

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ (TIP) YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÖN KOL ÖN YÜZ KASLARI VE/VEYA ELİN PALMAR
KASLARI YARALANMIŞ BİREYLERE TENDON TAMİRİ
SONRASI UYGULANAN REHABİLİTASYON PROGRAMI
ETKİSİNİN ELASTOGRAFİ VE ULTRASON YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRMESİ**

ZEHRA SEZNUR KASAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof.Dr. Hulki BAŞALOĞLU

AYDIN 2017

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bana olan sonsuz güveni ile beni destekleyen tez danışmanım Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Hulki BAŞALOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Çalışma boyunca hastaların radyolojik ölçümlerini gerçekleştiren uyumlu çalıştığım radyolog arkadaşım Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Ersen ERTEKİN'e katkısından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmanın istatistiksel analizlerinin yapılmasında yardımlarından dolayı Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı araştırma görevlilerinden Fulden CANTAŞ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam sürecinde benden yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım Mehmet Murat EYİBİLİR ve Elif FİDAN'a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında her zaman yanımda olan desteğini esirgemeyen başta annem Hatice Sezin KASAR ve aileme bana gösterdikleri sonsuz sevgi, sabır, özveri için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| KABUL VE ONAY | i |
| TEŞEKKÜRLER | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vi |
| RESİMLER DİZİNİ | vii |
| TABLolar DİZİNİ | viii |
| ÖZET | ix |
| ABSTRACT | x |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER..... | 4 |
| 2.1. Ön kol ve Elin Genel Anatomisi..... | 4 |
| 2.1.1. Ön kol Önyüz Kasların Anatomisi | 10 |
| 2.1.2. Ön kol ve Elin Fasyaları | 14 |
| 2.1.3. Ön kol ve Elin İnnervasyonu | 16 |
| 2.1.3.1. N. Medianus ve Dalları | 17 |
| 2.1.3.2. N. Ulnaris ve Dalları..... | 20 |
| 2.1.4. Ön kol ve Elin Arteriyal Kanlanması | 23 |
| 2.1.5.Ön kol ve Elin Venöz Kanlanması..... | 25 |
| 2.1.6.Üst Ekstremitenin Lenfatik Drenajı..... | 27 |
| 2.2.Flektor Tendon Yaralanmalarında Elin Zonlara Ayrılması..... | 27 |
| 2.3.Radyolojik Tanı Yöntemleri | 29 |
| 2.3.1.Röntgen | 31 |
| 2.3.2.Bilgisarlı Tomografi (BT)..... | 32 |
| 2.3.3.Manyetik Rezonans (MR)..... | 33 |
| 2.3.4.Ultrasonografi (US)..... | 34 |
| 2.3.5.Kas-İskelet Sistem Uygulamalarında Ultrason..... | 38 |
| 2.3.6.Ultrason Elastografi (UE)..... | 40 |

| | |
|---|----|
| 2.3.6.1.Strain Elastografi (SE)..... | 42 |
| 2.3.6.2. Shear Wave Elastografi..... | 44 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM..... | 45 |
| 3.1. Fizik Tedavi Uygulama Yöntemi..... | 46 |
| 3.2. Ultrasonografi (US) ve Elastografi (UE) Değerlendirme Yöntemi..... | 51 |
| 3.3. Kas Gücü Değerlendirmesi..... | 53 |
| 4. BULGULAR | 55 |
| 5. TARTIŞMA..... | 61 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 66 |
| KAYNAKLAR..... | 67 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---------------|---|
| A. | : Arter |
| ADÜ | : Adnan Menderes Üniversitesi |
| Art. | : Articulatio |
| BT | : Bilgisayarlı Tomografi |
| C | : Cervical |
| DIP | : Distal interphalangeal eklem |
| Hz | : Hertz |
| M. FDS | : musculus flexor digitorum superficialis |
| M. FDP | : musculus flexor digitorum profundus |
| M. FPL | : musculus flexor pollicis longus |
| M. FPB | : musculus flexor pollicis brevis |
| M. FCR | : musculus flexor carpi radialis |
| M. FCU | : musculus flexor carpi ulnaris |
| GE | : Gerilim Elastografi |
| MCP | : Metacarpofalangeal eklem |
| MR | : Manyetik Rezonans |
| N. | : Nervus |
| PIP | : Proksimal interpalangeal eklem |
| R. | : Ramus |
| M. SCM | : musculus sternocleidomasteideus |
| SE | : Gerilim elastografi |
| T | : Thoracal |
| US | : Ultrasonografi |
| UE | : Ultrason Elastografi |
| SE | : Strain Elastografi |
| V | : Ven |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1. Antebrachium ve ossa manus'u oluşturan kemikler (Gilroy, 2012)..... | 4 |
| Şekil 2. Sağ el bileği ve eli oluşturan kemiklerin önden görünümü (Web_1)..... | 5 |
| Şekil 3. Dirsek ekleminini oluşturan eklemler (Gilroy, 2012)..... | 6 |
| Şekil 4. Sağ el bileği ve eli oluşturan eklemlerin dorsalden görünümü (Gilroy, 2012)..... | 7 |
| Şekil 5. Sağ el kemikleri ve eklemleri lateralden görünümü (Gilroy, 2012)..... | 8 |
| Şekil 6. Dirsek ve el bileği ekleminin hareketi (Web_1)..... | 9 |
| Şekil 7. Başparmak ve parmakların hareketleri (Web_16)..... | 10 |
| Şekil 8. Ön kol ön yüz yüzeysel ve derin grup kaslar (Gilroy, 2012)..... | 11 |
| Şekil 9. Ön kol ön yüz derin grup kaslar (Gilroy, 2012)..... | 13 |
| Şekil 10. Ön kol ve elin faysaları (Web_3)..... | 15 |
| Şekil 11. Plexus brachialis'in şeması (Netter, 2015)..... | 16 |
| Şekil 12. N. Medianus ve dalları (Netter, 2015)..... | 19 |
| Şekil 13. N. Ulnaris ve dalları (Netter, 2015)..... | 22 |
| Şekil 14. A. Radialis ve a.ulnaris dalları (Web_4)..... | 24 |
| Şekil 15. Ön kol ve elin yüzeysel venleri ve lenf nodülleri (Netter, 2015)..... | 25 |
| Şekil 16. Ön kol ve elin derin venleri (Web_6)..... | 26 |
| Şekil 17. Hastaların tendon kalınlık ve elastikiyetinin ölçüm değerlerinin aralıkları..... | 56 |

RESİMLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Resim 1. US uygulamalarında kullanılan prob çeşitleri (Web_12)..... | 36 |
| Resim 2. Tortikoliz'i olan çocuğun US, UE ölçüm sonuçları (Kim ve ark, 2016)..... | 43 |
| Resim 3. Kleinert ateli (Web_5)..... | 46 |
| Resim 4. Post-op 0-4 hafta DIP, PIP ve MCP'nin pasif fleksiyon hareketi yaptırılması..... | 47 |
| Resim 5. Tendon kaydırma egzersizleri (Web_13)..... | 49 |
| Resim 6. Zon V kesisi olan hastanın fleksor kaslarına yapılan germe egzersizi..... | 49 |
| Resim 7. El kaslarını güçlendirmek için dirençli hamurlarla yapılan egzersizler (Web_14)..... | 50 |
| Resim 8. ACUSIONS1000 model Ultrason cihazı (Web_7)..... | 51 |
| Resim 9. Çalışmada kullanılan lineer prob..... | 51 |
| Resim 10. Zon III 2. m. FDP tamiri olan hastaya radyolog tarafından ölçüm yapılırken..... | 52 |
| Resim 11. M. FDS kas testi (Web_9)..... | 54 |
| Resim 12. M. FDP kas testi (Web_10)..... | 54 |
| Resim 13. A- Zon II m.FDS kesisi olan hastanın UE ölçüm sonuçları..... | 57 |
| B- Zon V m. FCU kesisi olan hastanın UE ölçüm sonuçları..... | 57 |
| Resim 14. Zon II 5. m. FDS tamiri olan hastanın tendon kalınlık ölçümleri..... | 58 |
| Resim 15. Elin fleksiyon-ektansiyon ve radial-ulnar abduksiyon hareketi (Web_15)..... | 9 |
| Resim 16. Başparmak ve diğer parmaklarda fleksor tendon zonları (Web_17)..... | 28 |
| Resim 17. Zon II kesisi olan hastaya MCP eklem 90° fleksiyonda iken yapılan PIP, DIP eklem germe egzersizi..... | 48 |

TABLÖLAR DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Tablo 1. Radyolojik tanı yöntemlerinin karşılaştırılması..... | 30 |
| Tablo 2. Ultrasonun doku yüzeylerinden yansıma oranları..... | 36 |
| Tablo 3. Dokuların ultrasonla temel görünüm özellikleri..... | 40 |
| Tablo 4. Tendon kalınlığı ile doku sertliği ölçümlerinin kendi aralarında kıyaslanması..... | 59 |
| Tablo 5. Üçüncü ölçüm tendon kalınlığı ile sağlam taraf arasındaki kıyaslanma..... | 59 |
| Tendonun 3.elastografi ölçümü ile sağlam taraf ve kas gücü arasındaki korelasyon.. | 59 |
| Tablo 6. Zon II, Zon V ve kas gücü arasındaki korelasyon | 60 |

ÖZET

ÖN KOL ÖN YÜZ KASLARI ve/veya ELİN PALMAR KASLARI YARALANMIŞ BİREYLERİN TENDON TAMİRİ SONRASI UYGULANAN REHABİLİTASYON PROGRAMI ETKİSİNİN ELASTO GRAFİ ve ULTRASONYÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRMESİ

Kasar Z.S. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Yüksek Lisans Tezi, Aydın 2017.

Çeşitli nedenler sebebiyle ön kol yada elin ön yüzünde bulunan tendonları rüptüre olan hastalara yapılan tendon tamiri sonrası uygulanan fizik tedavi programının etkisinin US ve UE yöntemiyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamızda ön kol veya elin ön yüz kasları tendon tamiri yapıldıktan sonra Fizik tedavi kliniğinde tedavi programına alınan 38 hastanın tamir edilmiş tendonlarının US ve UE ölçümleri üç kez belirli aralıklarla yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar sağlam tarafındaki aynı tendonların US ve UE ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Tamir edilen tendonların US ve UE ölçümleri ile kas gücü testleri kıyaslanarak tendonun iyileşme süreci ile paralellik gösterip göstermediği incelenmiştir Araştırmamızda tek radyolog ve fizyoterapist ile çalışılmıştır.

Hastaların doku sertliğini değerlendiren elastografi sonuçları yapılan üç ölçümde de birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0,001$). İlk ölçümle-üçüncü ölçüm, ikinci ölçümle-üçüncü ölçüm arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Tendon kalınlığı için yapılan ölçümlerde en az bir tanesi diğerlerinden farklıdır ($p<0,001$). İlk ölçümle-ikinci ölçüm, ilk ölçümle-üçüncü ölçüm arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). İkinci ölçümle-üçüncü ölçüm arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).Tendon kalınlığının 3.ölçümü ile sağlam taraf arasında ileri düzeyde anlamlı ilişki vardır ($p<0,001$). Tendonun UE 3.ölçümü ile sağlam taraf arasında kıyaslamada ileri düzeyde anlamlı ilişki vardır ($p<0,001$). Tendonun elastografi 3.ölçümü ile kas testi sonuçları arasında ileri düzeyde ilişki vardır ($p<0,001$).

Yaptığımız bu çalışmada US ve UE yönteminin güvenilir, ucuz, hasta başında kolay uygulanabilir, radyasyon içermeyen avantajları ile kas ve tendonların herhangi patolojisinin tespitinde daha yaygın kullanılabilir bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelime: tendon elastografi, ultrasonografi kas- iskelet sistemi

ABSTRACT

EVALUATION OF THE ELASTOGRAPH METHODS ACTION AFTER TENDON REPAIR AND REHABILITATION PROGRAM IN PATIENTS WITH FOREARM MUSCLES OF THE ANTERIOR FACE OF THE ARM AND OR THE PALM MUSCLES OF THE HAND INJURY

Kasar ZS. Adanan Menderes University Health Science Institute Anatomy (Medicine) Program Master Thesis, Aydın, 2017.

It was aimed to evaluate the effectiveness of the physical therapy program after tendon repair in patients with tendon ruptures at anterior face of hand and/or forearm due to various reasons, by using US and UE methods. A total of 38 patients, US and UE measurements were performed for three times in defined intervals.

The development of the treated tendons in these patients was evaluated by US and UE measurements of the same tendons on the firm side of each patient. The US/UE measurements of repaired tendons and muscle strength tests were compared in order to evaluate if there was parallelism with the healing period of the tendon or not. The results of the elastography evaluating the stiffness of the patients were found to be different from each other in the three measurements ($p < 0,001$). A significant difference was found between the first measurement and the third measurement, and between the second measurement and the third measurement ($p < 0,05$). At least one of the measurements made for the tendon thickness is different from the others ($p < 0,001$). There was a significant difference between the first measurement-the second measurement, the first measurement-the third measurement ($p < 0,05$). There is an advanced relationship between the third dimension of the tendon thickness and the solid side ($p < 0,001$). There is an advanced significant relationship between the 3rd measurement of the tendone thickness and the healthy side ($p < 0,001$). There is an advanced relationship between the third scale of the tendon elastography and the muscle test results ($p < 0,001$).

The US and UE methods are reliable, radiation safe, and inexpensive as well as they are easy to use at patient's bedside, therefore they can be used more widely in the detection of pathology of muscles and tendons.

Key words: tendon elastography, ultrasonography musculoskeletal

1. GİRİŞ

İnsanın etrafındaki canlı veya cansız varlıklarla etkileşiminde hayatı role sahip organların başında el gelmektedir. El bileği, dirsek ve omuz eklemleri insanda yer alan en hareketli eklemler arasında yer almakta olup elin geniş çapta konumlanmasına imkan sağlamaktadırlar. Bu eklemlerden dirsek ve ön kol el ile aynı doğrultuda hareket ederken elin sabit durması, el bileği sayesinde olmaktadır. Merkezi sinir sisteminin en uzağında bulunan uç organlardan biri olarak elin işlevsel özellikleri oldukça fazla gelişmiştir. Sonuç olarak elin duyuşal işlevlerinin yanısıra çok sayıda tutma ve kavrama yetisi bulunmaktadır (Akgün, 2015). Günlük yaşam faaliyetlerimizi gerçekleştirirken cisimlere ve diğere insanlarla temas ederek sıcaklık, titreşim ve biçimlerini el sayesinde algılayabiliriz. Bunlara ek olarak yazı yazma, (jest gibi) farklı el hareketleri, çalgı kullanma, resim çizme, vb. insan yaşamındaki sayısız faaliyetleri gerçekleştirmek için kullanırız (Çıplak, 2010). El çok sayıda karmaşık işi yapabilme kapasitesine sahip şekilde organize olmuş kas tendon, kemik ve ligamentler gibi hareketli ve sabit yapılardan meydana gelmiş anatomik bir sistemdir (Akça, 2012).

Bu durumda akla elin mükemmel işlevlere sahip olmasının altında yatan nedenin ne olduğu sorusu gelmektedir. Elde bulunan birbirleriyle oldukça uyumlu şekilde çalışan kaslar ele bu yetenekleri vermektedir. Koordine olarak hareket eden bu kaslar elin uyum içinde ve hassasiyetle işlevlerini yerine getirmektedir. Bir cisme kuvvetli ya da tersine çok hassas kavramak gerektiren durumlarda ele ve ön kola en iyi şekilde yerleşmiş kaslarla bu hareketleri kolaylıkla yapabiliriz. Örnek olarak, yumruk haline getirmeden elimizi belirlediğimiz herhangi bir noktaya 50 kilogram ağırlığa eşit bir güçle darbe yapabiliriz. Yüksek gücüne rağmen işaret ve başparmak parmağın arasına alınan çok ince bir nesneyi mesela bir kâğıdı da rahatça hissedebiliriz. Deride eş zamanlı olarak iki ayrı mekanik etkinin ayırt etmeyi sağlayan parmaklarda diskriminasyon 4 mm olup küçük bir çocuğun parmak ucunda her santimetre karede toplam 6.000 sinir hücresi sonlanmış bulunmaktadır. Olağanüstü sinir kapasitesi sayesinde kişi, bir saç kılını veya bir toz zerresini parmakları arasına alarak ikisini kolayca ayırabilmektedir (Web_2). Elin olağan üstün algılama ve hareket edebilme yeteneğine sahip olmasının altında yatan nedenlerden biri de insan beyninde başparmak ve işaret parmağını kontrol eden nöronların kapladığı alandır.

Bu alan bütün duyu organları ve başın kapladığı alana eşit ve ayaktan on kat daha fazladır. Bir diğer faktör de el ile beyin arasındaki bağlantı zenginliği olarak gösterilmektedir (Gökmen, 2003).

Eldeki parmakların uzunluğu fonksiyonlarına göre değişmektedir. Eldeki bütün parmaklar, işlevlerine göre en uygun uzunluklara sahiptirler. Ayrıca işlevlerine en uygun şekilde konumlanmışlardır. Parmaklar işlevlerine göre en ideal uzunluklara sahiptirler. Parmakların fonksiyonları ile uyumlu olan uzunluk oranları da oldukça önemlidir. Parmak uzunluklarının aktiviteler esnasındaki önemini örnekle açıklayacak olursak başparmak, uzunluğu sebebiyle diğer parmaklara doğru kolayca ulaşabilir. Bu durum elin kullanımı esnasında başparmağın diğer parmaklara destek vermesini sağlar ve kol kuvvetinin artmasına yol açar. Sonuç olarak sağlıklı ve normal uzunlukta bir başparmağı olan bir elin attığı yumruğun kuvveti, normale göre kısa bir başparmağa sahip bir elin attığı yumruğun kuvvetinden daha fazladır. İnsanın işaret parmağı ve başparmağının gelişimi, teknolojinin günümüze kadar geliştiremediği olağanüstü fonksiyonlara sahip son derece hassas bir organın ortaya çıkmasına sağlamıştır (Çıplak, 2010).

Elin anatomik yapısı gereği üst ekstremitenin en hareketli organı olması ve her tür günlük yaşam aktivitesinde kullanımı sonucu travmalara çok sık maruz kalmaktadır. Sanayileşme ile üst ekstremitelere yaralanmalarının (tendon kesisi, kırıklar, amputasyonlar vb.) görülme sıklığı günden güne artmakta olup tendon kesilerinin en sık görülme nedenleri arasında ev-iş kazaları, trafik kazaları, spor yaralanmaları ve kasıtlı yaralanmaları sıralayabiliriz. Travmaya bağlı el yaralanmaları nedeniyle başvuranlar, acil servise başvuran vakaların %10'unu, tüm yaralanma vakalarının ise %6,6-28,6'sını oluşturmaktadır. Kazaların meydana geldiği yerler öncelikle sanayideki çalışma alanlarında (%50'sinden fazlası), ev işleri esnasında, trafik kazalarında ve spor aktivitelerinde gerçekleşmektedir (Akça, 2012).

Acil servise başvuran travmatik hastaların yaklaşık 1/5'i el yaralanmalarıdır. Bu yaralanmaların önemli bir kısmını tendon yaralanmaları oluşturmaktadır. Bu travmalarda daha çok fleksör tendonlar etkilenmektedir. Ülkemizde her ne kadar istatistiksel değerlendirme tam olarak yapılamasa da fleksör tendon kesilerinin daha çok cam kesisi, daha az olarak da iş kazaları nedeniyle olduğu bilinmektedir (Çaycı, 2011).

Günümüzde kas-iskelet sistemi travmalarında tanı koymak için çeşitli radyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Görüntü, bir cismin uygun madde üzerindeki geçici veya sabit olarak yansımalarıdır. Tıp alanında tanı koymak için üretilen cihazlarla, elde edilen görüntülerin doktorlara kolaylık ve rahatlık sağlaması amaçlanırken aynı zamanda hastaların bu uygulamalardan son derece az zarar görmeleri sağlanmaya çalışılmaktadır.

Hekimliğin en önemli ögesi, tanıyı doğru koyabilme olarak söylenebilir. Bu sebeple tanı koymada önemi nedeniyle radyolojik yöntemleri çok iyi bilmek ve en uygun şekilde kullanmak gerekmektedir (Tuncel, 2006).

Vücudun dışına kolaylıkla ulaşabildiğimiz gibi iç dokularına geliştirilmiş optik cihazların yardımıyla dolaylı olarak inceleyebiliyoruz. Fakat sade gözle göremediğimiz doku ve iç organları nasıl gözlemleyebiliriz? Son zamanlarda bu cihazların birbirinden ayrımı bir hayli güçleşmiştir, ayrıca birçok kullanılan cihaz hem tanı koyma hem de tedavi etme özelliğine sahiptir. Günümüzde tıp alanında eğilim bütün bu niteliklerin bir araya getirildiği komplike cihazlar oluşturulmasıdır. Aynı zamanda bu cihazlarla uzun vadede tanı ve tedavi giderlerinin azaltılması ve daha kısa sürede sonuca varılması hedeflenmektedir.

Teknolojik gelişmelerle orantılı olarak kas ve iskelet sisteminin radyolojik yöntemlerle incelenmesi oldukça ilerlemiş. Kemik ve yumuşak doku travmalarının teşhis ve tedavisinde US ve UE önemli bir yer kazanmıştır (Sanal HT, 2013). UE, dokulara uygulanan kuvvetler sonucunda dokuda oluşan değişiklikleri US'dan yararlanarak değerlendiren bir metottur. Kaslarda meydana gelen travmalarda çabuk ve doğru tanı koyma olanağı sağlar. Yüksek çözünürlüğe sahip transdüserlerin keşfi ile kas-iskelet sisteminin US ile görüntülenmesi mümkün hale gelmiştir. Klinikte birçok UE metodu kullanılmakla birlikte uygulamada strain (gerilim) elastografi (GE) en sık kullanılanıdır ve dokuların uygulama anında incelenmesine olanak sağlamaktadır (Verim ve Sarı, 2013).

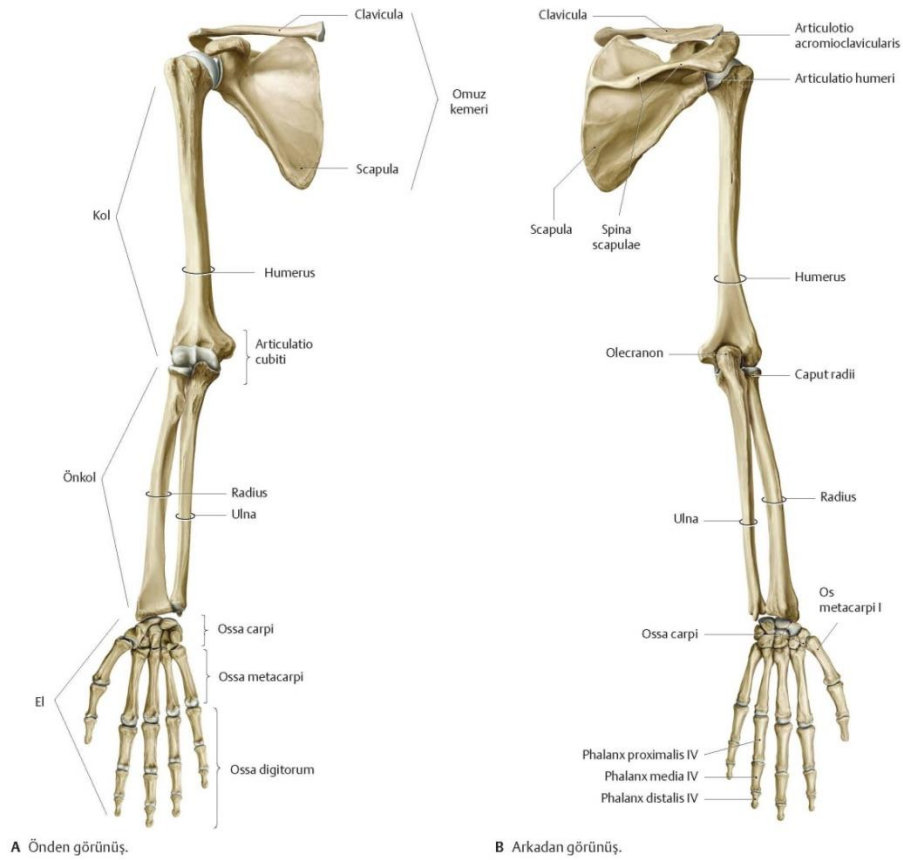
UE'nin kas-iskelet sisteminde oluşan fizyopatolojik hasarların erken tanısının konmasında önemi giderek artmaktadır. Ayrıca US yönteminin bazı yararları mevcuttur. Maliyeti düşüktür, radyasyon barındırmaz ve hasta uygulaması oldukça kolay bir radyolojik yöntemdir (Verim ve Sarı, 2013).

Bu çalışmayla, ön kol ön yüz veya elin palmar bölgesindeki tendon tamiri sonrası uygulanan rehabilitasyon programının tendon üzerine etkisini klinikte kullanılan US ve UE teknikleri ile değerlendirerek bu yöntemlerin kas ve tendonlarda oluşan herhangi bir patolojisinde daha yaygın kullanımı amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

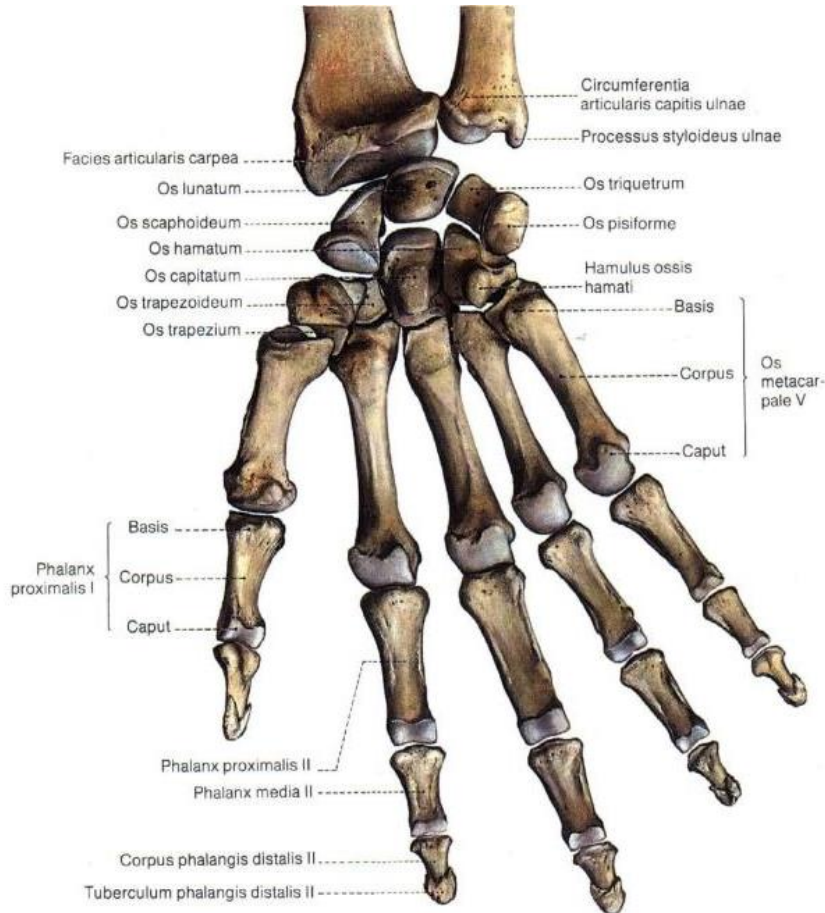
2.1. Ön kol ve Elin Genel Anatomisi

Ön kol, dirsek eklemi ile el bileği eklemi arasında uzanan üst ekstremitenin bir bölümüdür. Ön kolun (antebrachium) kemik çatısı, radius ve ulna adındaki iki birbirine paralel kemikten oluşur (Şekil 1). Bu kemiklerin ikisine birden ossa antebrachii denir (Arıncı ve Elhan, 2014). Üst ekstremitenin önemli bir bölümünü oluşturan el iskeleti (manus) üç kısımdan oluşur; el bilek kemikleri (ossa carpi), el tarak kemikleri (ossa metacarpi), el parmak kemiklerinden oluşur (ossa digitorum). Parmaklara yapılan isimlendirmeler şu şekildedir; birinci parmak başparmağa pollex, ikinci parmak işaret parmağına index, üçüncü parmak orta parmağa digitus medius, dördüncü parmak yüzük parmağına digitus anularis ve beşinci parmak serçe parmak veya küçük parmağa digitus minimus denir. (Çıplak, 2010).



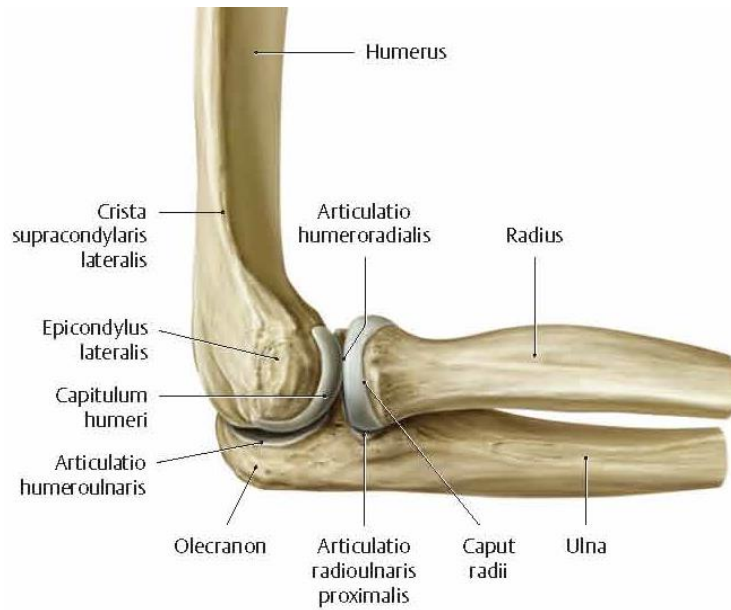
Şekil 1. Antebrachium ve ossa manus'u oluşturan kemikler (Gilroy, 2012).

El ve bilek kemikleri ossa manus 27 kemikten oluşmaktadır. Bunların 8'i kısa kemik yapısında olan karpal kemiklerden, 19'u uzun kemik yapısında olup 5 tanesi metakarpal kemiklerden 14 tanesi de falankslardan oluşur (Şekil 2). Karpal kemiklerin proksimal sırasında anatomik pozisyonda lateralden mediale doğru os scaphoideum, os lunatum, os triquetrum ve os pisiforme bulunur. Distal sırasında yine lateralden mediale doğru os trapezium, os trapezoideum, os capitatum ve os hamatum bulunur. Elin metakarpal kemiklerinin hepsinde caput, corpus ve basis kısımları bulunur. Metakarpal kemiklerin proksimal ucu karpal kemiklerin basisi ile distal ucu falanksların caput kısmı ile eklem yapar. Parmakları oluşturan parmak kemiklerinde (phalanges) de basis, corpus ve caput bölümleri bulunur. Metakarpal kemiklerle eklem yapan falankslara “phalanx proximalis”, ortadaki falankslara “phalanx media” ve en uçta bulunan falankslara “phalanx distalis” denir Başparmakta phalanx proximalis ve phalanx distalis olmak üzere iki, diğer parmaklarda phalanx proximalis, phalanx media, phalanx distalis olmak üzere üçer parmak kemiği bulunur. (Gürbüz, 2003).



Şekil 2. Sağ el bileği ve eli oluşturan kemiklerin önden görünümü (Web_1).

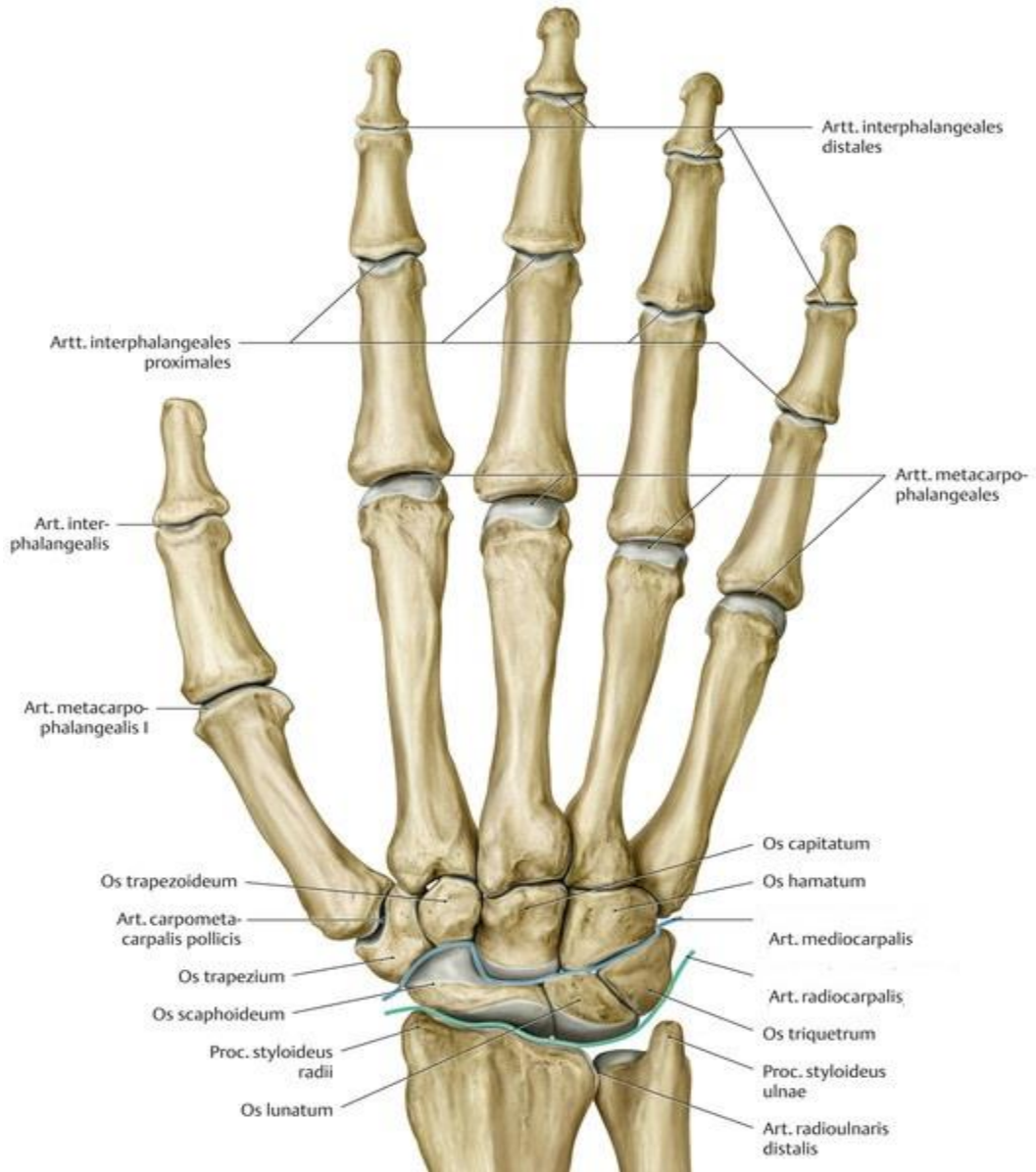
Art. cubiti: Dirsek eklemi; art. humeroulnaris, art. humeroradialis ve art. radioulnaris proximalis olmak üzere üç eklemden oluşur (Şekil 3). Birden fazla eklemden oluşması nedeniyle art. composita grubu snovial bir eklemdir. Art. humeroulnaris, os humerus'un trochlea humeri'si ile os ulna'nın incisura trochlearis'i arasında oluşur. Art. humeroulnaris, ginglymus tipi eklem grubuna girer. Art. humeroradialis, os humerus'un capitulum humeri'si ile os radius'un fovea articularis'i arasında oluşan art. spherioidea grubu bir eklemdir. Art. radioulnaris proximalis ise os ulna'daki incisura radialis ile os radius başındaki circumferentia articularis arasında oluşan art. trochoidea grubu bir eklemdir (Arıncı ve Elhan, 2014).



Şekil 3. Dirsek eklemine oluşturulan eklemler (Gilroy, 2012).

Articulationes manus: Os radius ve os ulna'nın distal uçları, el bileği kemikleri (ossa carpalia), el tarak kemikleri (ossa metacarpalia) ve el parmağı kemikleri (phalanges manus) arasında oluşan eklemlerin tümüne articulationes manus denir (şekil 4).

Art. radioulnaris distalis'in, konkav eklem yüzünü os radius'un incisura ulnaris, konveks eklem yüzünü os ulna'nın distal ucundaki circumferentia articularis oluşturur. Art. radiocarpalis'in, konkav eklem yüzünü facies articularis carpalis ile discus articularis'in alt yüzü, konveks eklem yüzünü karpal kemiklerden lateralden mediale doğru os scaphoideum, os lunatum, os triquetrum oluşturur. Ellipsoidea grubu eklemdir.



Şekil 4. Sağ el bileği ve elin eklemleri dorsalden görünümü (Gilroy, 2012).

Art. intercarpales, herbir sıradaki karpal kemiklerin yan taraflarındaki karpal kemiklerle yaptığı eklemdir (Şekil 4). Art. plana grubu eklemdir. Art. mediocarpalis, proksimal sıradaki karpal kemikler (os scaphoideum, os lunatum ve os triquetrum) ile distal sıradaki (os trapezium, os trapezoideum, os capitatum ve os hamatum) karpal kemikler arasında oluşur.

Artt. carpometacarpales, karpal kemikler ile metakarpal kemikler arasında oluşan eklemlerdir (Şekil 5). Bunlardan birincisi artt. carpometacarpalis pollicis os trapezium ile 1. metakarp arasında oluşur sellar tip eklem olup diğer artt. carpometacarpal eklemlerden farklıdır. Artt. carpometacarpalis 2.-5. eklemler dört eklem düzensiz eklem yüzlerine sahiptir, dolayısıyla artt. plana grubuna girerler.

Artt. intermetacarpales eklemlerde, 2.-5. metakarpal kemiklerin proksimal uçlarındaki kıkırdakla kaplı yan yüzleri birbirleriyle eklem yaparlar. Artt. metacarpophalangea eklem, metakarpal kemiklerin distal uçları ile birinci falankların proksimal konkav uçları arasında oluşan eklemlerdir. Eklem yüzünün şekli spheroid tip eklemeye benzer ancak hareketler bakımından artt. elipsoidea'ya benzemektedir.

Artt. metacarpofalangeal pollicis, ginglymus grubu eklemeye benzemektedir (şekil 5). Artt. interphalangeales, I. ve II. falankların distal uçları ile II. ve III. falankların proksimal uçları arasında oluşur. Eklem yüzleri makaraya benzemesi nedeniyle ginglymus tipi eklemdir (Arıncı ve Elhan, 2014).



Şekil 5. Sağ el kemikleri ve eklemleri lateralden görünümü (Gilroy, 2012).

Art. humeroulnaris ile art. humeroradialis aracılığıyla ön kola transvers eksen etrafında fleksiyon-ekstansiyon hareketi yaptırılır. Art. radioulnaris proximalis ve art. radioulnaris distalis aracılığıyla vertikal eksen etrafında ön kolun ve elin pronasyon-supinasyon hareketi gerçekleştirilir (Şekil 6).



Şekil 6. Ön kol fleksiyon-ekstansiyon ve pronasyon-supinasyon hareketi (Web_1).

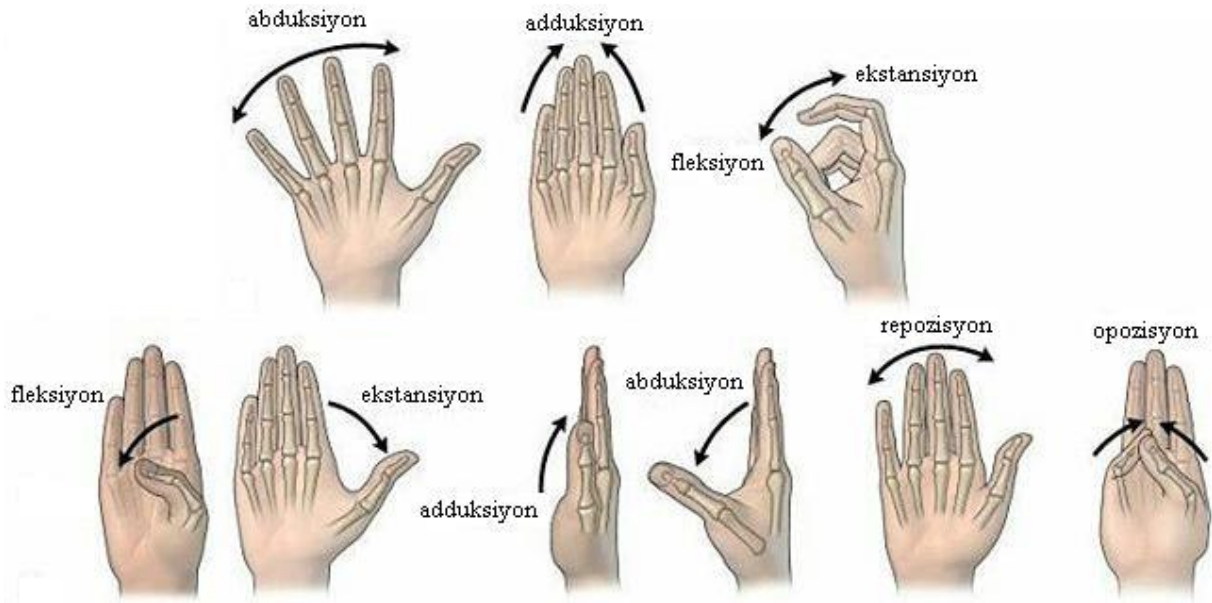
Elin hareketlerini art. radiocarpalis ve art. mediocarpalis birlikte gerçekleştirir. Bu iki eklem transvers eksen etrafında ele fleksiyon-ekstansiyon, sagittal eksen etrafında ise radial ve ulnar abduksiyon hareketini sağlar (Resim 15). Elde sınırlı olarak sirkumduksiyon hareketi de yapılır.



Resim 15. Elin fleksiyon-ektansiyon ve radial-ulnar abduksiyon hareketi (Web_14).

Artt. intercarpales, sınırlı kayma hareketi yaparlar. Art. mediocarpalis arasında da sınırlı kayma hareketi yapılır. Art. carpometacarpalis pollicis aracılığıyla başparmak transvers eksen etrafında fleksiyon-ekstansiyon hareketi ile sagittal eksen etrafında abduksiyon-adduksiyon hareketi yapar. Bu eklem başka eksenleri de kullanarak başparmağa sirkumduksiyon hareketi yaptırır. 2.-5. Art. carpometacarpalis’de sınırlı kayma hareketi yapılır.

Art. metacarpophalangealis I’de, transvers eksen etrafında sınırlı fleksiyon-ekstansiyon hareketi yapılır. Ayrıca bu eklemdede çok sınırlı sirkumduksiyon hareketi de yapılabilir. Diğer metacarpofalangeal eklemlerde parmaklara fleksiyon-ekstansiyon, abduksiyon-adduksiyon, sirkumduksiyon biraz da rotasyon hareketi yapılabilir. Artt interpalangeales’de transvers eksen etrafında parmaklara fleksiyon-ekstansiyon hareketi yapılır (Şekil 7).

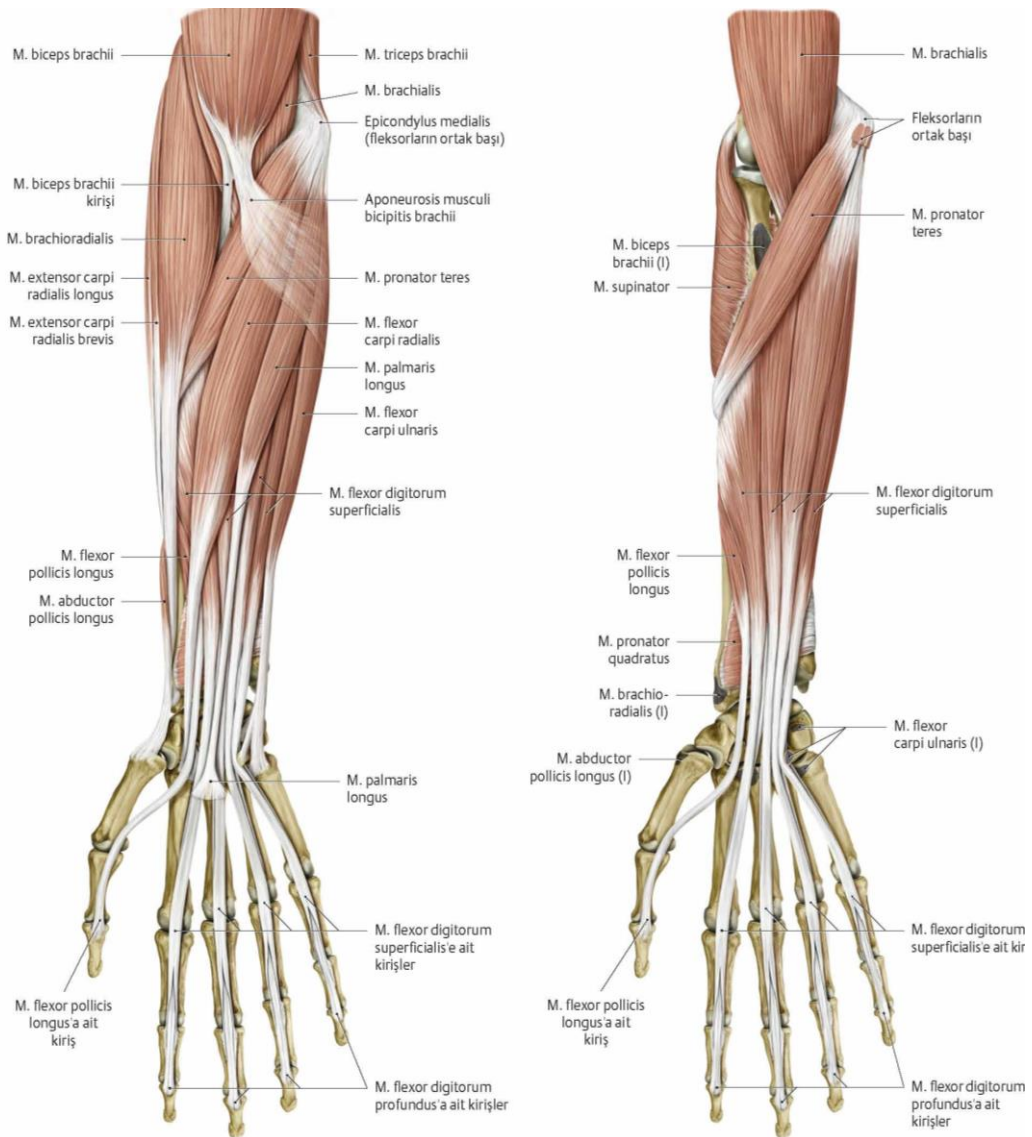


Şekil 7. Başparmak ve parmakların hareketleri (Web_15).

2.1.1. Ön kol Ön yüz Kasları Anatomisi

Ön kolun ön kompartıman kasları, el bileğine ve el parmaklarına fleksiyon, ele ve ön kola pronasyon, el bileğine radial abduksiyon-ulnar abduksiyon yaptırır. Ön kolun arka kompartıman kasları ise el bileğine ve el parmaklarına ekstansiyon, ele supinasyon yaptırır. Ön kolun ön yüzündeki yüzeysel grupta bulunan kaslar; m. palmaris longus, m. pronator teres, m. flexor carpi ulnaris, m. flexor carpi radialis, m. flexor digitorum superficialis’tir (Şekil 8).

M. palmaris longus, humerus'un epicondylus medialis'i ve fascia antebrachii'den başlar. Aponeurosis palmaris'te insertio yapar. Kasın innervasyonunu, n. medianus (C7-T1) sağlar. Kas, aponeurosis palmaris'i gererek ele fleksiyon yaptırır. Ayrıca ön kol fleksiyonuna yardımcı olur. M. pronator teres kası iki başlı olup caput humerale'si epicondylus medialis ve fascia antebrachii'den, caput ulnare'si ise processus coronoideus'tan başlar. Ön kolu çaprazlayarak ilerler ve os radius'da bulunan tuberositas pronatoria'ya yapışır. Innervasyonunu, kasın caput humerale ve caput ulnare'si arasından geçen n. medianus (C6-7) sağlar. Kasın fonksiyonu, ön kol ve ele pronasyon yaptırmak ve ön kol fleksiyonuna yardım etmektir.



Şekil 8. Ön kol ön yüz yüzeysel ve derin grup kaslar (Gilroy, 2012).

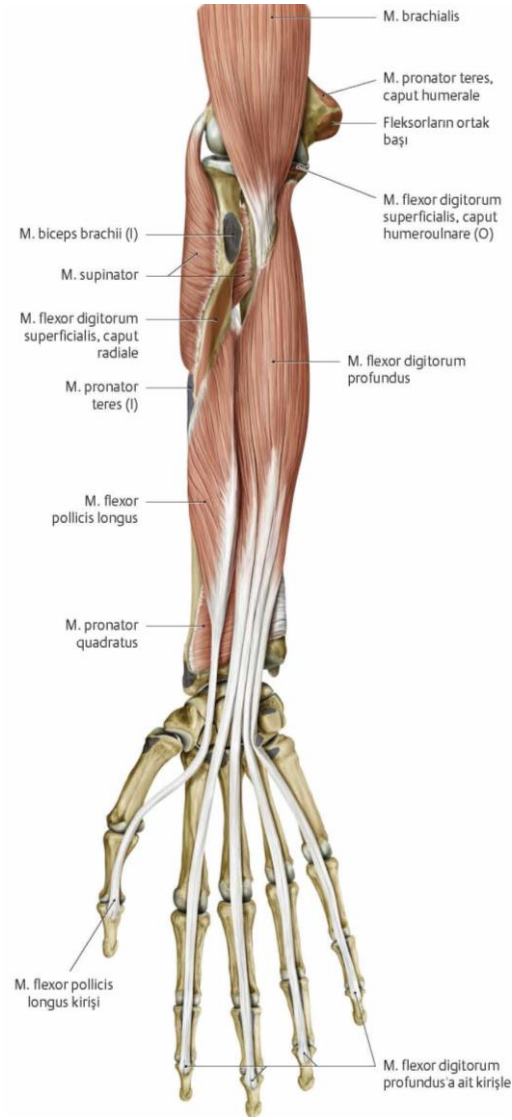
M. flexor carpi radialis, humerus'un epicondylus medialis'i ve fascia antebrachii'den başlar. 2. ve 3. metakarp'ın proksimalinde sonlanır. İnnervasyonu n. medianus (C6-7) tarafından sağlanır. Fonksiyonu, ele fleksiyon ve radial abduksiyon yaptırmaktır.

M. flexor carpi ulnaris'in, caput humerale'si humerus'un epicondylus medialis'inden, caput ulnare'si olecranon'un içyan kenarı ve ulna'nın arka yüzünün 2/3 proximalinden başlar. Kas os pisiforme'ye, lig. pisohamatum aracılığıyla os hamatum'a ve lig. pisometacarpeum aracılığıyla 5. metakarp'ın proksimaline tutunur. İnnervasyonunu, n. ulnaris (C7-T1) sağlar. Kasın fonksiyonu, el bileğine fleksiyon ile birlikte ulnar abduksiyon yaptırmaktır (Arıncı ve Elhan, 2014).

M. flexor digitorum superficialis kasının, caput humerale'si humerus'un epicondylus medialis'inden, caput ulnare'si pprocessus coronoideus'tan ve caput radiale'si ise tuberositas radii ile tuberositas pronatoria arasından başlar. Insetiosu, 1. falanklarda ikiye ayrılan tendon 2.-5. parmakların orta falanklarının'ın yan tarafında sonlanır. İnnervasyonunu, n. medianus (C7-T1) sağlar. Fonksiyonu 2.-5. MCP, PIP eklemlere ve el bileğine fleksiyon yaptırmaktır (Marur ve Akkın, 2010).

Ön kolun ön yüzündeki derin grupta bulunan kaslar; m. flexor digitorum profundus, m. flexor pollicis longus, m. pronator quadratus'tur (Şekil 9).

M. flexor digitorum profundus, os ulna'nın 3/4 ön yüzü ile membrana interossea'nın ön yüzünden başlayan bu kas önkolun 1/3 distalinde 4 tendona ayrılarak 2.-5. parmakların distal falanklarının bazisinde sonlanır. İnnervasyonunu, kasın lateral kısmını n. medianus, ulnar kısmını ise n. ulnaris sağlar. Fonksiyonu, 2.-5. DIP eklemlere ve ele fleksiyon yaptırmaktır.



Şekil 9. Ön kol önyüz derin grup kaslar (Gilroy, 2012).

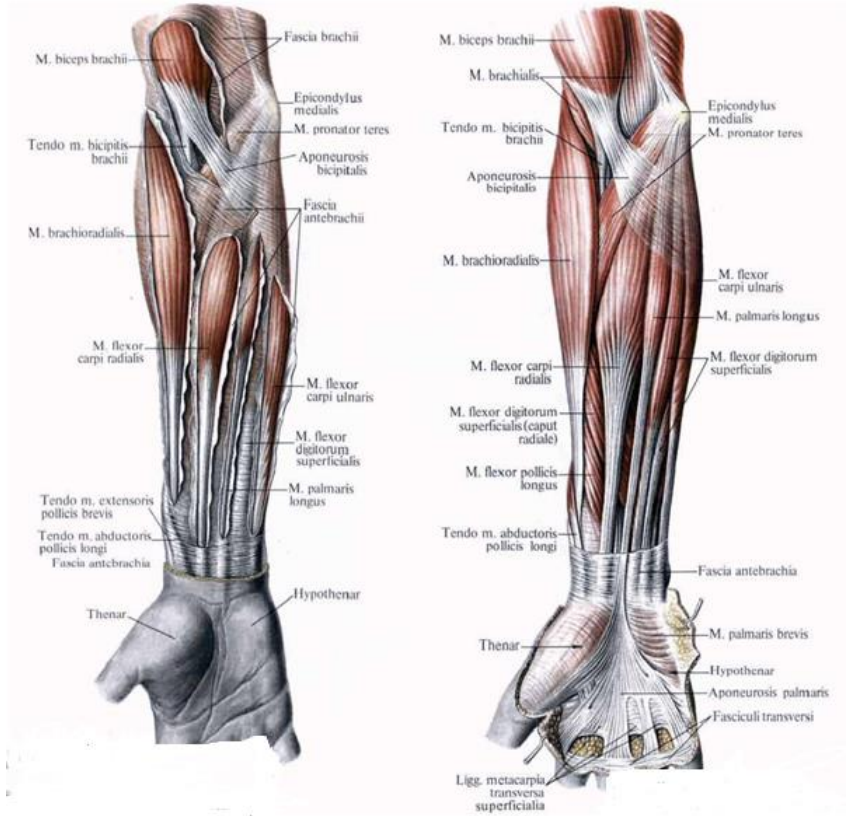
M. flexor pollicis longus, os radius'un, 2/3 ön yüzü ile membrana interossea'dan başlar. 1. parmak distal falanks'ın bazisinde sonlanır. İnnervasyonunu, n. medianus'un (C7-8) n. interosseus antebrachii anterior dalı gerçekleştirir. Fonksiyonu, başparmakta önce 2. falanks'a, sonra 1. falanks'a ve 1. metakarpofalangeal ekleme fleksiyon yaptırmaktır.

M. pronator quadratus, os ulna'nın 1/4 alt-ön yüzünden başlar. Os radius'un 1/4 alt-ön yüzünde sonlanır. İnnervasyonunu, n. medianus'un (C7-8) dalı n. interosseus antebrachii anterior sağlar. Fonksiyon, ön kola ve ele pronasyon hareketi yaptırmaktır (Gray's, 2007).

2.1.2. Ön kol ve Elin Fasyaları

Ön kolun derin fasyası fascia antebrachii, fascia profunda'nın önkolu saran kısmıdır. Epicondylus lateralis, epicondylus medialis ile olecranon arasında uzanır ve fascia brachii ile devam eder. Ön kolun fasyası kaslar arasında derine bölmeler gönderir. Bu bölmeler os radius ve os ulna'nın kenarlarına yapışarak kompartımanlar oluşturur. Bu bölmeler de proksimal kısımda kaslar için orjin verir. Bu kompartımanları os radius ile os ulna arasında seyreden membrana interossea birbirinden ayırır. Fascia antebrachii elbileği düzeyinde ön tarafta yaptığı kalınlaşma retinaculum flexorum, arka tarafta yaptığı kalınlaşmaya retinaculum extensorum denir. Bu bantların görevi, hareket esnasında tendonların yerlerinde fikse olmasını sağlamaktır. Retinaculum flexorum carpal kemiklerin anterior'unda yerleşmiş bulunan kabarıntıları arasında seyreder ve elin karpal bölgesinin ön tarafında yer alan konkaviteyi carpal tünel'e çevirir. Karpal tünel'den fleksor kasların tendonları ve n. medianus geçer.

Üst ekstremitate derin fasyası retinaculum flexorum ve retinaculum extensorum'un aşağısında fascia palmaris olarak devam eder. Fascia palmaris'in santral kısmı aponeurosis palmaris adını alır ve kalın, tendinöz, üçgen şekilli bir yapı olup palmar bölgenin santral kısmını örter (Şekil 10). Bunun apeksi proksimalde yerleşmiş olup m. palmaris longus tendonu ile devamlılık gösterir. Aponeurosis, birbirinden ayrı dört kalın bant oluşturur ve bu bantlar parmakların basisine doğru parmakların fibröz tendon kılıfları ile devamlılık gösterir. Fascia profunda'nın tenar bölgeyi örten bölümüne fascia thenaris, hipotenar kasları örten bölümüne fascia hypothenaris denir. (Arıncı ve Elhan, 2014).



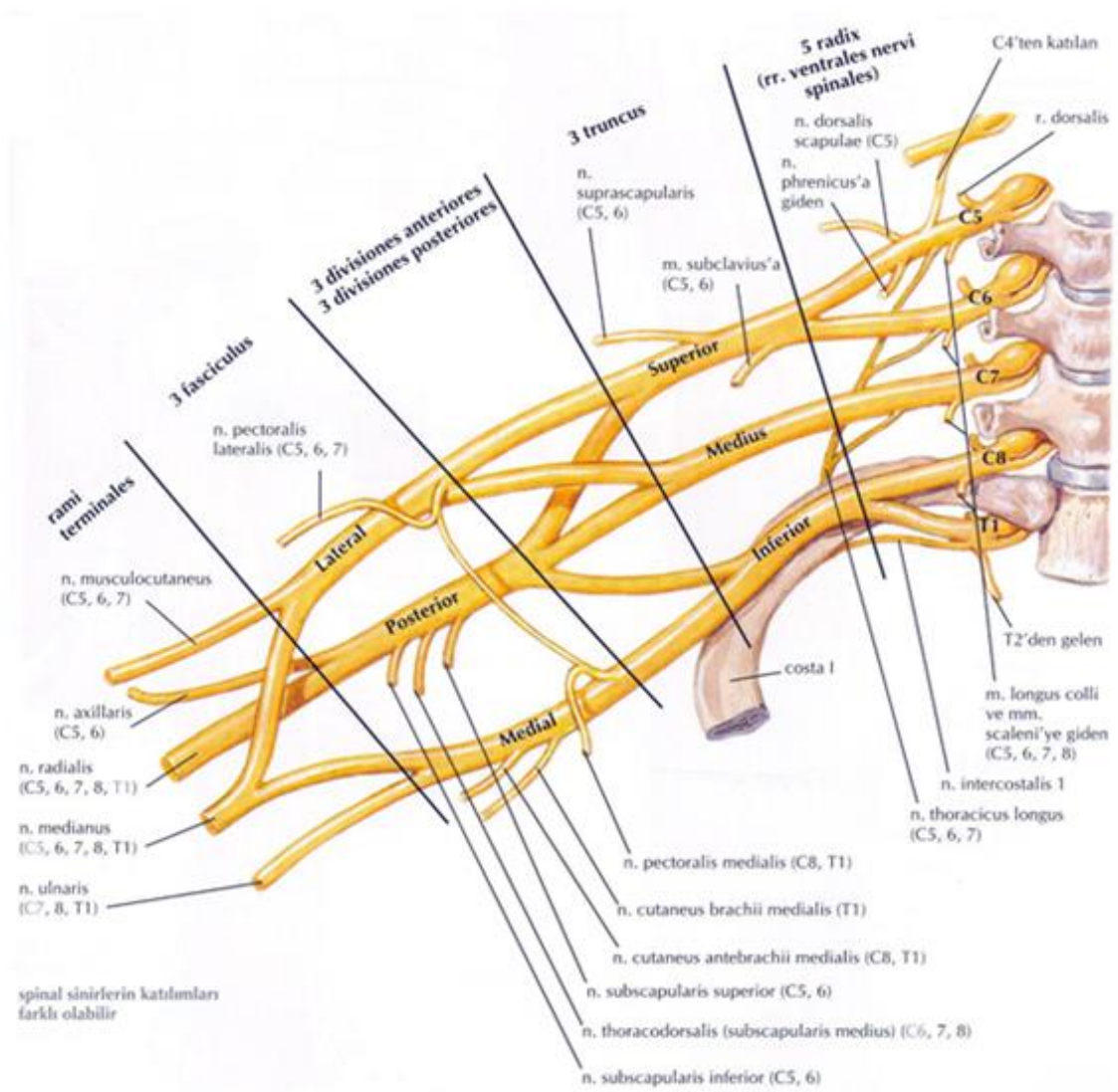
Şekil 10. Ön kol ve elin fasyaları (Web_3).

Distalde bu bantların arasında transvers yönde seyreden lig. metacarpale transversum superficiale yer alır ve bu ligament aponeurosis palmaris'in tabanını oluşturur. Aponeurosis palmaris elin derin fasyasının güçlü ve iyi tanımlanmış, yumuşak dokuları örten ve uzun fleksor tendonlar üstünde uzanan kısımdır. Bu üçgen şeklindeki yapının proksimal ya da tepe kısmı retinaculum flexorum ve m. palmaris longus tendonu ile devam eder. Tepenin distalinde aponeurosis palmaris dört longitudinal dijital bant ya da tepeden ışınal şekilde yayılarak proksimal falankların tabanına yapışarak fibröz dijital kılıflar olarak devam eder. Fibröz dijital kılıflar parmakların palmar yüzündeki seyirleri boyunca sinovyal kılıfları, yüzeysel ve derin fleksor tendonları ve m. fleksor pollicis longus tendonunu saran ligamentöz yapılar oluşturur (Şahinoğlu, 2014).

Parmakların distalinin dorsal yönünde tırnaklar (ungues) yer alır, palmar taraflarında ise oldukça hassas deri ve derialtı yağ dokusu bulunmaktadır. Parmak uçlarının distal uçlarının ön yüzüne yumuşaklığı sebebiyle klinikte pulpa (baca digiti) denmektedir. Elin dıştan deri ile örtülü bulunan iç yapısında derialtı tabakaları, yağ ve bağ dokuları, kan, lenf damarları, sinirler, fasya ve aponevrozlar yer alır (Gürbüz, 2003).

2.1.3. Ön kol ve Elin İnnervasyonu

Üst ekstremitenin duyu ve motor innervasyonu plexus brachialis tarafından sağlanır. Plexus brachialis, üst ekstremitenin innervasyonunu sağlayan sinirlerin oluşturduğu ağ sistemidir. Plexus brachialis; beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci servikal ve birinci torakal (C5, C6, C7, C8 ve T1) spinal sinirlerin ön dalları tarafından oluşturulan bir sinir ağıdır. C4 ve T2 spinal sinirlerin ön dallarından gelen bir kısım lifler de bu sinir ağı içinde yer alır. Plexus brachialis'i oluşturacak olan spinal sinirlerin ön dalları (ramus anterior) m. scalenius anterior ile m. scalenius medius arasından çıkar. Plexus brachialis, fossa axillaris'in alt kısmında üst ekstremiteye dağılacak olan terminal dallarına ayrılır (Büyükkiraz, 2005).



Şekil 11. Plexus brachialis'in şeması (Netter, 2015).

Plexus brachialis, clavicula ile olan komşuluğuna göre pars supraclavicularis ve pars infraclavicularis olarak iki kısma ayrılır. Pars supraclavicularis trigonum occipitalis posterior'da bulunurken, pars infraclavicularis axilla'da bulunur (Başaloğlu, 2008).

Bu sinir ağını oluşturan spinal sinirlerin ön dallarının birleşmesinden üç truncus oluşur.

Truncus Superior: C5. ve C6. spinal sinirlerin ön dalları bazen C4'ün de ön dalından katılan liflerle birleşerek, m. scalenius'ların lateralinde "truncus superior'u" oluşturur.

Truncus Medius: C7. spinal sinirin ön dalı tek başına "truncus medius'u" oluşturur.

Truncus Inferior: C8. ve T1. spinal sinirlerin ön dalları bazen de T2'nin ön dalından gelen liflerin birleşerek "truncus inferior'u" oluşturur.

Truncuslar kısa bir seyirden sonra ön ve arka dallarına ayrılırlar. Bu bölümlere divisiones anteriores ve divisiones posteriores denir. Truncusların ön ve arka dalları birleşmesiyle fasciculuslar oluşur. Fasciculuslar a. axillaris ile olan konumlarına göre isimlendirilirler (Şekil 11).

Fasciculus posterior: Truncus superior, media ve inferior'ların arka dallarının birleşmesi ile oluşur. Fasciculus posterior, a. axillaris'in arkasındadır.

Fasciculus lateralis: Truncus superior ve truncus medius'un ön dallarının birleşmesi ile oluşur. Fasciculus lateralis, a. axillaris'in lateralinde bulunur.

Fasciculus medialis: Truncus inferior'un ön dalı tek başına fasciculus medialis'i oluşturur ve a. axillaris'in medialinde bulunur (Gökmen, 2003).

Ön kolun ön yüzündeki tüm kaslar n. medianus tarafından innerve edilirken sadece m. flexor carpi ulnaris ile m. flexor digitorum profundus'un lateral kısmı n. ulnaris tarafından innerve edilmektedir.

2.1.3.1. N. Medianus ve Dalları

Nervus medianus fasciculus medialis'den ayrılan radix medialis nervi mediani (C8-T1) ile fasciculus lateralis'den ayrılan radix lateralis nervi mediani'nin (C5-C7) fossa axillaris'de birleşmesiyle oluşur. N. medianus, sulcus bicipitalis medialis'de n. ulnaris ve a. brachialis ile birlikte aşağı ilerler (Şekil 12). Dirsek eklemine ön tarafından fossa cubiti'ye ulaşan n. medianus bu bölgede m. brachialis'in yüzeyinde, tendo m. biceps brachii ve a. brachialis'in medialinde bulunur.

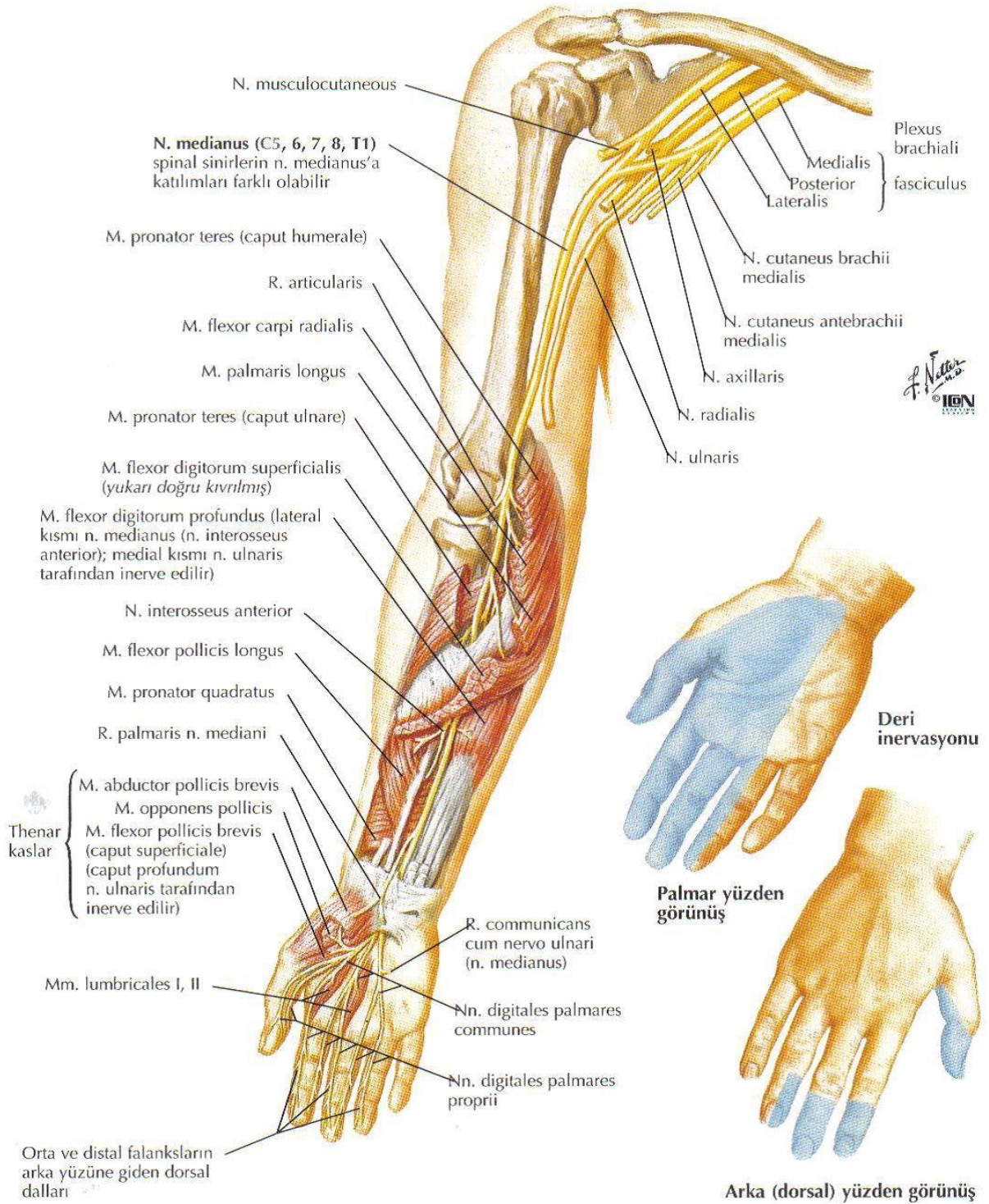
Daha sonra fossa cubiti'nin medial sınırını oluşturan m. pronator teres'in iki başı arasından geçerek, a. ulnaris'i önden çaprazlayıp bu arterin laterale geçerek Dirsek eklemine kadar dal vermeyen n. medianus, bazen bu eklem iki sensitif dal gönderebilir (Başaloğlu, 2008).

Ön kolun ön yüzünde uzanan derin ve yüzeysel fleksor kaslar arasında el bileğine kadar uzanan n. medianus'un ön kolda verdiği Rr. musculares dalı ön kolun ön yüzünde m. fleksor carpi ulnaris ve m. flexor digitorum profundus'un 1/3 ulnar kısmı dışındaki tüm kasları innerve eder. Ayrıca duyu dalları aracılığı ile elin duyu innervasyonuna katılan periferik sinirdir. Ön kolun alt kısmında daha yüzeysel seyreden n. medianus'un, m. palmaris longus ile m. flexor carpi radialis'in tendonları arasında üzeri sadece deri ve fascia antebrachii ile örtülüdür (Zararsız ve ark, 2013).

N. medianus, retinaculum flexorum'un derininde bulunan ve lateralde os scaphoideum ve os trapezium, medialde os pisiforme ve hamulus ossis hamati arasında uzanan karpal tünelden geçerek el bölgesine gelir. N. medianus, el bölgesinde retinaculum flexorum'un (ligamentum carpi transversum) altından geçer geçmez deri ve kas dallarına ayrılır. N. medianus'a m. flexor digitorum superficialis, m. flexor digitorum profundus'a ait tendonlar ve m. flexor pollicis longus eşlik eder (Şekil 12).

N. interosseus antebrachii anterior dalı, membrana interossea'nın ön yüzünde ön kolun üst kısmında n. medianus'tan ayrılarak a. interossea anterior ile birlikte m. flexor pollicis longus ile m. flexor digitorum profundus arasında el bileğine kadar uzanır (Şekil 13). N. medianus'un bu dalı m. flexor digitorum profundus'un 2/3 lateral kısmını, m. flexor pollicis longus ve pronator quadratus'u innerve eder. Burada verdiği uç dallar m. pronator quadratus ile birlikte el bileği eklemine dağılır (Arıncı ve Elhan, 2014).

R. palmaris nervi mediani dalı, ön kolun alt kısmında, n. medianus'un radial tarafından ayrılan en son dalıdır. Fascia antebrachii'yi delerek yüzeyleşen bu dal retinaculum flexorum'un yüzeyselinden geçerek medial ve lateral olmak üzere iki dalına ayrılır. Bu dallar tenar bölge derisinde dağılır (Gökmen, 2003).



Şekil 12. N. Medianus ve dalları (Netter 2015).

Rr. musculares, n. medianus'un lateralinden ayrılan kısa bir daldır. Bu dal elin tenar kabartısını yapan m. abductor pollicis brevis, m. opponens pollicis ve m. flexor pollicis brevis'in yüzeysel başını innerve eden somatomotor dallar verir.

N. medianus, karpal tünelin distalinde üç adet tenar kası ve I- II. mm. lumbricales'i innerve eder. Elin palmar yüzünde ilk üç parmak ile 4. parmak lateral yarısına ve aynı parmakların dorsal yüzü distaline duyu lifleri gönderir (Arıncı ve Elhan, 2014).

N. medianus, canalis carpi'nin derininden geçtikten sonra Nn. digitales palmares communes denilen üç dala ayrılır. Canalis carpi'den geçer geçmez çoğunlukla duyu liflerinden oluşan dallar verir. Bu dallardan birincisi (radial tarafta) üç dala ayrılır. İlk ikisi başparmağın her iki tarafında dağılırken, üçüncüsü ise işaret parmağının radial tarafında dağılır, duyu dallarına ilaveten I. lumbrikal kasa somatomotor dal verir.

N. digitalis palmaris communis'in ikincisi II. lumbrikal kasa somatomotor dal verdikten sonra işaret ve orta parmakların kökleri arasında n. digitales palmaris proprius'ye ayrılarak, bu parmakların birbirine bakan yüzlerinde uzanır. N. digitalis palmaris communis'in üçüncüsü orta ve yüzük parmağın kökünde nn. digitales palmares proprii'ye ayrılarak, bu parmakların birbirine bakan yüzlerinde seyrederek (Arıncı ve Elhan, 2014).

Nn. digitales palmares proprii, parmaklarda dağılan terminal dallardır. Bu dallar dağıldıkları ilk üç buçuk parmağın palmar taraftaki derisine ve bu parmakların dorsal yüzünde tırnak yataklarına da dallar verir (Zararsız ve ark, 2013).

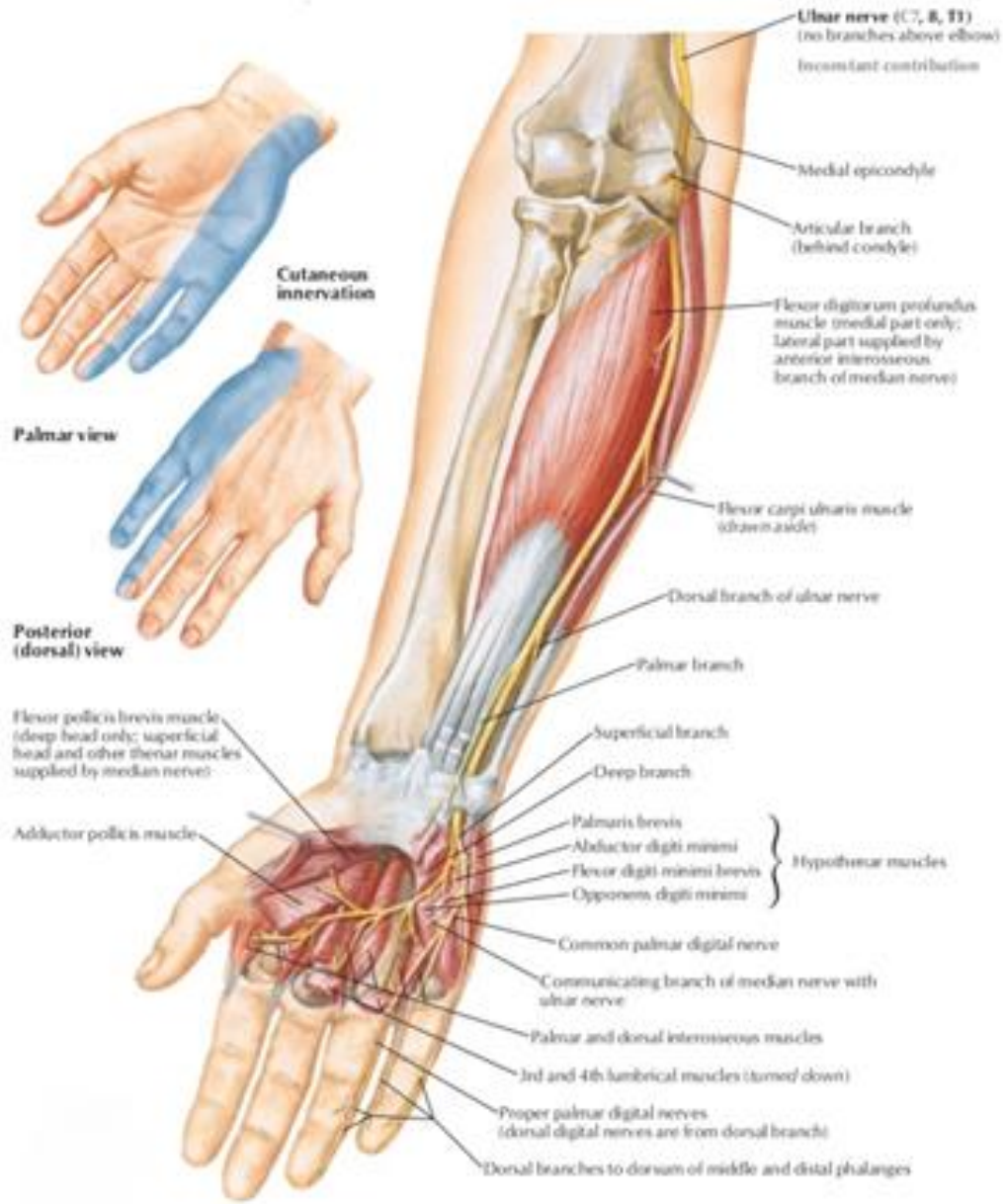
2.1.3.2. N. Ulnaris ve Dalları

N. ulnaris, plexus brachialis'in terminal dallarından olup fasciculus medialis'in aşağıya doğru devamı şeklinde uzanır. Fossa axillaris'de a. axillaris'in medialinde bulunan n. ulnaris, kolda a. brachialis ve n. medianus iç yanında yerleşim gösterir. Kolun ortasında n. ulnaris içe ve arkaya doğru yön değiştirip septum intermusculare mediale'yi delerek arkaya geçer ve humerus'un iç epikondilindeki sulcus nevri ulnaris'e ulaşır. N. ulnaris ön kola, m. flexor carpi ulnaris'in iki başı arasından geçerek girer (Şekil 13). Rr. musculares, ön kolda dirsek eklemi yakınlarında verdiği iki dal olup m. flexor carpi ulnaris ile m. flexor digitorum profundus'un ulnar bölümünü innerve eder. Kolda dal vermeyen n. ulnaris dirsek ekleminin aşağısında verdiği dallardan, Rr. articulares, n. ulnaris'in sulcus nevri ulnaris'de ilerlerken dirsek eklemine verdiği sensitif daldır.

R. cutaneus palmaris, n. ulnaris'den ön kolun ortalarında ayrılır ve a. ulnaris'in üzerinde avuca kadar uzanır. Üzerinde eşlik ettiği damara dallar verir (Gökmen, 2003).

R. dorsalis nevri ulnaris, önkolun distal 1/3'nde n.ulnaris'den ayrılır, m. flexor carpi ulnaris'in derininden ulnar tarafa geçerek derin fasyayı deler ve yüzeyelleşir. Elin dorsalinde elin ulnar tarafında ilerleyerek 5. parmağın dorsal yüzünün ulnar kısmına ve 4. ve 5. parmağın birbirine bakan yüzlerine sensitif dallar verir.

R. palmaris nevri ulnaris, el bileği düzeyinde Guyon kanalı'ndan (os pisiforme ile os hamatus ossis hamati arasında oluşan kanal) geçerek a. ulnaris ile birlikte avuç içine girer. Burada retinaculum flexorum'un yüzeyinde ve os pisiforme'nin lateralinde ilerleyen n. ulnaris, r. superficialis ve r. profundus olmak üzere iki uç dala ayrılır. R. superficialis, m. palmaris brevis'e somatomotor, hipotenar bölge derisine duyuşal dal verdikten sonra 5. küçük parmağın ulnar tarafına giden n. digitalis palmaris communis dallarına ayrılır. N. digitalis palmaris communis proprius parmak kökünde n. digitalis palmaris proprius denilen iki dala ayrılarak serçe parmak ile yüzük parmağının birbirine bakan komşu yüzlerinde uzanır (Gökmen, 2003).



Şekil 13. N. Ulnaris ve dalları (Netter 2015).

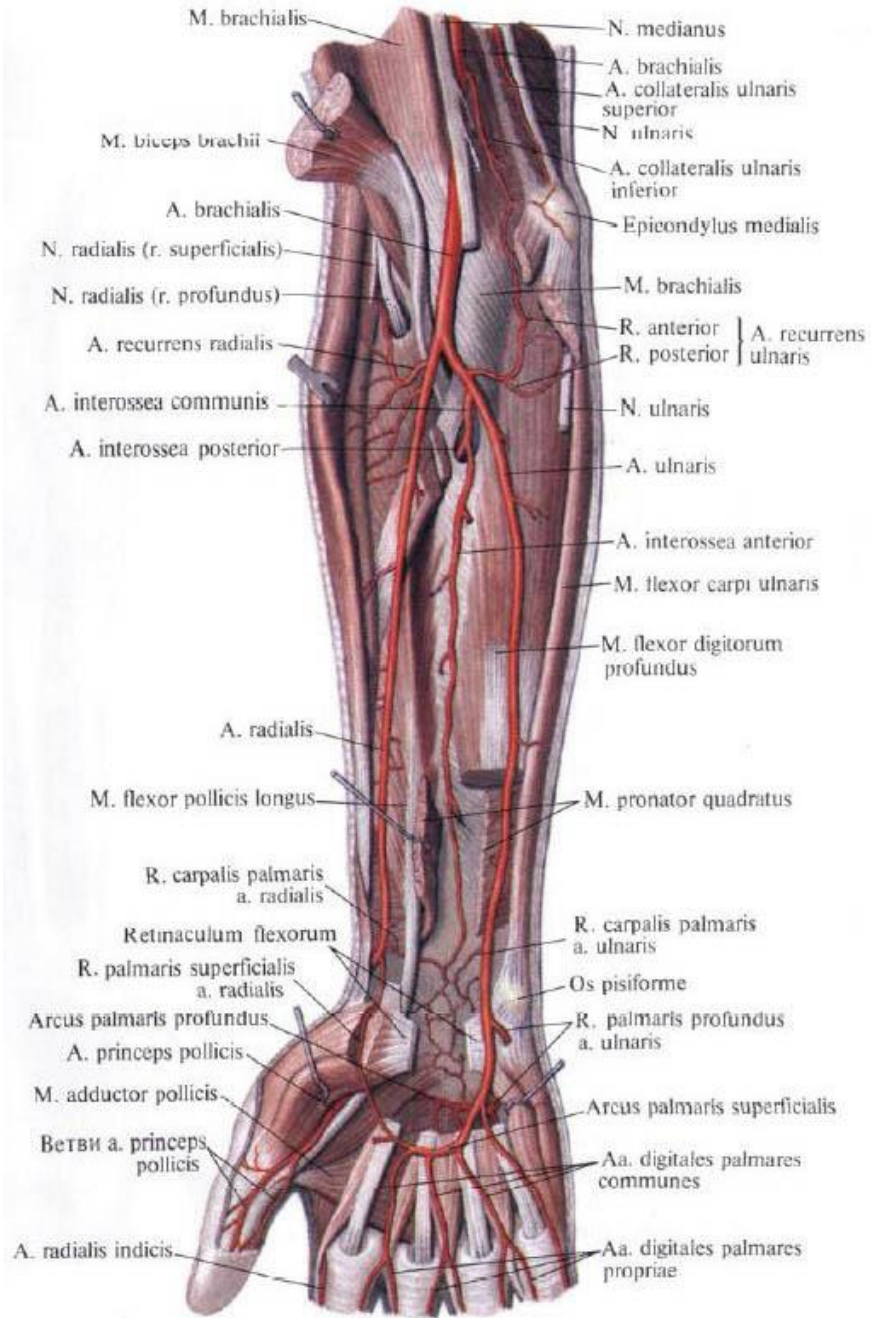
N. ulnaris'in r. profundus dalı el bölgesinde, a. ulnaris'in derin dalı ile metakarpal kemiklerin yakınında başparmağa uzanır. R. profundus'un bu seyri sırasında m. abductor digiti minimi, m. flexor digiti minimi brevis, opponens digiti minimi kaslarına somatomotor dallar verir. Bu dal ayrıca 3. ve 4. lumbrikal kaslar ile tüm interosseal kasları, m. adductor pollicis ile m. flexor pollicis brevis'in derin başını innerve eden somatomotor lifler de verir.

2.1.4. Ön kol ve Elin Arteriyal Kanlanması

Ön kolun arterial beslenmesi, üst ekstremitiyi besleyen tek arter olan a. brachialis'in dalları tarafından sağlanır. A. axillaris, m. teres major'un alt kenarı hizasında a. brachialis adını alır. A. brachialis collum radii hizasında a. radialis ve a. ulnaris olmak üzere iki terminal dalına ayrılır.

A. radialis ön kolda, a. recurrens radialis, a. nutricia radii, rr. musculares, r. carpalis palmaris, r. palmaris superficialis dallarını verir. R. carpalis dorsalis, başparmağın ekstansor kas tendonlarının derininde a. radialis'den ayrılan ince bir daldır. A. radialis'in el bölgesindeki diğer dalları; a. princeps pollicis, a. radialis indicis, arcus palmaris profundus'dur. A. radialis, arcus palmaris profundus'u a. ulnaris'in r. palmaris profundus'u ile oluşturur. (Şekil 14).

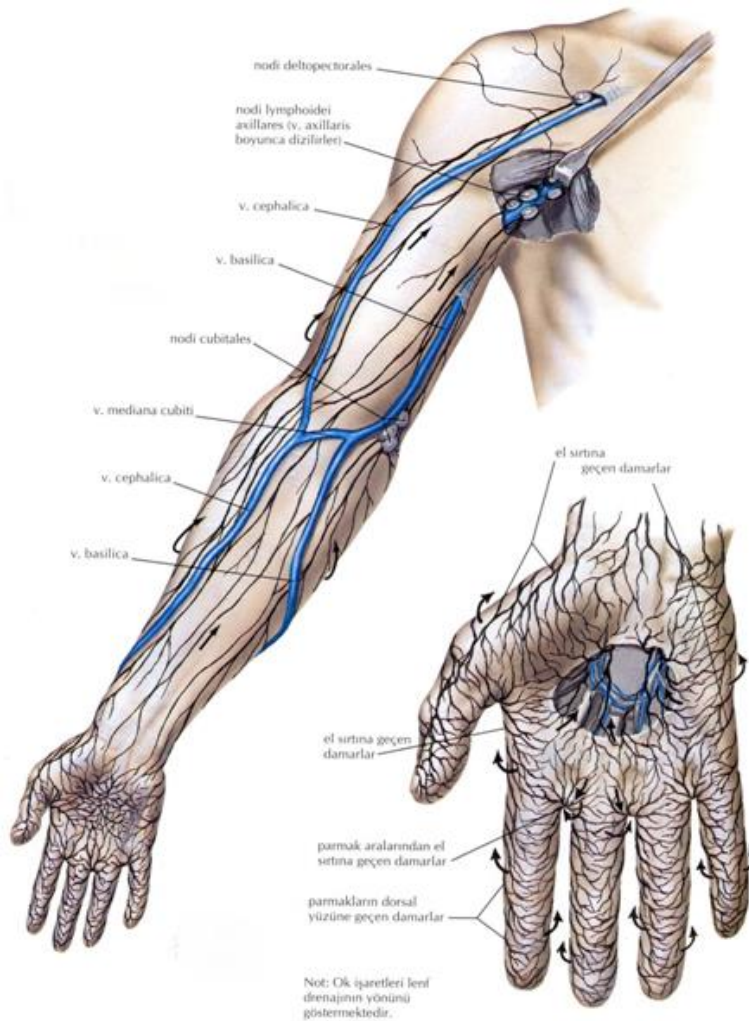
A. ulnaris'in ön koldaki dalları, a. recurrens ulnaris, a. interossea communis'dir. A. ulnaris'in el bileği seviyesinde verdiği dalları; r. carpalis dorsalis, r. carpalis palmaris'dir. A. ulnaris'in el bölgesinde verdiği dallar r. palmaris profundus, arcus palmaris superficialis, Aa. digitales palmares communes'dir (Arıncı ve Elhan, 2014).



Şekil 14. A. Radialis ve a. ulnaris dalları (Web_3)

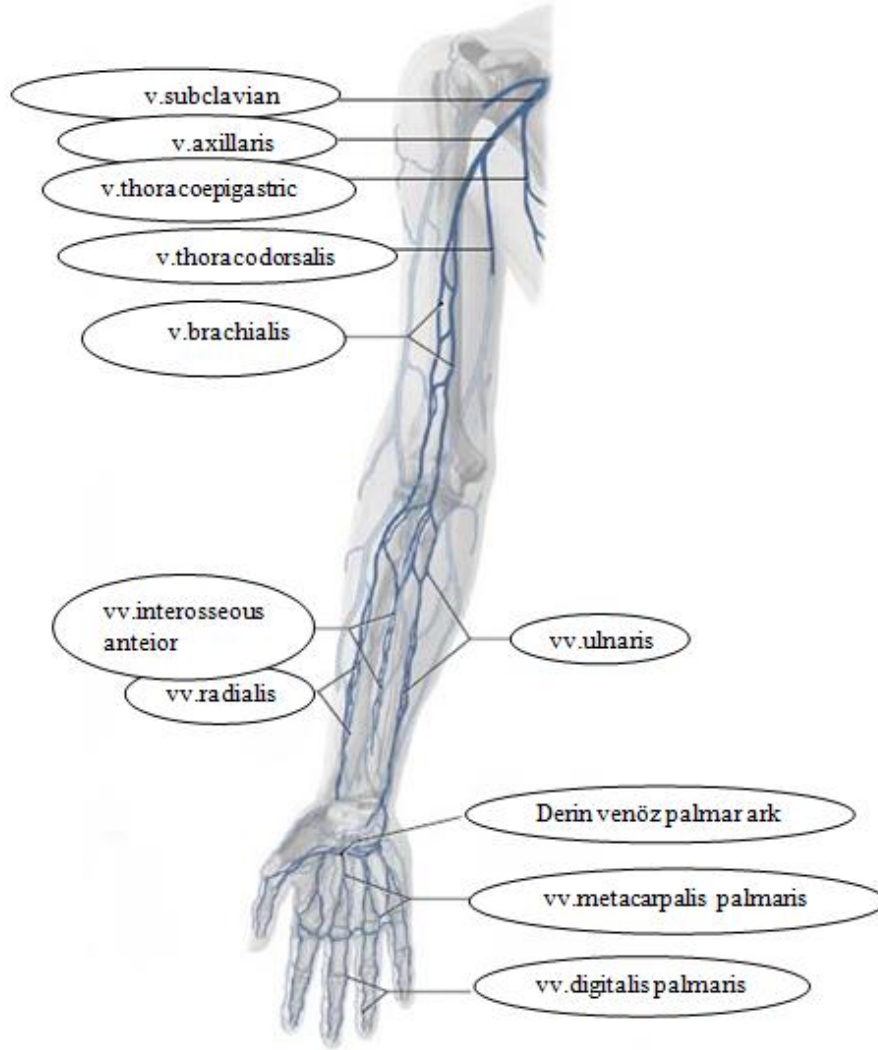
2.1.5. Ön kol ve Elin Venöz Kanlanması

Üst ekstremitenin venleri yüzeysel ve derin olarak iki grupta incelenmektedir. Bu iki grup ven üst ekstremitenin bazı bölgelerinde birbirleriyle anastomoz yapar. Yüzeysel grup venler derinin hemen altında fascia superficialis iki yaprağı arasında bulunurlar. Parmaklardan başlayan yüzeysel venler el sırtında bulunan rete venosum dorsale manus'da sonlanır. Rete venosum dorsale manus'un radial kısmından v. cephalica, ulnar kısmında v. basilica başlar. V. cephalica ön kolda devam eder fossa cubiti'nin hemen altında verdiği v. mediana cubiti yukarı ve içe doğru uzanarak v. basilica ile anastomoz yapar. V. mediana antebrachii, elin palmar yüzündeki yüzeysel ven pleksusundan başlar yukarıya doğru uzanarak fossa cubiti'de v. mediana cubiti veya v. basilica'ya açılır. V. mediana cubiti, fossa cubiti'de v. cephalica ile v. basilica'yı birbirine bağlar (Şekil 15).



Şekil 15. Ön kol ve elin yüzeysel venleri ve lenf nodülleri (Netter, 2015).

Üst ekstremitenin derin venleri arterlere eşlik eder. Elin derin venleri arcus venosus palmaris superficialis ve arcus venosus profundus'dur. Bu venlerin ön koldaki devamı Vv. radialis ve Vv. ulnares'dir (Şekil 16). Fossa cubiti'de bu venler birleşerek vv. brachiales'i oluştururlar. Vv. brachiales, m. pectoralis major'un alt kenarı hizasında v. axillaris'e açılırlar. V. subclavia, birinci kaburganın dış kenarında v. axillaris'in devamı olarak başlar (Arıncı ve Elhan, 2014).



Şekil 16. Ön kol ve elin derin venleri (Web_6).

2.1.6. Üst Ekstremitenin Lenfatik Drenajı

Yüzeysel lenf damarları, avuç içi, parmaklar ve elin dorsalinde bulunan lenfatik pleksuslardan başlayarak v. cephalica ve v. basilica gibi yüzeysel venlerle birlikte yukarı doğru ilerler (Şekil 15). V. basilica'ya eşlik eden bazı lenf damarları, v. basilica'nın medialinde ve epicondylus medialis'in proksimalinde bulunan nodi cubitales'e drene olur. Bu lenf düğümlerinden çıkan damarlar kolda yukarıya doğru çıkar ve axilla'da nodi humerales (laterales)'te sonlanır. V. cephalica'ya eşlik eden pek çok lenf damarı axilla'daki nodi apicales'e drene olur. Bu lenf damarlarının bir kısmı ise nodi deltopectoriales'e dökülür. Derin lenf damarları daha az sayıda olup üst ekstremitenin derin venlerine eşlik eder ve axilla'daki nodi humerales (laterales)'e drene olur (Şahinoğlu, 2014).

2.2. Fleksör Tendon Yaralanmalarında Elin Zonlara Ayrılması

Yapılacak cerrahi girişimin kriterlerini saptamak ve rehabilitasyondan sonra alınan sonuçları değerlendirmek amacıyla fleksör ve ekstansör tendonlar anatomik zonlara ayrılmıştır. El cerrahlarından Kleinert ve Verdan, fleksör tendonların cerrahi ve anatomik özelliklerini gözönüne alarak eli 5 zona ayırmışlardır (Resim 16). Fleksör tendon yaralanmalarında tamirler bu zonlara göre tanımlanır (Bayram ve Herdem, 2003). Uluslararası El Cerrahisi Federasyonu bu zon sistemini kullanmaktadır.

Zon I: 2.-5. Parmakların ucu ile phalanx media'daki M. FDS insersiyoları arasında kalan alandır. Genelde 2.-5. M. FDS insersiyosu distalinde M. FDP tendonun etkilendiği bölgedir. Bu bölgedeki yaralanmalarda derin fleksör tendon kesisi nedeniyle DIP ekleminde fleksiyon kaybı görülür. Başparmak için art. interphalangeales distalindeki yaralanmalardır. Bu bölgede başparmak uzun fleksoru olan m. flexor pollicis longus etkileneceğinden interphalangeal ekleminde fleksiyon kaybı parmak ucu kavrama gücünde azalma olur.

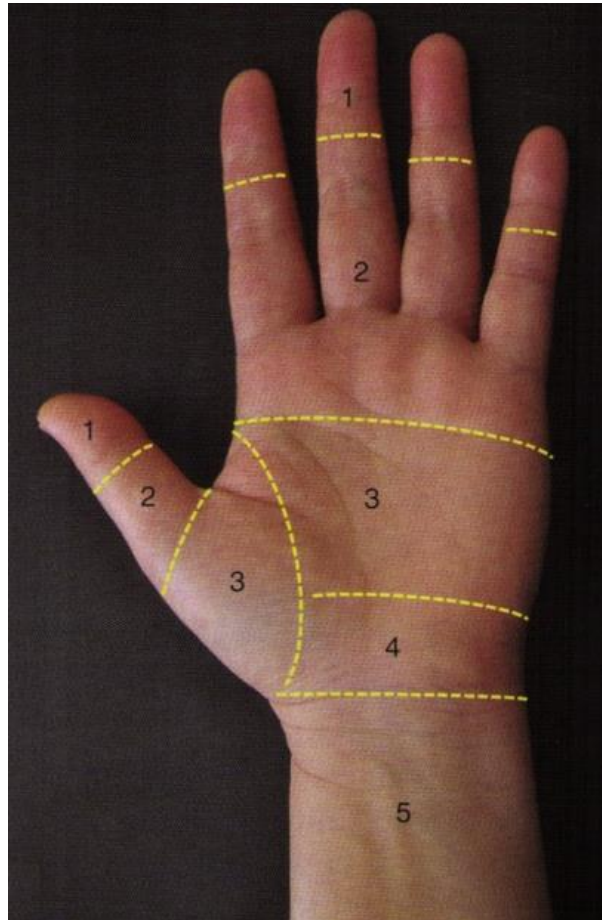
Zon II: MCP eklem proksimalinden phalanx media'nın ortasına kadar devam eder. Başparmak için MCP ve IP eklem arasındaki yaralanmalardır. Diğer bir deyişle başparmak için bu zon proksimal falanks düzeyindedir.

Bu zonda fleksor tendonlar fibröz kılıfa girerler ve M. FDP ve M. FDS tendonu birlikte seyrederek. Proksimal falanksın ortasında M. FDS ikiye ayrılıp M. FDP'nin yüzeye çıkmasına izin verir. Bu zonun karmaşık anatomisi nedeniyle yaralanma veya onarımında yapışıklıklar ve fonksiyon bozukluğu daha fazla görüldüğünden Bunnell bu bölgeye yasak bölge "No Man's Land" (hiç kimsenin dokunmaması gereken alan) demiş, ayrıca kritik bölge (critical zone) diye de isimlendirilmiştir. Ameliyat sonrası dönemde tendonun çevre dokulara yapışma olasılığı çok yüksek olduğundan uzman olmayan kişilerin bu bölgedeki lezyonlara müdahale etmemesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu zonda hem M. FDP hem de M. FDS tendon yaralanması görülebilir (Oğuz, 1995).

Zon III: Retinaculum flexorum distali veya karpal tünel distali ile 2.-5. MCP eklem proksimali arasındaki alandır. Başparmak için tenar bölgedeki yaralanmalardır.

Zon IV: Retinaculum flexorum altındaki canalis carpi'ye uyan bölgedir.

Zon V: Önkolun 1/3 distalinden retinaculum flexorum proksimaline kadar uzanır. (Beyazova ve Kutsal 2000).



Resim 16. Başparmak ve diğer parmaklarda fleksor tendon zonları (Web_16).

2.3. Radyolojik Tanı Yöntemleri

Radyoloji kelime olarak Yunanca'dan gelmektedir. Işın manasındaki radius ve söz anlamına gelen logos kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur. Türkçe anlamı ışın bilimi şeklindedir. Radyoloji değişik enejiler aracılığıyla vücudu görüntülüyerek teşhis koyan bu görüntüler rehberliğinde teşhis ve tedavi amaçlı girişimlerde bulunan bilim dalıdır. Bu yöntemlerin uygulandığı bölümlerden birisi radiodiagnostik veya tanısız (diyagnostik) radyoloji diğeri tanı ve tedavi amaçlı girişimsel radyolojidir. Diyagnostik radyolojinin kullandığı yöntemler röntgen, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) ve ultrasonografi'den (US) oluşmaktadır. Yöntemlerde kullanılan enerji çeşitleri ve görüntü oluşturma yöntemleri farklıdır. X-ışınları, röntgen ve bilgisayarlı tomografide gamma ışınları, nükleer tıpta radyo dalgaları, manyetik rezonansda ultrases, enerjisi ultrasonografide kullanılır.

Röntgen: X-ışını (röntgen ışını) kullanılarak görüntü elde edilir. Vücudu farklı derecelerde geçen x-ışınlarının bir fotoğraf tabakasına ya da fluoresan ekran üzerine düşürülmesi ile görüntü elde edilir.

Bilgisayarlı Tomografi (BT): X-ışını kullanılarak kesitsel görüntüler elde edilir. Bilgisayar yardımıyla bu ölçümlerden görüntüler oluşturulur.

Manyetik Rezonans (MR): Radyo dalgaları (radyofrekans) enerjisinin kullanıldığı radyolojik yöntemdir. MR'da suyu oluşturan hidrojen moleküllerindeki çekirdeklerin, yani protonların radyo dalgaları ile uyarılması için kuvvetli bir manyetik alan gerekmektedir. Bilgisayar vasıtasıyla BT'de olduğu gibi kesit görüntüler elde edilir.

Ultrasonografi (US): Bu yöntemde yüksek frekanslı ses dalgaları kullanıldığı için insan kulağının duyma limitinin çok üstündedir. Ses, mekanik enerji çeşiti olup vücutta ilerlerken farklı doku alanlarından farklı oranda yansır. Vücutta iletilen ses dalgalarının yansımalarından oluşan görüntüler tetkik edilen alanın kesiti biçimindedir. Doppler US, damarlarda dolaşan kanın içindeki şekilli elemanlara iletilen ses dalgalarında meydana gelen frekans değişikliklerinin tespit edilmesi ile kan akımını değerlendirme yöntemine denir (Tuncel, 2006).

Tablo 1. Radyolojik Tanı Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Tuncel, 2009).

| | ENERJİ TİPİ | KLİNİK KULLANIMI | AVANTAJLARI | DEZAVANTAJLARI |
|---------|--------------------------------|---|--|--|
| RÖNTGEN | X-IŞINI | <input type="checkbox"/> kendi yapısı gereği kontrastla çevrili yapılar (Akciğerler, kemikler, meme) <input type="checkbox"/> Kontrast madde kullanılarak yapılan incelemeler (Damarlar, sindirim sistemi, idrar yolları,) | <input type="checkbox"/> Görüntüdeki bütünlük <input type="checkbox"/> Cihazların her yerde bulunabilmesi <input type="checkbox"/> uygulama kolay ve ucuz | <input type="checkbox"/> Görüntüler ayrıntılı değil <input type="checkbox"/> X-ışının radyasyon etkisi |
| BT | X-IŞINI | <input type="checkbox"/> Travmalar <input type="checkbox"/> Yerleşmiş lezyon, kitleler (tümörün evrenmesi), özellikle göğüs ve karında. | <input type="checkbox"/> Ayrıntılı görüntüler (kesitler) <input type="checkbox"/> Tüm dokuları görüntüler | <input type="checkbox"/> X- ışının radyasyon etkisi <input type="checkbox"/> Röntgene kıyasla pahalı olması |
| MR | Radyofrekans ve Manyetizma | <input type="checkbox"/> Santral sinir sistemi <input type="checkbox"/> Damarlar <input type="checkbox"/> Eklemler <input type="checkbox"/> Kanser evrelemesi, bilhassa çevre dokulara yayılmasının incelenmesinde | <input type="checkbox"/> Yumuşak dokuyu en detaylı gösteren yöntem <input type="checkbox"/> Her düzlemde kesit görüntü elde edilmesi <input type="checkbox"/> Kemiğe yakın yumuşak dokular iyi görüntülenir <input type="checkbox"/> kontrastsız görüntülenir <input type="checkbox"/> Radyasyon içermez | <input type="checkbox"/> Kalp pili vb cihazı olanlar uygulanamaz <input type="checkbox"/> SAK ve kalsifikasyon iyi belirlenemez <input type="checkbox"/> Akciğer dokusu iyi görüntülenemez <input type="checkbox"/> Çekim sırasında hareket edilmemesi <input type="checkbox"/> Klostrofobi <input type="checkbox"/> Maliyetin en yüksek olması |
| US | Yüksek frekanslı ses dalgaları | <input type="checkbox"/> Yumuşak doku inceleme <input type="checkbox"/> Kist özellikli yapılar <input type="checkbox"/> Damar yapısı incelemede (Doppler US) | <input type="checkbox"/> İşlem kolay ve ucuz <input type="checkbox"/> radyasyon yok <input type="checkbox"/> yataklı hastaya inceleme olanağı | <input type="checkbox"/> Gaz ve kemik dokular incelemeye mani olur <input type="checkbox"/> Sonuçlar ölçüm yapana aşırı şekilde bağlı |

2.3.1. Röntgen

Radyolojik yöntemlerin temelini oluşturur. X-ışınının kullanıldığı bu yöntemde görüntü iki boyutludur. Alman fizik profesörü Wilhem Conrad Röntgen x-ışınlarının (röntgen ışınları) keşfini 8 Kasım 1895’de gerçekleştirmiştir. 1895’de ilk kez tıbbi amaçla, 1896 yılında da tedavi amacıyla kullanılmıştır (Kaya ve ark, 2016). 1901 yılında ilk kez x-ışınları meme kanseri tedavisi amacıyla kullanıldı (Web_10).

Keşfinden hemen ardından klinikte kullanılmaya başlayan giren röntgen, kısa sürede temel tanı yöntemi haline gelmiştir. X-ışınlarının klinikte yaygın kullanılmasının nedenlerinden biri dokuları kolaylıkla geçebilmesidir. İnsan vücudunu oluşturan yapıların farklılığından dolayı x-ışınının absorpsiyonu da dokulara göre değişiklik gösterir. Vücutta farklı oranlarda absorbe edilen x-ışınları içinden geçtikleri dokuların görüntüsünü film üzerine düşürerek oluştururlar.

Röntgen filmi görüntüsünde siyah görünen bölgeler x-ışınların daha fazla düştüğü, beyaz görünen bölgeler az düştüğü yerler olarak görüntülenir. Röntgen filminde ayırabildiğimiz vücut yapıları kemikler, yumuşak dokular ve yağ dokusudur. Bu yapılardan x-ışınını en fazla tutan metal, kemik ve kalsifikasyonlar olup beyaz-açık gri, yumuşak dokular orta gri, yağ ise siyaha yakın koyu gri tonlarda görülür hava ise simsiyahtır.

Radyoloji yöntemleri 1970’li yıllara kadar tamamen röntgenden oluşmaktaydı. Bu durum daha sonraki yıllarda yeni tanı yöntemlerinin geliştirilmesi ile değişmiş, röntgenin klinikte kullanımı azalmıştır. Buna rağmen tek bir görüntüde en çok veri taşıyan yöntem yine de röntgendir. Görüntülen yapıların bütünlüğü, her yerde mevcut olması, uygulama kolaylığı ve maliyetinin az olması sebebiyle halen en fazla kullanılan yöntemdir. Günümüzde radyolojik incelemelerin yaklaşık %70’ini röntgen oluşturur bunların da %30’unu göğüs röntgenigrafisidir. Sonuç olarak bilgisayar teknolojisinin yardımıyla yeni radyolojik tanı yöntemlerinin kullanılmasına rağmen röntgen günümüzde de klinikte rutin olarak temel tanı yöntemi olarak kullanımını devam ettirmektedir (Tuncel, 2009).

2.3.2. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Kullanılan x-ışını inceltirilip, çizgiler haline getirilerek kesitsel şekilde görüntüleme imkanı sağlayan bir yöntemdir. Röntgende olduğu gibi bu yöntemde de x-ışını kullanılmaktadır. Vücudun kesitler şeklinde görüntüleri (tomografi) elde edilir. Röntgenden daha ayrıntılı görüntü elde edilir. BT (bilgisayarlı tomografi) görüntü, bilgisayar teknolojisi yardımıyla ile oluşturulur. BT 1972 yılında İngiliz mühendis Sir Godfrey Hounsfield ve A.M. Cormack tarafından geliştirilmiştir (Tuncel, 2009).

BT cihazı, röntgene göre dokular arası yüksek kontrast elde ederek görüntüleme sağlar. Böylece BT yönteminin röntgene benzeyen niteliklerinin yanında üç boyutlu görüntü elde edilmesi, görüntülerin kesitler halinde olması ve röntgene göre daha yüksek doku kontrastına sahip olması sebebiyle yumuşak dokuların ayırt edilmesinde büyük üstünlük sağlar. MR gibi hemen hemen bütün vücut yapıları için kullanılabilen BT, bilhassa merkezi sinir sistemi ve kas iskelet sistemi alanındaki kullanımını büyük çapta MR'a terk etmiştir. Bunun yanında röntgende görüntülenmesi güç olan kafa tabanı, vertebra, omuz kemeri, pelvis gibi karmaşık kemik yapıları incelemek için ve ayrıca en başta abdominal bölge torasik bölgedeki çalışmalar ve akciğer yapısını görüntülemek amacıyla BT tercih edilebilmektedir.

BT ve röntgende aynı enerji tipi kullanıldığı için elde edilen görüntülerin renk tonları benzer yapıları tasvir eder. BT'de siyah görülen bölgeler hipodens beyaz gözükten alanlar hiperdens ve gri tondaki eş yoğunluk veren bölgeler ise izodens olarak nitelendirilir. BT'nin röntgene göre avantajı, vücudu kesitsel olarak inceleme imkanı verdiği için daha ayrıntılı görüntü elde edilmesidir. Bu durum BT'nin röntgene kıyasla yapıları anatomik bütünlük içinde incelenmesini engellemektedir. MR'ye göre ise yumuşak dokuyu ayırt etme yeteneği oldukça düşüktür.

İki esas kullanıldığı durum yer kaplayan lezyonlar ve travmalardır. Bu tip lezyonları tespit eder, etrafındaki dokularla olan ilişkilerini saptar ve ayırt etmeye çalışır. Kanselerde evreleme yapılması, tedavinin etkilerinin gözlenmesi, ameliyat sonrası kontrollerin yapılması ve radyoterapi tedavisinin planlaması için kullanılır. Bu sebeple BT, kanser teşhis ve tedavisi için en başta gelen yöntemdir.

BT'den, en çok yararlanan bir diğer durum travma olup kemik dokusu görüntülemeye iyi sonuçlar alınması, hematomu ayırt edebilmesi ve bu tetkiklerin MR'ye göre daha kolay uygulanabilmesi sebebiyle travmaya maruz kalmış hastalarda kullanımı oldukça kıymetli bir yöntemdir.

BT'nin en sakıncalı tarafı yöntemde kullanılan x-ışınının radyasyon içermesidir. Bir diğer dezavantajı ise röntgen yöntemindeki gibi kontrast madde ile uygulamalarda karşılaşılabilecek yan etkilerdir. Bu yüzden doğru tetkik seçimi önemlidir. Ayrıca çok küçük çocuklarda çekim esnasında hareketsiz kalmayı sağlamak için anestezi kullanımı gerekir. Anestezi nedeniyle oluşabilecek yan etkiler de BT'nin risk faktörlerindedir (Tuncel, 2009).

2.3.3. Manyetik Rezonans (MR)

MR yöntemi, manyetik alan etkisindeki vücuda radyo dalgası göndererek dokulardaki manyetik etkiyi değiştirme ve bu değişimden sonra yeniden manyetik alanın etkisine girerken dokulardan gelen sinyalleri alarak görüntü oluşması temeline dayanır. Görüntüleme elde edilmesi için öncelikle vücudun kuvvetli bir manyetik alana girmesi lazımdır. BT yönteminde olduğu gibi görüntüler kesitseldir ve bu görüntüler bilgisayar teknolojisinde faydalanılarak üç boyutlu hale getirilebilir.

MR, ilk defa Bloch ve Purcell tarafından 1946 yılında tarif edilmiştir. Fizik prensipleri BT'den daha önce geliştirilmiş olmasına rağmen görüntüleme yöntemi olarak kullanılması yaklaşık 30 yıl sonra gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ilk defa 1973 yılında Lauterbur ve Damadian tarafından geliştirilmiştir. 1980 yılında Hawkens, MR'nin çok yönlü görüntüleme özelliğini kullanarak ilk lezyonu tespit etmiştir (Web_10).

MR yönteminde enerji tipi olarak radyo dalgaları kullanılmaktadır. MR yöntemi ile hastanın konumu değiştirilmeden her boyutta görüntü elde edilmesi önemli bir avantajdır. Tüm radyolojik yöntemler arasında en ayrıntılı yumuşak dokuyu görüntüsü alınabilen yöntemdir. Özellikle BT'de zorlanılan kemik yapı yakınındaki yumuşak dokuların incelenmesinde oldukça iyidir. Böylelikle merkezi sinir sistemi ve kas iskelet sistemi incelemelerinde son yıllarda en başarılı radyolojik yöntemdir. Ancak BT Toraks ve abdomen gibi vücudun diğer bölgelerinde daha başarılı görüntüleme sağlamaktadır (Tuncel, 2009).

MR'da elde edilen görüntüler, alınan sinyalle ilişkisine bağlı beyaz olarak sinyal alınmayan bölgeler ise siyah olarak görülmektedir. MR görüntülerindeki yüksek sinyal alınan yerler hiperintens (beyaz), düşük sinyalli alınan yerler hipointens (siyah) olarak tanımlanır. İzointens terimi ise ara yoğunlukta dokularda ve lezyonun, içine yerleştiği doku veya ölçümde referans alınan yapı ile aynı yoğunlukta olması durumunda kullanılır (Tuncel, 2009).

MR yöntemiyle, kontrast madde kullanmadan anjiyografik görüntülere ulaşılabilir yani kan akımı direkt gözlemlenebilir. Bu özelliği MR'ın en önemli avantajlarından biridir. Ayrıca radyolojik yöntemler arasında en iyi yumuşak doku görüntüsü alınabilen yöntemdir.

MR yönteminde en büyük problemler, kuvvetli manyetik alanı sebebiyle hastada kardiyak pacemaker, nörostimulatör, koklear implant, göz içindeki olabilecek manyetik alanı bozan yabancı cisim ve eski metal içeren intrakraniyal anevrizma kliplerinin olması durumunda bu yöntemin uygulanamamasıdır. Bir diğer uygulama güçlüğü kapalı alan korkusu (klostrofobi) olan hastaların MR'a girememesidir. Ancak bu sorun açık MR cihazı ile çözülebilir. Ayrıca bu cihazların gücü az olduğu için, görüntü elde etme zamanı güçlü cihazlara oranla daha fazladır. Maliyetinin diğer yöntemlere göre yüksek oluşu önemli dezavantajlarından biridir. (Tuncel, 2009).

2.3.4. Ultrasonografi (US)

Ses, cisimlerin titreşimi sonucu meydana gelir. Sesin oluşabilmesi ve yayılması için madde gerekir. Yüksek frekanslı ses olan ultrason (ultrases) kulağın işitme aralığının çok üstündedir. Saniyede oluşan dalga sayısına frekans denir. Ses frekans birimi olarak Hertz (Hz) kullanılır. Bir kaynak saniyede bir ses dalgası oluşturuyorsa kaynağın frekansı 1Hz'dir. Kulağımızın işitebileceği sesin frekans aralığı 20-20000 Hz arasındadır. Daha yüksek frekanslı sese ultrason denir. Tanısal radyolojide çoğunlukla 3-7.5 MHz'lik (megahertz) ultrason kullanılmaktadır (1MHz=1.000.000).

Ultrasonografide uygulamalarında öteki radyolojik yöntemlerden farklı olarak radyasyon içermeyen ses enerjisinden faydalanılmaktadır. Ses enerjisi mekanik etkisi olan bir enerji olup ortamdaki moleküllerin titreşiminin dalgalar şeklinde yayılmasından oluşmaktadır. Bu kadar yüksek frekanstaki titreşimi elde etmek için piezo-elektrik (basınç-elektrik) olayından faydalanılır. Bu durum, kuartz benzeri bazı kristallerin elektrik enerjisi uygulandığında genişleyip daralarak titreşmeleri ve böylece sesi meydana getirmeleri, kendilerine ulaşan sesi ise yine benzer şekilde elektrik enerjisine döndürmeleridir. 1880'de Jaques ve Pierre Curie kardeşlerin, piezoelektrik'i keşfettiklerinde, bu durumun günümüzde kullanım alanlarının varacağı noktayı düşünememişlerdir. Piezoelektrik etki, modern tıpta ultrason yönteminin temellerini meydana getirmiştir. Bu yöntemle enerji çevirici olarak kullanılan aparatlara transduser (çevirici) denir (Tuncel, 2009).

Özellikle 1956'da İskoçya'da Ian Donald ve T. Brown katkıları, ultrason yönteminin son yıllarda geldiği yere hızla ulaşmasını sağlamıştır. Ultrason yönteminin, medikal alanda bir araştırma ve teşhis aleti olarak faydalanılması ise 1942 yılında nörolog ve psikiyatrist Karl Theodore Dussik tarafından gerçekleştirilmiştir. 1958 yılında ise ilk olarak kas-iskelet sistemi ile ilgili araştırma sonuçlarını yayınladı (Tuncel, 2009). Dr. George Ludwig'in çalışmalarıyla günümüz ultrason teknolojisinin gelişmesini sağlamıştır. 1966'da diyagnostik ultrason, klinikte rutin kullanıma girmiştir (Web_11).

US yöntemi, vücuda iletilen yüksek frekanstaki ses dalgalarının (ultrason), değişik doku alanlarından yansımalarının (eko) tespit edilmesi temeline dayanır. Prob içerisindeki transduser'in oluşturduğu ses dalgaları, organ ve doku alanlarından yansır. Yansıyan ses dalgaları transduser'de elektrik enerjisine döndürülerek cihazlar tarafından görüntü haline getirilir. Bu görüntüler dokulardan direkt alınan sinyallerden oluşabileceği gibi, sinyaller dijital verilere de dönüştürebilir. BT ve MR'da olduğu gibi bilgisayar ayrı bir cihaz olarak değil US aygıtının küçük bir parçası olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak Ultrason cihazı, vücutta dokulara iletilen sesin yansıması sonucunda oluşan ekoları tespit ederek görüntü elde edilmektedir (Tuncel, 2009).

Yansımaları belirleme kriteri, dokular arasındaki ses direncine (akustik impedans) karşı gösterdikleri farktır. Birbirine yakın iki dokunun ses direnci arasındaki fark fazla ise ara yüzeyden yansıma fazla olur. Bu fark az olursa yansıma da az olur. Ekranı düşen görüntülerde bu yansımalar parlak beyaz noktalar halinde gözükmektedir. Bir US görüntüsü, yansımaların meydana getirdiği parlak noktalardan ibarettir.

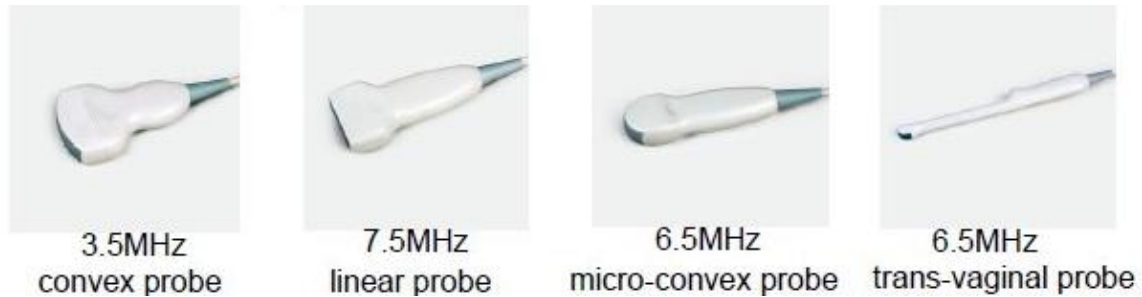
Ultrason görüntüsü, anlaşıldığı üzere dokularda meydana gelen yansımalara göre renklenir. Yansıma ne kadar fazla ise görüntüde oluşan parlaklık o oranda fazladır. US'de hiç yansıma görülmeyen veya az yansıma gösteren dokular anekoik ya da hipoeikoik, orta derecede yansıma olan görülen alanlara izoeikoik ve çok yansıma gösteren oluşumlar ise hiperekoik olarak tanımlanır. Hiperekoik alanlar için ekojen, hipoeikoik alanlar için ise tranzonik ve sonolusent gibi adlandırmalar da kullanılır. Çizgili kasların fibrillerinde meydana gelen yansımalar hafif ekojen çizgili görünüm sergilemektedir. Tendonların görünümünde de ince, hiperekojen çizgiler şeklinde oluşan tipik bir görünüm elde edilir. Deri altı yağ dokusu kaslara kıyasla hipoeikoik görüntülerden oluşur (Tuncel, 2009).

Tablo 2. Ultrasonun doku yüzeylerinden yansıma oranları (Tuncel, 2009).

| Yüzeyler | Yansıyan Bölüm (%) |
|-----------|--------------------|
| Kas-Yağ | 1 |
| Kas-Kemik | 40 |
| Kas-Hava | 99.9 |

US cihazlarında transduser olarak seramik diskler kullanılır. Transduser’i bulunduran başlık kısmına prob denir. Ses demeti prob’dan bir doğru üzerinde inceltilerek çıkar ve prob’un yüzeyine dik ya da açılı şekilde vücuda iletilir. Dokulara çarpıp yansıyan dalgaların aynı şekilde proba geri dönmesi suretiyle kesitsel görüntü elde edilmesi sağlanır. US incelemesi esnasında alan üzerine jel sürülmesinin amacı etrafa yansımalara mani olarak yüzey ile prob arasındaki teması tam olmasını sağlamaktır. Transdüser bir ses pulsu göndermesinin akebinde dinlemeye geçer ve daha sonra tekrar puls gönderir. Yansıyan ses dalgasının hangi derinlikten geldiği, yansıma zamanı hesabı yapılarak belirlenir.. Ultrason cihazlarında farklı problarla çalışılmaktadır. Görüntülenecek organın ve dokunun derinliğine uygun olacak bir prob tercih edilmektedir (Tuncel, 2009).

Pratikte en çok kullanılan prob çeşitleri, lineer, sektör ve konveks yapıda olanlardır (Resim 1). Lineer problar, dikdörtgen şekilli, yüksek frekanslı olup yüzeyel doku incelemelerinde tercih edilmektedir. Konveks problar ise, karın içi organlar gibi derinde yerleşim gösteren yapılarda tercih edilir. Konveks şeklindeki problar düşük frekanslı olup görüş alanları yüzeyde dar, derine doğru genişlemektedir. Sektör problar, dar aralıklı (kardiyak incelemelerde) bölgelerden geçmesi gereken alanlarda kullanılan daha küçük tabanlı problardır (Tuncel, 2009).



Resim 1. US uygulamalarında kullanılan prob çeşitleri (Web_11).

Kasların US ile görüntülenmesinde büyük kas grupları için orta ve yüksek frekanslı (7,5-10 MHz), küçük kas grupları içinse yüksek frekanslı (10-13 MHz) problar tercih edilmelidir. Daha iyi görüntü elde etmek için lineer prob tercih edilmelidir (Beyazova, 2000).

US cihazı üç ana kısımdan oluşur:

- **Prob:** Elektrik enerjisini ses dalgalarına, ses dalgalarını da elektrik enerjisine çeviren transduser'i bulundurur. Bir kablo vasıtasıyla alıcı ve işleyici ana cihaza bağlıdır.
- **Ana konsol:** İçinde, dokulardan geri dönen yansımaları görüntü haline getiren alıcı ve işleyiciye sahiptir. Görüntü elde etme esnasında bilgisayar teknolojisinden faydalanılır. US görüntülemenin kontrolü ana konsoldan yapılır.
- **Görüntüleme birimi:** Yüksek çözünürlüklü bir monitor ve kayıt sisteminden meydana gelir. Monitördeki görüntü canlıdır (real-time). Kayıt yapılmak istenen görüntü dondurularak kaydedilir (Tuncel, 2009).

US inceleme yöntemleri olarak, iki temel yöntem vardır:

Gri skala US: B-mode diye de adlandırılan bu yöntem balık sürülerini ve denizaltıları tespit etmek için kullanılan sonar sistemlerinin çalışma prensiplerinin aynısıdır. Gri skala US'de görüntü, yansımaların geri dönüş zamanı ve genliği (amplitüdü) hesaplanarak ortaya çıkarılır. US çekim sırasında ses dalgaları çok kısa atımlar halinde gönderilir ve geri dönen yansımalar parlak noktalar şeklinde kaydedilir. Yansımaların genlikleri ise noktaların parlaklık derecesini tayin eder. Görüntüler, parlaklıkları birbirinden farklı noktaların siyah bir ortam üzerine düşürülmesi ile oluşur (Tuncel, 2009).

Doppler US: Hareket edebilen bir vericiden sabit frekansda üretilen ses dalgalarına yaklaştıkça daha tiz (kulağa ulaşan ses dalgalarının sayısı artma durumu, frekansın artma hali) uzaklaştıkça daha pes (kulağa ulaşan sesin dalga sayısı azalmıştır, frekansın azalma hali) duyulur. Bu duruma Doppler kayması adı verilir. Sabit frekansda gönderilen bir ses dalgalarının hareket edebilen bir yapıdan yansırken frekansında meydana gelen farklılığın derecesi ile hareket eden yapının hareketinin tespit edilmesi ilkesine dayalı vücuttaki sıvıların (arteriyel ve venöz kan akımı) akış hızını ve istikametini saptama esasına dayanan tetkik yöntemidir. Ses dalgaları, kanda bulunan hareket edebilen eritrositler gibi kan hücrelerinden yansımaktadır. Doppler US tetkiklerinin esas tanı koyma amacı, kan akım hızı incelenmesi ile damar darlıklarının ortaya çıkmasını sağlamaktır. Johann Cristian Doppler'in 1842 yılında doppler'in çalışma prensiplerini ortaya koymasının ardından klinikte rutin olarak kullanımına ultrason tekniklerin gelişmesiyle başlanmıştır (Tuncel, 2009).

2.3.5. Kas-İskelet Sistem Uygulamalarında Ultrason

Ultrasonografi, birçok kas iskelet sistemi travmalarında çabuk ve güvenilir teşhis imkanı sağlar. Yüksek çözünürlük özelliğine sahip transdüserlerin icadı ile kas-iskelet sisteminin ultrason ile incelenmesi sağlanmıştır. Ses dalgalarından faydalanılarak ultrason ile görüntüleme elde edilir. İnsan işitemeyeceği yüksek frekanstaki ses dalgaları probalar aracılığıyla vücuda iletilir ve incelenen dokulardan yansıması ile ses dalgaları ekranda görüntü meydana getirir. Ultrason uygulamasının kolay ve hızlı yapılabilmesi, radyasyon ihtiva etmemesi ve ekonomik olması sebebiyle kas-iskelet sistemine ait travmalarda tercih edilen bir yöntem olmaya başlamıştır (Sanal, 2013).

Kas-iskelet sistemi üzerindeki US uygulamaları 40 yıldır uzun bir yol katetmiştir. US'nın en erken medikal kullanımı Almanya ve Avusturya'da 1930 ve 1940'larda rapor edilmiştir. B-mode görüntüleme ilk Kuzey Amerika'da gerçekleştirilmiştir. 1950'lerde tarama ile ilgili ilk dökümanlar görünmeye başlanmış ve daha sonra ki 10 yıl içinde hastayla direk temas eden problemlerle görüntüleme geliştirilmiştir. En erken klinik uygulamalar abdominal bölge, meme, obstetrik ve jinekolojik alanlarda yapılmış olup 1960'larda İskoçya'da gerçekleştirilmiştir.

Zweymueller ve Kratochwil yumuşak doku ve kemik tümörlerinde tanı amaçlı kullanımına dikkat çekmişlerdir. Görüntüler ve 2-3MHz aralığında B-mod tarayıcılar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Skeletal Radiology dergisinde 1979'da myositis ossificans vakasının US görüntüleri rapor edilmiştir. Tendon görüntüleme ilk olarak ABD ve Almanya'da 1981'de Maner ve Marsh tarafından yapılmıştır. 1984'de Mayer tarafından aşıl tendon rüptürü vakaları rapor edilmiştir (McNally, 2011).

Bilhassa yüksek çözünürlüklü propların kullanımı başlamasıyla öncelikle romatolojik hastalıklarla birlikte yüzeysel doku lezyonlarındaki teşhis üstünlüğü her geçen gün artış gösteren bir yöntem haline gelmiştir. Ultrason kas, tendon, ligament gibi yumuşak doku travmalarını ve kas atrofisini değerlendirmeye olanak sağlamaktadır (Sanal, 2013).

Tendonların stres karşısında dirençlerinin azalmasına yol açan en önemli etkenlerden biri dejeneratif değişikliklerdir. Yüksek çözünürlüklü US ile tendon yapısındaki değişiklikler ve rüptür riski hakkında bilgi edinilebilmektedir. Akut veya kronik tendon rüptürleri tendonun ortasında ya da tendonun kemiğe tutunduğu yerde olabilir. Tendon rüptürünün komplet olmadığı vakalarda hematoma ve retrakte olmuş rüptüre kısım US'da izlenebilir.

Tendonun intakt olan ve olmayan kısmının herhangi bir patoloji açısından incelenmesi, cerrahiye yönlendirilmesi gereken hasta için ayrıca iyileşme dönemindeki tendonda oluşabilecek problemleri değerlendirmek açısından önemlidir. Medikal ya da cerrahi tedaviyi takiben US ile tendonun internal yapısı, bütünlüğü ve hareket sırasında çevre dokularla olan ilişkisi değerlendirilebilir. Tendonun post-op görünümü tendinit ya da parsiyel rekürren rüptüre benzer bulgular taşıyabilir (Beyazova ve Kutsal, 2000).

Dokuların farklı akustik empedansları sayesinde US ile birçok yumuşak doku birbirinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Ultrason incelemelerinde sert dokular (kemik) beyaz, kist benzeri yapılar siyah, yumuşak doku özelliğine sahip yapılar ise grinin tonları olarak gözükür. Ultrasonografi’de çizgili kasları oluşturan fibrillerden gelen yansımalar nedeniyle görüntüler hafif ekojen çizgili şekilde görülür. Tendonların da ince, hiperekojen fibrillerden oluşan kendine özgün görünümü vardır. Deri altı yağ dokusu ise kas dokusuna kıyasla görünümü hipoekoiktir (Tablo 3).

Tablo 3. Ultrason ile görüntüleme dokuların temel görünüm özellikleri (Sanal, 2013).

| Doku | Görünüm |
|---------------|--|
| Tendon | Vertikal eksen boyunca longitudinal çizgiler, transvers ekseninde dairesel |
| Bağ | Tendonlara benzer, onlardan daha yoğun ve hiperekoik |
| Kas | Aralarda hiperekoik fasya yapılarının olduğu düşük ekojen özellik |
| Sinir | Tendon ve bağlara göre daha az ekojen görüntü |
| Kemik Korteks | Güçlü geri yansıma gösteren ekojen görüntü |
| Yağ | Deri ve kas dokusu arasında kalan hiperekoik Bölgeler |

Ultrasonun klinik değeri, özellikle üzeri hava ve kemik yapıları ile kapanmamış olan bütün yumuşak doku tetkikleri için önemli bir inceleme yöntemi olmasıdır. US diğer yöntemlere kıyasla, uygulaması kolay, diğer yöntemlere kıyasla ekonomik, tecrübeli hekimler sayesinde güvenilir, hasta için hiçbir risk taşımayan bir radyolojik yöntemdir.

2.3.6. Ultrason Elastografi (UE):

Elastografi (UE), en son gelişen US tekniklerindedir. Palpasyon yıllarca, sorunlu organlar hakkında bilgi sahibi olmak, nedeniyle klinikte en temel muayene yöntem olarak kullanılmıştır. Elastografi yöntemi ile ulaşılan bulgular palpasyon uygulaması ile benzerlik göstermesine rağmen UE yöntemi daha hassas ve daha subjektiftir. (Gültekin, 2014).

Ultrason Elastografi, dokunun mekanik özelliklerini değerlendiren doku elastisitesini ölçmeye yönelik yeni bir yöntem olup, dokulardaki yer değiştirmenin US yardımı ile saptanması prensibine dayanır. UE yöntemi, dokuya yapılan kompresyon neticesinde dokunun bu kuvvete verdiği cevabın, dokuda oluşan yerdeğişimin ve şekil değiştirmenin, doku etrafındaki meydana gelen değişimin belirlenmesi ilkesine dayanır. UE teknikleri arasında, uygulanan kompresyon kuvvetine, dokudaki yer değişim niteliklerine ve görüntü oluşturma metotlarına göre değişiklikler görülmektedir.

UE'nin literatürde sıklıkla kullanılan kavramları Stiffness, Strain, Shear Wave (SW), Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI) ve Transient Elastografi (TE)dir.

Stiffness, bir yapının dışarıdan uygulanan kuvvete karşı kendi şeklini koruyabilme gücünü ve doku sertliğini gösterir. Strain, bir yapının yere paralel olarak dışarıdan uygulanan basınç sonucunda meydana gelen yer değiştirmesini gösterir ve Türkçe'de gerinim olarak ifade edilebilir. Shear wave, kelimesi ve anlayışı için kayma dalgası şeklinde tanımlanabilir. Kayma dalgası dokunun akustik radyasyon kuvveti uygulanmasından sonra bu kuvvete dik olarak dokunun dışına doğru hareket eden dalgalardır. Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI), dokulara uygulanan akustik radyasyon kuvveti ile meydana gelen kayma dalgalarının hızını tespit eden bir tekniktir. Shear Wave Elastografi (SWE) dokularda oluşan kayma dalgalarının hızını saptayarak dokuların elastikiyetini nicel olarak değerlendiren bir yöntemdir. Transient Elastografi (TE) ise daha çok karaciğer de kullanımı olan dokuları vibrasyon göndererek ortaya çıkan kayma dalgalarının hızını değerlendiren bir tekniktir (Asadov, 2014).

Birçok UE yöntemi olmasının yanında klinikte en çok uygulanan gerilim elastografi (GE) yapıların uygulama anında değerlendirilmesine olanak sağlar. UE'nin kas-iskelet sistemi uygulamalarındaki önemi, fizyopatolojilerin erken tanısına olanak sağlaması ve tedavinin gidişatını değerlendirilme olanağı sağlaması sebebiyle gitgide artış göstermektedir.

US tekniği baz alınarak yakın geçmişte geliştirilmiş olan UE yöntemi, yapıların mekanik özelliklerini nitelik, nicelik ve görsel olarak ortaya konmasını sağlamaktadır. Bu yöntem ilk olarak 1987 yılında Krouskop ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır. Kas ve tendonların EU yöntemi ile invitro incelenmeler 1990'ların başında yapılmıştır. UE'nun ticari olarak ultrason kullanımları arasına girmesi ile birlikte klinik uygulamalardaki araştırmalar artış göstererek sürmektedir. (Yakut ve ark, 2014).

Elde edilen görüntülere dokulara elle uygulanan basınç öncesi ve sonrası ulaşılır. Elastisite, bir dokunun dışarıdan uygulanan kuvvet ile şekil değiştirebilmesi ve bu kuvvet uygulanmadığında ilk haline gelebilme durumudur. Dokunun elastisite özellikleri dokunun kompresyon sırasındaki deformasyonu ile gözlemlenir. Dokuda oluşacak olan şekil değişikliği, dokunun sahip olduğu sertlik ile ters orantılıdır. Genelde, yağ dokusu kolay şekil değiştirirken fibröz veya kanser dokuları yağ ve kasa dokularına göre ilk hallerine daha geç sürede dönerler.

Dokunun sertliği ile ilgili bilgi sahibi olunabilmesi nedeniyle US yöntemi ile görüntülemeye yeni bir özellik katmıştır. Klinikte en çok uygulanan yöntem olan GE, birçok doku ve organda başarılı bir şekilde uygulan ultrason transduser'i aracılığı ile dokular üzerine kullanıcı tarafından uygulan basıncın dokunun şeklinde oluşturduğu değişikliklerin değerlendirilmesi, dokunun yapısı hakkında bilgi edinilmesine olanak sağlayarak elastografi yönteminin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Asadov, 2014).

Ölçüm yapılacak olan dokuda işaretlenen iki nokta arasındaki uzaklık, ultrason transduser'ı ile dokuya basınç uygulamadan önce ve sonra ölçülür. Belirlenen iki nokta arasındaki uzaklık, malign yapıdaki tümörlerde basınç uygulandığında artarken, normal yapıdaki dokularda ve benign özellikteki dokularda uygulanan kuvvet ile iki nokta arasındaki uzaklık azalmaktadır.

Günümüzde dokuların US ile esnekliğini değerlendirebildiğimiz iki ana elastografi yöntemi vardır. Bunlar Strain (gerinim, kompresyon) Elastografi (SE) ve shear wave elastografidir. İki yöntemin temelinde, B-mod US ile belirlenmiş olan dokunun elastik özelliğini tespit edilmektedir. Dokunun elastikliğini hakkında bilgi sahibi olduğumuz görüntü, B-mod gri skala üzerine siyah-beyaz, ya da kodlanmış olan renkli görüntü halinde bindirilir (Asadov, 2014).

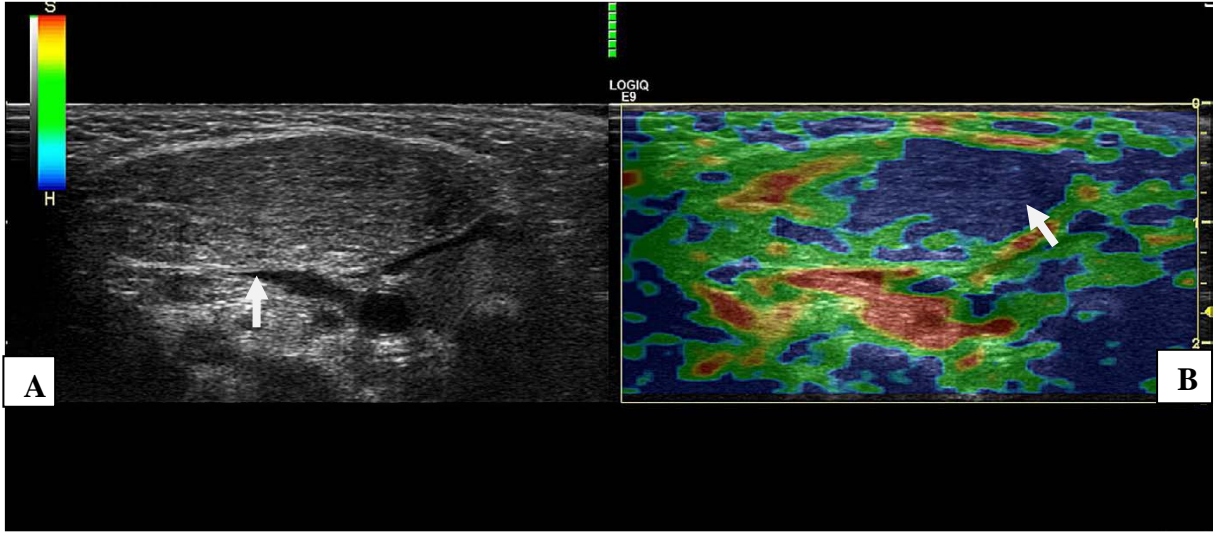
2.3.6.1. Strain (gerinim, kompresyon) Elastografi (SE):

Ticari olarak en yaygın elastografi tekniğidir. En sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde ultrason probu ile incelenen dokuya ritmik hareketlerle kompresyon yapmak için kuvvet uygulanır. Dokunun elastikliği, transdüser aracılığıyla tekrarlanan kompresyonlar esnasında dokudan gelen yansımaların değerlendirilmesi saptanmaktadır.

Prob dokuya dik şekilde tutulmalı, çekim sırasında probun cilt ile teması kesilmeden hafif ve ardarda kompresyon yapılmalıdır. Hooke kuralına dayanan Young'ın elastik modülü, doku sertlik ölçüm birimidir. Uygulanan basıncın elde edilen gerinime oranı şeklinde formulüze edilir ($E = \text{basınç} / \text{gerinim}$). Gerinim, uygulanan basıncın sebep olduğu şekil değişikliğidir. SE komşu dokularda esneklikteki farklılıkları saptamak için kompresyona bağlı deformasyondan önce ve deformasyon süresince ilgili doku bölgesinden dijitalleştirilmiş eko çizgilerindeki değişimleri kullanmaktadır. Uygulanan basıncın öncesinde ve sonrasında gelen yansımalar kıyaslanarak dokunun ne oranda yer değiştirdiği ölçülür (Yakut ve ark, 2014).

Dokunun esnekliği farklı US aygıtlarında değişik metotlarla gösterilmektedir. Bu yöntemde ise dokunun elastik ölçümleri kodlanmış olan renklerle B-mod görüntü üzerine oturtulur. Eğer bu dokuları sıkıştırmak için ne kadar kuvvetin kullanıldığı bilinirse, doku esnekliğinin mutlak bir ölçümü, kural olarak, hesaplanabilmektedir. Canlı organizmada ölçüm esnasında uygulanan kompresyon kuvvetlerini tam olarak tahmin etmek olası değildir; bu yüzden, komşu dokular birbirine oranlanarak karşılaştırmalı gerinim haritası üretilmektedir. SE ile bir dokudaki gerinim diğer doku ile oranlanarak ekranda B-mod görüntünün üzerine renk haritası bindirilerek, elastogram elde edilir. Bu yöntemde kullanıcının uygulama (basınç) farklılıkları, doku konumu ve probun düzgün kullanımı gibi kriterler nedeniyle ölçümlerde farklı sonuçlar alınmaktadır (Asadov, 2014).

Genelde UE sisteminde mavi; sert, kırmızı; yumuşak ve yeşil/sarı da; ara renk olarak kodlanmaktadır. (Resim 2).



Resim 2. Tortikoliz tanılı 5 yaşındaki çocuğun US, UE ölçüm sonuçları görülmektedir (Kim ve ark, 2016).

A- US ile görüntülenen M. SCM'deki kalınlaşma ve heterojen ekojenite

B- UE ile görüntülenen M. SCM'deki sertlik oranını artırdığını gösteren mavi alan

SE, uygulaması pratik, öğrenilmesi kolay, shear wave yöntemine göre ekonomik ve daha yaygın kullanılan bir yöntemdir. Fakat en önemli dezavantajı, uygulayana bağımlı sonuç alınmasıdır. Prob aracılığıyla yapılan kompresyonun ölçüsünün net bir değeri olmaması sebebiyle ile şekil ve elastisite sonuçları büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Böylece, aynı hastada ölçüm yapanlar arasında farklılık derecesi fazla görülmektedir. Bu durumu engellemek amacıyla, basınç değerini belirten ve uygulayıcıyı ikaz eden çizelgeler yapılmasına karşın ölçüm farklılıkları asıl problemdir. Bunun dışında, bu teknikte elastisiteyi belirten ve farklılığı azaltan nicel bir ölçü yoktur.

Klinikte SE meme, prostat, karaciğer, pankreas, tiroid, cerviks uteri ve lenf bezlerindeki kanserli dokunun var olma durumu ve boyutunu belirlemek için uygulanmıştır. Son yıllarda kas iskelet sisteminde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Asadov, 2014).

2.3.6.2. Shear Wave Elastografi:

En son sistem US cihazlarda bulunan, SE göre maliyeti yüksek bir elastografi metodudur. Bu özelliğe sahip cihazlarda, uygulanan basıncın yerine US probları aracılığıyla kısa süreli (0,03-0,4 ms), kuvvetli (frekans 2,67 MHz) ses dalgalarının radyasyon gücü kullanılmaktadır. Shear vawe, elastografi metodu olup belli bir ölçüde basınç uygulanarak sonuca varılır. Uygulanan basınç, dokularda yer değiştirmelere neden olmaktadır. Shear wave hızı, dokunun sertliği ile doğru orantılıdır. Bu metotta, prob aracılığıyla hafif olarak uygulanan basınç yeterlidir. Bu şekilde uygulayıcı farklılığı sorunu çözülmektedir. Dokuya yapılan kompresyon gücü sabit olup tek değişken shear wave ilerleme hızıdır. Böylece elde edilen hız sonuçları nesnel olarak elastisite değerlerini bildirmektedir. Sonuç olarak shear wave elastografi ile kullanıcıya bağlı olan kompresyon kuvveti standardize edilerek daha objektif sonuçlar elde etme imkanı sağlanmıştır (Gültekin, 2014).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamıza, Adnan Menderes Üniversite Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı polikliniğine 01.10.2015 ile 31.04.2017 tarihleri arasında fizik tedavi amacıyla başvuran ön kol veya elinin ön yüzündeki kas ya da kas gruplarından herhangi birinin kesisi sonrası tendon tamiri yapılan hastalar alınmıştır. Çalışmaya alınan hastaların öncelikle tendon tamirleri gerçekleştirilmiş olup ameliyat sonrası Fizik Tedavi Kliniğine cerrahlar tarafından yönlendirilmişlerdir. Yaklaşık 18 aylık bir süreyi kapsayan bu çalışmada, hastanemize ön kol ve elin ön yüz kaslarının tendon kesisi nedeniyle başvurup ameliyat olan hasta sayısı (ADÜ hastane bilgi işlem merkezinden alınan bilgiye göre) 50'dir.

Bu hastalardan bazıları çeşitli nedenlerle (sinir kesisi olanlar, fizik tedavi kliniğine post-op 2. haftadan sonra başvuranlar, mesafeden dolayı fizik tedaviye katılamayacağını bildiren hastalar) çalışma dışı bırakılmıştır. Kriterlerimize uyan 38 hasta gönüllülük esasına uygun olarak çalışmaya alınmıştır. Çalışmaya dahil edilen hastaların sözlü ve yazılı onamları alınmıştır. Çalışmamıza başlamadan önce Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınmıştır.

Çalışmaya katılan 38 hastanın 27'si erkek 11'i kadından oluşmaktaydı. Hastaların en küçüğü 3 yaşında en büyüğü ise 67 yaşında idi. Çalışmaya alınan 38 hastanın tendon kesisi bölgeleri; 13'ü zon V, 4 tanesi zon III, 21'i zon II şeklindeydi. Çalışmaya alınan hastaların US ve UE ölçümleri post-op 0-2 hafta, post-op 4-6 hafta, post-op 12. hafta olmak üzere üç kere aynı radyolog tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilirken, istatistiksel analizler nicel değişkenlerin normal dağılıma uygun olup olmadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Normal dağılım gösteren değişkenler bakımından gruplar Bağımsız İki Örneklem t Testi ile normal dağılım göstermeyen değişkenler bakımından ise Mann Whitney U Testi ile karşılaştırıldı. Normal dağılmayan değişkenler bakımından ölçüm zamanları Friedman testi ile karşılaştırıldı. Normal dağılan nicel değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ortalama±standart sapma, normal dağılmayan nicel değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ise medyan (25-75. persantil) şeklinde gösterildi. Nicel değişkenlerin arasında ilişki olup olmadığı normal dağılım koşuluna bağlı olarak Pearson ya da Spearman korelasyon analizi ile test edildi. Nitel değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ise frekans (%) şeklinde ifade edildi. $p < 0.05$ değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

3.1. Fizik Tedavi Uygulama Yöntemi:

Hastalara fizik tedavi programı tez yürütücüsü tek fizyoterapist tarafından uygulanmıştır. El cerrahlarından Kleinert tarafından fleksor tendon onarımı sonrası hastalara uygulanması için oluşturulan Kleinert tedavi protokolü kullanılmıştır. Fizik Tedavi Kliniğe başvuran fleksor tendon tamiri yapılan hastalar öncelikle post-op 0-4 hafta sürekli kullanmaları gereken Kleinert ateli yapılması için medikale yönlendirilmiştir. Kleinert yönteminde atel, el bileğini 20°-30° fleksiyonda, MCP eklemleri 50°-60° fleksiyonda tutar. Atelin volar yüzünde ön kol seviyesinde yerleştirilmiş halkalara tutturulan lastik bantlar tendon tamiri yapılan parmağın tırnağına yapıştırılan kancalara geçirilir. Böylece lastik bant parmağın el bileğinin proksimaline doğru fleksiyona çekilmesini sağlar (Resim 3). Kleinert ateli, tendon tamiri yapılan parmaklara aktif ekstansiyon lastik yardımı ile pasif fleksiyon yaptırmasına izin vermektir. Böylece fleksor tendon tamiri sonrası tendonun erken kontrollü hareketine izin verir ve yapışıklıkları önlemesine yardımcı olur (Aydemir ve Yazıcıoğlu, 2011).



Resim 3. Fleksor tendon tamiri için yapılan Kleinert ateli (Web_5).

Kullandığımız bu atel dinamik atelleme yöntemi grubuna girer. Dinamik atelleme yönteminde kullanılan lastik ya da çelik barlar yardımıyla harekete izin vererek eklemlerin kontrollü hareketini sağlanmaktadır. Çalışmamızda hasta için daha avantajlı olduğu düşünülerek dinamik atelleme tercih edilmiştir. Statik ateller ise hareketli kısımlar içermediklerinden içine aldıkları ekstremite bölümlerini stabilize ederek harekete izin vermezler.

Post-op 4 hafta boyunca, hastalara bu atelin içinde lastiğin direncine karşı parmaklara aktif ekstansiyon pasif fleksiyon hareketini her saat başı 10 kez yapmaları ev programı olarak öğretilmiştir. Ayrıca hastalara tendon tamiri yapılan parmaklarına atel içinde sağlam tarafının yardımıyla üç ekleme (MCP, PIP ve DIP) ayrı ayrı ve bu üç eklemin tümüne birden pasif fleksiyon egzersizleri yapmaları da ev programı eğitimi içinde fizyoterapist tarafından gösterilmiştir (Resim 4).



Resim 4. Post-op 0-4 hafta MCP, PIP, DIP eklemlere pasif fleksiyon hareketi yaptırılması (Web_12).

Kleinert protokolü tendon tamirinden sonra erken mobilizasyon oluşabilecek yapışıklıkları en aza indirmede önemli rol oynamaktadır (Beyazova ve Kutsal, 2000). 1951'de Young ve Harmon tarafından erken mobilizasyon yöntemi ortaya atılmıştır. 1967'de Kleinert tarafından erken mobilizasyon prensibine dayanan ve fizik tedavide fleksör tendon tamiri sonrası kullanılan tedavi protokolü oluşturulmuştur (Oğuz, 1995).

Post-op 4. haftasını dolduran hastalara haftada beş gün 8 hafta sürecek olan fizik tedavi programı başlanmıştır. Hastaların ilk olarak Kleinert ateli çıkartılıp post-op 4-6 hafta arasında ateli sadece geceleri kullanmaları önerilmiştir.

Egzersiz öncesi hastalara 20dk ılık (28-35°C) whirlpool (girdap banyosu) uygulaması yapılmıştır. Yara yeri kapalı olan her hastaya whirlpool uygulaması başlanmış ve tedavi sürecinde uygulanmıştır. Wirpool uygulamasının amacı el bölgesinin dolaşımını artırarak kasların egzersize hazır hale gelmesini sağlamaktır.

Hastalara post-op 4. haftadan itibaren zon V kesisi olan hastaların el bileğine parmaklar fleksiyonda iken aktif ekstansiyon hareketi yaptırılmaya başlanmıştır. El bileği fleksiyonda iken aktif parmak fleksiyonu ve ekstansiyonu çalıştırılmıştır. Zon II ve III'de kesisi olan hastalar için el bileği hareketleri açısından bir kısıtlama yoktur. Sadece bu 4 haftalık dönemde el bileği atelde immobil kaldığı için hareketleri etkilenmiş olabilir. Bu yüzden zon II ve III kesisi olan hastalara post-op 4. haftadan itibaren el bileği aktif fleksiyon ve ekstansiyon hareketine başlanmıştır. Bu hastalara pasif olarak MCP, PIP, DIP eklemlere tam pasif fleksiyon hareketi yapılırken, PIP ve DIP eklem ekstansiyonuna MCP eklem 90° fleksiyonda iken izin verilmiştir (Resim 17).



Resim 17. Zon II kesisi olan hastaya MCP eklem 90° fleksiyonda iken yapılan PIP, DIP eklem germe egzersizi.

6. haftada izole yüzeyel fleksor tendon kaydırma egzersizleri (tendonların elastikiyetinin artması ve düzenli hareketi için yapılır), tam yumruk, çengel tutma gibi eklemlerin aktif fleksiyon hareketlerine izin verilmiştir (Resim 5).



Resim 5. Tendon kaydırma egzersizleri (Web_12).

Ayrıca tendon tamiri yapılan fleksor grup kasların germelerine başlanıp el bileği, PIP, DIP eklemler nötralde iken MCP eklem 20° fleksiyona kadar gelecek şekilde zorlanmaya çalışılmıştır (Resim 6).



Resim 6. ZonV kesisi olan hastanın 3. parmak M. FDS yönelik yapılan germe egzersizi.

Kleinert protokolüne göre 7.-8. haftadan itibaren dirençli egzersizlere başlanmıştır. Fizik tedavide kullanılan theraband ve dirençli hamurlarla, ağırlıklarla güçlendirmeye yönelik egzersizler yaptırılmıştır (Resim 7). Zon II, III tendon tamiri olan hastalar MCP, PIP ve DIP eklemler nötral (anatomik) pozisyona gelecek şekilde germeleri yapılmıştır. Zon V tendon kesisi olan hastalar da parmaklar ekstansiyonda iken el bilek 90° ekstansiyona gelecek şekilde tam germelere başlanmıştır.



Resim 7. El kaslarını güçlendirmek için dirençli hamurlarla yapılan egzersizler (Web_13).

Zon II, III tendon tamiri olan hastalar MCP, PIP ve DIP eklemler nötral (anatomik) pozisyona gelecek şekilde germeleri yapılmıştır. Zon V tendon kesisi olan hastalar da parmaklar nötral pozisyonda iken el bilek 90° ekstansiyona gelecek şekilde germelere başlanmıştır.

8.-12. haftalarda germe, güçlendirme ve el becerilerini artırmaya yönelik egzersizlere ağırlık verilmiştir. Kasın eski boyuna (esnekliğine) ulaşması için yapılan germelere 8. haftadan sonra tam yüklenilmiştir. Zon II, III tamiri olan hastaların PIP ve DIP eklemleri ekstansiyonda iken MCP eklemler hiperekstansiyona gelecek şekilde zorlanmıştır. Ayrıca Zon V tendon tamiri olan hastalara elbileği ekstansiyonu ile beraber PIP ve DIP eklemler nötral pozisyondayken MCP eklem hiperekstansiyona zorlanmıştır. Hastalara post-op 8. haftadan itibaren hastalara eski günlük yaşam aktivitelerine, çalışıyorlarsa işlerine dönmeleri konusunda telkinlerde bulunulmuştur.

Hastaların tedavilerinin bitiminde post-op 12. haftada kas gücü testi yapılarak tedavinin sonucu değerlendirilmiştir. Yapılan kas gücü testi sonuçları hastaların US ve UE sonuçları mukayese edilerek aralarında ilişki olup olmadığı araştırılmıştır.

3.2. Ultrasonografi (US) ve Elastografi (UE) Değerlendirme Yöntemi

US ve UE görüntülemeleri 13 yıllık mesleki tecrübesi olan radyoloji hekimi tarafından gerçekleştirilmiştir. Ölçümler SIEMENS ACUSION S1000 cihazıyla yapılmıştır (Resim 8).



Resim 8. ACUSIONS1000 model Ultrason cihazı (Web_7).

Tüm ölçümlerde 9L4 (7-9 MHz) yüzeysel vasküler prob (transduser) ile 'Musculoskeletal (MSK)' preseti kullanılarak alınmıştır (Resim 9).



Resim 9. Çalışmada kullanılan lineer prob.

Hastaların ilk olarak post-op 0-2 haftada US ve UE ölçümleri yapılmıştır. İkinci ölçümleri fizik tedaviye başladıktan sonra post-op 4-6 hafta arasında yapılmıştır. Son ölçümleri post-op 12. haftada aynı zamanda fizik tedavi programı sonlandıktan sonra yapılmıştır. Ölçümler, kesiye uğramış tendonların anastomoz yerinin yaklaşık 1 cm distalinden gerçekleştirilmiştir (Resim 10).



Resim 10. Zon III 2. M. FDP tamiri olan hastaya radyolog tarafından ölçüm yapılırken.

Kesi tamiri yapılmış tendon ile komşuluğundaki hasar görmemiş tendon aksiyel planda aynı kesitlere denk getirilerek önce gri skala (B-mode) görüntüleme ile ekojeniteleri ve çapları değerlendirilmiş, sonra aynı düzeyde ritmik kompresyon ve dekompresyonlar yapılarak UE ölçümleri alınmıştır. UE ölçümleri patolojik tendonun strain'i (gerginliği), referans olarak seçilen komşu hasar görmemiş tendon gerginliğine oranı alınarak elde olunmuştur. Bu sayede elde olunan sayısal gerginlik oranları (strain ratios) kayıt edilmiştir. Elastografi standardizasyonu açısından UE ölçümleri, kalite faktörü (Quality factor) 50 ve üzeri olan görüntülerden yapılmıştır. Ölçümler aynı radyologla yapılarak hata payı en aza indirilmeye çalışılmıştır. Çünkü ölçüm yapılırken radyolog tarafından uygulanan kompresyon tamamen kullanıcıya bağlıdır.

Kesi olan elde hangi tendonlardan hangi seviyelerden ölçüm yapılmışsa sağlam elde de aynı tendon ve aynı seviyelerden yapılan US ve UE ile veriler elde olunarak kontrol grubu olarak kayıt edilmiştir. Hastalarda hedeflenen iyileşme düzeyleri, sağlam taraf (kontrol grubu) US ve UE verileri olarak belirlenmiştir.

Tamir edilen tendonun strain elastografilerinin değerlendirilmesinde sayısal bir değer verilebilmesi en yakınındaki etkilenmemiş kasın tendonu baz alınarak yapılmıştır. Ayrıca hastaların tamir edilen tendonlarının kalınlığı da bu üç ölçümde değerlendirilmiştir. Hastaların tedavi başarısının değerlendirmesi sağlam tarafındaki aynı tendonla kıyaslanarak yapılmıştır. Hastalardan beklenen iyileşme hedefi için sağlam tarafındaki aynı kas referans alınmıştır. Böylece her hasta sadece kendi ile kıyaslanmıştır. Bu sebeple bir kez de sağlam taraftaki kıyaslanacak olan kasın ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Hastaların fizik tedavileri bittikten sonra post-op 12. haftada kas gücü testi yapılmıştır. Elde edilen US ve UE ölçümleriyle kas gücü testi arasında korelasyon olup olmadığı değerlendirilmiştir. Kas testi yapmaktaki amacımız tendonunun iyileşme seviyesini belirlemektir. Tendonun kalınlık ve doku sertliğini değerlendirmek için yapılan üç ölçüm kendi arasında değerlendirilmiş, ayrıca üçüncü ölçümler sağlam (kontrol) taraf tendonla yapılan ölçümlerle kıyaslanarak tendonların ne derece iyileşme gösterdikleri radyolojik yöntemle değerlendirilmek istenmiştir.

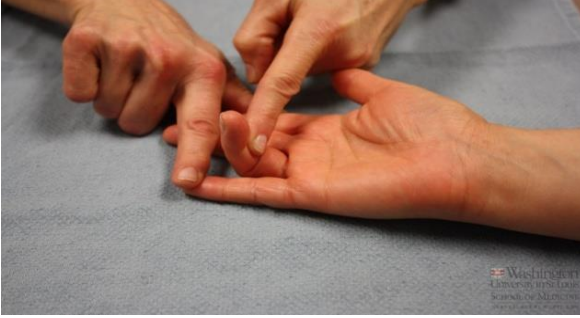
Böylece radyolojik tanı yöntemlerinden US ve UE'nin tendonların (kasların) durumlarını patolojilerini değerlendirmede kullanılacak yöntem olup olmadığı araştırılmıştır.

3.3. Kas Gücü Değerlendirmesi:

Kas gücünün testi (manual muscle testing) klinikte hasta durumunun değerlendirilmesi için dünyada yaygın olarak kullanılan muayene yöntemidir. Dünyada Medical Research Council (MRC) skalası kullanılmaktadır. Herhangi bir alet kullanmaksızın hareketin yerçekimine karşı yapılması gözönüne alınarak değerlendirilme yapılır. Yerçekimine karşı hareketi tamamlayan kasa manuel direnç uygulanarak kasın kuvvetine karar verilir (Resim 11). Her bir kas bu prensip dikkate alınarak test edilmelidir Ayrıca kişinin yaşına ve cinsiyetine uygun direnç uygulanmalıdır. Doğru yapılmış kas gücü testi, kas zayıflığını doğru tanımlayarak tanıya yardımcı olacaktır.

MRC sistemine göre kas gücü değerlendirilmesi:

- 5/5 kas gücü: Kişinin test edilen kası, yerçekimine karşı hareketini tamamlıyor ve kendisine uygulanan maksimum kuvvete karşı, karşılık verebiliyor.
- 4/5 kas gücü: Kişinin test edilen kası, yerçekimine karşı hareketini tamamlıyor ve kendisine uygulanan orta derecede kuvvete, direnç gösterebiliyor.
- 3/5 kas gücü: Kişinin test edilen kası, yerçekimine karşı hareketini tamamlayabiliyor fakat kendisine uygulanan kuvvete, direnç gösteremiyor.
- 2/5 kas gücü: Kişinin test edilen kası, yerçekimine karşı hareketi tamamlayamıyor ancak yerçekimi etkisi ortadan kaldırıldığında hareketini tamamlıyor.
- 1/5 kas gücü: Kişinin test edilen kasının, yerçekimi etkisi ortadan kaldırıldığında bile hareketini tamamlayamadığı, yalnızca palpasyonla kasın kontraksiyon hissedildiği veya hafif kasılmanın gözle görüldüğü kas kuvvetidir.
- =0= kas gücü: Hiçbir şekilde kasılma belirtisi göstermeyen kasın aldığı değer sıfırdır.



Resim 11. M. FDS kas testi (Web_8).



Resim 12. M. FDP kas testi (Web_9).

4. BULGULAR

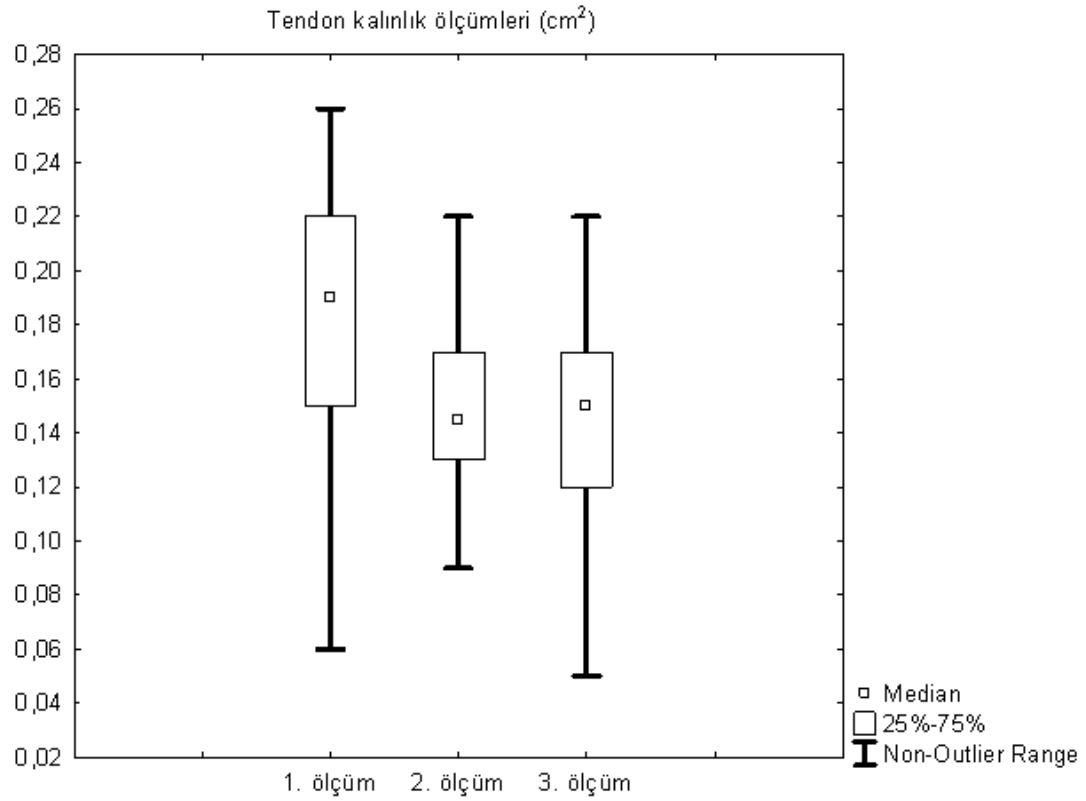
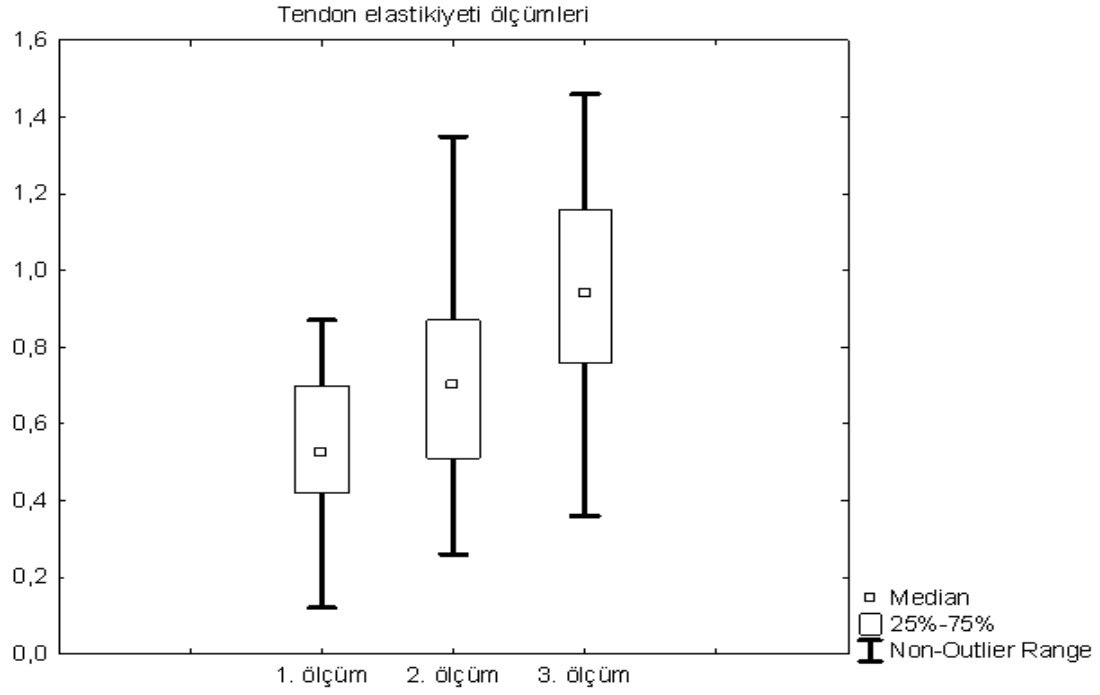
Adnan Menderes Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi Fizik Tedavi Kliniği'ne 01.10.2015 ve 31.04.2017 tarihleri arasında başvuran ve fleksör tendon tamiri yapılan hastalar çalışmaya alınmıştır. Hastalardan sinir kesisi olanlar, tendon tamiri ameliyatından sonra post-op ikinci haftadan sonra fizik tedavi kliniği'ne başvuran hastalar ile çalışmanın şartlarına uyamayacak olan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Çalışmamıza 38 hasta dahil edilmiş olup hastaların 11'i kadın 27'si erkektir. Hastaların arasında en küçük hasta 3 yaşında en büyük hasta 67 yaşında idi. Hastaların 17'sinin sol elinde, 21'inin sağ elinde tendon rüptürü bulunmaktaydı. Hastaların 13'ünde zon V, 4'ünde zon III, 21'inde zon II yaralanması mevcuttu. Hastaların tendon tamiri yapılan kaslarının dağılımı; 18'i M. FDS, 12'si M. FDP, 6'sı M. FPL, 1'i M. FCR, 1'i M. FCU şeklindeydi.

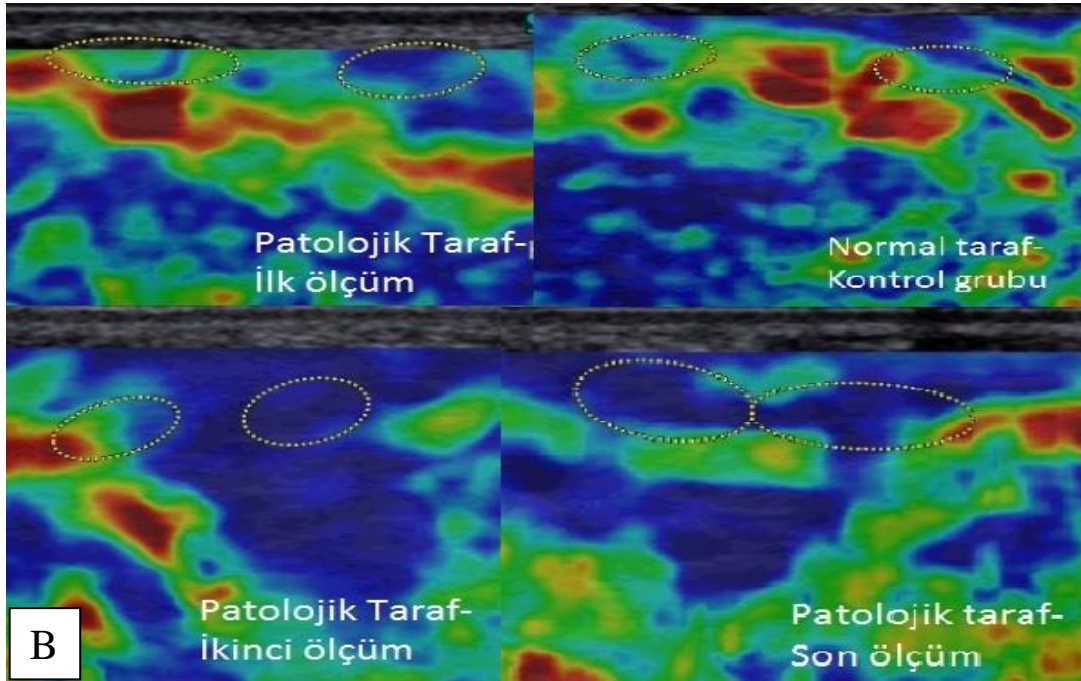
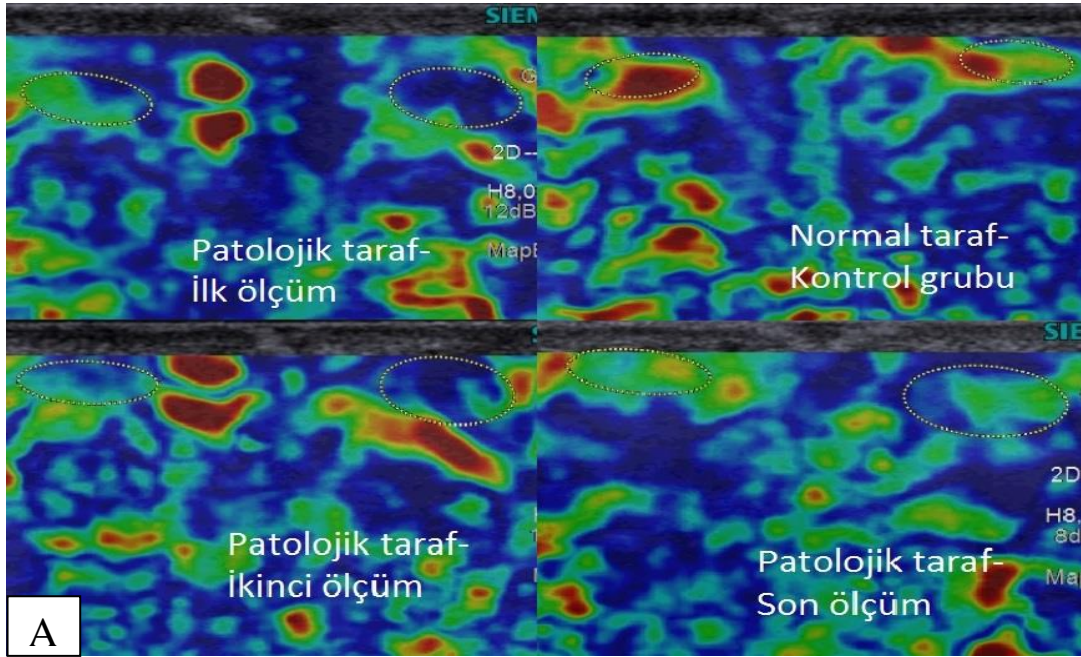
Yaptığımız çalışmada doku sertliği için üç defa yapılan elastografi ölçümleri istatistiksel değerlendirmeleri birbirinden anlamlı farklı bulunmuştur ($p < 0,0001$). İlk ölçümle ikinci ölçüm elastografi sonuçları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). İkinci ölçümle üçüncü ölçüm arasındaki elastografi sonuçları anlamlı fark göstermektedir ($p < 0,05$). İlk ölçümle üçüncü arasında elastografi sonuçları anlamlı fark göstermektedir ($p < 0,05$). Tendon tamiri yapılan kasların üçüncü ölçümdeki elastografi değerleri ile sağlam taraftaki aynı tendonların elastografi ölçüm değerleri arasında orta şiddette pozitif yönde ($r = 0,685$) ileri düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu görüldü ($p < 0,001$). Bu sonuçlar tendon tamiri yapılan kasların ilk ölçümlerindeki doku sertlik oranının diğer ölçümlerdekine göre daha fazla olduğunu, tedavi sürecindeki tendon iyileşme gösterdikçe doku sertlik oranının, sağlam eliyle karşılaştırıldığında normale çok yaklaşmış olduğunu göstermektedir (Tablo 4).

Tendon kalınlık ölçümleri karşılaştırıldığında ilk ölçüm ile ikinci ölçüm arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$). İkinci ölçümle üçüncü ölçüm arasında fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). İlk ölçümle üçüncü ölçüm arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tamir edilen tendonun üçüncü ölçümdeki kalınlık değerleri, sağlam tarafın aynı tendonuyla kıyaslandığında orta şiddette pozitif yönde ($r = 0,688$) ileri düzeyde anlamlı ilişki bulunmuştur ($p < 0,001$). Bu durum bize ilk ölçümde tendon kalınlık değerlerinin post-op ödemin etkisiyle sağlam tarafa göre artmış olabileceğini göstermektedir. İkinci ölçümde tendon kalınlık değerlerinin azalmış olması atrofinin etkisine bağlıdır. Üçüncü ölçümde ise tendon iyileşme gösterip kuvvetlendikçe eski kalınlığına kavuşmuş olduğunu göstermektedir (Tablo 5).



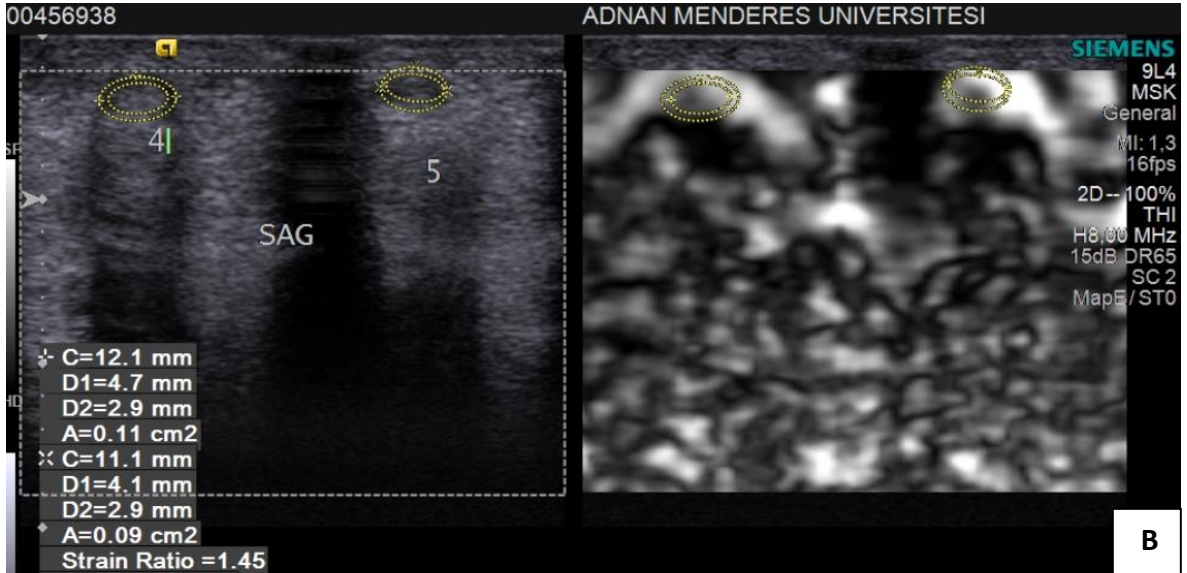
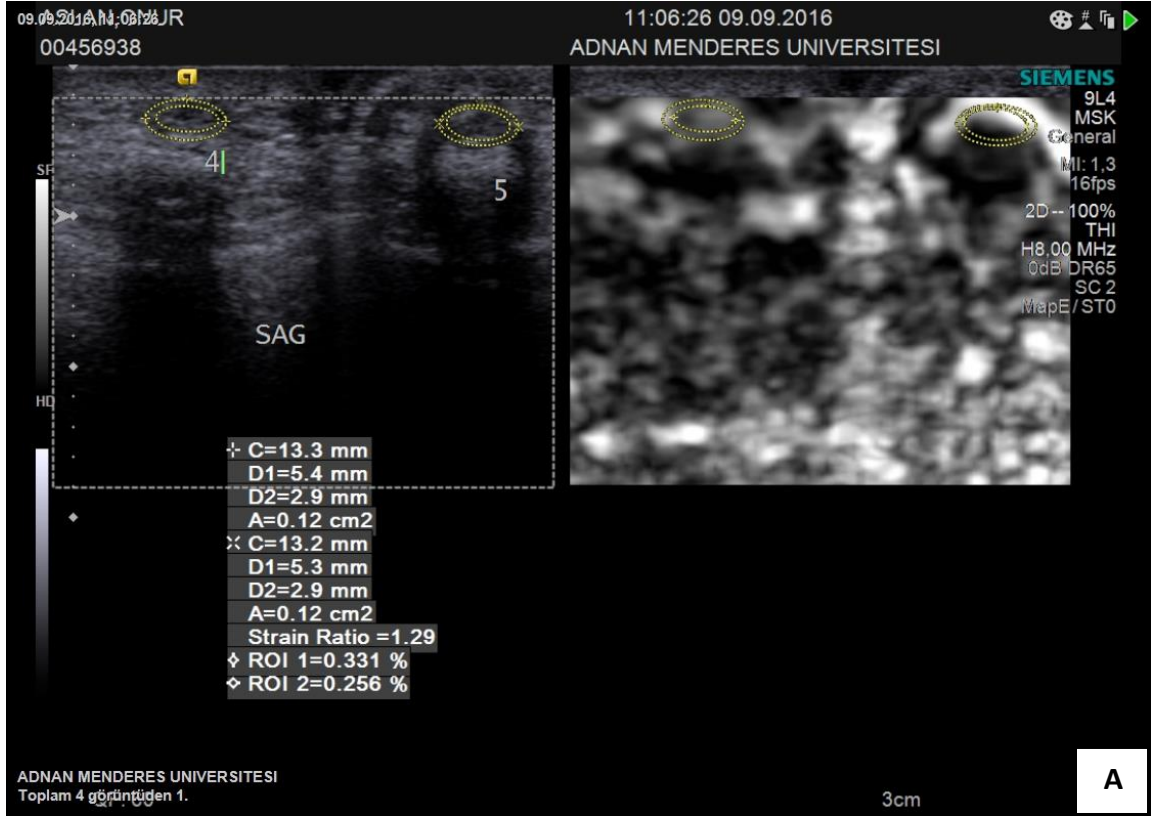
Şekil 17. Hastaların tendon kalınlık ve elastikiyet ölçüm değerlerinin aralıkları.



Resim 13. **A-** Zon II M. FDS kesisi olan hastanın UE ölçüm sonuçları.

B- Zon V M. FCU kesisi olan hastanın UE ölçüm sonuçları.

Her iki hastanın da ilk UE ölçümlerinde mavi görünen sert alanların tedavi sonunda normale yakın olan orta-sert sarı-yeşil alanlara dönüştüğü görülmektedir.



Resim 14. Zon II 5. M. FDS tamiri olan hastanın US ile yapılan tendon kalınlık ölçümleri
A-Hastanın tendon kesitinin ilk ölçümü ödeme bağlı arttığı görülmektedir. (0.12cm²)

B-Hastanın tendon kesitinin son ölçümünde (0.11cm²) tendon kalınlığı normal tarafa yaklaşmaktadır. Normal taraf tendon kalınlığı 0.09cm² dir.

Tablo 4. Tendon kalınlığı ile doku sertliği ölçümlerinin kendi aralarında kıyaslanması

| | İlk ölçüm | İkinci ölçüm | Üçüncü ölçüm | P |
|---------------|-------------------|------------------|--------------------|--------|
| Alan | 0,19 (0,15-0,22)* | 0,15 (0,13-0,17) | 0,15 (0,12-0,17) | <0.001 |
| Doku sertliği | 0.53 (0.42-0.71) | 0.7 (0.51-0.88) | 0.94 (0.76-1.18)** | <0.001 |

* : İlk ölçüm diğer ölçümlerden farklıdır (p<0.05).

** : Üçüncü ölçüm diğer ölçümlerden farklıdır (p<0.05).

Tendonun son ölçümdeki UE sonuçları ile kas gücü arasında orta şiddette pozitif yönde (r = 0,493) ileri düzeyde anlamlı bir ilişki vardır (p<0,001). İlk ölçümlerin yapıldığı dönemde immobilizasyonuna bağlı tendonun UE'nin sonuçları sertlik oranının arttığını göstermiştir. Tedavi sonuna doğru kas gücü arttıkça tendon sertlik oranı normale yaklaştır (Tablo 5).

Tablo 5. Tendon UE ölçümleri ile kas gücü testi arasındaki korelasyon.

| | Normal alan | Normal doku sertliği | Kas gücü |
|-----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Alan 3 | r =0.688 p<0.001 | | |
| Doku sertliği 3 | | r =0.685 p<0.001 | r =0.493 p<0.001 |

*Üçüncü ölçümde tendon kalınlığı ile sağlam taraf arasındaki kıyaslama.

*Tendonun 3. elastografi ölçümü ile sağlam taraf ve kas gücü arasındaki korelasyon.

Ayrıca çalışmamızda vakalar arasında iyileşme başarısını hastaların yaralanma bölgeleriyle göz önüne aldığımızda zon II ile zon V bölgelerinde tendon tamiri olanlar arasında kas gücü testi ile kıyaslama yapıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,035$). Zon V'de tendon tamiri sonrası uygulanan fizik tedavi sonuçlarının daha yüz güldürücü olduğu görülmektedir (Tablo 6). Daha önce de zon'ları açıklarken bahsettiğimiz gibi, anatomik yapısı gereği zon II 'no man's land' olarak nitelendirilmiştir. Bu durum bu zondaki tendon yaralanmaları sonrası uygulanan cerrahi ve fizik tedaviye rağmen hastaların eski ön kol ve elin normal fonksiyonlarına dönüşünü zorlaştırmaktadır. Bizim çalışmamız da zon II tendon tamiri sonrası eski haline kavuşma başarısının daha az olduğunu desteklemektedir.

Tablo 6. Zon II ve Zon V'in, doku sertliği ve kas gücü bakımından karşılaştırılması.

| | Zone II | Zone V | P |
|---------------|-----------|-----------|--------------|
| Alan | 0,14±0,05 | 0,14±0,03 | 0,712 |
| Doku sertliği | 0,94±0,25 | 1±0,27 | 0,512 |
| Kas gücü | 3 (2-4) | 5 (3.5-5) | 0,035 |

5. TARTIŞMA

Teknolojideki ilerlemelere bağlı olarak kas iskelet sisteminin görüntülenmesinde US ve US Elastografi önemli rol oynar hale gelmiştir (Sanal, 2013). Birçok US Elastografi metodu olmakla birlikte klinik uygulamada, SE en sık kullanılanıdır (Verim, 2013). Literatür taramamızda aşıl tendonu başta olmak üzere birçok tendon ile birçok patoloji açısından çok sayıda çalışma bulunduğunu gördük. Bunların çoğunluğunda B-mode US ile tendonların ekojenite ve kalınlıkları gözden geçirilmiştir. Bu çalışmalarda, tendon yapısı bozulma sonucu düzensiz fibroblastik aktivite, kollajen oluşumunun olumsuz etkilenmesi ve vaskularitesinin bozulması ile birlikte tendonun çapında artma ve hipoekojenite gösterdiği belirtilmiştir (McNally, 2011). US elastografi ile yapılan çalışmalar ise elastografinin B-mode US'ye göre lezyonları daha erken tespit edebildiğini göz önüne sermektedir (Yamamoto ve ark, 2016), (Ooi ve ark, 2015).

O'Connor ve ark (2009) 11 sağlıklı gönüllüde, sağlıklı hastada yaptıkları US değerlendirmesinde vakaların aşıl tendonu, m. biceps brachii tendonu, m. triceps brachii tendonu, extensor pollicis longus tendonu, m. flexor carpi radialis tendonu, supraspinatus tendonlarına iki radyolog tarafından bakılmıştır. İki radyolog birer hafta arayla US ile kasların tendon kalınlığının değerlendirmesini yapmışlardır. Tendon yapısı bozulduğunda, düzensiz fibroblastik aktivite ile kollajen oluşumunun olumsuz etkilendiğini ve vaskularitesinin bozulması ile birlikte tendonun çapında artma (kalınlaşma), hipoekojenite görülmekte olduğunu belirtmişlerdir. Tendonun kalınlığı ölçümü değerlendirilmesinde, US'nun önemli parametre olduğu sonucuna varmışlardır. Tendon değerlendirilmesinde MR'a göre daha yüksek çözünürlüğe sahip olması, noninvaziv, kolay uygulanabilir ve ucuz bir yöntem olması nedeniyle US'nin tercih edilmesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

Biz de çalışmamızda bu nedenle US ve UE yöntemlerini tercih ettik. Tendon iyileşme gösterdikçe kasın eski kalınlığına ulaştığını ortaya koyduk. Böylece US'nin tendon patolojilerini gözlemlmek için tercih edilmesi gerektiği görüşünü destekleyici verilere ulaştık. Fakat O'Connor ve ark değerlendirmenin daha objektif olması için aynı radyologla çalışılmasını önermektedir. Biz de bu durumu göz önüne alarak çalışmamızın daha objektif olması için tek radyologla çalışmayı tercih ettik.

Kentaro ve ark (2014) 14 sağlıklı erkek olguda m. gastrocnemius'un caput medialis'inin kalınlığını ve fasikül uzunluğunu ölçmüşlerdir. Ayak 20° dorsi fleksiyon, nötral ve 30° plantar fleksiyon pozisyonunda iken longitudinal olarak B mode US ile kas kalınlığı ve elastografi ölçümleri elde etmişlerdir. Bu aynı anda yapılan ölçümlerde anlamlı bir fark bulamamışlardır. Kas yapısı hakkında bilgi sahibi olmak için US ile yapılan gerilme elastografi yöntemi ile kas sertliği ölçümünün mümkün olduğu ve bu tekniğin kas durumunu değerlendirmek için etkili bir yol olduğunu ileri sürülmüştür. Biz de çalışmamızda ölçümler arasında kıyaslama yaparak tendonun iyileşme süreciyle bilgi sahibi olunduğunu ortaya koyduk. Kentaro ve ark da ölçümler esnasında uygulanan kompresyon kuvvetinin standardize edilmesi için tek radyologla çalışılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Yamamoto ve ark (2016) 50 sağlıklı gönüllü olguda 100 asemptomatik aşıl tendonunu incelemişlerdir. Araştırmalarında B-mod görüntü değerlendirmesi ve gerinim (strain) elastografi (SE) ölçümleri yapılmıştır. Gerilme oranı ölçümlerinin gözlemciler arası tekrarlanabilirliğini hesaplamışlardır. 100 aşıl tendonundan 97'si normal olmasına rağmen 36 aşıl tendonunda gerinim elastografi oranları yüksek bulunup ve elastografilerinde dejenerasyona ait belirtiler gözlenmiştir. Kantitatif elastografi yönteminin aşıl tendonunun elastikiyetini ölçmek için tekrarlanabilir bir teknik olduğunu ve B modunda görüntülenmeyen erken tendon dejenerasyonunu algılayabildiğini göstermişlerdir. Biz de çalışmamızda tendon tamirinin akut döneminde yapılan elastografi sonuçlarının doku elastikiyetinin bozulduğuna dair bulgular verdiğini ortaya koyduk.

Ooi ve ark (2016) ulusal bir üniversite voleybolu yarışması sırasında otuz beş voleybolcunun US ve UE yöntemi ile bilateral patellar tendonların ölçümlerini yapmışlardır. Ağrılı olan patellar tendonların klinik bulguları değerlendirilerek patellar tendinopatinin tanısı konması için standart muayaneleri yapılmış ve visual analog skala ile ağrı durumları değerlendirilmiştir. UE ile gösterilen yumuşak tendon özellikleri gri skala US anormallikleriyle karşılaştırıldığında patellar tendon ağrı şikayetleri olan sporcuların semptomlarıyla ölçüm sonuçları arasında korelasyon olduğu saptanmıştır. Geleneksel yöntemlere ek olarak patellar tendinopati tanımlamasında UE yöntemi kullanılabilmesi olası olduğu ortaya konmuştur. Ooi ve ark, bizim çalışmamızda desteklediği gibi UE yönteminin tendon patolojilerinin ortaya konmasında kullanılacak pratik, ucuz, güvenli bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır.

Korstanje ve ark (2010) çalışmaya yaş aralığı 17-52 arasında zon V fleksor yönde kesisi olan 5 kadın ,5 erkek 10 kişi almışlardır. Hastaların M. FDP için el bileği, MCP, PIP ve DIP eklem seviyesinde ölçümler yapmışlardır. Hastalar tedavi protokolü olarak bir kısmı pasif fleksion bir kısmı da aktif fleksiyon yapmıştır. Yapılan US ölçümleri hem pasif hem de aktif hareket esnasında yapılmıştır. Çalışmada tedavi sürecinde aktif hareket yapanların, pasif hareket yapanlara kıyasla tendon gelişiminin % 74 ve % 79 daha fazla artış gösterdiğini saptamışlardır. Çalışma sonuçları US'nin, herhangi tendon patolojisine sahip hastalar ile tendon onarımı geçirmiş olan hastalarda tendonların durumunu değerlendirmek için bir referans görevi görebildiğini göstermiştir. Bizim çalışmamızda bu sonucu desteklemektedir.

Lee ve ark (2013) yaptıkları çalışmada klinik olarak konjenital musküler tortikolis tanısı konan 27 bebek ile 17 sağlıklı bebeğin M. SCM'sini US ve UE yöntemiyle incelemişlerdir. Biz de çalışmamızda aynı yöntemleri el veya ön kol kaslarını tendon tamiri sonrası incelemek için kullandık. M. SCM'nin ekojenitesi, normal kas ile karşılaştırdıklarında, izoekoik, hiperekoik veya hipoekoik olarak değerlendirmişlerdir. Dahil edilen her hastanın kontralateral m. SCM kalınlığı da ölçülmüş ve UE bulguları iki bağımsız radyolog tarafından 1 (yumuşak) ile 3 (sert) arasında skorlanmıştır. M. SCM'nin kalınlığında, hasta ve kontrol grupları arasında anlamlı farklılık olduğunu gözlemlemişlerdir. 27 hastanın 11'inde izoekoik, 5'inde heterojen ve 11'inde hiperekoik kas bulguları bulmuşlardır. Hasta grupları arasında UE sonuçları farklılık gösterirken konvansiyonel US sonuçları arasında anlamlı bir fark bulmamışlardır. Sonuç olarak tortikoliz tanısını koymada UE'nin kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bu araştırmada bizim çalışmamızdaki gibi UE yönteminin kas elastikiyetini (ekojenitesini) değerlendirmede kullanılabilir güvenli bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Buhler ve ark (2015) yaptıkları çalışmada zon II M. FDP kası tendon tamiri yapılan 3 erkek hastanın US ve power Doppler ultrason ölçümlerini değerlendirmişlerdir. 5 ayrı zamanda yapılan ölçümler 2, 4, 6, 12 ve 18. haftalarda gerçekleştirmişlerdir. Tamir edilen tendonun ekojenitesi incelemişler ve 0-4 arasında skorlamışlardır.

Bizim de el ve ön kol kaslarındaki tendon tamiri sonrası incelemelerimizde olduğu gibi, tedavi süreciyle tendonun kalınlığının arttığını ve ekojenitesinin normale döndüğünü gözlemlemişlerdir. Bu yöntemlerin klinik sonuçlarla ilişkili olarak tendon iyileşme durumunu değerlendirmek ve cerrahi onarım sonrasında tedavileri sistematik olarak geliştirme ve değerlendirmede potansiyele sahip olduğunu ileri sürmekle birlikte, yöntemlerin bu gibi hedefleri gerçekleştirmeden önce güvenilirlik testlerine tabi tutulmaları gerekmekte olduğunu vurgulamışlardır.

Tan ve ark (2012) aşil tendonu kopmuş 16 amat3r futbolcunun tendon tamiri olan ve olmayan aşil tendonlarına ek olarak 20 tane sağlıklı amat3r futbolcunun bilateral aşil tendonuna yani toplam 40 aşil tendonuna bakmışlardır. Aşil tendonu değerlendirilirken proksimal, orta ve distal olmak 3er b3l3mde incelemiş, tendon elastikiyeti incelenirken 3 sınıfa ayırmışlardır. Tip I en sert mavi alanlar, Tip II orta sert mavi-yeşil alanlar, Tip III orta alanlar yeşil alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Buna ek olarak homojen – orta homojen – heterojen olarak da sınıflanmışlardır. R3pt3re olmuş aşil tendonları heterojen, sağlıklı tendonlar homojen olarak bulunmuştur. Sonuç olarak bizim çalışmamızda olduğu gibi tendon patolojilerinin değerlendirilmesinde UE y3nteminin kullanılmasının uygun olduğu kanısına varmışlardır.

Teber ve ark (2015) yaptıkları çalışmada, kronik b3brek yetmezliği olup diyaliz hastası olan vakalarda kuadriseps kasının tendonunun US ve UE bulguları ile kontrol grubunun bulgularını karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bizim yaptığımız çalışmada da aynı y3ntemlerle aynı parametrelere bakılarak el ve 3n kol kaslarının tendon tamiri sonrası hastalar kendi sağlam tarafının aynı tendonuyla karşılaştırılmıştır. Teber ve ark (2015), çalışmayı 3 aylık periyotta haftada 3 g3n diyalize giren hastalar arasında rastgele seçilmiş 53 hasta ile kontrol grubundaki 25 kişinin her iki m. quadriceps femoris kasının USve UE 3l3mlerini yapmışlardır. Tendonlar 3 tipte sınıflandırmışlardır; Tip 1, çok sert doku (mavi); Tip 2, sert doku (mavi-yeşil); ve tip 3, ara doku (yeşil-sarı). Hastaların ve kontrol grubunun her iki m. quadriceps tendonunun kalınlık ve elastikiyet 3l3m3 3ki radyologla yapılmış transd3ser ile optimal basınç uygulanmıştır. Radyologlar arasında değişkenlik g3z 3n3ne alınmamıştır. Hasta grubunda kuadriseps tendonları anlamlı derecede daha ince bulunmuştur. Biz de çalışmamızda kasın immobilize atrofiye olduğu d3nemdeki 3l3mlerimizde (tendon kalınlığı 2.3l3m) kas kalınlığını daha az bulduk. UE y3ntemiyle, kronik b3brek yetmezliği olan hastalarda kuadriseps tendonu daha ince ve kontrol grubuna kıyasla daha d3ř3k elastikiyet skorlarına sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Teber ve ark (2015) bizim çalışmamızın da desteklediği gibi UE'nin, MR'a rakip olabilecek d3zeyde 3zellikle sonografik tendinopatide, hem mevcut hem de potansiyel yırtıkların tanısını (kas-iskelet sistemi anormalliklerinin tanısında) koymada g3venilir ve doğru bir g3r3nt3leme y3ntemi olabileceğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca MR g3r3nt3leme ile karşılaştırıldığında, sonografi ucuz ve kolaylıkla kullanılan radyasyon içermeyen bir y3ntemdir.

Kyung ve Kil-Ho (2015) kas-iskelet sistemininine yönelik yapılan girişimler sonrası tamir edilen tendonları ultrasonografiyle değerlendirmişlerdir. Aşıl tendon tamiri, rotator cuff tamiri sonrası US ile bölgenin bozulmuş kollagen ve elastikiyet yapısı incelemiştir. Bizim çalışmamızdaki gibi tendonun bozulmuş doku yapısı UE yöntemiyle incelenmiştir. Ameliyat sonrası uygulanan kas-iskelet sisteminin ultrasonografisi, kas (tendon), kemik, eklem ve yumuşak dokulardaki anormal lezyonların doğru tanısında önemli bir rol oynamakta olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca BT ve MR, metal implantı olan hastalarda kullanılamazken US kullanılabilmesi ve radyasyon içermemesinin çok önemli bir avantaj olduğunu belirtmişlerdir.

Galleti ve ark (2015) UE'nin tanı yöntemi olup olamayacağı konusunu araştırmak için cerrahi tedavi olmuş ya da olmamış US'ları yapılmış 214 hastanın UE'lerine bakmışlardır. Genelde US, bölgenin histopatolojik özelliklerini gösteren kas iskelet sistemi için uygun, klinik muayene verileri ile korelasyon gösteren yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bazı durumlarda konvansiyonel US ile patolojik dokuları ayırt etmek zor ya da imkansızdır. Akut dönemde histopatolojiye bağlı olarak (ödem, inflamasyon) yumuşak doku elastikiyetinin değişiklik gösterdiğini görmüşlerdir.

Ciddi vakalarda US patolojileri göstermede yetersizken UE'nin buna izin verdiğini ortaya koymuşlardır. UE'nin dezavantajının sonucun kullanıcıya yani radyolog'un proba uyguladığı kompresyona bağlı olması gösterilmiştir. Basıncın optimal dinamik aralıkta yapılması önerilerek gözlemciler arası farklılığı azaltabileceğini belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda tek radyologla çalışarak hata payını minimize etmeye çalıştık. Yine çalışmamızda optimal aralık olarak Quality factor'ü 50 ve üzeri belirleyerek ölçümleri standardize etmeye çalıştık.

McNally (2011) US'nin kas-iskelet sistemi ölçümlerini hem statik hem de dinamik olarak yapılabilmesinin diğer radyolojik yöntemlere göre avantajını dile getirmiştir. Subacromial tendinit, impingement, subdeltoid bursit ve ayrıca lig. corocoacromiale'nin sıkışması gibi rahatsızlıkların tanısının US ile rahatlıkla gözlemlenebildiğini bildirmiştir. Tendon anormalliklerini direk gözlemleyebileceğimiz başka bir yöntem olmadığını idda etmiştir. US'nin direk ağrılı odaklara uygulama olanağı olduğunu ve ganglion, tendon, bağ hastalık ve eklem hastalığı küçük eklemlere yönelik teşhis olanağını daha iyi sağladığını ileri sürmüştür. Sadece eklem kırıkdağını gözlemlenmede başarısız olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda kas ve tendon patolojilerinin incelenmesinde US'nin etkili bir radyolojik yöntem olduğunu desteklemiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, el veya ön kolun flexor kaslarının tendon tamiri sonrası uygulanan fizik tedavi sürecini US ve UE yöntemiyle takip ettik. Yaptığımız literatür taramada bugüne kadar el ve ön kol ön yüz kaslarının tendon tamiri sonrası US ve UE ile tendonların incelenmesine yönelik bir çalışmaya rastlayamadık. Araştırmamızda US elde ettiğimiz tendon kalınlık değerleri ile tedavi sonunda tendonun sağlam koldaki kalınlık değerleri karşılaştırılmıştır. Tedavi sonunda tendon kalınlık değerleri (özellikle 3. ölçüm) sağlam taraf tendonun kalınlığına yaklaşmıştır. Aynı zamanda tedavi sürecinde tendonlar UE yöntemiyle takip edilmiş doku elastikiyetinin eski haline gelip gelmediği normal kol ile kıyaslanarak takip edilmiştir. Tamir edilen tendonun UE'si ile sağ taraf tendon UE'si arasında ileri düzeyde anlamlı ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca tamir edilen tendonların UE ölçümleri ile kas gücü değerlendirmeleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Tendonlar iyileştikçe doku elastikiyeti normale dönmüştür.

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere dayanarak tendonların (kasların) fizyopatolojilerini incelemek için kullanılan US ve UE radyolojik yöntemlerinin, non-invasive olması, uygulamanın kolay yapılması ve kısa sürmesi, hızlı bir şekilde sonuca ulaşılması, hiçbir yan etkisi olmaması avantajlarına sahip olması bakımından hasta açısından oldukça konforlu, ucuz, güvenilir bir yöntem olarak klinikte daha yaygın olarak kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akça H.** Travmatik El Yaralanmalı Olgularda Maliyet Analizi, Tıpta Uzmanlık Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli 2012, 68
- Akgün G.** Emg Kontrollü Giyilebilir İskelet Destek Sistemi Tasarımı, Mekatronik Anabilim Dalı Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- Arıncı K, Elhan A.** Anatomi (5. Baskı), 1.cilt, Güneş Tıp Kitabevi, Ankara 2014, 216-21
- Arıncı K, Elhan E.** Anatomi (5. Baskı), 2.cilt, Güneş Tıp Kitabevi, Ankara 2014, 49-52, 88-95, 165-70, 187-190
- Asadov R.** Karpal Tünel Sendromunun Tanısında ve Tedavi Başarısının Değerlendirilmesinde ultrasonografi ve strain (geinim) elastografinin rolü, Tıp Uzmanlık Tezi, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD, İstanbul, 2014, sayfa sayısı
- Aydemir K, Yazıcıoğlu K.** Üst Ekstremitte Tendon Yaralanmalarının Rehabilitasyonu, FTR Bilim Dergisi 2011, 14 Özel Sayı, 6-8
- Başaloğlu H.** Temel Nöroanatomi ve Beş Duyu, Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi ABD, Aydın, 2008, 97, 133, 135
- Bayram H, Herdem M.** Akut Fleksör Tendon Yaralanmalarının Tedavisi, Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği 2003; cilt:2 sayı:3-4
- Beyazova M, Kutsal YG.** Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, 1.cilt, Güneş Kitabevi, Ankara, 2000, 385-88, 1124-34
- Buhler M, Johnson G, Meikle G.** Longitudinal In Vivo Ultrasound Observations of the Surgically Repaired Zone II Flexor Digitorum Profundus Tendon, Ultrasound Med Biol. 2015, 41(11), 3018-22
- Büyükkiraz M.** Plexus brachialis yapısı, varyasyonları ve cerrahi önemi, Tıp Uzmanlık Tezi, Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, 2005, 75
- Çaycı A.** Tendon Yapışıklını Önlemede Adezyon Bariyerlerinin Etkisi ve Karşılaştırılması, Tıpta Uzmanlık Tezi, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Edirne, 2011, 63
- Çıplak ME.** Sporcuların El Performanslarının Finger Tapping (parmak vuruş) Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- Dere F.** Anatomi Atlası ve Ders Kitabı, 5. Baskı, Nobel Kitabevi, Adana, 1999, 92-7, 98-104

- Galletti S, Oliva F, Masiero S, Frizziero A, Galletti R, Schiavone C, Salini V, Abate M.** Sonoelastography in the diagnosis of tendinopathies: an added value, *Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2015, 5(4), 325-330.
- Gray's Anatomy for Students.** Güneş Tıp Kitabevleri 2007, 687-706.
- Gökmen FG.** Sistematik Anatomi, İzmir Güven Kitabevi 2003, 187-194, 733, 829
- Gültekin S.** Ultrasonografide Yeni Uygulamalar, Türk Radyoloji Seminerleri, 2014, 2, 158-70
- Gürbüz H.** El parmak eklemlerinin hareket kapasitelerinin inklinometrik yöntemle ölçümü, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003, 67
- Kentaro C, Ryota A, Michiko D, Hideyuki T.** Measurement of muscle architecture concurrently with muscle hardness using ultrasound strain elastography, *Acta Radiologica* 2014, 55(7), 833–839.
- Kim SJ, Park HJ, Lee SY.** Usefulness of strain elastography of the musculoskeletal system, *Ultrasonography* 2016, 35(2), 104-9.
- Korstanje JW, Schreuders TR, van der Sijde J, Hovius SE, Bosch JG, Selles RW.** Ultrasonographic assessment of longfinger tendon excursion in zonev during passive and active tendon gliding exercises, *J Hand Surg Am.* 2010, 35(4), 559-65.
- Kyung Ah Chun and Kil-Ho Cho.** Postoperative ultrasonography of the musculoskeletal system, *Ultrasonography.* 2015, 34(3), 195-205.
- Lee SY, Park HJ, Choi YJ, Choi SH, Kook SH, Rho MH, Chung EC.** Value of addingsonoelastography to conventional ultrasound in patients with congenital muscular torticollis, *Pediatr Radiol.* 2013, 43(12), 1566-72.
- McNally EG.** The development and clinical applications of musculoskeletal ultrasound *Skeletal Radiol* 2011, 40(9), 1223-31.
- Marur S, Akkın SM.** Topografik İnsan Anatomisi, Deomed Medikal Yayın 2010, 412-17
- O'Connor PJ, Grainger AJ, Morgan SR, Smith KL, Waterton JC, Nash AF.** Ultrasound assessment of tendons in asymptomatic volunteers: a study of reproducibility,
 Eur Radiol. 2004, 14(11), 1968-73.
- Oğuz H.** Tıbbi Rehabilitasyon Nobel Tıp Kitabevleri Ankara 1995, 575,582-86.
- Ooi CC, Richards PJ, Maffulli N, Ede D, Schneider ME, Connell D, Morrissey D, Malliaras P,** A softpatellartendon on ultrasound elastography is associated with pain and functional deficit in volleyball players, *J Sci Med. Sport* 2016, 19(5), 373-8.
- Sanal HT.** Kas İskelet Sisteminin Değerlendirilmesinde Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri, *TOTBİD Dergisi* 2013, 12(1), 1-6.

- Şahinoğlu K.** Kliniğe Yönelik Anatomi, Nobel Tıp Kitabevleri Ankara 2014, 688-773.
- Tan S, Kudaş S, Özcan AS, İpek A, Karaoğlanoğlu M, Arslan H, Bozkurt M.** Real-time sonoelastography of the Achillestendon: pattern description in healthy subjects and patients with surgically repaired complete ruptures, Skeletal Radiol. 2012, 41(9), 1067-72.
- Teber MA, Oğur T, Bozkurt A, Er B, Turan A, Gülbay M, Akdağ İ.**Real-time sonoelastography of the quadricepstendon in patients undergoing chronic hemodialysis, J Ultrasound Med. 2015, 34(4), 671-7.
- Tuncel E.** Radyolojiye Giriş Ders Notları (Temel Kavramlar) Nobel Tıp Kitabevleri Bursa 2006, 2-7.
- Tuncel E.** Radyolojiye Giriş Radyolojik Görüntüler Nasıl Oluşur ve Ne İşe Yarar, Uludağ Üniversitesi Basımevi Bursa 2009, 19, 29, 35
- Verim S. , Samet S.** Kas İskelet ve Yumuşak Doku Lezyonlarında Ultrasonografi, TOTBİD Dergisi 2013, 12(1), 7-12.
- WEB_1. (2014). **Karahan TS.** Üst Ekstremitte kemik, eklem ve kasları ppt.
<http://www.slideserve.com/kassia/st-ekstremitte-kemik-eklem-ve-kaslar>. (17.09. 2014)
- WEB_2. (2005). Hekimce.com Güvenilir Bilgi & Sağlıklı Yaşam web sitesi
<https://www.hekimce.com/eller-ve-parmaklarn/>. (25.12.2016)
- WEB_3. (2015). Studfiles web sitesi.<http://www.studfiles.ru/preview/2244429/>. (19.03.2016)
- WEB_4. (2017). www.shram.kiev.ua/websitesi.
http://en.shram.kiev.ua/health/anatomy/page_530.shtml. (27.03.2017)
- WEB_5. (2016). Musculoskeletal Key Fastest Musculoskeletal Insight Engine web sitesi.
<http://musculoskeletalkey.com/upper-limb-orthotic-devices/>. (12.07.2016)
- WEB_6. (2016).Atlas of Anatomy<http://doctorlib.info/medical/anatomy/24.html>. (11.01.2016)
- WEB_7. (2016). KPI Healthcare Medical Equipment <http://www.kpiultrasound.com/medical-equipment/ultrasound-scanners/siemens-ultrasound/siemens-acuson-s1000/>. (10.02.2016)
- WEB_8. (2015).<https://www.google.com.tr/search?q=m.+flexor+digitorum+superficialis+manuel+kas+testi&>. (18.05.2015)
- WEB_9. (2015).<https://www.google.com.tr/search?q=m.+flexor+digitorum+profundus>. (17.05.2015)
- WEB_10. (2011).<https://www.slideshare.net/muyuta/radyoloji-tarihi>. (01.05.2017)
- WEB_11. (2017).<http://china.portable-ultrasound-scanner.com/pid-4382832.html>(05.05.2017)
- WEB_12. (2012). Dr.Deniz Erdoğan Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon web sitesi.
<http://www.drdenizdogan.com/>. (02.05.2017)

- WEB_13. (2016). **Akbulut D.** Fleksör tendon yaralanmasında fizik tedavi ve rahabilitasyon aşamaları ppt. <https://www.slideshare.net/Demet-Akbulut/flexor-tendon-injury>. (11.05.2017)
- WEB_14. (2017). <http://www.emingirgin.com.tr/hastaliklar/colles-kirigi.html>. (08.05.2017)
- WEB_15. (2017) <http://www.imgrum.online/tags/kinezyoloji>. (08.05.2017)
- WEB_16. (2014) **Bingöl UA.** Fleksör Tendon Yaralanmaları ppt. <http://docplayer.biz.tr/6651918-Fleksor-tendon-yaralanmalari.html>. (16.05.2017).
- Yakut Z, Turan A, Teber M.** Kas-İskelet Sistem Uygulamalarında Ultrason Elastografi
Selçuk Tıp Dergisi 2014, 30(2), 88-92.
- Yamamoto Y, Yamaguchi S, Sasho T, Fukawa T, Akatsu Y, Nagashima K, Takahashi K.**
Quantitative Ultrasound Elastography With an Acoustic Coupler for Achilles Tendon Elasticity: Measurement Repeatability and Normative Values, Ultrasound Med. 2016, 35(1), 159-66
- Yeşiloğlu N.** Fleksör tendon onarımlarında erken mobilizasyonu için geliştirilen etfal-ny dikiş tekniğinin in vitro ve in vivo sonuçlarının modifiye kessler tekniği ile karşılaştırılması, Tıp Uzmanlık Tezi, İstanbul, Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi plastik ve rekonstrüktif cerrahi kliniği, 2008.
- Zararsız İ, Ulusoy M, Acar M.** Nervus Medianus Anatomik Seyri, Varyasyonları ve Kliniği, Düzce Tıp Dergisi 2013, 15(2), 55-58.

ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı : KASAR Zehra Seznur
Uyruk : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : Bakırköy - 05/04/1977
Telefon : 0 533 613 03 81
E- mail : zseznurkasar@hotmail.com
Yabancı Dil : İngilizce

EĞİTİM

| Derece | Kurum | Bölüm | Mezuniyet Tarihi |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Yüksek Lisans | Adnan Menderes Üniversitesi | Anatomi | |
| Lisans | Dokuz Eylül Üniversitesi | Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon YO | 1998 |

İŞ DENEYİMİ

| Yıl | Yer | Kurum |
|-------------|-------|-----------------------------|
| 1998 – 2008 | İzmir | Dokuz Eylül Üniversitesi |
| 2008 – 2017 | Aydın | Adnan Menderes Üniversitesi |