

ERKEN MOBİLİZASYON İÇİN GELİŞTİRİLEN EKSTRATENDİNÖZ DİKİŞ TEKNİĞİNİN İN VİTRO BİYOMEKANİK TEST SONUÇLARININ MODİFİYE KESSLER TEKNİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI: YENİ BİR TEKNİĞİN GELİŞTİRİLME SÜRECİNDE İLK AŞAMA

COMPARISON OF IN VITRO BIOMECHANICAL TEST RESULTS OF THE NEW EXTRATENDINOUS SUTURE TECHNIQUE WHICH IS DEVELOPED FOR EARLY MOBILIZATION TO THE MODIFIED KESSLER TECHNIQUE: THE FIRST STEP IN THE DEVELOPMENTAL PROCESS OF A NEW TECHNIQUE

*Nebil Yeşiloğlu, **Deniz Özgür Sucu, ***Selami Serhat Şirvan, ****Arzu Özcan Akçal, *****Kemalettin Yıldız

*Dr. Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi; Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği; Kartal, İSTANBUL

**Medline Antalya Hastanesi; Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği, ANTALYA

***Selahattin Cizrelioğlu Devlet Hastanesi; Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği; Cizre, ŞIRNAK

****Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi AD, ANTALYA

*****Bezmi Alem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi AD, İSTANBUL

ÖZET

Amaç: Elde fleksör tendonların ikinci bölgesindeki tendon onarımlarından sonra gelişen tendon çevresi yapışıklıklar ve sonrasındaki rüptürler halen önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu tür komplikasyonların önlenmesinde, onarımın gücü ve erken pasif ve aktif eklem hareket açıklığı kazandırmak temel unsurlardandır. Bu çalışmada, erken aktif hareketlendirme sağlamak için geliştirilen yeni bir fleksör tendon onarım tekniğinin geleneksel tendon onarım yöntemleri ile biyomekanik özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç- Yöntem: Bu in vitro çalışmada, koyun ön bacağından izole edilen 64 adet taze kadaverik fleksör tendon sekizli grupta rastgele gruplandırılmıştır. Tendonlarda tam kalınlıklı kesi oluşturularak iki ve dört geçişli modifiye Kessler ile iki ve dört geçişli ekstratendinöz dikiş tekniği (EDT) ile onarılmıştır. İki onarım grubunun iki ve dört geçişli tipleri için ek olarak epitendinöz dikiş ile kombine dört alt grup da oluşturulmuştur. Epitendinöz dikişin tek başına sağladığı biyomekanik desteğin değerlendirilmesi için de dokuzuncu bir ek grup oluşturulmuştur. Tüm onarılan tendonlar 1kg/N yük hücresi ile 20mm/dakika hızla sabit gerim testine tabi tutuldu. Rüptüre yol açan en yüksek yük değerleri ve dikiş sıklık değerleri kaydedildi. Tüm veriler bağımsız grupların analizi amacıyla Mann-Whitney-U testi ile istatistik analize tabi tutulurken rüptür oranları Kruskal Wallis testi ile analiz edildi. 0,05'ten küçük p değerleri anlamlı olarak kabul edildi.

Bulgular: İki geçişli onarımlarda tendon rüptürünün temel mekanizması dikiş ayrışması iken dört geçişli tekniklerde dikiş kopması olarak gözlemlendi. Rüptüre neden olan en yüksek yük değeri ve dikiş sıklığı bakımından en güçlü üç onarım yöntemi, sırasıyla dört geçişli EDT, dört geçişli modifiye Kessler tekniğinin epitendinöz dikişle kombinasyonu ve iki geçişli EDT'nin epitendinöz dikişle kombinasyonu olarak gözlemlendi. Dört geçişli eksternal tendon dikişinin, kopma yükü ve dikiş sıklığı açısından diğer yöntemlerden anlamlı olarak daha güçlü olduğu gözlemlendi.

Sonuçlar: Geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında kopma ve sıyrılmaya direnci anlamlı olarak yüksek olan ekstratendinöz dikiş tekniğinin bu çalışmadan elde edilen biyomekanik sonuçlarının in vivo çalışma ile desteklenerek klinik uygulama açısından denenebileceği kanaatindeyiz.

Anahtar Sözcükler: fleksör tendon onarımı, epitendinöz, Kessler

ABSTRACT

Purpose: Complications like peri-tendinous adhesion which is followed by tendon rupture is still an important problem in zone-II flexor tendon repairs. To prevent such complications, the strength of repair and providing the early passive and active range-of-motion are basic aspects of the repair. In this study, a new flexor tendon repair method to provide early active mobilization was developed and in vitro biomechanical properties were compared to conventional tendon repair methods.

Materials and methods: In this in vitro study, 64 fresh cadaveric sheep flexor tendons obtained from forelegs were randomized in 8 groups. Then tendons were incised and repaired by using two and four-stranded modified Kessler, two and four stranded extra-tendinous suture methods (ETS). In both repairs three subgroups were also created by adding an epitendinous suture to the repairs. The biomechanical support of the epitendinous suture alone was assessed in a separate group. All the repaired tendons were underwent biomechanical stretch test by using a 1kg/N load cell and 20mm/min of constant stretch velocity. Maximal load that cause rupture and knot tightness values were noted. All the data were statistically analyzed by Mann-Whitney-U test for the comparison of independent groups while the rupture rates were analyzed by using the Kruskal-Wallis test. p values smaller than 0.05 was accepted as significant.

Results: In double-stranded repairs, the basic mechanism of the rupture was suture detachment while in four stranded repairs it was the suture breakage. Strongest repairs according to their maximal load for rupture and suture tightness values were four-stranded external tendon suture, four-stranded modified Kessler including the epitendinous suture and double-stranded external tendon suture plus epitendinous suture, respectively. Four-stranded external tendon suture was also significantly stronger than other methods in terms of maximal load and suture tightness.

Conclusion: In our opinion, external tendon suture method has promising biomechanical results which should be supported by additional in vivo studies before clinical trial to show the biological behavior in early active mobilization.

Keywords: flexor tendon repair, epitendinous, Kessler

GİRİŞ

Fleksör tendon onarımlarında “ Sahipsiz Bölge” ya da “No Man’s Land” olarak tanımlanan Verdan’ın ikinci zonunda yapılan onarımlar, ortaya çıkan yapışıklıklar ve sonrasında gelişen rüptürler nedeniyle halen birçok çalışmaya konu olmaktadır.¹ Bu bölgedeki onarımlarda, kirli ya da temiz olup olmamasına göre yaranın durumu, onarım tekniğinin özellikleri, hastanın ek hastalıklarının mevcudiyeti gibi faktörler üzerinde durulmuş ve bu faktörleri hedef alan tedavi modaliteleri geliştirilmiştir.

Çok sayıdaki tedavi yaklaşımları temelde üç grupta toplanabilir: Tendon onarımının gücünü ve sıklığını artırmaya yönelik dikiş teknikleri; lokal yara faktörlerini iyileştirmeye yönelik yaklaşımlar ve ameliyat sonrası erken dönemde pasif ve aktif eklem hareket açıklığını artırmaya yönelik yöntemler.^{2,3}

Yaralanma bölgesinde tendon kılıfının defektif olduğu hastalarda çok sayıda biyolojik materyal kılıf rekonstrüksiyonu için denenmiş olup bunların klinik uygulamada çok azı sürekli kullanılır olmuştur.^{4,5} Daha güncel çalışmalarda moleküler düzeyde plateletten zengin plazma (PRP) gibi yara mediyatörlerinin onarım hattına uygulanması⁶ ya da transforme edici büyüme faktörü (TGF) – beta gibi moleküllerin gen ekspresyonlarının baskılanmasına⁷ yönelik çabalar mevcut olup bu uygulamaların etkinliği, ilgili çalışmalarda bildirildiği üzere tartışmalıdır.

Onarım tekniklerine yaklaşımda, onarım hattındaki merkezi ip geçiş (strand) sayısının artırılmasının onarımın sıklığını artırmak yönünde etki gösterdiği bildirilmişken,⁸ ideal geçiş sayısına dair yüksek kanıt seviyeli sonuçlar yayınlayan bir çalışma mevcut değildir.¹ Onarımda kilitleyici (locking) ve yakalayıcı (grasping) mekanizmalardan özellikle sıyrılmayı en aza indirme ve kopma direncini artırma anlamında kilitleyici mekanizmanın üstünlüğü bildirilmiştir.⁹ Düğümün konumu ve düğüm sayısı ile ilgili daha eski ve güncel çalışmalar arasında bir fikir birliği mevcut değildir.¹⁰⁻¹²

Fleksör tendon onarımlarında en sık görülen rüptür nedenleri olarak sırasıyla gecikmiş tendon onarımı, baskın olmayan eldeki onarımlar ve ikinci zon onarımları sayılmaktadır.¹³ Tendon onarımının gücünün erken aktif hareketlendirmeye kazandırılması, tendon iyileşmesi açısından önem taşımakta olup bu konuda sıklıkla 4 ve 6 geçişli teknikler tercih edilir olmuştur.¹⁴ Bu in vitro çalışmada, düğümün kopması ve ipin sıyrılmaması gibi onarımda test edilen temel özellikler açısından güçlü bir tekniğin, hastalardaki atelleme süresini en aza indirmek ve erken aktif hareketlendirme sağlayarak adhezyonların da önüne geçmek amacıyla geliştirilmesinde in vitro biyomekanik özelliklerinin geleneksel bir tendon dikiş tekniği ile kıyaslanması hedeflenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, hayvan kesimhanesinden elde edilen 24 adet taze, kadaverik koyun ayağında, arka yüzden uygulanan insizyonla girilerek cilt eleve edildi ve uygulanan disseksiyonla tendon kılıfı ve makara (pulley) sistemleriyle derin fleksör tendon ortaya kondu (Şekil 1). Tendon kılıfı insize edilerek derin fleksör tendon ,inferiora toynak seviyesinde yapıştığı yerden ayrılarak izole edildi. Elde edilen 24 derin fleksör tendonun “Y” şeklindeki kolları çatallanma noktasından ayrılarak 64 adet tendon parçası çalışma için ayrıldı. Fleksör tendonlar oval yapıda olduğundan en geniş çap olarak normal anatomik konumundaki yatay hat kabul edildi. İşaretlenen orta noktadan tam kat kesi oluşturuldu (Şekil 2). Daha sonra 64 adet tendon gruplandırılmaya (Tablo 1) uygun bir şekilde 5/0 ve 6/0 yuvarlak iğneli polipropilen (Propilene ® Doğsan,Türkiye) dikiş materyali kullanılarak onarıldı (Şekil 3).

Tasarlanan ekstratendinöz dikiş tekniğinin temel özellikleri:

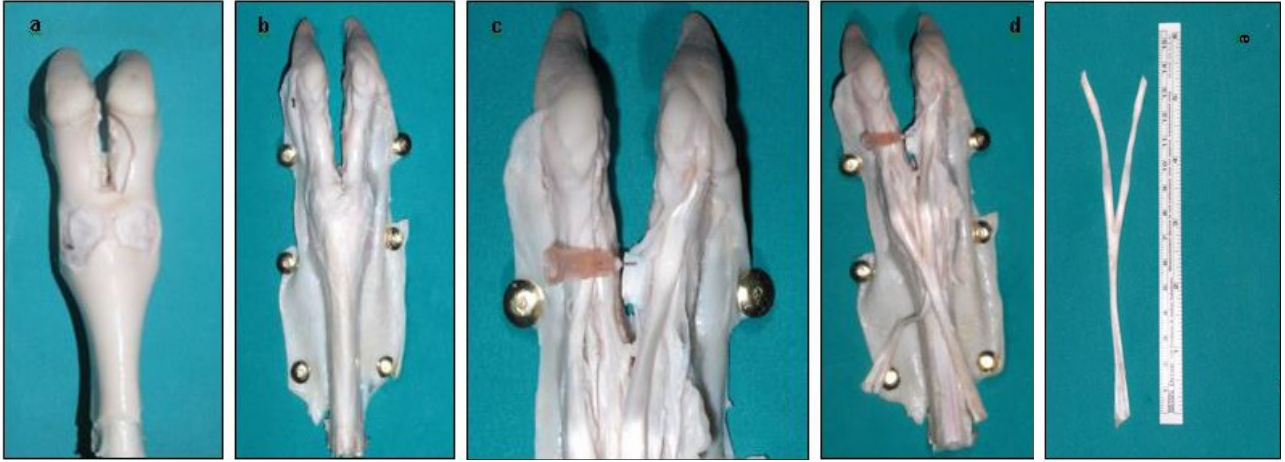
Gemici ve afet kurtarma düğümlerinde ki temel prensiplerden biri olan gerim sırasında düğümün sıkışması ve sıyrılmaya kuvvetinin sıkışmaya aktarılması prensibi gözetilerek geliştirilen ekstratendinöz dikiş tekniğinde (EDT) temel amaç, merkezdeki iki uzunlamasına bileşenin sağladığı desteğe ek olarak tendon kesi hattının yüzeyinde birbiri içine geçen halkalarla çapraz yapılarak ayrılmaya karşı destek oluşturulmasıdır (Şekil 4). Bu destek çift geçişli teknikte sadece ön yüzde iken (Şekil 5), dört geçişli teknikte ön yüz ile arka yüzdeki avasküler iki noktada yer alır (Şekil 6). İpin tendon dışında kesi hattı düzeyinde karşı taraftan gelen eşi ile yaptığı çapraz, yük bindiği anda ayrılma(gap oluşumu) yerine klasik gemici düğümlerinde olduğu gibi kilitlemeyi sağlar. EDT’de, tendon içinden geçerken dönüşler kilitleyici (locking) mekanizma ile yapılmaktadır. Bunun amacı sıyrılmayı engellemektir. EDT’nin diğer bir özelliği fleksör tendon onarımlarında, onarım hattından taşan ve genelde epitendinöz dikişle toparlanmaya çalışılan tendinöz dokuların tekniğin dış bileşenleri ile rahatlıkla gömülebilmesidir. Bu özelliğin onarım hattında takılmaları da engelleyebileceği düşünülmüştür.

Tablo I. Her bir grupta kullanılan tekniklerin ayırımı.

MK¹: Modifiye Kessler dikişi (Pennington modifikasyonu);

ETD²: Ekstratendinöz dikiş, Epi³: Epitendinöz dikiş

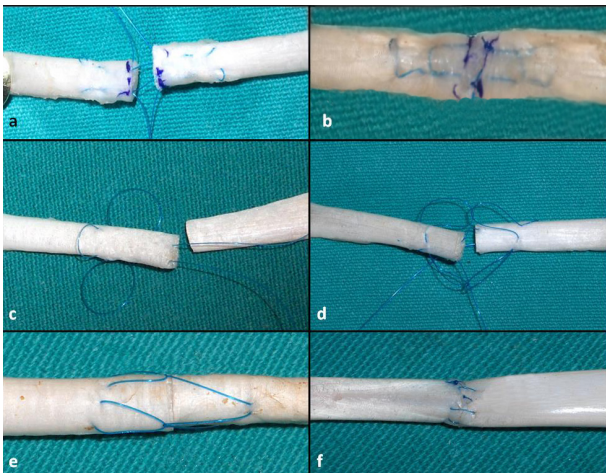
Grup (n=8)	Dikiş tekniği
1	Çift geçişli MK ¹
2	Dört geçişli MK
3	Çift geçişli ETD ²
4	Dört geçişli ETD
5	Çift geçişli MK + Epi ³
6	Dört geçişli MK + Epi
7	Çift geçişli ETD + Epi
8	Epi



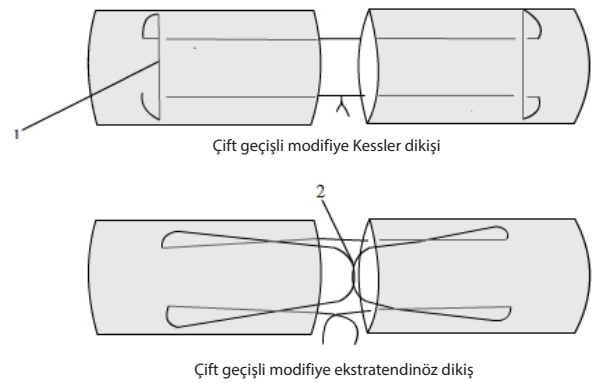
Şekil 1. Kadaverik koyun bacağı diseksiyonunda cilt fleplerinin kaldırılışı ile derin fleksör tendonların izole edilişi gözlenmekte



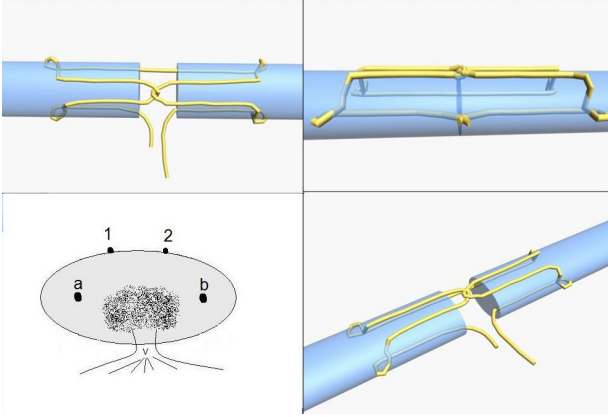
Şekil 2. Tendonların izole edildikten sonra hazırlanarak platforma sabitlenmesi ve orta noktadan tam kat kesi oluşturulması



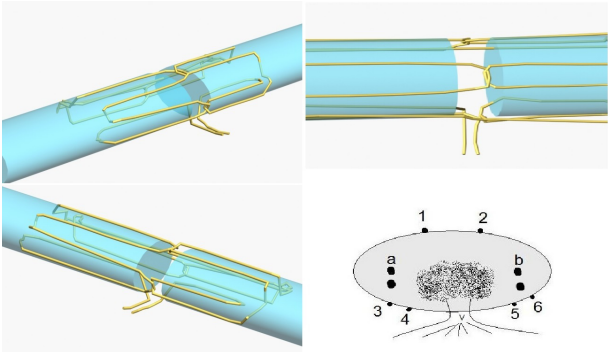
Şekil 3. Dört geçişli modifiye Kessler tekniği iki uçtan serbest bırakılmış (a) ve bağlanmış (b) halde görünümü. Dört geçişli ekstratendinöz dikişin tek tarafta geçilmiş halde(c), iki tarafta geçilerek (d) ve bağlanmış halde görünümü(e). İzole epitendinöz dikiş tekniği ile onarılmış tendon (f) görünümünde.



Şekil 4. Çift geçişli modifiye Kessler ve ekstratendinöz dikişlerin iki boyutlu görünümü. Kessler tekniğinde uçlarda olan transvers bileşenlerin(1), ekstratendinöz dikişte onarım hatında tendonun dışına taşınmış ve çapraz yapmış olduğu (2) gösterilmektedir. Böylelikle sıyrılma mukavemetinin bir kısmı buraya aktarılmaktadır



Şekil 5. İki geçişli ekstratendinöz dikiş tekniği. Tendon dışı çapraz, makara sistemi içinde takılmayı önleyecek şekilde taşın dokuları da toplamaya yardımcı olur



Şekil 6. Dört geçişli ekstratendinöz dikiş tekniği. Bu dikişte üç adet tendon dışı çapraz ve dört adet uzunlamasına bileşen (geçiş) yer alır. Enine kesitte vinculumları atlayacak şekilde avasküler alanlardan kavrayan tendon dışı çaprazlar ek bir destek sağlamaktadır

Biyomekanik değerlendirme

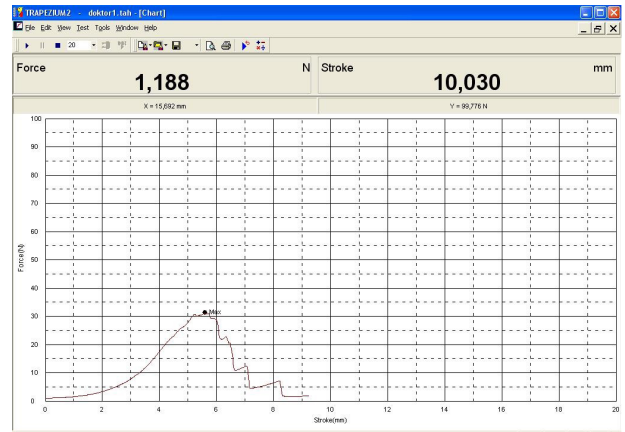
Onarım yöntemlerinin biyomekanik özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla tendonlar onarımdan hemen sonra her iki uçtan alüminyum folyo ile sarılarak izotonik serum emdirilmiş pedler içerisinde incelenmek üzere İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalürji Fakültesi Mukavemet Laboratuvarı'na getirildi. Tendonlar mekanik gerim cihazı olan Shimadzu® AGS-J 10kN'nin menegenelerine her iki uçtan tutturularak 1kg/N (1000N) yük hücresi kullanılarak 20mm/dakikalık sabit gerim hızında kopuncaya kadar test edildi (Şekil 7). Ek olarak, siklik yükleme testleri de aynı cihaz ile gerçekleştirildi. Elde edilen veriler Trapezium 2.0 (Version 2.23 Shimadzu Corp.) programına aktararak yük – yer değiştirme grafikleri elde edildi (Şekil 8).

İstatistiksel analiz

İn vitro çalışmadan elde edilen biyomekanik çalışma verileri Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) –13.0 (SPSS Inc. Headquarters; ABD) programında değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde, bağımsız ikili grupların birbiriyle karşılaştırılmasını sağlayan non-



Şekil 7. 1kg yük hücresi ile uygulanan mekanik çekme testi. Altta görüntülerde tendon uçlarının ayrılma nedeni olarak dikiş kopması (sol alt) ve dikiş sıyrılması (sağ alt) gözlenmektedir.



Şekil 8. Trapezium 2.0 programında elde edilen dört geçişli ETD örneğinde yük-yer değiştirme grafiğinde maksimum noktası (max), tendon uçlarında ayrışmanın olduğu yük seviyesidir. Basamaklı iniş ETD'nin aşamalı olarak ayrıştığını gösterir

parametrik testlerden Mann-Whitney-U testi kullanılmıştır. 8 grup arasında farklılık olup olmadığını belirlemek içinse çoklu grupları analiz eden Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Anlamlılık ölçütü olarak $p < 0,05$ değeri kabul edildi.

BULGULAR

Yapılan değerlendirmelerde, iki geçişli onarımlarda tendon rüptürünün temel mekanizması dikiş ayrışması iken dört geçişli tekniklerde dikiş kopması olarak gözlemlendi. Rüptüre neden olan en yüksek yük değeri ve dikiş sıklığı bakımından en güçlü üç onarım yöntemi, sıra-

siyla dört geçişli EDT, dört geçişli modifiye Kessler (MK) tekniğinin epitendinöz dikişle kombinasyonu ve iki geçişli EDT'nin epitendinöz dikişle kombinasyonu olarak gözlemlendi (Tablo I). Dört geçişli eksternal tendon dikişinin, kopma yükü ve dikiş sıklığı açısından diğer yöntemlerden anlamlı olarak daha güçlü olduğu gözlemlendi (Tablo II, III, Şekil 9). Epitendinöz dikişin tek başına (Grup 8), beraber uygulandığı Kessler ve ETD dikişlerin kopma gücünün yaklaşık beşte birini teşkil ettiği gözlemlendi.

Gruplardaki maksimum kopma yükü ortalamaları dikkate alındığında en yüksek değer $40,078 \pm 2,982$ N ile çift geçişli EDT'de elde edilmiştir. Bu dikişle benzer yük kaldırmaya beklenen dört geçişli Kessler dikişi ise $23,431 \pm 4,26$ N kopma yüküne sahip iken epitendinöz dikişle kombine edildiğinde $35,14 \pm 2,788$ N gibi çok daha yüksek bir direnç göstermiştir.

Tablo II. Gruplar arası maksimum kopma yüklerinin karşılaştırılması MK¹: Modifiye Kessler dikişi (Pennington modifikasyonu); ETD²: Ekstratendinöz dikiş, Epi³: Epitendinöz dikiş

Onarım Tekniği	Maksimum Kopma Yükü (Newton)	Standart sapma
Çift geçişli MK ¹	12,26313	1,596058
Dört geçişli MK	23,4315	4,26896
Çift geçişli ETD ²	20,23138	2,072067
Dört geçişli ETD	40,07813	2,982765
Çift geçişli MK + Epi ³	18,042	0,953252
Dört geçişli MK + Epi	35,14075	2,788734
Çift geçişli ETD + Epi	30,63375	1,688877
Epi	6,225125	0,727736

Tablo III. Gruplar arası ortalama sıklık değerlerinin karşılaştırılması MK¹: Modifiye Kessler dikişi (Pennington modifikasyonu); ETD²: Ekstratendinöz dikiş, Epi³: Epitendinöz dikiş

Onarım Tekniği	Ortalama Sıklık Değerleri (Newton/mm)	Standart sapma
Çift geçişli MK ¹	2,042188	0,357982
Dört geçişli MK	2,1055	1,155185
Çift geçişli ETD ²	1,96675	0,296123
Dört geçişli ETD	6,1814	0,8136
Çift geçişli MK + Epi ³	2,8715	0,7479
Dört geçişli MK + Epi	4,17475	0,5212
Çift geçişli ETD + Epi	3,473125	0,532066
Epi	0,41625	0,101709

Şekil 9. Grupların ortalama kopma yükü (Newton). MK¹: Modifiye Kessler dikişi (Pennington modifikasyonu); ETD²: Ekstratendinöz dikiş, Epi³: Epitendinöz dikiş

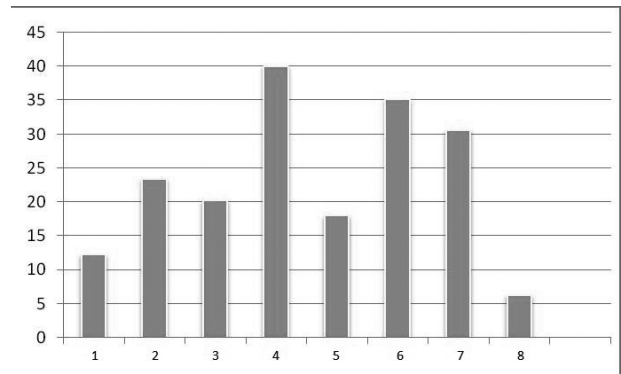
1. Çift geçişli MK¹
2. Dört geçişli MK
3. Çift geçişli ETD²
4. Dört geçişli ETD
5. Çift geçişli MK + Epi³
6. Dört geçişli MK + Epi
7. Çift geçişli ETD + Epi
8. Epi

Grupların hepsinde temel ayrılma nedeni olarak düğüm noktasından sütür kopması gözlemlenmiş olup iki geçişli Kessler ve ile iki geçişli EDT gruplarında 3'er tendonda dikiş sıyrılması gözlemlenmiştir. Yalnız epitendinöz dikiş atılan sekizinci grupta 4 tendonda 3-6 noktadan dikiş kırılması gözlemlenmiştir.

Dikiş sıklık değerlerine bakıldığında ilk 4 sırada sırasıyla, dört geçişli ETD ($6,18 \pm 0,81$ N/mm), dört geçişli modifiye Kessler dikişinin epitendinöz dikişle kombinasyonu ($4,17 \pm 0,52$ N/mm), iki geçişli ETD'nin epitendinöz sütürle kombinasyonu ($3,4 \pm 0,532$ N/mm), iki geçişli modifiye Kessler dikişinin epitendinöz dikişle kombinasyonu ($2,871 \pm 0,747$ N/mm) gelmektedir. İlginç olarak epitendinöz dikiş kullanılmayan dört geçişli modifiye Kessler dikişi ($2,105 \pm 1,155$ N/mm), aynı dikişin epitendinöz dikişle kombine edilmiş iki geçişli tipine göre daha zayıf sıklığa sahiptir. Çalışmada kıyaslama amacıyla epitendinöz dikişin tek başına onarımda kullanıldığı tendonlarda 0.416 ± 0.101 N/mm gibi değerlerine göre oldukça düşük sıklık değerleri saptanmıştır. Sadece ortalamalar dikkate alındığında epitendinöz dikiş sıklığı, gruplar arasında en yüksek sıklığa sahip dört geçişli ETD sıklık değerinin ancak %6,7'sine sahiptir. Aynı şekilde maksimum kopma yükü değerlerine bakıldığında epitendinöz dikiş ($6,22 \pm 0,727$ N) gruplar arasında en yüksek kopma yüküne sahip dört geçişli ETD dikiş tekniğinin ($40,078 \pm 2,982$ N) ancak %15,5'ini taşımıştır.

İn vitro biyomekanik çalışmada Kruskal-Wallis testi ile çoklu grup kıyaslamalarında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak maksimum yük ve sıklık değerleri açısından anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0,001$). İkinci aşamada Mann-Whitney-U testi ile yapılan ikili kıyaslamalar dikkate alındığında maksimum yük taşıma bazında en yüksek kopma yüküne dört geçişli ETD'nin sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu tekniğin diğer dört geçişli tekniklerle yapılan kıyaslamaları örnek olarak Tablo 4'te gösterilmiştir.

Dört geçişli modifiye Kessler tekniğine epitendinöz dikiş eklendiğinde, maksimum yük ve sıklık değerleri açısından izole formuna göre anlamlı bir artış ortaya çıkmıştır.



Tablo IV. Gruplar arası ortalama sıklık değerlerinin karşılaştırılması. Mann-Whitney U testinde en yüksek kopma ve sıklık değerlerine sahip iki dikişin kıyaslanmasında iki parametre açısından anlamlı fark vardır. Epi: Epitendinöz dikiş; ETD: Ekstradentinöz dikiş

Parametre	Dikiş Tekniği	Gruptaki tendon sayısı	N	Mean Rank	M.W-U testine göre p değerleri
Maksimum Yük	Dört geçişli ETD	8	11,75	94,00	0,005
	Dört geçişli Kessler + Epi	8	5,25	42,00	
	Toplam	16			
Sıklık	Dört geçişli ETD	8	12,25	98,00	0,001
	Dört geçişli Kessler + Epi	8	4,75	38,00	
	Toplam	16			

TARTIŞMA

Gemici ve afet kurtarma düğümlerinde halat gerilimini dengeli dağıtmak ve ipin sıyrılmasını engellemek amacıyla Münter düğümü, camadan, balıkçı düğümü gibi düğümler tanımlanmış ve halen pratik hayatta kullanımdadır.^{15,16} Mason-Allen, Strickland ve Kessler dikişlerinin çeşitli modifikasyonlarında da düğüm noktalarında uygulanan manevralar temelde bu gemici ve afet- kurtarma düğümlerindeki prensipler kullanılmaktadır.^{17,18} Aynı şekilde artroskopik diz eklemi cerrahilerinden, derin dokularda düğüm atılması işlemlerine ve hatta katarakt cerrahisinde düğümün sağlamaştırılmasına kadar ki alanlarda bu düğümlerin çeşitli modifikasyonları kullanılır olmuştur.¹⁹⁻²¹

ETD tekniği geliştirilirken temel amaç hastanın atelle takip süresinin en aza indirgenerek mümkünse direk aktif hareketlendirmeye geçişin sağlanmasıdır. Aktif erken hareketin tendon iyileşmesi ve eklem hareket aralığı üzerine olumlu etkisi çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir.²² Kontrollü pasif mobilizasyon sağlayan Kleinert ateli uygulaması ile aktif yükleme egzersizlerinin kıyaslandığı bir çalışmada sekiz haftalık süreçte toplam eklem hareket aralığının aktif hareket sağlanan grupta anlamlı olarak yüksek olduğu gösterilmiştir.²³

Fleksör tendon onarımlarında tendon dikişi ile ilgili faktörler değiştirilerek çok sayıda dikiş tekniği geliştirilmiş ve denenmiştir. Çalışmamızda biyomekanik sınamadan geçirdiğimiz ETD, gemicilikte kullanılan düğüm tekniklerinde sıklığı artırmaya yönelik modifikasyonlardan esinlenilerek geliştirilmiştir. Tendon içerisinden yapılan geçişlere ek olarak tendon dışında onarım hattına denk getirilen karşılıklı ip çaprazlarının merkezi yerleşimli bir örneği Robertson ve Al Qattan tarafından kullanılmış ve merkezdeki tek çaprazın modifiye Kessler ve Strickland tekniğine göre anlamlı olarak daha üstün olduğunu göstermişlerdir.²⁴ Tekniğimizde kullandığımız tendon dışı çaprazların da gerek sıyrılma gerekse kopma anındaki en yüksek yük değerlerinde modifiye Kessler tekniğine göre anlamlı olarak üstün olduğu gözlenmiştir. Özellikle dört geçişli teknikte üç adet tendon dışı çapraz yer almakta ve bu çaprazlar onarım sıklığını iki geçişli tekniğe göre anlamlı olarak artırmaktadır.

ETD tekniğinde geçiş sayıları iki ya da dört olarak

belirlenmekle birlikte tendon dışı çaprazlar da bu kapsamda düşünüldüğünde geçiş sayısı ikili geçişte iki kat, dörtlü geçişte üç kat artmaktadır. Dolayısıyla tendon onarım kesitinde yer alan çok sayıda dikiş materyalinin aksine dikiş hattını içine almayarak herhangi bir boşluk oluşumuna da neden olmamaktadır. Yayınlarda, ona kadar ulaşan tendon geçişleri içeren teknikler kullanılmış ve daha az geçişli tekniklere oranla biyomekanik olarak daha başarılı saptanmış olsa da, bu geçişlerin onarım hattı içerisinde olmasının onarım hattında şişmeye yol açarak makara sistemleri altında sürtünme ve takılmalara yol açtığı gözlenmiştir.²⁵ Onarım kesitinde bu tür şişmeleri engellemek için tendon içerisinden çeşitli geometrik konfigürasyonlarda dokuların çıkarılmasının etkilerini inceleyen bir çalışmada bu tür bir işlemin tüm gruplarda tendon dikiş sıklığını ve maksimum kopma yükünü anlamlı oranda azalttığı gözlenerek uygulanmaması gerektiği vurgulanmıştır.²⁶

Wong ve ark., tendon onarım hattına tek bir dikiş atılmasının hücresel düzeyde yarattığı değişiklikleri incelemiş ve geçiş sayısı ile özellikle tendonun iki ucu arasına giren düğüm sayısındaki artışın bu bölgede belirgin avasküler sahalar ortaya çıkardığını ve dolayısıyla bu görüntünün tendon iyileşmesini olumsuz etkilebileceğini göstermişlerdir.²⁷ ETD'de kesit alanından longitudinal geçiş sayısı en fazla dört olup, düğüm ve geçiş sayılarının canlı dokudaki özellikleri bu çalışmanın uzantısı olan in vivo çalışmada tartışılacaktır.

Dört geçişli ETD tekniğinde ek bir epitendinöz dikiş içeren grup oluşturulmamış olsa da ilk tanımlandığında ağırlıklı olarak onarım hattındaki fazla dokuların içeri gömülmesi amacı güden² epitendinöz onarımın bu işlevinin zaten ETD dış çaprazları ile sağlandığı gözlenmiştir. Kilitli epitendinöz dikiş ise tek başına oldukça düşük yük değerlerinde kopma sergilerken, Kessler ve iki geçişli ETD tekniklerinde kopma direncini anlamlı olarak artırmıştır.

Tendon yüzeyindeki onarımların yabancı cisim reaksiyonu ve bununla ilişkili olabilecek yapışıklık oluşturma oranları açısından detaylı sonuçlar içeren çalışmalar bulunmamakla birlikte ETD ile ilgili bu çalışmayı izleyecek olan in vivo çalışmamızda bu oranlarla ilgili açık bir değerlendirme yapılabilecektir.

SONUÇ

Tekniğimizin çalışmada değinilen ancak gruplara alınmayan diğer fleksör tendon onarım teknikleri ile daha geniş grupta kıyaslamalı canlı hayvan çalışmalarını yapılarak klinik kullanım açısından denenebileceğini düşünmekteyiz.

Dr. Nebil YEŞİLOĞLU

Dr. Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği; Kartal, İSTANBUL
E-posta: yesiloglunebil@yahoo.com

KAYNAKLAR

- Frueh FS, Kunz VS, Gravestock IJ, Held L, Haefeli M, Giovanoli P. Primary flexor tendon repair in zones 1 and 2: early passive mobilization versus controlled active motion. *J Hand Surg Am.* 2014; 39(7):1344-50.
- Sandvall BK, Kuhlman-Wood K, Recor C, Friedrich JB. Flexor tendon repair, rehabilitation, and reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2013; 132(6):1493-503.
- Chesney A, Chauhan A, Kattan A, Farrokhlyar F, Thoma A. Systematic review of flexor tendon rehabilitation protocols in zone II of the hand. *Plast Reconstr Surg.* 2011; 127(4):1583-92.
- Ishiyama N, Moro T, Ohe T, Miura T, Ishihara K, Konno T ve ark. Reduction of Peritendinous adhesions by hydrogel containing biocompatible phospholipid polymer MPC for tendon repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(2):142-9.
- Işik S, Oztürk S, Gürses S, Yetmez M, Güler MM, Selmanpakoğlu N, Günhan O. Prevention of restrictive adhesions in primary tendon repair by HA membrane: experimental research in chickens. *Br J Plast Surg.* 1999; 52(5):373-9.
- Kollitz KM, Parsons EM1, Weaver MS ve ark. Platelet-rich plasma for zone II flexor tendon repair. *Hand (NY).* 2014; 9(2):217-24.
- Chang J, Thunder R, Most D ve ark. Studies in flexor tendon wound healing: neutralizing antibody to TGF-beta1 increases postoperative range of motion. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 105(1):148-55.
- Thurman RT, Trumble TE, Hanel DP ve ark. Two-, four-, and six-strand zone II flexor tendon repairs: an in situ biomechanical comparison using a cadaver model. *J Hand Surg Am.* 1998; 23(2):261-5
- Hatanaka H, Zhang J, Manske PR. An in vivo study of locking and grasping techniques using a passive mobilization protocol in experimental animals. *J Hand Surg Am.* 2000;25:260-269.
- Pruitt DL, Aoki M, Manske PR. Effect of suture knot location on tensile strength after flexor tendon repair. *J Hand Surg Am.* 1996;21:969-973.
- Momose T, Amadio PC, Zhao C ve ark.. The effect of knot location, suture material, and suture size on the gliding resistance of flexor tendons. *J Biomed Mater Res.* 2000;53:806-811.
- Xie RG, Xue HG, Gu JH, Tan J, Tang JB. Effects of locking area on strength of 2- and 4-strand locking tendon repairs. *J Hand Surg [Am].* 2005; 30(3):455-6.
- Ibrahim MS, Khan MA, Rostom M ve ark. Rupture rate following primary flexor tendon repair of the hand with potential contributing risk factors. *Surg Technol Int.* 2014; 24:363-7.
- Peltz TS, Haddad R, Scougall PJ, Nicklin S, Gianoutsos MP, Walsh WR. Influence of locking stitch size in a four-strand cross-locked cruciate flexor tendon repair. *J Hand Surg Am.* 2011; 36(3):450-5.
- Sahil Güvenlik Komutanlığı İnternet Sitesi, Gemici bağları; http://www.sgk.tsk.tr/baskanliklar/istihbarat/gemici_baglari/gemici_baglari.asp
- Rope rescue: Colorado Technical Rescue: Knots 26-7. http://kristinandjerry.name/cmru/rescue_info/Colorado%20Technical%20Rescue%20School/Rope%20Rescue.pdf
- Frosch S, Buchhorn G, Hoffmann A, Balcarek P, Schüttrumpf JP, August F, et al. Novel single-loop and double-loop knot stitch in comparison with the modified Mason-Allen stitch for rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 23.
- Ramirez OM, Tezel E, Ersoy B. The Peruvian fisherman's knot: a new, simple, and versatile self-locking sliding knot. *Ann Plast Surg.* 200; 62(2):114-7.
- Kang MH, Seong M, Lim HW, Cho HY. Simple method to restore a fractured 10-0 polypropylene suture using a single fisherman's knot. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40(9):1568-70.
- Dogan T. The Peruvian fisherman's knot a new simple, and versatile self-locking sliding knot. *Ann Plast Surg.* 2010; 64(1):128.
- Gerhardt C, Hug K, Pauly S, Marnitz T, Scheibel M. Arthroscopic single-row modified mason-allen repair versus double-row suture bridge reconstruction for supraspinatus tendon tears: a matched-pair analysis. *Am J Sports Med.* 2012; 40(12):2777-85
- Moriya K, Yoshizu T, Maki Y, Tsubokawa N, Narisawa H, Endo N. Clinical outcomes of early active mobilization following flexor tendon repair using the six-strand technique: short- and long-term evaluations. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014;23.
- Farzad M, Layeghi F, Asgari A, Ring DC ve ark. A prospective randomized controlled trial of controlled passive mobilization vs. place and active hold exercises after zone 2 flexor tendon repair. *Hand Surg.* 2014;19(1):53-9.
- Robertson GA, Al-Qattan MM. A biomechanical analysis of a new interlock suture technique for flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1992;17B:92-93.
- Al-Qattan MM. A six-strand technique for zone II flexor-tendon repair in children younger than 2 years of age. *Injury.* 201; 42(11):1262-5.
- Vigler M, Lee SK, Palti R, Williams JC, Kaminsky AJ, Posner MA et al. Biomechanical comparison of techniques to reduce the bulk of lacerated flexor tendon ends within digital sheaths of the porcine forelimb. *J Hand Surg Am.* 2009; 34(9):1653-8.
- Wong JK, Cerovac S, Ferguson MW, McGrouther DA. Cellular effect of a single interrupted suture on tendon, *J Hand Surg [Br].* 2006; 31(4):358-67.