

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI**

**MEDIAN SİNİR VE ULNAR SİNİR TARAFINDAN UYARILAN  
PROKSİMAL VE DİSTAL YERLEŞİMLİ KASLARDA SİNİR  
İLETİM PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ  
DR.NEDİM ONGUN**

**DANIŞMAN  
PROF.DR.ATTİLA OĞUZHANOĞLU**

**DENİZLİ - 2014**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI**

**MEDİAN SİNİR VE ULNAR SİNİR TARAFINDAN UYARILAN  
PROKSİMAL VE DİSTAL YERLEŞİMLİ KASLARDA SİNİR  
İLETİM PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ  
DR.NEDİM ONGUN**

**DANIŞMAN  
PROF.DR.ATTİLA OĞUZHANOĞLU**

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi' nin 15.08.2013 tarih ve 5 / 2013TPF018 nolu kararı ile desteklenmiştir.

**DENİZLİ - 2014**

Prof.Dr. Attila OĞUZHANOĞLU danışmanlığında Dr.Nedim ONGUN tarafından yapılan "Median sinir ve ulnar sinir tarafından uyarılan proximal ve distal yerleşimli kaslarda sinir iletim parametrelerinin karşılaştırılması" başlıklı tez çalışması 01.10/2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonrası yapılan değerlendirme sonucu jürimiz tarafından Nöroloji Anabilim Dalı'nda TIPTA UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

BAŞKAN

Prof.Dr.Attila OĞUZHANOĞLU

ÜYE

Prof.Dr.Nefati KIYLIOĞLU

ÜYE

Doç.Dr.Göksemin ACAR

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.  
08/01/2015

Prof. Dr. Hasan HERKEN

Pamukkale Üniversitesi

Tıp Fakültesi Dekanı

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında fikir ve önerileri ile bana kılavuzluk eden, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, bana bilimsel çalışma felsefesini aşlamaya çalışan değerli hocam sayın Prof.Dr.Attila Oğuzhanoglu' na; uzmanlık eğitim ve öğretimi sürecinde bilime ve hayata dair bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli hocalarım sayın Prof.Dr.Levent Sinan Bir' e, sayın Doç.Dr.Göksemin Acar' a, sayın Doç.Dr.H.Çağatay Öncel' e, sayın Doç.Dr.Eylem Değirmenci' ye ve sayın Doç.Dr.Çağdaş Erdoğan' a; birlikte çalışmaktan her zaman mutluluk duyduğum doktor arkadaşlarıma ve nöroloji kliniği çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca her durumda koşulsuz yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme ve sevgili eşim Dr.Gülin Tuğba Ongun' a sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

|  |      |
|--|------|
| ONAY SAYFASI .....                           | III  |
| TEŞEKKÜR .....                               | IV   |
| İÇİNDEKİLER .....                            | V    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                | VI   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                        | VII  |
| TABLolar DİZİNİ .....                        | VIII |
| ÖZET .....                                   | IX   |
| İNGİLİZCE ÖZET .....                         | X    |
| GİRİŞ .....                                  | 1    |
| GENEL BİLGİLER .....                         | 2    |
| PERİFERİK SİNİR SİSTEMİ .....                | 2    |
| Anatomi .....                                | 2    |
| Fizyoloji .....                              | 6    |
| SİNİR İLETİMİNİ ETKİLEYEN ETMENLER .....     | 8    |
| SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARI .....               | 10   |
| Uyarım .....                                 | 11   |
| Kastan Kayıtlama .....                       | 12   |
| M Yanıtı ve Motor İletim Parametreleri ..... | 13   |
| GEREÇ VE YÖNTEM .....                        | 16   |
| BULGULAR .....                               | 22   |
| TARTIŞMA .....                               | 41   |
| SONUÇLAR .....                               | 55   |
| KAYNAKLAR .....                              | 56   |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- ADM : Abduktor digiti minimi kası  
APB : Abduktor pollisis brevis kası  
BKAP : Bileşik kas aksiyon potansiyeli  
EMG : Elektronöromiyografi  
FKR : Fleksor karpi radialis kası  
FKU : Fleksor karpi ulnaris kası  
m/sn : metre / saniye  
msn : milisaniye  
mV : milivolt  
PT : Pronator teres kası

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | Sayfa No |
|--|----------|
| <b>Şekil 1</b> Median sinir ve ulnar sinir şematik gösterimi .....                                     | 5        |
| <b>Şekil 2</b> Motor sinir iletim parametreleri .....  | 15       |
| <b>Şekil 3</b> Median sinir, ulnar sinir ve çalışmada kullanılan kaslar .....                          | 17       |
| <b>Şekil 4</b> Ulnar sinir uyarım ve kas kayıt noktaları .....   | 20       |
| <b>Şekil 5</b> Median sinir uyarım ve kas kayıt noktaları .....  | 20       |
| <b>Şekil 6</b> Proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri karşılaştırması .                       | 23       |
| <b>Şekil 7</b> Ortalama BKAP amplitüdüleri karşılaştırması .....                                       | 24       |
| <b>Şekil 8</b> Proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri karşılaştırması.....                         | 25       |
| <b>Şekil 9</b> Ortalama BKAP süreleri karşılaştırması .....  | 26       |
| <b>Şekil 10</b> Sinir iletim hızları karşılaştırması .....   | 27       |
| <b>Şekil 11</b> Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri karşılaştırması ..... | 28       |
| <b>Şekil 12</b> Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri karşılaştırması ..... | 29       |
| <b>Şekil 13</b> Kadın cinsiyette BKAP amplitüdüleri karşılaştırması .....                              | 30       |
| <b>Şekil 14</b> Erkek cinsiyette BKAP amplitüdüleri karşılaştırması .....                              | 31       |
| <b>Şekil 15</b> Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri karşılaştırması .....      | 32       |
| <b>Şekil 16</b> Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri karşılaştırması .....      | 33       |
| <b>Şekil 17</b> Kadın cinsiyette ortalama BKAP süreleri değerlendirmesi .....                          | 34       |
| <b>Şekil 18</b> Erkek cinsiyette ortalama BKAP süreleri karşılaştırması .....                          | 34       |
| <b>Şekil 19</b> Kadın cinsiyette sinir iletim hızları karşılaştırması .....                            | 35       |
| <b>Şekil 20</b> Erkek cinsiyette sinir iletim hızları karşılaştırması .....                            | 36       |
| <b>Şekil 21</b> BKAP kaydı. (a) distal, (b) proksimal uyarım ile .....                                 | 48       |
| <b>Şekil 22</b> BKAP kaydı. (a/b) Senkron/Desenkron yanıt, (c) Cebirsel toplam.                        | 50       |

## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa No

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablo 1</b> Proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri .....                   | 22 |
| <b>Tablo 2</b> Ortalama BKAP amplitüdüleri .....                                       | 23 |
| <b>Tablo 3</b> Proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri .....                        | 25 |
| <b>Tablo 4</b> Ortalama BKAP süreleri .....  | 26 |
| <b>Tablo 5</b> Sinir iletim hızları .....  | 27 |
| <b>Tablo 6</b> Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri ..     | 28 |
| <b>Tablo 7</b> Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri ...    | 29 |
| <b>Tablo 8</b> Kadın cinsiyette BKAP amplitüdüleri .....                               | 30 |
| <b>Tablo 9</b> Erkek cinsiyette BKAP amplitüdüleri .....                               | 30 |
| <b>Tablo 10</b> Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri .....      | 31 |
| <b>Tablo 11</b> Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri .....      | 32 |
| <b>Tablo 12</b> Kadın cinsiyette ortalama BKAP süreleri .....                          | 33 |
| <b>Tablo 13</b> Erkek cinsiyette ortalama BKAP süreleri .....                          | 34 |
| <b>Tablo 14</b> Kadın cinsiyette sinir iletim hızları .....                            | 35 |
| <b>Tablo 15</b> Erkek cinsiyette sinir iletim hızları .....                            | 36 |
| <b>Tablo 16</b> Aynı kasta kayıtlı proksimal ve distal uyarım karşılaştırması .....    | 37 |
| <b>Tablo 17</b> Median sinir ve ulnar sinir iletim parametrelerinin karşılaştırması... | 38 |
| <b>Tablo 18</b> Cinsiyetler arası karşılaştırma .....                                  | 39 |



## ÖZET

### **Median sinir ve ulnar sinir tarafından uyarılan proksimal ve distal yerleşimli kaslarda sinir iletim parametrelerinin karşılaştırılması**

Dr.Nedim Ongun

Farklı kasları innerve eden sinir lifleri aynı periferik sinir içerisinde birbirlerinden farklı seyrederek. Dolayısıyla daha büyük kütleli ve proksimal yerleşimli kaslara giden sinir liflerinin daha büyük ve hızlı lifler olduğu öngörülebilir. Bu çalışmanın amacı median sinir tarafından uyarılan proximal yerleşimli görece daha büyük kütleli bir önkol kasının ve küçük kütleli ve distal yerleşimli tenar kasların sinir iletim hızları, BKAP amplitüdü ve sürelerini değerlendirmek ve bu verileri ulnar sinirden aynı yöntem ve çalışma tasarımı ile elde edilenlerle karşılaştırmaktır. Çalışmamıza, rutin elektrofizyolojik protokoller ile herhangi bir nöropati saptanmayan, bilinen bir sistemik hastalığı olmayan, 18-70 yaş arası, 30 sağlıklı gönüllü erkek ve 30 sağlıklı gönüllü kadın katılımcı dahil edildi. Dirsek üstü ve aksiller bölgelerden ayrı ayrı uyarı verilerek, ulnar sinir ile innerve olan proksimal yerleşimli fleksor karpı ulnaris kası ve distal yerleşimli abduktör digiti minimi kasından; median sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli pronator teres kası ve fleksor karpı radialis kası ile distal yerleşimli abduktör pollicis brevis kasından kayıt alındı.

Ulnar sinir tarafından innerve edilen kaslarda ve median sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulgularda benzer şekilde, proksimal yerleşimli kaslarda daha düşük BKAP amplitüd değeri, daha uzun BKAP yanıt süresi ve daha yüksek iletim hızı değerleri saptadık. Çalışmamızda, kadın ve erkek cinsiyetler arasında, proksimal ve distal yerleşimli kaslar arasında, sinir iletim hızları ve BKAP amplitüd değerlerinde anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Aynı sinir içerisinde hızlı ve yavaş ileten lifler birlikte seyretmektedirler ve farklı çaplardaki sinir liflerinin iletim parametreleri öngörülebilir. Elde edilen veriler, aynı sinir içerisinde farklı çaplarda bulunan sinir lifleri nedeni ile, sinir uyarımı sırasında desenkronize iletme bağlı oluşan temporal dispersiyon ve faz iptaline bağlıdır.

Anahtar Kelimeler : median sinir, ulnar sinir, sinir iletim çalışması, proksimal innervasyon, distal innervasyon

## SUMMARY

### **Comparison of nerve conduction parameters of proximal and distal muscles innervated by the bundles of median nerve and ulnar nerve**

Dr.Nedim ONGUN

The nerve fibers innervating different muscles in the same peripheral nerve traject seperately. Hence, it can be predicted that the nerve fibers innervating bigger and proximal muscles are thicker and faster than the smaller and distal ones. The aim of this study is to investigate and compare the conduction parameters of nerve bundles in the median nerve that innervate proximal muscles that are massy with distal muscles that are smaller. Additionally, we aimed to compare these parameters with those for ulnar nerve.

Thirty male and thirty female healthy volunteers between the ages of 18-70 years, who did not have any neuropathy with routine electrophysiological protocols were enrolled to the study. Conduction parameters for ulnar nevre were recorded from proximally located flexor carpi ulnaris muscle and distally located abductor digiti minimi muscle and proximally located pronator teres and flexor carpi radialis muscles. Each nerve was stimulated at the above-elbow and axillary regions seperately.

Conduction velocities and CMAP response durations were longer in proximally located muscles that are innervated either by ulnar or median nerves. However, CMAP amplitudes were smaller in proximal muscles. There was no significant difference between males and females in terms of conduction velocities and CMAP amplitudes recorded from proximal and distal muscles. There are fast and slow conducting fibers that traject together in the same peripheric nerve. It is also predictable that the conduction parameters can differ between thick and thin nerve fibers. Our results reveal that there is a temporal dispersion and phase cancellation due to desynchronized conduction during nerve stimulation. This is attributed to the wide range of fibre diameters innervating the proximal muscles.

Keywords : median nerve, ulnar nerve, nerve conduction study, proximal innervation, distal innervation

## GİRİŞ

Elektronöromiyografi (EMG) yardımı ile periferik sinir sisteminde spinal korddan hedef kasa ulaşana kadar sinir iletimi ile ilgili veriler elde edilebilir. Periferik motor sinir çapı spinal korddan çıktıktan sonra hedef kasa ulaşana kadar giderek azalır. Miyelinli bir sinir lifinde sinir lifi çapı ile sinir iletim hızı doğru orantı gösterir. Bu durum sinir lifi çapı azaldıkça iletim hızının da azalacağı şeklinde genellenebileceği gibi aynı sinir içerisindeki farklı çaptaki sinir liflerinin hızlarının da farklı olacağı söylenebilir (1).

Motor ünite büyüklüğü ve sinir lifi çapı innerve ettikleri kasın büyüklüğü ile korelasyon gösterir (2, 3). Dolayısıyla daha büyük kütleli ve proksimal yerleşimli kaslara giden sinir liflerinin daha büyük ve hızlı lifler olduğu öngörülebilir (4).

Bir periferik sinir tarafından birden çok kas uyarılmaktadır. Farklı kasları innerve eden sinir lifleri aynı periferik sinir içerisinde birbirlerinden farklı seyrederek ve çapları da farklı olmaktadır. Proksimal yerleşimli bir kası innerve eden lifler distal yerleşimli bir kası innerve edenlere göre daha kalın çaplıdır (3). Bu nedenle aynı periferik sinirin içerisinde bulunan sinir liflerinin dağılımı heterojen olabilmektedir. Sonuç olarak eğer bir sinir aynı bölgeden uyarılır ve proksimal ve distal yerleşimli iki farklı kastan elektrofizyolojik kayıtlama yapılırsa, aynı seyirde ve aynı periferik sinir içerisinde bulunan ancak farklı çaptaki sinir liflerinin iletim parametreleri hakkında yorum yapılabilir (5).

Bu çalışmanın amacı median sinir tarafından uyarılan proximal yerleşimli görece daha büyük kütleli bir önkol kasının ve küçük kütleli ve distal yerleşimli tenar kasların sinir iletim hızları, birleşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) amplitüdüleri ve sürelerini değerlendirmek ve bu verileri ulnar sinirden aynı yöntem ve çalışma tasarımı ile elde edilenlerle karşılaştırılmaktır. Bu sayede daha önce farklı sinir grupları üzerinde yapılan çalışmalarda elde edilen verilerin genellenebilirliği değerlendirilecek ve median sinir üzerinde ilk kez yapılacak bu inceleme ile sinir fizyolojisi ve sinir iletimini etkileyen etmenler hakkında yorum yapılabilecektir.

## GENEL BİLGİLER

### PERİFERİK SİNİR SİSTEMİ

#### Anatomi

Sinir impulsları, periferden merkezi sinir sistemine veya merkezi sinir sisteminden perifere periferik sinirler aracılığı ile taşınırlar. Periferik sinirler, sinir lifleri, ganglionlar ve duyuşal reseptörler ya da motor son plaklardan oluşurlar. Afferent lifler periferden algılanan duyuşları merkezi sinir sistemine iletirken, efferent lifler merkezi sinir sisteminden çıkarak kaslara veya organlara giderler (6). Periferik sinir sistemi kranial sinirler, spinal sinirler ve otonom sinir sistemi olmak üzere üç ana bölüme ayrılır. Periferik sinirler miyelinli ve miyelinsiz olma üzere iki çeşittir. Çoğunluğu oluşturan miyelinli lifler, spinal sinirler ve dalları ile bazıları hariç olmak üzere kranial sinirlerde görülür. Miyelinsiz lifler ise, özellikle otonom sistemde preganglionik lifler olarak ve periferik sistemde ağrı lifleri olarak bulunur (6).

Spinal sinirler medulla spinalise ön ve arka kökler aracılığı ile bağlanırlar. Ön ve arka kökler spinal ganglionun hemen dışında birleşerek spinal siniri oluştururlar ve foramen intervertebraleden geçerek vertebral kanalı terkederler. Spinal sinirlerin ön dalları birleşerek pleksusları oluştururlar (6).

Bu çalışmada konu edilen median ve ulnar sinirler pleksus brakialisten köken alırlar. Pleksus brakialis özellikle üst ekstremiteye dağılan, 5.-8. servikal ve 1. torakal spinal sinirlerin ön dallarının tümü ile 4. servikal ile 2. torakal sinirlerin ön dallarından gelen bir kısım liflerden oluşur (6). Pleksus brakialisten proksimalden distale doğru sırasıyla, spinal sinirlerin ön dalları, trunkuslar, fasikuluslar ve bunların terminal dalları çıkar. Trunkus superior servikal 5. ve 6. kök liflerini, trunkus medius servikal 7. kök liflerini, trunkus inferior servikal 8. ve torakal 1. kök liflerini taşır (7). Her bir trunkus çatallanarak ön ve arka olmak üzere iki dala ayrılır. Üst ve orta trunkusların ön dallarının birleşmesinden fasikulus lateralis meydana gelir. Trunkus

inferiorun ön dalı devam ederek fasikulus medialis yapar. Her üç trunkusun arka dalları birleşerek fasikulus posterioru meydana getirirler (7).

### ***Median Sinir***

Median sinir pleksus brakialisin en büyük sinirlerinden birisidir. Brakial pleksusta lateral ve medial fasikulusların birleşmesinden meydana gelir (6,9). Lateral komponent başlıca duysal sinir lifleri ve servikal 5.-6. motor liflerini taşır. Bunlar pleksusun trunkus superiorundan gelirler. Orta trunkusa servikal 7. kök liflerinin de katkısı vardır. Median sinirin medial fasikulus ve alt trunkustan gelen bölümü servikal 8. - torakal 1. liflerini taşır (8). Median sinir aksillanın lateral duvarında, aksiller artere yakın seyrederek kolda biceps braki kasının medialindeki olukta brakial arter ve ulnar sinir ile birlikte aşağıya doğru uzanır. Başlangıçta axiller arterin ön tarafında bulunan sinir, aşağıda brakial arterin dış tarafında yer alır. Kolun ortalarında brakial arteri önden çaprazlayarak iç tarafına geçer (6). Dirsek ekleminin ön tarafında brakialis kasının yüzeyinde, bisipitis braki kasının derininde ve biceps braki kasının tendonunun medialinde bulunur. Önkolun üst kısmında pronator teres kasının iki başı arasından geçer. Daha sonra ulnar arteri ön tarafından çaprazlayarak lateraline geçer. Önkolun orta hattında derin ve yüzeysel kaslar arasında el bileğine kadar uzanır. Önkolun alt kısmında yüzeysel olarak bulunan median sinir, palmaris longus ile fleksor karpi radialis kaslarının kirişleri arasında bulunur. Median sinir kanalis karpiden geçerek el ayasına gelir ve burada sadece deri ve aponeurosis palmaris tarafından örtülmüştür. Derininde fleksor kas kirişleri bulunur. El bileğine girer girmez deri ve kas dallarına ayrılır (6, 9).

Median sinir dirsek eklemine kadar olan bölümde dal vermez. Önkolda ilk dallarını kaslara verir. Bunlar pronator teres, fleksor karpi radialis ve fleksor digitorum sublimis kaslarıdır (8).

Median sinirin anterior interosseal dalı membrana interosseanın ön yüzünde fleksor pollicis longus kası ile fleksor digitorum profundus kası arasında el bileğine kadar uzanır. Burada verdiği uç dallar pronator quadratus kası ile el bileği eklemine

dağılır. Önkolun ön yüzündeki derin kaslardan ulnar kısmı hariç fleksor digitorum profundus kasını, fleksor pollicis longus kasını ve pronator quadratus kasını innerve eder (6).

Median sinirin radial tarafından ayrılan dallar fleksor retinakulumun derininden geçerek tenar kaslara gider. Somatomotor liflerden oluşan bu dallar abduktör pollicis brevis kası, opponens pollicis kası ve fleksor pollicis brevis kasının yüzeysel başını innerve ederler. Fleksör retinakulumun derininde karpal tünelden geçen çoğunluğu sensitif liflerden oluşan dallar ise başparmak ve işaret parmağı ile birlikte orta parmağın radyal yarısında parmak arterleri ile birlikte parmakların yan palmar yanlarında ucuna kadar uzanırlar (6, 9). Median sinir şematik olarak Şekil 1’ de gösterilmiştir.

### ***Ulnar Sinir***

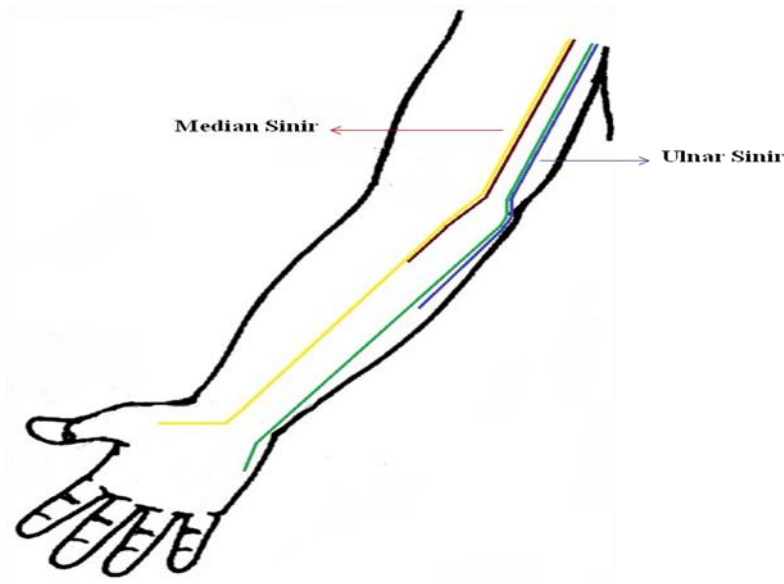
Ulnar sinir plexus brakialisin terminal dallarından olup fasikulus medialisin en büyük dalı olarak aşağıya doğru devamı şeklinde seyreder. Başlıca servikal 7. ve torakal 1. sinir köklerinden, bazen de servikal 7. sinir kökünden lif alır (9). Aksiller çukurda axiller arterin iç tarafında bulunan ulnar sinir, kolda brakial arter ve median sinirin iç tarafında ve biceps brachii kasının medial kenarında yüzeysel olarak ilerler. Kolun ortalarında içe ve arkaya doğru yön değiştirerek birlikte seyrettiği yapılardan ayrılır. Fleksör ve ekstansör kas gruplarını ayıran septum intermuskulare medialeyle delerek arkaya geçer. Burada triceps brachii kasının medial başının iç kenarını takip ederek, humerusun iç epikondilindeki sulkus nervi ulnaris gelir. Bu olukta sadece deri ve fasya ile örtülü olan ulnar sinir elle kolaylıkla hissedilebilir (8).

Ulnar sinir önkola fleksör karpi ulnaris kasının iki başı arasından geçerek girer. Önkolun ortalarına kadar da bu kas ile fleksör digitorum profundus kası arasında, daha aşağıda ise fleksör karpi ulnaris kasının radyal kenarı boyunca yüzeysel olarak uzanır. Ulnar sinir önkolun üst yarısında yalnız seyretmesine rağmen, alt yarısında ulnar arter ile birlikte ilerler (6).

Ulnar sinir dirsek eklemine kadar olan bölümünde dal vermez. Önkolda dirsek eklemi yakınlarında ayrılan muskuler dallar fleksor digitorum profundus kasının ulnar bölümü ile fleksor karpi ulnaris kasını innerve ederler (6).

Ulnar sinirin dorsal dalları önkolun distal 1/3' ünde ayrılırlar. Fleksor karpi ulnaris kasının derininden ulnar tarafa doğru geçerek derin fasyayı deler ve yüzeyelleşirler. Dorsal tarafta el bileği ve elin ulnar tarafında ilerleyerek distal dallarına ayrılırlar. Bu dallar küçük parmağın dorsal yüzünün ulnar tarafında, dördüncü ve beşinci parmakların birbirine bakan yüzlerinde ve üçüncü ve dördüncü parmakların birbirine bakan yüzlerinde ve dorsal yüzlerinde dağılırlar (6).

Ulnar sinirin palmar dalları abduktör digiti minimi ve fleksör digiti minimi brevis kaslarının arasından geçerek ulnar arterin derin dalı ile birlikte metakarpallerin üst kısımları yakınında başparmağa kadar uzanırlar. Opponens digiti minimi kasını delerek geçen bu sinir interosseal kaslarla derin fleksör kirişler arasında bulunur. Ulnar sinir palmar bölgede başlangıç kısmından ayrılan bir dalla abduktör digiti minimi, fleksör digiti minimi brevis ve opponens digiti minimi kaslarını ( hipotenar kaslar ) innerve eder. Daha sonra üçüncü ve dördüncü lumbrikal ve tüm interosseal kaslara üzerinden geçtikçe somatomotor dallar verir. Fleksör pollisis kasının derin başı ve addüktör pollisis kasına verdiği somatomotor liflerle son bulur (6). Ulnar sinir şematik olarak Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1: Median sinir ve ulnar sinir şematik gösterimi

### ***Median Sinir ve Ulnar Sinir Varyasyonları***

Fasikulus lateralisin muskulokutanöz ve median siniri oluşturacak uç dalları orijin bakımından hayli varyasyonlar gösterebilirler. Korakobrakialis kasına giden motor dallar ayrı lifler şeklinde çıkabilir. Böyle durumlarda muskulokutanöz sinir median sinir ile birlikte biceps braki kasının altından geçinceye kadar birlikte seyrederek daha sonra median sinire katılabilir. Bazen pronator terese bir dal vererek radial sinirin yüzeysel dalı bulunmadığı durumlarda başparmağın dorsal kısmına dağılır. Normalde pronator teres kasının iki başı arasından geçen median sinir nadiren buradan geçmeyebilir. Bu gibi durumlarda ya kasın ulnar başı bulunmaz ya da ulnar arter gibi ulnar başının da derininden geçer (6).

Median sinirin en sık görülen anomalisi Martin Gruber anastomozudur. Burada temel anomali median sinir motor liflerinin önkolda ulnar sinire katılmasıdır. Martin Gruber ve benzeri anastomozlar değişik tiplerde karşımıza çıkabilir (8).

Ulnar sinir kolda da median sinir ve muskulokutanöz sinir ile bağlantı kurabilir. Triseps braki kasının medial başına, fleksor digitorum superficialis kasına ve fleksor pollicis brevis kasının derin başına somatomotor dallar verebilir (6). %2 oranında tenar kaslar da dahil olmak üzere tüm el kasları ulnar sinir tarafından innerve olabilir ( Tüm ulnar el sendromu ) (8).

### **Fizyoloji**

Sinir sinyalleri membran potansiyellerindeki hızlı değişimlerden oluşan aksiyon potansiyelleri ile iletilir. Oluşan aksiyon potansiyelinin iletim hızı akson çapına bağlıdır. Ancak hızda esas belirleyici myelinin varlığıdır. Miyelin, Schwann hücre membranının aksonu sarması ve akson etrafında yaptığı kıvrımlar ile oluşur. Myelin kılıfı, Ranvier boğumları ve nöromuskuler bileşke dışında devamlılık gösterir. Akson boyunca süreklilik gösteren depolarizasyon Ranvier boğumuna gelindiğinde atlama gösterir ki buna sıçrayıcı iletim denir. Myelinize aksonlarda sodyum kanalları



Ranvier boğumu bölgesinde en yoğundur. Akson boyunca ilerleyen aksiyon potansiyeli kas liflerine geldiğinde burada yanıt oluşturur ve kas kasılması meydana gelir (10).

Kas kasılması aksiyon potansiyelinin motor sinir boyunca kas lifindeki sonlanmasına kadar yayılması ile başlar. Aksiyon potansiyeli nöromusküler bileşkeye geldiğinde voltaja bağımlı kalsiyum kanalları açılır ve presinaptik uca kalsiyum girişi olur. Hücre içi kalsiyum artışı asetilkolin salınımı ile sonuçlanır. Asetilkolin sinaptik aralığa diffüze olur ve kas membranındaki reseptörlerine bağlanır. Bu reseptörler ise sodyum kanallarının açılmasını sağlayarak kasta aksiyon potansiyeli oluştururlar (11).

Periferik sinirler distale gidildikçe kaslara giden dallarını vererek incelmektedirler. Farklı kaslara giden sinir lifleri periferik sinir içerisinde birlikte seyretmek ile birlikte, ayrı demetler oluşturmaktadırlar. Özellikle siyatik sinir içindeki tibial ve fibular dallar arasında gözlenen oluk bu durumun bir örneğidir (12). Organizmada farklı kaslarda, farklı çaptaki lifler, farklı sayılarda bulunmaktadır. Farklı kaslarda farklı sinir liflerinin yer almasının nedeni kasların farklı görevler için tasarımıdır. Örneğin gücün ve hızlı kasılmanın önem kazandığı, ekonominin ön planda olmadığı gastroknemius gibi kaslarda geniş lifler ön planda iken soleus gibi daha çok sürekli ve ekonomik kasılmanın gerektiği küçük kırmızı kaslarda bu durumun tersi söz konusudur. Ayrıca gastroknemius örneğindeki gibi gücün ön planda olduğu kaslarda bir sinir lifinin bir çok kas lifini innerve ederek daha büyük bir motor ünit meydana getirirken daha küçük ince hareket ya da sürekli ekonomik hareket gerektiren kaslarda ise bir lifin daha az sayıda kas lifi ile ilişkisi olduğu, dolayısı ile daha küçük motor ünitler oluşturduğu bilinmektedir (13). Lif çapı arttıkça sinir iletim hızının da arttığı iyi bilinmektedir. Farklı lif grupları temel alınarak yapılmış elektrofizyolojik çalışmalar bu gerçeği desteklemektedir. Motor ünit sayısının yanında büyüklüğünün de iletim hızı ve dolayısıyla akson çapı ile olan ilişkisi gösterilmiştir (2). Bu bulgular eşliğinde küçük liflerin küçük ünitleri innerve ettiği, ünit büyüdükçe lif çapı, dolayısıyla sinir iletim hızının da arttığı ve motor sinir lifi çapının innerve ettiği kas lifi sayısı ile orantılı olarak artacağı söylenebilir (2,13).

## SİNİR İLETİMİNİ ETKİLEYEN ETMENLER

İnsanda sinir iletim hızı ve sinir aksiyon potansiyeli üzerinde sinir lifi çapı dışında çeşitli biyolojik ve fiziksel etmenlerin de rolü vardır. Bunların bir bölümü rutin araştırmalarda önemli bir sapma yaratmazlar. Ancak bazı etmenlerin bireysel sonuçlar üzerinde etkili olabileceklerinden göz önünde bulundurulmaları gerekmektedir (14).

### Yaş

Sinir iletimleri ve uyarılmış çalışmalarda en etkili etmen yaştır. Yaşın etkisi bebeklik ve çocukluk döneminde sinir iletimlerinde giderek hızlanma ve erken erişkin çağıdan yaşlılığa doğru iletim hızlarında giderek yavaşlama ve amplitüdlere düşme şeklinde genellenebilir. Yeni doğan bebeklerde motor iletim hızı erişkinlerdeki iletim hızı değerinin yaklaşık yarısı kadardır. Bebeklik ve çocukluk çağında motor iletim hızı giderek artar. 3-5 yaşlar arasında erişkin değerler içine girer ve iletim hızı artışı yaşla ilerleyici olarak devam eder (15). Miyelinli liflerin 2-5 yaş arasında maturasyona ulaştığı bilinmektedir ve bu nedenle bulgular Rexed'in histolojik bulgularına uymaktadır (14). Çocuklarda maksimal ileten lifler kadar daha yavaş ileten liflerde de maturasyon benzer bir gidiş izler ve iletim hızlanır. Daha geniş açıdan bakılırsa çocukluk ve adölesan döneminde 3 yaştan 19 yaşa kadar iletim hızları üst ekstremitelerde hafifçe artış gösterir. Oysa alt ekstremitelerde ekstremitede uzadığı için yaş artışı ile iletim hızı artışı çok daha yavaş olmaktadır. Erişkin dönemden itibaren yaşlılığa doğru her 10 yılda bir iletim hızı 0.8-1.8 m/sn azalır. Pratik yaşamda 50-60 yaşlardan itibaren sinir iletim hızlarının yavaşlama eğilimi gösterdiğini görürüz. Bu yavaşlama genç erişkinlere göre yaklaşık %6-10 civarındadır. Çocukluk çağında sinir iletim hızlarının yavaş olması genellikle lif çapının ufak olması ve miyelinizasyonun olgunlaşmamış olması ile ilgilidir. Yaşlılıkta iletim yavaşlaması ise muhtemelen sinir gövdesi içinde bazı sinir liflerinde saptanan izole segmental demiyelinizasyon nedeniyledir. Rutinde sinir iletimini değerlendirirken olgunun yaşının göz önünde bulundurulması bu nedenlerden dolayı önemlidir (14).

## **Cinsiyet**

Kadınlarda motor ve duysal sinir iletimlerinin daha hızlı ve aksiyon potansiyellerinin daha yüksek amplitüdü olduğu belirtilmektedir (16). Sinir iletim hızlarının kadınlarda 6 m/sn kadar daha hızlı olduğu bildirilse de bazı araştırmacılar bu konuda anlamlı bir fark bulmamışlardır. Kadınlarda duysal sinir aksiyon potansiyeli amplitüdülerinin daha yüksek olması, parmak deri ve deri altı dokusunun erkeklerden daha ince olması ve aksiyon potansiyelinin daha yakından kaydedilmesi ile açıklanabilir (14).

## **Boy**

Boy uzunluğu ile sinir iletim hızı arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Boy uzunluğu ile duysal amplitüdüler arasında negatif ilişki varken, distal latanslar arasında pozitif ilişki bulunmaktadır (17). Boyda 100 mm' lik artış sinir iletim hızında 2-3 m/sn' lik bir azalmaya neden olmaktadır. Boyun sinir iletim hızları üzerine etkisini kabul etmeyen bazı yazarlar, boy artışı ile üst ve alt ekstremitelerde tuzak nöropati sıklığının arttığını ve bunun iletim hızları üzerine etkisinin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir (14).

## **Beden Isısı**

Sinir iletim hızı üzerine en etkili etmenlerin başında beden ve çevre ısısındaki değişimler gelir. Deney hayvanlarında beden ısısının ve incelenen sinir çevresindeki ısının düşürülmesi sonucu sinir liflerinde membran yüzeyi sodyum ve potasyum kanallarının geçirgenliğinin değiştiği ve sonuç olarak sinir iletimi ve senkronizasyonunun bozulduğu gösterilmiştir. Sinir iletim hızı yavaşlaması da kas ve sinir aksiyon potansiyellerini etkilemekte ve motor son plak işlevi bozulmaktadır (14).

Isı değişmesinden en fazla etkilenen, sinir lifi aksiyon potansiyelinin konfigürasyonudur. Isının azalması ile sodyum kanallarının açılıp kapanması

yavaşlar. Depolarizasyonun yavaşlaması sinir iletim hızını yavaşlatır. Repolarizasyonun da yavaşlaması kanal açılma süresini uzatır ve bu da aksiyon potansiyeli süresinde uzamaya neden olur. Kanal açıklığının uzaması bu sırada daha fazla sodyum iyonunun hücre içine girmesine ve daha fazla depolarizasyona yol açarak yanıtın amplitüdünü arttırır. Isı artışı ile ise aksiyon potansiyelinin sinirde iletim hızı artar, süresi ve amplitüdü azalır (14). Doku ısısındaki 29-38 °C arası değişmelerde 1 °C' lik sıcaklık düşmesi iletim hızında yaklaşık 2.4 m/sn azalmaya yol açar. Sıcaklığın 1 °C düşmesi amplitüdde %1.7 oranında artmaya neden olsa da 18 °C' nin de altına düşmesi amplitüd düşmesine neden olabilir (17)

### **Teknik Nedenler**

Sinir iletimini olumsuz etkileyen, çoğu da sinir iletim çalışmasını yapan kişiden kaynaklanan bazı etmenler de vardır. Bunların başında iletim hızı hesaplanmasında kullanılan mesafelerin yanlış ölçülmesi gelir. Mesafe ölçümü sırasında kol ve bacak pozisyonlarının uygun olmaması hatalara neden olabilir. En fazla sorun ulnar sinir çalışmaları sırasında ortaya çıkar (14). Ulnar sinir dirsekte fleksiyon ve ekstansiyon sırasında dinamik açıdan değişmelere uğrar. Tam fleksiyon sırasında medial epikondil ile olekranon arasındaki mesafe artarak yaklaşık 1 cm olur. Bu durumda uygun olan, mesafe ölçümünü de sinir uyarımı yapılan pozisyonda yapmak veya standart olarak dirsek 90° fleksiyon pozisyonda iken çalışmayı yapmaktır (8,14).

### **SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARI**

Sinir anatomik olarak deriye yakın uygun noktalarından elektriksel olarak uyarılırsa, sinirin innerve ettiği kaslardan yüzeysel elektrodlar ile uyarılmış kas yanıtları veya diğer adı ile M yanıtları kaydedilebilir. Bu yanıtın bir diğer adı da bileşik kas aksiyon potansiyelidir (BKAP). BKAP eş zamanlı aktive edilmiş kas aksiyon potansiyellerinin sumasyonunun kaydıdır. Sumasyon, postsinaptik potansiyellerin aksiyon potansiyelini tetikleyip tetiklemeyeceğini belirleyen, nöronlar arası sinyal iletim yöntemidir. İki tipi vardır. Zamansal (temporal) sumasyon, belirli

bir zaman diliminde tekrar eden zayıf uyarıların eksitasyona neden olmasıdır. Bir potansiyel, başladığı noktada, biten önceki potansiyel ile cebirsel toplanarak daha büyük bir potansiyel oluşturur. Mekansal (spatial) sumasyon, aynı anda farklı alanlardan gelen zayıf uyarıların eksitasyona neden olmasıdır. Postsinaptik potansiyeller birleşerek eşik değere ulaşır ve aksiyon potansiyelini başlatırlar.

BKAP' ın amplitüdünün en üst düzeye ulaşması için sinir uyarımının supramaksimal düzeyde olması gerekir. Elektriksel uyarı önce osiloskopta süpürücüyü tetikler ve buna ait bir stimulus işareti ya da artefaktı gözlenir. Bu işareti izleyerek belirli bir zaman aralığından sonra kas aksiyon potansiyeli ortaya çıkar. Stimulus işaretinin başlangıcından kas aksiyon potansiyelinin başladığı noktaya kadar olan bu sessiz süre iletim zamanı ya da motor latans olarak anılır. Bu süre milisaniye olarak kaydedilir. Ancak motor sinir iletim hızını hesaplayabilmek için sinirin ikinci bir noktadan daha uyarılması gerekir. Bu halde sinirin iki ayrı noktadan supramaksimal uyarılması ile iki adet M yanıtı meydana gelir. Proksimal uyarımla elde edilen M yanıtında, uyarıcı elektrodun kasa olan uzaklığının artması nedeni ile iletim zamanı uzamıştır. Bu yanıtın amplitüdü hafifçe düşebilir ve süresi uzayabilir. Proksimal ve distal uyarı noktaları arasındaki mesafe (mm), iki M yanıtı arasındaki latans farkına (msn) bölünür ise bu belirlenen mesafedeki motor sinir ileti hızı hesaplanmış olur. Birimi metre/saniye (m/sn)' dir (19).

## **Uyarım**

Periferik sinirlere uyarı verebilmek için iğne elektrodlar da kullanılabilir. Bu elektrodlarla birlikte genellikle yüzeysel bipolar elektrodlar kullanılırlar. Bu elektrodlarda distal katod ile proksimal anod belirli bir sabit aralığa monte edilmişlerdir. Bu aralık genellikle 2-3 cm kadardır (17). Katod negatif, anod pozitif uçtur. Bunlar anyon ve kationları kendilerine çekerler. Stimülatörden elektriksel uyarım geldiğinde bu iki uç arasında bir elektrik akımı meydana gelir. Negatif şarjlar katod altında toplanır ve alttaki sinir depolarize edilir (19).

Elektriksel uyarımlar distal kasta ortaya çıkarttıkları M yanıtının büyüklüğüne göre sınıflandırılabilirler. Eşik uyarım kasta bazen M yanıtı çıkartabilen, bazen de çıkartamayan bir uyarıdır. Uyarı süresi arttırılırsa eşik üstü uyarım düzeyine çıkılır. Her uyarımın bir M yanıtı yarattığı, ancak her uyarıda değişik yanıtların elde edilebildiği düzeye submaksimal uyarım denir. Maksimal uyarımda ise sinire ait tüm aksonlar uyarıldığı için uyarı ne kadar arttırılırsa da artık M yanıtının ne latansı ne de amplitüdü değişir. Akım şiddeti daha da arttırılır ise amplitüdün değişmediği ancak daha kısa latanslı bir yanıtın elde edilebildiği bir seviyeye gelinir ki buna da supramaksimal uyarım denir. Latansın kısa olması akım şiddetinin yarattığı elektrik devresinin sinir liflerini daha distal bir noktadan uyarılması ile açıklanabilir. Bu nedenle maksimalden supramaksimal uyarım şiddetlerine geçerken abartılı artışlar yapmamak gerekir. Ayrıca çok yüksek akım şiddeti ve çok uzun süreli uyarımların kullanılması halinde yakında olan bir başka sinir de aynı anda uyarılabilir. Komşu sinir normal, incelemek istediğimiz sinir anormal ise latans yanlılıkla normal olarak alınabilir. Bu durumda iki komşu siniri maksimal uyarım şiddetlerinde ayrı ayrı uyartarak kontrol etmek gerekir (19).

Stimülatörden çıkan ve tek atışlar halinde elektroda geçirilen akımlar dik açılı elektrik şoklarıdır. Akımın süresi 0.05-2.0 msn arasında değişebilir. Genellikle yüzeysel uyarım ile 0.1 msn süreli, 100-300 volt veya 10-30 miliamper şeklindeki elektriksel şoklar sağlam sinirleri supramaksimal olarak uyartabilirler (17,19).

### **Kastan Kayıtlama**

Kastan kayıtlamada bileşik kas aksiyon potansiyellerinin tümünün aktivasyonunu kaydedebildiği için genellikle yüzeysel elektrodlar kullanılır. Yüzeysel elektrod olarak paslanmaz çelik ya da gümüş klorürlü disk elektrodlar kullanılabilir. Yüzeysel disk elektrotlar ile kayıttta, anod-katod arası mesafenin ayarlanabilmesi avantaj olmakla birlikte, araya girebilecek istenmeyen potansiyel kayıtları sorun teşkil edebilir. Bu elektrodların dışında anod ve katod arası mesafesi sabit olan (2-4 cm), kullanılırken içlerine ıslak keçe yerleştirilen, yuvarlak veya dikdörtgen elektrodlar da vardır. Yüzeysel bar elektrod, disk elektroda kıyasla daha geniş yüzey

alanı ile daha geniş bir alandan potansiyel kaydı sağlamaktadır. Eğer sabit oturmuş yüzeyel elektrodlarla kas aksiyon potansiyelleri kayıt edilecekse bu bir bipolar kayıtlama olur. Ancak diğer tip yapıştırılmalı yüzeyel elektrodlar kullanılırsa M yanıtı genellikle unipolar olarak kaydedilir (19). Aktif elektrod kasın tam ortasına veya en şişkin yerine, referans elektrod olarak adlandırılan diğer elektrod ise genellikle kasın tendonu üzerine yapıştırılır. Kas-tendon yerleşimli kayıtlama ile aktif elektrod altından yayılan kas aksiyon potansiyeli, ilk negativite ardından bifazik dalga formu şeklinde elde edilir. Kayıt elektrodlarının yanlış yerleşimi halinde negatif dalga öncesinde basit bir pozitif potansiyel alınabilir (17). Yüzeyel kayıtlama ile kasa giden bütün motor aksonların meydana getirdikleri aktivasyonun toplamı alınır. Bu durum M yanıtının amplitüd, süre ve şekil özellikleri üzerine daha fazla eğilmemize yol açar. Kasta tüm kas liflerinin aktive olduğunu varsayarsak potansiyelin süre ve şekil değişimleri bize dolaylı olarak farklı iletim hızına sahip olan motor aksonlar hakkında daha fazla bilgi verebilir (19).

M yanıtının izoelektrik çizgiden ilk ayrıldığı nokta kasa ilk ulaşan en hızlı iletim yapan motor aksonların aktivasyonu ile meydana gelir. Dolayısı ile M yanıtının başlangıcını ölçmekle en hızlı ileten aksonlardaki iletim hızı hesaplanabilir. Buna göre daha yavaş iletim yapan motor aksonlardan gelen impulsların yaptıkları kas aktivasyonunun ardı ardına birbirine eklenmesi sonucu M yanıtının süresi, amplitüdü ve şekli ortaya çıkar. Başlangıç latansı, en hızlı ileten motor aksonlar hakkında, amplitüd ise bir sinir gövdesi uyarımı ile uyarılabilen motor aksonların tümü hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar (19).

### **M Yanıtı ve Motor İletim Parametreleri**

Yüzeyel elektrod ile elde edilen M yanıtının ve distal ve proksimal uyarım ile ortaya çıkan motor iletim hızının ölçümünde bazı parametrelere dikkat edilmelidir. Motor sinir iletim parametreleri Şekil 2' de gösterilmiştir.

### ***Latans***

Sinirin en distal uyarım noktasından M yanıtının başlangıcına kadar olan zamandır. Stimulus artefaktının başlangıcından M yanıtının izoelektrik çizgiyi ilk değiştirdiği noktaya kadar ölçülür ve milisaniye olarak ifade edilir (19). Distal latans, distal uyarı yerinden nöromuskuler bileşkeye kadar olan sinir iletim süresi, nöromuskuler bileşkedeki geçiş süresi ve kas boyunca depolarizasyon zamanı şeklinde üç farklı süreci içerir (17,20). Proksimal latans ise bu üç sürece ek olarak proksimal uyarı noktası ile distal uyarı noktası arasındaki sinir segmentini katetme zamanını da içerir ve bekleneneği üzere daha uzundur (20).

### ***İletim Zamanı***

Proksimal ve distal uyarım ile elde edilen latansların farkına iletim zamanı denir. Daha çok M yanıtlarının ilk başlangıç noktalarından ölçülür (19).

### ***İletim Hızı***

Proksimal ve distal uyarım noktaları arasındaki mesafenin iletim zamanına bölünmesi ile ortaya çıkar. Metre/Saniye (m/sn) olarak ifade edilir. En hızlı ileten alfa motor nöronlardaki iletim hızını verir (19). Distal latans sadece sinir iletimine değil aynı zamanda nöromuskuler bileşke özelliklerine de bağlı olduğundan iletim hızı iki farklı nokta arasında ölçülmelidir (20).

### ***Amplitüd***

M yanıtının amplitüdü iki farklı şekilde ölçülebilir. Bunlardan biri en yüksek ve en alçakta bulunan negatif ve pozitif tepeler arası amplitüdün ölçümüdür (peak to peak). Diğer ölçüm yöntemi ise izoelektrik çizgiden en yüksek negatif noktaya olan ölçümdür (Onset to negative peak). Bu değerler milivolt (mV) olarak ifade edilir (19). BKAP amplitüdü, uyarılan ve potansiyeli oluşturan kas lifi sayısını yansıtır. Yine BKAP süresi potansiyel oluşumuna katılımın senkron ateşlenme fonksiyonunu



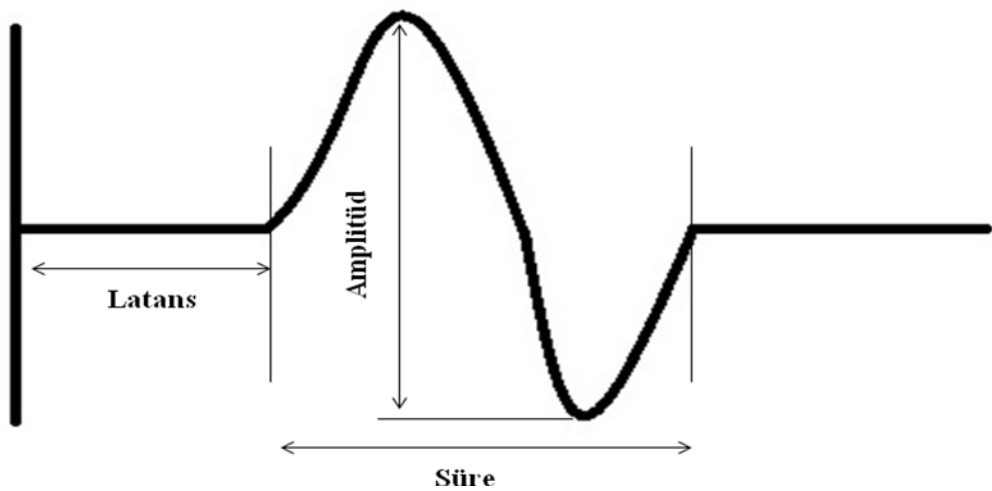
gösterir. Bu durumda amplitüd azalması genellikle akson ya da uyarılabilecek kas lifi kaybının bir göstergesidir (20,21).

### *Süre*

M yanıtının süresi birkaç yöntemle ölçülebilir. M yanıtının başlangıcı ile ilk negatif pozitif geçişin izoelektrik çizgiyi kestiği noktaya kadar olan mesafe ölçülebileceği gibi pratikte daha sık olarak başlangıçtan M yanıtının bitişi, yani son kez izoelektrik çizgiye dönmesine kadar olan mesafe kullanılır (22). Süre milisaniye olarak ifade edilir. Süre esas olarak eş zamanlılığın bir ölçüsüdür. Sinir ve kas liflerinin eş zamanlı ateşlenmelerini temsil eder. Bu yüzden sinir ve kas liflerinde kısmi etkilenme olan lezyonlarda süre uzar (20).

### *Alan*

İzoelektrik hattın ilk negatif sapma ya da hem negatif hem de pozitif sapmalar ile izoelektrik çizgi arasındaki toplam alan ölçülür. BKAP alanı direkt olarak potansiyel oluşumuna katılan motor unit veya kas lifi sayısı ile ilişkilidir. Ateşlenen kas liflerini temsil eden bir başka ölçümdür (19,21).



Şekil 2: Motor sinir iletim parametreleri

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma için Pamukkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu' nun 30.04.2013-06 sayılı toplantı ve 60116787/83 sayılı yazısı ile onay alınmıştır.

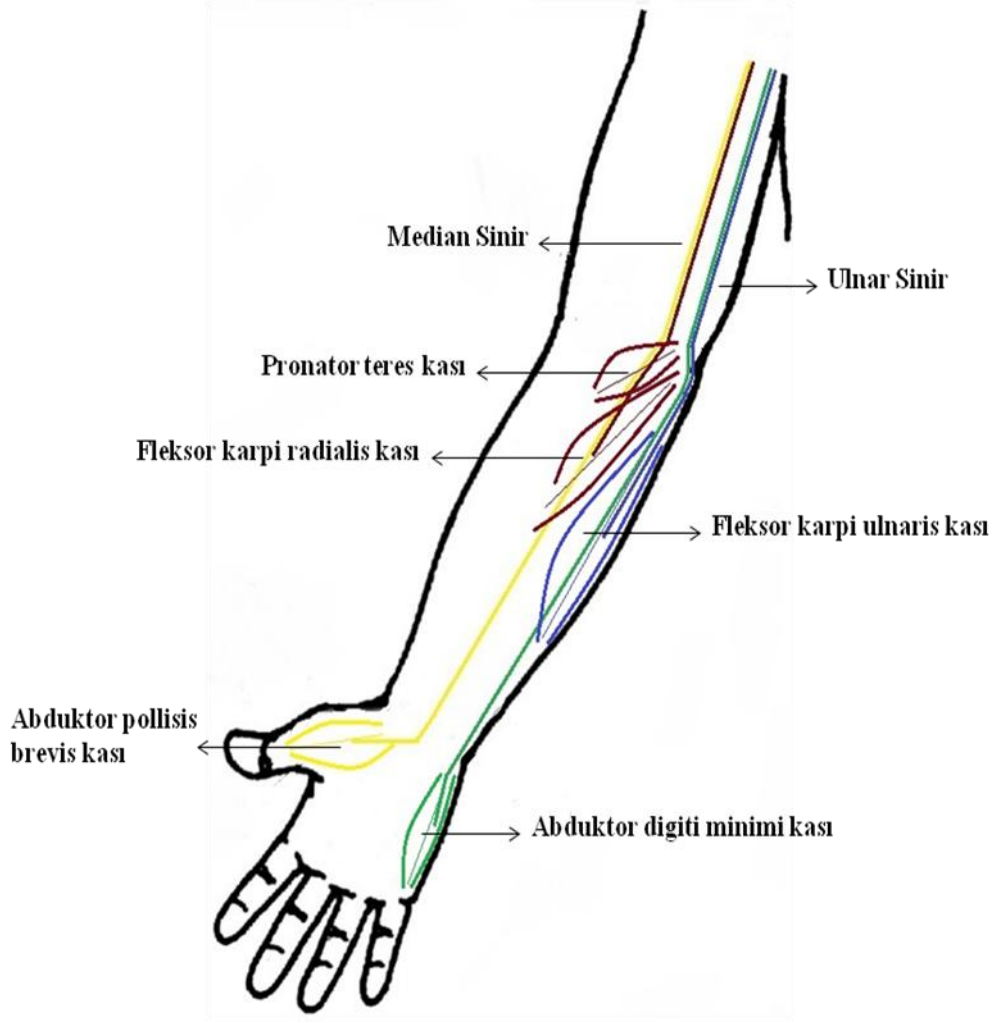
### DENEK SEÇİMİ

Çalışmamıza, Pamukkale Üniversitesi Hastanesi Nöroloji Kliniği EMG laboratuvarında değerlendirilen, rutin elektrofizyolojik protokoller ile herhangi bir nöropati saptanmayan, bilinen bir sistemik hastalığı olmayan, 18-70 yaş arası, 30 sağlıklı gönüllü erkek ve 30 sağlıklı gönüllü kadın katılımcı dahil edildi. Tüm katılımcılardan gönüllü olur formu alındı.

### YÖNTEM

Tüm katılımcılarda sağ üst ekstremitede median sinir ve ulnar sinirde sinir iletim çalışması yapıldı. Katılımcı sırt üstü yatar konumda iken, sağ kol gövdeye yaklaşık 90 derece ve önkol, kola yine 90 derece açık konumda olacak şekilde inceleme yapıldı. Dirsek üstü ve aksiller bölgelerden ayrı ayrı uyarı verilerek, ulnar sinir ile innerve olan proksimal yerleşimli fleksor karpı ulnaris kası ve distal yerleşimli abduktör digiti minimi kasından; median sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli pronator teres kası ve fleksor karpı radialis kası ile distal yerleşimli abduktör pollisis brevis kasından kayıt alındı. Median sinir, ulnar sinir ve bu sinirler tarafından innerve edilen, çalışmada kullanılan kaslar Şekil 3' de gösterilmiştir. Çalışma Medelec Synergy Nicolet EDX EMG cihazı ile yapıldı. Oda sıcaklığı 25-28 °C arasında tutuldu. Gerekli olması halinde ekstremitenin ısıtılması sağlandı.

Çalışma sırasında uyarı süresi 100 µsn, ekran süpürücü zamanı 40 msn, duyarlılık 5 mV olarak kullanıldı. 3 Hz alçak frekans ve 10 kHz yüksek frekans filtreleri çalıştırıldı.



Şekil 3: Median sinir, ulnar sinir ve çalışmada kullanılan kaslar

## Uyarım

Sinir uyarımları 2 cm sabit aralıklı yüzeysel bipolar elektrod ile supramaksimal uyarım ile yapıldı. Uyarı yoğunluğu BKAP amplitüdünün daha fazla artmadığı noktaya kadar yavaşça arttırıldı. Maksimal uyarım değerinden yapılan %25 oranında artışın ardından bu nokta uyarı seviyesi olarak belirlendi (3).

### ***Ulnar Sinir Uyarımı***

Kol segmentinde, humerusun iç epikondilindeki sulkus nervi ulnarisin 2 cm proksimali distal uyarı noktası olarak; aksiller bölgede brakial arter laterali ve biceps braki kasının medial kıyısı proksimal uyarı noktası olarak seçildi (8) (Şekil 4).

### ***Median Sinir Uyarımı***

Dirsek ön yüzünde brakial arter pulsasyonunun ve biceps braki kasının tendonunun mediali distal uyarım noktası olarak; aksiller bölgede brakial arter laterali ve biceps braki kasının medial kıyısı proksimal uyarı noktası olarak seçildi (8) (Şekil 5).

### **Kayıtlama**

Kastan kayıtlama sırasında 50 mm uzunluğunda, 20x8 mm'-lik kayıt yüzey alanına sahip, anod-katod arası mesafesi 3 cm olan yüzeyel bar elektrod kullanıldı. Aktif elektrod kasın orta noktasında veya en şişkin yerinde, referans elektrod ise aktif elektrodun distalinde olacak şekilde yerleştirildi.

Fleksör Karpi Ulnaris Kası : Aktif elektrod, önkolun proksimal ve orta 1/3'-lük kısımlarının kesişim noktasında ulnanın 2 parmak lateralinde; referans elektrod, aktif elektrodun distalinde olacak şekilde kayıt alındı (23,24).

Abduktor Digiti Minimi Kası : Aktif elektrod, distal bilek çizgisi ile 5. metakarpofalangial eklem arasında orta noktada; referans elektrod, aktif elektrod distalinde metakarpofalangial eklemde olacak şekilde kayıt alındı (24,25).

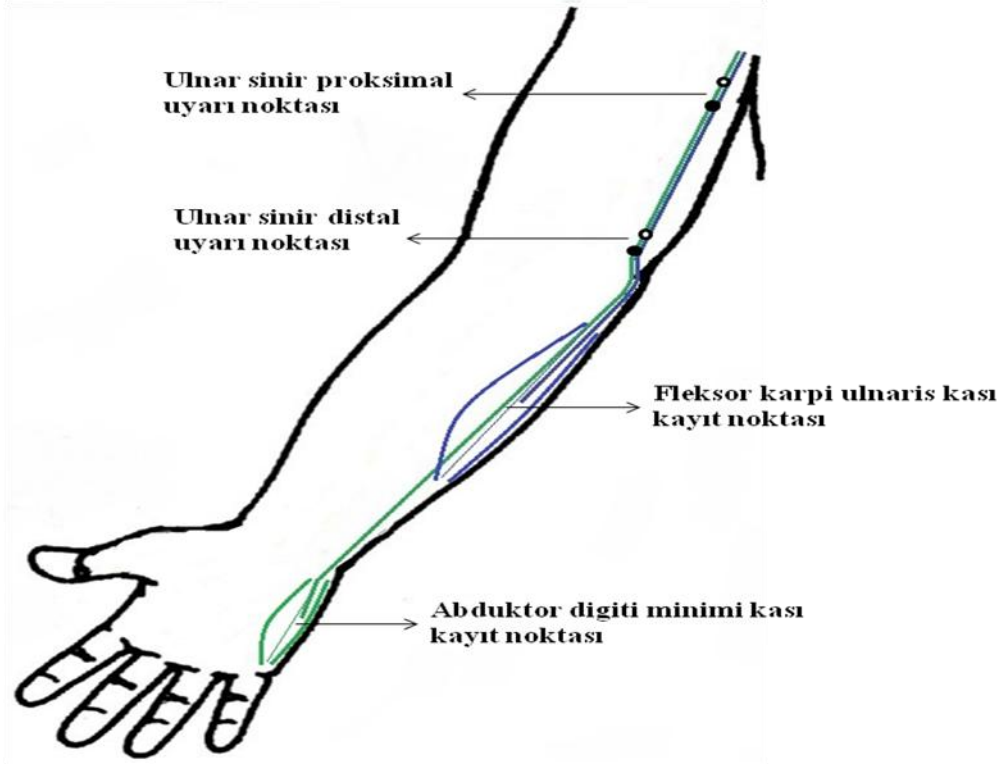
Pronator Teres Kası : Aktif elektrod, humerus medial epikondili ile biceps braki kası tendonu arasında orta noktadan 2 parmak distalde; referans elektrod, aktif elektrodun distalinde olacak şekilde kayıt alındı (24).

Fleksor Karpi Radialis Kası : Aktif elektrod, humerus medial epikondili ile biceps braki kası tendonu arasında orta noktadan 4 parmak distalde; referans elektrod, aktif elektrodun distalinde olacak şekilde kayıt alındı (24).

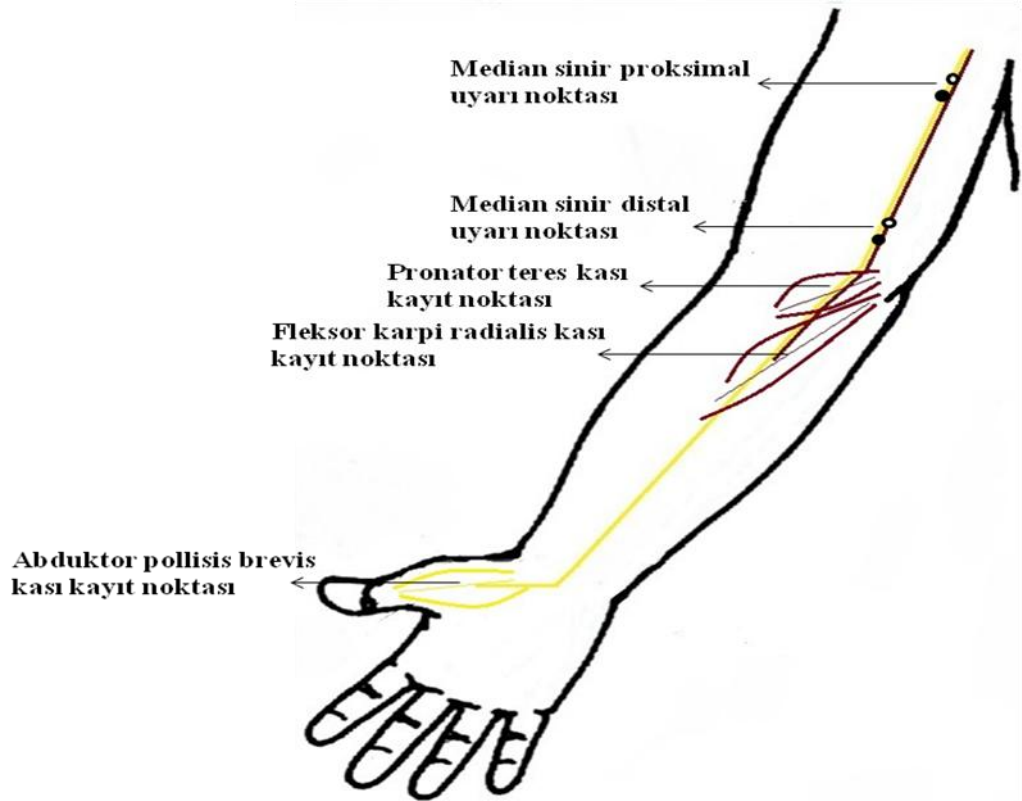
Abductor Pollisis Brevis Kası : Aktif elektrod, palmar yüzde 1. metakarpofalangial eklem ile karpometakarpal eklem arasında orta noktada; referans elektrod, aktif elektrodun distalinde metakarpofalangial eklemde olacak şekilde kayıt alındı (24,26).

### **DENEY ŐEMASI**

Denek sırt üstü yatar konumda iken, sağ kol gövdeye yaklaşık 90 derece ve önkol kola yine 90 derece açık konuma getirildi. Fleksor karpi ulnaris ve abduktor digiti minimi kaslarından kayıt yapılarak *ulnar sinir* her kas için ayrı ayrı proksimal ve distal uyarım noktalarından uyarıldı (Şekil 4). Pronator teres, fleksor karpi radialis ve abduktor pollisis brevis kaslarından kayıt yapılarak *median sinir* her kas için ayrı ayrı proksimal ve distal uyarım noktalarından uyarıldı (Şekil 5). Her kayıt için sinir iletim hızı, BKAP amplitüdü ve yanıt süresi hesaplandı. Amplitüd, en yüksek ve en alçakta bulunan negatif ve pozitif tepeler arası mesafe olarak (peak to peak); latans, uyarı artefaktından negatif sapma başlangıcına kadar olan mesafe olarak; süre, ilk negatif sapma başlangıcından M yanıtının bitişı, yani son kez izoelektrik çizgiye dönmesine kadar olan mesafe olarak ölçüldü. Sinir iletim hızı ise ulnar ve median sinirlerin proximal ve distal uyarım noktaları arası mesafe yardımı ile EMG cihazı tarafından hesaplandı.



Şekil 4: Ulnar sinir uyarım ve kas kayıt noktaları



Şekil 5: Median sinir uyarım ve kas kayıt noktaları

## VERİLERİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesinde; proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri, ortalama BKAP amplitüdüleri, proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri, ortalama BKAP süreleri ve sinir iletim hızları değerlerinin tüm grupta ve iki grubun kendi içindeki karşılaştırmalarında; ayrıca aynı kastan kayıtlarla proksimal ve distal uyarım parametrelerinin karşılaştırılmasında ve median ve ulnar sinir kayıtlarının birbirleri ile karşılaştırılmasında, 'Eş gruplarda t-testi' ; kadın ve erkek cinsiyet gruplarının birbirleri ile karşılaştırılmalarında ise 'Bağımsız gruplarda t-testi' kullanılmıştır. Grupların varyanslarının eşit dağılım gösterip göstermediği Levene testi ile değerlendirilmiştir.

## BULGULAR

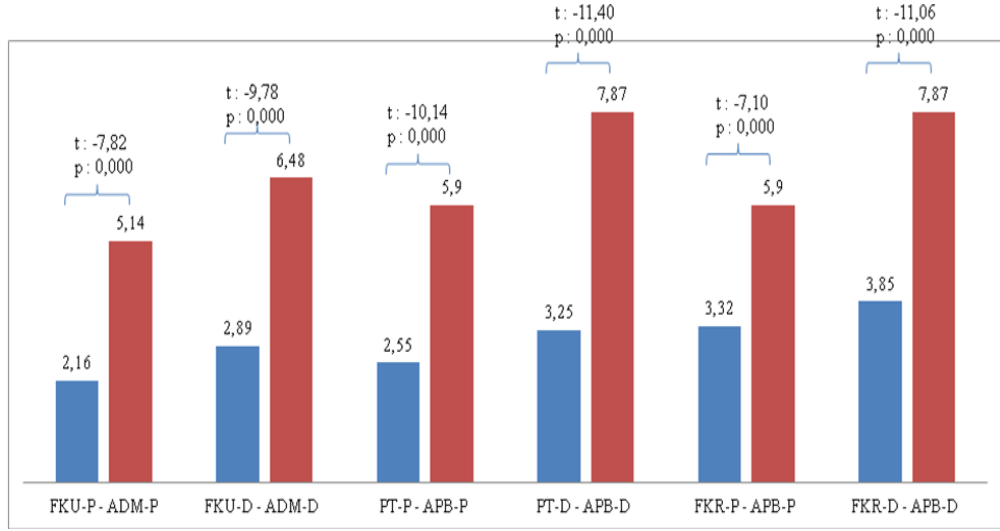
Çalışmaya alınan 30 erkek ve 30 kadın olgunun yaş ortalamaları sırasıyla  $35,97 \pm 8,23$  ve  $35,53 \pm 9,02$  olarak saptanmış olup gruplar arası istatistiksel bir fark saptanmadı ( $p > 0,05$ ).

Çalışmamızda, tüm grupta BKAP amplitüdüleri, değerlendirilen her kas için proksimal ve distal uyarımla elde edilen değerler ayrı ayrı ve ortalamaları alınarak karşılaştırıldı. Ulnar ve median sinir tarafından uyarılan proksimal ve distal yerleşimli kasların, proksimal ve distal uyarımla elde edilen amplitüdüleri kendi aralarında karşılaştırıldığında aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslarda, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslara göre daha yüksek amplitüd değerleri elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (Tablo 1 ve Şekil 6 ).

**Tablo 2 : Proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri**

|       | Ortalama<br>( $\pm$ SD) (mV) | n  | Açıklamalar                               |
|-------|------------------------------|----|---|
| FKU-P | 2,16 (1,10)                  | 60 | mV : Milivolt                             |
| FKU-D | 2,89 (1,31)                  | 60 | P : Proksimal uyarı ile elde edilen yanıt |
| ADM-P | 5,14 (3,18)                  | 60 | D: Distal uyarı ile elde edilen yanıt     |
| ADM-D | 6,48 (3,25)                  | 60 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası          |
| PT-P  | 2,55 (1,07)                  | 60 | ADM : Abduktor digiti minimi kası         |
| PT-D  | 3,25 (1,39)                  | 60 | PT : Pronator teres kası                  |
| FKR-P | 3,32 (1,71)                  | 60 | FKR : Fleksor karpi radialis kası         |
| FKR-D | 3,85 (1,76)                  | 60 | APB : Abductor pollicis brevis kası       |
| APB-P | 5,90 (2,72)                  | 60 |   |
| APB-D | 7,87 (3,05)                  | 60 |   |



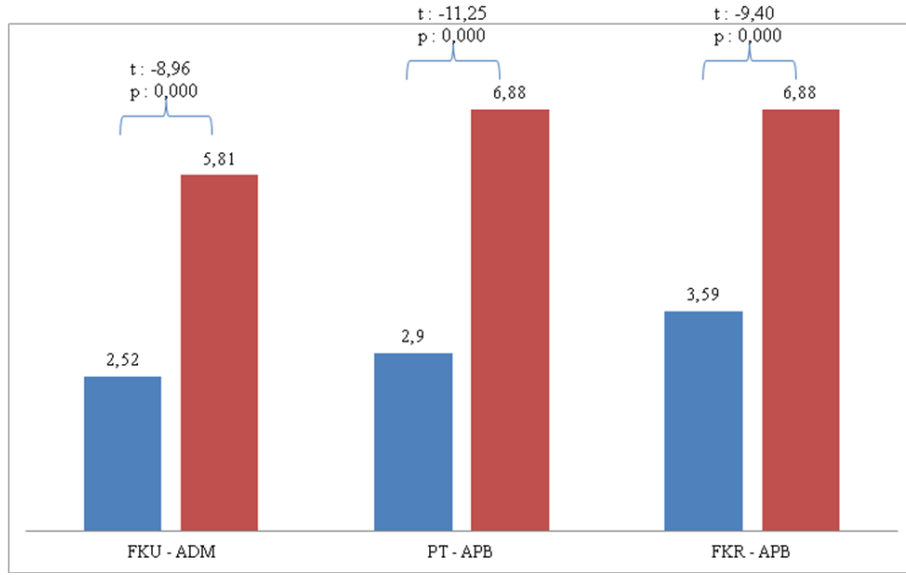


**Şekil 6 : Proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdüleri karşılaştırması**

Proksimal ve distal uyarımla elde edilen amplitüdüleri ortalamaları karşılaştırıldığında, aynı şekilde, aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslarda aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal kaslara göre daha yüksek amplitüd değeri elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (Tablo 2 ve Şekil 7 ).

**Tablo 2 : Ortalama BKAP amplitüdüleri**

|     | Ortalama (±SD) (mV) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|---------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 2,52 (1,16)         | 60 | mV : Milivolt                       |
| ADM | 5,81 (3,13)         | 60 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 2,90 (1,20)         | 60 | ADM : Abduktör digiti minimi kası   |
| APB | 6,88 (2,77)         | 60 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 3,59 (1,66)         | 60 | APB : Abduktör pollisis brevis kası |
|     |                     |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |

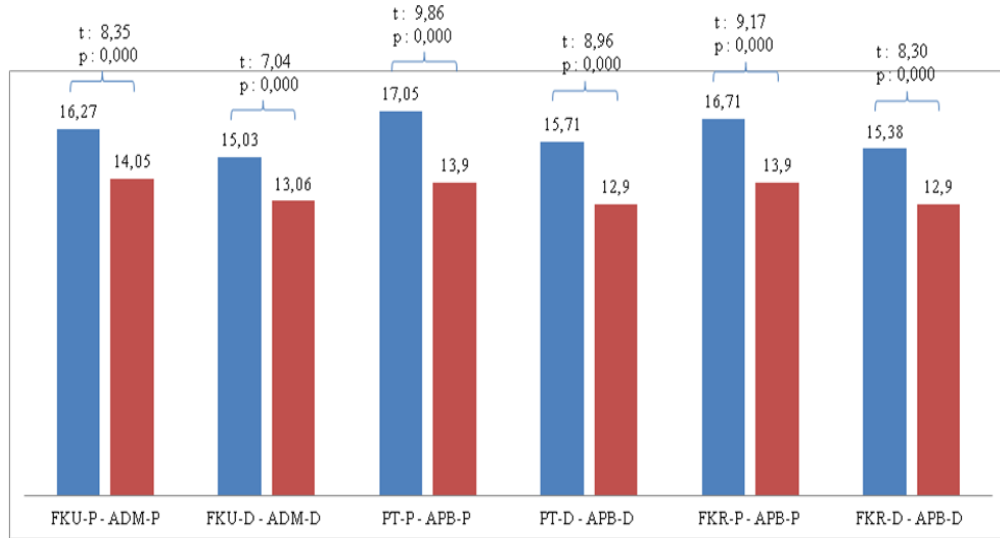


**Şekil 7 : Ortalama BKAP amplitüdüleri karşılaştırması**

Çalışmaya alınan tüm grupta BKAP süreleri, değerlendirilen her kas için proksimal ve distal uyarımla elde edilen değerler ayrı ayrı ve ortalamaları alınarak karşılaştırıldı. Proksimal ve distal yerleşimli kasların, proksimal ve distal uyarımla elde edilen yanıt süreleri kendi aralarında karşılaştırıldığında, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslarda, aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslara göre daha uzun yanıt süresi değerleri elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (Tablo 3 ve Şekil 8 ).

**Tablo 3 : Proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri**

|       | Ortalama ( $\pm$ SD) (ms) | n  | Açıklamalar  |
|-------|---------------------------|----|--|
| FKU-P | 16,27 (2,54)              | 60 | ms : Milisaniye<br>P : Proksimal uyarı ile elde edilen yanıt<br>D: Distal uyarı ile elde edilen yanıt<br>FKU : Fleksör karpi ulnaris kası<br>ADM : Abduktor digiti minimi kası<br>PT : Pronator teres kası<br>FKR : Fleksör karpi radialis kası<br>APB : Abductor pollicis brevis kası |
| FKU-D | 15,03 (2,41)              | 60 |  |
| ADM-P | 14,05 (1,95)              | 60 |  |
| ADM-D | 13,06 (1,73)              | 60 |  |
| PT-P  | 17,05 (2,51)              | 60 |  |
| PT-D  | 15,71 (2,36)              | 60 |  |
| FKR-P | 16,71 (2,42)              | 60 |  |
| FKR-D | 15,38 (2,39)              | 60 |  |
| APB-P | 13,90 (1,70)              | 60 |  |
| APB-D | 12,90 (1,97)              | 60 |  |

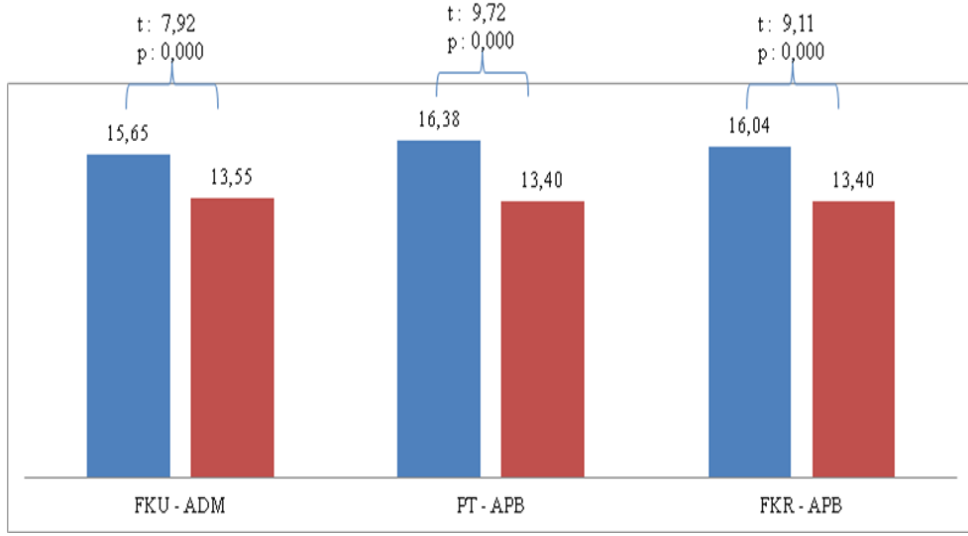


**Şekil 8 : Proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri karşılaştırması**

Proksimal ve distal uyarımla elde edilen yanıt sürelerinin ortalamaları karşılaştırıldığında, aynı şekilde, aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslarda aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslara göre daha uzun yanıt süresi değerleri elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (Tablo 4 ve Şekil 9 ).

**Tablo 4 : Ortalama BKAP süreleri**

|     | Ortalama<br>( $\pm$ SD) (ms) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|------------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 15,65 (2,43)                 | 60 | ms : Milisaniye                     |
| ADM | 13,55 (1,78)                 | 60 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 16,38 (2,39)                 | 60 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 13,40 (1,79)                 | 60 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 16,04 (2,34)                 | 60 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                              |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |

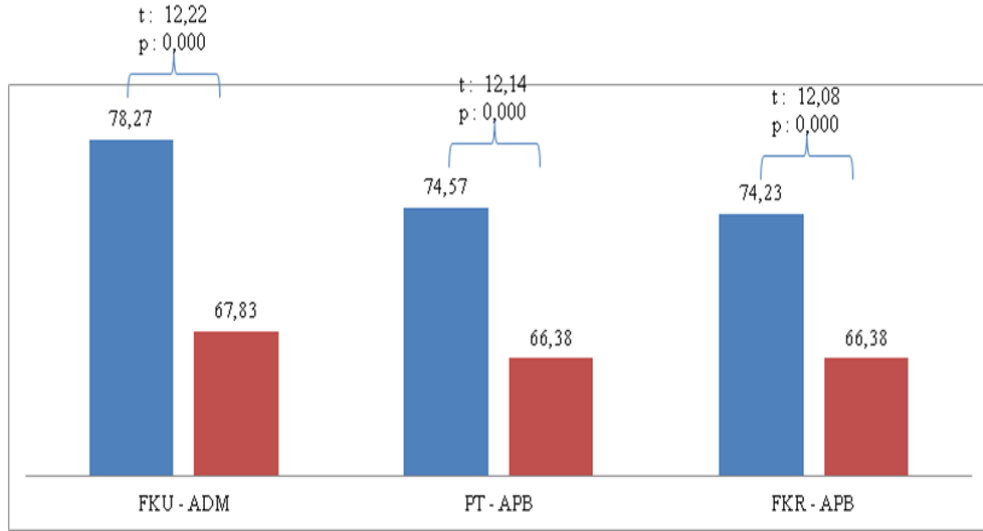


**Şekil 9 : Ortalama BKAP süreleri karşılaştırması**

Çalışmaya alınan tüm grupta, ulnar ve median sinir tarafından uyarılan proksimal ve distal yerleşimli kaslardan elde edilen sinir iletim hızları karşılaştırıldı. Aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslara göre, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslardan elde edilen sinir iletim hızı değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek olarak saptandı (Tablo 5 ve Şekil 10 ).

**Tablo 5 : Sinir iletim hızları**

|     | Ortalama ( $\pm$ SD) (m/s) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|----------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 78,27 (6,55)               | 60 | m : metre s : saniye                |
| ADM | 67,83 (6,76)               | 60 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 74,57 (5,66)               | 60 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 66,38 (6,85)               | 60 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 74,23 (5,88)               | 60 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                            |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |

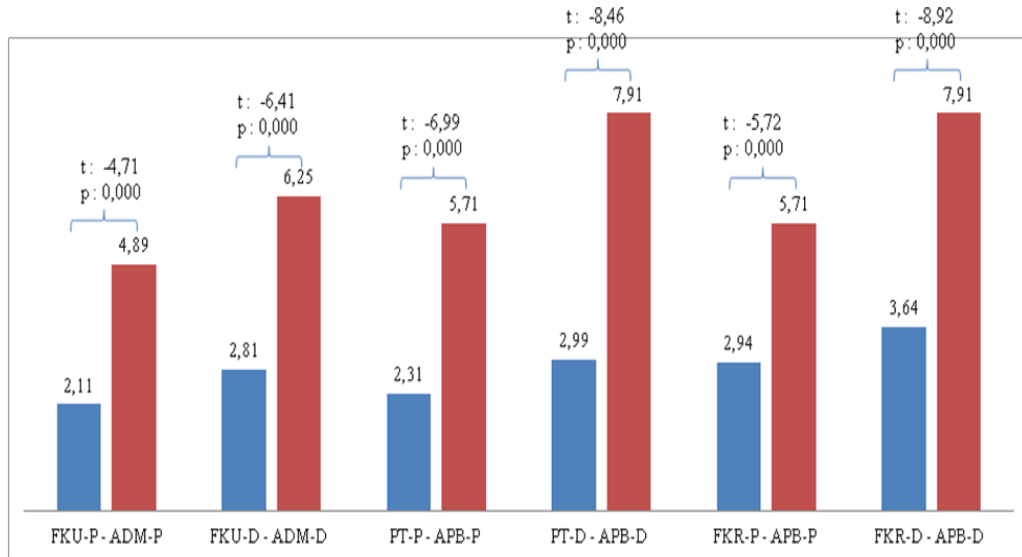


**Şekil 10 : Sinir iletim hızları karşılaştırması**

Çalışmaya alınan her iki grup kendi içinde de değerlendirildi. BKAP amplitüdüleri, değerlendirilen her kas için proksimal ve distal uyarımla elde edilen değerler ayrı ayrı ve ortalamaları alınarak karşılaştırıldı. Her iki cinsiyette de aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslarda, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslara göre daha yüksek amplitüd değerleri elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (Tablo 6 ve Şekil 11, Tablo 7 ve Şekil 12, Tablo 8 ve Şekil 13, Tablo 9 ve Şekil 14).

**Tablo 6 : Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdleri**

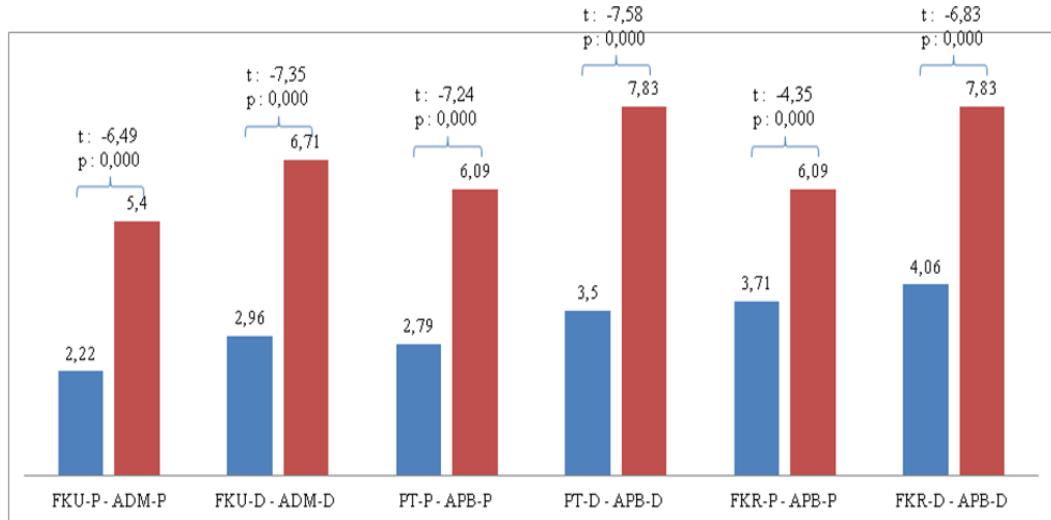
|       | Ortalama<br>(±SD) (mV) | n  | Açıklamalar                               |
|-------|------------------------|----|---|
| FKU-P | 2,11 (1,08)            | 30 | mV : Milivolt                             |
| FKU-D | 2,81 (1,28)            | 30 | P : Proksimal uyarı ile elde edilen yanıt |
| ADM-P | 4,89 (3,47)            | 30 | D: Distal uyarı ile elde edilen yanıt     |
| ADM-D | 6,25 (3,39)            | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası          |
| PT-P  | 2,31 (1,10)            | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası         |
| PT-D  | 2,99 (1,47)            | 30 | PT : Pronator teres kası                  |
| FKR-P | 2,94 (1,44)            | 30 | FKR : Fleksör karpi radialis kası         |
| FKR-D | 3,64 (1,59)            | 30 | APB : Abductor pollisis brevis kası       |
| APB-P | 5,71 (2,86)            | 30 |   |
| APB-D | 7,91 (3,17)            | 30 |   |



**Şekil 11 : Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdleri karşılaştırması**

**Tablo 7 : Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdleri**

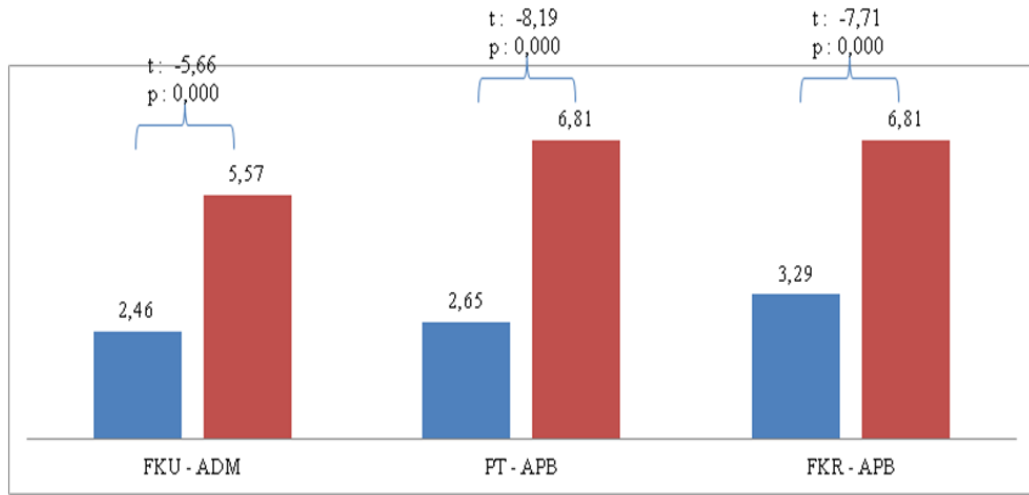
|       | Ortalama<br>(±SD) (mV) | n  | Açıklamalar                               |
|-------|------------------------|----|---|
| FKU-P | 2,22 (1,14)            | 30 | mV : Milivolt                             |
| FKU-D | 2,96 (1,36)            | 30 | P : Proksimal uyarı ile elde edilen yanıt |
| ADM-P | 5,40 (2,89)            | 30 | D: Distal uyarı ile elde edilen yanıt     |
| ADM-D | 6,71 (3,14)            | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası          |
| PT-P  | 2,79 (1,00)            | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası         |
| PT-D  | 3,50 (1,29)            | 30 | PT : Pronator teres kası                  |
| FKR-P | 3,71 (1,89)            | 30 | FKR : Fleksör karpi radialis kası         |
| FKR-D | 4,06 (1,93)            | 30 | APB : Abductor pollisis brevis kası       |
| APB-P | 6,09 (2,61)            | 30 |   |
| APB-D | 7,83 (2,99)            | 30 |   |



**Şekil 12 : Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP amplitüdleri karşılaştırması**

**Tablo 8 : Kadın cinsiyette BKAP amplitüdüleri**

|     | Ortalama<br>(±SD) (mV) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 2,46 (1,14)            | 30 | mV : Milivolt                       |
| ADM | 5,57 (3,32)            | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 2,65 (1,26)            | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 6,81 (2,87)            | 30 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 3,29 (1,46)            | 30 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                        |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |

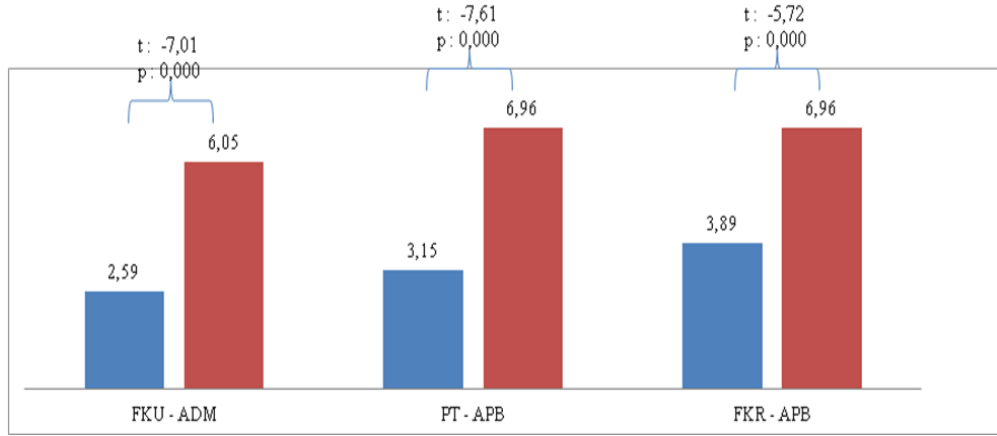


**Şekil 13 : Kadın cinsiyette BKAP amplitüdüleri karşılaştırması**

**Tablo 9 : Erkek cinsiyette BKAP amplitüdüleri**

|     | Ortalama<br>(±SD) (mV) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 2,59 (1,20)            | 30 | mV : Milivolt                       |
| ADM | 6,05 (2,95)            | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 3,15 (1,10)            | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 6,96 (2,71)            | 30 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 3,89 (1,81)            | 30 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                        |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |



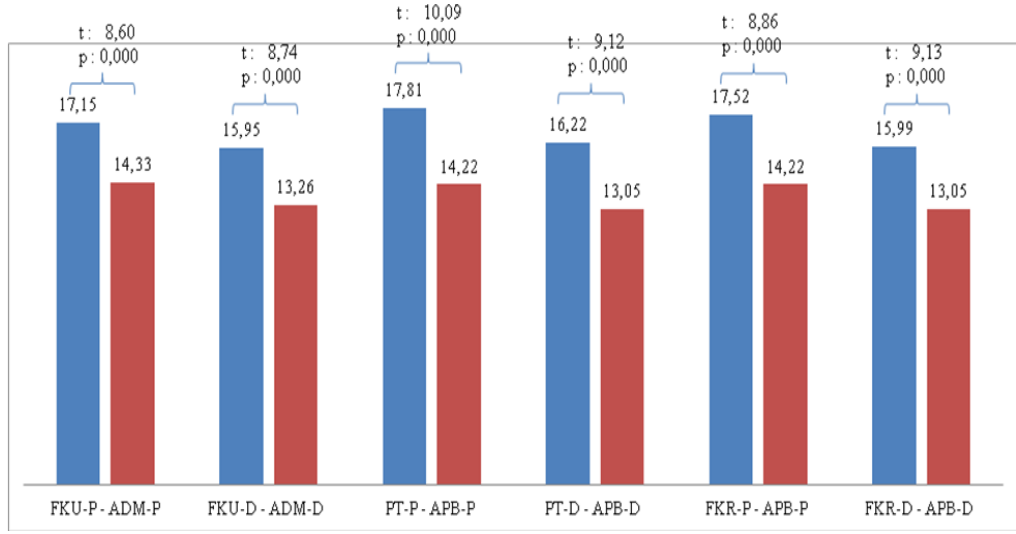


**Şekil 14 : Erkek cinsiyette BKAP amplitüdüleri karşılaştırması**

Çalışmaya alınan iki grupta kendi içinde BKAP süreleri, değerlendirilen her kas için proksimal ve distal uyarımla elde edilen değerler ayrı ayrı ve ortalamaları alınarak karşılaştırıldı. Her iki cinsiyette de aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslarda, aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslara göre daha uzun yanıt süresi değerleri elde edildi ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (Tablo 10 ve Şekil 15, Tablo 11 ve Şekil 16, Tablo 12 ve Şekil 17, Tablo 13 ve Şekil 18).

**Tablo 10 : Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri**

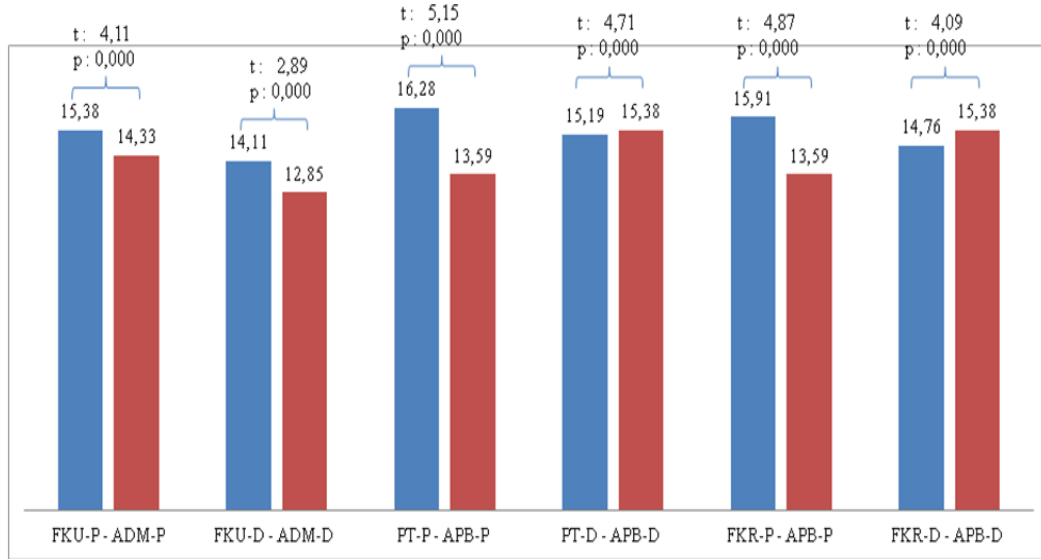
|       | Ortalama ( $\pm$ SD)<br>(ms) | n  | Açıklamalar  |
|-------|------------------------------|----|--|
| FKU-P | 17,15 (2,36)                 | 30 | ms : Milisaniye<br>P : Proksimal uyarı ile elde edilen yanıt<br>D: Distal uyarı ile elde edilen yanıt<br>FKU : Fleksör karpı ulnaris kası<br>ADM : Abduktor digiti minimi kası<br>PT : Pronator teres kası<br>FKR : Fleksör karpı radialis kası<br>APB : Abductor pollicis brevis kası |
| FKU-D | 15,95 (2,28)                 | 30 |  |
| ADM-P | 14,33 (2,17)                 | 30 |  |
| ADM-D | 13,26 (1,87)                 | 30 |  |
| PT-P  | 17,81 (1,83)                 | 30 |  |
| PT-D  | 16,22 (1,79)                 | 30 |  |
| FKR-P | 17,52 (2,14)                 | 30 |  |
| FKR-D | 15,99 (2,03)                 | 30 |  |
| APB-P | 14,22 (1,53)                 | 30 |  |
| APB-D | 13,05 (1,94)                 | 30 |  |



**Şekil 15 : Kadın cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri karşılaştırması**

**Tablo 11 : Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri**

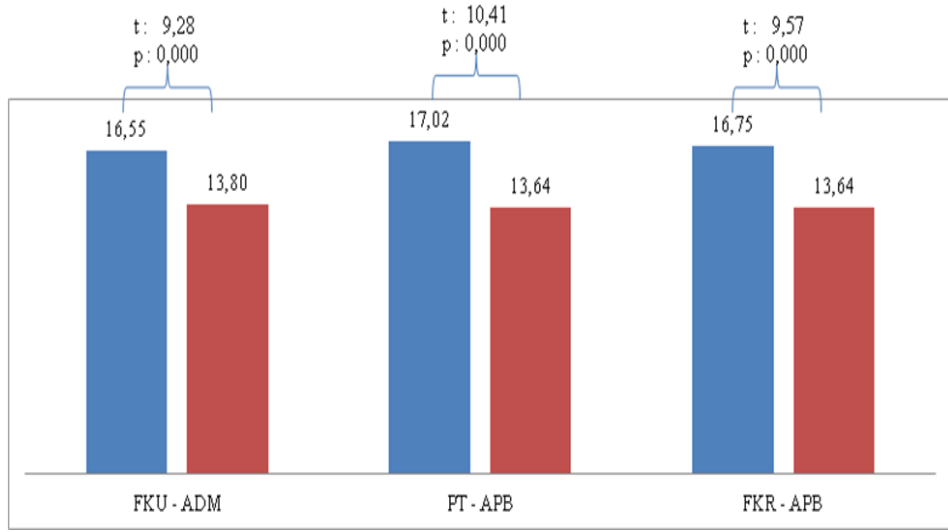
|       | Ortalama ( $\pm$ SD)<br>(ms) | n  | Açıklamalar  |
|-------|------------------------------|----|--|
| FKU-P | 15,38 (2,44)                 | 30 | ms : Milisaniye<br>P : Proksimal uyarı ile elde edilen yanıt<br>D: Distal uyarı ile elde edilen yanıt<br>FKU : Fleksör karpi ulnaris kası<br>ADM : Abduktor digiti minimi kası<br>PT : Pronator teres kası<br>FKR : Fleksör karpi radialis kası<br>APB : Abductor pollicis brevis kası |
| FKU-D | 14,11 (2,20)                 | 30 |  |
| ADM-P | 13,76 (1,69)                 | 30 |  |
| ADM-D | 12,85 (1,59)                 | 30 |  |
| PT-P  | 16,28 (2,88)                 | 30 |  |
| PT-D  | 15,19 (2,76)                 | 30 |  |
| FKR-P | 15,91 (2,46)                 | 30 |  |
| FKR-D | 14,76 (2,60)                 | 30 |  |
| APB-P | 13,59 (1,82)                 | 30 |  |
| APB-D | 15,38 (2,44)                 | 30 |  |



**Şekil 16 : Erkek cinsiyette proksimal ve distal uyarımla BKAP süreleri karşılaştırması**

**Tablo 12 : Kadın cinsiyette ortalama BKAP süreleri**

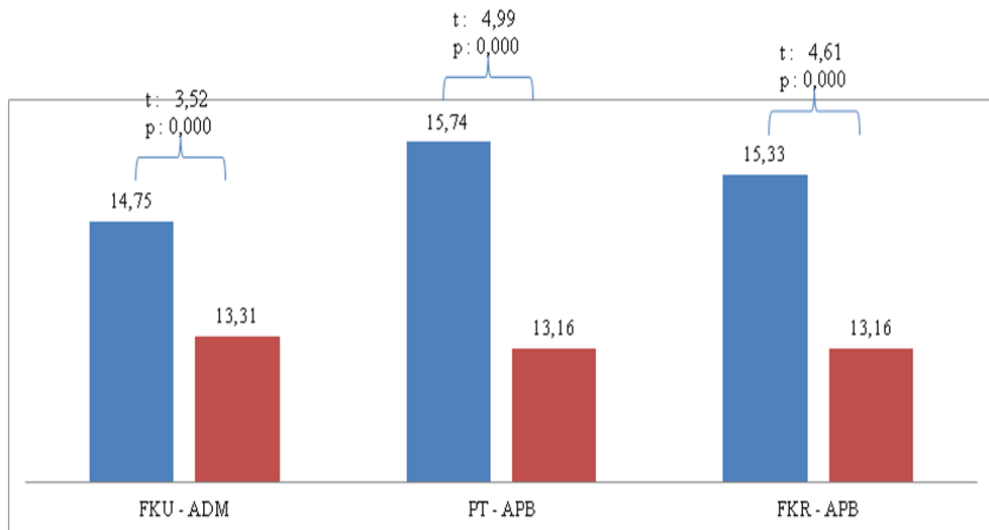
|     | Ortalama<br>(±SD) (ms) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 16,55 (2,27)           | 30 | ms : Milisaniye                     |
| ADM | 13,80 (1,95)           | 30 | FKU : Fleksör karpı ulnaris kası    |
| PT  | 17,02 (1,72)           | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 13,64 (1,68)           | 30 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 16,75 (2,00)           | 30 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                        |    | FKR : Fleksör karpı radialis kası   |



**Şekil 17 : Kadın cinsiyette ortalama BKAP süreleri değerlendirilmesi**

**Tablo 13 : Erkek cinsiyette ortalama BKAP süreleri**

|     | Ortalama<br>(±SD) (ms) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 14,75 (2,28)           | 30 | ms : Milisaniye                     |
| ADM | 13,31 (1,59)           | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 15,74 (2,79)           | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 13,16 (1,89)           | 30 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 15,33 (2,46)           | 30 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                        |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |

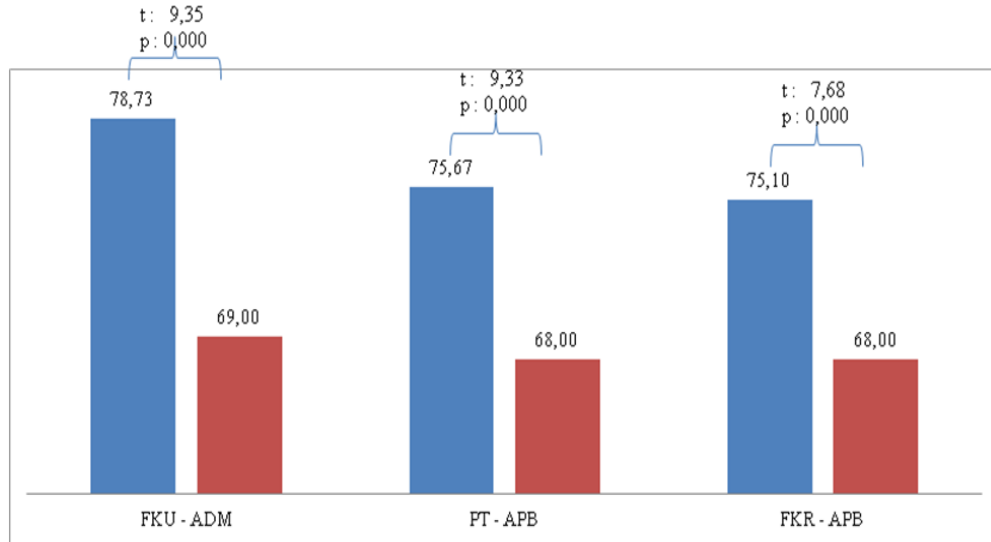


**Şekil 18 : Erkek cinsiyette ortalama BKAP süreleri karşılaştırması**

Proksimal ve distal yerleşimli kaslardan elde edilen sinir iletim hızları karşılaştırıldığında da her iki grup için aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslardan elde edilen sinir iletim hızı değerleri, aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslara göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek olarak saptandı (Tablo 14 ve Şekil 19, Tablo 15 ve Şekil 20).

**Tablo 14 : Kadın cinsiyette sinir iletim hızları**

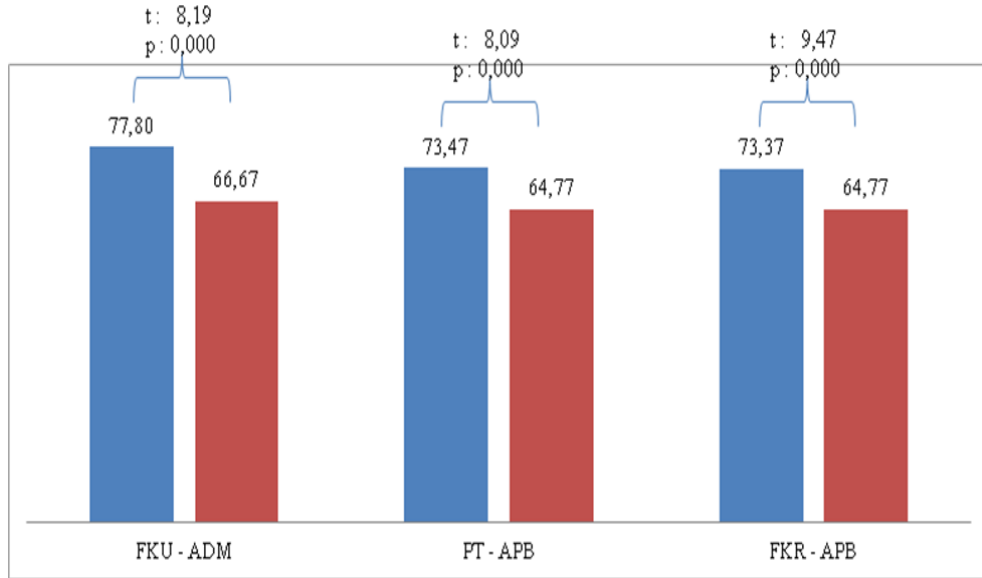
|     | Ortalama<br>( $\pm$ SD) (m/s) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|-------------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 78,73 (5,72)                  | 30 | m : metre s : saniye                |
| ADM | 69,00 (6,67)                  | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 75,67 (6,49)                  | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 68,00 (7,44)                  | 30 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 75,10 (7,03)                  | 30 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                               |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |



**Şekil 19 : Kadın cinsiyette sinir iletim hızları karşılaştırması**

**Tablo 15 : Erkek cinsiyette sinir iletim hızları**

|     | Ortalama<br>( $\pm$ SD) (m/s) | n  | Açıklamalar                         |
|-----|-------------------------------|----|-------------------------------------|
| FKU | 77,80 (7,36)                  | 30 | m : metre s : saniye                |
| ADM | 66,67 (6,77)                  | 30 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| PT  | 73,47 (4,52)                  | 30 | ADM : Abduktor digiti minimi kası   |
| APB | 64,77 (5,90)                  | 30 | PT : Pronator teres kası            |
| FKR | 73,37 (4,40)                  | 30 | APB : Abductor pollicis brevis kası |
|     |                               |    | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |



**Şekil 20 : Erkek cinsiyette sinir iletim hızları karşılaştırması**

Çalışmaya alınan tüm grupta, aynı kastan kayıtlı proksimal ve distal uyarımla elde edilen BKAP amplitüd ve yanıt süresi değerleri kendi aralarında karşılaştırıldı. İncelenen tüm kaslarda proksimal uyarımla elde edilen BKAP amplitüd değerleri distal uyarımla elde edilen değerlere göre anlamlı olarak daha düşük ; proksimal uyarımla elde edilen BKAP yanıt süresi değerleri distal uyarımla elde edilen değerlere göre anlamlı olarak daha yüksek saptandı (Tablo 16).

**Tablo 16 : Aynı kasta kayıtlarla proksimal ve distal uyarım karşılaştırması**

| Karşılaştırma | Amplitüd |       | Süre  |       | Açıklamalar   |
|---------------|----------|-------|-------|-------|---|
|               | t        | p     | t     | p     |   |
| FKUP - FKUD   | -8,22    | 0,000 | 10,35 | 0,000 | P : Proksimal uyarım<br>D: Distal uyarım                    |
| ADMP - ADMD   | -7,01    | 0,000 | 8,20  | 0,000 | FKU : Fleksör karpi ulnaris<br>ADM : Abduktor digiti minimi |
| PTP - PTD     | -8,52    | 0,000 | 10,76 | 0,000 | PT : Pronator teres   |
| FKRP - FKRD   | -3,98    | 0,000 | 8,81  | 0,000 | FKR : Fleksör karpi radialis                                |
| APBP - APBD   | -9,23    | 0,000 | 9,02  | 0,000 | APB : Abduktör pollisis brevis                              |

Çalışmaya alınan tüm grupta median sinir ve ulnar sinir tarafından uyarılan kaslardan elde edilen sinir iletim parametreleri kendi aralarında da karşılaştırıldı. Ulnar sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli fleksör karpi ulnaris kasından elde edilen kayıtlarda, median sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli pronator teres ve fleksör karpi radialis kaslarından elde edilen değerlere göre sinir iletim hızı anlamlı olarak daha yüksek, BKAP amplitüd değeri anlamlı olarak daha düşük saptandı. Bununla birlikte, BKAP yanıt süresi, ulnar sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli kasta, median sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli kaslara göre daha kısa olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. Ulnar sinir tarafından uyarılan distal yerleşimli adduktor digiti minimi kasından elde edilen kayıtlarla, median sinir tarafından uyarılan distal yerleşimli abduktor pollisis brevis kasından elde edilen kayıtların karşılaştırılmasında, sinir iletim hızı, BKAP amplitüdü ve BKAP süresi değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmadı (Tablo 17).

**Tablo 17: Median sinir ve ulnar sinir iletim parametrelerinin karşılaştırması**

|       | Ortalama ( $\pm$ SD) | Karşılaştırma |       |
|-------|----------------------|---------------|-------|
|       |                      | t             | p     |
| FKUHZ | 78,27 (6,55)         | 4,138         | 0,000 |
| PTHZ  | 74,57 (5,66)         |               |       |
| FKUHZ | 78,27 (6,55)         | 4,651         | 0,000 |
| FKRHZ | 74,23 (5,88)         |               |       |
| ADMHZ | 67,83 (6,76)         | 1,419         | 0,161 |
| APBHZ | 66,38 (6,85)         |               |       |
| FKUA  | 2,52 (1,16)          | -2,277        | 0,026 |
| PTA   | 2,90 (1,20)          |               |       |
| FKUA  | 2,52 (1,16)          | -4,306        | 0,000 |
| FKRA  | 3,59 (1,66)          |               |       |
| ADMA  | 5,81 (3,13)          | -1,349        | 0,122 |
| APBA  | 6,88 (2,77)          |               |       |
| FKUS  | 15,65 (2,43)         | -1,340        | 0,223 |
| PTS   | 16,38 (2,39)         |               |       |
| FKUS  | 15,65 (2,43)         | -1,237        | 0,221 |
| FKRS  | 16,04 (2,34)         |               |       |
| ADMS  | 13,55 (1,78)         | 0,641         | 0,524 |
| APBS  | 13,40 (1,79)         |               |       |

Çalışmaya alınan kadın ve erkek cinsiyet grupları, ortalama BKAP amplitüd değerleri, ortalama BKAP süreleri ve sinir iletim hızları değerleri ile karşılaştırıldı. Aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslarda, aynı sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli kaslara göre BKAP süreleri kadın cinsiyette anlamlı olarak yüksek bulunmasına karşın diğer değerlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (Tablo 18).



**Tablo 18 : Cinsiyetler arası karşılaştırma**

|        | t Testi |       | Açıklamalar                         |
|--------|---------|-------|-------------------------------------|
|        | t       | p     |                                     |
| Yaş    | -0,19   | 0,847 | A: Amplitüd S: Süre Hz: Hız         |
| FKU-A  | -0,41   | 0,678 | FKU : Fleksör karpi ulnaris kası    |
| FKU-S  | 3,06    | 0,003 | ADM : Abduktör digiti minimi kası   |
| FKU-HZ | 0,54    | 0,586 | PT : Pronator teres kası            |
| ADM-A  | -0,59   | 0,556 | FKR : Fleksör karpi radialis kası   |
| ADM-S  | 1,06    | 0,291 | APB : Abduktör pollisis brevis kası |
| ADM-HZ | 1,34    | 0,184 |                                     |
| PT-A   | -1,62   | 0,110 |                                     |
| PT-S   | 2,13    | 0,037 |                                     |
| PT-HZ  | 1,52    | 0,133 |                                     |
| FKR-A  | -1,40   | 0,167 |                                     |
| FKR-S  | 2,44    | 0,018 |                                     |
| FKR-HZ | 1,14    | 0,257 |                                     |
| APB-A  | -0,20   | 0,840 |                                     |
| APB-S  | 1,02    | 0,311 |                                     |
| APB-HZ | 1,86    | 0,067 |                                     |

Çalışmamızda elde edilen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir :

A- Ulnar sinir tarafından innerve edilen kaslarda proksimal ve distal uyarımla yapılan çalışmalarda :

1- Distal yerleşimli kasta (Abduktor digiti minimi) BKAP amplitüd değeri proksimal yerleşimli kasa (Flektor karpi ulnaris) göre daha yüksektir.

2- Proksimal yerleşimli kasta (Flektor karpi ulnaris) BKAP yanıt süresi distal yerleşimli kasa (Abduktor digiti minimi) göre daha uzundur.

3- Proksimal yerleşimli kasta (Flektor karpi ulnaris) sinir iletim hızı distal yerleşimli kasa (Abduktor digiti minimi) göre daha yüksektir.

B- Median sinir tarafından innerve edilen kaslarda proksimal ve distal uyarımla yapılan çalışmalarda :

1- Distal yerleşimli kasta (Abduktor pollisis brevis) BKAP amplitüd değeri proksimal yerleşimli kaslara (Pronator teres, Flektor karpi radialis) göre daha yüksektir.

2- Proksimal yerleşimli kaslarda (Pronator teres, Flektor karpi radialis) BKAP yanıt süresi distal yerleşimli kasa (Abduktor pollisis brevis) göre daha uzundur.

3- Proksimal yerleşimli kaslarda (Pronator teres, Flektor karpi radialis) sinir iletim hızı distal yerleşimli kasa (Abduktor pollisis brevis) göre daha yüksektir.

C- Cinsiyete göre yapılan değerlendirmelerde :

1- Kadınlarda, ulnar ve median sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslarda (Flektor karpi ulnaris, Pronator teres, Flektor karpi radialis) BKAP yanıt süreleri erkeklere göre anlamlı olarak daha uzundur.

2- Kadın ve erkek cinsiyet arasında, ulnar ve median sinir tarafından innerve edilen çalışmaya alınan kaslarda (Flektor karpi ulnaris, Abduktor digiti minimi, Pronator teres, Flektor karpi radialis, Abduktor pollisis brevis) sinir iletim hızları ve BKAP amplitüd değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır.

## TARTIŞMA

Tartışma akışı, izlemeyi kolaylaştırmak amacıyla aşağıdaki şekilde tasarlanmıştır :

- A- Ulnar sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulguların değerlendirilmesi,
- B- Median sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulguların, ulnar sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulgularla karşılaştırılarak değerlendirilmesi,
- C- Çalışmalarda elde edilen bulguların benzerlik ve farklılıklarının fizyolojik ve patolojik süreçlerde değerlendirilmesi,
- D- Cinsiyetler arası karşılaştırmada elde edilen bulguların değerlendirilmesi.

A- Sinir iletim çalışmaları sırasında kastan uygun kayıtlama yapmak önem taşımaktadır. Özellikle derin yerleşimli kaslar, inceleme sırasında sorun yaratabilmektedir. Çalışmamızda incelediğimiz kaslardan fleksör karpî ulnaris kası yüzeysel yerleşimi ile ; abduktor pollisis brevis ve adduktor digiti minimi kasları yine yüzeysel yerleşimleri ve rutinde iyi bilinen sık kullanımları ile uygun kaslar olarak değerlendirildi. Fleksör karpî radiyalis ve pronator teres kasları ise rutinde sık kullanılmamalarına ve derin yerleşimli olmalarına rağmen, çalışmamızda incelenen tüm kaslarda elektromiyografi rehberlerinde yer alan kas lokalizasyonlarına uygun olarak kasın en şişkin ve tam orta noktasından supramaksimal uyarım ile kayıt alınarak uygun kayıtlama yapılmaya çalışıldı.

Ulnar sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulguların değerlendirilmesinde proksimal yerleşimli kaslarda daha düşük BKAP amplitüd değeri, daha uzun BKAP yanıt süresi ve daha yüksek iletim hızı değerleri saptadık. İnsanda, çeşitli biyolojik ve fiziksel etmenlerin sinir iletim hızı ve sinir aksiyon potansiyeli üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir. Bu durumda aynı ekstremitede proksimal ve distal segmentler arasındaki olası çevresel faktör farklılıklarının bu duruma neden olabileceği akla gelebilir.

Sinir iletim parametreleri üzerine etkili etmenlerin başında beden ve çevre ısısı değişiklikleri gelmektedir. Sinir iletim hızı, BKAP amplitüdü ve süresi, beden ve çevre ısısındaki değişikliklerden etkilenir (17). Rutkove ve ark. (18) yaptıkları çalışmada ısı artışı ile BKAP amplitüd ve yanıt süresi değerlerinde azalmayı; sinir iletim hızında ise artışı göstermişlerdir. Çalışmamızda çevre ısısı ve tüm deneklerin beden ısısı değerleri optimal değerlerde tutulmuştur. Her ne kadar beden ısısının sinir iletim parametreleri üzerine etkisi bilinse de Trojaborg W. (27) ve Spiegel ve Johnson (28) yaptıkları çalışmalarda kol ve önkol segmentleri arasındaki ısı farklılıkları sırası ile 0.6 °C ve 1.1 °C olarak saptanmış olup bu değerlerin sinir iletim parametreleri üzerine etkisinin olmadığı düşünülmüştür. Bir başka çalışmada Todnem ve ark. (29) ısı değişikliği ile median sinir motor amplitüd değerleri arasında doğrusal bir ilişki olmadığını göstermişlerdir. Bu durumda, çalışmamızda, aynı sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli ve distal yerleşimli kaslar arasında saptanan sinir iletim parametrelerindeki farklılıkları, olası ısı farklılığı dışında açıklayacak başka faktörler olmalıdır.

Literatürde, aynı periferik sinir içerisinde farklı kas gruplarına giden sinir liflerinin özelliklerini incelemek amacıyla yaptığımız bu çalışmamıza benzer şekilde dizayn edilmiş çalışmalar bulunmaktadır. Hayvan modelinde siyatik siniri inceleyen Oğuzhanoğlu ve ark. (30) ratların arka uzuvlarında yaptıkları çalışmada, proksimal yerleşimli ve daha büyük kütleli bir kas olan gastroknemius kasına giden tibial sinir liflerinin, distal yerleşimli ve daha küçük kütleli ayak interosseus kaslarına giden liflerden daha hızlı iletme sahip olduklarını göstermişlerdir. Aynı şekilde insanlarda yapılan bir çalışmada Gassel ve Trojaborg (31), alt extremitede siyatik sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli kaslarda, distal yerleşimli kaslara göre sinir iletiminin daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, bacak ve ayak kaslarının kendi aralarında sinir iletim hızlarında anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır.

Çalışmamızın ilgili bölümü ile aynı şekilde, Oğuzhanoğlu ve ark. (3) yaptıkları çalışmada, ulnar sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli daha büyük

kütleli kasların, ulnar sinir tarafından innerve edilen distal yerleşimli ve daha küçük kütleli kaslara göre daha hızlı sinir iletimine sahip olduklarını saptamışlardır. Bu durumun, proksimal yerleşimli kaslara ulaşan sinir liflerinin daha kalın olduğunu işaret ettiğini belirtmişlerdir. Medulla spinalisten ayrılan sinirlerin, hedef kasa ulaşana kadar olan seyirleri sırasında konik biçimde giderek inceldikleri Fernand ve Young (32) tarafından yapılan çalışmada gösterilmiştir. Oğuzhanoğlu ve ark. (3), inceledikleri kaslar aynı kol segmentinde bulunduğu için, elde edilen hız farkının proksimodistal incelmeden ziyade, aynı sinir içerisinde seyreden farklı çaptaki sinir liflerine bağlı olduğunu ve ulnar sinirin proksimal yerleşimli kaslara ulaşan liflerinin distal yerleşimli kaslara ulaşan liflerine göre aynı sinir içerisinde seyreden daha kalın lifler olduğunu öngörmüşlerdir. Çalışmamızda, bir periferik siniri aynı noktalardan uyararak, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal ve distal yerleşimli farklı iki kastan kayıt aldığımızda, aynı sinir içerisinde birlikte seyreden farklı çaptaki liflerin sinir iletim özelliklerini incelemeyi amaçladık. Uyguladığımız bu yöntemin geçerliliği, Oğuzhanoğlu ve ark. (3,30) tarafından hayvan modelleri ve insanda yapılan çalışmaların sonuçları ile kanıtlanmıştır. Sonuç olarak çalışmamızda, ulnar sinir içerisinde farklı kas gruplarına giden farklı çaptaki liflerin varlığı yönünde elde ettiğimiz bulgular, yapılan önceki çalışmalarda elde edilen bulgular ile uyumludur.

**B-** Median sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular ile, ulnar sinir tarafından innerve edilen kaslarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulgulara benzer şekilde, proksimal yerleşimli kaslarda daha düşük BKAP amplitüd değerleri, daha uzun BKAP yanıt süresi ve daha yüksek iletim hızı değerleri saptadık. Yaptığımız çalışma, bilgilerimize göre median sinirde bu anlamda yapılan ilk çalışmadır. Daha önce, alt ekstremitede, siyatik sinirde ve aşağıda bahsedilecek olan, aksonal ve demiyelinizan nöropatilerin ayrımında fibüler sinirde ve ayrıca üst ekstremitede ulnar sinirde gösterilen, aynı sinir içerisinde seyreden farklı kas gruplarına giden farklı çaptaki lifler, çalışmamızda median sinirde de gösterilmiştir. Bu durum, elde edilen verilerin genellemeye yatkın bir değer taşıması ve sinir iletim fizyolojisi açısından genellenebilir bir bilgiye ulaşmayı sağlamış olması açısından önemlidir.

Çalışmamızda median sinir ve ulnar sinir tarafından uyarılan kaslardan elde edilen sinir iletim parametreleri kendi aralarında karşılaştırılmasında ulnar sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli fleksör karpi ulnaris kasından elde edilen kayıtlarda, median sinir tarafından uyarılan proksimal yerleşimli pronator teres ve fleksör karpi radialis kaslarından elde edilen değerlere göre sinir iletim hızı anlamlı olarak daha yüksek, BKAP amplitüd değeri anlamlı olarak daha düşük saptandı. Bu durum fleksör karpi ulnaris kasına ulaşan ulnar sinir liflerinin aynı segmentteki median sinire göre daha kalın olabileceğini düşündürmüştür. Bu verilerle fleksör karpi ulnaris kasının kütle olarak pronator teres ve fleksör karpi radialis kaslarına göre daha büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde ulnar ve median sinir tarafından uyarılan distal yerleşimli kaslar arasında sinir iletim hızı, BKAP amplitüd ve yanıt süresi değerleri arasında anlamlı fark saptanmamış olması bu kasların kütle olarak benzer kaslar olduklarını ve bu kaslara ulaşan liflerin birbirine yakın çaplarda olabileceğini düşündürmüştür.

*C-* Aynı sinir içerisinde seyreden farklı çaptaki liflerin sinir iletim parametrelerindeki özellikler yukarıda belirtildi. Bu bölümde bu durumun fizyolojik açıklaması yapılmaya çalışılacak ve bu fizyolojik durumun patolojik süreçlerde yol gösterici özelliği tartışılacaktır.

Omurilik ön boynuzunda bulunan bir alfa motor nöronun kendisi, aksonal uzantısı ve çizgili kas içinde dallara ayrılarak birden çok kas lifini innerve etmesi sonucu motor ünit kavramı oluşur. Bir alfa motor nörondan çıkan impuls periferik aksonda ilerleyerek o kasın içindeki belirli sayıdaki kas lifinin hemen hemen aynı anda kasılmasını sağlar. Motor ünitlerin hacimleri ile kasılma sıraları birbirleri ile uyumludur. Birinci motor nöronun ateşlemesinden sonra önce küçük motor ünitler, sonra daha büyük hacimli motor ünitler uyarılır. Buna motor ünit aktivasyonunda boyut ilkesi denir (2). Buchtal ve Schmalbruch (4), sinir iletim hızının, motor nöron, kas kütlesi ve motor ünite büyüklüğü ile ilgili olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Daha büyük kütleli proksimal yerleşimli kasların daha büyük motor nöronlara sahip olduklarını düşünmüşlerdir. Bu durumda, ani ve yüksek güç sağlayabilen proksimal yerleşimli büyük kütleli kasların, uyarılma eşiklerinin daha yüksek olmasına rağmen

daha hızlı uyarılabilir oldukları söylenebilir. Farelerin arka uzuvlarında yapılan bir başka çalışmada, McHanwell ve Biscoe (33), motor nöron gövdesinin proksimal yerleşimli femoral kaslarda distal yerleşimli kaslara göre daha büyük olduğunu göstermişlerdir. Motor nöron gövdesinin histolojik incelemelerinde proksimal yerleşimli kaslarda bimodal, distal yerleşimli kaslarda ise unimodal dağılım olduğunu belirtmişlerdir.

Fernand ve Young (32), tavşanlarda yaptıkları çalışmada, üst ve alt ekstremitelerde proksimal yerleşimli kasları uyaran sinir liflerinin distal yerleşimli kasları uyaran liflerden daha kalın olduklarını belirtmişlerdir. Histolojik incelemede proksimal yerleşimli kaslarda sinir liflerinin bimodal dağılım gösterdiğini, aksine distal yerleşimli kaslarda unimodal dağılım olduğunu saptamışlardır. Bimodal dağılım gösteren sinir liflerinin çaplarının 14-24 mikrometre ile geniş bir aralıkta olduğunu; unimodal dağılım gösteren sinir liflerinin çaplarının ise 10 mikrometrenin altında ve genelde aynı çapta olduğunu göstermişlerdir. Oğuzhanoğlu ve ark. (3,30) yaptıkları çalışmalarda, insanlarda ulnar sinirin ve ratlarda siyatik sinirin, proksimal yerleşimli kaslara ulaşan liflerinin bimodal dağılım gösterdiğini, distal yerleşimli kaslara ulaşan liflerinin ise unimodal dağılım gösterdiğini ve bunun sinir iletim parametrelerinde ortaya çıkan farkların temelini oluşturduğunu öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda benzer biçimde, insanlarda ulnar sinirin ve ayrıca ilk kez yapılan değerlendirme ile median sinirin, proksimal yerleşimli kaslara ulaşan liflerinin bimodal dağılım gösterdiğini, distal yerleşimli kaslara ulaşan liflerinin ise unimodal dağılım gösterdiğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda elde edilen, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslarda, distal yerleşimli kaslara göre daha düşük BKAP amplitüd ve daha uzun yanıt süresi değerleri, aynı sinir içerisinde seyreden farklı sinir iletim hızına sahip liflerin neden olduğu temporal dispersiyonun büyüklüğü nedeni ile oluşan desenkronizasyon sonucu olmalıdır. Uyarım ve kayıtlama noktası arasındaki mesafe ile orantılı olarak, elde edilen aksiyon potansiyelinin amplitüd değeri düşmekte, alanı azalmakta ve yanıt süresi uzamaktadır (34). Bu durum temporal dispersiyon ile ilişkilidir (34,35). Temporal dispersiyon, bileşik kas aksiyon

potansiyelinin eş zamanlı uyarılan komponentlerinin, iletim hızı farklılıklarına bağlı olarak desenkronize olmasını tanımlayan bir terimdir. Temporal dispersiyon, aynı sinirin proksimal ve distal uyarımları karşılaştırıldığında, BKAP' ın amplitüd, süre ve alan değişikliği ile ilgilidir (36).

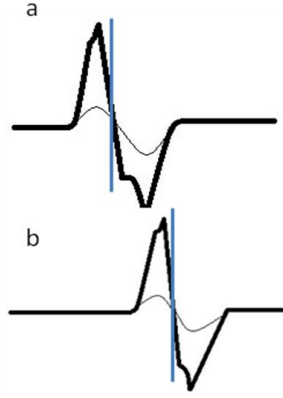
Uzak bir mesafeye iletim sırasında periferik sinir içerisindeki yavaş liflerin ileti hızı ile hızlı liflerin ileti hızı arasındaki fark, kısa mesafeli iletime göre daha belirgin hale gelir. Bir başka deyişle, iletim mesafesi ne kadar uzunsa yavaş liflerdeki uyarılar hızlı liflere göre o kadar daha fazla geride kalır. Bu nedenle uyarım noktası ve kayıtlama bölgesi arasındaki mesafe arttıkça, her bölgede aynı sayıda lif aksiyon potansiyeline katkıda bulunsa bile yanıt amplitüdü düşer ve süresi uzar. Çalışmamızda aynı kastan kayıtlarla proksimal ve distal uyarımla elde edilen BKAP amplitüd ve yanıt süresi değerleri kendi aralarında karşılaştırıldığında proksimal uyarımla elde edilen BKAP amplitüd değerleri distal uyarımla elde edilen değerlere göre anlamlı olarak daha düşük ; proksimal uyarımla elde edilen BKAP yanıt süresi değerleri distal uyarımla elde edilen değerlere göre anlamlı olarak daha yüksek saptandı. Olney ve Miller (37) yaptıkları çalışmada yanıt büyüklüğü ile sinir segmenti uzunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Mattler ve ark. (38) yaptıkları çalışmada, üst ve alt ekstremitelerde aynı sinirde proksimal ve distal uyarımla elde ettikleri yanıtları değerlendirmişler ve fizyolojik olarak proksimodistal BKAP değişikliklerinin sinir segmenti uzunluğu ile arttığını belirtmişlerdir. Oğuzhanoğlu ve ark. (3) yaptıkları çalışmada hipotenar bölgeden kayıtlarla elde edilen amplitüdüde, kol segmenti amplitüd değerlerinin, önkol segmenti amplitüd değerlerinden daha küçük olduğunu saptamışlar ve bunu temporal dispersiyon ile açıklamışlardır. Aynı çalışmada, yanıt süreleri arasında ise anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Temporal dispersiyon nedeni ile oluşan proksimal BKAP alanı ve amplitüd değeri azalması için önerilen mekanizma, zamansal olarak yayılmış difazik ve polifazik aksiyon potansiyellerinin toplamı sırasında oluşan faz iptalidir (39). Faz iptali, motor ünit aksiyon potansiyelini oluşturan tek kas lifi aksiyon potansiyellerinin cebirsel toplamı esnasında da oluşur. Ancak motor ünit aksiyon



potansiyeli ile ilgili faz iptali uyarım bölgesinden bağımsızdır. Yalnız farklı motor unit aksiyon potansiyellerinin toplamı ile oluşan bileşik kas aksiyon potansiyelinin temporal dispersiyon ile ilişkili olduğu söylenebilir (40). Yüzeysel kayıtlarla elde edilen motor unit aksiyon potansiyelleri tipik olarak difaziktir (negatif-pozitif). İlk negatif faz tipik olarak 5-6 milisaniye süreye sahiptir. Aynı şekilde distal uyarımla elde edilen BKAP'ın ilk negatif fazı da 5-6 milisaniye süreye sahiptir. Bu benzer süreler nedeni ile distal uyarım ile de küçük bir faz iptali beklenebilir (40).

Motor ve duyuşal periferik sinirler, farklı sinir iletim hızı değerlerine sahip sinir liflerinden oluşurlar. Sinir iletim hızlarındaki bu farklılığın 12-13 m/sn gibi geniş bir aralıkta olabileceği belirtilmiştir (41). En hızlı ileten A-alfa liflerinin hızının 60 m/sn civarında olduğu düşünüldüğünde bu farklılık önemlidir. Sinir iletim hızlarındaki bu varyasyon, distal uyarımla elde edilen motor unit aksiyon potansiyellerinden ziyade proksimal uyarımla elde edilenlerde desenkronize bir aktivasyona neden olmaktadır. Proksimal uyarımda, yani daha uzun iletim yolunda, daha distalden ve daha kısa iletim yolundan uyarıma göre hızlı ve yavaş ileten lifler arasındaki iletim hızı farkı daha net ortaya çıkmaktadır. Bu durum, distal uyarımla elde edilen BKAP yanıt süresi ile karşılaştırıldığında proksimal uyarımla elde edilen yanıt süresinin daha uzun olmasını açıklamaktadır. Motor unit aksiyon potansiyellerinin desenkronize aktivasyonu ayrıca BKAP'ın negatif fazının terminal bölümünde daha fazla artmış faz iptaline neden olmaktadır. En hızlı iletilen motor unit aksiyon potansiyelinin negatif fazını tamamlamasının ardından meydana gelen olası faz iptali artışı şekil üzerinde şematik olarak örneklenmiştir. Faz iptali, cebirsel toplam sırasında motor unit aksiyon potansiyelinin, daha çok ikinci (pozitif) faza geçiş noktasından çizilen dikey çizginin sağ tarafında meydana gelmektedir (Şekil 6).



**Şekil 21:** BKAP kaydı. (a) distal, (b) proksimal uyarım ile. (Olney ve ark. (40) yaptıkları çalışmadan değiştirilerek)

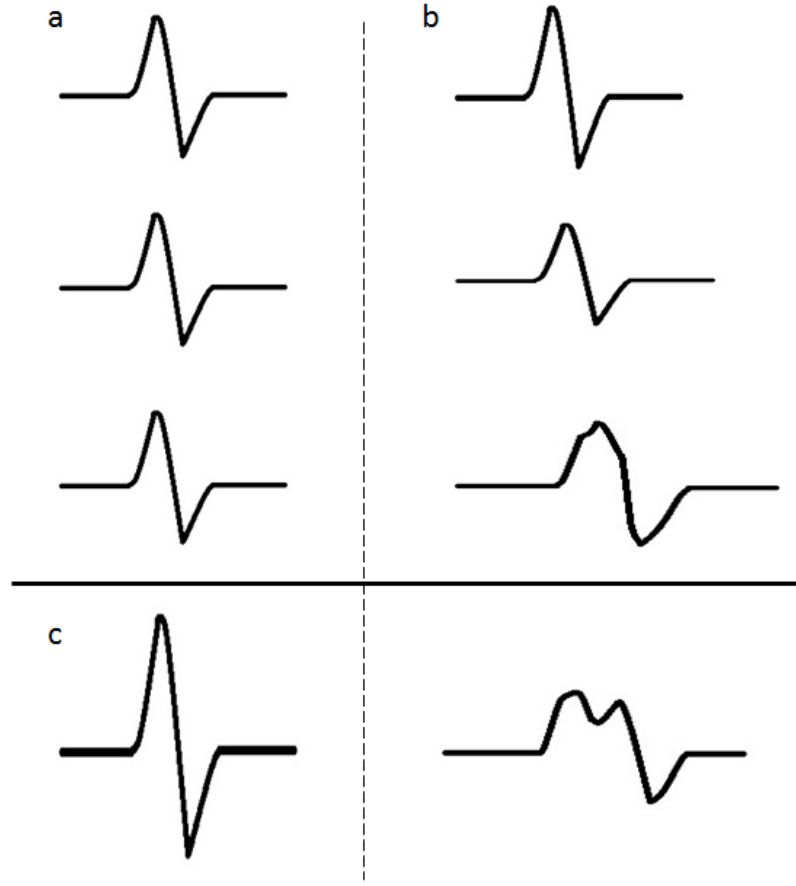
Kimura ve ark. (36) yaptıkları çalışmada, fizyolojik temporal dispersiyonun, duyuşal aksiyon potansiyelini kas yanıtından daha fazla azalttığını göstermişlerdir. Kısa süreli difazik duyuşal dalgalarda, hızlı ileten liflerin pozitif tepeleri ile yavaş ileten liflerin negatif tepeleri ılımlı bir latans farkı ile birbirlerini karşılayıp iptal edebilirler. Ancak daha uzun süreli motor ünit aksiyon potansiyellerinde, pozitif ve negatif tepeler arası aynı latans farklılığı kısmi olarak birbiri üzerine eklenir ve daha küçük bir faz iptaline neden olur.

Kimura ve ark. (35), yaptıkları bir başka çalışmada, elektrodlar arası mesafenin hızlı ve yavaş komponentler arasındaki faz iptali üzerine etkisini araştırmışlardır. Pozitif ve negatif tepelerin üstüste gelmesinin, proksimal ve distal yerleşimli kayıt elektrodları arasında mesafenin derecesine göre değiştiğini belirtmişlerdir. Elektrodlar arası mesafe arttıkça yanıt süreleri uzamıştır. Bu durum, daha yakın yerleştirilmiş elektrodlar arasındaki daha kısa süreli yanıtlarla karşılaştırıldığında, bir iptal etkisine neden olmaktadır. Bu çalışma da temporal dispersiyonun aksiyon potansiyeli yanıt süresini belirlediğini göstermiştir.

Temporal dispersiyon nedeni ile proksimal BKAP yanıt süresinin distal BKAP yanıt süresine göre daha uzun olup, proksimal BKAP alanının distal BKAP alanına göre daha düşük olması Lee ve ark. (42) çalışmasında gösterilmiştir. Ancak, motor ünit aksiyon potansiyeli süresinin temporal dispersiyon süresine göre daha uzun

olması faz iptali artışını minimize ettiğinden, proksimal BKAP alanı üzerinde temporal dispersiyonun etkisi ılımlı olmaktadır (40). Diğer yandan Olney ve Miller (43) yaptıkları çalışmada, anlamlı amplitüd azalması varlığında iletim bloğu temporal dispersiyon ayırımında proksimal BKAP alanı ölçümünün klinik olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Hızlı ve yavaş ileten lifler arasındaki yaklaşık 1 milisaniyelik ılımlı bir latans gecikmesi aksiyon potansiyelinde ciddi bir düşme ile sonuçlanmaktadır. Kayıt elektrodları arasındaki mesafenin artması ünit deşarjı süresine uzatmakta ve yüksek desenkronizasyon nedeni ile maksimum faz iptaline neden olmaktadır. Uyarım aralığı 1 milisaniyeyi aşarsa, ciddi dağılım nedeni ile sürenin uzayıp dalga formunun bozulmasına karşın potansiyel alanı kademeli olarak normale dönmektedir. Kritik düzeyin geçilmesi sonrası üst üste gelmiş olan yanıtlar ayrılarak daha düşük alana sahip normal dalga formlarında görülürler. Senkron iletim halinde olması beklenen ve fizyolojik temporal dispersiyon ve desenkronizasyon nedeni ile elde edilen yanıtlar Şekil 7 üzerinde gösterilmiştir. Tüm bu bulgular, zamansal dağılım gösteren dalga formunun alan kaybının, BKAP içinde süre bağımlı faz iptali sonucu meydana geldiğini göstermektedir. Bu bilgiler ışığında, sinir iletim çalışmalarında aksiyon potansiyeli büyüklüğünde meydana gelen düşmenin iletim bloğu anlamına gelmek zorunda olmadığı belirtilmiştir (35).



**Şekil 22:** BKAP kaydı. (a) Senkron yanıt, (b) Desenkron yanıt, (c) Cebirsel toplam

Temporal dispersiyon, periferik sinir hasarı durumunda da artabilir ve temporal dispersiyonun BKAP amplitüd ve süresi üzerine olan etkisi hem normal sinirlerde hem de periferik nöropatisi olan olgularda gösterilmiştir (39,44). Fokal demiyelinize alanlarda sinir lifleri arasında anormal desenkronizasyon motor yanıtı oluşturan difazik aksiyon potansiyelinin negatif ve pozitif fazları arasında birbirini iptal etme işlemine neden olabilir. Bu durum amplitüd azalmasına neden olarak temporal dispersiyonu artırır. Daha yaygın segmental bir polinöropatide de lifler arasında seçicilik sonucu yine desenkronizasyon ile temporal dispersiyon meydana gelebilir. Bu nedenle BKAP süresi ve alanı gibi diğer bulgulara da bakmak gerekir. Duyusal lifler tutulduğu zaman demiyelinizasyonda duyusal sinir aksiyon potansiyellerinde süre artışı, dispersiyon ve amplitüd düşmesi belirgin olarak görülebilir (45).

Demyelinizasyonda iletim bloku, motor yanıt amplitüdünde belirgin azalma ile karakterizedir. Blok olan segmentin proksimalindeki uyarılarda amplitüd küçülmesi görülür. Bu durum temporal dispersiyon ile birlikte olabilir. Çalışmamızda da gösterdiğimiz gibi aynı sinirde proksimal uyarımla elde edilen amplitüd değerleri distal uyarımla elde edilen amplitüd değerlerinden daha küçüktür. Bu noktada faz iptali kavramı göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre farklı motor ünitelerin negatif ve pozitif fazları üst üste gelirse temporal dispersiyon nedeni ile birbirlerinin görünümünü ortadan kaldırırlar. Bu durumda normal bir sinirde proksimal uyarım ile yanlılıkla iletim bloğu tanısına varılabilir. Pozitif ve negatif komponentler arasında iptal olayı maksimum %50 dolayında olmaktadır. Buna göre iletim bloğundan söz edebilmek için en az %50 motor yanıt amplitüd düşmesi olması gerekir. İletim bloğu, sinir iletim hızları normal iken bile mevcut olabilir de bu durum çoğu kez anormal temporal dispersiyon ve yavaşlamış iletim hızı ile birlikte. Ancak eğer segmental iletim bloğu çok ileri düzeyde ise proksimal uyarım ile motor yanıt elde edilemeyecektir (46).

Bu noktada, yaptığımız çalışmada da gösterdiğimiz, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal ve distal kaslardan kayıtlama ile sinir iletim parametrelerindeki farklılıkların, aksonal ve demiyelinizan nöropatilerin ayırımında da fayda sağlayabileceği öne sürülmüştür (47). Aksonal nöropatilerde, segmental demiyelinizasyon olmaksızın akson boyunca distalden proksimale yayılan, uzunluğa bağlı geriye doğru yıkım görülmektedir. Jeneralize veya multifokal segmental demiyelinizasyonun yayılımı ise daha çok proksimal sinir segmenti ile ilişkilidir. Aksonal nöropatilerde sinir iletim çalışmalarındaki ana değişiklik kas ve duyu aksiyon potansiyelleri amplitüdlerindeki düşmedir. Aksine, ileti hızları ve distal latanslar normaldir. Amplitüdlerdeki düşmenin %50' den fazla olması ile birlikte çok sayıda hızlı ileten aksonun seçici kaybı ile ileti hızı normalin altına düşebilir. Demiyelinizan nöropatilerde distal uyarımla BKAP amplitüdü, anormal temporal dispersiyon ve faz iptali nedeni ile hafif veya orta derecede düşüktür ve demiyelinizasyon yüzünden distal latans gecikmiştir. Daha proksimal uyarımla BKAP amplitüdü, temporal dispersiyon ve bazı liflerde ileti bloğu yüzünden daha düşük bulunur. Proksimal ileti hızı, sinir aksiyon potansiyellerinin demiyelinize

segmentlerden geçme olasılığı artmış olduğundan, belirgin derecede azalmıştır (47,48). Raynor ve ark. (47) yaptıkları çalışmada, bizim çalışmamızdakine benzer bir çalışma deseni ile, polinöropatisi olan hastalarda aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal ve distal yerleşimli kaslarda sinir iletim parametrelerini karşılaştırmışlardır. Aksonal nöropatisi olan kişilerde sinir iletim hızında, distal yerleşimli kaslarda, proksimal yerleşimli kaslara göre daha fazla düşme saptamışlardır. Bu, yukarıda da belirtildiği gibi distal simetrik polinöropatilerin uzun aksonları tutma eğilimini göstermektedir. Demiyelinizan nöropatisi olan kişilerde ise sinir iletim hızı düşüşünde proksimal ve distal yerleşimli kaslar arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Aynı alışmada, BKAP amplitüd değerlerinde her iki nöropatide de benzer anormallikler saptanmıştır. BKAP amplitüdülerinde, hem distal hem de proksimal yerleşimli kaslarda düşme saptanmasına karşın distal yerleşimli kaslardaki düşüşün daha ağır bastığı belirtilmiştir. Bu bağlamda, yaptığımız bu çalışma ile artık bir genelleme olarak da belirtebileceğimiz, aynı sinir segmentinde yer alan proksimal ve distal yerleşimli kaslardan elde edilen sinir iletim çalışması parametrelerindeki fizyolojik değişiklikler, nöropatik durumlarda karşılaşılabilecek durumlara yol göstermesi açısından da önemlidir.

**D-** alışmamızda, kadın ve erkek cinsiyetler arasında, proksimal ve distal yerleşimli kaslar arasında, sinir iletim hızları ve BKAP amplitüd değerlerinde anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu konu ile ilgili farklı çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Alemdar M. (49) yaptığı çalışmada, median ve ulnar sinirlerde duyuşsal yanıtları karşılaştırmış ve kadınlarda ortalama duyuşsal sinir aksiyon potansiyeli amplitüdünü erkeklerdekine göre anlamlı olarak daha yüksek ve distal latansı daha kısa olarak saptamıştır. Bolton ve Carter (50) benzer şekilde median ve ulnar sinirlerde duyuşsal aksiyon potansiyeli amplitüd değerlerini kadınlarda daha yüksek bulmuşlardır. Hennessey ve ark. (51) yaptıkları çalışmada cinsiyetler arasında sinir iletim hızları, distal latanslar ve amplitüd değerlerini karşılaştırmışlardır. Yalnızca duyuşsal sinir aksiyon potansiyeli amplitüd değerlerinin kadınlarda daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sinir iletim çalışmaları üzerine cinsiyet etkisinin açıklamasının erkeklerin daha manüel işlerde çalışması ve ulnar sinirin yaralanmaya hassas olması yönünde görüş bildiren birkaç toplumsal çalışma olsa da bu durumu genellemek zor gözükmektedir. Bu konuda bir diğer açıklama da ekstremiteler uzunluğu olabilir. Hennessey ve ark. (51) yaptıkları çalışmada, kol uzunluğunun sinir iletim çalışmaları üzerine etkisinin olmadığını, bu durumun uzunluk ya da üst ekstremitedeki anatomik yapıların boyutları ile açıklanamayacağını belirtmişlerdir. Stetson ve ark. (52) yaptıkları çalışmada median ve ulnar sinir motor; median, ulnar ve sural sinir duyuşal sinir iletim çalışmaları yapmışlardır. Her üç sinirde de kişinin boyu ile, duyuşal sinir aksiyon potansiyeli amplitüdü arasında anlamlı negatif bir ilişki; median ve ulnar distal latans ve sural latans değerleri arasında anlamlı pozitif bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Stetson ve ark. (52) aynı çalışmada cinsiyet ile boy arasında yüksek korelasyon bulunduğunu, bununla birlikte diğer antropometrik faktörler dışlandığı taktirde cinsiyetin median ve ulnar sinirlerde sinir iletim parametrelerine etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Soudmand ve ark. (53) yaptıkları çalışmada sural ve peroneal sinir iletim hızı ile boy uzunluğu arasında negatif bir korelasyonun varlığı gösterilmiştir. Rivner ve ark. (54) yaptıkları çalışmada, ulnar motor sinir iletim hızı üzerine yaş ve boy etkisini göstermişler ancak bu durumu cinsiyet ile ilişkili bulmamışlardır. Kommalage ve Gunawardena (55) yaptıkları çalışmada, her iki cinsiyette de yaş ile birlikte ulnar sinir motor iletim hızında düşüş olduğunu ve ek olarak erkeklerde sinir iletim hızı değerlerinin anlamlı olarak kadınlardan daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Robinson ve ark. (16) yaptıkları çalışmada, median, ulnar, sural, peroneal ve tibial sinirleri incelemişler ve median motor sinir iletim hızı dışında kadınlarda daha yüksek sinir iletim hızı değerleri elde etmişlerdir. Duyuşal aksiyon potansiyeli amplitüdülerinin kadınlarda, kas aksiyon potansiyeli amplitüdülerinin erkeklerde anlamlı olarak daha büyük olduğunu göstermişlerdir. Boy, yaş ve ısı faktörleri düzeltildiğinde sinir iletim hızları arasındaki farkın kalktığını ancak amplitüdüleri arasındaki farkın devam ettiğini belirtmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslar ile distal yerleşimli kaslardan elde edilen sinir iletim parametreleri değerlendirildiğinde kadın ve erkek cinsiyet arasında, BKAP amplitüdü ve sinir iletim

hızı değerlerinde anlamlı farklılık saptanmadı. Literatürdeki bazı çalışmalarda elde edilen, kadınlardaki duyuşal sinir aksiyon potansiyeli amplitüdlerinin daha yüksek olması, parmak deri ve deri altı dokusunun erkeklerden daha ince olması ve aksiyon potansiyelinin daha yakından kaydedilmesi ile açıklanabilir. Ancak daha önce yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde görüldüğü üzere, sinir iletim çalışmaları parametrelerinde cinsiyetler arasındaki farklılıklarda kararlı bir sonuç bulunmamaktadır. Bu durum cinsiyetler arasında henüz ölçülemeyen ve değerlendirmeye alınmamış başka faktörlerin de söz konusu olabileceğini ve bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu düşünmektedir.

Bununla birlikte bilgilerimize göre ilk kez bizim çalışmamızda yaptığımız değerlendirme ile kadın cinsiyette erkeklere göre, aynı sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli kaslarda distal yerleşimli kaslara göre BKAP süreleri anlamlı olarak daha uzun saptandı. Bizim alışmamızda her ne kadar çevre ısısı ve yaş ortalamaları benzer olarak alınmış olsa da deneklerin boyları ve kiloları göz ardı edildiği için bu konuda yorum yapmak güç gözükmektedir. Tüm bu veriler ve çalışmalar ışığında sinir iletim çalışmalarında her laboratuvarın hitap ettiği toplumun yaş, cinsiyet, boy ve kilo ortalamalarına göre uyarlanmış değerler belirlemesinin önemli olduğu söylenebilir.



## SONUÇLAR

Ulnar sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli fleksor karpi ulnaris kasına ulaşan sinir liflerinin, distal yerleşimli abduktor digiti minimi kasına ulaşan sinir liflerine göre; median sinir tarafından innerve edilen proksimal yerleşimli pronator teres ve fleksor karpi radialis kaslarına ulaşan sinir liflerinin, distal yerleşimli abduktor pollicis brevis kasına ulaşan sinir liflerine göre, daha düşük BKAP amplitüdü, daha yüksek BKAP süresi ve daha yüksek sinir iletim hızı değerlerine sahip oldukları ortaya koyulmuştur.

Aynı sinir içerisinde hızlı ve yavaş ileten lifler birlikte seyretmektedirler. Elde edilen veriler, aynı sinir içerisinde farklı çaplarda bulunan sinir lifleri nedeni ile, sinir uyarımı sırasında desenkronize iletme bağlı oluşan temporal dispersiyona ve faz iptaline bağlıdır.

Kadın ve erkek cinsiyette incelenen sinir iletim parametreleri arasında, proksimal yerleşimli kaslarda BKAP yanıt sürelerinin kadın cinsiyet lehine daha uzun olduğu ancak sinir iletim hızları ve BKAP amplitüd değerleri arasında anlamlı farklılık olmadığı gösterilmiştir.

Daha önce farklı sinir grupları üzerinde farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, yaptığımız çalışmanın, elde edilen verilerin evrensel bir değer taşıması ve sinir iletim fiziyojisi açısından genellenebilir bilgilere ulaşmayı sağladığını söyleyebiliriz.

## KAYNAKLAR

- 1- Cullheim S. Relations between cell body size, axon diameter and axon conduction velocity of cat sciatic alfa motoneurons stained with horseradish peroxidase. *Neurosci Lett* 1978; 8:17–20.
- 2- Henneman E, Olson CB. Relations between structure and function in the design of skeletal muscles. *J Neurophysiol* 1965; 28:581–598.
- 3- Oğuzhanoglu A, Güler S, Cam M, Değirmenci E. Conduction in ulnar nerve bundles that innervate the proximal and distal muscles: a clinical trial. *BMC Neurol.* 2010 vol 13;10:81.
- 4- Buchtal F. Schmalbruch H. Motor unit of mammalian muscle. *Physiol Rev* 1980; 60:90–142.
- 5- Erdogan Ç, Cenikli U, Değirmenci E, Oğuzhanoglu A. Effect of hyperglycemia on conduction parameters of tibial nerve's fibers to different muscles: A rat model. *J Neurosci Rural Pract* 2013;4:9–12.
- 6- Arıncı K, Elhan A. Periferik sinir sistemi, *Anatomi. 2. Cilt. 3. Baskı, Ankara: Güneş Kitabevi, 2001:129–171.*
- 7- Ertekin C. Pleksopatiler, Sentral ve periferik EMG. 1.Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 2006:350–358.
- 8- Ertekin C. Pleksus brakialisten çıkan sinirler, Sentral ve periferik EMG. 1.Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 2006:403–442.
- 9- Yıldırım M. Spinal Sinirler, Temel Nöroanatomi. 1.Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2000:180–187.

- 10- Guyton AC, Hall JE. Membran potansiyelleri ve aksiyon potansiyelleri, Tıbbi fizyoloji. Çavuşoğlu H, Çev.Ed, 10.Edisyon, 1.Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2001:52–65.
- 11- Özaras N. Sinir ve kasın elektriksel özellikleri, Akyüz G. ed. 1.Baskı, Elektrodiagnostik. Ankara: Güneş Kitabevi, 2003:9–13.
- 12- Netter FH. The Netter collection of medical illustrations. Cilt 1. Sinir Sistemi Emre M, Çev.Ed, 1.Baskı, İstanbul: Güneş Kitabevi, 2007.
- 13- Wuerker RB, McPhedran AM, Henneman E. Properties of motor units in a heterogeneous pale muscle (m.gastrocnemius) of the cat. J Neurophysiol 1965 Jan;28:85–99
- 14- Ertekin C. Periferik sinir fizyolojisi ve nöropatiler, Sentral ve periferik EMG. 1.Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 2006:132–140.
- 15- Hakamada S, Kumagai T, Watanabe K, Koike Y, Hara K, Miyazaki S. The conduction velocity of slower and the fastest fibres in infancy and childhood. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1982;45(9):851–853.
- 16- Robinson LR, Rubner DE, Wahl PW, Fujimoto WY, Stolov WC. Influences of height and gender on normal nerve conduction studies. Arch Phys Med Rehabil. 1993 Nov;74(11):1134–1138.
- 17- Kimura J. Principles and variations of nerve conduction studies. In: Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle. Principles and practice. Edition 3. New York: Oxford University Press 2001:91–113.
- 18- Rutkove SB. Effects of temperature in neuromuscular electrophysiology. Muscle & Nerve. 2001;24:867–882.

- 19- Ertekin C. Klinik uygulamada duysal ve motor sinir iletim alışmaları, Sentral ve periferik EMG. 1.Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 2006:109–118.
- 20- Preston DE, Shapiro BE. Basic nerve conduction studies. In: Electromyography and Neuromuscular Disorders Clinical - Electrophysiologic Correlations. USA: Butterworth-Heinemann 1998:25–27.
- 21- Daube JR. Compound muscle action potentials. In: Clinical Neurophysiology, Contemporary Neurology Series. F.A. Davis Company, Philadelphia: Mayo Foundation 1996:199–207.
- 22- Oh SJ. Nerve conduction techniques. In: Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies. Second edition. Baltimore, USA: Williams & Wilkins 1993:41–44.
- 23- Felsenthal G, Brockman PS, Mondell DL, Hilton EB. Proximal forearm ulnar nerve conduction techniques. Arch Phys Med Rehabil. 1986;67(7):440–444.
- 24- Delagi EF, Perotto A. Anatomic guide for the electromyographer. Second Edition, Springfield, IL, USA: Charles C. Thomas 1980:4,6,46,48,60.
- 25- Azma K, Bahmanteimoury K, Tavana B, Moghaddam FR. Two measurement methods of motor ulnar nerve conduction velocity at the elbow: A comparative study. Neurol India. 2007;55(2):145–147.
- 26- Jablecki CK, Andary MT, So YT, Wilkins DE, Williams FH. Literature review of the usefulness of nerve conduction studies and electromyography for the evaluation of patients with carpal tunnel syndrome. AAEM Quality Assurance Committee. Muscle Nerve. 1993;16(12):1392–1414.

- 27- Trojaborg W. Motor nerve conduction velocities in normal subjects with particular reference to the conduction in proximal and distal segments of median and ulnar nerve. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1964;17:314–321.
- 28- Spiegel MH, Johnson EW. Conduction velocity in the proximal and distal segments of the motor fibers of the ulnar nerve of human beings. *Arch Phys Med Rehabil* 1962;43:57–61.
- 29- Todnem K, Knudsen G, Riise T, Nyland H, Aarli JA. The non-linear relationship between nerve conduction velocity and skin temperature. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1989;52(4):497–501.
- 30- Oğuzhanoglu A, Erdoğan Ç, Tabak E, Cenikli U. Comparison of conduction velocities of nerve fibers to smaller and larger muscles in rats. *Int J Neurosci*. 2010;120:76–79.
- 31- Gassel MM, Trojaborg W. Clinical and electrophysiological study of the pattern of conduction times in the distribution of the sciatic nerve. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1964;27:351–357.
- 32- Fernand VS, Young JZ. The sizes of the nerve fibers of muscle nerves. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1951;139:38–58.
- 33- McHanwell S, Biscoe TJ. The sizes of motoneurons supplying hindlimb muscles in the mouse. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1981;213:201–216.
- 34- Johnsen B, Fuglsang-Frederiksen A, de Carvalho M, Labarre-Vila A, Nix W et al. Amplitude, area and duration of the compound muscle action potential change in different ways over the length of the ulnar nerve. *Clin Neurophysiol* 2006;117:2085–2092.

- 35- Kimura J, Sakimura Y, Machida M, Fuchigami Y, Ishida T et al. Effect of desynchronized inputs on compound sensory and muscle action potentials. *Muscle Nerve* 1988;11:694–702.
- 36- Kimura J, Machida M, Ishida T, Yamada T, Rodnitzky RL, Kudo Y, Suzuki S. Relation between size of compound sensory or muscle action potentials and length of nerve segment. *Neurology*. 1986;36:647–652.
- 37- Olney RK, Miller RG. Conduction block in compression neuropathy: recognition and quantification. *Muscle Nerve*. 1984;7(8):662–667.
- 38- Mattler WJS, Müller T, Georgiadis D, Kornhuber ME, Zierz S. Length dependence of variables associated with temporal dispersion in human motor nerves. *Muscle Nerve*. 2001;24:527–533.
- 39- Kimura J. Principles and pitfalls of nerve conduction studies. *Ann Neurol*. 1984;16:415–429.
- 40- Olney RK, Budingen HJ, Miller RG. The effect of temporal dispersion on compound action potential area in human peripheral nerve. *Muscle Nerve*. 1987;10:728–733.
- 41- Dorfman LJ. The distribution of conduction velocities (DCV) in peripheral nerves: a review. *Muscle Nerve*. 1984;7:2–11.
- 42- Lee RG, Ashby P, White DG, Aguayo AJ. Analysis of motor conduction velocity in the human median nerve by computer simulation of compound muscle action potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1975;39(3):225–237.

43- Olney RK, Miller RG. Conduction block in compression neuropathy: recognition and quantification. *Muscle Nerve*. 1984;7:662–667.

44- Gilliatt RW, Sears TA. Sensory nerve action potentials in patients with peripheral nerve lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1958;21:109–118.

45- Ertekin C. Patolojik sinirlerde iletim özellikleri, Sentral ve periferik EMG. 1.Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri 2006:140–152.

46- Ertekin C. Polinöropati, Sentral ve periferik EMG. 1.Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 2006:196–204.

47- Raynor EM, Ross MH, Shefner JM, Preston DC. Differentiation between axonal and demyelinating neuropathies: Identical segments recorded from proximal and distal muscles. *Muscle Nerve*. 1995;18:402–408.

48- Preston DE, Shapiro BE. Polyneuropathy. In: *Electromyography and Neuromuscular Disorders Clinical - Electrophysiologic Correlations*. USA: Butterworth-Heinemann 1998:357–370.

49- Alemdar M. Effects of gender and age on median and ulnar nerve sensory responses over ring finger. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014;24(1):52–57.

50- Bolton CF, Carter KM. Human sensory nerve compound action potential amplitude: variation with sex and circumference. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1980;43(10):925–928.

51- Hennessey WJ, Falco FJ, Goldberg G, Braddom RL. Gender and arm length: influence on nerve conduction parameters in the upper limb. *Arch Phys Med Rehab*. 1994;75(3):265–269.

52- Stetson DS, Albers JW, Silverstein BA, Wolfe RA. Effects of age, sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures. *Muscle Nerve*. 1992;15(10):1095–1104.

53- Soudmand R, Ward LC, Swift TR. Effect of height on nerve conduction velocity. *Neurology*. 1982;32:407–410.

54- Rivner MH, Swift TR, Malik K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle Nerve*. 2001;24:1134–1141.

55- Kommalage M, Gunawardena S. Influence of age, gender and sidedness on ulnar nerve conduction. *J Clin Neurophysiol* 2013;30:98–101.