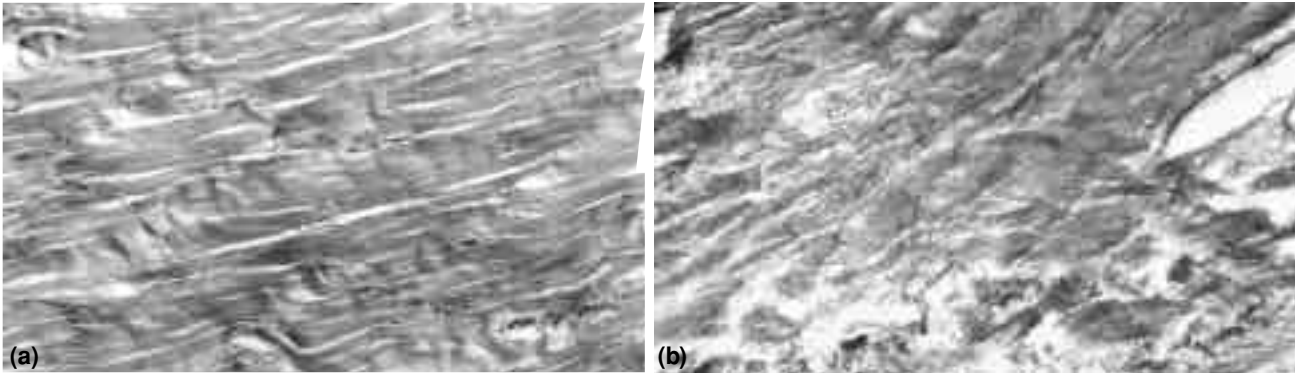
Tartışma

Aşil tendon rüptürlerinin onarımı sonrası için standart bir tedavi protokolü bulunmamaktadır. İmmobilizasyonun bilinen olumsuz etkilerinin yanında, erken hareket ve yük vermenin yeniden rüptür riskini artıracağı endişesi geçen yüzyıl boyunca ortopedistleri farklı tedaviler uygulamaya yöneltmiştir.^[3-5,8-13]

Bildiğimiz kadarıyla, Aşil tendon rüptürlerinin onarımı sonrası DPH uygulaması ile alçı immobilizasyonunu karşılaştıran bir çalışma yoktur. Aşil tendonunun iyileşmesi için uygun pasif hareketin sıklığı ve süresi de tam olarak belirlenmemiştir.^[16,17] Geleneksel olarak ameliyat sonrası erken rehabilitasyonda, ayak bileğine ekin pozisyonunda bir atel takılmasının ardından birkaç gün içinde alçıya geçilerek altı hafta süreyle immobilizasyon uygulanır. İki haftalık poliklinik kontrollerinde alçı değişikli-

ği yapılarak ayak nötral pozisyona getirilir. Alçının çıkarılmasının ardından ayak bileği hareketlerine başlanır. Bu uygulama yaygın olmasına karşın istenmeyen sonuçlara yol açmaktadır.^[6,7] Konservatif veya cerrahi, hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın alçı içerisinde immobilizasyon sonrası tendon gücünde %10-15 arasında zayıflama olmaktadır.^[18,19] İmmobilizasyonun ardından agresif rehabilitasyon programları da uygulansa, hastalar daha önceki en yüksek hareket kapasitelerine ulaşamamaktadırlar. Buna karşın, erken hareket verilmesi atrofiyi azaltır; kollajene fiber polimerizasyonunu uyarır ve onarım yerinde kollajenin organizasyonunu artırır; bu durum kas ve tendonun güç ve dayanıklılığında artışa neden olur.^[2]

Aşil tendonunun onarımından sonra fonksiyonel tedavi protokolü ilk olarak Marti ve Weber tarafından^[20] tanımlanmıştır. Bu yazarlar, ameliyat sonrası



Şekil 2. (a) Devamlı pasif hareket uygulanan grupta ve (b) alçıda immobilizasyon uygulanan grupta kollajen lif dizilimi görülüyor (H-E x 40).

dört, beş ve altıncı günlerde alçıyı çıkarıp hastalardan ayak bileği ve dizlerini aktif olarak hareket ettirmelerini istemişler; bilekte nötral dorsifleksiyon elde ettiklerinde, kısa bacak alçısı uygulamışlar ve hastaların altı hafta süresince alçı içinde ekstremitelerine giderek artan oranda yük vermelerine izin vermişlerdir. Bu tedavi ile yeniden rüptürle karşılaşmadıklarını ve iyi fonksiyonel sonuç aldıklarını bildirmişlerdir. 1980'li yılların sonlarından başlayarak erken hareket verilmesi ile ilgili yeni tedavi protokolleri önerilmiş, bu çalışmaların hepsinde iyi sonuçlar bildirilmiş ve erken hareketin avantajları vurgulanmıştır.^[8-13]

Sinovyal eklemlerdeki kıkırdağın onarımı için aktif hareketin immobilizasyona göre daha üstün olduğunun gösterilmesi üzerine Salter,^[21] devamlı hareketin daha iyi olacağını ve iskelet kasının yorulması nedeniyle de devamlı hareketin aktif yerine pasif olarak yaptırılması gerektiğini ileri sürmüştü; deneysel çalışmalarda devamlı pasif hareket vermenin, kıkırdağın rejenerasyonu yanı sıra tendonlar ve ligamentleri içeren periartiküler dokuların iyileşmesi üzerinde de belirgin stimüle edici etkisi olduğunu göstermiştir. Salter ve Bell,^[22] tavşanlarda parsiyel patellar tendon rüptürünün onarımı sonrası altı hafta DPH uygulanmasının, yapışıklıkları ve eklem sertliğini önlediğini, tendon kalınlığında ve dayanıklılığında elde edilen artışın immobilizasyon veya aktif hareket uygulanan tavşanlara göre daha çok olduğunu göstermişlerdir. Gelbermann ve ark.^[23] fleksör tendonların onarımı sonrası erken kontrollü pasif hareket verilmesi ile tendonda atrofi ve yapışıklıklar azalırken, kollajen sentezinin ve onarım yerinin dayanıklılığının arttığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda, DPH uygulanması ile adale atrofisi, yapışıklık ve ayak bileği hareket genişliği bulgularının, alçı ile immobilizasyon uygulanmasına göre daha iyi olduğu görüldü. Kollajen liflerin devamlılığı ve paralel dizilimi DPH uygulananlarda daha belirgindi. Onarım sonrası altı hafta süreyle günde dört saat DPH yapılmasının, yeniden rüptür oluşturmadan güvenli olarak uygulanabildiğini gördük.

Aşil tendon rüptürünün onarımından sonra kontrollü DPH verilmesi, intrinsik tendon onarımını stimüle ederek tendon materyal özelliklerini iyileştirmekte ve yapışıklık oluşumunu azaltmaktadır. Sonuç olarak, Aşil tendon yaralanmalarının tedavi

sürecinde, rehabilitasyon özenle ele alınmalıdır. Erken kontrollü devamlı pasif hareket verilerek yapılan rehabilitasyonun uyumlu hastalarda güvenli olduğunu ve fonksiyonel olarak etkili olacağını düşünürüz.

Kaynaklar

1. Fahlstrom M, Bjornstig U, Lorentzon R. Acute Achilles tendon rupture in badminton players. *Am J Sports Med* 1998; 26:467-70.
2. Myerson MS. Achilles tendon ruptures. *Instr Course Lect* 1999;48:219-30.
3. Wills CA, Washburn S, Caiozzo V, Prietto CA. Achilles tendon rupture. A review of the literature comparing surgical versus nonsurgical treatment. *Clin Orthop* 1986;(207):156-63.
4. Cetti R. Operative versus nonoperative options. In: Myerson MS, Mandelbaum BR, editors. *Foot and ankle clinics*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1997. p. 253-8.
5. Winter E, Weise K, Weller S, Ambacher T. Surgical repair of Achilles tendon rupture. Comparison of surgical with conservative treatment. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998;117:364-7.
6. Booth FW. Physiologic and biochemical effects of immobilization on muscle. *Clin Orthop* 1987;(219):15-20.
7. Haggmark T, Liedberg H, Eriksson E, Wredmark T. Calf muscle atrophy and muscle function after non-operative vs operative treatment of achilles tendon ruptures. *Orthopedics* 1986;9:160-4.
8. Motta P, Errichiello C, Pontini I. Achilles tendon rupture. A new technique for easy surgical repair and immediate movement of the ankle and foot. *Am J Sports Med* 1997;25:172-6.
9. Speck M, Klaue K. Early full weightbearing and functional treatment after surgical repair of acute achilles tendon rupture. *Am J Sports Med* 1998;26:789-93.
10. Mortensen HM, Skov O, Jensen PE. Early motion of the ankle after operative treatment of a rupture of the Achilles tendon. A prospective, randomized clinical and radiographic study. *J Bone Joint Surg [Am]* 1999;81:983-90.
11. Mandelbaum BR, Myerson MS, Forster R. Achilles tendon ruptures. A new method of repair, early range of motion, and functional rehabilitation. *Am J Sports Med* 1995;23:392-5.
12. Carter TR, Fowler PJ, Blokker C. Functional postoperative treatment of Achilles tendon repair. *Am J Sports Med* 1992; 20:459-62.
13. Solveborn SA, Moberg A. Immediate free ankle motion after surgical repair of acute Achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med* 1994;22:607-10.
14. Salter RB, Simmonds DF, Malcolm BW, Rumble EJ, MacMichael D, Clements ND. The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage. An experimental investigation in the rabbit. *J Bone Joint Surg [Am]* 1980;62:1232-51.
15. Curtis RJ, Delee JC, Drez DJ Jr. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with freeze dried fascia lata allografts in dogs. A preliminary report. *Am J Sports Med* 1985;13: 408-14.
16. Lin SS, Berkman AR, Lee TH. Tendon problems of the foot and ankle. In: Mizel MS, Miller RA, Scioli MW, editors. *Orthopaedic knowledge update, foot and ankle 2*. 2nd ed. Rosemont, Illinois: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1998. p. 253-75.
17. Takai S, Woo SL, Horibe S, Tung DK, Gelberman RH. The effects of frequency and duration of controlled pas-

- sive mobilization on tendon healing. *J Orthop Res* 1991;9:705-13.
18. Nistor L. Surgical and non-surgical treatment of Achilles Tendon rupture. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg [Am]* 1981;63:394-9.
19. Inglis AE, Scott WN, Sculco TP, Patterson AH. Ruptures of the tendo achillis. An objective assessment of surgical and non-surgical treatment. *J Bone Joint Surg [Am]* 1976;58:990-3.
20. Marti R, Weber BG. Rupture of the achilles tendon - functional after care. *Helv Chir Acta* 1974;41:293-6. [Abstract]
21. Salter RB. The biologic concept of continuous passive motion of synovial joints. The first 18 years of basic research and its clinical application. *Clin Orthop* 1989;(242):12-25.
22. Salter RB, Bell RS. The effect of continuous passive motion on the healing of partial thickness lacerations of the patellar tendon in the rabbit. *Ann Coll Phy Surg Can* 1981;14:209-16.
23. Gelberman RH, Menon J, Gonsalves M, Akeson WH. The effects of mobilization on the vascularization of healing flexor tendons in dogs. *Clin Orthop* 1980;(153):283-9.