



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

AŞİL TENDONUNUN UZATILMASINDA YENİ BİR TEKNİK:  
SUBKUTAN Z-UZATMA

Dr. Muhammed Mutlu DANIŞ

UZMANLIK TEZİ

BURSA – 2010



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

AŞİL TENDONUNUN UZATILMASINDA YENİ BİR TEKNİK:  
SUBKUTAN Z-UZATMA

Dr. Muhammed Mutlu DANIŞ

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Bartu SARISÖZEN

BURSA – 2010

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Türkçe Özet	ii
İngilizce Özet	iii
Giriş	1
Gereç ve Yöntem	12
Bulgular	22
Tartışma ve Sonuç	28
Kaynaklar	34
Teşekkür	37
Özgeçmiş	38

## ÖZET

Çalışmada, bugüne kadar kullanılmamış Aşil tendonu uzatma tekniklerinden farklı, yeni bir teknik olan “Aşil tendonunun subkutan Z-uzatma tekniği” ile klasik açık uzatma tekniği arasında biyomekanik ve histolojik olarak farklılıklar olup olmadığının ortaya konması amaçlandı.

Yirmi tavşanın sol Aşil tendonlarına açık Z-uzatma ve dikişle onarım, sağ Aşil tendonlarına ise subkutan Z-uzatma yapıldı. Üçüncü hafta sonunda hayvanların sağ ve sol Aşil tendonları kalkaneus ile birlikte, kas-tendon bileşkesi bozulmadan çıkarıldı. On tavşanın 20 tendonu biyomekanik değerlendirme için, 9 tavşanın 18 tendonu histopatolojik çalışma için kullanıldı. Mekanik germe cihazı ile elde edilen kuvvet-uzama grafikleri üzerinde her bir tendonun maksimum kopma kuvveti ve tendon sertliği hesaplandı. Histopatolojik incelemede iyileşme bölgesinden uzunlamasına alınan örnekler boyanıp incelenerek toplam tendon puanları belirlendi.

Gruplarda uygulanan iki farklı tendon uzatma tekniğinin birbirlerine bir üstünlüklerinin bulunmadığı belirlendi. Biyomekanik olarak subkutan grupta daha yüksek olmasına karşın maksimum kopma kuvveti ve tendon sertliği değerleri arasında fark saptanmadı ( $p=0.68$ ,  $p=0.68$ ). Histolojik olarak toplam tendon puanları açısından iki grup arasında fark yoktu ( $p=0.19$ ).

Subkutan Z-uzatma tekniği, tendonda kontrollü uzatmaya izin vermesi, küçük kesiler kullanılarak yapılması ve tendona dikiş uygulanmaması gibi avantajları yanında yeterli bir iyileşme de sağladığından klinik uygulamalarda güvenle kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Aşil tendonu uzatılması, ekinus deformitesi, tavşanlar, biyomekanik

## **SUMMARY**

### **A Novel Technique in Achilles Tendon Lengthening: Subcutaneous Z-Lengthening**

This study aimed to compare the outcomes of subcutaneous Z-lengthening of Achilles tendon, which has come into use recently, and the conventional open lengthening technique, using histological and biomechanical evaluation.

The open Z-lengthening technique with suturing was performed on the left leg Achilles tendon of 20 New Zealand rabbits and subcutaneous Z-lengthening was performed on the right Achilles tendon of the animals. After 3 weeks all the Achilles tendons were harvested lengthwise between the calcaneus and the muscle-tendon junction. For histological evaluation, 20 tendons of 10 rabbits were used and for biomechanical evaluation, 18 tendons of 9 rabbits. Maximum force to failure and tendon stiffness were calculated using a mechanical tension meter and force-elongation curve. In the histopathological examination, by staining and examining longitudinal samples taken from the healing area, the total tendon scores were determined.

No superior advantage was determined between the two different tendon lengthening techniques which were applied to the groups. Although the subcutaneous group were higher biomechanically, no difference was determined between the failure force and tendon stiffness values ( $p=0.68$ ,  $p=0.68$ ). Histologically there was no difference between the total tendon scores of the two groups ( $p=0.19$ ).

The subcutaneous Z-lengthening technique, besides having the advantages of allowing for controlled lengthening of the tendon, using a small incision and not requiring suturing in the tendon, provides sufficient recovery and can thus be safely used in clinical practice.

**Key words:** Achilles tendon lengthening, equinus deformity, rabbits, biomechanics.

## GİRİŞ

“Achilleus”, Homeros’un İliada Destanı’nda adı geçen kahraman olup insan vücudunun en kalın ve sağlam tendonu olan Aşil tendonuna isim kaynağı olmuştur (1). Annesi Achilleus’un bir savaşta öleceğini öğrendikten sonra onu “Styx” nehrinin suyunda yıkamış ve incinemez hale getirmiştir. Fakat bebekken topuğundan tutularak yıkanan “Achilleus”, erişkin olduğunda savaşta topuğundan zehirli bir ok ile vurularak ölmüştür.

Ayakta Aşil tendonu gerginliği ve buna bağlı ekinus deformitesi, kas-iskelet sistemini ilgilendiren doğumsal, akkiz birçok hastalığın komponenti olarak karşımıza çıkar. Tedavide; fizyoterapi, ayak bileği-ayak ortezleri, alçılama ve botulinum toksini enjeksiyonu gibi konservatif tedaviler başarısız olduğunda cerrahi uygulanır. Tanımlanan birçok cerrahi yöntem içinde belki de en sık uygulananlardan birisi doğrudan Aşil tendonunun uzatılmasıdır.

### Aşil Tendonu Anatomisi

Aşil tendonu vücudun en güçlü ve büyük tendonudur. Bacağın arka yüzeyel kompartmanı içinde bulunur. Aşil tendonu “gastroknemius” ve “soleus” kaslarının tendinöz kısımlarının birleşmesiyle oluşur (2). Bu iki kas ve Aşil tendonu ayak bileğinin en güçlü fleksörünü oluşturur. Aşil tendonu distale ilerledikçe aksiyel planda yuvarlaklaşır ve kalkaneusa yapışma bölgesinin yaklaşık 4 cm proksimalinde düz bir hal alır (3). Aşil tendon lifleri distale ilerleyişleri sırasında 90°’lik bir spiral oluştururlar. Proksimal ve medialdeki lifler distale ilerledikçe posteriora yer değiştirirler. Bu sayede tendonda uzama ve kısalma mümkün hale gelir ve depolanan enerji hareketin uygun döneminde serbest kalır (4).

Aşil tendonu sural sinir ile yakın bir komşuluğa sahiptir. Yapılan bir kadavra çalışmasında sural sinirin distalde aşil tendonunun kalkaneusa yapışma bölgesinin ortalama 18 mm lateralinde yer aldığı; proksimalde ise tendonu, kalkaneusa yapışma bölgesinden ortalama 9.8 cm uzaklıkta

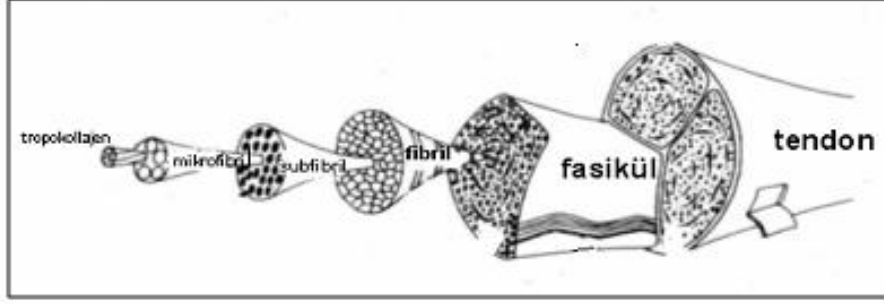
çaprazladığı ve tendonun lateralinde seyrettiği gösterilmiştir (5). Bu nedenle özellikle perkütan veya kapalı cerrahi işlemler sırasında sural sinirin zedelenme riski yüksektir. Aşil tendonunun lateralinde sural sinir, kısa safen ven ve peroneal arter, medialinde ise posterior tibial arter-ven-sinir kompleksi bulunmaktadır.

### **Tendon Yapısı**

Tendonlar hücre dışı matriks içine yerleşmiş paralel dizimli kollajen fibrillerden oluşmuştur. Bu organize yapı, üzerine uygulanan kuvvetlere karşı koymayı ve bu kuvvetleri kastan kemiğe iletmeyi sağlar. Aşil tendonu paratenon tarafından çevrenmektedir. Paratenon iki tabakadan oluşmaktadır ve her iki tabakanın yapısında sinoviyal hücreler bulunur. İç tabaka tendon ile devamlılık gösterirken dış tabaka etrafındaki yumuşak dokular ile devamlılık gösterir. Paratenon tendon kayması, kanlanması ve iyileşmede görev alır (6).

Tendonun kuru ağırlılığının %70'ini kollajen oluşturur (1). Kollajenin %95'i tip 1'dir ve çok küçük oranda elastin içerir (7, 8). Kollajen fibrilleri fasiküllere bölünür. Fasiküller kan ve lenfatik damarlara ve sinirlere sahiptir (9). Fasiküller biraraya toplanır ve epitenon ile kaplanır. Bu yapıların etrafını da epitenondan ince bir sıvı tabakasıyla ayrılan paratenon çevreler. Tendonun yapısı hiyerarşik bir düzen içerir. Fasiküller fibrillerden, fibriller mikrofibrillerden ve mikrofibriller tropokollajenlerden oluşmaktadır (şekil 1). Tendonu oluşturan hücreler, morfolojik ve metabolik özelliklerine göre sinoviyal ve internal hücreler olmak üzere ikiye ayrılır. Sinoviyal hücreler; tendon-paratenon aralığının yüzeyinde yer alırlar, karbonhidrattan zengindirler ve glikokaliks içerirler (10). İnternal hücreler; ovoid şekilli tenoblastlar ve uzun tenositlerdir. Tenositlerin sayısı, buldukları alan ve özellikleri yaşlanma ile değişime uğrar (11).





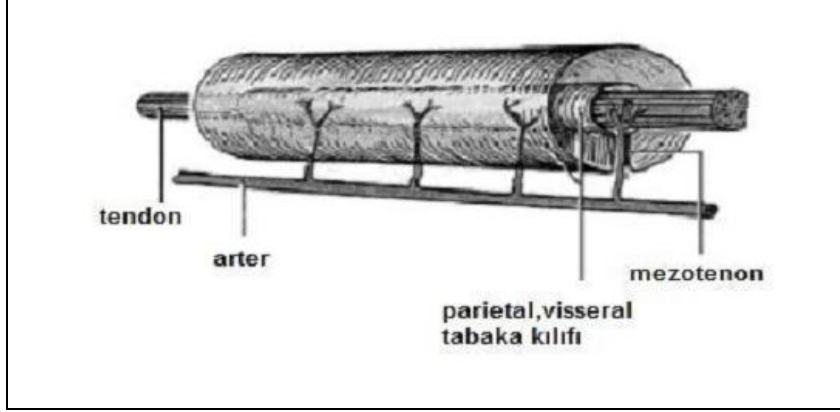
**Şekil-1:** Tendon yapısı (9).

### **Tendon Beslenmesi**

Koellicker, 1850'de tendonların avasküler olduğunu bildirdi (12). Daha sonra tendonun primer beslenmesinin kan damarları yoluyla olduğu, bu nedenle yaralanan tendonun beslenmesi için yeni damarlanmanın olması gerektiği ileri sürüldü (13). Aşil tendonunun kan dolaşımı üç bölgeden sağlanır:

- 1- Kas-tendon bileşkesinden gelen dallar
- 2- Paratenon, epitenon ve vinkulalardan gelen dallar
- 3- Kemik ve periosttan gelen dallar (Şekil 2) (14).

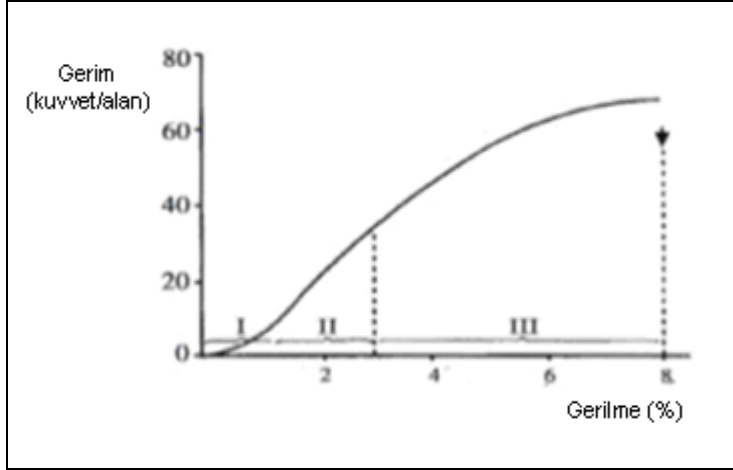
Sürtünmeyi azaltmak için kılıflarla kaplı olan tendonlarda, ana damarlardan çıkan dallar sinoviyal kılıfın viseral tabakasına ulaşabilmek için "vinkula" lardan (mezotenon) geçer. Burada bir pleksus oluştururlar ve tendonun yüzeyel kısmını beslerler. Bazı damarlar ise tendonun daha derinine ilerler ve endotenon içinde seyrederek peritendinöz ve intratendinöz damar ağını birbirine bağlarlar. Sinoviyal kılıfın olmadığı aşil tendonu gibi tendonlarda paratenon kanlanmaya yardımcı olur. Paratenondan ayrılan arteriyel damarlar epitenona girerek endotenon içinde intratendinöz vasküler ağ oluştururlar (6). Bu nedenle paratenon tendon iyileşmesinde kilit bir rol oynar.



**Şekil-2:** Tendonun arteriyel damarlanması (14).

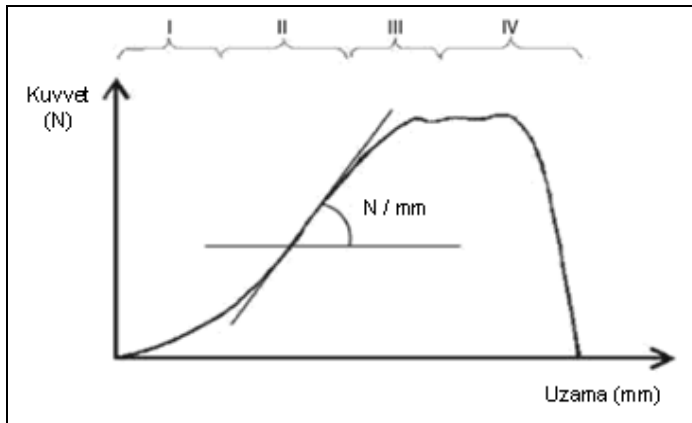
### **Tendon Biyomekaniği**

Tendonlar, kuvveti kasta kemiğe aktarırlar. Kollajenin mekanik davranışı moleküler yapısındaki bağların sayısı ve biçimiyle değişiklik gösterir. Gerilme eğrisi tendonun yük altındaki davranışını açıklamada yardımcı olur. İstirahat halinde kollajen fibrilleri kıvrımlı bir haldedir. Eğriliğin ilk kısmında görülen konkav bölge tendonun boyunun %2'si kadar gerildiği döneme aittir ve kıvrımlı kollajen yapısı bu dönemde düzleşir (Şekil 3). Bu noktanın ötesinde tendonlar kollajen üçlü helikslerinin molekülleri arasındaki bağların kırılmasına bağlı olarak çizgisel bir şekilde deforme olurlar ve kollajen fibrilleri paralel hale gelir. Gerilme %4'ün altında kalır ise tendon elastik özellik gösterir ve üzerindeki yük kaldırıldığında başlangıç uzunluğuna döner. Gerilme %4'ün üstünde olursa kollajen yapısında mikroskopik düzeyde bozulma başlar. Yüzde 8-10'un üzerinde ise gözle görülen bir deformasyon vardır (6).



**Şekil-3:** Tendonun gerim altında uzama eğrisi (6).

Tendonların mekanik özellikleri; seçilen bir tendon parçasına uygulanan gerim kuvveti sonucunda, kopma ile sonuçlanana kadar geçen zamanla olan ilişkisi üzerinde yapılan çalışmalarla anlaşılmıştır (15, 16). Uygulanan kuvvet ile kollajen lifleri başlangıçta paralel hale gelirler (Şekil 4 - I.bölge), daha sonra paralelleşen lifler gerilmeye başlarlar (II. bölge) ve bu doğrusal sürecin sonunda bazı lifler kopar (III. bölge). Uzama devam ettiğinde ise tamamen kopma oluşur (IV. bölge). Tendonun ulaştığı maksimum kopma yükü (N) tendonun gücü olarak adlandırılır.



**Şekil-4:** Tendonun germe testi sonucunda oluşan grafik. II. bölgede çizilen doğrusal çizginin eğimi tendonun "sertliği" dir ( $N/mm$ ) (15).

## Tendon İyileşmesi

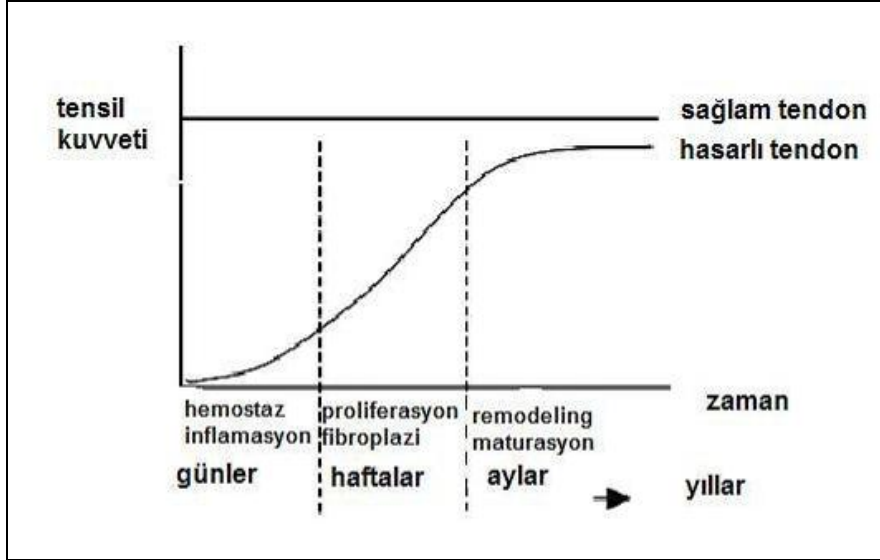
Tendon yapısı herhangi bir sebeple bozulduğunda iyileşme ve skar oluşturma süreci başlar. Tendon iyileşme süreçleri genel olarak hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu ortaya konmuştur. Tendon iyileşmesi iki teori üzerinden açıklanmaya çalışılır. İntrensek iyileşme modelinde epitenon ve endotenondaki fibroblastların çoğalması ve bu kılıfların sağladığı kanlanma görev alır. Ekstrensek iyileşme modeli ise tendon iyileşmesi için çevre dokulardan gelen inflamatuvar hücrelerin, tenositlerin ve tendon dışı kanlanmanın gerekli olduğunu savunur (6). Eğer ekstrensek iyileşme baskın hale geçerse tendon ve etraf dokular arasında yapışıklık daha belirgin olacaktır. Genelde tendonda esas iyileşme intrensek aktivite ile gerçekleşmektedir. Her iki durumda da iyileşme süreci temel olarak üç dönem içerir, bu dönemler bağlantılıdır ve süreleri tendon hasarının yerine göre farklılıklar gösterir:

1. Hemostaz (İnflamasyon Fazı): İlk 5 günde tendon uçları arasındaki boşluğu hematoma doldurur. Gelişen hemostaz mekanizması bazı vazodilatatörlerin, trombositlerin ve mast hücrelerinin aktivasyonunu ve inflamatuvar kimyasalların salınmasını sağlar. Bu hücreler nekrotik dokunun fagositozuna neden olur. Makrofajlar, yeni tenositlerin toplanmasını ve angiogenesi başlatır. Bu dönem içinde DNA, su, glikozaminoglikan, fibronektin ve tip 3 kollajen miktarında artış tespit edilir (8).

2. Proliferasyon (Fibroplazi Fazı): 6-16. günler arasında matriks oluşumu ve hücrelerde çoğalma belirgindir. Epitenon hücreleri çoğalarak onarım sahasına göç ederler ve bu bölge fibröz doku ile dolar. Fibroblastlar ortaya çıkar, tip 1 ve tip 3 kollajen fibrilleri ve fibronektin miktarı matrikste artar. Yedinci günden sonra yeni damar oluşumunun başladığı gözlenir.

3. Yeniden Şekillenme (Maturasyon Fazı): Endotenon kaynaklı kallus oluşumu 17. günden itibaren gözlenir, hücre dışı matriks sentezi yavaşlar ve kollajen fibrilleri tendonun uzun eksenine paralel olacak şekilde yeniden şekillenir. Tip 3 kollajen yerini tip 1 kollajene bırakmaya başlar. Kollajen döngüsü ve tendonun su içeriği normal düzeye döner (17).

Büyük oranda intrinsek iyileşme ile meydana gelen tendon iyileşmesi sonucunda, tendon gücü 7-10. günlerde en zayıftır. Tendon orijinal gücüne 21-28. günlerde, maksimum gücüne ise 6. ayda ulaşır (17, 18). Tendonun iyileşme evrelerine göre kazandığı tensil (gerilme) kuvveti Şekil 5'te gösterilmiştir.



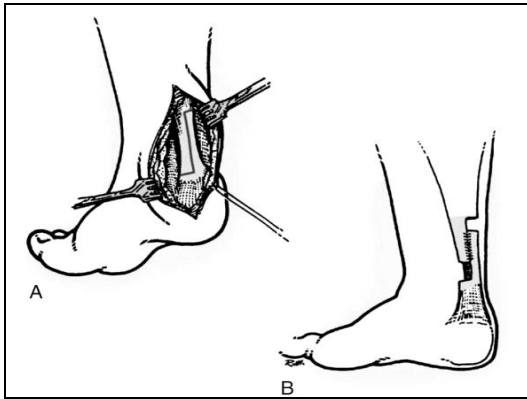
**Şekil-5:** Tendon iyileşmesinin evreleri (17).

Normal bir ayak bileği hareketi için ayak bileği hareket açıklığının yeterli bir açıda ve Aşil tendonunun uygun bir gerginlikte olması gerekir. Birçok hastalıkta bu denge bozulur; bunlar konjenital, gelişimsel, travmatik veya nörolojik olabilir. Doğumsal çarpık ayak (konjenital pes ekinovarus) deformitesi, tedavi gerektiren konjenital ortopedik deformiteler arasında en sık karşılaşılanlardan birisidir (1000 canlı doğumda 1-2) (16). Bu hastalıkta ekinus deformitesinin düzeltilmesi için Aşil tendonunun uzatılması sık gerekli olan bir girişimdir. Bunun dışında esnek düztabanlık (hipermobil pes planovalgus), idiyopatik parmak ucunda yürüme, bacağın posterior kompartmanının posttravmatik kompartman sendromu veya anterior kompartmanda gelişen sinir hasarları ve diabetik ön ayak ülserasyonları gibi çok farklı ve değişik etyolojilere bağlı gelişen patolojilerde ayakta ekinus deformitesi bulunabilir (19-25). Serebral palsi, ekinus deformitesinin en sık görüldüğü sorunlardan birisidir. İster spastisite, hipotoni, distoni veya atetoz

ile seyretsin; ister anatomik olarak monopleji, hemipleji, parapleji, dipleji veya tripleji şeklinde olsun, bu sorunda ayakta gelişen birçok deformitenin ana bileşeni ekinus deformitesidir. Burada ekinus deformitesi soleus ve gastrocnemius kaslarından birinde veya ikisinde birden oluşan spastisiteye bağlı olarak gelişir (26).

Ayaktaki ekinus deformitelerinin birçoğunda Aşil tendonunun veya gastrosoleus kompleksinin cerrahi olarak uzatılması gerekir. Bu amaçla birçok teknik tanımlanmıştır:

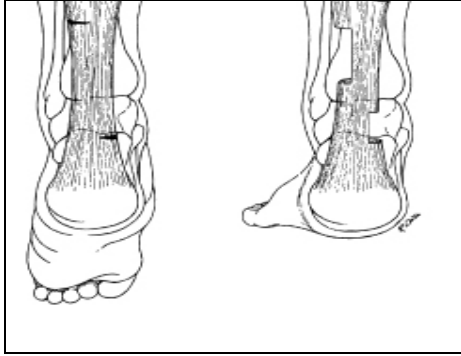
**Aşil tendonunun açık uzatılması:** Bu teknikte, Aşil tendonunun en distalinden başlanarak ayak bileği eklemının yaklaşık 6-8 cm proksimaline kadar uzunlamasına düz bir kesi yapılır. Aşil tendonu ortaya konduktan sonra tam ortasından, uzunlamasına, proksimalden distale doğru kesilir, daha sonra medial yarısı distalde kalkaneusa yapışma yerinden, lateral yarısı proksimalde muskületendinöz bileşkenin distalinden enlemesine kesilir. Ayak bileği dorsifleksiyona zorlanır, manipüle edildikçe tendonun Z şeklinde uzaması sağlanır ve emilmeyen sütür materyalleri ile onarılır (27). Ameliyat sonrasında ayak bileği alçıda tutulur (Şekil 6-A, B).



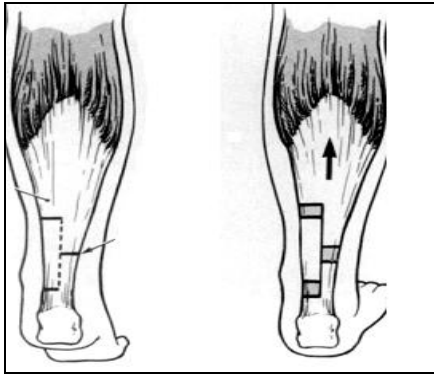
**Şekil-6:** Aşil tendonunun açık Z-uzatılması **A.** Tendonu uygulanan uzunlamasına kesi **B.** Tendon uçlarının sütüre edilmiş hali (27).

**Aşil tendonunun perkütan uzatılması:** White tarafından tanımlanan perkütan teknikte; uzatmanın iki seviyesi planlanır (26). Proksimal seviye muskületendinöz bileşkenin distalinde olmalı, distal seviye ise kalkaneusa

yapışma yerine yakın olmalıdır. Bistüri vertikal olarak tendonun içine batırılır, daha sonra döndürülerek proksimalde tendonun yarısı lateralden, distalde medialden enlemesine kesilir (Şekil 7). Ayak bileği dorsifleksiyona zorlanır ve manipüle edildikçe tendonun uzama sesi duyulabilir. Daha sonra alçı yapılır. Hoke, perkütan uzatma için üç kesi tekniğini tanımlamıştır. Bu teknikte tendona bir lateral, iki medial kesi yapılır (27) (Şekil 8).

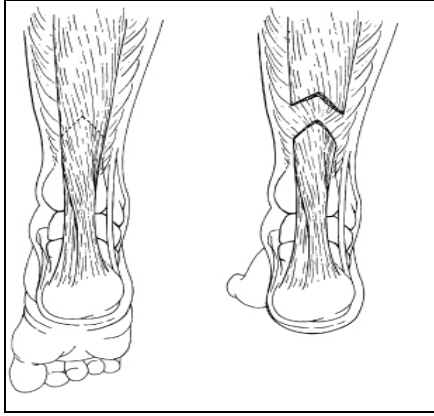


**Şekil-7:** Perkütan Aşil uzatmada kesi yerleri (White) (26).



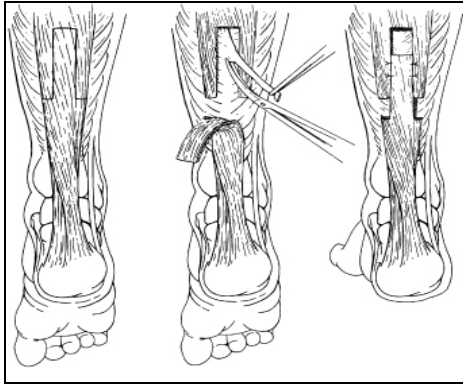
**Şekil-8:** Perkütan Aşil uzatmada kesi yerleri (Hoke) (27)

**Gastroknemius kasının uzatılması:** Vulpius tarafından tanımlanan teknikte; baldır posterioruna yapılan uzunlamasına kesiden sonra gastroknemius kasının aponevrozu ters V şeklinde kesilir, soleus kasının orta hattaki fibröz septumu transvers olarak kesilir ancak soleus kas liflerine dokunulmaz (28) (Şekil 9).



**Şekil-9:** Gastroknemiusun Vulpius tekniği ile uzatılması (28).

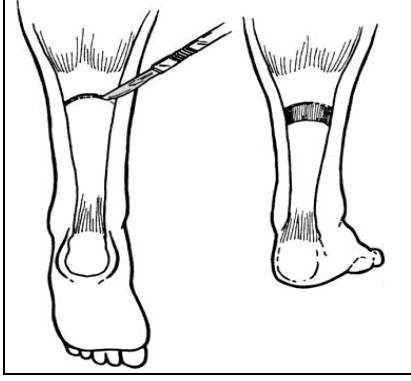
Baker tarafından tanımlanan teknikte; gastroknemius kasının aponevrozu dil şeklinde kesilir ve altta bulunan soleus kasından diseke edilerek kaldırılır, soleus kasının üzerinde kayması sağlanarak kasın total uzunluğu artırılır. Daha sonra aponevrozun dört köşesi uzamış pozisyonda suture edilir (29) (Şekil 10).



**Şekil-10:** Gastroknemiusun Baker tekniği ile uzatılması (29).

Strayer tarafından tanımlanan teknikte; Vulpius tekniğinde olduğu gibi gastroknemius ve soleus kasları küt diseksiyonla ayrılır. Farklı olarak bu teknikte aponevroza yapılan kesi transverstir. Daha sonra kesilen tendonun proksimali uzatmadan sonra soleusa dikilir (30) (Şekil 11).





**Şekil-11:** Gastroknemiusun Strayer tekniği ile uzatılması (30).

Çalışmada; bugüne kadar kullanılmış Aşil tendonu uzatma tekniklerinden farklı, yeni bir teknik olan “Aşil tendonunun subkutan Z-uzatma tekniği” ile klasik açık uzatma tekniği arasında biyomekanik ve histolojik olarak farklılıklar olup olmadığının ortaya konması amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınan gerekli izin sonrası (Karar No:2009-11/6) Deney Hayvanları Yetiştirme ve Araştırma Merkezi'nden temin edilen ağırlıkları 2500-4000 gr arasında olan 20 adet erişkin Yeni Zelanda tavşanı kullanıldı. Cerrahi işlemler Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı'nda yapıldı.

Yirmi tavşanın sol Aşil tendonlarına açık Z-uzatma ve dikişle onarım, sağ Aşil tendonlarına ise subkutan Z-uzatma yapıldı. Üçüncü hafta sonunda hayvanlara dekapitasyon yöntemi ile ötenazi uygulandı. Sağ ve sol Aşil tendonları kalkaneus ile birlikte, kas-tendon bileşkesi bozulmadan çıkarıldı. On tavşanın 20 tendonu biyomekanik değerlendirme için, 9 tavşanın 18 adet tendonu da histopatolojik çalışma için kullanıldı.

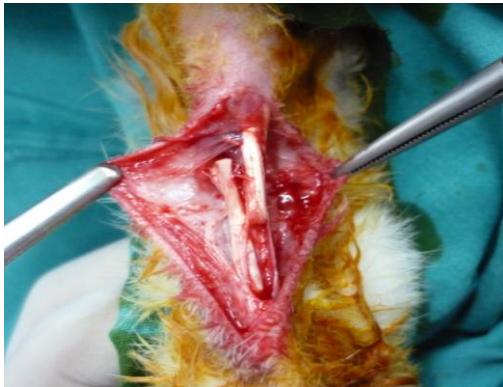
### Cerrahi Teknik

Tavşanlara anestezi amacıyla kas içine %2'lik ksilazin hidroklorür (Rompun®; Bayer Healthcare, Leverkusen, Germany) 12 mg/kg dozunda ve ketamin hidroklorür (Ketalar®; Pfizer, USA) 80 mg/kg dozunda uygulandı. Enfeksiyon profilaksisi için cerrahi girişimden 30 dakika önce her bir tavşana 50 mg/kg sefazolin sodyum (Sefazol®; Mustafa Nevzat İlaç Sanayi, İstanbul, Türkiye) kas içine uygulandı. Her iki arka ekstremitelerinde ameliyat sahası traş edildikten sonra %10 povidin iyod (Batticon®; Adeka, Samsun, Türkiye) solüsyonu kullanılarak temizlendi ve steril olarak örtüldü (Şekil-12).



**Şekil-12:** Kıl temizliğinden sonra ameliyat sahasının görünümü.

Tavşanların sol Aşil tendonları üzerinde yaklaşık 4 cm uzunlamasına cilt kesisi yapıldıktan sonra katlar geçildi ve tendon açığa çıkarıldı. Tendon tam ortasından uzunlamasına olacak şekilde proksimalden distale doğru kesildi, daha sonra medial yarısı distalde kalkaneusa yapışma yerinden, lateral yarısı proksimalde muskületendinöz bileşkenin distalinden enlemesine kesilerek Z şeklinde yaklaşık 2 cm uzatıldı ve tendon uçları 3/0 emilemeyen monoflaman suture materyali ile dikildi (Şekil-13 ve 14). Cilt 4/0 emilemeyen monoflaman suture materyali ile dikildi. Steril yara pansumanı yapıldı.



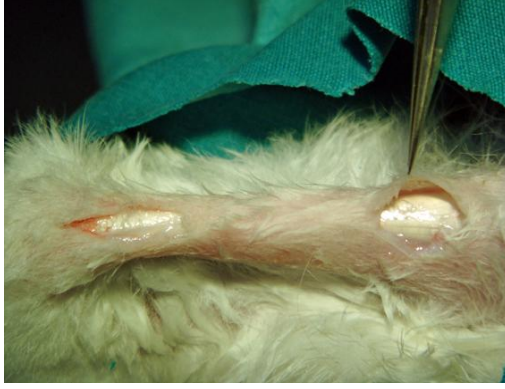
**Şekil-13:** Aşil tendonunun uzatılmış hali (Açık uzatma)



**Şekil-14:** Tendon uçlarının dikilmesi (Açık uzatma)

Tavşanların sağ Aşil tendonlarına subkutan Z-uzatma uygulandı. Bu teknikte, bir tanesi distalde aşil tendonunun kalkaneusa yapışma yerinin hemen üzerinde, diğeri ise proksimalde muskületendinöz bileşkenin hemen distaline rastlayan bölgede olmak üzere iki adet birer santimetrelük uzunlamasına cilt kesisi yapıldı (Şekil 15). Her iki kesi sahasında diseksiyon ile tendona ulaşılarak tendonun sadece kesiden görünen birer santimetrelük üst ve alt kısımlarına, bistüri ile tam ortadan vertikal planda uzunlamasına kesi oluşturuldu (Şekil 16-A, B). Daha sonra cilt altına yerleştirilen ancak tendonun kılıfı içinde kalmasına dikkat edilen bir makas ile, distaldeki tendon kesisi proksimaldeki kesiye ulaşacak ve tendonu ortadan yaracak şekilde subkutan olarak ilerletildi (Şekil 17-A, B). İkiye ayrılmış tendonun medial yarısı distalde kalkaneusa yapışma yerinden, lateral yarısı proksimalde muskületendinöz bileşkenin distalinden enlemesine kesildi (Şekil 18-A, B). Ayak bileği dorsifleksiyona zorlanarak tendonun vertikal orta kesisi üzerinden Z şeklinde yaklaşık 2 cm uzaması sağlandı (Şekil 19-A, B). Uzatılan tendona her herhangi bir dikiş uygulanmadı ve doğrudan cilt 4/0 emilemeyen monoflaman suture materyali ile dikildi, yara pansumanı yapıldı.

Her iki grupta yer alan tüm tavşanlara uyanmadan önce, dizleri fleksiyonda ve ayak bilekleri 90° dorsifleksiyonda olacak şekilde uzun bacak alçı uygulandı (Şekil 20).



**Şekil-15:** Subkutan Z-uzatmada cilt kesileri



**A**



**B**

**Şekil-16:** A. Tendonun distaline tam ortasından vertikal planda yapılan kesi  
B. Proksimale yapılan kesi



**A**



**B**

**Şekil-17:** A. Makasın tendon kılıfının içinde kalacak şekilde yerleştirilmesi B.  
Distaldeki kesinin proksimale doğru subkutan olarak ilerletilmesi





**A**



**B**

**Şekil-18: A.** Tendonun medial yarısının kalkaneusa yapışma yerinden enlemesine kesilmesi **B.** Tendonun lateral yarısının muskültendinöz bileşkenin distalinden enlemesine kesilmesi



**A**



**B**

**Şekil-19: A.** Ayak bileğinin dorsifleksiyona zorlanması **B.** Aşil tendonunun uzatılmış hali



**Şekil-20:** Cerrahiden hemen sonra anestezi altında alçılanmış tavşanın görünümü

Çalışma sırasında tavşanların bir tanesi anestezi komplikasyonu nedeniyle cerrahi işlem yapıldıktan sonra öldü, bu tavşanın Aşil tendonları değerlendirmeye alınmadı. Cerrahi işlem uygulanan ekstremitelerde cilt ülserasyonu, yara yeri enfeksiyonu ve alçı komplikasyonu oluşmadı. Üç haftanın sonunda tüm tavşanlara aynı seansta ötenazi uygulandı.

### **Histopatolojik Değerlendirme**

Ötenazi uygulanan tavşanların 9 tanesinde cerrahi kesi yerinden girilerek Aşil tendonlarına ulaşıldı. İyileşme bölgesini içerecek şekilde yaklaşık 1cm uzunluğundaki tendon parçaları %10'luk formaldehit solüsyonunda tespit edildi. İyileşme bölgesinden uzunlamasına alınan örnekler dehidrasyonu takiben parafin bloklara gömüldü. Rutin takip işlemleri sonrası 4 mikrometrelik kesitler alınarak Hematoksilin-Eosin (HE) ile boyanıp incelendi. Kesitlere, glikozaminoglikan içeriğini daha net değerlendirebilmek için Alcian blue/Periodic acid-schiff (AB/PAS) ve kollajen boyanması için Mason Tricrom (MT) histokimyasal boyamaları uygulandı. Tendon iyileşmesinde subkutan ve açık cerrahi yöntemlerinin histopatolojik olarak karşılaştırılması, Movin ve ark.'nın (31) tanımladığı kriterlere göre 8 ayrı ölçütün değerlendirilmesiyle yapıldı. Buna göre her bir ölçüt, 4 dereceli bir puanlama sistemiyle; 0 normal yapıyı, 1 hafif derecede bozulmayı, 2 orta derecede bozulmayı ve 3 belirgin derecede bozulmayı ifade edecek şekilde değerlendirildi (Tablo 1). Aşağıda sıralanmış olan ölçütlerden elde edilen puanlar toplanarak her bir tendon için toplam tendon puanı hesaplandı:

1. Fibril yapısı, fibrillerin dalgalanma ve ayrışma derecelerine göre,
2. Fibril düzeni, liflerin birbirleriyle olan paralel düzenlerinin varlığı ya da yokluğuna bakılarak,
3. Hücre çekirdeği yuvarlaklığı, kollajen lifleri arasındaki tenosit nukleuslarının yuvarlak ya da iğsi uzantılı yapısı dikkate alınarak,
4. Hücresel yapıdaki bölgesel farklılık, tüm kesit alanı incelenerek,
5. Damarlanma, bir büyük büyütme alanındaki kapillerler sayılarak (Tablo 2),

6. Kollajen boyanması, Hematoksilen-Eosin ve Mason Tricrom boyamalarda parlak ve soluk boyanmalar dikkate alınarak ve 0 puan normal kollajen boyanmasındaki parlak (HE'de pembe, MT'da mavi-yeşil renkte) boyanmayı gösterecek şekilde,

7. Hyalinizasyon, miktarına bakılarak,

8. Ekstrasellüler matriksteki glikozaminoglikan (GAG) içeriği, Alcian blue/Periodic acid-schiff boyamada semikantatif değerlendirme ile puanlandı.

**Tablo-1:** Histolojik kesitlerde kullanılan puanlama sistemi

Puanlama	
0	Normal
1	Hafif düzeyde bozulma
2	Orta düzeyde bozulma
3	Belirgin bozulma

**Tablo-2:** Damarlanma tanımlama kriterleri

Damar sayısı	Puan
0-15	0
16-30	1
31-45	2
46-60	3

### Biyomekanik Değerlendirme

Biyomekanik değerlendirme, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi mekanik laboratuvarında yapıldı. Ötenazi uygulanan tavşanların 10 tanesinin Aşil tendonları, distalde kalkaneusun bir kısmını, proksimalde gastrosoleus kasının bir kısmını içerecek şekilde çıkartıldı (Şekil 21). Daha sonra kurumalarına engel olmak amacıyla %0.09 Serum Fizyolojik (Vacoliter®, Eczacıbaşı/Baxter, İstanbul, Türkiye) içinde, beklenmeden



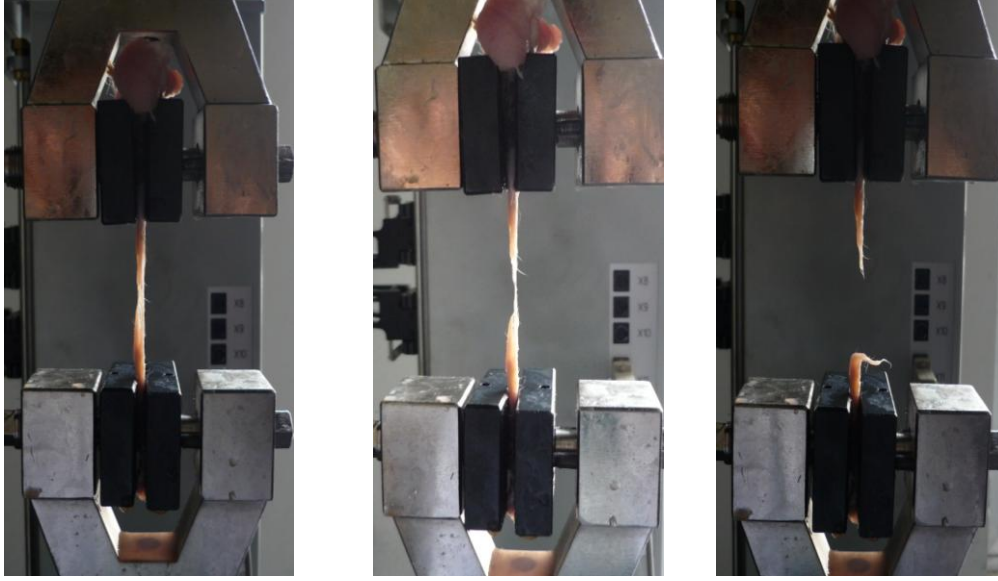
mekanik test laboratuvarında değerlendirmeye alındı. Tendonlar her iki ucundan mekanik germe cihazının (UTEST-7011® Elektromekanik Universal Test Cihazı, Ankara, Türkiye) klemplerine yerleştirildi (şekil 22) ve 10KgN (10000N) yük hücresi kullanılarak 10mm/dk hızında gerim uygulandı. Germe işlemine tendonlar kopuncaya kadar devam edildi (şekil 23-A, B, C). Elde edilen veriler önce Malzeme Test Programı'na (MTP) daha sonra Excel (Microsoft®, OfficeXP, USA) programına aktarılarak her bir numune için ayrı kuvvet-uzama eğrileri elde edildi.



**şekil-21:** Biyomekanik değerlendirme için çıkarılan tendon.



**şekil-22:** UTEST-7011® Elektromekanik Universal Test Cihazı.



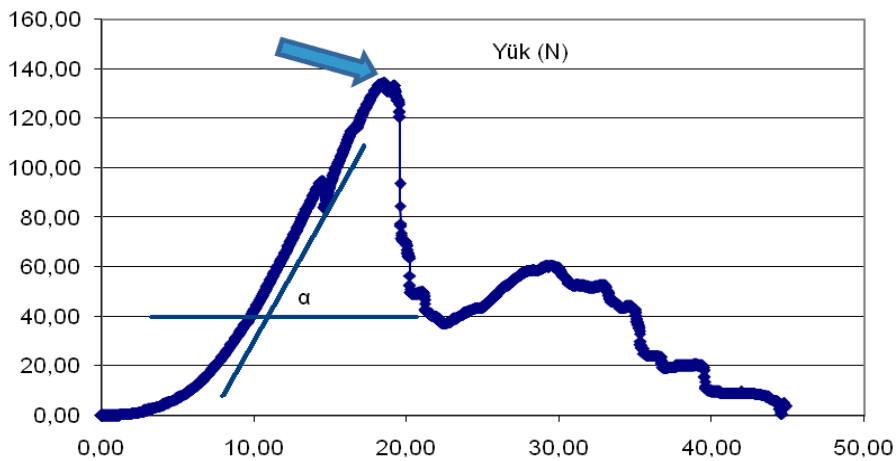
A

B

C

**Şekil-23:** A,B,C. Test sırasında maksimum gerilme sonucunda tendonun kopması.

Elde edilen kuvvet-uzama grafikleri üzerinde her bir tendonun maksimum kopma kuvveti belirlendi. Tendon sertliği (N/m); kuvvet-uzama eğrisinde gerilmenin başlangıcından maksimum yüke ulaşılan dek elde edilen eğrinin orta 1/3'lük kısmının (ardışık noktalar arasında uzama oranlarının eşit gerçekleştiği bölüm) eğimi (Tanjant  $\alpha$ ) olarak hesaplandı (Şekil 24).



**Şekil-24:** Kuvvet-uzama eğrisi örneği (okla işaretli nokta maksimum kopma kuvveti, Tanjant  $\alpha$  sertlik değeridir.)

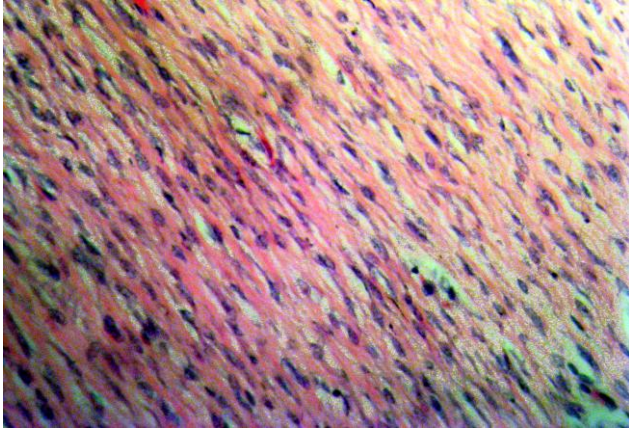
## **İstatistiksel Değerlendirme**

Elde edilen histopatolojik ve biyomekanik çalışma verileri SPSS-13.0 (SPSS Inc. Headquarters, USA) programında değerlendirildi. Bağımsız ikili grupların birbiriyle karşılaştırılmasını sağlayan non-parametrik testlerden Mann-Whitney U testi kullanıldı. İki grup arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için ise çoklu grupları analiz eden Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Anlamlılık ölçütü olarak  $p < 0.05$  değeri kabul edildi.

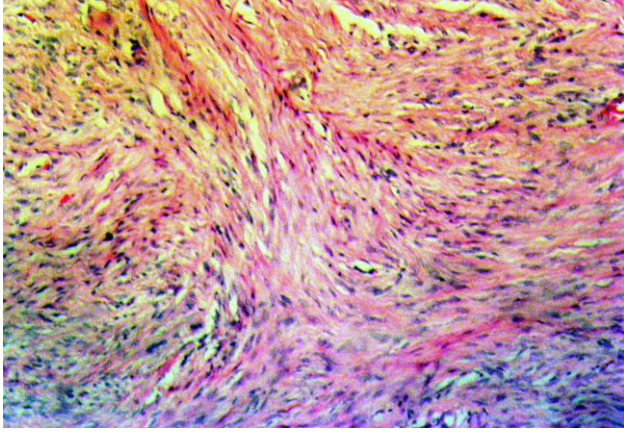
## BULGULAR

### Histopatolojik Değerlendirme Sonuçları

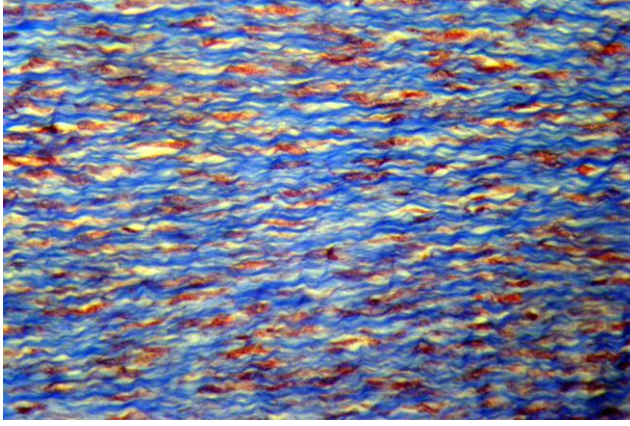
Kesitler fibril düzeni ve yapısı açısından incelendiğinde subkutan gruptaki tendonlarda kollajen fibrillerin daha düzenli bir seyir izlediği, dalgalanmanın ve paralel kollajen demetleri arasındaki ayrılmanın daha düşük düzeyde olduğu görüldü (Şekil 25 ve 26). Kollajen lifler arasındaki tenosit nukleuslarının yuvarlaklığı açısından bakıldığında subkutan grupta iğsi yapının daha fazla korunduğu görüldü (Şekil 27 ve 28). Damarlanma açısından bakıldığında her iki gruptaki damarlanmanın hafif düzeyde olduğu ve iki grup arasında benzerlik olduğu tespit edildi. Hücre yoğunluğundaki bölgesel farklılığa ve kollajen boyanma kalitesine bakıldığında her iki grup benzer özelliklere sahipti.



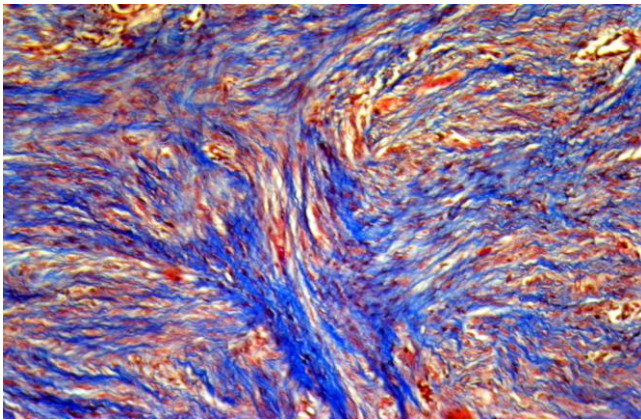
**Şekil-25:** Tendonun longitudinal kesitinde düzenli kollajen lif dizilimi, subkutan grup, HEx200.



**Şekil-26:** Tendonun longitudinal kesitinde düzensiz kollajen lif dizilimi, açık grup, HEx100.



**Şekil-27:** Tendonun longitudinal kesitinde düzenli yapıdaki fibrillerin dalgalanması ve birbirine olan paralel düzenlenmesi, kollajen lifler arasındaki tenosit nükleuslarının içsi uzantılı yapısı, subkutan grup, MTx200.



**Şekil-28:** Tendonun longitudinal kesitinde fibrillerin dalgalanması ve birbirine olan paralel düzenlenmesindeki bozulma, açık grup, MTx100.

İki grup toplam tendon puanları açısından karşılaştırıldığında, subkutan grubun toplam tendon puanlarının, açık grubun puanlarından daha düşük olduğu görüldü. Kullanılan puanlama sistemine göre düşük puan daha iyi iyileşmeyi ifade ettiğinden bu sonuç, histolojik düzeyde subkutan grupta iyileşmenin en az dikişle onarım yapılmış olan açık grup kadar iyi olduğunu göstermiştir (Tablo 3 ve 4). Subkutan grupta ortalama toplam tendon puanı 9.8 iken, açık grupta 11.6 olarak hesaplandı. Subkutan grupta belirgin yapısal bozulma nedeniyle 4 tendon 3 puan almasına karşın, açık grupta 3 puan verilen tendon sayısı 8'di. Her iki grupta da 7 tendona damarlanma açısından 0 puan verildi. İki grup arasında toplam tendon puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ( $p=0.19$ ) (Tablo 5).

**Tablo-3:** Açık uzatma grubunda toplam tendon puanları

	Tendon								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Fibril yapısı</i>	1	2	3	1	2	3	2	2	1
<i>Fibril düzeni</i>	1	2	3	1	1	2	1	2	1
<i>Nukleus yuvarlaklığı</i>	2	1	2	1	1	2	3	2	1
<i>Hücresel yapıdaki bölgesel farklılık</i>	2	1	3	2	1	2	1	3	1
<i>Damarlanma</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Kollajen boyanması</i>	2	1	2	1	1	3	1	2	1
<i>Hyalinizasyon</i>	2	1	2	1	1	3	1	2	1
<i>GAG içeriği</i>	2	1	2	1	1	2	1	2	1
<b><i>Toplam Tendon Puanı</i></b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>7</b>



**Tablo-4:** Subkutan uzatma grubunda toplam tendon puanları

	Tendon								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Fibril yapısı</i>	2	1	2	2	3	1	2	1	1
<i>Fibril düzeni</i>	1	1	1	2	3	1	1	1	1
<i>Nukleus yuvarlaklığı</i>	1	1	2	2	3	1	1	1	1
<i>Hücresel yapıdaki bölgesel farklılık</i>	1	1	2	2	3	1	1	1	1
<i>Damarlanma</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Kollajen boyanması</i>	1	1	1	2	2	1	1	1	1
<i>Hyalinizasyon</i>	1	1	1	2	2	1	1	1	1
<i>GAG içeriği</i>	1	1	2	2	2	1	1	1	1
<b><i>Toplam Tendon Puanı</i></b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

**Tablo-5:** Açık ve subkutan grupta puanlara göre tendon sayılarının dağılımı ve ortalama tendon puanları

	Açık (N=9)				Subkutan (N=9)			
	0	1	2	3	0	1	2	3
<i>Fibril yapısı</i>	-	3	4	2	-	4	4	1
<i>Fibril düzeni</i>	-	5	3	1	-	7	1	1
<i>Nukleus yuvarlaklığı</i>	-	4	4	1	-	6	2	1
<i>Hücre yapısında farklılık</i>	-	4	3	2	-	6	2	1
<i>Damarlanma</i>	7	2	-	-	7	2	-	-
<i>Kollajen boyanması</i>	-	5	3	1	-	7	2	-
<i>Hyalinizasyon</i>	-	5	3	1	-	7	2	-
<i>GAG içeriği</i>	-	5	4	-	-	6	3	-
<b><i>Ortalama Toplam Puan ±SEM**</i></b>	<b>11.6* ± 1.3</b>				<b>9.8* ± 1.4</b>			

\* p=0.19, \*\* SEM=Standart hata

## Biyomekanik Değerlendirme Sonuçları

Biyomekanik değerlendirmede açık ve subkutan gruptaki toplam 20 tendonun kopma kuvvetleri ve tendon sertlikleri ölçüldü (Tablo 6 ve 7). İki grup kopma kuvveti ve tendon sertliği açısından karşılaştırıldığında, subkutan grupta hem kopma kuvveti hem de tendon sertliği değerlerinin açık gruba göre daha yüksek olduğu görüldü. Açık grupta ortalama kopma kuvveti 73.9 N iken, subkutan gruptaki ortalama kopma kuvveti 76.0 N idi. Açık grupta ortalama tendon sertliği 6.8 N/m iken, subkutan gruptaki ortalama tendon sertliği 7.7 N/m idi. İstatistiksel açıdan grupların her iki mekanik özellik açısından aralarında anlamlı bir fark saptanmadı ( $p=0.68$ ,  $p=0.68$ ) (Tablo 8). Bu sonuç, dikiş ile onarım yapılmayan subkutan grupta 3 haftalık iyileşme dönemi sonunda elde edilen mekanik direncin, dikiş ile onarım yapılan tendonlar kadar iyi olduğunu göstermiştir.

**Tablo-6:** Açık uzatma yapılan gruptaki 10 tendonun kopma kuvveti ve tendon sertliği değerleri.

Tendon	Kopma kuvveti (N)	Tendon sertliği(N/m)
I	134.5	11.82
II	176.0	14.36
III	26.0	3.08
IV	8.0	2.28
V	40.0	4.82
VI	42.5	5.16
VII	58.5	6.28
VIII	97.5	9.28
IX	56.5	4.19
X	99,5	6.81



**Tablo-7:** Subkutan uzatma yapılan gruptaki 10 tendonun kopma kuvveti ve tendon sertliği değerleri.

<b>Tendon</b>	<b>Kopma kuvveti (N)</b>	<b>Tendon sertliği(N/m)</b>
I	60.5	6.88
II	73.5	4.75
III	105.0	13.78
IV	98.5	11.11
V	40.5	3.38
VI	38.5	3.8
VII	109.5	14.37
VIII	126.0	9.62
IX	53.0	5.24
X	55.5	4.16

**Tablo-8:** Açık ve subkutan grupta ortalama kopma kuvvetleri (N) ve tendon sertlikleri (N/m).

	<b>Açık grup</b>	<b>Subkutan grup</b>	<b>P</b>
<b>Kopma kuvveti ± SEM*</b>	73.9 ± 16.5	76.0± 9.9	0.68
<b>Tendon sertliği ± SEM*</b>	6.8 ± 1.2	7.7 ± 1.3	0.68

\* SEM=Standart hata

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Ayağın ekinus deformitesi, günümüzde ortopedik cerrahların en çok karşılaştıkları durumlardan bir tanesidir. Bu deformite, yürüme siklusunun duruş evresinde stabiliteyi azaltırken salınım evresinde de ayağın öne ilerletilmesini zorlaştırır (32). Cerrahi tedavi seçenekleri; gastrosoleus kas tendon kompleksinin, ya Aşil tendonu seviyesinde ya da gastroknemius kas-tendon bileşkesi seviyesinde kesilerek uzatılmasıdır (33-37).

Birçok ortopedik hastalıkta, ayaktaki ekinus deformitesinin düzeltilebilmesi ancak Aşil tendonunun uzatılması ile olanaklı olur. Çalışmamızda Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda yaklaşık 10 yıldır uygulanmakta olan ve klasik yöntemlere karşı bazı avantajlar sağlayan yeni bir Aşil tendonu uzatma tekniğinin tendon iyileşmesi ve direnci üzerindeki etkileri tavşanlarda araştırıldı. Bu yeni teknik -*Subkutan Z-uzatma*- ile klasik açık ve perkütan yöntemlerin avantajları birleştirilmekte ve istenen miktarda tendon uzaması elde edilirken iyileşme de yeterli düzeyde sağlanmaktadır.

Aşil tendonunda yapılan cerrahi işlemler, tendonun yapısal özellikleri ve üstlendiği önemli mekanik yükler göz önüne alındığında, bu niteliklerinde az veya çok bozulmaya neden olur. Kliniklerde çok sık uygulanan bir girişim olmasına karşın, cerrahi olarak uzatılmış bir Aşil tendonunun ideal koşullarda iyileşmesini temin edecek optimum şartları elde etmek zordur. Açık cerrahi girişimlerde tendonun dolaşımı, kılıfı ile ilişkisi ve çevre yumuşak doku bağlantıları zarar görmekte, intrinsek tendon hasarı oluşturulmakta ve yapılan dikişli onarım, erken mekanik direnci sağlamada yeterli olmasına karşın dolaşım sorunlarını arttırmakta ve yabancı cisim reaksiyonlarına neden olmaktadır. Kapalı veya başka bir deyişle perkütan olarak sınıflandırılabilir cerrahi uzatmalarda ise, Aşil tendonunda oluşturulan kesiyi görmek ve kontrol edebilmek zordur, dolayısıyla uzatma miktarı bazen istenen seviyenin altında kalabileceği gibi, bazen de aşırı olup tendonun gereğinden fazla zayıflamasına yol açabilir.

Subkutan Z-uzatma tekniğinde, hem tendonda oluşturulan longitudinal orta hat kesisi görülerek ve kontrollü olarak yapılmakta, hem de tendonun kesik uçlarına herhangi bir dikiş materyali uygulanmadan iyileşmesi sağlanmaktadır. Bu teknikle, açık uzatma tekniklerinde sağlanan uzatma miktarına erişilmesi olanaklı olduğundan, perkütan uzatmalarda eleştiri konusu olan yetersiz uzatma sorun olmamaktadır. Aşil tendonunun açık olarak uzatılmasındaki en ciddi sorunlar, uzamanın aşırıya kaçabilmesi, tendonun dolaşımının bozulması ve cerrahi hasar da eklendikten sonra çok ciddi yapışıklıklarla iyileşebilmesidir. Bunlara ek olarak, açık uzatmalarda dikişle onarım yapılması gerekmekte ve bu da iyileşme ve çevre dokulara yapışıklık sorunlarını arttırabilmektedir (38).

Çalışmamızda uygulanan teknikle gerek histolojik gerek mekanik olarak yeterli iyileşmenin sağlandığı gösterilmiştir. Bu iyileşmenin herhangi bir dikiş materyali konmadan sağlanmış olması yanında, tendonun kesik uçlarının cilt, çevre dokular ve sinoviyal zar bütünlüğünün bozulmadığı bir mikroçevrede kalmasının sağlanmış olması, iyileşmenin niteliğini de olumlu etkilemektedir.

Aşil tendonunun çok ince bir subkutan yağ tabakası ile örtülü olması, ameliyat sonrası yara yeri komplikasyonu oluşma ihtimalini arttırmaktadır (38). Ayrıca gelişebilecek skar dokusu veya yapışıklıklar tendonun hareketini engelleyerek ayak bileği hareket açıklığını azaltır. Tendon cerrahisinde ana hedef, yapışıklığın azaltılmasıdır, bu amaçla kullanılan farklı yöntemler yapışıklık yerine intrensek tendon iyileşmesini ön plana çıkarmaya yönelik olmalıdır. Subkutan Z-uzatmada, tendon uzatılırken sinoviyal kılıfın korunması ve tendona dikiş atılmaması sayesinde yapışıklıkla sonuçlanan ekstrensek iyileşme en aza indirgenmektedir. Açık yöntemle göre daha küçük kesi ile uygulanan bu tekniğin, günümüzde minimal invaziv cerrahi yaklaşımların giderek daha fazla tercih edildiği düşünülürse, Aşil tendonu açısından daha avantajlı olduğu şüphesizdir.

Aşil tendonun uzatılması ile ilgili çok sayıdaki çalışmalarda açık ve perkütan uzatma tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmektedir. Örneğin, Borton ve ark. (39), serebral palsili hastalarda

uyguladıkları 3 ayrı Aşil tendonu uzatma yöntemini klinik muayene ve yürüme analizleri ile değerlendirmişlerdir. Ayakta ekinus deformitesi olan 134 hastanın 196 Aşil tendonunu çalışmaya dahil etmişler ve bu tendonların 98'ine perkütan Aşil uzatma (%50), 40'ına açık Z-uzatma (%21), 57'sine de Baker tekniği ile gastroknemius uzatma uygulamışlardır. Aşil tendonu uzunluğu ve yürüyüş baz alınarak hastalar iyi sonuç ve kötü sonuç olarak değerlendirilmiştir. Ortalama 6.9 yıl (5-10 yıl) takip edilen hastaların Baker uzatma yapılan grubunda %26 oranında nüks ekinus deformitesi, perkütan uzatma yapılan grupta %39 oranında kalkaneus deformitesi görülmüştür. Açık Z-uzatma uygulanan grupta, en yüksek oranda (%42.5) iyi sonuç elde edilmiş, en uygun tendon uzunluğu ve yürüme sağlanmıştır.

Benzer şekilde Yngve ve ark. (40), 33 serebral palsili hastada 22 Vulpius uzatma ve 27 Z-uzatma uygulamış ve bunların sonuçlarını yürüme analizleri yaparak karşılaştırmışlardır. İki grup arasında benzer sonuçların elde edildiği bu çalışmada, yürüme analizlerinde ayak bileği moment ve yük dağılımları incelenmiş ve Aşil tendonunun Z-uzatma tekniğinin fazla uzatmaya ihtiyaç duyulan şiddetli ekinus deformiteli olgularda daha uygun bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Tirelli ve ark. (41) ise, 59 Aşil tendonunda, 29 Baker tekniği ve 30 Z-uzatma tekniği ile uzatma yapmışlardır. Ortalama 2.7 yıl takip edilen Baker uzatmalı hastaların ameliyat öncesi pasif ayak dorsifleksiyonları ortalama  $-20^{\circ}$  iken, ameliyat sonrası  $+3$  olarak bulunmuş, ortalama 4.1 yıl takip edilen Z-uzatma yapılan hastaların ise ameliyat öncesi pasif ayak dorsifleksiyonları ortalama  $-27^{\circ}$ , ameliyat sonrası da  $+1$  olarak bulunmuştur.

Aktaş ve ark. (42), yaptıkları deneysel çalışmada buna benzer sonuçlar elde etmişler; Aşil tendonunun Z-uzatma tekniğinin, ciddi ekinus deformitesi varlığında nüks deformite oluşturma riski daha düşük olan bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Hoefnagels ve ark. (43), yaptıkları kadavra çalışmasında 20 adet Aşil tendonunu Hoke perkütan uzatma yöntemiyle ameliyat etmişler ve bunların 12 tanesinde uzatmanın başarısız olduğunu saptamışlardır.

Graham ve ark. (44), spastik hemiplejili 35 çocuğun Aşil tendonlarını White perkütan uzatma yöntemi ile tedavi etmişler, ortalama 13 yıllık takip sonrasında sonuçlarını incelemişlerdir. Hastaların hiçbirinde kalkaneal deformite saptanmazken, nüks ekinus deformitesi gelişen 6 hasta açık Z-uzatma ile tedavi edilmiştir. Ameliyat süresinin kısa olması ve yara yeri sorunlarının az olması bu yöntemin avantajları olarak bildirilmiş fakat uzatma sırasında tendonun kontrolünün zor olmasına bağlı olarak nüks ekinus deformite gelişimi önemli bir dezavantaj kabul edilmiştir.

Hangi cerrahi teknik uygulanırsa uygulansın Aşil tendonunun uzatılmasından sonra ortalama 3 haftalık bir tespit süresi gerekmektedir. Blasier ve ark. (37), Aşil uzatma ameliyatından sonra en uygun immobilizasyon süresini saptamak amacıyla 3 fazlı bir çalışma yapmışlardır; 1.fazda 16 adet tavşanın sağ gastroknemius kasına uzatma yapıp 1, 3, 5 ve 7. haftalarda manyetik rezonans görüntüleme (MRG), mekanik test ve histolojik değerlendirme ile iyileşmeyi karşılaştırmışlar; 2. fazda 7 çocuğa perkütan Aşil uzatma uygulayıp MRG ile tendon iyileşmesine bakmışlar, 3. fazda ise 31 çocuğa perkütan Aşil uzatma uygulayıp iki gruba böldükleri bu hastaların yarısında ameliyat sonrasında yapılan alçıyı 3 hafta, diğer yarısında ise 3 haftadan fazla (23-48 gün) tutmuşlardır. Tendon gücünün ameliyat sonrası 3.haftada ilk haline ulaştığı ve 3 haftadan daha fazla immobilizasyonun bunu değiştirmedığı sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda kullandığımız subkutan uzatma yönteminde de herhangi bir dikiş onarımı yapılmamasına karşın tespit süresi 3 hafta ile sınırlı tutulmuştur. Mekanik testlerde açık uzatma ve dikişle onarıma göre tendon direncinde bir eksiklik saptanmamış olması sürenin iyileşme için yeterli olduğu görüşünü desteklemiştir.

Perkütan yapılan ve Aşil tendonunun kendi üzerinde kayması ile uzamanın elde edildiği yöntemler, cildin ve tendon çevresi dokuların hasar görmediği yöntemler olmalarına karşın, görmeden kesi oluşturulması nedeniyle komplikasyonlara da açıktırlar. Örneğin Nishimoto ve ark. (23), çeşitli Aşil uzatma tekniklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, diabetik hastalarda görülen ön ayak ülserasyonlarının Hoke tekniği (perkütan uzatma)

ile tedavi edilmesi sırasında eğer dikkatli olunmazsa medialde damar ve sinir yapılarında, lateralde ise sural sinirde hasar oluşturulması riskinin fazla olduğunu, ayrıca uzatma miktarı çok iyi kontrol edilemediğinden tendonun kopma riski veya aşırı uzatılmasına buna bağlı kalkaneal deformite ihtimalinin de yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Doğan ve ark. (45), perkütan ve mini-açık yöntemle yapılan Aşil tenotomilerini karşılaştırdıkları çalışmada, 30 farenin yarısına perkütan, diğer yarısına mini kesi ile açık tenotomi uygulamış ve sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Açık yöntemle yapılan uzatmada, tendonun doğrudan görülerek uzatılmasının nörovasküler hasar riskini azalttığını bildirmişlerdir. Perkütan uzatma sırasında bistüri ile özellikle lateralde sural sinire hasar verme ihtimali mevcut olup bu ilerde kronik ağrı sendromuna yol açabilmektedir. Mini bir kesi ile Aşil tendonunun lateral kenarının görülmesi bu riski en aza indirmektedir (46). Ayrıca küçük yaşlardaki hastalarda (3-4 aylık bebekler) subkutan yağ dokusunun fazla olması nedeniyle Aşil tendonunun palpe edilmesindeki zorluk, tendonun görülerek uzatıldığı mini açık yöntemi daha avantajlı kılmaktadır. Perkütan uzatmanın en büyük handikapı yapılan uzatmanın ya yetersiz kalması ya da kontrolsüz olarak uzatılan tendonda komplet kesi oluşma riskidir. Subkutan Z-uzatma tekniğinde ise, tendon görülerek istenilen miktarda uzatma sağlanır, komplet kesi ve buna bağlı gelişecek nüks deformite veya aşırı uzatma ihtimali ve damar, sinir komplikasyonu riski düşüktür.

Perkütan Aşil tendon uzatmalarının neden olduğu damar komplikasyonları ile ilgili bir başka çalışma Dobbs ve ark. (47) tarafından yapılmıştır. Doğumsal pes ekinovarus deformiteli 134 bebeğin 219 Aşil tendonuna perkütan yöntemle tenotomi uygulayan araştırmacılar, bu hastaların 4'ünde; biri kısa safen ven, diğer üçü ise peroneal arter yaralanmasına bağlı olarak ciddi kanama komplikasyonları saptamışlardır.

Aşil tendonunun boyunu uzatmaya yönelik cerrahi girişimlerin, özellikle açık cerrahi yöntemlerin yetersiz kalması veya nüks gelişmesi sonrasında, cilt ve altındaki dokularda oluşan skar dokusu ve tendon çevresinde gelişen olan yapışıklıklar, 2. bir uzatma girişiminin başarısını ciddi biçimde etkiler. Aynı bölgede uygulanacak tekrarlayan açık cerrahi uzatma

girişimi, oluşturulacak iyatrojenik hasarla kıyaslandığında elde edilecek uzama miktarının çok yetersiz kalabilmesi riskini taşıması yanında, gastrosoleus kas kompleksinin direnç ve gücünün de çok azalmasına neden olabilir. Yetersiz düzelmiş bir ekinus deformitesinin vücut tarafından kompanse edilmesi, aşırı zayıflatılmış Aşil tendonu ve buna bağlı kalkaneus deformitesine oranla daha kolaydır. Çalışmada uygulanan subkutan Z-uzatma tekniği, ikincil girişim gereksiniminde, açık cerrahi yöntemle göre belirgin avantaj içermektedir. Keza Aşil tendonunun uzatılmasının yetersiz kaldığı, bu nedenle ayak bileği ve subtalar bölgede de ek girişimlerin gerektiği klinik durumlarda distal kesinin istenen yöne uzatılabilmesi bu teknikle istenen gevşetmelerin sağlanabilmesine olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak, tendon iyileşmesi ve tendon kuvveti açısından açık yöntemle karşılaştırıldığında benzer sonuçlara sahip olan “Subkutan Z-Uzatma” tekniği;

- Yeterli ve hızlı bir iyileşme sağlaması
- Aşil tendonunun güvenli ve kontrollü bir biçimde uzatılmasına izin vermesi
- Teknik kolaylığı ve minimal invaziv bir yöntem olması nedeniyle çeşitli klinik uygulamalarda güvenle kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Obrien M. Functional anatomy and physiology of tendons. Clin Sports Med 1992; 11:505-20.
2. O'Brien M. The anatomy of achilles tendon. Foot Ankle Clinics. 2005;10: 225-38.
3. Yılmaz G. Aşil tendon kopmalarında cerrahi tedavi:Perkütan ve açık cerrahi yöntemlerinin tavşan modelinde karşılaştırılması (Uzmanlık tezi). Ankara:Hacettepe Üniversitesi; 2007. 1.
4. Alexander RM, Bennet-Clark HC. Storage of elastic strain energy in muscle and other tissues. Nature 1977; 265:114-7.
5. Webb J, Moorjani N, Radford M. Anatomy of sural nerve and its relation to the achilles tendon. Foot Ankle Int 2000; 21: 475-7.
6. Sharma P, Maffulli N. Tendon injury and tendinopathy: healing and repair. J Bone Joint Surg Am 2005; 87:187-202.
7. Alpaslan M. Current Diagnosis & Treatment in Orthopedics. 3.baskı. Ankara: Güneş Kitabevi; 2005. 12-23.
8. Yılmaz G. Aşil tendon kopmalarında cerrahi tedavi:Perkütan ve açık cerrahi yöntemlerinin tavşan modelinde karşılaştırılması (Uzmanlık tezi). Ankara:Hacettepe Üniversitesi; 2007. 2.
9. Ross MH, Romrell LJ. Histology: A Text and Atlas. 2nd edition. Baltimore: Williams and Wilkins; 1989. 85-11.
10. Lundborg G, Rank F, Henhau B. Intrinsic tendon healing. A new experimental model. Scand J Plast Reconst Surg 1985; 19:113-7.
11. Kullick M, Smith S, Hadler K. Oral Ibuprofen: Evaluation of its effect on peritendinous adhesions and the breaking strength of tenoraphy. J Hand Surg (Am) 1986; 11; 110-20.
12. Potenza TD. Critical evaluation of fleksör tendon healing and adhesion formation within artificial digital sheaths. J Bone Joint Surg (Am), 1963; 45: 1217-33.
13. Yeşiloğlu N. Fleksör tendon onarımlarında erken mobilizasyon için geliştirilen Etfal-NY dikiş tekniğinin in vitro ve in vivo sonuçlarının modifiye Kesler tekniği ile karşılaştırılması (Uzmanlık tezi). İstanbul:Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi; 2008. 11.
14. Woo SL, Hildebrand K, Watanabe N, Fenwick JA, Papageorgiou CD, Wang JH. Tissue engineering of ligament and tendon healing. Clin Orthop Relat Res 1999; 367 (Suppl):312-23.
15. Maganaris CN, Narici MV, Maffulli N. Biomechanics of the Achilles tendon. Disability and Rehabilitation, 2008; 30 (20-22):1542-7.
16. Centel T. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. 2. cilt. 3. baskı. İstanbul: Hayat Tıp Kitapçılık; 2007. 922-3.
17. Çakmak M. Ortopedi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 1998. 7-8.
18. Lin TW, Cardenas L, Soslowsky JL. Biomechanics of tendon injury and repair. J Biomech 2004; 37: 865-77.
19. Harris RJ, Beath T. Hypermobile flatfoot with short Achilles tendon. J Bone Joint Surg 1948; 30-A:116-40.



20. Policy JF, Torburn L, Rinsky LA, Rose J. Electro-myographic test to differentiate mild diplegic cerebral palsy and idiopathic toe walking. *J Pediatr Orthop* 2001; 21:784-9.
21. Hirsch G, Wagner B. The natural history of idiopathic toe walking: A long term follow-up of fourteen conservatively treated children. *Acta Pediatr* 2004; 93:196-9.
22. Hahn SB, Park HJ, Park HW, Kang HJ, Cho JH. Treatment of severe equinus deformity associated with extensive scarring of the leg. *Clin Orthop Relat Res* 2001 Dec;(393): 250-7.
23. Nishimoto GS, Attinger CE, Cooper PS. Lengthening the Achilles tendon for the treatment of diabetic plantar forefoot ulceration. *Surg Clin N Am* 2003; 83: 707-26.
24. Lin SS, Lee TH, Wapner KL. Plantar forefoot ulceration with equinus deformity of the ankle in diabetic patients: the effect of tendo Achilles lengthening and total contact casting. *Orthopedics* 1996; 19:465-75.
25. Perry J, Hoffer MM, Giovan P, Antonelli D, Greenberg R. Gait analysis of the triceps surae in cerebral palsy: a preoperative and postoperative clinical an electromyographic study. *J Bone Joint Surg* 1974; 56(3):511-20.
26. White JW. Torsion of the Achilles tendon. *Arch Surg* 1943; 46:784-7.
27. Centel T. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. 2. cilt. 3. baskı. İstanbul: Hayat Tıp Kitapçılık; 2007. 1136-41.
28. Javors JR, Klaaren HE. The Vulpius procedure for correction of equinus deformity in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1987; 7:191-3.
29. Baker LD. A rational approach to the surgical needs of the cerebral palsy patient. *J Bone Joint Surg* 1956; 38-B:313-23.
30. Strayer LM. Recession of the gastrocnemius. *J Bone Joint Surg* 1950; 32-A:671-6
31. Movin T, Gad A, Reinholt FP, Rolf C. Tendon pathology in long-standing achillodynia. Biopsy findings in 40 patients. *Acta Orthop Scand* 1997; 68:170-5.
32. Sutherland DH, Davids JR. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin Orthop* 1993; 288:139-47.
33. Strecker WB, Via MW, Oliver SK. Heel cord advancement for treatment of equinus deformity in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1990; 10:105-8.
34. Glodstein M, Harper DC. Management of cerebral palsy: equinus gait. *Develop Med Child Neurol* 2001; 43:563-9.
35. Fulford GE. Surgical management of ankle and foot deformities in cerebral palsy. *Clin Orthop* 1991; 253:55-61.
36. Lee C, Bleck EE. Surgical correction of equinus deformity in cerebral palsy. *Develop Med Child Neurol* 1980; 22:287-92.
37. Blasler RD, White RN. Duration of immobilization after percutaneous sliding heel cord lengthening. *J Pediatr Orthop* 1998; 18:299-303.

38. Dalton GP, Wapner KL, Hecht PJ. Complications of Achilles and posterior tibial tendon surgeries. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 391:133-9.
39. Borton DC, Walker K, Pirpiris M, Nattrass GR, Graham HK. Isolated calf lengthening in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg* 2001; 83-B:364-70.
40. Yngve DA, Chambers C. Vulpius and Z-lengthening. *J Pediatr Orthop* 1996; 16:759-64.
41. Tirelli A, Artiaco S, Zanchini F. Surgical treatment of equinus deformity in cerebral palsy by aponeurosis lengthening and Z-lengthening. *J Orthopaed Traumatol* 2004; 4:50-5.
42. Aktas S, Ercan S, Candan L, Moralar U, Akata E. Early mobilization after sliding and Z-lengthening of heel cord: a preliminary experimental study in rabbits. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001; 121:87-9.
43. Hoefnagels EM, Waites MD, Belkoff SM, Swierstra BA. Percutaneous Achilles tendon lengthening: A cadaver-based study of failure of the triple hemisection technique. *Acta Orthopaedica* 2007; 78:808-12.
44. Graham HK, Fixsen JA. Lengthening of the calcaneal tendon in spastic hemiplegia by the White slide technique. *J Bone Joint Surg* 1988; 70-B:472-5.
45. Dogan A, Uzumcugil O, Sarisozen B, Ozdemir B, Akman YE, Bozdog E, Sunbuloglu E, Bozkurt E. A comparison of percutaneous and mini-open techniques of Achilles tenotomy: an experimental study in rats. *J Child Orthop* 2009; 3:485-91.
46. Dogan A, Kalender AM, Seramet E, Uslu M, Sebik A. Mini open technique for the achilles tenotomy in correction of idiopathic clubfoot: a report of 25 cases. *J Am Pediatr Med Assoc* 2008; 98:414-7.
47. Dobbs MB, Gordon JE, Walton T, Schoenecker PL. Bleeding complications following percutaneous tendoachilles tenotomy in the treatment of clubfoot deformity. *J Pediatr Orthop* 2004; 24:353-7.

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince emekleri olan başta Ortopedi ve Travmatoloji AD Başkanı Prof. Dr. Gayyur Kurap ve tez danışmanım Prof. Dr. Bartu Sarısözen olmak üzere, Prof. Dr. Tufan Kaleli, Prof. Dr. Ufuk Aydınli, Prof. Dr. Ömer Faruk Bilgen, Prof. Dr. Kemal Durak, Doç. Dr. Burak Demirağ, Uzm. Dr. Sadık Bilgen'e, tezimi hazırlamamda yardımcı bulunan Patoloji AD öğretim üyesi Doç. Dr. Ulviye Yalçinkaya'ya ve Mühendislik Fakültesi'nden Prof. Dr. Reşat Özcan'a, tüm anabilim dalı çalışanlarına, birlikte çalıştığım asistan arkadaşlarıma, hayatım boyunca bana destek olan anneme, kardeşim Dr. Y. Emre Danış'a, ağabeylerim Rıdvan Şefikoğlu ve Gökmen Şefikoğlu'na ve 15 yıldır hep kalbimde hissettiğim babama teşekkür ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

6 Nisan 1980 tarihinde Siirt'te doğdum. İlkokulu Siirt Mehmetçik İlkokulu'nda, ortaokul ve lise eğitimimi Siirt Atatürk Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 1998 yılında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde tıp eğitimime başladım ve 2004 yılında mezun oldum. 2005 yılında Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda göreve başladım. 2010 yılında uzmanlık eğitimimi tamamladım.