






Araştırma Makalesi

Mersin Üniv Sağlık Bilim Derg 2022;15(2): 263-272

doi:10.26559/mersinsbd.1114923

Musculus flexor digitorum profundus aksesuar başı tendonunun alternatif greft olarak kullanılabilirliğinin araştırılması

 İsmail Yağmurhan Gilan¹,  Coşar Uzun²,  Vedia Bennu Gilan³,
 Alev Bobuş Örs¹,  Nurten Erdal²

¹ Mersin Ü. Tıp Fak., Anatomi Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

² Mersin Ü. Tıp Fak., Biyofizik Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

³ Mersin Ü. Erdemli Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin, Türkiye

Öz

Amaç: Son yıllarda, artan cerrahi rekonstrüksiyon teknikleri ile tendon transferleri sık yapılan operasyonlardan biri haline gelmiştir. Trafik kazaları, kesici alet yaralanmaları ya da bazı romatizmal hastalıkların yarattığı dejeneratif hasarlar sonucunda tendon grefti uygulamaları bir gereklilik haline gelmiştir. Literatürde en çok kullanılan tendon greft donörleri musculus palmaris longus, musculus plantaris, musculus extensor digitorum longus, musculus extensor indicis ve musculus gracilis olarak geçmektedir. Birçok tendon greft donörü olmasına rağmen, farklı kullanım alanları ve varyatif durumlar nedeni ile zaman zaman da alternatif tendon greft donörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Biz de buradan yola çıkarak musculus flexor digitorum profundus aksesuar başının tendon grefti olarak kullanılabilirliğini araştırmayı hedefledik. **Yöntem:** Çalışmamızda, musculus flexor digitorum profundus aksesuar başı tendonunun, tendon grefti için donör olup olamayacağı iki basamakta incelendi. Birinci aşamada morfometrik olarak uygunluğu, ikinci aşamada ise biyomekanik olarak uygunluğu test edilerek güncel olarak kullanılan musculus palmaris longus ve musculus plantaris tendonlarıyla karşılaştırıldı. Bu amaçla musculus palmaris longus, musculus plantaris ve musculus flexor digitorum profundus aksesuar başının tendonları kullanıldı. Erişkin 11 kadavradan alınan kasların ve tendonlarının uzunlukları, kalınlıkları ve genişlikleri ölçüldü. Elde edilen parametreler birbirleriyle karşılaştırıldı. Alındıkları ekstremitelerin de uzunluk ve genişlikleri ölçülerek, tendonlarla aralarındaki korelasyonlara bakıldı. Germe test cihazı kullanılarak; maksimum kopma kuvveti, maksimum deformasyon, tendon kopuncaya kadar depolanan enerji, sertlik, maksimum stres, maksimum strain, esneklik katsayısı ve dayanıklılık parametreleri ölçülüp, tendonların biyomekanik özellikleri değerlendirildi. **Bulgular:** Yapılan analizler sonucunda; hem morfometrik verilerde hem biyomekanik verilerde benzerlikler elde edildi. **Sonuç:** Sonuç olarak ele alınan aksesuar tendonun morfometrik olarak uygun olduğu, biyomekanik olarak kısmen yeterli olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Tendon grefti, tendon morfometrisi, tendon biyomekaniği

Yazının geliş tarihi: 10.05.2022

Yazının kabul tarihi: 04.07.2022

Sorumlu yazar: İsmail Yağmurhan Gilan, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çiftlikköy kampüsü, Mersin, Türkiye. Tel: 0324 3610001, E-posta: yagmurhangilan@yahoo.com

Not: Bu çalışma, 2014'te Tokat'ta düzenlenen 26. Ulusal Biyofizik Kongresi'nde poster bildiri olarak sunulmuş ve Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tarafından 05.08.2014 tarihinde yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Investigation of the use tendon of the accessory head of flexor digitorum profundus muscle as an alternative graft

Abstract

Aim: In recent years, tendon transfers have become one of the most frequently performed operations with increasing surgical reconstruction techniques. Tendon graft applications have become a necessity as a result of traffic accidents, sharp tool injuries or degenerative damage caused by some rheumatic diseases. The most commonly used tendon graft donors in the literature are palmaris longus muscle, plantaris muscle, extensor digitorum longus muscle, extensor indicis muscle and gracilis muscle. Although there are many tendon graft donors, alternative tendon graft donors are needed from time to time due to different areas of use and variability. Based on this, we aimed to investigate the usability of the accessory head of the flexor digitorum profundus muscle as a tendon graft. **Method:** In our study, we investigated whether the tendon of the accessory head of flexor digitorum profundus muscle could be a donor site for tendon grafting in two steps. Morphometric suitability in the first step and biomechanical suitability in the second step were tested and compared with currently used palmaris longus muscle and plantaris muscle tendons. For this purpose, palmaris longus muscle, plantaris muscle and the accessory head of flexor digitorum profundus muscle tendons were used. The lengths, thicknesses and widths of the muscles and tendons taken from 11 adult cadavers were measured. Obtained parameters were compared with each other. The length and width of the extremities from which they were taken were also measured and the correlations between them and the tendons were checked. By using tensile device; maximum rupture force, maximum deformation, stored energy, stiffness, maximum stress, maximum strain, flexibility coefficient and endurance parameters were measured and biomechanical properties of tendons were evaluated. **Results:** Similarities were obtained in both morphometric and biomechanical datas. **Conclusion:** As a result, it was determined that the considered accessory tendon was morphometrically suitable and partially sufficient biomechanically.

Keywords: Tendon graft, tendon morphometry, tendon biomechanics

Giriş

Trafik kazaları, kesici alet yaralanmaları ya da bazı romatizmal hastalıkların yarattığı dejeneratif hasarlardan dolayı oluşan tendon yaralanmaları sonucunda tendon, biyolojik ve biyomekanik özelliklerini kaybeder. Son yıllarda, artan cerrahi rekonstrüksiyon teknikleri ile tendon transferleri sık yapılan operasyonlardan biri haline gelmiştir. Literatürde en çok kullanılan tendon greft donörleri musculus (m.) palmaris longus (MPL), m. plantaris (MP), m. flexor digitorum longus, m. extensor digitorum longus, m. extensor indicis ve m. gracilis olarak bildirilmektedir. Ancak literatürde bu kasların olmadığı ya da varyatif olduğu olgular bildirilmiştir. Bazı araştırmacılar alternatif donörler bulunmasını

önermiştir.¹⁻⁸ Bunun üzerine, aksesuar kasların alınmasının fonksiyon kaybı yaratmayacağı ve bu yüzden de tendon greft adayı olabileceği düşünüldü. Musculus flexor digitorum profundus (MFDP) aksesuar başı tendonunun belirli bir uzunluğa sahip olması nedeniyle, bu açıdan incelenerek bu çalışma oluşturuldu. Bu tendonun, tendon grefti olarak kullanılabilirliğiyle ilgili bir veriye rastlanmadı. Çalışmamızda, bu kasın tendonunun, tendon grefti için donör adayı olup olamayacağının iki basamakta araştırılması planlandı. Birinci aşamada morfometrik olarak uygunluğu, ikinci aşamada ise biyomekanik olarak uygunluğu güncel olarak kullanılan greft donörleriyle karşılaştırıldı.

Gereç ve Yöntem

Çalışmamızda, formalin ile fikse edilmiş 11 kadavranın (yedi erkek, dört kadın, yaş aralığı 28-83) 22 tarafında yapılan diseksiyonlar neticesinde, toplamda 11 MP, 13 MPL ve 12 MFDP aksesuar başına ulaşıldı (Şekil 1). Bu kasların toplam uzunlukları, tendon uzunlukları, tendonların en proksimalde, en distalde ve orta noktasında genişlikleri ile kalınlıkları digital kumpas (MAHR 16 ER) yardımıyla ölçüldü. Ayrıca bu kasların bulunduğu ekstremité bölümlerinin boyları, bu bölümlerin en distalde ve en

proximalde genişlikleri de kumpas yardımıyla ölçüldü. Önkol uzunluğu humerus'un epicondylus medialis'i ile processus styloideus ulnae arasından ölçüldü. El bileği genişliği processus styloideus ulnae ve processus styloideus radii arasından ölçüldü. Dirsek genişliği humerus'un her iki epikondili arasından ölçüldü. Bacak uzunluğu femur'un condylus medialis'i ile tibia'nın malleolus medialis'i arasından ölçüldü. Diz genişliği femur'un her iki kondili arasından, ayak bileği genişliği ise her iki malleolus arasından ölçüldü.



Şekil 1: Kadavradan izole edilen kasların görünümü. MP: Musculus plantaris, MPL: Musculus palmaris longus, MFDP: Musculus flexor digitorum profundus aksesuar başı.

Tendonların morfolojik ölçümleri yapıldıktan sonra, biyomekanik ölçümler için tendonlar en proksimal ve en distal noktalarından kesildi. Biyomekanik teste geçmeden önce tendonların ağırlıkları da hassas terazi ile ölçüldü. Ölçümlerden sonra, germe test cihazında kaymamaları için tendonların her iki ucuna alüminyum tozu sürüldü (Şekil 2A). Her tendon, germe test cihazına (İlfa Elektronik, maksimum 1 kN load cell, 0-250 mm/dk germe hızı), cihazın alt ve üst klempleri arasında eşit uzunlukta kalacak şekilde yerleştirildi ve dirençleri

kırılıncaya kadar germe hızı 10 mm/dk olacak şekilde gerdirildi (Şekil 2B). Test sonunda germe test cihazında kaydedilen yük-deformasyon verileri LoggerPro yazılımına (V 3.8.3, Vernier Software & Technology, Orlando, FL, USA) aktarılarak değerlendirildi. Bütün tendonlara sırasıyla bu biyomekanik test uygulandı. Test sonunda maksimum kopma kuvveti, maksimum deformasyon, kopuncaya kadar depolanan enerji, sertlik, maksimum strain, maksimum stres, esneklik katsayısı ve dayanıklılık parametreleri elde edildi.

Tendon greftinde kullanılan MP ve MPL tendonları ile tendon greft adayı olan MFDP aksesuar başı tendonunun morfolojik ve biyomekanik verileri istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

İstatistiksel analiz: Verilerin analizi için SPSS 11.5 istatistik paket programı kullanıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler verildi. İki'den fazla bağımlı grup arasındaki farklılıkların tespiti

için genelleştirilmiş Lineer Modeller Analizi kullanıldı. Aralarında fark olan grubun tespiti için çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey Testi kullanıldı. Sürekli iki değişken arasındaki ilişkinin araştırılması için korelasyon analizi yapıldı. İki bağımlı grubun karşılaştırılması için Paired t Testi kullanıldı. İstatistik anlamlılık seviyesi $p < 0.05$ olarak alındı. Kadavralar ile yapılan bu çalışma Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 2: Tendonların, biyomekanik test öncesi (A) ve biyomekanik test sonrası (B) görünümü. Biyomekanik test sonucunda, tendon orta seviyesinde oluşan sünme, açık renk olarak görülüyor. Germe test cihazında tendonların kaymaması için tendon uçlarına sürülen alüminyum tozları görülüyor.

Bulgular

Kadavralardan elde edilen toplam 36 adet MPL, MP ve MFDP aksesuar başı tendonlarına ait morfolojik ölçümlerin istatistiksel analizlerine göre (Tablo 1) MFDP aksesuar başı tendonunun;

- Proksimaldeki kalınlığı, orta seviyedeki kalınlığı, distaldeki kalınlığı, distaldeki genişliği ve venter uzunluğu bakımından MP'ye,

- Orta seviyedeki kalınlığı ve distaldeki kalınlığı bakımından MPL'ye benzediği görülmüştür.

Sağ ve sol taraf verileri karşılaştırıldığında;

- MPL tendonunun distaldeki ve proksimaldeki kalınlıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p=0.032$, $p=0.016$).

Tablo 1: MFDP aksesuar başı, MPL ve MP kaslarına ait morfometrik ölçümlerin analiz sonuçları. MFDP: Musculus flexor digitorum profundus aksesuar başı, MPL: Musculus palmaris longus, MP: Musculus plantaris, Ort: ortalama, Sd: standart sapma

Morfometrik Parametreler	Gruplar			p
	MFDP	MPL	MP	
	Ort±Sd (mm)	Ort±Sd (mm)	Ort±Sd (mm)	
Tendon uzunluğu	64.61±42.79	125.36±19.16 ^a	256.15±45.56 ^{a,b}	<0.001
Venter uzunluğu	85.63±10.52	111.50±19.83 ^a	92.20±20.63 ^b	<0.001
Kasın toplam uzunluğu	150.25±44.42	236.86±15.69 ^a	348.36±57.86 ^{a,b}	<0.001
Tendonun proksimaldeki genişliği	2.09±0.60	4.53±1.37 ^a	3.53±1.62 ^a	<0.001
Tendonun proksimaldeki kalınlığı	0.66±0.26	1.04±0.31 ^a	0.88±0.32	0.005
Tendonun orta seviyedeki genişliği	1.95±0.82	4.39±0.61 ^a	2.86±1.22 ^{a,b}	<0.001
Tendonun orta seviyedeki kalınlığı	0.64±0.27	0.85±0.24	0.80±0.49	0.280
Tendonun distaldeki genişliği	2.13±1.24	4.07±1.60 ^a	2.18±1.34 ^b	0.004
Tendonun distaldeki kalınlığı	0.62±0.32	0.84±0.25	1.01±0.62	0.081
Venter genişliği	6.83±2.28	12.84±3.54 ^a	15.61±4.10 ^a	<0.001

^a: MFDP grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

^b: MPL grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

Tendonların alındığı ekstremitelere ait morfolojik ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tendonlar ile tendonun bulunduğu ekstremitelere ait ölçümlerin karşılaştırmasına göre;

- MPL'nin tendon uzunluğu ve ön kol uzunluğu arasında %55.9'luk, doğrusal, zıt yönde (p=0.047),

- MP' nin tendon uzunluğu ve bacak uzunluğu arasında %64.8'lik, doğrusal, zıt yönde(p=0.031),

- MPL tendonunun orta seviyedeki genişliği ve el bileği genişliği arasında %63'lük, doğrusal, aynı yönde (p=0.021),

- MPL tendonunun orta seviyedeki genişliği ve dirsek genişliği arasında %73.3'lük, doğrusal, aynı yönde (p=0.004) istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulundu.

Tablo 2: Tendonların alındığı ekstremitte bölümlerinin morfolojik ölçüm analiz sonuçları. Ort: ortalama, Sd: standart sapma

	Ort±Sd	Min-Max
El bileği genişliği (mm)	50.92±3.85	44.28-56.7
Dirsek genişliği (mm)	62.62±4.29	54.90-69.4
Ön kol uzunluğu (mm)	240.01±14	212.77-264.2
Ayak bileği genişliği (mm)	62.54±5.81	55.50-76
Diz genişliği (mm)	81.88±8.74	60.55-91
Bacak uzunluğu (mm)	393.78±22.35	369-432.9

Tendonların biyomekanik test sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre MFDP aksesuar başı tendonuna ait;

- Maksimum deformasyon, sertlik ve maksimum stres ortalamaları hem MP tendonu hem de MPL tendonu ortalamaları ile,

- Kopma kuvveti, depolanan enerji, maksimum strain ve dayanıklılık ortalamaları, MP tendonu ortalamaları ile, - Maksimum strain, esneklik katsayısı ve dayanıklılık ortalamaları MPL tendonu ortalamaları ile benzer özellik göstermektedir.

Tablo 3: Tendonların biyomekanik testlerine ait analiz sonuçları. MFDP: Musculus flexor digitorum profundus aksesuar başı, MPL: Musculus palmaris longus, MP: Musculus plantaris, Ort: ortalama, Sd: standart sapma, N: Newton, mm: milimetre, mj: milijoule, MPa: MegaPascal.

Tendon Biyomekaniği Parametreleri	Gruplar			p
	MFDP (Ort±Sd)	MPL (Ort±Sd)	MP (Ort±Sd)	
Maksimum kopma kuvveti (N)	117.06±27.00	184.93±43.12 ^a	140.28±24.97 ^b	0.002
Maksimum deformasyon (mm)	4.73±1.02	5.98±2.26	4.40±0.95	0.139
Kopuncaya kadar depolanan enerji (mj)	312.10±64.32	669.04±399.59 ^a	360.01±81.64	0.023
Sertlik (N/mm)	38.03±19.29	44.95±11.76	44.43±15.81	0.641
Maksimum stres (MPa)	52.35±28.78	41.09±19.97	58.05±20.82	0.346
Maksimum strain (mm/mm)	0.0161±0.011	0.0222±0.016	0.0045±0.004 ^b	0.037
Esneklik katsayısı (MPa)	7.22±5.89	3.82±2.81	21.36±17.72 ^{a,b}	0.009
Dayanıklılık (MPa)	0.42±0.19	0.47±0.34	0.13±0.07 ^b	0.035

^a: MFDP grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

^b: MPL grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

Tartışma

Tendon yaralanmaları sıklıkla önkol 1/3 distal kısmında görülmektedir.⁹ Tendon rekonstrüksiyonu için morfometrik ve biyomekanik özellikler bakımından doğru tendonun seçilmesi gereklidir.^{10,11} Greftler, düşük donör alan morbiditesi, yeterli uzunluk ve çap gibi belirli kriterleri karşılamalıdır.¹² Varyatif olan MPL ve MP kasları her zaman bulunamadığından tendon grefti için kullanımı her zaman uygun olmayabilir. Bu kasların bulunma oranı sırasıyla %85 ve %93 olarak bildirilmektedir.¹³ Yine varyatif olan MFDP

Dabrowski ve ark¹⁹ yaptıkları çalışmada, MPL kasının hacmi ile önkolun çevre uzunluğu arasında istatistiksel olarak

aksesuar başının bulunma oranı ise % 2.9- %35.2 olarak bildirilmektedir.¹⁴⁻¹⁷ Bu çalışmada ise MPL, MP ve MFDP aksesuar başının görülme oranı sırasıyla %59.1, %50 ve %54.5'tir.

Trofa ve ark¹⁸ yaptıkları derlemede, sporcularda MPL tendon greft uygulamaları sonucunda %84.6 oranında tam iyileşme gerçekleştiğini bildirmiştir. Tendon greftinde MPL'nin öneminin vurgulandığı bu çalışma ve MPL'nin bulunamayabileceği düşünüldüğünde, alternatif donörlere ihtiyaç duyulmaktadır.

anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da, MPL tendon uzunluğu ile önkol uzunluğu arasında, MPL tendon

genişliği ile hem el bileği hem dirsek genişlikleri arasında, MP tendon uzunluğu ile bacak uzunluğu arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler görülmüştür. Bu anlamlı ilişkiler, tendon grefti için ihtiyaç duyulan tendon özelliklerinin preoperatif olarak tahmin edilebilmeleri için birer landmark olabileceğini düşündürmüştür.

Yamine ve Eric²⁰, yaptıkları literatür derlemesinde, MPL tendon uzunluğunu ortalama 13.9 cm, MPL tendon genişliğini ortalama 4 mm, MPL tendon uzunluğu/önkol uzunluğu oranını 0.55 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda bu değerler Yamine ve Eric'in çalışmasıyla uyumlu şekilde, sırasıyla 12.5 cm, 4.39 mm ve 0.58 olarak bulunmuştur. Yamine ve ark'nın¹¹ yaptıkları meta analizi sonuçlarına göre MP tendon uzunluğunu ortalama 30.63 cm, tendon genişliğini ortalama 3.68 mm olarak bulmuşlardır. Aynı uzunluklar bizim çalışmamızda sırasıyla 25.61 cm ve 2.86 mm olarak bulunmuştur. Buna göre verilerimizin bu çalışmanın veri ortalamasının altında kaldığı görülmüştür. Ayrıca, Yamine ve ark¹¹ tendon grefti için morfometrik açıdan MP'nin MPL'den daha uygun ve güvenilir olduğunu bildirmiştir.

Wehbe²¹, tendon greftlerinde uzunluk açısından MP'nin, genişlik açısından ise MPL'nin tercih edilmesinin daha uygun olduğunu bildirmiştir. Carlson ve ark²², MP ve musculus extensor digitorum longus kas tendonlarının en uzun, MPL ve extensor digitorum longus kaslarının tendonlarının en geniş, MFDP'nin ise bu tendonlar arasında en sert tendonlar olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da en uzun tendon ortalamasının MP'ye, en geniş tendon ortalamasının MPL'ye ait olduğu görüldü. En sert tendon ortalamasının ise MPL'ye ait olduğu görüldü.

Mazurek ve ark²³ tendon greftlerinde suture teknikleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Farklı genişlikteki tendonları uç uca suturelayarak biyomekanik testler uygulamıştır. Tendon genişliklerinin önemini vurguladığı bu çalışmada daha ince tendonların daha yüksek gerilme kuvvetine dayanabildiği sonucuna varmıştır. Çalışmada kalın tendon olarak m. flexor digitorum superficialis ve MFDP, orta

kalınlıkta tendon için MPL ve ince tendon olarak da MP'yi kullanmıştır. Biyomekanik test sonuçlarında; kalın-ince suturelanan tendonlara uygulanan maksimum stresi, kalın-orta ve kalın-kalın suturelanan tendonlara uygulanan maksimum strese göre daha yüksek bulmuşlardır (kalın-kalın sutureluda 10.2 MegaPascal [MPa], kalın-orta sutureluda 14.79 MPa, kalın-ince sutureluda ise 20.78 MPa). Bizim çalışmamızda suture tekniği çalışılmadı, fakat maksimum stres MFDP aksesuar başı tendonunda 52.35 MPa, MPL tendonunda 41.09 MPa, MP tendonunda 58.05 MPa olarak bulundu.

Josipovic ve ark²⁴ ise MP tendonunun maksimum kopma kuvvetinin 161-197 Newton (N) arasında olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda bu parametre MP tendonu için 140.28 N, MPL tendonu için 184.93 N, MFDP aksesuar başı tendonu için ise 117.06 N olarak bulundu.

Literatürde, MFDP tendonlarının da tendon greftinde kullanıldığı bildirilmektedir.^{25,26} Bu kasin aksesuar başı tendonunun da greft için kullanılabilirliği ile ilgili literatürde bir bilgiye rastlanmadı.

Allogreftlerin temin edilmesi zor olabilir. Ayrıca, ışınla veya kimyasal yollarla sterilize edilen allogreftlerin biyomekanik özelliklerinde azalma olduğu bildirilmiştir.⁸ Dolayısıyla otogreftlerin, biyomekanik bakımdan daha yeterli sonuç vereceği düşünülebilir. Literatürdeki biyomekanik çalışmalar genellikle ya hayvan tendonları ile yapılan ya da insan tendonlarında yapılan suture teknikleri ile ilgili olan çalışmalardır. Suture tekniği, tendon yaralanmaları için birincil onarım yöntemi olarak görülür. Eldeki hasarlı tendonları onarım sonrasında yaralanmamış olan el ile kıyaslandığında ortalama %74.5 oranında kavrama yeteneği kazandığı bildirilmiştir.⁸

Hohmann ve ark²⁷ yaptıkları çalışmada, fikse edilmiş kadavra tendonlarında esneklik katsayısı ve maksimum stresin, taze kadavralarinkinden daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır. Musculus biceps brachii'nin uzun başı tendonuyla yaptıkları çalışmalarında, taze kadavralarda esneklik katsayısı 25.6 MPa ve maksimum stresi 12 MPa olarak bulurken, formalinle fikse kadavralarda bu değerleri

sırasıyla 510.6 MPa ve 50.3 MPa olarak bulunmuşlardır. Formalinle fikse edilmiş kadavralarla yaptığımız çalışmamızda esneklik katsayısı ve maksimum stres verileri sırasıyla MPL tendonu için 3.82 MPa ve 41.09 MPa, MP tendonu için 21.36 MPa ve 58.05 MPa, MFDP aksesuar başı tendonu için ise 7.22 MPa ve 52.35 MPa olarak bulunmuştur. Esterman ve ark²⁸ fiksasyonun, dokuların sertliğini arttırdığı, Verstraete ve ark²⁹ ise fiksasyonun, dokuların esneklik katsayısını arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Sonuç olarak, MFDP aksesuar başı tendonunun, tendon grefti olarak kullanılan MPL ve MP tendonları ile morfometrik ve biyomekanik olarak birçok ortak noktası olduğu görüldü. Dolayısı ile MFDP aksesuar başı tendonunun da tendon grefti için kullanılabilmesi değerlendirildi. Ayrıca greft olarak kullanılacak tendon boyutlarının, tendonların bulunduğu ekstremitelerinin bölümlerinin boyutları yardımıyla, preoperatif olarak tahmin edilebileceği düşünüldü.

Yazar katkısı: İsmail Yağmurhan Gilan: Diseksiyonları yapmak, morfometrik ölçümleri yapmak, sonuçları yorumlamak, literatür araştırması yapmak ve çalışmayı makale haline getirmek. Coşar Uzun: Biyomekanik testleri yapmak, biyomekanik analiz sonuçlarını yorumlamak. Vedia Benu Gilan: Çalışmanın istatistiksel analizlerini yapmak. Alev Bobuş Örs: Morfometrik ölçümleri yapmak, sonuçları yorumlamak, literatür araştırması yapmak ve çalışmayı makale haline getirmek. Nurten Erdal: Biyomekanik testlerin analiz sonuçlarını yorumlamak.

Mali destek: Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BAP-SBE TTB (YG) 2013-4 YL nolu proje (Proje tarihi: 2013) olarak desteklenmiştir.

Çıkar çatışması: Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

1. Alagoz MS, Uysal AC, Tuccar E, Tekdemir I. Morphologic assessment of the tendon

graft donor sites: palmaris longus, plantaris, tensor fascia lata. *The Journal Of Craniofacial Surgery*. 2008;19(1): 246-250.

2. Rosas S, Mesa C, Mesa F. The abductor pollicis longus tendon as an alternative graft in hand surgery. *J Hand Surg Am*. 2017; 42(3):205-208.
3. Al-Qattan MM, Mohrij SAA. A modified technique of two-staged extensor tendon reconstruction in zones 6-8 in a patient with absent palmaris/plantaris tendons: A case report. *Int J Surg Case Rep*. 2019;55:99-102.
4. Park DH, Gill IR, Solan MC. Flexor digitorum longus tendon harvest length utilising a limited operative exposure: A cadaveric study. *Foot and Ankle Surgery*. 2013; 19(1):53-55.
5. Thompson NW, Mockford BJ, Cran GW. Absence of the palmaris longus muscle: a population study. *The Ulster Medical Journal*. 2001;70(1): 22-24.
6. Lo IN, Yin CY, Yu JH, Huang HK, Huang YC, Wang JP. Tendon repair with intercalated partial extensor carpi radialis longus tendon graft for chronic extensor pollicis longus tendon rupture. *J Chin Med Assoc*. 2021 Jul; 1;84(7):728-732.
7. Willkomm LM, Bickert B, Harhaus L. Secondary reconstruction in zones V-VII in extensor tendon injuries. *Unfallchirurg*. 2021; 124(4):294-302.
8. Brebels J, Mignon A. Polymer-Based Constructs for Flexor Tendon Repair: A Review. *Polymers*. 2022;14, 867.
9. Ergüner H, İnanır M, Dursun N, Dursun E. Travmatik El Yaralanmalı Hastalarımızın Klinik Özellikleri. *Romatoloji ve Tıbbi Rehabilitasyon Dergisi*. 2002; 13: 243-251.
10. Yeşiloğlu N. Fleksör tendon onarımlarında erken mobilizasyon için geliştirilen etfal-ny dikiş tekniğinin in vitro ve in vivo sonuçlarının modifiye kessler tekniği ile karşılaştırılması (Uzmanlık tezi), İstanbul, Türkiye: Sağlık Bakanlığı Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi I. Plastik ve Rekonstrüktif

- Cerrahi Kliniği (Klinik Şefi: Prof. Dr. Lütfü BAŞ), 2008.
11. Yammine K, Saghie S, Assi C. A Meta-Analysis of the Surgical Availability and Morphology of the Plantaris Tendon. *The Journal of Hand Surgery (Asian-Pacific Volume)*. 2019;Jun;24(2):208-218.
 12. Jakubietz MG, Jakubietz DF, Gruenert JG, Zahn R, Meffert RH, Jakubietz RG. Adequacy of Palmaris Longus and Plantaris Tendons for Tendon Grafting. *J Hand Surg [Am]*. 2011;36:695-698.
 13. Thorne CH, Beasley RW, Aston SJ, Bartlett SP, Gurtner GC, Spear SL. Grabb&Smith's Plastic Surgery Kitabı, 6. Baskı, Ankara, Güneş Tıp Kitapevi. 2010:345-392.
 14. Jones M, Abrahams PH, Sa-udo JR, Campillo M. Incidence and morphology of accessory heads of flexor pollicis longus and flexor digitorum profundus (Gantzer's muscles). *The Journal of Anatomy*. 1997; 191: 451-455.
 15. Vollala VR, Nagabhooshana S, Bhat SM, Potu BK, Rakesh V. Multiple accessory structures in the upper limb of a single cadaver. *Singapore Med J*. 2008; 49: 254-258.
 16. Campos D, Nazer MB, Bartholdy LM. Anatomical variation of the accessory muscle of the forearm (Gantzer's muscles) and his relationship with the median nerve: a case report in human. *Braz J Morphol Sci*. 2009; 26: 39-41.
 17. Gorantla VR, Potu BK, Jetty R, Vollala VR, Pulakunta T. Rare origin of two accessory bellies from the undersurface of the flexor digitorum superficialis muscle. *European Journal of General Medicine*. 2009; 6: 57-59.
 18. Trofa PD, Constant M, Crutchfield C, et al. Return-to-Sport Outcomes After Primary Ulnar Collateral Ligament Reconstruction With Palmaris Versus Hamstring Tendon Grafts: A Systematic Review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2021; 9(12): 23259671211055726.
 19. Dabrowski K, Jozwicka HS, Kowalczyk A, Markuszewski M, Ciszek B. The sonographic morphology of musculus palmaris longus in humans. *Folia Morphol*. 2018;77(3):509-513.
 20. Yammine K, Eric M. Morphometric analysis and surgical adequacy of palmaris longus as a tendon graft. A systematic review of cadaveric studies. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2019;42:259-267
 21. Wehbe MA. Tendon graft donor sites. *J Hand Surg [Am]*. 1992; 17:1130-1132
 22. Carlson GD, Botte MJ, Josephs MS, et al. Morphologic and biomechanical comparison of tendons used as free grafts. *J Hand Surg [Am]*. 1993;18:76-82.
 23. Mazurek T, Strankowski M, Ceynowa M, Marek Rocławski M. Tensile strength of a weave tendon suture using tendons of different sizes. *Clinical Biomechanics*. 2011; 26(4):415-418.
 24. Josipović M, Vlaić J, Serdar J, et al. Plantaris tendon: a novel graft for anterolateral ligament reconstruction and additional reinforcement for anterior cruciate ligament autografts in combined reconstructive procedures. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020 Aug;28(8):2604-2608.
 25. Lynch TB, Bates TJ, Grosskopf TS, Achay JA, Nuelle CW, Nuelle JAV. Alternate graft options for staged-flexor tendon reconstruction: a cadaveric study of hamstring autografts compared to conventional autografts. *J Hand Surg Am*. 2022; Jun 13;S0363-5023(22)00211-8.
 26. Moore T, Anderson B, Seiler JG. Flexor Tendon Reconstruction. *The Journal of Hand Surgery*. 2010; 35(6), 1025-1030.
 27. Hohmann E, Keough N, Glatt V, Tetsworth K, Putz R, Imhoff A. The mechanical properties of fresh versus fresh-frozen and preserved (Thiel and formalin) long head of biceps tendons: a cadaveric investigation. *Annals of Anatomy*. 2019; 221:186-191.

28. Estermann SJ, Streffleur SF, Hirtler L, Streicher J, Pahr DH, Reisinger A. Comparison of Thiel preserved, fresh human, and animal liver tissue in terms of mechanical properties. *Annals of Anatomy*. 2021; 236:151717.
29. Verstraete MA, Straeten CVD, Lepeleere BD, Opsomer GJ, Hoof TV, Victor J. Impact of Drying and Thiel Embalming on Mechanical Properties of Achilles Tendons. *Clinical Anatomy*. 2015;28:994-1001.