

1. GİRİŞ

Bir çok sinir ve kas hastalıklarının tanısında önemli yeri olan sinir ileti hızı çalışmaları son 50 yılda rutin elektrofizyolojik çalışmalar arasında yerini almıştır (1,2).Yirminci yüzyılın başlarında Piper, ilk kez insan kaslarından bir galvanometre yolu ile elektriksel aktiviteyi kaydetmiştir. Bununla birlikte sinir ileti tekniklerinin gelişmesi zaman almış, ilk kez Hodes ve arkadaşlarının 1948'de insanlar üzerinde yaptıkları çalışmalardan sonra, motor sinir iletimlerinin rutine girmesi mümkün olmuştur. Duyusal sinir ileti hızı çalışmaları ise daha yenidir. İlk olarak Eichler 1937'de insanda karışık sinirlerden duyusal sinir iletisini kaydetmiş, Dawson'un 1954'teki araştırmalarından sonra da saf duyusal sinir iletimi teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanılmıştır (3).

1980'li yıllarda, bir taraftan yeni cihazların gelişimi, diğer taraftan klinik uygulamalar ve araştırmaların artmasıyla birlikte elektromiyografi (EMG), tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de oldukça yaygınlaşmıştır.

Elektromiyografi kasların kasılmasıyla meydana gelen elektriksel potansiyellerin vücut yüzeyinden kaydedilmesidir; diğer bir ifadeyle kasların kasılmasını sağlayan elektriksel aktivitenin izlendiği ve yorumlandığı bir kas incelemesidir. Kasların kasılması sinirler aracılığıyla beyinden gönderilen uyarıcı potansiyellerin kaslarda oluşturduğu Motor Ünite Aksiyon Potansiyelleri (MÜAP) olarak bilinen elektriksel potansiyeller sayesinde olur. Kasılmanın miktarı MÜAP'ların sayısının ve sıklığının artması ile artar. Kasların kasılı olduğu veya olmadığı durumlarda MÜAP'ların incelenmesi, şeklinin veya sıklığının normal sınırlar içerisinde olup olmaması ya da normalde karşılaşılmayan elektriksel aktivitelere rastlanması; kaslardaki sorunları belirlemek için incelenen değişkenlerdir. Günümüzde EMG incelemesi denildiğinde, kas incelemesinin yanı sıra sinir incelemesini de içine alan testler bütünü akla gelmektedir (4).

Ülkemizde birçok tıp dalında EMG ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin kinezyolojik (vücudun hareket bilimi) çalışmalar EMG ile kombine edilmekte, böylece hareket sistemi ile ilgili diğer dallarda EMG kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yürüme analiz laboratuvarlarında, yürümenin kinematik incelemesiyle birlikte, EMG kayıtları da alınabilmektedir. Diğer taraftan laboratuvar dışında, sporcuların saha testlerinde kasla ilgili aktiviteyi kaydetme olanağı veren küçük EMG cihazları; spor hekimliği ve spor bilimleri alanlarında kullanılmaktadır (5).

Vücudumuzdaki kaslara gerekli emirler; beyinde üretilen elektriksel potansiyeller şeklinde sinirler aracılığı ile iletilirler. Beyinden ve omurilikten dağılan sinir lifleri vücutta en uzak bölgelere kadar ulaşırlar. Sinir sisteminde beyin uyarılarını vücudun değişik bölgelerine ulaştıran motor sinir liflerinin yanı sıra duyuusal uyarıların oluşturduğu elektriksel aktivitenin beyine ulaşmasını sağlayan sinir lifleri de vardır. Sinirlerin herhangi bir nedenle baskı altında veya tamamen kopmuş olmaları durumunda iletkenlikleri azalır yada yok olur. Bu durumlarda sinirin iletkenlik yönüne bağılı olarak şüphelenilen sinir bölgesinin bir tarafından verilen elektriksel uyarı; bu sinirin uç noktada ulaştığı kastan veya sinirin diğeri bir noktastan kaydedilir. Sinirin ne kadar risk altında olduğı veya zarar gördüğü kaydedilen yanıtın genliğı, yanıtın ileti süresi ölçülerek veya şekli incelenerek belirlenir.

Sinir ileti çalışmalarının bir bölümünde refleks yanıtlar da incelenir. Bu inceleme sinir ileti araştırmalarındakine benzer şekilde, verilen uyarıyla ortaya çıkan refleks yanıtlar kaydedilerek gerçekleştirilir. Refleksin varlığı, ortaya çıkma süresi ve tekrarlanabilirliğı yorumlanır (4).

Günümüzde sportif faaliyetlerde başarıyı sağlayabilmek için insanların fiziksel ve zihinsel yeteneklerinin detaylı bir şekilde araştırılması gerekir. Sporcuyu hazırlamada, yarıştırmaya faaliyetlerinin en iyi şartlar altında yürütölmesi için, özellikle tıbbi açıdan geliştirilen yeni tekniklere ve teknolojinin insanlara büyük kolaylık sağladığı aletler ile yeni ölçümlere gereksinim vardır (6).

Spor aktivitelerinin yoğunluğu ve mevcut biomekaniklerden dolayı, sporcuda; sinir tahrişi, sıkışma, çekilme, sürtünme v.b. oluşumlar eğilimindedir (7,8).

Oyunun doğası, sinir harabiyetinin oluşumunda önemli bir rol oynar. Voleybola özgü hareketlere baktığımızda, oyuna has asimetrik ve güçlü hareketlerin (servis ve smaç) olduğunu görürüz (9). Servis ve smaç gibi voleybol hareketlerinin, üst ekstremitelerde baskın güçlü ve tek yönlü hareket gerektirdiğı gösterilmiştir (10,11). Hareketlerin çok aşırı tekrarı, yüksek kas gücü ve çok farklı zor dirsek pozisyonları gibi bir çok faktör; herhangi belirti göstererek veya göstermeyerek periferik sinir sistemini etkiler. Bu durum pek çok nörolojik bozuklukların kalmasına ve nörolojik hasarın kalıcı olmadan önce fark edilememesine yol açmaktadır (12).

Voleybol, daha önce belirtildiği gibi, üst ekstremiteler üzerinde yüksek çarpma ve güç gerektiren bir yük uygular. Sahadaki hareketler ve kullanılan teknik beceriler, oyun boyunca defalarca ardı ardına tekrarlanır. Aşırı kullanmadan doğabilen sakatlıklar, belirli teknikleri yıllar boyunca uygulayan yarışmaya dayalı sporcularda daha yaygın görülür (10).

Voleybol oyuncularının; baskın ekstremitelerindeki tekrara dayalı stres, baskın omuz ve dirsekte fizyolojik ve patolojik değişikliklere yol açar (13). Yüksek hızdaki kol savurması, sinir gerilmesi ve smaç sırasındaki gereken stresli hız kesme ve bir çok değişik topa vurma aktiviteleri sinir harabiyetlerinin en yaygın nedenleri olarak kabul edilirler (11).

İyi bir sporcuyla belirleyen en önemli özelliklerden biri, o kişinin karmaşık ve zor kas aktivitelerini gerçekleştirme becerisidir ve bu beceri büyük oranda merkezi sinir sistemine bağlıdır. Beden eğitiminin en önemli amaçlarından biri; çeşitli tiplerdeki motor becerilerin gelişimini, temel olarak merkezi sinir sisteminin hareketleri hızlı ve doğru bir şekilde koordine etme fonksiyonunun gelişimini sağlamasıdır (14).

Bu çalışmanın amacı; yukarıda verilen bilgilerin ışığında, elit bayan voleybolcuların üst ekstremita sinirlerinin ileti hızlarında meydana gelen elektrofizyolojik değişiklikler üzerine, voleybol sporunun herhangi bir etkisinin olup olmadığını araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sinir Sistemi

A. Merkezi Sinir Sistemi (M.S.S)

I. Beyin

II. Omurilik

B. Periferik Sinir Sistemi

I. Somatik Sinir Sistemi

a) Afferent (duyu) bölümü

b) Efferent (motor) bölümü

II. Viseral Sinir Sistemi

a) Afferent (duyu) bölümü

b) Efferent (motor) bölümü (Otonom Sinir Sistemi)

1. Sempatik Sinir Sistemi

2. Parasempatik Sinir Sistemi

3. Enterik Sinir Sistemi

Beyin ve omurilik, reseptörlerden aldıkları duyu girişine göre kas salgı bezlerine uygun emirler verirler. Ayrıca düşünme, öğrenme, hafıza gibi yorumlayıcı görevleri de vardır.

Periferik sinir sistemi afferent (duyu) ve efferent (motor) sinir hücreleri ile, kraniyal ve spinal sinirlerden ibarettir. Somatik sinir sistemindeki afferentler; deri, iskelet kası, tendon, eklem, göz ve kulak gibi yapılardan duyu girişini alır ve iletir. Efferentler, iskelet kaslarımıza kasılma emirleri götürerek kol, bacak, beden ve başımızın hareketini sağlarlar. Viseral sinir sistemindeki afferentler, organdaki reseptörlerden alınan bilgileri merkezi sinir sistemine ulaştırır. Efferentler, otonom sinir sistemini meydana getirir. Otonom sinir sistemi; düz kasları, kalp kasını ve salgı bezlerini ya uyarır veya durdurur (15).

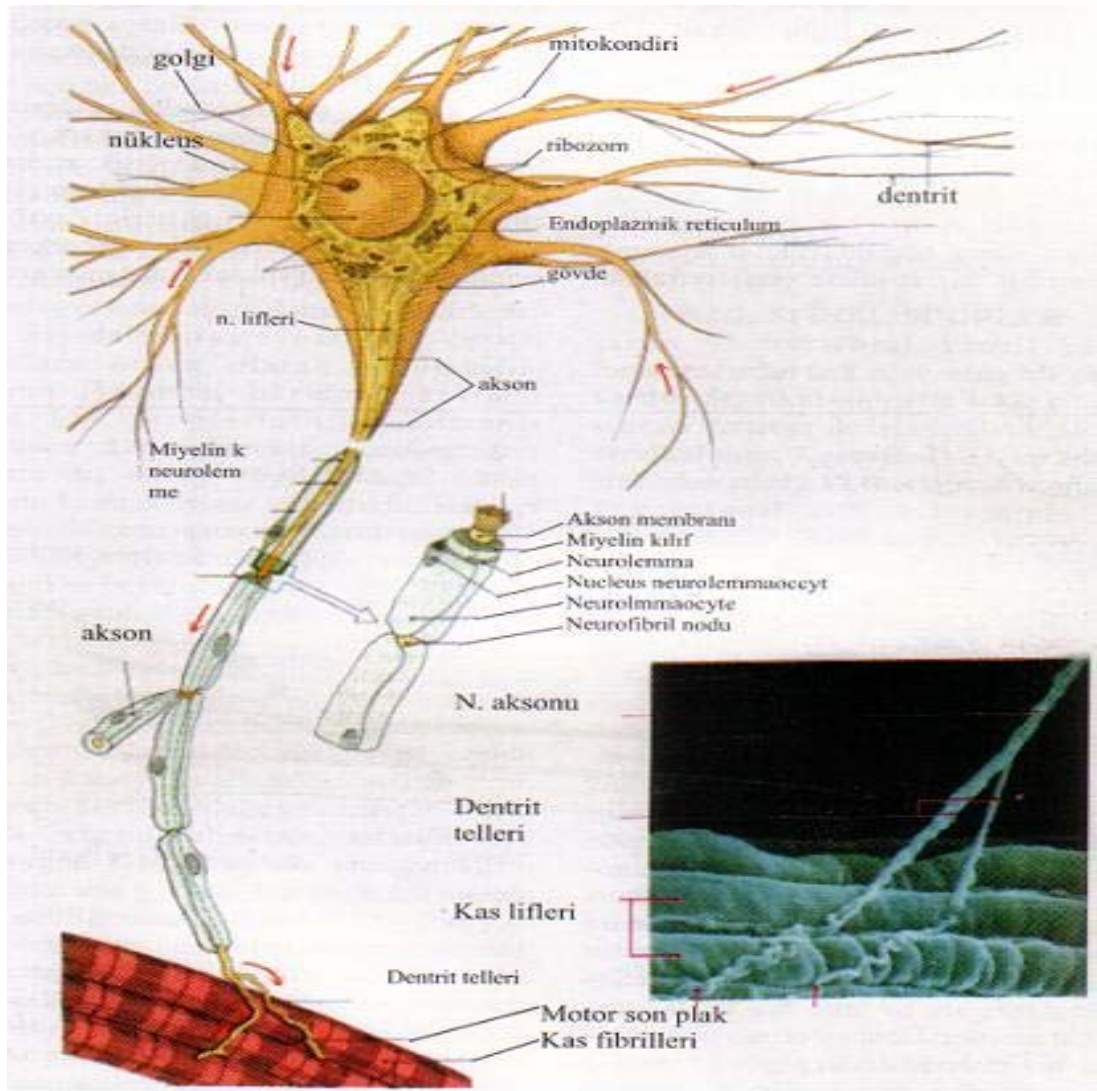
Sinir sisteminin yapı ve fonksiyon birimi sinir hücresidir. Sinir hücresine nöron adı verilir (16). Bir nöronun ortalama büyüklüğü 10 mikron (μ)'dur (17). Sinir sisteminde nöronların yanı sıra nöroglia hücreleri de bulunur. Glia hücrelerinin görevi nöronları korumak ve desteklemektir; herhangi bir aksiyon potansiyeli oluşturmazlar (16). Nöronlar, vücuttaki uyarıları taşımak üzere tasarlanmıştır. Nöronların görevi, komşu nöronlardan veya reseptörlerden sinyaller almak ve daha sonra bunları bir başka nörona ya da hedef hücreye iletmektir (18).

Bir nöronun uyarı göndermesi saniyenin binde biri kadar kısa bir süre içinde gerçekleşir. Bu nedenle bir nöronun saniyede 1.000 sinir uyarısı göndermesi mümkündür. Fakat genel olarak saniyede 300–400 kadar uyarı gerçekleşir (19).

Her bir nöron binden fazla nörondan sinyal alabildiği için, tek bir nöron aynı anda birkaç milyon farklı bilgiyi taşıyabilir (20). Bu özellik birden fazla kas lifinin hareket ettirilmesinin gerektiği durumlarda çok önemli bir rol oynar (21).

2.1.1. Nöronun Yapısı

Sinir sisteminin yapısal ve fonksiyonel ünitesi olan nöron; bir hücre gövdesi ve iki türlü uzantıdan (dendrit ve akson) meydana gelir (Şekil1).



Şekil 1. Nöron gövdesi ve uzantıları

2.1.1.1. Hücre Gövdesi

Hücre gövdesi, stoplazmasında nükleus (çekirdek) ve nükleolus (çekirdekçik) bulundurur. Ayrıca mitokondri ve golgi aygıtı gibi hücre organelleride vardır. Hücre gövdesi içersinde protein sentezleyen endoplazmik retikulum yer aldığı nisl bodies ve nörofibriller yer alır (22).

2.1.1.2. Dendrit

Dendritler; miyelinsiz çok sayıda kısa uzantıdan oluşurlar ve hücrenin kökleri gibidirler. Dallanmış yapıdaki dendritler, diğer nöronlardan gelen sinyallerin alınması ve hücrenin gövdesine iletilmesinde görev alırlar. Her bir nöron, sinyalleri hücreye taşıyan yüzlerce dendrite sahiptir (23).

2.1.1.3. Akson

Aksonlar sinir hücresinin gövdesinden çıkan; uzun, çoğunlukla tek bir uzantıdan oluşan, uyarıların gönderildiği ince uzantılardır. Aksonlar, yaklaşık 20µ çapındaki genişlikleriyle bir saç telinden daha incedirler; boyları ise bir metreye kadar uzayabilmektedir. Aksonların çarpıcı bir diğer özelliği ise, tek bir aksonun 10.000 kadar terminale (uç kısım) ayrılabilmesidir. Böylece her bir terminal, farklı bir nöron ile bağlanabilir ve aynı anda birden fazla bölgenin uyarılmasını sağlayabilir (20). Aksonların ucundaki bu bağlantı noktaları diğer hücrelerdeki özelleşmiş bölgelere bağlanır ve hücreler arası bilginin geçişini sağlarlar. İki nöron arasındaki iletişim, “sinaps” denilen bu bağlantı noktalarında kurulur. Bir nöron, sinapslar aracılığıyla çok sayıda nöronla aynı anda haberleşebilir. Her bir nöronda 10.000 civarında sinaps vardır (21).

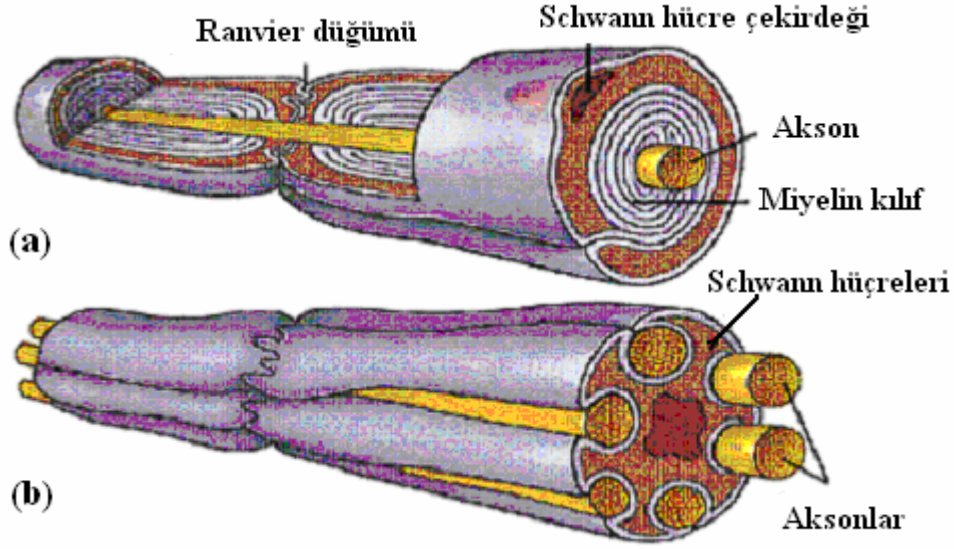
Sinapsta impulsun bir nörondan diğer bir nörona geçirilmesi elektriksel veya kimyasal bir aracı madde (nörotransmitter) ile sağlanır (22). Nörotransmitterler, sinir hücresinin gövdesinde üretilir, akson boyunca taşınır ve akson terminallerinde minik veziküller içinde depolanırlar. Her vezikül içinde yaklaşık olarak 5.000 haberci molekül bulunur (24). Sinaptik ileti bu yüzden elektriksel değil kimyasal bir iletidir. En önemlileri asetilkolin, noradrenalin, dopamin, serotonin ve histamin olan bu maddeler uyarıların sinapstan geçişini sağlar (22).

2.1.1.3.1. Miyelinli Akson

Bir miyelinli sinirin enine kesitine bakıldığında 2 yapısal komponent ayırt edilir. Bunlardan birincisi en içte olan akson'dur. İkincisi bunun çevreleyen miyelin kılıftır. Her ikisi birlikte periferde Schwann hücreleri ile çepeçevre sarılmıştır. Schwann hücrelerinin plazma membranı aksonu sargı gibi sararak miyelin kılıfı meydana getirmektedir (25). Miyelin; beyaz renkli ve fosfolipid moleküllerinden oluşan mükemmel elektrik izolatörü görevi yapan bir maddedir ve sinir impulsunu çok hızlı taşınmasına yardım eder (16). Sinirin uzunlamasına kesisinde miyelin kılıfının devamlı bir yapı olmadığı görülür. Uzunluğu 0,25–1,5 milimetre (mm) arasında değişen segmentlere bölünmüştür. Her bir miyelin kılıf segmenti, mevcut Schwann hücrelerinden biri tarafından meydana getirilir.

İki miyelin segmentinin birbirine ekleneceği yerde özel bir mikroskopik yapı oluşur. Buna Ranvier boğumu adı verilir (25). Miyelin kılıf, Ranvier düğümleri denilen noktalarda kesintiye uğrar (Şekil 2). Yaklaşık her bir milimetrede bir, bu kılıf üzerinde birkaç mikron genişliğinde bir düğüm bulunmaktadır. Hücre zarı üzerindeki iyonların geçişini düzenleyen sodyum ve potasyum kanalları da bu düğümlerde toplanır. Sodyum iyonlarını takip eden sinyaller de bu düğümlere doğru yönelirler. İşte bu yöntem sayesinde, sinyalin aktarılması saniyenin yüzde biri kadar kısa bir süre içerisinde gerçekleşir (26). Miyelinli aksonlarda iki miyelin segmenti arasında, Ranvier düğümleri hizasında aksonlar miyelinsiz kalırlar. Ranvier boğumları işlevsel olarak özel bir anlam taşırlar. Çünkü miyelin kılıf izole edici bir tabaka gibidir; aksonal zarın elektrik kapasitansını azaltırken, aynı anda direncini arttırmırlar. Sinir aksiyon potansiyellerinin bir internodal segmentten diğerine sıçrayarak, gecikmeksizin atlaması ile sinir ileti hızı artırılır. Buna Saltatory Conduction (sıçrayarak iletim) adı verilir (25). Miyelin kılıfın varlığı ve bu kılıfın Ranvier düğümleri olarak ifade edilen noktalarda kesintiye uğraması iletimin çok hızlı olmasına sebep olur (26). İleti hızına etkili olan diğer sinir parametreleri ise aksonun çapı ve miyelinizasyon derecesidir (25).

Vücudumuzdaki miyelin kılıflı sinir lifleri duyu organlarımızdan beyne, beyin ve omurilikten istemli kaslarımıza uyarılar gönderirler. İstemli hareketlerimiz o kadar hızlı ve otomatiktir ki, beyindeki bir düşünce ile adale kasılması neredeyse eş zamanlı gibidir. Algı ve hareketlerimizin böylesine hızlı olmasının ardındaki sebep, sinir iletisinin 120 metre/saniye (m/sn) varan hızla gerçekleşmesidir (27).



Şekil 2. Miyelin kılıf

2.1.1.3.2. Miyelinsiz Akson

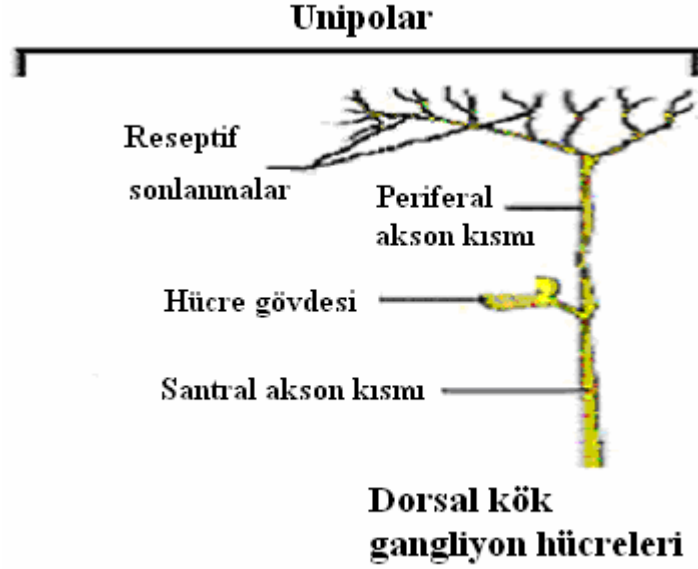
C sınıfı lifler en ince duysal ve otonom liflerdir ve miyelinsizdir. Miyelinsiz aksonlar tek tek veya küçük gruplar halinde Schwann hücrelerine invaze olarak adeta hücrenin içine gömülürler. Schwann hücreleri aksonu makrofajın bir objeyi fagosite ettiği tarza benzer şekilde çevreler (5). Miyelinsiz aksonların çevresini sadece Schwann hücrelerinin sitoplazmasından oluşan bir tabaka sarar. Miyelinli ve miyelinsiz sinir liflerinin aksoplazmik yapısal özellikleri temelde farklı değildir. Miyelinsiz aksonların sadece çapları ve gittikleri terminal bölgeler değişkendir (25).

Miyelinsiz liflerde bir kez eşik değere ulaşıncaya membran boyunca pozitif şarjın miktarı membran boyunca yük dağılımının değişimine neden olur ve voltaj kapılı sodyum (Na^+) kanalları açılır. Bu durum aksonun sonuna ulaşıncaya kadar devam eder. Her küçük sinir bölgesinde membranın sırasıyla aktivasyonu depolarizasyon için bir miktar zaman alır. Uzun mesafelerde aksiyon potansiyelinin yolculuğu göreceli olarak uzun zaman alır (5). Miyelinle kaplı olmayan sinirler uyarıları saniyede 1-2 metre hızla iletirken, miyelinle kaplı sinirler uyarıları saniyede 100 metre (m) hızla iletirler (26).

2.1.2. Nöronların Sınıflandırılması

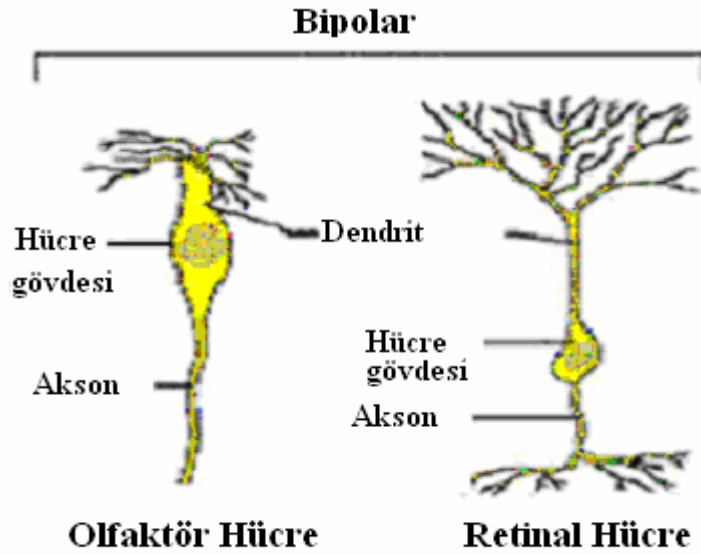
2.1.2.1. Uzantılarının şekil ve büyüklüğüne göre nöronlar

2.1.2.1.1. Unipolar Nöronlar: Hücre gövdesinden tek uzantı çıkaran nöronlardır. Bu uzantılar dallanarak akson ve dendritleri oluştururlar (Şekil 3).



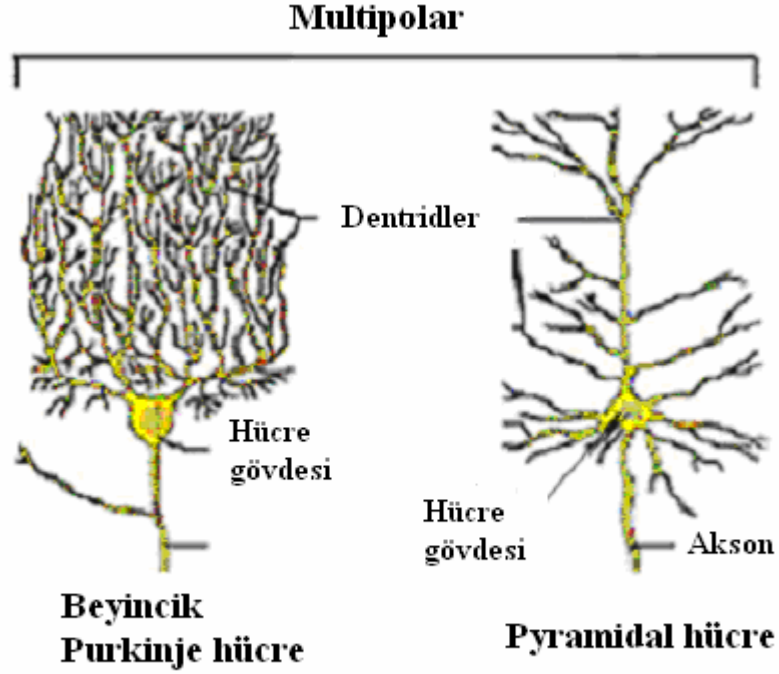
Şekil 3. Unipolar nöron

2.1.2.1.2. Bipolar Nöronlar: Hücre gövdesinden bir dendrit ve bir akson çıkaran nöronlardır (Şekil 4).



Şekil 4. Bipolar nöron

2.1.2.1.3. Multipolar Nöronlar: Hücre gövdesinden bir akson ve çok sayıda (yüzlerce) dendrit çıkaran nöronlardır (Şekil 5). Vücutta bulunan nöronların büyük bir kısmı multipolardır (22,29).



Şekil 5. Multipolar nöron

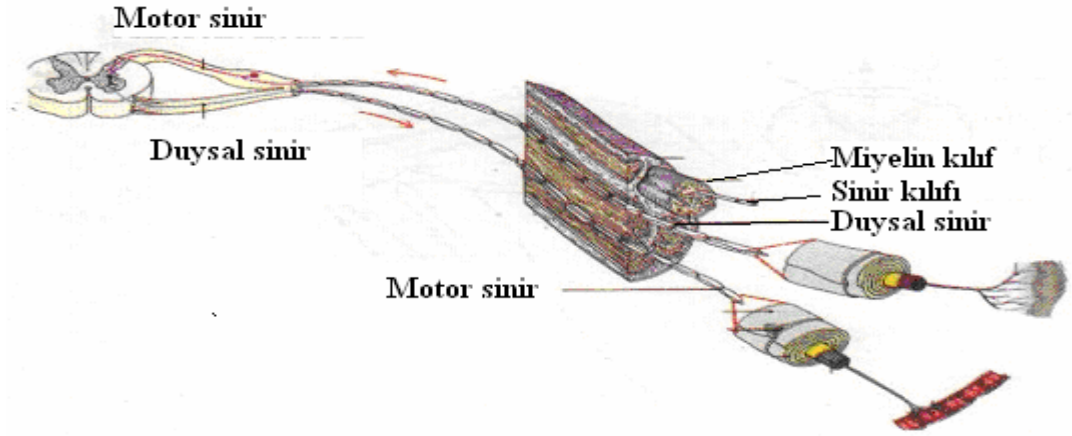
2.1.2.2. Fonksiyonel bakımdan Nöronlar

2.1.2.2.1. Afferent Nöronlar

Vücudun çeşitli bölgelerinden alınan duyuları, yani uyaran ile oluşan uyarıları reseptörlerden (duyu organlarından) merkezi sinir sistemine getiren sinirlerdir. İletimin yönü periferden yani reseptörlerden merkeze (beyin ve omurilik) doğrudur.

2.1.2.2.2. Efferent Nöronlar

Sinir uyarılarını merkezden alıp hedef organlara (kas, salgı bezi gibi) götüren sinirlerdir. İskelet kaslarına giden efferent sinirlere motor sinirler, düz kas ve salgı bezlerine giden efferent sinirlere de otonom efferent sinirler adı verilir. Uyarının ileti yönü M.S.S'den, perifere yani effektör organlara doğrudur (Şekil 6).



Şekil 6. Afferent ve efferent nöron

2.1.2.2.3. İnter (Ara) Nöronlar

Merkezi sinir sisteminde bulunurlar. Buradan kök alıp burada sonlanırlar. M.S.S'den dışarı çıkmazlar. M.S.S'de afferent ve efferent sinirler arasında bağlantı sağlarlar. Ara nöronların bağlantıları çoğunlukla düşünce, his, irade, bellek, öğrenme v.b fonksiyonlarla ilgilidir. Herhangi bir sinirsel aktivitede ara nöron sayısı sinirsel aktivitenin kompleksliği oranında artar (22).

2.1.3. Sinir Lifi Tipleri ve Fonksiyonları

Sinir lifleri çaplarına, impuls iletim hızlarına ve fonksiyonlarına göre çeşitli tiplere ayrılmışlardır (30).

İnsan periferik sinirleri içinde iki temel tipte sinir lifi bulunur; bunlardan biri miyelinli diğeri miyelinsiz olanlardır. Miyelinsiz liflere “C-lifleri” de denir. Miyelinli sinir lifleri , daha önce de belirtildiği gibi 1-15 hatta 20 mikrometre (μm) çapında olabilirler. Bunlara A-lifleri adı verilir. Geleneksel olarak bileşik sinir aksiyon potansiyellerinde meydana getirdikleri defleksiyonlara, dolayısıyla impulsarı iletmeye hızlarına ve çaplarına göre miyelinli A-lifleri de kendi içlerinde alt gruplara ayrılırlar. Bunlar (α , β , δ) lifleri olarak adlandırılırlar.

Bu alt bölümler daha çok deri sinirleri için kullanılmıştır. A-alfa ($A\alpha$) lifleri en geniş çaplı ve en hızlı ileten liflerdir. A-delta ($A\delta$) lifleri ise en küçük çaplı ve en yavaş ileten miyelinli lif grubunu oluştururlar. Diğerleri bu iki arasında yer alırlar. Duysal lifler ve kas afferent sinirleri içine alan ikinci bir sınıflama da literatürde sıklıkla kullanılır. Buna göre grup I, II, III ve IV şeklinde bir ayırım yapılmıştır.

Grup-I sinir lifleri en geniş çaplı ve en hızlı iletenlerdir. Çapları 10–18 μm arasında değişir. Kastaki gerilme reseptörleri olan kas içciklerinden gelen refleks afferentler bu gruba dâhildir ve grup Ia adını alırlar. Bunlar EMG’de H-Refleksi ve tendon refleksi kayıtları ile kolaylıkla incelenir. Tendondaki golgi-tendon resöptörlerinden kalkan refleks afferentler grup Ib adını alırlar.

Deriden kalkan duyu lifleri; Pacinian korpüskülleri ve kıl köklerinden kalkan afferent sinir lifleri 6–12 μm çapında olup grup-II yi oluştururlar. Kas içciklerindeki ikincil sonlanmaların devamı olan grup II kas afferentleri de bu gruba dâhildir. Grup I liflerine göre iletim hızları daha yavaştır.

Grup III ise başlıca deri ve deri altı dokulardan kalkan ve özellikle ağrı duyumu ile ilgili olan afferent lifleri kapsar, 1–6 μm çapındadırlar. 10–25 m/sn gibi en yavaş iletim hızına sahip olan miyelinli liflerdir. Miyelinsiz C – lifleri grup IV olarak adlandırılırlar (25).

Efferent motor lifleri ise temelde alfa ve gamma efferent lifler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Alfa Efferent lifler, çizgili kasların bilinen klasik ekstrasfasal liflerini inerve ederler ve spinal motor nöronların aksonal uzantılarıdır. Çapları 9–17 μm arasındadır, çok hızlı iletirler. Bu bakımdan Grup Ia ve Grup Ib refleks afferentleri ile karşılaştırılabilecek durumdadırlar (25).

Gamma efferentler ise ön boynuzdaki gamma motor nöronların aksonal uzantılarıdır. Bunlar çizgili kas içindeki içciklerin intrafasal liflerini inerve ederler ve kasın gerilmesini ayarlarlar. Gamma efferentler de başlıca iki gruba ayrılırlar; bunlar gamma I ya da dinamik gamma efferentler ile gamma II ya da statik yavaş gamma efferentlerdir. Gamma efferentlerin hızlı olanları 4–8 μm , yavaş olanları 2–6 μm çapındadırlar. Bunlar arasında yer alan Beta motor nöronlardan da söz edilmektedir. Bunların işlevleri tam belli değildir. Hem ekstrasfasal hemde intrafasal lifleri inerve ettikleri öne sürülmektedir (25).

2.2. Sinir Fizyolojisi

2.2.1. İstirahat Membran Potansiyeli

Kalın sinir liflerinin membran potansiyeli, sinir sinyallerinin iletilmediği istirahat durumunda yaklaşık -70 milivolt (mV)’dur. Biyolojik sistemlerde membran potansiyeli hücre membranı boyunca oluşan potansiyel farklılığı ifade eder.

Vücuttaki tüm hücre membranlarında güçlü bir Na^+ – potasyum (K^+) pompası bulunur. Bu pompa devamlı olarak Na^+ 'u lifin dışına, K^+ 'u lifin içine pompalar. Bu bir elektrojenik pompadır. İçeriye giren her 2K^+ iyonu için dışarıya 3Na^+ iyonu pompalanır ve içeride pozitif iyon eksikliği yaratılır; böylece hücre membranının içi negatif yüklü olur.

Ayrıca Na^+ ve K^+ iyonları için membranda kanal proteinleri vardır. Bunlara Na^+ - K^+ sızma kanalı denir. Normalde kanallar K^+ 'a, Na^+ 'dan 100 kat daha geçirgendir.

Membran istirahat potansiyelini -70 mV olarak belirleyen faktörler şunlardır.

- K^+ difüzyon potansiyeli
- Sinir membranından Na^+ difüzyonu
- Na^+ - K^+ pompası

2.2.2. Aksiyon Potansiyeli

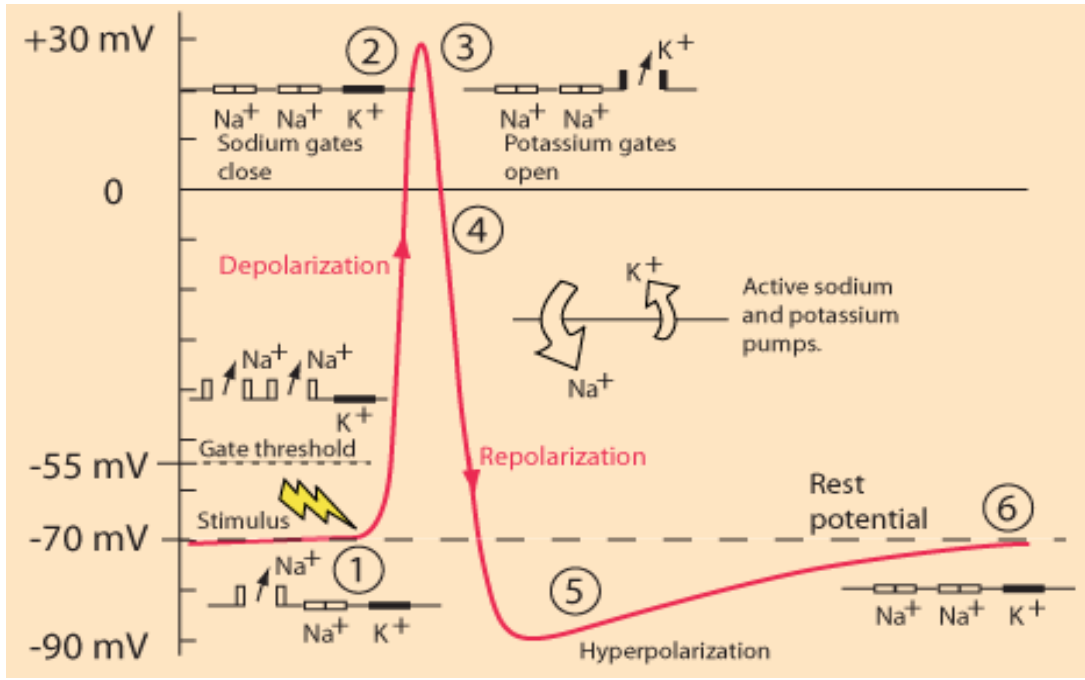
Sinir sinyalleri membran potansiyellerindeki hızlı değişimler olan aksiyon potansiyelleri ile iletilir. Her aksiyon potansiyeli normal istirahat potansiyelinin negatif değerden ani olarak pozitif bir değere yükselmesi ile başlar ve hızla tekrar negatif potansiyele dönüşür (Şekil 7).

İstirahat dönemi; aksiyon potansiyelinden önceki istirahat potansiyelini belirtir. Bu dönemde büyük bir negatif membran potansiyeli olması nedeni ile membran polarize durumundadır.

Depolarizasyon dönemi; bu dönemde membran Na^+ 'a karşı büyük bir geçirgenlik kazanır ve fazla miktarda Na^+ iyonu aksonun içine akar. Normal polarize durum kaybolur ve potansiyel hızla pozitif yönde yükselir. Buna depolarizasyon denir. Kalın sinir liflerinde membran potansiyeli genellikle sıfır düzeyini geçerek pozitifleşir. Bazı küçük lifler ve merkezi sinir sisteminde ise pozitif düzeye geçilmez.

Repolarizasyon dönemi; membranın Na^+ 'a geçirgenliği arttıktan sonra saniyenin on binde biri kadar kısa bir süre içinde sodyum kanalları hemen açıldıkları hızda kapanırlar. K^+ iyonlarının dışa doğru hızla difüzyonu ile normal negatif istirahat potansiyeli tekrar sağlanır. Buna da membran repolarizasyonu denir (5).

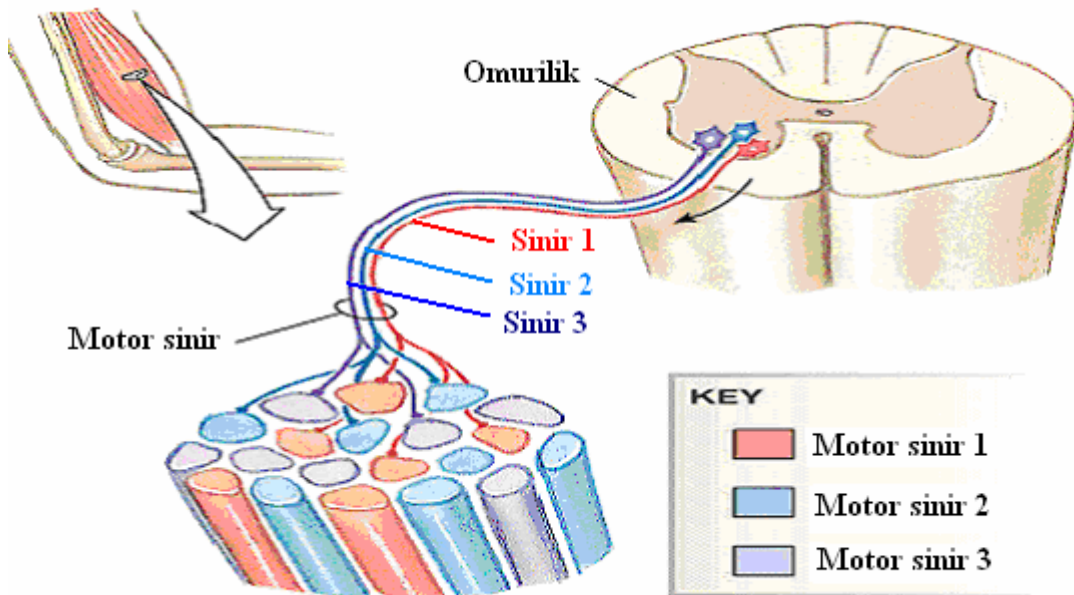
Böylece kas tekrar istirahat membran potansiyeline geri döner ve yeni sinir impulsu iletmeye hazırdır. Sinirde potasyum iletisi daha da artarsa hiperpolarizasyon oluşur, bir defa eşik potansiyele ulaşıncaya depolarizasyon hep ya da hiç yasasına uyar ve bir biri ardı sıra aksiyon potansiyelleri oluşturur (25).



Şekil 7. Aksiyon potansiyeli

2.2.3. Kas Lifi ve Motor Birimlerin Elektrofizyolojisi

İskelet kasında kasılmanın oluşmasındaki temel yapı motor birimdir ve bir motor birim birçok kas lifinden meydana gelmiştir. Omurilik ön boynuzunda bulunan bir alfa-motornöron, bunun çevresel uzantısı olan motor akson ile birlikte bu aksonun kas içinde dallanarak birçok kas lifini innerve etmesi ile motor birim oluşur (Şekil 8).



Şekil 8. Motor birim

Bir motor akson kas içinde terminal bir ağ oluşturarak kas liflerini innerve eder; innerve olan kas lifi sayısı, hem bir kas içinde hem de diğer vücut kasları içinde farklıdır. Yapılan çeşitli araştırmalara göre bir motor birimin innerve ettiği kas lifi sayısı 3-2000 arasında değişir. Genel bir kural olarak bir motor birimin kas lifi sayısı yüksek ise daha güçlü bir kontraksiyon gelişir (25).

Kası innerve eden sinirin aksonu kasa yaklaşıncaya miyelin kılıfını kaybederek terminal dallara ayrılır. Terminal dallarda sinirden kasa uyarının iletimini sağlayan transmitter madde olan asetilkolin (ACh) vezikülleri bulunur. Bu çıplak sinir uçları kas hücre zarında bulunan ve motor son plak adı verilen farklılaşmış bölüme yerleşir. Bir bütün olarak bu yapıya nöromüsküler bağlantı veya sinir- kas kavşağı denir.

Kaslara nöronlar aracılığıyla gelen uyarılar, nörondan kas liflerine sinir-kas bağlantısından geçer. Bu geçiş şu şekilde gerçekleşir:

- Motor sinirin terminaline gelen uyarı, bu terminaldeki voltaj kapılı kalsiyum (Ca^{+}) kanallarını açarak kalsiyumun sinir hücresi içine girmesine neden olur.
- Hücre içinde kalsiyum miktarının artması, asetilkolin veziküllerinin ekzositosunu başlatır.
- Asetilkolin sinir-kas bağlantısındaki sinaptik aralığı geçerek, motor son plaktaki asetilkolin reseptörüne bağlanır.
- Asetilkolin'in reseptörüne bağlanması, zarın Na^{+} ve K^{+} iyonlarına geçirgenliğini değiştirir ve bunun sonucunda Na^{+} iyonları hücre içine girer, motor son plak potansiyeli meydana gelir.
- Bu lokal potansiyel komşu hücre zarını depolarize eder ve aksiyon potansiyeli başlar.
- Oluşan aksiyon potansiyeli her yönde kas hücre zarı boyunca iletilir ve kas kasılması ile ilgili süreç başlar (31).

2.2.4. Refleks

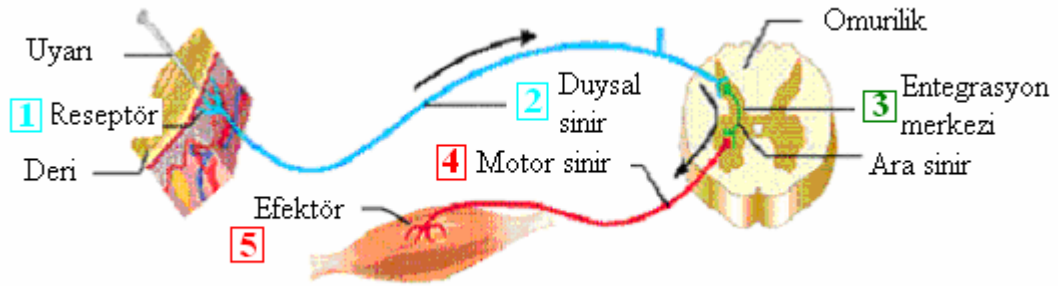
Sporda başarıyı sağlamada sporcunun kuvvet, sürat, dayanıklılık ve konsantrasyon gibi özelliklerin yanı sıra bir hareketin yapılmasındaki çabukluk yani refleks zamanı da önemli bir faktördür (6).

Bir uyarıya karşı oluşan istemsiz cevaba refleks denmektedir. Diğer bir ifadeyle; Refleks, reseptörlerin uyarılması ile başlayan duyuşal deşarjın omurilikteki sinapstan başlattığı uyarı ile efektör organlarda yaratılan istem dışı aktivitedir.

Medulla spinalis, gövde ve ekstremiteler kaslarını kontrol eden merkez olduğuna göre aynı zamanda refleks merkezidir. Çünkü refleks olayı omurilikte gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, her ne kadar refleks omurilikte gerçekleşse de; üst merkezlere çıkan lifler vasıtasıyla beyin bu olaydan haberdardır.

Refleks olayı istem dışı bir olaydır. İstemle yapılan hareketler reflekslere dâhil edilmezler. Fakat ister istem dışı isterse istemli olsun her çeşit aktivitenin gerçekleşmesi aynı sinir mekanizması ile oluşur. Fonksiyonel bakımdan sinir sisteminin temel birimi refleks arkıdır. Refleks ve refleks arkı ayrı şeylerdir. Refleks bir olay, refleks arkı ise anatomik bir yoldur (Şekil 9).

Sinirsel fonksiyonların gerçekleşmesi için en az bir reseptör, bir afferent nöron, bir merkez, bir efferent (motor) nöron ve bir de efektör organ gereklidir. İşte bu ünitelerin oluşturduğu anatomik yapı ve yola refleks arkı denir (22).



Şekil 9. Refleks arkı

Bu arkın herhangi bir noktasında bir hasar meydana gelmesi halinde refleks ortaya çıkmaz. Afferent duyu sinirler; reseptörlerden aldıkları uyarıyı, arka köklerden girerek, omuriliğe taşır.

Efferent motor sinirler ise, medulla spinalisin ön boynuzundan çıkar. Buna göre medulla spinalisin arka kökleri duyu sinirler; ön kökleri motor lifler içerir. Buna "Bell Magendie Yasası" denir.

Refleks oluşumunda ilk olarak; bir duyu organı veya reseptörde bir reseptör potansiyeli meydana gelir. Uyarı, eşik veya eşik üstü şiddete ulaştığında bu reseptör potansiyeli afferent duyu lifinde iletilebilir bir aksiyon potansiyelini oluşturur. Merkezi sinir sistemine (beyin ve omurilik) giren duyu lifi, merkezde efferent motor nöronlarla monosinaptik veya polis sinaptik bağlantı kurar.

Motor sinirde bir aksiyon potansiyeli oluşursa uyarı; iskelet kası, kalp kası, düz kas gibi efektör organlarda da bir aksiyon potansiyeli meydana getirir.

Basit bir refleks arkında afferent ve efferent nöronlar arasında tek bir sinaps bulunur. Monosinaptik adı verilen bu reflekslerin örneği tendon refleksleridir. Afferent ve efferent nöronlar arasında birden fazla ara nöron varsa; buna da, polisinantik refleks denir. Geri çekme refleksi de bunun tipik örneğidir (32).

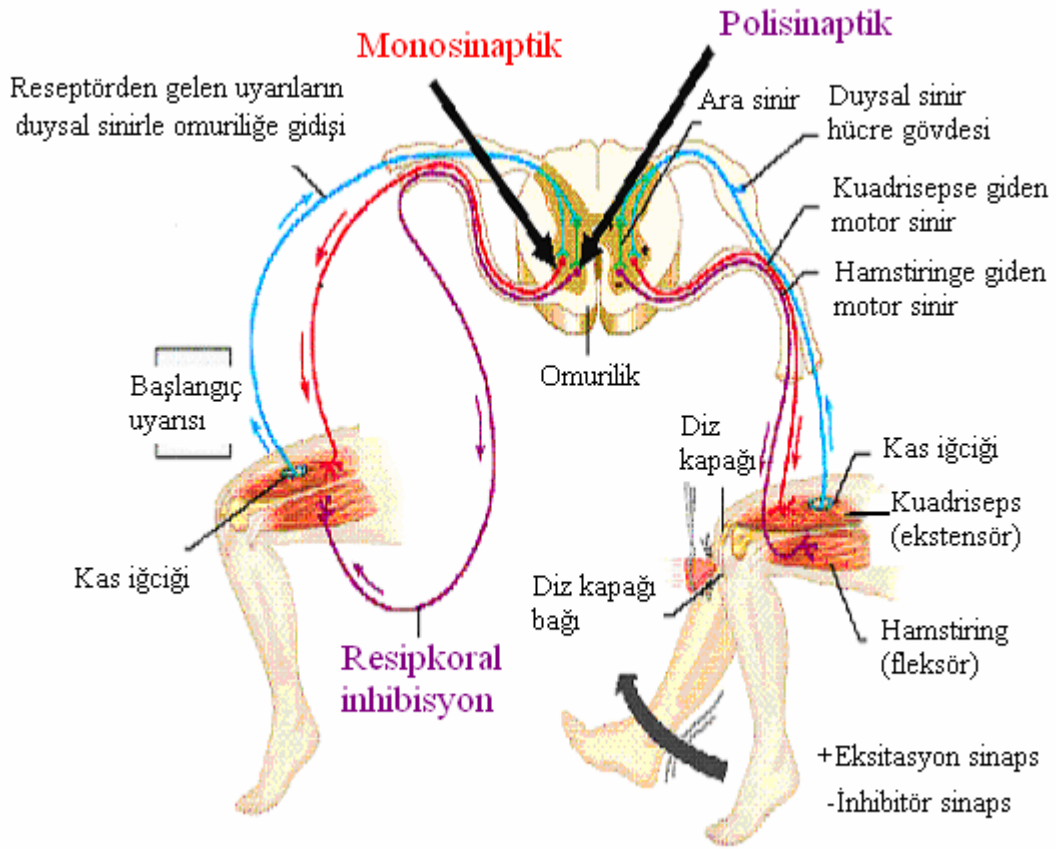
2.2.4.1. Monosinaptik Refleksler

2.2.4.1.1. Germe Refleksi

İskelet kası, boyunda meydana gelen uzamaya karşı, kasılarak cevap verir. Buna gerilme refleksi (stretching reflex) denir (Şekil 10). Mekanizma şöyledir: Kaslar dışarıdan gerilerek uzatıldığında veya kendiliğinden gevşeyip uzadığında, kas lifleri arasındaki reseptörler uyarılarak, bu bilgiyi afferent duyu sinirleri aracılığı ile medulla spinalise taşır. Duyu sinirleri medulla spinalisin arka köklerinden girdikten sonra monosinaptik bir bağlantı ile ön boynuzda bulunan alfa (α) motor nöronları uyarır. Alfa motor nöronlar da bağlı oldukları kas liflerini uyararak, aynı kas liflerinin kasılmasını sağlar.

İskelet kası boyunun statik (pasif, yavaş) veya dinamik (fazık, hızlı) olarak uzaması halinde, statik veya dinamik bir cevap ortaya çıkarır. Böylece kas tonusu oluşur. İstirahat halinde bile bütün kaslarımızda hafif bir kasılma söz konusudur. Bu özellikle kas kitlesindeki bir grup kas lifinin; gerek periferdeki kas iğciklerinin uyarılmasıyla, gerekse üst merkezlerden motor nöronlara gelen düşük şiddetteki uyarılar ile ortaya çıkar.

Eğer kasların boyu; nörolojik refleks muayenelerinde olduğu gibi, dışarıdan dinamik bir şekilde uzatılırsa; buna karşılık dinamik bir kasılma ortaya çıkar. Bu da bir tendon refleksi olan gerilme refleksidir. Gerilme refleksi, vücudun en hızlı monosinaptik refleksidir (Reaksiyon zamanı: 19,24 msn). Gerilme refleksinin duysal uyararı; kas liflerinin arasında, onlara paralel olarak yerleşmiş ve reseptör olarak görev yapan kas iğcikleri tarafından alınır. Kas iğciklerine “intrafuzal lifler” de denir. İki ucundaki küçük bir bölüm haricinde kasılma özelliği yoktur. Görevi, kas boyunun uzaması halinde bu uzunluğu algılayıp, kendine bağlı duysal afferentlerle medulla spinalise bildirmektir. İskelet kasının kasılabilen lifleri ise ektrafuzal liflerdir (32).

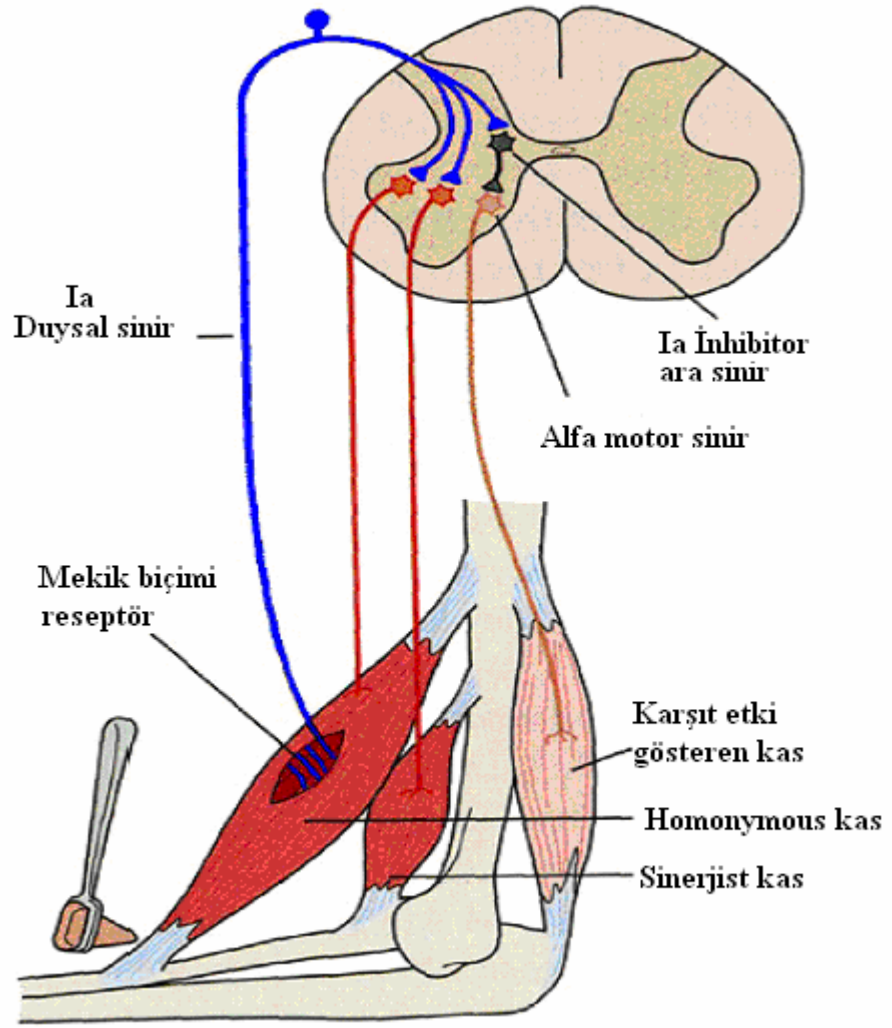


Şekil 10. Gerim refleksi

2.2.4.1.2. Golgi Tendon Refleksi

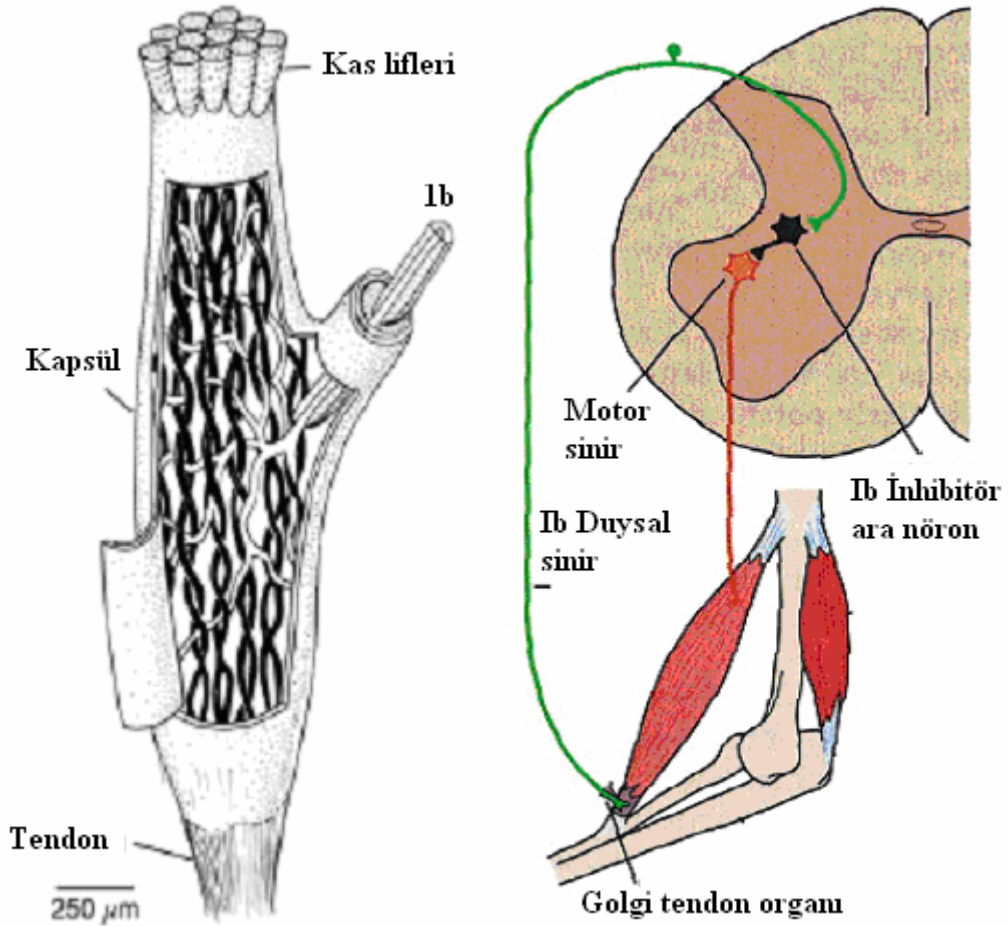
Kasın aşırı kasılmasına bağlı olarak tendonların aşırı gerilmesi halinde Golgi tendon organından çıkan uyarılarla kasın gevşetilmesini sağlayan koruyucu bir refleksdir. Kasın iki ucundan aşırı çekilerek tendonlarının kopma noktasına gelmesi halinde de bu refleks devreye girerek kası daha çok gevşetir.

Kas tendonlarının arasında ve onlara seri bağlanmış Golgi Tendon Organları vardır. Bu reseptörler kasın aşırı kasılması ve tendonların gerilmesi ile uyarılır. Uyarılar, hızlı iletiye sahip Grup Ib afferentleri ile medulla spinalis arka köklerinden girer. Ön boynuza geldiğinde, bu kasın gevşeyebilmesi için bir inhibitör aranöron ile sinaps yapar. Böylece aşırı kasılan kasın motornöronu inhibe edilmiş olur. Bu arada; tendon organından gelen afferent lifler, antagonist kasın motor nöronunu resiprokal innervasyon ile eksite eder (Şekil 11)(32).



Şekil 11. Resiprokal inhibisyon

Golgi tendon refleksi, tendonların kopmasını önleyen koruyucu bir reflekstir (Şekil 11). Kas içciklerinin ve golgi tendon organlarının afferent sinirlerinin kesilmesi halinde, alfa motor nöronlar ile üst merkezlerden gelen impulslarla kas kasılsa bile, kasın tonusu ortadan kalkar ve kas gevşekçe, yarı paralize bir hal alır (32).



Şekil 12. Golgi tendon organı ve Golgi tendon refleksi (Ib inhibisyonu).

2.2.4.2. Polisinaptik Refleksler

2.2.4.2.1. Geri Çekme Refleksi

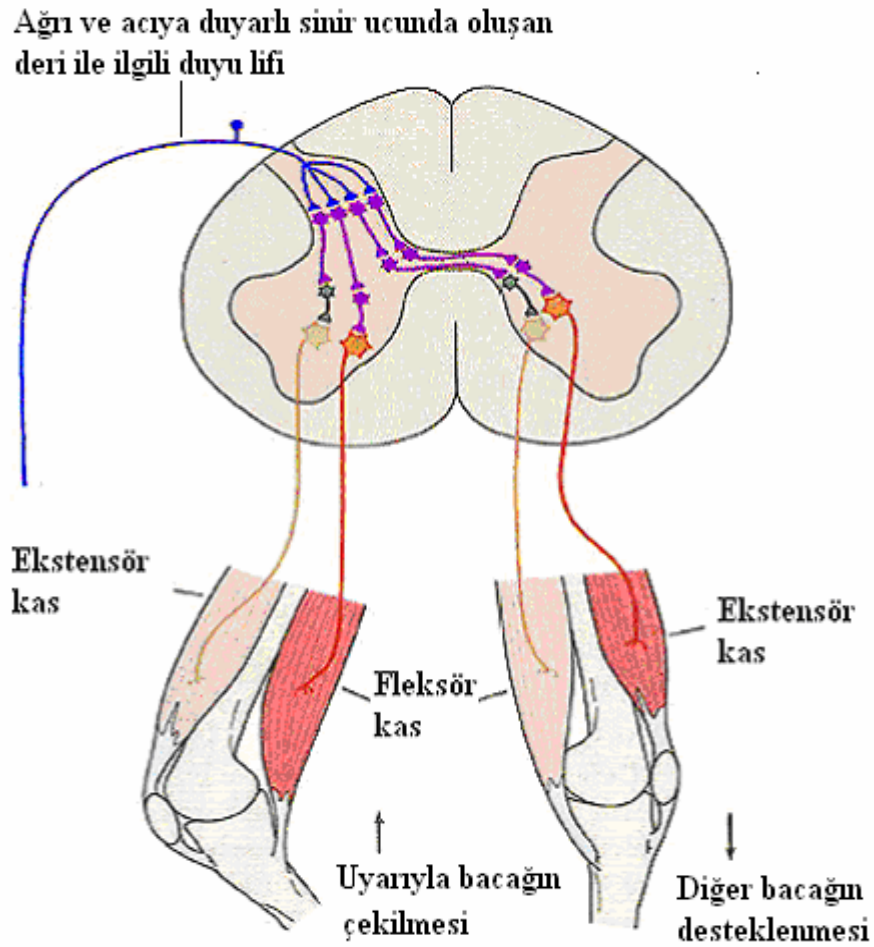
Bir ekstremitte veya vücut parçasının ağırlı bir uyarandan geri çekilmesi ile karakterize bir fleksiyon refleksidir (Şekil 13). Bütün canlılarda ortaya çıkan ve hayatta kalmayı sağlayan koruyucu bir reflekstir. Ağırlı uyarının hafif olması halinde uyarının uygulandığı bölgeye yakın fleksör kaslarda kasılma meydana gelir.

Ağrı reseptörlerinden kalkan afferent uyarılar, medulla spinalise arka köklerden girdikten sonra alt ve üst segmentlere dağılmak üzere pek çok aranöron ile sinaps yapar. Ekstremitayı ağırlı uyarandan kurtarmak için çeşitli seviyelerdeki fleksör kasların motor nöronları uyarılırken; ekstensör kasların motor nöronları ise resiprokal inhibisyona uğrar.

Ağrılı uyarının çok şiddetli olması halinde latens (uyaranın verildiği an ile refleksin ortaya çıktığı an arasındaki süre) kısalır; buna karşılık refleks süresi (uyaran verildikten sonra cevabın bitimine kadar olan süre) uzar.

Bazen ağrılı uyarının şiddeti çok fazladır. Bu durumda afferentler, medulla spinalise girdikten sonra uyarıyı alt ve üst segmentlere iletirken; aynı zamanda medulla spinalisin karşı tarafına da iletirler. Uyarının olduğu tarafta (ipsilateral) ekstremitte şiddetle geri çekilirken; karşı ekstremitte ise (kontralateral) ekstensiyon yaparak, vücudu dengelemeye çalışır.

Buna çapraz ekstensiyon refleksi denir. İnsanda fizyolojik koşullarda pek ortaya çıkmasa da deney hayvanında (spinal hayvan), çapraz ekstensiyon refleksi esnasında, dört ekstremitenin de refleks katıldığı görülebilmektedir. Buna göre bir bacak fleksiyon, aynı taraf kol ekstensiyon yaparken; diğer bacak ekstensiyon, aynı taraf kol fleksiyon yapar (32).



Şekil 13. Geri çekme refleksi

2.3. Elektromiyografinin Teknik Temeli

Kas biyoelektrik aktivitesinin incelemesine elektromiyografi, periferik sinir potansiyellerinin incelenmesine de nörografi denir. Bu iki işlem birbirinin ayrılmaz parçaları olduğu için iki terim birleştirilmiş ve tümüne elektromiyografi (EMG) denmiştir.

EMG'nin uygulanabilmesi için aşağıdaki aletlere ihtiyaç vardır.

- Kaydedici ve uyarıcı elektrodlar
- Kas ve sinir aksiyon potansiyellerin büyüten elektronik sistem (Amplifikatör =Yükseltgeyici).
- Biyoelektriksel potansiyel değişimlerini gösteren katod-ışınli osiloskop.
- Biyoelektriksel potansiyel değişimlerini kulak yolu ile işitilmesini sağlayan mikrofon sistemi.
- Sinir ve kasları kontrollü elektriksel şoklarla uyarabilen stimulator.
- Biyoelektriksel potansiyelleri çizdiren kaydetme sistemi.

Kaslara, sinirlerden gelen biyoelektriksel potansiyeller çok geniş sınırlar içinde değişen voltaja sahiptirler ve yaklaşık 10 mikrovolt (μV) ile 10 milivolt (mV) arasında değişirler. Bundan dolayı bu denli küçük elektriksel gerilim farkının katot ışınli osiloskop'ta oluşturduğu sapmaların net çizgiler halinde görülebilmesi için, bir yandan kaydedici elektrodların kas ve sinir dokusuna çok yakın olması yada içinde olması; bir yandan da bu potansiyellerin katot ışınli osiloskop'a gelmeden önce büyütülmesi gerekir.Bu büyütme elektronik amplifikatör ile sağlanır. Kaydedici, elektrod ile osiloskop arasında bulunur. Kaslarda aksiyon potansiyellerinin oluşumu sırasında meydana gelen biyolojik ses titreşimleri de aynı büyütme ile mikrofonu gönderilir ve EMG'yi kaydeden kişi hem göz hem de kulak yoluyla ortaya çıkan potansiyelleri aynı anda izleme olasılığı bulur (6).

EMG incelemesi teknik olarak oldukça sade fakat önemli bilgiler verir. Aynı önemde bilgiler veren sinir ileti çalışmaları sinir sisteminin kompleks yapısı, fonksiyonlarındaki çeşitlilik veya uygulama bölgelerinin özellikleri yüzünden çok farklı inceleme yöntemleri uygulanmasını gerektirmektedir.

Bu çeşitliliğe karşın, sinir ileti incelemelerinde ana prensip sinir yolunun bir noktasından verilen elektriksel uyarının, sonlandığı noktadaki kastan veya sinirin diğer bir noktasından kaydedilerek değerlendirilmesidir.

Yapılan çalışmalarla normal değerleri bilinen ve sinir ileti özellikleri incelenen sinir lifinin; ölçülen özellikleri karşılaştırılarak karar verilir. İncelemede ölçülen başlıca özellikler sinir lifinin elektriksel uyarıyı iletme hızı ve elektriksel uyarının sinir lifi boyunca iletimi esnasında şekil veya genlikte meydana gelen değişimlerdir (4).

Bu değişimlerin normal sınırlar dışına çıktığının tespit edilmesi, sinir yolunun incelenen kısmında risk altında olduğunu veya zarar gördüğünü gösterir. Çoğunlukla deri üstüne konulan yüzeysel elektrotlarla elektriksel uyarı ve kayıtlar yapılır. Elektriksel uyarı, incelemenin gereği olarak, bazen ağrılı olmasına karşın; çoğunlukla çok az rahatsızlık verecek seviyededir. Yüzeysel elektrotlardan kayıt veya uyarının verilemediği sinir bölgelerinde iğne elektrotları da kullanılmaktadır. Sinir ileti çalışmalarının bir bölümünde refleks yanıtlar da incelenir. Sinir ileti incelemesindeki benzer şekilde verilen uyarıyla ortaya çıkan refleks yanıtlar kaydedilerek yapılır. Refleksin varlığı, ortaya çıkma süresi ve tekrarlanabilirliği yorumlanır (4).

2.3.1. Klinik EMG’de kullanılan elektrodlar

Elektrod; biyoelektriksel potansiyelleri kaydetmek (kayıt elektrodu) veya elektriksel akımı başka bir yere aktarmak (uyarıcı elektrod) için kullanılan iletken bir araçtır. İlave olarak klinik kayıtlarda toprak elektrod kullanılır. İster kayıt ister uyarı için kullanılsın daima iki elektrod gereklidir. Toprak elektrod, kayıt elektrodu, uyarı elektrodu, özel iğne elektrod biçimleri, monopolar, unipolar, konsantrik, bipolar kayıtlama, bipolar uyarı, multilead, tek lif ve makro EMG iğne elektrodları.

2.3.1.1. Yüzeysel Elektrod

Yüzeysel elektrodlar, kare veya yuvarlak metal tabakalardır. Ortalama boyutları 1x1 santimetre (cm)’dir; fakat çok değişik boyutlarda olanları mevcuttur. Elektrod cilde bir yapışkan bant aracılığıyla tutturulur ve altına elektrod kremi sürülür. Yüzeysel elektrodlar kinezyolojik çalışmalarda istemli kas kontraksiyonu ile uyarılmış bileşik sinir veya kas aksiyon potansiyellerini kaydetmek için idealdir. Kayıt alanı yarıçapı 20mm civarında olup oldukça geniş bir bölgenin elektriksel aktivitesini seçici olmayan bir biçimde kaydeder.

Elektromiyografi için yüzeyel elektrodlar kullanıldığından bir çok motor birimin toplam aktivitesi gösterilebilir. Yüzeyel elektrodların çok sıkı yerleştirilmesi hareketten kaynaklanan artefaktı en aza indirir. Günümüzde kendinden yapışkanlı yüzeyel elektrodlar kullanılmakta ve etkin biçimde kayıtlama sağlamaktadır (5).

2.3.1.1.1. Toprak Elektrod

Kayıt alınan kişi ile toprak arasındaki bağlantıyı sağlayan elektrodlardır. Elektrik devresine birleşik giriş olup seçilmiş sıfır potansiyelli referans noktasıdır (33).

2.3.1.1.2. Kayıt Elektrodu

Elektriksel potansiyel farkını kaydetmek için kullanılan elektrodlardır. Tüm biyopotansiyel kayıtlar için iki elektrod gereklidir. Kayıt alınan bölgeye en yakın olan elektroda aktif veya araştırıcı elektrod; diğer kayıt elektroduna ise referans elektrot denir.

Bazı kayıtlarda örneğin; bipolar iğne elektrod ile uzak alan potansiyeli kaydedilmek istenildiğinde; biyolojik aktiviteye hangi elektrodun daha yakın olduğu belirlenemez.

Bu durumda elektrodlardan birisini E-1 (aktif elektrod) diğerini E-2 (referans elektrod) olarak adlandırmak uygundur. Aktif elektrod ile kaydedilen potansiyel farkı referans elektroda göre negatif ise, osiloskop ekranında yukarı sapma biçiminde potansiyel oluşur. Monopolar kayıt terimi; tüm kayıtlar için iki elektrod kullanıldığından önerilmemektedir. Ancak kas içi bir tip elektrod kullanımı ile yapılan kayıt için kullanılmaktadır. Benzer şekilde iğne elektrodlarla yapılan sinir kayıtlarında da monopolar kayıt terimi kullanılmıştır (33).

2.3.1.1.3. Uyarıcı Elektrod

Elektrik akımını aktarmak amacıyla kullanılan elektrodlardır. Tüm elektriksel uyarılar iki elektrod gerektirir; eksi uç katot ve artı uçta anod olarak adlandırılır. Geleneksel olarak uyarıcı elektrodlar kılıflanmış ve birbirlerine bağlı ise, bipolar olarak; değil ise monopolar olarak adlandırılmaktadırlar. Depolarizasyonu oluşturmak için; sinir ileti hızı çalışmalarında, eksi uç sinir dokusunun yakınına yerleştirilir (33).

2.3.1.2. İğne Elektrod

İlgilenilen dokunun yakınına deriyi delerek girmeyi sağlayan, kayıt veya uyarı amacıyla kullanılan elektriksel elektrodlardır. Bipolar kaydedici iğne elektrod, konsantrik iğne elektrod, makro-EMG iğne elektrod, monopolar iğne elektrod, multilead elektrod, tek lif EMG elektrodu ve uyarıcı elektrot (33).

2.3.1.2.1. Makro EMG İğne Elektrod

Tek lif EMG iğnesinin değiştirilmesi ile iğne ucundan 15 mm bölümün yalıtıldığı ve 7.5 mm de 25 mikrometre (μm)'lık küçük kayıt alanının var olduğu elektrodur (33).

2.3.1.2.2. Bipolar İğne Elektrod

Konsantrik iğne elektrodan önemli farkı iğne elektrodun merkezinde iki tel bulunması ve bunların çıplak distal uçları arasındaki potansiyel farkının kayıtlanmasıdır. Daha sınırlı bir kas kayıtlama alanı sağlar (25).

2.3.1.2.3. Monopolar İğne Elektrod

Paslanmaz çelikten yapılmış ve bu sayede mekanik özellikler kazanmıştır. Ucu çok keskin olup; 0,2-0,4mm'lik kısmı izole edilmemiştir. Teflon kaplı telin ortalama çapı 0,8mm'dir. Monopolar iğnelerin uçları çok sivri olduğundan batırma sırasında ağrı daha azdır. Ancak elektriksel stabiliteleri daha düşüktür ve bu nedenle daha çok artefakt (gürültü) kaydederler. Monopolar iğneler genellikle konsantrik iğnelere göre çok daha karmaşık ve büyük amplitüdlü bir kayıt elde ederler (5).

2.3.1.2.4 Tel Elektrod

Ucu dışında yalıtılmış ince çıplak tel şeklinde elektrodlardır. Tel, kas içerisine bir iğne aracılığı ile batırılır ve iğne çekildiğinde tel yerinde kalır. Kinesiyolojik EMG'de, tel elektrodlar komşu kaslardan daha az etkilenmesi nedeniyle, iğne elektrodlardan daha üstündür. Ayrıca sadece sokuldukları kas içinden kayıt yaparlar (33).

2.3.1.2.5. Tek Lif İğne Elektrod

Tek lif elektromiyografisi yapabilmek için çok daha küçük bir alandan kayıt alabilen elektrodlar gereklidir.

Bu elektrodlar sayesinde motor birimler değil, kas liflerinin tek tek aktivitesi kaydedilir. Tek lif elektrodlar aslında modifiye edilmiş konsantrik iğne elektrodlarıdır. İğne ucundan birkaç mm öncesine 25 µm'lik küçük bir açıklığa yerleştirilir. Bu sayede kayıt yüzey alanı 300 µm olan bu elektrod tek bir kas lifinin aktivitesini kaydedebilir (5).

2.3.1.2.6. Konsantrik İğne Elektrod

Klinik EMG'de en çok kullanılan elektrodlardır. Genellikle paslanmaz çelikten yapılmışlardır. Elektrodun ortasında uzanan bir tel ile bunu çepeçevre saran bir izolatör kısım vardır. İçerdeki tel ancak elektrodun ucunda çıplaktır. İzolatör bölüm bir kanül şeklinde bu teli sarar. Konsantrik iğne elektrodun ucu eğiktir (25).

2.3.1.3.7. Multilead Elektrod

Üç veya daha fazla yalıtılmış telin metal kanül içine yerleştirilip çıplak uçları kanülün dışında olacak şekilde sıralanmasıyla oluşturulan elektrodlardır. Uçlar arasındaki uzaklık belirlenmeli ve kanülün eksenine yerleştirilmelidir (33).

2.4. Sinir İleti Çalışmalarında Temel Prensipler

2.4.1. Hastanın durumu

Hasta rahat bir şekilde sırt üstü yatmalı, olabildiğince rahat pozisyon sağlanmalıdır. Hastanın tam gevşek pozisyonda olması elektrodagnostik çalışma açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple yapılacak işlem hastaya anlayabileceği bir dille anlatılmalıdır. Bunun için ilk olarak elektrodagnostik çalışmayı yapacak kişilerin bu çalışmayı kendilerine uygulamaları gereklidir. Sinir ileti çalışmalarında doğruluğun artması için 3 temel kural vardır. Bunlar; hastanın rahatı, yapan kişinin rahatı ve anatomik yaklaşımın kolaylığı açısından ekstremitenin pozisyonudur (5).

2.4.2. Uyarı (Stimulasyon)

Sinirler yüzeyel elektrodlarla kolay yaklaşılabilecek ve uyarılabilecekleri noktalardan uyarılmalıdır. Bu noktalara “stimulasyon noktaları” adı verilir. Eğer motor sinir, bu şekilde 2 ayrı noktadan uyarılıyorsa, bu iki nokta arasındaki mesafeye “sinir segmenti” adı verilir.

Bipolar uyarıcı elektrodla yapılan bir sinir iletiminde, distal uyarı noktasında iki katodun başı veya ortasından; daha proksimalde olan uyarı noktasındaki katodun başı veya ortasına kadar olan mesafe deri üzerinden plastik bir mezur ile, anatomik sinir yerleşimine olabildiğince sadık kalınarak ölçülmelidir. Eğer uyarı mesafesi üzerinde toprak hattı elektrodu varsa, mezür bunun altından geçirilmeli ve mezürün her tarafı deri ile temasını korumalıdır. Motor ve duysal sinir ileti çalışmalarında kullanılan hem sabit akım “constant current” hem de sabit voltaj “constant voltage” stimulatörler vardır (25).

Genellikle sabit akım seçilir. Bunlarda uyarı şiddeti değişimleri sinir üzerinde daha iyi kontrol sağlar.

Periferik sinirler genellikle yüzeyel bipolar elektrodlarla uyarılırlar. Bu elektrodlarda, distal katod ile proksimal anod uçlar belirli sabit bir aralığa monte edilmişlerdir. Bu aralık genellikle 2-3 cm kadardır. Katod negatif, anod pozitif uçtur. Bunlar anyon ve katyonları kendilerine çekerler. Stimulatörden elektriksel uyarı geldiğinde, bu iki uç arasında bir elektrik akımı meydana gelir.

Negatif yükler katod altında toplanır ve alttaki sinir depolarize edilir. Buna karşılık anod altında toplanan pozitif yükler, alttaki siniri hiperpolarize eder. Ancak bu, rutin çalışmalarda bir ileti bloğu yapacak şiddette değildir. Bipolar uyarılarda uyarıcı katod sinire mümkün olduğu kadar yaklaştırılmalıdır (25).

Kuşkusuz bu bipolar yüzeyel elektrodlarda uçta bulunan katodun aksine, daha gerideki anod sinir gövdesinden uzakta bulundurulursa; bu da hiperpolarizasyonun etkilerini ortadan kaldırır.

Stimulatörden çıkan ve teki deşarjlar halinde elektroda geçirilen akımlar, dik açılı elektrik şoklardır. Akımın süresi 0.05–2.0 milisaniye (msn) arasında değişebilir. Genellikle yüzeyel uyarım ile 0.1 msn süreli, 100–300 Volt (V) veya 10–30 miliamper (mA) şiddetindeki dik açılı elektrik şoklar sağlam sinirleri supramaksimal olarak uyarabilirler. Eğer sinirde hastalık nedeniyle uyarı eşiği yükselmiş ise verilecek maksimal uyarı 400–500 V veya 40–50 mA’e kadar çıkartılabilir (25).

Elektriksel uyarımlar distal kasta ortaya çıkarttıkları M-yanıtının (motor cevap) büyüklüğüne göre sınıflandırılabilir.

- Eşik uyarı: Görünür şekilde cevap oluşturan uyarıdır.
- Eşik altı uyarı: Uyarı şiddeti eşik değerin altındadır.
- Maksimal uyarı: Cevapta daha fazla büyümeye sebep olmayan uyarı şiddetidir.
- Submaksimal uyarı: Bir uyarı, eşik değer ile maksimal uyarı seviyesi arasında ise submaksimal uyarı olarak isimlendirilir.
- Supramaksimal uyarı: Bir uyarı maksimal uyarının %25-33'ünün üzerinde ise supramaksimal uyarı olarak isimlendirilir.

Rutin sinir iletim çalışmalarında genellikle supramaksimal uyarı kullanılır.

2.4.3. Kayıt

Kayıt almak için 3 elektrod gereklidir. Bunlar; aktif, referans ve toprak elektrodlarıdır. Aktif elektrod araştırmanın yapılacağı yere mümkün olduğunca yakın konulmalıdır. Aktif elektrod E1 olarak isimlendirilir. Referans elektrod E2 olarak isimlendirilir. Kayıta da uyarıda olduğu gibi, yüzeysel ve iğne elektrodlar kullanılabilir. Genellikle yüzeysel elektrod daha uygundur. Uygun yere kolaylıkla konur ve kolaylıkla yeri değiştirilebilir. Ayrıca yüzeysel elektrod depolarizasyonun total miktarını daha iyi değerlendirdiği için tercih edilir.

Sinir ileti çalışmalarında temel prensipleri özetleyecek olursak;

- Basit bir dille hastaya uygulanacak işlem açıklanmalıdır,
- İşlemin yapılacağı ekstremitte rahat bir şekilde pozisyonlaşmalıdır,
- Deri ısısı ölçülmelidir,
- Deri direnci elektrod ile deri arasına uygun jel sürülerek azaltılmalıdır,
- Toprak elektrod, stimulator ile kayıt elektrodu arasına konulmalıdır,
- Siniri lokalize etmek için; motor sinir ileti çalışması, duyuşal ve karışık sinir ileti çalışmalarından önce uygulanmalıdır,
- Elektriksel uyarı ağırlıdır. Bu nedenle uyarana en düşük şiddette başlanmalı ve uyarın şiddeti giderek arttırılmalıdır (5).

2.5. Klinik Uygulamada Motor ve Duysal Sinir İleti Çalışmaları

Bugünkü çağdaş anlamda sinir ileti hızının ölçülebilmesi için katod ışıklı osiloskopun keşfi beklenmiştir. Hoffmann ilk kez soleus H-refleksini bulmasından sonra; Schaffer insanda duysal sinir liflerinde ileti hızını 60–65 m/sn bulmuştur. Birinci ve ikinci Dünya savaşları sonucu çok sayıda periferik sinir lezyonu ortaya çıkması EMG çalışmalarını hızlandırırken, Gasser ve Erlanger katod ışıklı osiloskopu kullanarak deney hayvanlarında sinir iletisini ölçmüşler; sinir kökü ve omurilikten uyarılmış potansiyeller kaydetmişlerdir. Çalışmalarının birçoğunu “Electrical Signs of Nervous Activity” adlı kitapta toplamışlardır. Bu kitap belki de modern klinik elektromiyografi ve sinir iletim çalışmalarının başlamasına temel oluşturmuştur. Bu arada Echler, median ve unlar sinirlerin elektriksel uyarımı ile ilk kez doğrudan insan derisi üzerinden sinir aksiyon potansiyellerini kaydetmiştir.

Hemen hemen aynı zamanlarda Kugelberg; iskeminin sinir eksitabilitesi üzerine etkisini araştırmak için, insanda sinir uyarımı ve kas aksiyon potansiyellerini (M-yanıtları) kullanmışlardır. Dawson, fotografik süperimpozisyon tekniğini kullanarak önce somatoserebral potansiyellerini incelemiş, daha sonra da Scott ile birlikte yine aynı fotografik süperimpozisyon tekniği ile duysal iletim hızını ölçmüşlerdir. Hodes, Larrabee ve Germann ilk kez bugünkü anlamda motor sinir ileti hızı ölçümlerini normal ve periferik sinir zedelenmesi olgularında yapmışlardır.

Dawson duysal aksiyon potansiyellerinin parmak uçlarından yazdırılmasına dayanan antidromik duysal kayıtlama yöntemlerini geliştirmiştir bu yöntemler 1960’lı yıllarda en önemli duysal iletim tekniği olarak kullanılmışlardır. Bundan sonra motor ve duysal sinir iletimlerinin geliştirilmesinde Lambert ve ark., Gilliatt, Simpson ve arkadaşları, daha sonra Buchthal bu konuda hemen hemen son noktaları koymuşlardır (25).

2.5.1. Motor Sinir İleti Çalışmaları

Bir kası innerve eden periferik sinir, o kasın motor lifleri yanında duysal liflerini de taşır. Aktif elektrod (E1) mutlaka her zaman kasın motor noktasına konulmalıdır. İskelet kaslarında motor nokta genellikle kasın başlangıç ile sonlanmış yeri arasındaki orta noktadır. Bu kural özellikle uzun tendonu olmayan küçük kaslarda yararlıdır. Uzun kaslarda ise motor nokta genellikle kasın başlangıç ile sonlanmış yeri arasında 1/3 proksimal ile 2/3 distal kesişim bölgesinde bulunur. Fakat sartorius gibi daha uzun kaslarda iki motor nokta vardır.

Referans elektrodu (E2) ise; kas tendon birleşme bölgesinin hemen distaline konur. Bu bölgenin elektriksel olarak inaktif olduğu varsayılır. Sinir, motor noktanın proksimalindeki herhangi bir noktadan uyarılırsa negatif-pozitif çıkışlı bifazik bileşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) oluşur. Bu motor cevap, "M"yanıtı olarak bilinir. BKAP supramaksimal sinir uyarısı ile elde edilir. Eğer E1 elektrodu uygun bir motor noktaya yerleştirilmişse BKAP amplitüdü maksimum olacaktır (5).

Motor aksonları da taşıyan karışık sinirlerde, sinirin anatomik olarak deriye yakın olan uygun noktalarından (2 veya 4) maksimal elektriksel şoklarla uyarı yapılırsa; mevcut sinirin innerve ettiği distal kaslardan bipolar veya unipolar yüzeyel elektrodlarla uyarılmış kas yanıtları veya diğer adıyla bileşik kas aksiyon potansiyelleri (M-yanıtları) kaydedilebilir. Elektriksel uyarı; önce osiloskopta süpürücüyü tetikler, buna ait stimulus işareti yada artefaktı görülür. 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" veya "latans" adı ile anılır. Bu süre milisaniye (msn) olarak ölçülür ve rapor edilir. Ancak motor sinir ileti hızını hesaplayabilmek için ikinci bir proksimal noktadan daha uyarılması gerekir. Bu durumda sinirin 2 ayrı noktadan supramaksimal uyarılmasıyla 2 adet M-yanıtı meydana gelir. Proksimal uyarıyla elde edilen M-yanıtında, normal sinirde iki özellik ayırt edilir. Bunlardan birincisi; uyarıcı elektrodun kasa olan uzaklığının artması ile iletim zamanının uzamasıdır. M-yanıtı amplitüdü hafifçe düşebilir ve süresi uzayabilir (25).

2.5.1.1. M-Yanıtı ve Motor İleti Parametreleri

Yüzeyel elektrod ile elde edilen M-yanıtının distal ve proksimal uyarı ile ortaya çıkan motor ileti hızının ölçümünde bazı parametrelere dikkat etmek gerekir (Şekil 14). Daha sonra bunların tamamı veya bir kısmı rapor edilmelidir (25).

2.5.1.1.1. Distal ve Proksimal Latans

Sessiz dönem, uyarı ve cevap arasındaki zaman dilimidir. Motor sinir çalışmalarında bu zaman dilimi, ileti zamanını ve sinir-kas arası ileti zamanını içermektedir (34).

2.5.1.1.1. Distal Latans

Sinirin uyarılan ilk noktasında, esas (ana) çizgiden ilk sapmaya (çökmeye) kadar olan kısımdır (34). Uyarı artefaktının başlangıcından M-yanıtının isoelektrik çizgiyi ilk değiştirdiği noktaya kadar ölçülür ve msn olarak ifade edilir, ölçülen uzaklık da mm olarak verilir (msn/mm). Latansın ölçülmesinde manuel ölçümler daha duyarlıdır. 100,200 μ V aralıklarda daha sağlıklı sonuçlar elde edilir (25).

2.5.1.1.2. Proksimal Latans

Sinirin uyarılan ilk noktasında başlar ve ana çizgiden ilk sapmada (çökmenin başladığı ilk noktada) sona erer.

2.5.1.1.2. Genlik (Amplitüd)

Uyarılan motor sinir cevabının genliği önemli bilgi taşımaktadır. Bu bilgi, uyarıdan sonra oluşan impulsları kasa taşıyan akson sayısına, çalışmakta olan motor plak sayısına ve kas hacmine bağlıdır. Genlik, negatif tepe ile ana çizgi arasındaki mesafedir (34). Bu değerler milivolt olarak ifade edilir (25).

2.5.1.1.3. Alan (Area)

Süre (duration) ve genliğin birleşmesinden (kombinasyonundan) oluşan bölgeye verilen isimdir. Bu sebeple alan, harekete geçiren kas liflerinin eş zamanlılığını ve sayısını yansıtmaktadır.

Süresinin uzunluğu, genlikte bir azalmaya (yani genliğin düşük olmasına) neden olabilmektedir ve bu durum, ileti bloklaşması şeklinde yanlış yorumlanabilmektedir. Bu durumda, alanda anlamlı bir farklılık olmayabilir. Alan, ana çizgi ve bileşik kas aksiyon potansiyelinin birleştiği bir bölgedir (34).

2.5.1.1.4. Süre (Duration)

Süre, bireysel kas liflerinin çalışmalarındaki eş zamanlılıktır. Sinir lifleri arasında ileti hızları bakımından anlamlı bir fark varsa, devam süresi uzayacaktır. Bu durum özellikle, geniş miyelinli liflerin ileti hızlarının mesafesiyle ilgilidir. Süre, ilk negatif bölge başlangıcı ile pozitif ana çizgiye geçiş noktası arasındaki süreyi ifade etmektedir (34). Süre msn olarak ifade edilir (25).

2.5.1.1.5. Maksimal Motor İleti Hızı

Bir sinirin proksimal ve distal kısmı arasındaki mesafe (mm); 2M-yanıtı arasındaki latans (msn) farkına bölünürse, bu belirtilen mesafedeki motor sinir ileti hızı hesaplanmış olur. Bunun birimi metre/saniye (m/sn)'dir. Kısaca bu değer, maksimal motor ileti hızı olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$\text{İleti Hızı} = \frac{\text{Proksimal ve distal uyarı noktaları arasındaki mesafe (mm)}}{\frac{\text{Proksimal uyarıyla elde edilen M-yanıt başlangıcı (msn)}}{\text{Distal uyarıyla elde edilen M-yanıt başlangıcı (msn)}}}$$

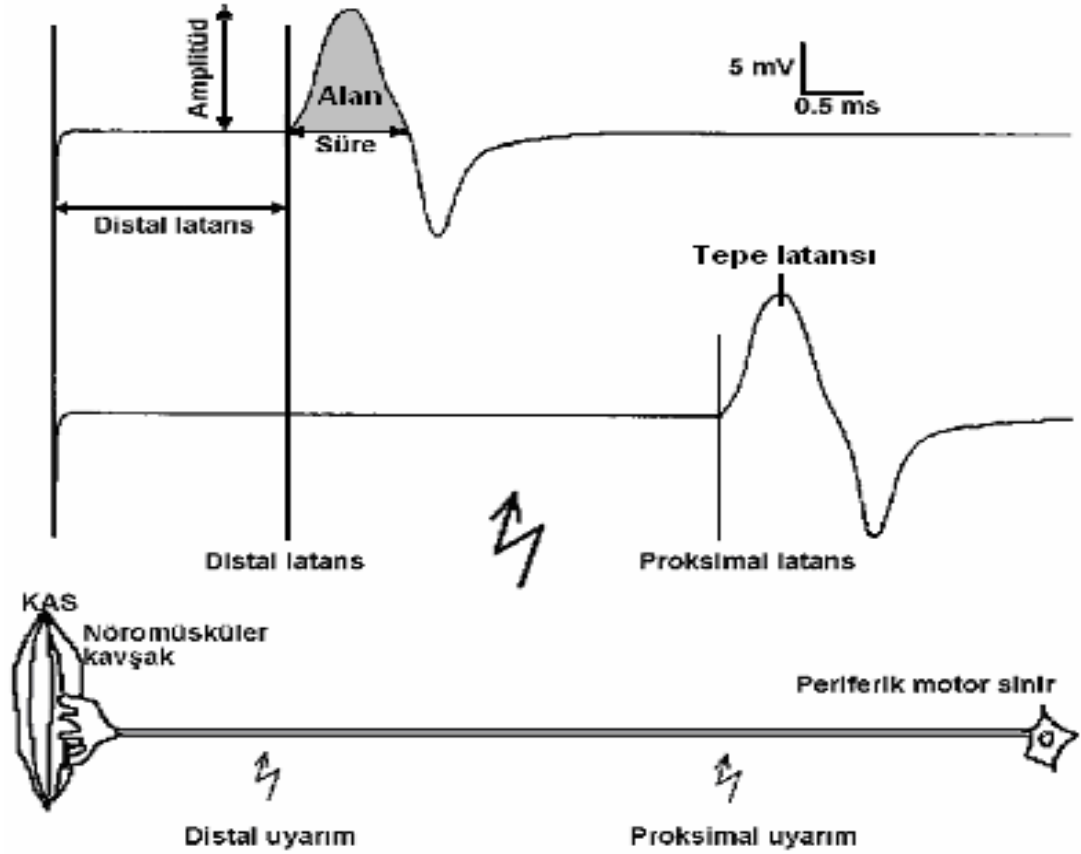
Elde edilen sonuç m/sn olarak ifade edilir (25).

2.5.1.1.6. Zamansal Dağıtım

Sinir lifleri değişik ileti hızlarına sahip olduklarından, daha yakın uyarı bölümleri daha uzun süreli M dalgası verecektir. Yakın uyarı bölgelerindeki süre değişimi, geçici dağıtım olarak adlandırılır ve şu şekilde hesaplanır.

$$\text{Dağıtım} = 100 \times (\text{Duration}_{\text{proksimal}} - \text{Duration}_{\text{distal}}) / \text{Duration}_{\text{distal}}$$

Sağlıklı insanlarda, ulnar sinirlerdeki maksimum dağıtım %10-15'dir (35,36,37). Uzun sinir bölümlerinde; ileti hızı daha düşük ve dağıtım, kısa bölümlerde görüldüğünden daha yüksek olabilir (38).



Şekil 14. Motor sinir ileti incelemesi

2.5.1.1.7. F Dalgası

F dalgası, bir sinirin supramaksimal elektriksel uyarımına bağlı olarak; motor nöronun antidromik aktivasyonu ile bir kasta aralıklı olarak elde edilen aksiyon potansiyelidir. Motor sinir ileti incelemesinde özellikle motor sinirin proksimal bölümünün iletkenliği hakkında fikir veren bir inceleme yöntemi F yanıtı incelemesidir. Maksimal M yanıtı genlik ile karşılaştırıldığında çok daha küçük (M yanıtın %1-5'i) ve değişken biçimdedir. Latansı, M yanıtından daha uzun ve değişkendir. Bir çok üst ve alt ekstremité kaslarından elde edilebilir ve daha distalden uyarımda latans daha uzundur. 1950'de Magladery ve Mc Dougal tarafından F dalgası olarak adlandırılmasının nedeni ilk kez ayak kaslarından kaydedilmesidir. H dalgası ve A dalgası gibi geç yanıtlardan birisidir (33).

2.5.1.1.8. A Dalgası

M dalgasını izleyen birleşik kas aksiyon potansiyelidir. Submaksimal elektriksel uyarı ile bir kasta istikrarlı şekilde oluşur ve supramaksimal uyarı ile sıklıkla kaybolur.

Genlik F dalgasına benzer fakat latansı F dalgasından çok daha fazla sabittir. Genellikle F dalgasından önce oluşur. Sinirdeki ek boşalmanın, sıçrama veya aksonal dallanmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu terim aynı anlamda kullanılan akson refleksi, akson dalgası veya akson yanıtına yeğlenmektedir (33).

2.5.1.1.9. H Dalgası

Sinirinin uyarılması ile kastan sabit olarak elde edilen birleşik kas aksiyon potansiyelidir. Erişkinlerde düzenli olarak sadece sınırlı fizyolojik ekstensör kaslardan ve özellikle de baldır kasından elde edilir. Aynı kasın M dalgası ile karşılaştırıldığında daha geç latanslıdır ve geç yanıtlardan birisidir.

Uzun süreli (500-1000 mikrosaniye) uyarılar ile çok daha net elde edilir. Maksimal M dalgasını elde etmeye yeterli uyarın şiddetinde H dalgası küçülür veya kaybolur.

Hoffman refleksi karışık sinirlerdeki afferent liflerin uyarılması ile kasın motor nöronlarının omurilikteki monosinaptik bağlantılarının aktivasyonu ile oluşur. Bu refleks, kendisini tanımlayan Hoffman'ın adıyla anılır (33).

2.5.2. Duyusal Sinir İleti Çalışmaları

Duyu sinirlerindeki aksiyon potansiyelinin değerlendirilmesidir. Duyu siniri aksiyon potansiyelinin kaydedilmesi 3 farklı şekilde olabilir :

- Duyu sinirinin uyarılması ve bu sinirden kayıt alma,
- Duyu sinirinin uyarılması ve karışık sinirden kayıt alma,
- Karışık sinirin uyarılması ve duyu sinirinden kayıt alma.

Duyu siniri ileti çalışmalarında; sinirin proksimalden uyarılması ve distalden kayıt alınması ile yapılan ileti tipine, fizyolojik ilettime ters olmasından dolayı, "antidromik ileti" denilmektedir. Eğer kayıt elektrodu proksimale konur ve uyarı distalden yapılırsa; bu şekildeki ileti tipine "ortodromik ileti" adı verilir.

Antidromik ve ortodromik iletilerde başlangıç ve pik latansları (uyaranın başlangıcı ile, dalganın tepesi arasında geçen süre) iki teknikte de birbirine eşittir. Fakat amplitüdleri birbirine eşit değildir. Antidromik iletide, kas artefaktları da kaydedilebilir. Bu durum istenilen duyusal cevabın kaydedilmesini zorlaştırabilir.

Kas artefaktı oluşumunu azaltmak için; parmaklarda E1 elektrodu daha distale yerleştirilir ve parmaklar hafifçe açık tutulur. Kas artefaktında oluşan motor cevap duysal cevaptan daha geç çıkar ve negatif dalgası duysal cevabın negatif dalgasına göre daha uzundur. Ortodromik iletide ise sadece duysal sinirlerin uyarılmasından dolayı kas artefaktı oluşmaz (5).

2.5.3. Bileşik Sinir İleti Çalışmaları

Saf motor ve duysal sinirlerin aksiyon potansiyellerinin araştırılmasının yanı sıra, hem motor hem de duysal sinir liflerinin eş zamanlı uyarılıp kayıt alınması da mümkündür (karışık sinir iletimi). Direkt karışık sinirlerden elde edilen aksiyon potansiyellerine "bileşik sinir aksiyon potansiyeli", "karışık sinir aksiyon potansiyeli" veya "karışık sinir bileşik aksiyon potansiyeli" denilmektedir. Bu teknik göreceli olarak kolaydır ve birçok sinirde güvenle uygulanabilir (5).

2.6. İnsanda Sinir İletisini Etkileyen Biyolojik, Fizyolojik ve Fiziki Etmenler

İnsanda motor ve duysal sinir ileti hızları ve M- yanıtları ile sinir aksiyon potansiyelleri üzerinde çeşitli etmenlerin rolü vardır. Bunların bir bölümü rutin araştırmada önemli bir sapma yaratmazlar. Ancak bazı etmenlerin incelenen olgularda mutlaka göz önüne alınması gerekir, bireysel sonuçlar üzerinde etkilidirler. Bu bakımdan bu etmenlerin irdelenmesi hem kurumsal yönden ilginçtir, hem de pratik önem taşır (25).

2.6.1. Yaş

Sinir iletileri ve uyarılmış yanıtlarda en etkili biyolojik etmen yaştır. Prematüre bebeklerde motor sinir ileti hızı 14-28 m/sn arasında bulunmuştur. Bu değerler erişkin değerlerine göre çok düşüktür.

Yeni doğan bebekte motor ileti hızı erişkinlerdeki ileti hızı değerinin yaklaşık yarısı (%50) kadardır (25). Sinir ileti hızları doğumdan başlayarak 3-5 yaşına kadar hızla devam eden miyelinizasyon sürecine paralel olarak hızlı bir şekilde artar (39). Miyelinli lifler 2-5 yaş arasında normale yakın oluşmaktadır. Çocuklarda maksimal lifler kadar, daha yavaş ileten liflerde de matürasyona benzer bir gidiş izler ve ileti hızlanır (25). 13 ile 19 yaşları arasındaki gençlerde ileti hızları neredeyse yetişkinlerdeki değerlerle aynıdır (40,41,42). Yirmi yaşından kırk yaşına doğru, ileti hızları çok yavaş bir şekilde düşmeye başlar.

İleti hızı (İH) her on yıl için 0,5–1,8 m/sn azalır (43). Çocukluk çağında sinir ileti hızlarının yavaş olması, genellikle lif çapının ufak olması ve miyelinasyonun tamamlanmamış olması ile ilgilidir (25). Yaşın ilerlemesi ile birlikte sinir ileti hızlarında, fizyolojik sınırlarda azalma olmaktadır. Bu azalmanın yirmili yaşlarda başladığı ve 60 yaşından sonra daha belirgin hale geldiği bilinmektedir (1,41,44).

Özellikle 65 yaş ve üzerinde büyük fibrillerin kaybında artma, segmental demiyelinizasyon ve internodal segmentte kısalma olduğu histopatolojik çalışmalarla gösterilmiştir (45,46).

Rutin sinir iletimini değerlendirirken denek ve hasta yaşının göz önünde bulundurulması, o yaşa ait normal değerlerle karşılaştırılma yapılması gerekir (25).

2.6.2. Cinsiyet

İH'in kadınlarda erkeklerdekinden daha yavaş olduğu rapor edilmiştir (47,48). Fakat cinsiyet ve boy birbirinden bağımsız olmadığı için korelasyon karmaşıktır (42). Bazı araştırmacılar sinir ileti hızının kadınlarda (6 m/sn'e kadar) daha hızlı olduğunu bildirmişlerdir. Kadınlarda ortalama duyu sinir aksiyon potansiyellerinin amplitüd değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ancak bazı araştırmacılar kadın ve erkekler arasında böyle bir anlamlı fark bulmamışlardır. Kadınlarda antidromik duysal aksiyon potansiyeli amplitüdlерinin daha yüksek olması anlaşılabilir. Çünkü kadınlarda parmak deri ve deri altı dokusu erkeklerden daha incedir, parmaklarda bulunan sinirlerde, antidromik duysal aksiyon potansiyelleri daha yakın bir mesafeden kaydedilir; bu nedenle amplitüdleri de daha yüksektir (25).

2.6.3. Boy

Boy uzunluğu ile sinir ileti hızı arasında ters bir ilişki vardır. Boy arttıkça sinir ileti hızı yavaşlamaktadır (25). Uzun sinirler genellikle kısa sinirlerden daha yavaş iletirler (49). İH ile peroneal ve sural sinirlerdeki tahmini aksonal uzunluk arasında iyi bir korelasyonun olduğu, fakat median sinirin motor veya duyu liflerinde böyle bir korelasyonun olmadığı kanıtlanmıştır. Hastanın boyu ile sinir uzunluğu arasındaki iyi bir korelasyona dayalı olarak, alt ekstremitelerde İH, boydaki her 10 cm artış için 2-3 m/sn azaldığı tespit edilmiştir (50).

Bir popülasyonda en kısa boylu erişkin ile en uzun boylu erişkin arasında 22 m/sn'lik bir ileti hızı farkı bulunmuştur. Ancak boyun sinir ileti hızı üzerine etkisini kabul etmeyenler, yukarıda söz edilen çalışmalarda proksimal bölgelerde derin doku ısısının ölçülmediğini öne sürmektedirler (25).

2.6.4. Beden Isısı

Sinir ileti hızı üzerine belki de en etkili etmenlerin başında beden ve çevre ısısındaki değişimler gelir. EMG, de en önemli yanlış tanı nedenlerinden birisi, ekstremitayı soğuk iken incelemek ve ısı değişimlerine aldırış etmeksizin değerlendirme yapmaktır. Mümkün olduğu takdirde her EMG laboratuvarında bir otomatik termometre olmalı ve iletinin ölçüldüğü sinir yakınındaki deri ve derialtı bölgelerinin ısısı kontrol edilmelidir. Ekstremitayı ısıttıktan sonra EMG yapılması bazı yanlışları önlemektedir (25).

Sinir iletisini etkileyen fizyolojik faktörler arasında ısı en önemli etkenlerden biridir ve aksiyon potansiyeli morfolojisinde değişikliklere neden olur. Bu durum, ısının Ranvier boğumlarında, iyon kanalları üzerinden sinir aksiyon potansiyeli oluşum mekanizmasına etkisinden kaynaklanmaktadır (13,51). Ayrıca ısı, sinir ileti çalışmalarında ileti hızı, distal latans ve dalga morfolojisi gibi parametreler üzerinde de etkilidir. Isının azalması ile ileti hızında yavaşlama, amplitüde artma görülür. Isının etkisi, çapı geniş miyelinli liflerde küçük liflere oranla daha belirgindir (52,53,54). İleti hızları, deri ısısı 21-34 °C arasında iken normal sınırlar içinde kalır. Isının her bir derece azalmasında motor ve duyu liflerinin ileti hızlarında yaklaşık 1.5-2.5 m/sn düşme ve distal latansta 0.2 msn uzama olmaktadır (51,55). Aynı zamanda soğuk, bileşik kas aksiyon potansiyeli ve duyu liflerinin aksiyon potansiyeli morfolojilerini etkilemekte, ve her iki potansiyel süresinde uzama olmaktadır (13).

İğne EMG'de düşük ısının, motor birim aksiyon potansiyeli (biçim, süre, faz sayısı ve amplitüd) üzerine daha az etkili olduğu düşünülmektedir. Soğuk ekstremitede; ileti hızında azalma, distal latansta uzama ve geniş polifazik bileşik sinir aksiyon potansiyellerinin tespit edilmesi nedeni ile yanlışlıkla polinöropati, distal tuzak nöropati ve karpal tünel sendromu tanısı konulabilmektedir. Aynı şekilde yapılan araştırmalarda, yüksek ısının sinir iletisi üzerine etkisi incelenmiş ve 29 °C' den 38 °C' ye kadar her 1°C'nin ileti hızını yaklaşık % 5 kadar artırdığı görülmüştür (52,54,55).

Başka bir çalışmada; sıcaklığın insan motor nöronlarının uyarılabilirliği üzerine olan etkileri incelenmiştir (56). Buna göre soğuma her 1 °C için refrakter periyodu %7.8 oranında artırmıştır. 28 °C ve 36 °C iki ayrı inceleme yapılmış, depolarize edici akımlara karşı akomodasyon hızının anlık sıcaklık ile yakından ilişkili olmasına karşın, hiperpolarizan akımlarla indüklenen eşik artışları en fazla sıcaklık değişikliklerine karşı hassasiyet göstermiştir. Mekanizması incelendiğinde ısınmanın elektrojenik sodyum pompasını hızlandırdığı ve geçici bir hiperpolarizasyona neden olduğu ileri sürülmüştür. Uzun dönemde pompalamanın artması ile ısı sodyum girişine yol açmakta ve ısının artması ile sodyum kanal aktivasyonu hızlanmaktadır (13,51).

Düşük ısıda sinir iletilerinde yavaşlama ve aksiyon potansiyeli amplitüdlerinde artış görülmektedir. Motor ve duysal ileti çalışmalarında her bir derece ısı azalmasında ileti hızı 1,5-2,5m/sn yavaşlarken, distal latans yaklaşık olarak 0,2 msn uzamaktadır (52,54,57). Düşük ısıda sinir iletilerinde görülen yavaşlama geniş çaplı liflerde, az miyelinli liflere oranla daha belirgindir (56,58). Normal kişilerde düşük ısıda anormal sonuçlar elde edildiği, distal latanslarda uzama; motor ve duyu lifleri ileti hızında yavaşlama olduğu görülmüştür (57).

2.7. Sık Uygulanan Sinir İletim Çalışmaları

2.7.1. Median Sinir

2.7.1.1. Motor Sinir İletisi

Median sinir, plexus brachialis'ten çıktıktan sonra aksilladan avuç içine dek tüm seyri boyunca oldukça yüzeysel seyreder.

Bu nedenle motor lifler Erb noktası (Deri üzerinden yapılan sinir uyarımında brakiyal plexusun üst trunkusuna ait aksonların aktive edildiği boyun anterolateral taban bölgesi), aksilla yakını, dirsek düzeyi, bilek ve avuç içinden kolaylıkla uyarılabilir. Genellikle uyarım bipolar yüzeysel elektrodlarla yapılır. Erb noktası ve aksilla çevresi uyarılarında, uyarı yakınında bulunan diğer motor sinirleri de aktive olur. Buna karşılık, dirsek, bilek ve avuç içinde dikkat edildiği takdirde median sinir saf olarak uyarılır ve kayıt yapılabilir. Kayıt tenar kas grubundan alınır (5,25).

Burada bipolar kayıt elektrodları tenar kabarıklık üzerine ve hafifçe dorsale doğru yerleştirilir yada abduktör pollicis brevis (APB) kası motor son plak bölgesine bir elektrod yapıştırılır, referans elektrod da başparmak üzerine yerleştirilir (25). Genel ilke olarak uyarı ve kayıt yeri arasına toprak elektrod yerleştirilir (5,25).

2.7.1.2. Duyusal Sinir İletisi

Duyu ileti çalışmalarında da kaydetme ve uyarı Erb noktası, aksilla yakını, dirsek düzeyi, bilek ve avuç içinden kolaylıkla yapılabilir (25). Ancak bileğe kadar olan bölümde, median innervasyonlu I, II, III ve IV. parmaklara sarılan kurdela elektrodlar uyarı veya kayıt alma için kullanılır. Kaydedici elektrodla parmaklarda; proksimal interfalangeal ve distal interfalangeal eklemler arasına yerleştirilir. Rutin çalışmalarda bilek ve bazen de dirsek seviyesinde yüzeysel bipolar uyarı yapılarak elde edilen antidromik duysal aksiyon potansiyelleri genellikle yeterli olur (5,25).

2.7.2. Ulnar Sinir

2.7.2.1. Motor Sinir İletisi

Ulnar sinirin EMG'de kullanılan en distal kasları; yüzeysel elektrod kullanımında hipotenar kas bölgesi ile 1. dorsal interosseal kas bölgesidir. Ulnar sinir Erb noktası sonrasında, ön kolun orta kısımları hariç, deriye yakın seyrettiğinden, birçok noktasından yüzeysel veya iğne elektrodlar ile uyarılabilir (25). Bu sinir için sık kullanılan stimülasyon bölgeleri Erb noktası, aksilla, dirsek üstü ve altı, el bilek ve avuç içidir. Kayıt elektrodu, abduktör digiti minimi (ADM) kasının ortasına; toprak elektrodu ise ön kolun ortasında bir noktaya konulur (5). Rutinde maksimal motor iletim çalışmalarında, daha çok aksilladan itibaren kol boyunca yüzeysel uyarıcı elektrodlar ve hipotenar-yüzeysel bipolar kayıt elektrodları kullanılır (25). Toprak elektrodun kayıt ve stimulatör elektrodları arasına konulması artefaktların azalması açısından önemlidir (5).

2.7.2.2. Duyusal Sinir İletisi

Ulnar sinir duyusal lifleri, antidromik ve ortodromik yöntemlerle incelenebilir. Antidromik yöntemde, el ayası yukarı bakarken, yüzük şeklinde yüzeyel elektrodlar, 5. parmak son iki falanksı üzerine yerleştirilirler. 5. parmak pamukla sarılarak 4. parmaktan ve çevreden ayrılır. Toprak elektrodu avuç içine yerleştirilir. Bilekten yüzeyel bipolar elektrod uyarı ile, 5. parmaktan; daha sonra ulnar sinir uyarısıyla, 4. parmaktan da antidromik duyusal aksiyon potansiyelleri alınır (25).

2.7.3. Radial Sinir

2.7.3.1. Motor Sinir İletisi

Radial sinir motor liflerinde ileti için; triceps, brakiyoriadialis, ekstensor digitorum kommuni ve distal kas olarak da ekstensor indisis proprius kası kullanılır. Erb noktası, aksilla, spiral oluk, humerus lateral epikondilinden 6 cm yukarıda dirsek yüzeyi ve bilekte, ekstensor indisis proprius'a yakın noktalardan uyarı yapılır. Son uyarı noktası unlar kemiğın stiloid çıkıntısından yaklaşık 8 cm yukarıda dorsal kısmındadır.

Ancak Erb noktası, aksilla ve spiral oluk düzeylerinde radial motor lifleri uyarılması daha kolay sağlanır (25). Kas aksiyon potansiyeli kayıtları ekstansör digitorum kommuni ve ekstansör indisten elde edilir (5).

2.7.3.2. Duyusal Sinir İletisi

Rutin çalışmalarda daha çok; el dorsal yüzünde 1. ve 2. parmaklar arasında bipolar yüzeyel elektrodlar koyulur ve bilek düzeyinden 4–8 parmak yukarıda, radius kemiği kenarında, yüzeyel bipolar uyarıcı elektrod ve medio-lateral yönde hareket ettirilerek maksimal amplitüdlü antidromik duysal aksiyon potansiyeli elde edilmeye çalışılır. El sırtında, radyal sinirin yüzeyel dalı, ekstensor pollisis longus kasının tendonunu çaprazladığı noktada hissedilebilir. Bu noktaya yerleştirilen bir elektrod ile hem kayıt, hem de uyarı yapılabilir. Ayrıca, gerektiğinde dirsek düzeyinden uyarı ile de distalden antidromik duyusal aksiyon potansiyeli kaydedilebilir (25).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışmaya Katılan Deneklerin Seçilmesi

Bu çalışma, gönüllü olarak katılan ve elit düzeyde voleybol oynayan 20 bayan ile; herhangi bir spor aktivitesi yapmayan sağlıklı 20 bayan olmak üzere, toplam 40 denek üzerinde gerçekleştirildi. Kontrol ve deney gruplarında kullanılan deneklerin tümü sağ kolunu kullanan bireylerden seçildi.

Voleybol oyuncularının (denek grubu, $n = 20$) yaş ortalaması 23.90 ± 3.00 ; sedanterlerin (kontrol grubu, $n = 20$) yaş ortalaması ise 23.50 ± 2.92 ' idi.

3.2. Deneklerin Çalışmaya Hazırlanması

Sinir ileti çalışmalarından önce her, denekten detaylı bir hastalık öyküsü alındı ve fizik muayeneleri yapıldı. Nörolojik bulguların olması; santral ve periferik sinir sistemini etkileyecek bir travma olması, diabetes mellitus ve boyun cerrahisi öyküsü olması çalışmaya dahil edilmeme kriteri olarak belirlendi (59). Çalışmaya katılanlara çalışmanın amacı anlatılarak yapılacak testler ile ilgili bilgi verildi. Testler sırasında neler yapılacağı detaylı bir şekilde birebir anlatıldı.

3.3. Çalışmanın Uygulanması

Tüm deneklerin her iki üst ekstremiteleri Medtronic Keypoint elektronöromiyografi cihazı kullanılarak test edildi (Şekil 15).



Şekil 15. Medtronic Keypoint elektronöromiyografi cihazı

Bütün kayıtlar sıcaklığın 25 °C sabit tutulduğu bir odada ve denekler oturur pozisyonda olabildiğince rahat bir konumda yapıldı (60).

Sinir ileti çalışmalarında uyarılar sabit bipolar uyarıcı elektrodlarla yapıldı. Motor ve F cevabı kayıtları için yüzeyel disk elektrodlar ve duyu lifi kaydı için yüzük elektrodlar kullanıldı.

Sinir ileti hızı ölçüm çalışmalarında; motor, duysal ve F cevabı uyarı frekansı 10-20 kHz, motor uyarı süresi 0.2 msn, duysal ve F cevabı uyarı süresi 0,1 msn olarak uygulandı. Uyarı; 6 mm çapında, anod ve katodu birbirinden 20mm uzaklıkta olan, yüzeyel stimulator elektrodu ile verildi (59). Uyarı şiddeti supramaksimal olarak motor, duysal sinirde ve F yanıtlarında 40-70 mA, arasında verildi.

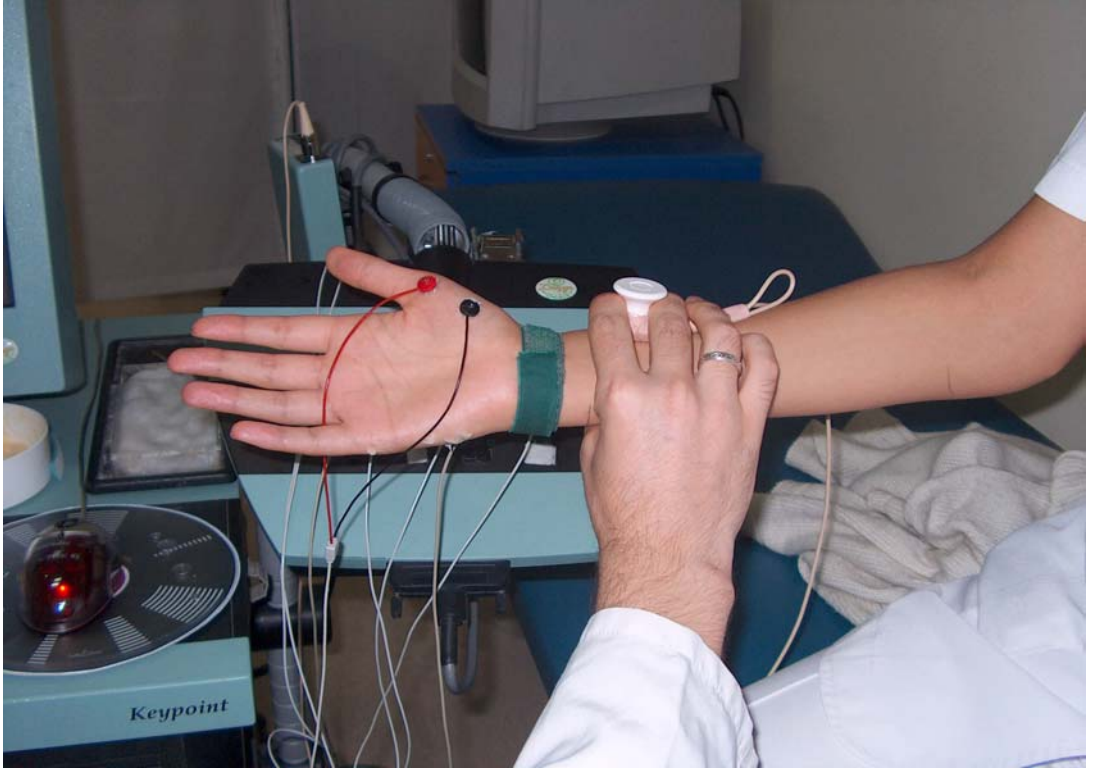
Bu nörofizyolojik çalışmada; üst ekstremitelerdeki medyan, ulnar ve radyal sinirlerin motor ve duysal liflerinin ileti hızları, latans ve amplitüd değerleri ile median ve ulnar motor sinir F yanıtı ölçümleri kaydedildi.

Median ve ulnar sinir motor kayıtlarında distal uzaklık (uyarı elektrodu ile kayıt elektrodu arasındaki uzaklık) 7 cm, ulnar motor ileti hızı kayıtlarında; dirsek altı ve dirsek üstü uyarı noktaları arası 10 cm olarak standardize edildi.

İncelediğimiz sinirlerde kayıt elektrodunun yerleştirilmesi ve uyarı verilmesi aşağıda açıklandığı gibi uygulandı.

3.3.1. Median Motor Lif:

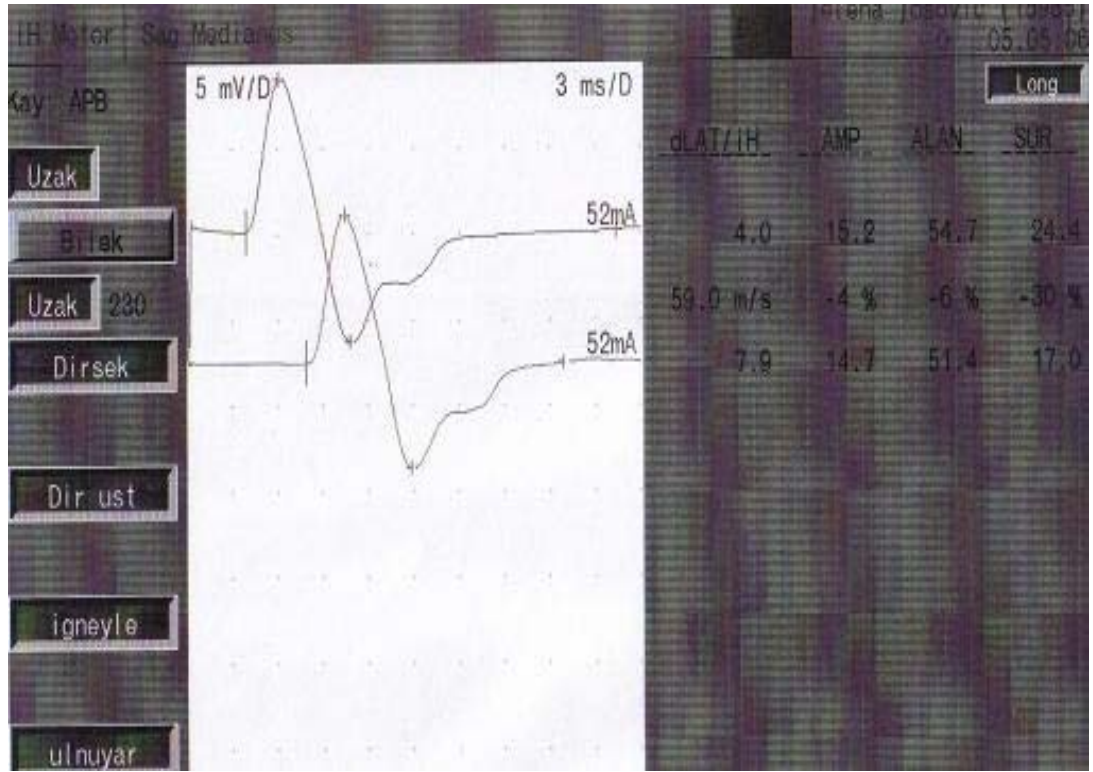
Median sinir motor ileti hızı ölçümü için; aktif yüzeyel elektrod abduktor pollicis brevis kasının şişkin bölümü üzerine, referans elektrod ise birinci metacarpalfalangeal eklem üzerine yerleştirildi (59). Stimulasyon; kayıt elektrodunun 7 cm proksimalinde bilek hizasında (3), fleksör karpı radialis ve palmaris longus tendonları arasından; proksimal stimulasyon ise, antecubital bölgenin mediyalindeki, brakial arterin geçtiği kısımdan uygulandı (Şekil 16-17)(58).



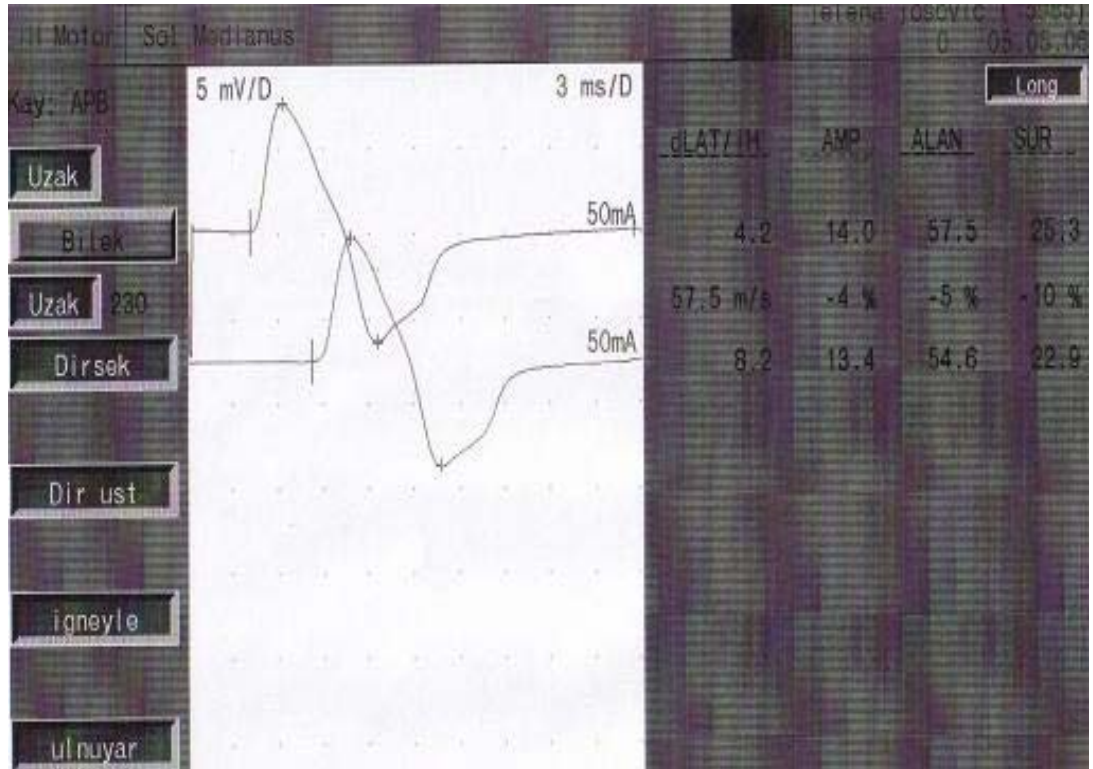
Şekil 16. Bilek bölgesinden, sağ median motor sinirin ileti hızı ve F yanıtlarının kaydedilmesi.



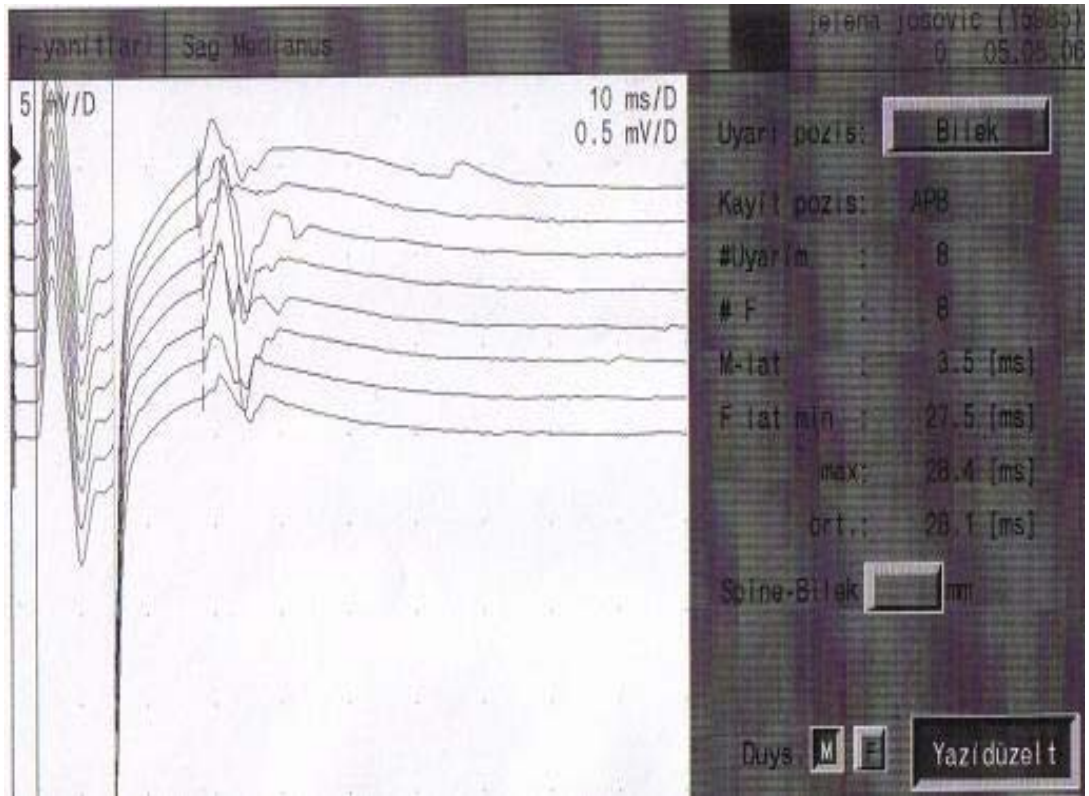
Şekil 17. Dirsek bölgesinden, sağ median motor sinirin ileti hızının kaydedilmesi.



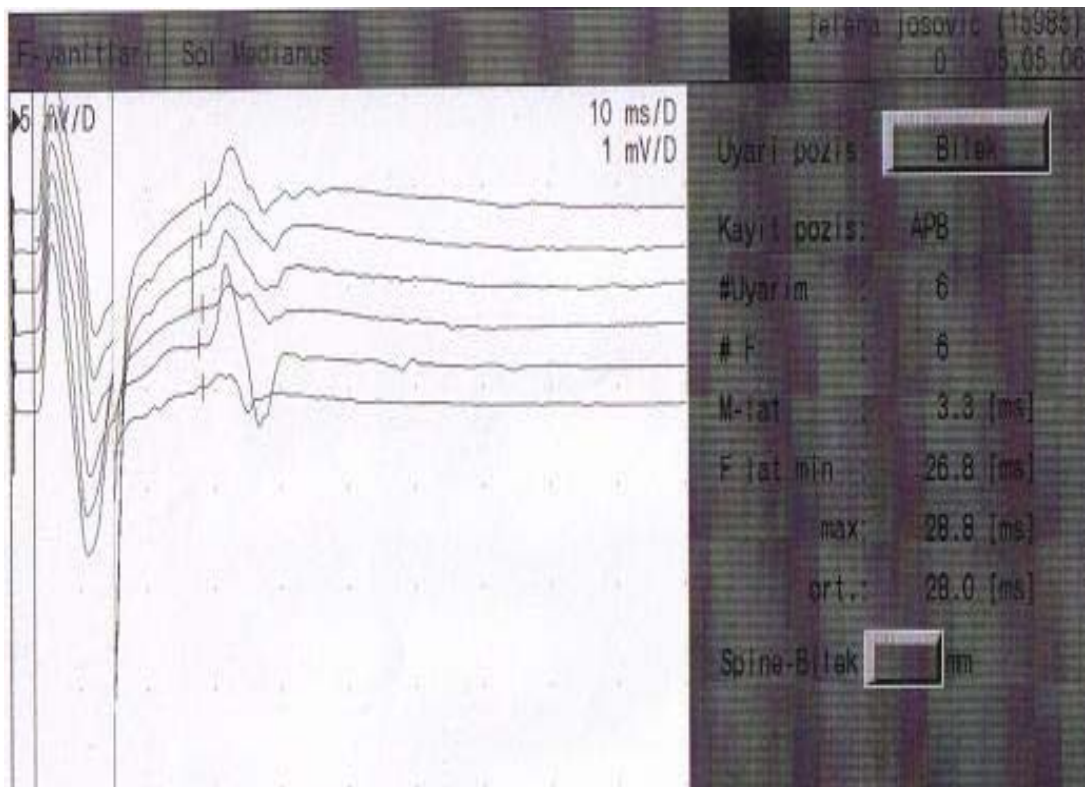
Şekil 18. Sağ median motor ileti hızı kaydı.



Şekil 19. Sol median motor ileti hızı kaydı.



Şekil 20. Sağ median F yanıtları kaydı.



Şekil 21. Sol median F yanıtları kaydı.

3.3.2. Median Duysal Lif:

Median sinir duyu iletisi hızı 2., 3. ve 4. parmak için; aktif elektrod (59), proksimal interfalangeal eklemi üzerine, kayıt elektrod distal interfalangeal eklemi üzerine yerleştirildi (61). Baş parmak için aktif elektrod metacarpalphalangeal eklemi 1 cm distaline, kayıt elektrod ise distal interfalangeal eklem üzerine yerleştirildi. Stimulasyon, kayıt elektrodunun 7 cm proksimalinde bilek hizasında (3), fleksör karpı radialis ve palmaris longus tendonları arasından bileğin ortasından (61), uygulandı (Şekil 22-23-24-25).



Şekil 22. Bilek-1. parmak, sağ median duysal sinir iletisi hızının kaydedilmesi.



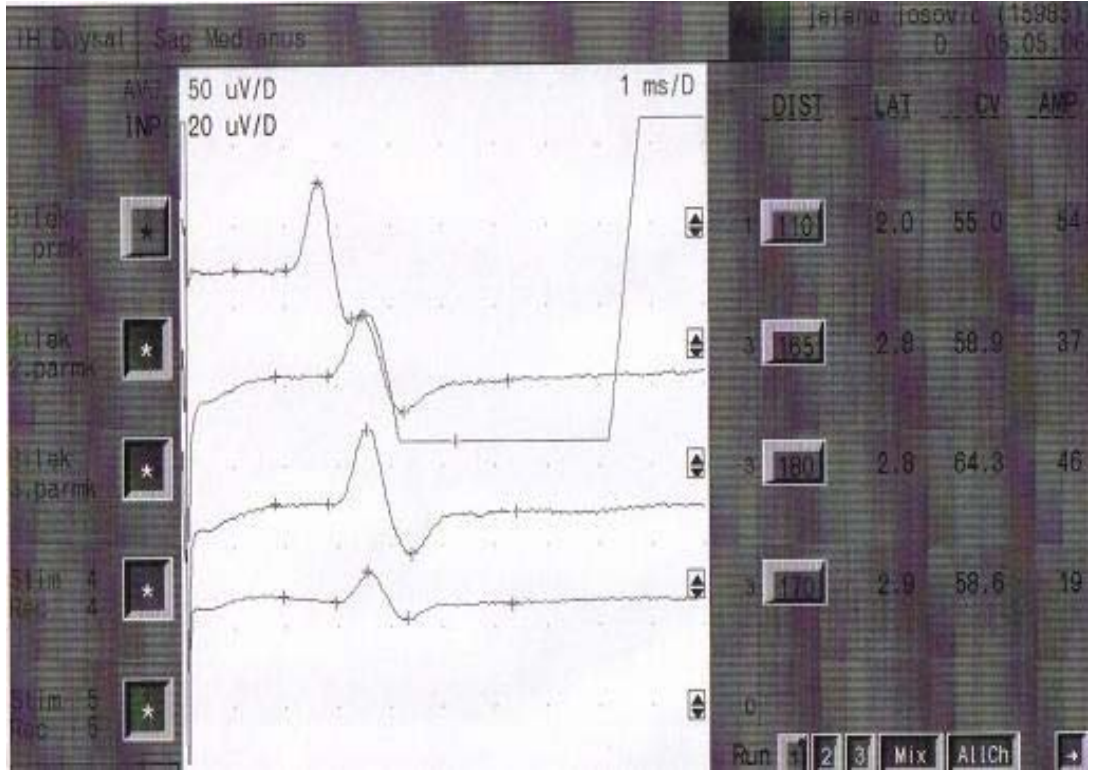
Şekil 23. Bilek-2. parmak, sağ median duysal sinir iletisi hızının kaydedilmesi.



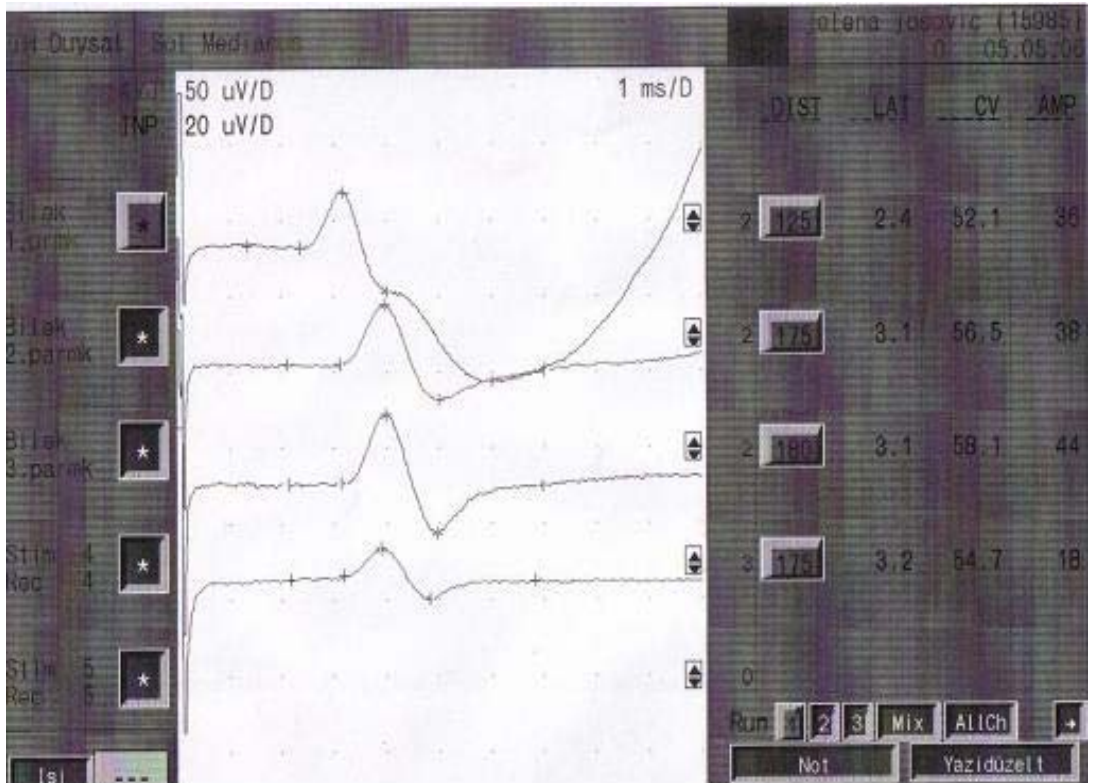
Şekil 24. Bilek-3. parmak, sağ median duysal sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 25. Bilek-4. parmak, sağ median duysal sinir ileti hızının kaydedilmesi.



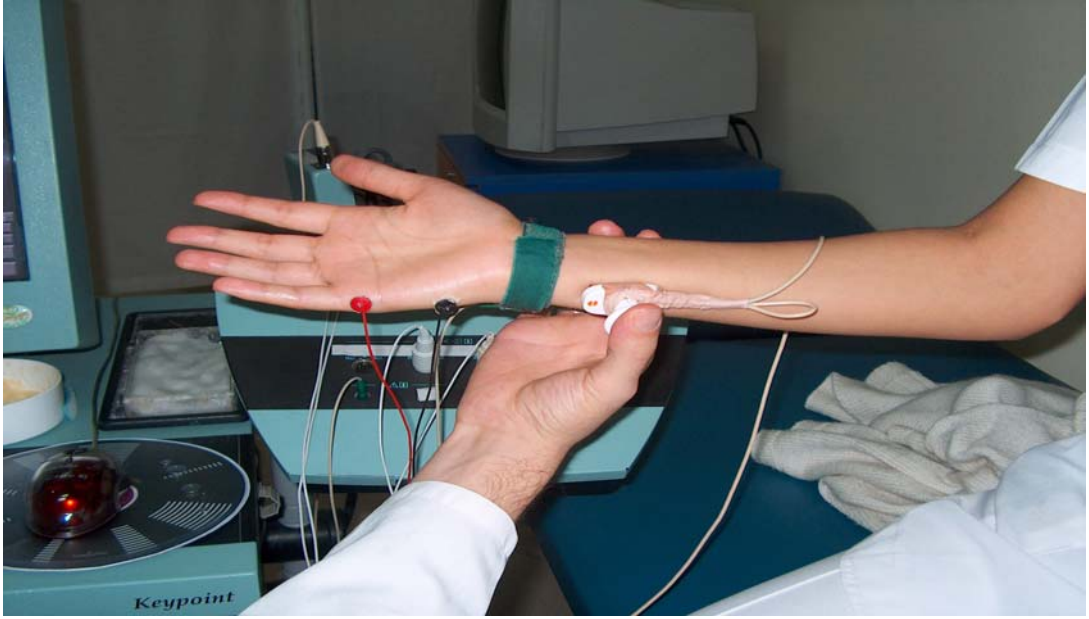
Şekil 26. Sağ median duysal ileti hızları kaydı.



Şekil 27. Sol median duysal ileti hızları kaydı.

3.3.3. Ulnar Motor Lif:

Ulnar sinir motor ileti hızı ölçümü için; aktif yüzeyel elektrod (59) abduktör digiti minimi kasının şişkin bölgesi üzerine; referans elektrod ise, beşinci metacarpal falangeal eklem üzerine yerleştirildi (61). Stimulasyon; kayıt elektrodunun 7cm proksimalinden (3), fleksör karpi ulnaris tendonu bitişiğinde, medial bilek üzerinden; proksimal stimulasyon ise; dirsek altından medial epikondil'in 3-4 cm uzağından ve dirsek üzeri, dirsek altı bölgeye 10 cm uzaklıkta biceps ve triceps kasları arasında, medial humerus üzerinden uygulandı (Şekil 28-29-30)(61).



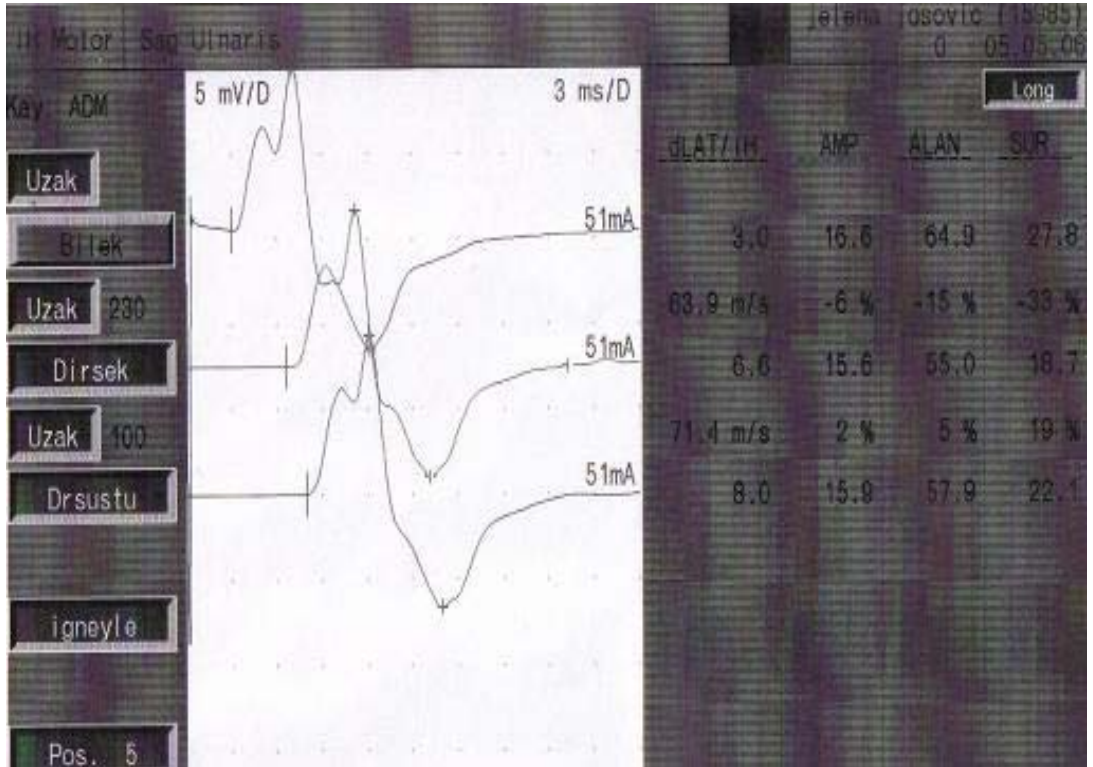
Şekil 28. Bilek bölgesinden, sağ ulnar motor sinir ileti hızının kaydedilmesi.



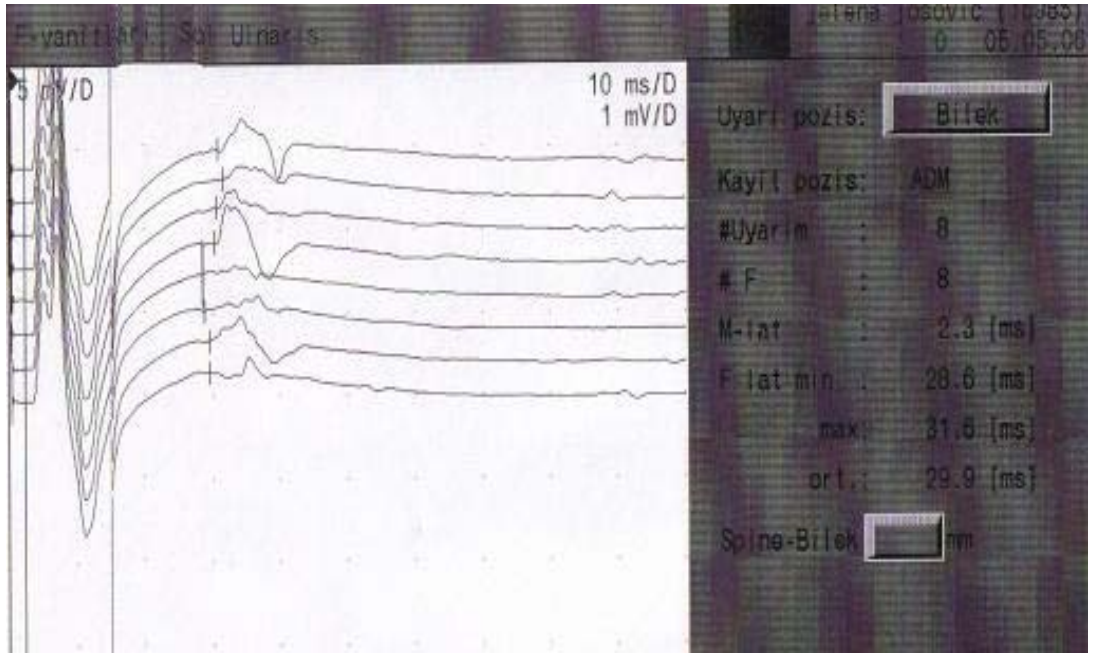
Şekil 29. Dirsek bölgesinden, sağ ulnar motor sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 30. Dirsek üstünden, sağ ulnar motor sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 31. Sağ ulnar motor ileti hızı kaydı.



Şekil 34. Sol ulnar F yanıtı kaydı

3.3.4. Ulnar Duysal Lif:

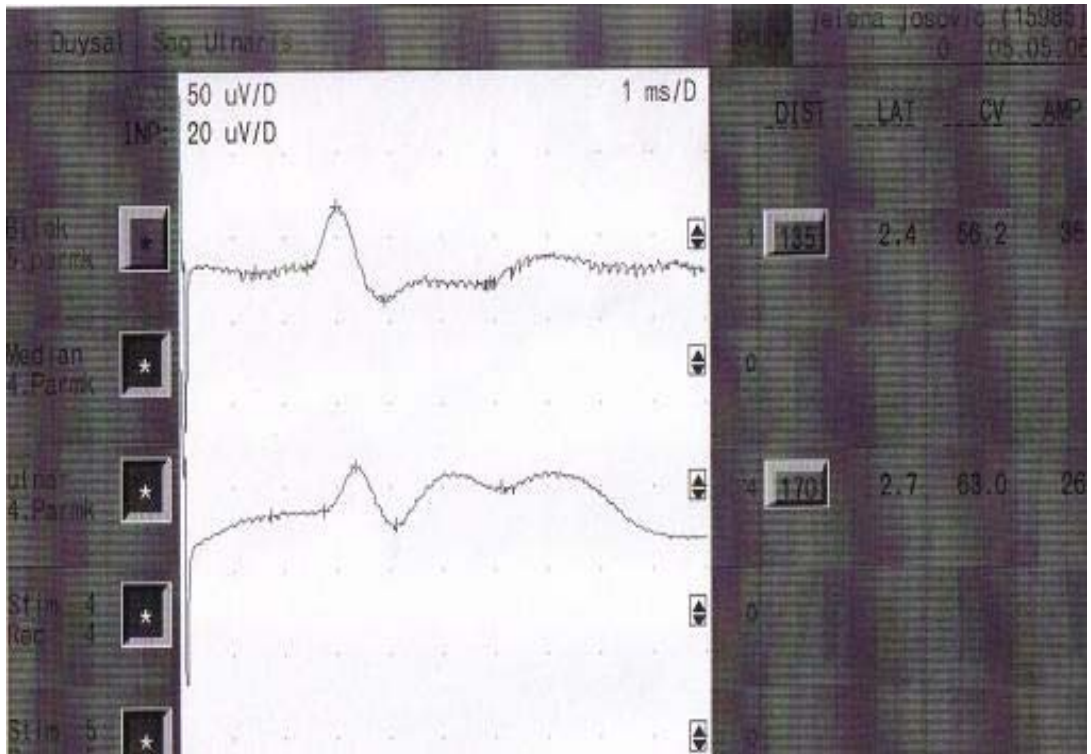
Ulnar sinir duyu ileti hızı ölçümü 4. ve 5. parmak için; aktif elektrod (59), proksimal interfalangeal eklemi üzerine; kayıt elektrod, distal interfalangeal eklem üzerine yerleştirildi (61). Stimulasyon; kayıt elektrodunun 7 cm proksimalinden (3), fleksör karpi ulnaris tendonu bitişiğinde mediyal bilek kısmından (61), uygulandı (Şekil 35-36).



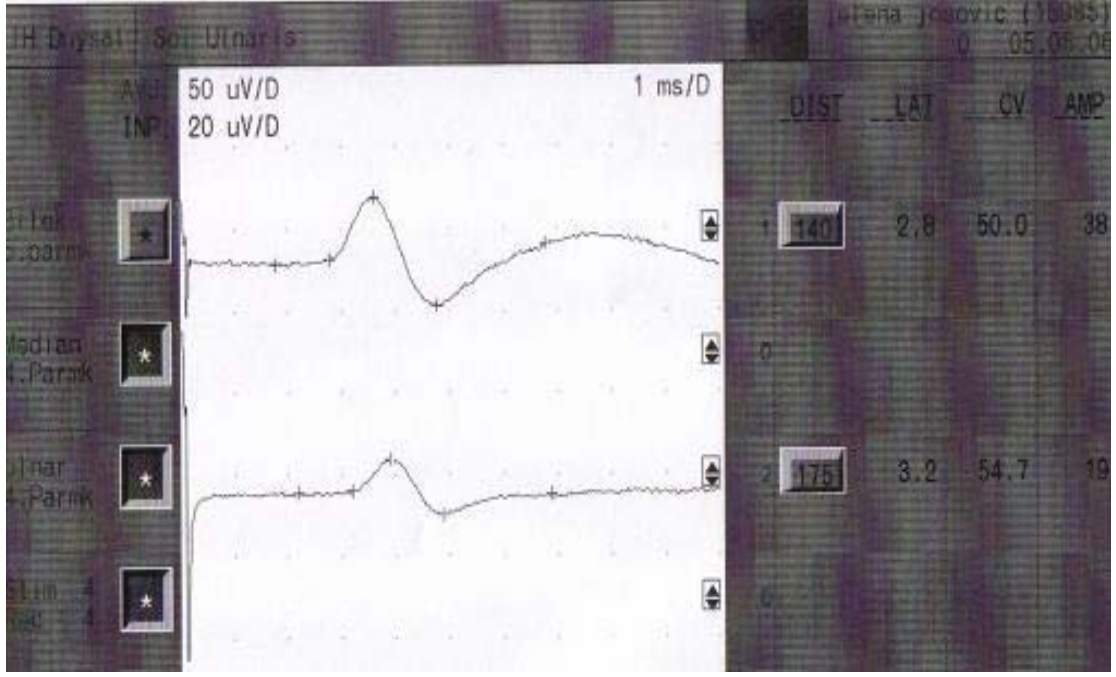
Şekil 35. Bilek-4. parmak, sağ ulnar duysal sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 36. Bilek-5. parmak bölgesinden, sağ ulnar duysal sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 37. Sağ ulnar duysal ileti hızları kaydı



Şekil 38. Sol ulnar duysal ileti hızları kaydı

3.3.5. Radial Motor Lif:

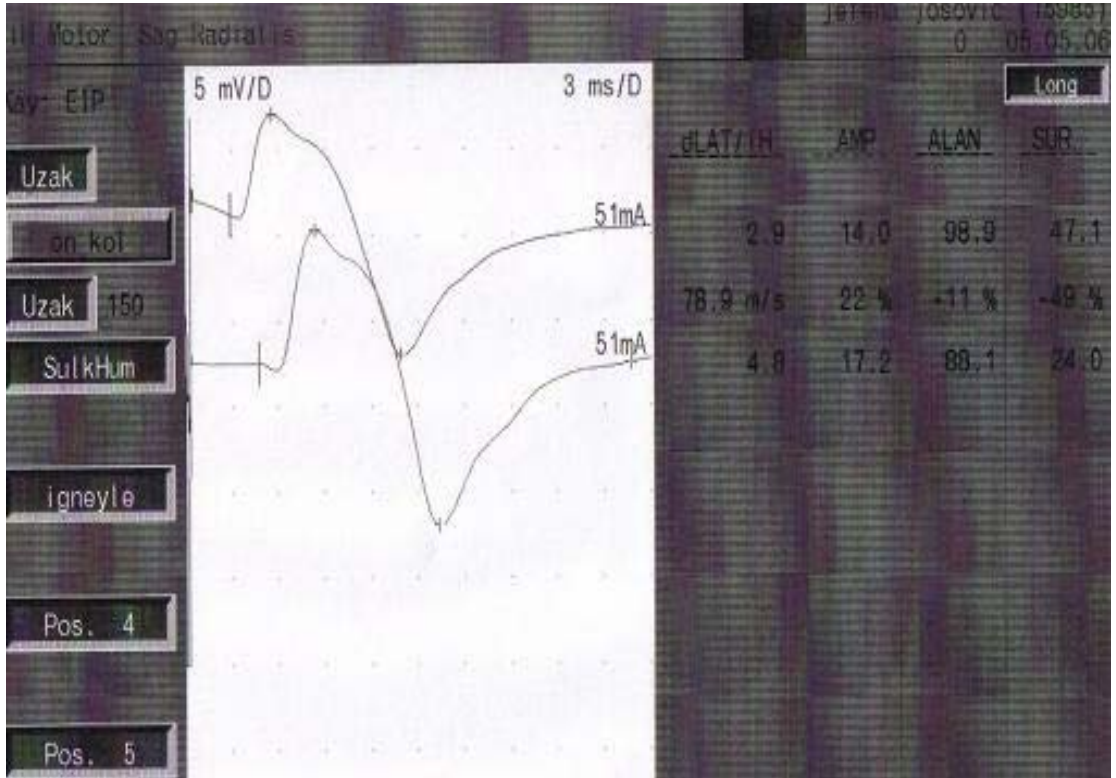
Radial sinir motor ileti hızı ölçümü için; aktif yüzeyel elektrod (59), extensor indicis proprius kasının ulnar styloid'in iki parmak uzağına; referans elektrod ise, ulnar styloid'in üzerine yerleştirildi. Önkoldan stimülasyon, ulnanın üzerinden; dirsek seviyesinde ise humerusun arka tarafındaki, içinden radial sinirin geçtiği oluk üzerinden uygulandı (Şekil 39-40)(61).



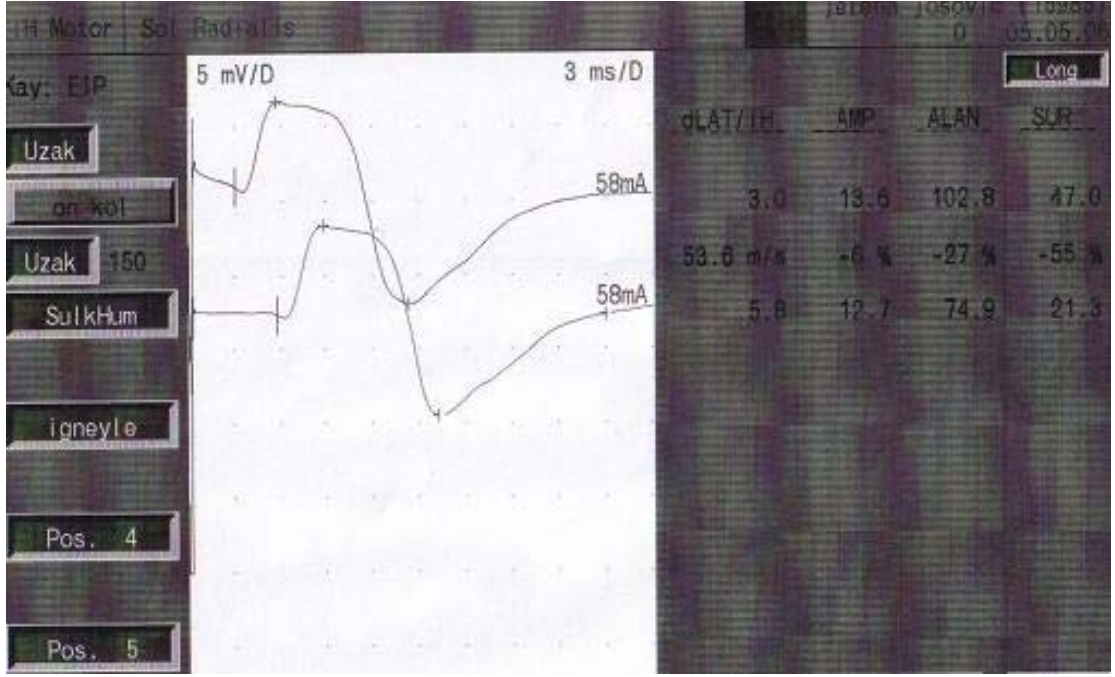
Şekil 39. Ön kol bölgesinden, sağ radial motor sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 40. Dirsek üstünden, sağ radial motor sinir ileti hızının kaydedilmesi.



Şekil 41. Sol ulnar motor ileti hızı kaydı.



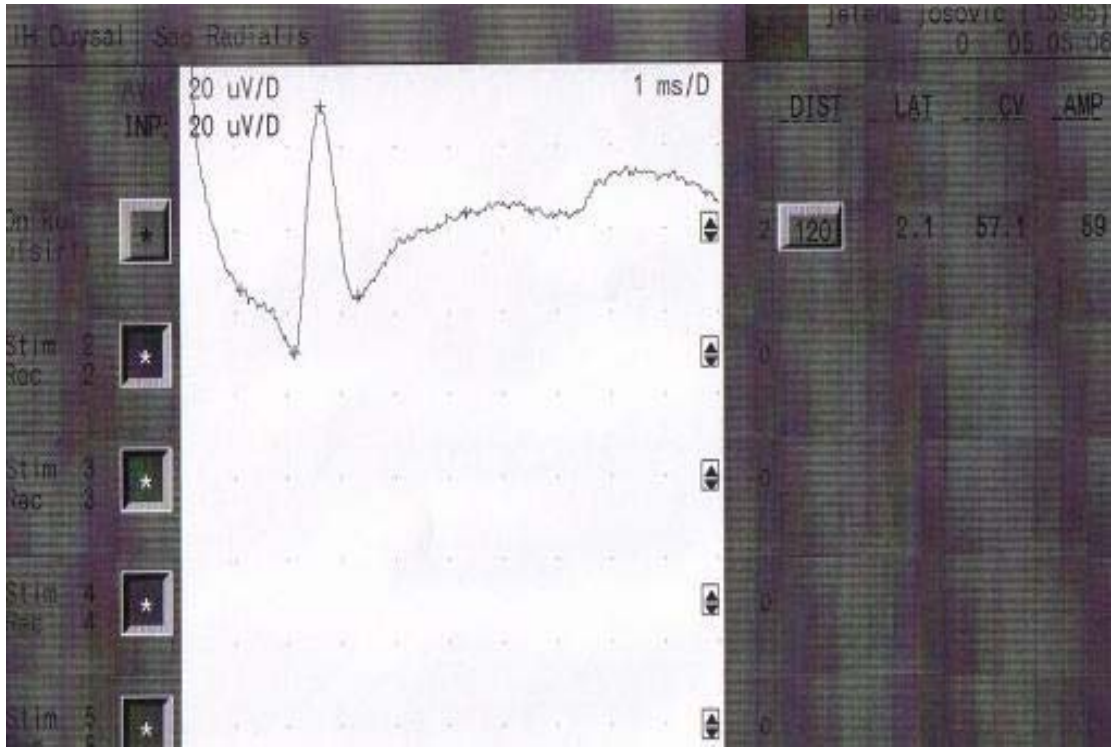
Şekil 42. Sol radialis motor ileti hızı kaydı

3.3.6. Radial Duysal Lif:

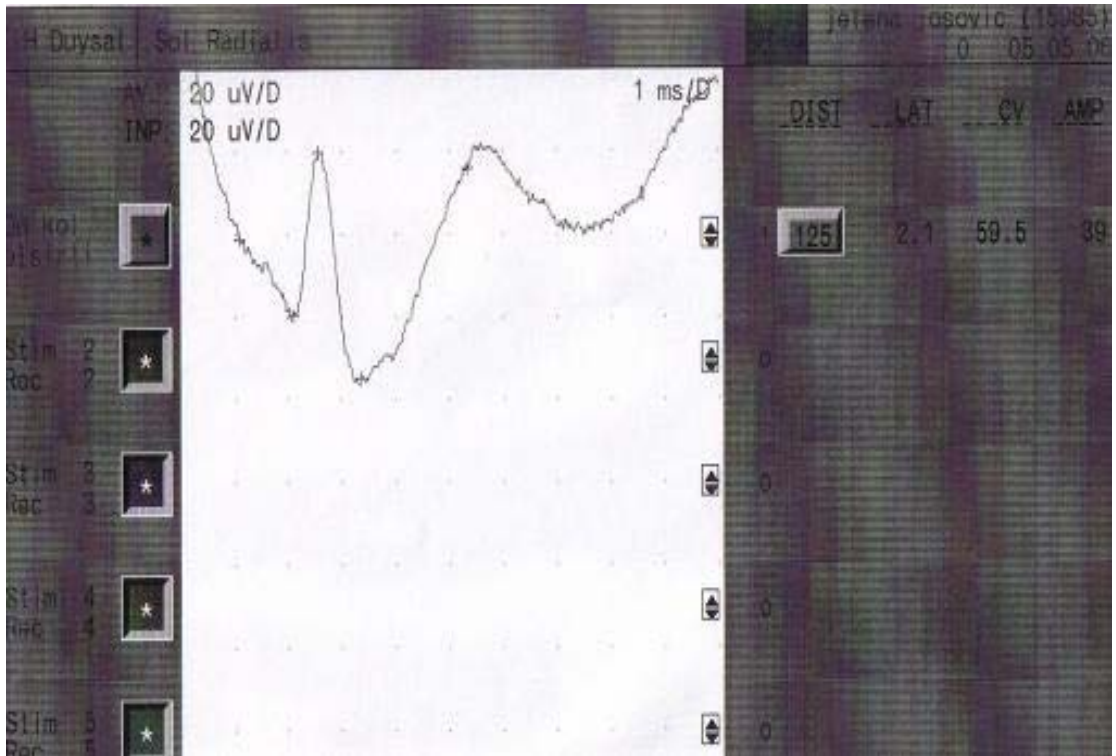
Radial sinir duyu iletim hızı için; aktif elektrod (59), extensor tendondan baş parmağa giden superficial radial sinir üzerine; referans elektrod ise baş parmağın üzerinde 3-4 cm mesafede yerleştirildi. Stimulasyon, radiusun distal orta bölgesi üzerinden uygulandı (Şekil 43)(61).



Şekil 43. Sağ radial duysal sinir ileti hızlarının kaydedilmesi.



Şekil 44. Sağ radial duysal ileti hızları kaydı.



Şekil 45. Sol radial duysal ileti hızları kaydı.

Tüm çalışmalarda toprak elektrod; uyarıcı ile kaydedici elektrod arasına yerleştirildi (59).

3.4. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiki analizler SPSS for Windows 13.0 paket program kullanılarak (Mann-Whitney U testi) yapıldı. Sonuçlar $p<0.05$ anlamlılık seviyesi esas alınarak incelendi.

4. BULGULAR

Bu çalışmaya katılan elit düzeyde voleybol oynayan bayan sporcuların, yaş ortalamaları 23.90 ± 3.00 , boy ortalamaları 1.74 ± 0.07 , cm, vücut ağırlığı ortalamaları 65.30 ± 7.22 , kg; herhangi bir spor aktivitesi yapmayan sağlıklı sedanter bayanların, yaş ortalamaları 23.50 ± 2.92 , boy ortalamaları 1.74 ± 0.04 , cm, vücut ağırlığı ortalamaları 62.85 ± 4.32 kg'dı (Tablo1). Fiziksel özellikler bakımından kontrol grubu ile deney grubu (sporcular) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$).

Tablo 1. Kontrol ve deney (sporcu) grubunun yaş, boy ve ağırlık ölçüm değerleri.

Grup İstatistikleri							
	Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma (SD)	Ortalama Standart Hata (SEM)	Z değeri	*P değeri
Yaş (yıl)	Kontrol	20	23,50	2,92	0,65	-,43	0,66
	Deney	20	23,90	3,00	0,67		
Boy (cm)	Kontrol	20	1,74	0,04	0,00	-,50	0,61
	Deney	20	1,74	0,07	0,01		
Ağırlık (kg)	Kontrol	20	62,85	4,32	0,96	-1,56	0,11
	Deney	20	65,30	7,22	1,61		

* $p < 0.05$

Sağ kol median motor sinir ölçümü değerlerine bakıldığında, deney grubu ile kontrol grubu arasında; median motor sinir latansı, ileti hızı ve F yanıtları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı ($p<0.05$).

Sağ kol ulnar motor sinir ölçümü değerlerine bakıldığında da, yine deney grubu ile kontrol grubu arasında; ulnar motor sinir latansı, dirsek segmenti ileti hızı ve F yanıtları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$). Ancak; ulnar motor sinir ön kol ileti hızına bakıldığında; istatistiksel olarak böyle bir anlamlı fark bulunamadı ($p>0.05$).

Deney grubu ile kontrol grubu arasında; sağ kol median, ulnar ve radial motor sinir amplitüdlere karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0.05$).

Kontrol ve deney grubunun sağ kol median, ulnar ve radial motor sinir ölçüm değerleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Kontrol ve deney (sporcu) grubunun sağ kol median, ulnar ve radial motor sinir ölçüm değerleri.

Grup İstatistikleri							
Sağ Kol Motor Sinir	Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma (SD)	Ortalama Standart Hata (SEM)	Z değeri	*P değeri
Median Latans Bilek-APB (ms)	Kontrol	20	3,58	0,36	0,08	-1,89	0,05
	Deney	20	3,81	0,33	0,07		
Median Amplitüd Bilek-APB (mV)	Kontrol	20	17,26	4,11	0,92	-,98	0,32
	Deney	20	18,88	4,08	0,91		
Median İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	62,70	4,64	1,03	-2,44	0,01
	Deney	20	58,83	4,06	0,90		
Median F Yanıtları Bilek-APB (ms)	Kontrol	20	23,14	1,95	0,43	-2,77	0,00
	Deney	20	24,88	1,61	0,36		
Ulnar Latans Bilek-ADM (ms)	Kontrol	20	2,75	0,51	0,11	-2,60	0,00
	Deney	20	3,08	0,24	0,05		
Ulnar Amplitüd Bilek-ADM (mV)	Kontrol	20	16,64	3,01	0,67	-,93	0,35
	Deney	20	17,27	2,17	0,48		
Ulnar İleti Hızı (Ön Kol) (m/sn)	Kontrol	20	61,95	7,23	1,61	-,86	0,38
	Deney	20	60,35	8,69	1,94		
Ulnar İleti Hızı(m/sn) (Dirsek Segmenti)	Kontrol	20	68,95	11,28	2,52	-2,05	0,04
	Deney	20	61,26	10,10	2,26		
Ulnar F Yanıtları Bilek-ADM (ms)	Kontrol	20	23,63	1,86	0,41	-3,08	0,00
	Deney	20	25,76	1,94	0,43		
Radial Latans (ms) Ön kol-EIP	Kontrol	20	2,64	0,40	0,09	-1,82	0,06
	Deney	20	2,87	0,48	0,10		
Radial Amplitüd Ön kol-EIP (mV)	Kontrol	20	13,11	2,11	0,47	-1,02	0,30
	Deney	20	13,81	2,90	0,64		
Radial İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	63,49	8,02	1,79	-,85	0,39
	Deney	20	62,55	9,10	2,03		

*p< 0.05

Tablo 3. Kontrol ve deney (sporcu) grubunun sol kol median, ulnar ve radial motor sinir ölçüm değerleri.

Grup İstatistikleri							
Sol Kol Motor Sinir	Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma (SD)	Ortalama Standart Hata (SEM)	Z değeri	*P değeri
Median Latans Bilek-APB (ms)	Kontrol	20	3,66	0,35	0,07	-,21	0,82
	Deney	20	3,66	0,37	0,08		
Median Amplitüd Bilek-APB (mV)	Kontrol	20	18,42	4,25	0,95	-,27	0,78
	Deney	20	18,21	3,01	0,67		
Median İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	60,31	7,29	1,63	-,98	0,32
	Deney	20	58,02	5,56	1,24		
Median F Yanıtları Bilek-APB (ms)	Kontrol	20	23,20	1,74	0,39	-2,45	0,01
	Deney	20	24,63	1,68	0,37		
Ulnar Latans Bilek-ADM (ms)	Kontrol	20	2,77	0,46	0,10	-2,22	0,02
	Deney	20	3,13	0,39	0,08		
Ulnar Amplitüd Bilek-ADM (mV)	Kontrol	20	16,37	2,87	0,64	-1,66	0,09
	Deney	20	17,87	2,51	0,56		
Ulnar İleti Hızı (Ön Kol) (m/sn)	Kontrol	20	59,75	3,75	0,84	-,77	0,44
	Deney	20	59,05	6,39	1,42		
Ulnar İleti Hızı(m/sn) (Dirsek Segmenti)	Kontrol	20	70,63	9,72	2,17	-1,28	0,19
	Deney	20	66,27	12,37	2,76		
Ulnar F Yanıtları Bilek-ADM (ms)	Kontrol	20	23,46	1,42	0,31	-2,49	0,01
	Deney	20	25,06	2,04	0,45		
Radial Latans (ms) Ön kol-EIP	Kontrol	20	2,44	0,37	0,08	-1,01	0,30
	Deney	20	2,65	0,59	0,13		
Radial Amplitüd Ön kol-EIP (mV)	Kontrol	20	12,20	2,43	0,54	-1,71	0,08
	Deney	20	13,78	2,89	0,64		
Radial İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	60,36	8,29	1,85	-,78	0,43
	Deney	20	63,14	9,72	2,17		

***p< 0.05**

Sol kol median motor sinir ölçümü değerlerine bakıldığında, deney grubu ile kontrol grubu arasında; median motor sinir F yanıtları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı ($p<0.05$).

Sol kol ulnar motor sinir ölçümü değerlerine bakıldığında da, yine deney grubu ile kontrol grubu arasında; ulnar motor sinir F yanıtları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$).

Sol kol ulnar motor sinirlerden alınan latans ölçümlerinde, deney grubu ile kontrol grubu arasında; istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı ($p<0.05$). Ancak; sol median motor sinir latanslarına bakıldığında; istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0.05$).

Deney ve kontrol gruplarının; sol kol median, ulnar ve radial motor sinir amplitüdüleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$).

Deney ve kontrol gruplarının; sol kol median, ulnar ve radial motor sinir ileti hızları karşılaştırıldığında da, istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$).

Kontrol ve deney grubunun sol kol median, ulnar ve radial motor sinir ölçüm değerleri Tablo 3’de görülmektedir.

Sağ kol median duyuşal sinir ölçümü değerlerine bakıldığında; deney grubu ile kontrol grubu arasında, 1. parmak median duyuşal sinir ileti hızı açısından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken ($p<0.05$); 2.,3. ve 4. parmak ileti hızlarında deney ve kontrol grupları arasında böyle bir anlamlı fark tespit edilemedi ($p>0.05$).

Deney grubu ile kontrol grubu dördüncü ve beşinci parmak sağ kol ulnar duyuşal sinir ileti hızları karşılaştırıldığında; duyuşal sinir ileti hızları arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

Deney grubu ile kontrol grubu sağ kol radial duyuşal sinir ileti hızı değerleri karşılaştırıldığında ise, duyuşal sinir ileti hızları arasındaki farkın, istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0.05$).

Deney ve kontrol gruplarının; sağ kol median (1.,2.,3. ve 4. parmak), ulnar (4. ve 5. parmak) ve radial duyuşal sinir amplitüdüleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$).

Parmaklara takılan kayıt elektrotları ile uyarı elektrotları arasındaki mesafe standardize edilemediğinden (bireysel farklılıklardan dolayı), deney ve kontrol gruplarının; sağ kol median (1., 2., 3. ve 4. parmak), ulnar (4. ve 5. parmak) ve radial duyuşal sinir latansları alınmamıştır.

Kontrol ve deney grubunun sağ kol median, ulnar ve radial duyusal sinir ölçüm değerleri Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4. Kontrol ve deney (sporcu) sporcu grubunun sağ kol median, ulnar ve radial duyusal sinir ölçüm değerleri.

Grup İstatistikleri							
Sağ Kol Duyusal Sinir	Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma (SD)	Ortalama Standart Hata (SEM)	Z değeri	*P değeri
Median Bilek-1. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	43,40	14,45	3,23	-1,01	0,31
	Deney	20	40,00	13,76	3,07		
Median Bilek-1. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	60,73	5,63	1,25	-1,93	0,05
	Deney	20	57,70	3,86	0,86		
Median Bilek-2. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	33,65	12,00	2,68	-1,36	0,17
	Deney	20	29,75	14,84	3,32		
Median Bilek-2. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	62,71	4,08	,913	-,33	0,73
	Deney	20	62,01	4,73	1,05		
Median Bilek-3. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	37,15	8,06	1,80	-,44	0,65
	Deney	20	38,65	17,89	4,00		
Median Bilek-3. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	62,88	4,48	1,00	-1,71	0,08
	Deney	20	60,77	5,63	1,25		
Median Bilek-4. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	23,60	5,92	1,32	-1,61	0,10
	Deney	20	20,08	8,78	1,96		
Median Bilek-4. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	62,45	3,87	0,86	-1,70	0,08
	Deney	20	60,20	4,39	0,98		
Ulnar Bilek-5. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	32,95	11,97	2,67	-,10	0,91
	Deney	20	34,78	17,83	3,98		
Ulnar Bilek-5. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	61,05	4,76	1,06	-1,47	0,14
	Deney	20	58,710	5,21	1,16		
Ulnar Bilek-4. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	25,85	7,48	1,67	-1,45	0,14
	Deney	20	23,73	11,90	2,66		
Ulnar Bilek-4. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	65,13	5,95	1,33	-1,86	0,06
	Deney	20	61,59	5,64	1,26		
Radial Önkol-Elsırtı Amplitüd (µV)	Kontrol	20	38,10	14,55	3,25	-,32	0,74
	Deney	20	39,00	14,21	3,17		
Radial Önkol-Elsırtı İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	67,41	5,08	1,13	-2,32	0,02
	Deney	20	63,45	6,05	1,35		

*p< 0,05

Tablo 5. Kontrol ve deney (sporcu) grubunun sol kol median, ulnar ve radial duysal sinir ölçüm değerleri.

Grup İstatistikleri							
Sol Kol Duyusal Sinir	Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma (SD)	Ortalama Standart Hata (SEM)	Z değeri	*P değeri
Median Bilek-1. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	43,05	12,08	2,70	-,27	0,78
	Deney	20	43,80	17,91	4,00		
Median Bilek-1. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	57,55	6,06	1,35	-,47	0,63
	Deney	20	56,81	4,41	0,98		
Median Bilek-2. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	36,25	9,95	2,22	-,60	0,54
	Deney	20	33,85	13,09	2,92		
Median Bilek-2. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	61,73	4,41	0,98	-,29	0,76
	Deney	20	61,20	4,23	0,94		
Median Bilek-3. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	41,65	13,25	2,96	-,92	0,35
	Deney	20	48,55	19,35	4,32		
Median Bilek-3. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	60,04	3,98	0,89	-,29	0,76
	Deney	20	60,31	4,00	0,89		
Median Bilek-4. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	22,45	8,43	1,88	-,90	0,36
	Deney	20	20,47	9,71	2,17		
Median Bilek-4. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	59,68	4,90	1,09	-1,16	0,24
	Deney	20	57,77	4,33	0,97		
Ulnar Bilek-5. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	34,90	10,58	2,36	-,190	0,85
	Deney	20	40,60	31,98	7,15		
Ulnar Bilek-5. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	59,45	4,70	1,05	-1,61	0,10
	Deney	20	56,52	4,16	0,93		
Ulnar Bilek-4. Parmak Amplitüd (µV)	Kontrol	20	28,85	8,89	1,98	-,08	0,93
	Deney	20	31,00	15,96	3,56		
Ulnar Bilek-4. Parmak İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	61,94	5,21	1,16	-,19	0,85
	Deney	20	61,70	5,15	1,15		
Radial Önkol-Elsırtı Amplitüd (µV)	Kontrol	20	39,55	9,57	2,14	-,33	0,73
	Deney	20	38,30	10,47	2,34		
Radial Önkol-Elsırtı İleti Hızı (m/sn)	Kontrol	20	67,73	5,72	1,28	-1,55	0,12
	Deney	20	65,49	7,28	1,62		

*p< 0,05

1., 2., 3. ve 4. parmakdan alınan sol kol median duyusal sinir ileti hızı ölçümü değerlerine bakıldığında; deney grubu ile kontrol grubu arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilemedi ($p>0.05$).

Deney ile kontrol grubunun, dördüncü ve beşinci parmak sol kol ulnar duyusal sinir ileti hızları karşılaştırıldığında; duyusal sinir ileti hızları arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

Deney grubu ile kontrol grubu sol kol radial duyusal sinir ileti hızı değerleri karşılaştırıldığında ise, duyusal sinir ileti hızları arasındaki farkın, istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0.05$).

Deney ve kontrol gruplarının; sol kol median (1., 2., 3. ve 4. parmak), ulnar (4. ve 5. parmak) ve radial duysal sinir amplitüdleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ($p>0.05$).

Parmaklara takılan kayıt elektrotları ile uyarı elektrotları arasındaki mesafe standardize edilemediğinden (bireysel farklılıklardan dolayı), deney ve kontrol gruplarının; sol kol median (1., 2., 3. ve 4. parmak), ulnar (4. ve 5. parmak) ve radial duysal sinir latansları alınmamıştır.

Kontrol ve deney grubunun sol kol median, ulnar ve radial duyusal sinir ölçüm değerleri Tablo 5’de görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Spor aktivitelerinin yoğunluğu ve mevcut biomekaniklerden dolayı, sporcuda; sinir tahrişi, sıkışma, çekilme, sürtünme v.b. oluşma eğilimindedir (7,8).

Ulnar sinir harabiyetleri, dirsekte, kol kemiğinin medyal epikondilinin arkasındaki oluktan ve fibro-osseos kanalı diye bilinen kübital bir tünelden geçerken çok yaygın olarak dirsek bölgesinde oluşur (1,62,63). Yine aynı şekilde, voleybol oyuncularında, üst ekstremitede meydana gelen ani ve ciddi travmalar sonrası sinir harabiyetleri, yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (9,64,65,66).

Üst ekstremitenin özel pozisyonları ulnar ve median sinirlerde zorlanmaya yol açabilir. Daha önce yapılan çalışmalarda; dirsek esnemesiyle artan kübital tünel sinir sıkışmaları belirtilmiştir (62,63,67,68,69). Dirsekteki sinir hareketi; omuzun vücut ekseninden hızla uzaklaştırılması ve bilek ile parmaklar uzatıldığında artmaktadır. Bu pozisyonlar kısa süreli olmasına rağmen, sinir harabiyetlerinin oluşumunda önemli bir rol oynar (63).

Kinetik araştırmalar; kol savurma, sıçramanın son anı, süratin artırılması ve süratin kesilmesi aşamalarını içeren hareketlerin dirsekte aşırı zorlanmalara neden olduğunu göstermiştir (8,70). Voleybolda da, çok tekrarlanan baş üstü kol savurma hareketinden dolayı; dirsek ve omuza aşırı baskı uygulanması sonucu sinir harabiyetleri ortaya çıkabilmektedir. Yapılan bir araştırma, ulnar sinir harabiyeti ve ulnar sinir hastalığının; tekrarlanan zorlanmalar, kasların aşırı gerilmesi-gevşemesi ve yumuşak dokuların aşırı esnemesine bağlı olduğunu ortaya koymuştur (71).

Özbek ve arkadaşları, yapmış oldukları bir çalışmada, aktif olarak voleybol oynayan ve oynamayan sporcuların dirsekteki ulnar sinir iletilerinde büyük farklılıklar oluşturup oluşturmadığını araştırmışlar ve voleybol oyuncuları ile kontrol grubunu karşılaştırdıklarında; ulnar motor sinirin, dirsek segmenti bölgesindeki sinir ileti hızının anlamlı bir şekilde azaldığını tespit etmişlerdir (12).

Biz de, yapmış olduğumuz çalışmada; benzer şekilde voleybol oyuncularında dirsek segmentinde ölçülen ulnar sinir ileti hızında istatistiksel olarak anlamlı düşüşler gözledik.

Voleybol oyuncularında yapılan ileti hızı çalışmalarında elde edilen bulgular, aksonal dejenerasyondan ziyade demiyelinizasyon'un olduğunu göstermiştir (70.72). Motor ve duysal sinirlerde gecikmiş ileti hızı, latans ve F yanıtlarının uzaması demiyelinizasyon'a işaret etmektedir (25) ve bu durum, kısa süreli mekanik kuvvet yada iskemi (bölgesel kansızlık) nedeniyle oluşmaktadır. Bunun da; çok tekrarlanan baş üstü kol savurma hareketinin bir sonucu olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir (70.72).

İnönü Üniversitesi, beden eğitimi ve spor bölümü öğrencilerinin teknik ağırlık olarak üst ekstremitelerini geliştirmeye yönelik branşlar ile (voleybol-basketbol-hentbol); pasif olarak spor yapan kontrol grubunun üst ekstremitate F cevabı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzama bulmuştur (6).

Mevcut çalışmada, kontrol ve deney grubunun sağ ve sol kol median ve ulnar motor sinir F değerlerine bakıldığında, deney grubu ile kontrol grubu arasında; median ve ulnar motor sinir F yanıtlarında istatistiksel anlamlı artış görülmüştür.

Özbek ve arkadaşları, voleybolcularda yapmış oldukları araştırmada ön kolun; ulnar sinir latansı, ilet hızı ve amplitüdlere arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir (12).

Baysal ve arkadaşları, sağlıklı bireyler üzerinde yaptıkları sinir ileti hızı ölçüm çalışmalarında motor ve duyu sinir ileti hızlarında yavaşlama, distal motor latans değerlerinde de uzama saptamışlardır (2).

Bromberg ve arkadaşları, bilateral motor ve duyu sinir ileti hızı çalışmalarından elde ettikleri sonuçları karşılaştırdıklarında; sağ ve sol kol median ve ulnar sinir ileti hızlarında farklılıklar olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar bu bulguların baskın eldeki belirtisiz sinir hasarını desteklediğini savunmaktadırlar (73).

Biz de, yapmış olduğumuz çalışmada; sağ kol dirsek segmenti ulnar ve median motor sinir ölçümü değerlerine baktığımızda, deney grubu ile kontrol grubu arasında; ulnar ve median sinir latansı anlamlı olarak uzamış olduğu tespit edilmiştir. Median motor sinir ileti hızları karşılaştırıldığında ise, ileti hızlarının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ancak; ulnar motor sinir ön kol ileti hızına bakıldığında istatistiksel olarak böyle anlamlı bir farkın olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni; dirsek segmentindeki demiyelinizasyonun ön kol segmentinden daha fazla olması şeklinde ifade edilebilir.

Voleybola özgü hareketlere baktığımızda, oyuna has asimetrik ve güçlü hareketlerin (servis ve smaç) olduğunu görürüz (9). Servis ve smaç gibi voleybol hareketlerinin, üst ekstremitelerde baskın güçlü ve tek yönlü hareket gerektirdiği gösterilmiştir (10,11). Hareketlerin çok aşırı tekrarı, yüksek kas gücü ve çok farklı zor dirsek pozisyonları ve bileğin fleksiyon ve ekstensiyonu gibi bir çok faktör; herhangi bir belirti göstererek veya göstermeyerek periferik sinir sistemini etkiler (12). Voleybolda, üst ekstremitelerin her ikisine de ihtiyaç vardır. Ancak; smaç ve servis hareketleri, baskın olan kolda hareketi artıran bir durumdur (11).

Biz de, yapmış olduğumuz araştırmada; voleybol oyuncularında ölçülen sağ kol radial duyusal sinir ve 1. parmak median duyusal sinir ileti hızı ölçüm değerlerinde, deney grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı düşüşler gözledik. Bu durum, voleybol oyuncularının servis ve smaç tekniklerini uygularken bileğin, fleksiyon ve ekstensiyon hareketini çok tekrarlamasından dolayı meydana gelebilir.

İncelemelerimizde, ileti hızı etkilenmekle birlikte; voleybolcuların herhangi bir klinik bulgu taşımadığı tespit edildi.

Mevcut çalışmada, herhangi bir klinik bulgusu olmayan voleybol oyuncularının; istatistiksel olarak elde edilen bulgulara göre, alt klinik nöropatiye benzeyen, presemptomatik (sendromun ön dönemi) yada asemptomatik (belirti vermeyen) sinir hastalıklarının olabileceğini bize çağrıştırmaktadır. Bu da üst ekstremitelerin çok tekrarlı hareketleriyle anormal dirsek mekanikleri ve dirsekteki sinir hareketlerinin voleybol oyuncularında sinir düzensizliklerini meydana çıkarabileceğini göstermektedir.

Mevcut çalışmada; deney grubu ile kontrol grubu arasında; median, ulnar ve radial motor sinir amplitüdları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Ancak; deney grubundan elde edilen median, ulnar ve radial motor sinir amplitüd ölçüm değerlerinin, kontrol grubuna göre artmış olduğu tespit edildi. Bu artış, istatistiksel olarak anlamlı değildi. Amplitüdlardaki artışın bir sebebi olarak, voleybolculardaki kasların daha gelişmiş ve motor birim sayısının artmış olması gösterilebilir.

Çoğu küçük nörolojik harabiyetler klinik belirti göstermeyebilir ve nörolojik rahatsızlıklar sürekli hale gelmeden önce fark edilemeyebilirler. Dejenerasyon ve demiyelinizasyon mekanizmaları ile risk faktörlerinin ortaya konması, voleybol antrenman ve rehabilitasyonu için oldukça önemlidir (12).

Elde edilen bulgular, deney ve kontrol grubu arasında; baskın ve baskın olmayan üst ekstremitelerin farklı bir şekilde etkilendiğini göstermektedir. Bu durum; voleybol oyuncularında, klinik bulgu vermeyen sinir harabiyetlerinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu sonuçlar aynı zamanda; voleybol oyuncularında klinik bulgu vermeyen, ulnar ve median motor sinir zedelenmesine bir eğilimin olabileceğini de ifade etmektedir.

Pek çok defa vurgulandığı gibi, servis ve smaç şeklindeki voleybol tekniklerinin uygulanması esnasında üst ekstremitede belirgin bir baskılanma meydana gelmektedir. Mevcut çalışma, aşırı bir şekilde yapılan üst ekstremitelik hareketlerinin voleybol oyuncularında artan sinir harabiyetlerine neden olabileceğini göstermektedir. Voleybol oyuncularında aşırı üst ekstremitelik hareketi ve herhangi bir klinik bulgu vermeyen ulnar ve median sinir harabiyetleri arasındaki ilişkinin daha net bir şekilde ortaya konması için ileri düzeyde araştırmalara ve daha geniş bir örneklem grubuna ihtiyaç vardır.

İleride yapılacak olan çalışmalarda elit düzeyde voleybol oynayan bayan sporcuların kendi aralarında voleybol oynama süreleri göz önünde bulundurularak ve aynı şekilde üst düzey voleybol oynayanlar ile voleybolu bırakanlar arasında da bu tür bir çalışmanın yapılması; yukarıda açıklanmaya çalışılan durumların aydınlığa kavuşmasına yardımcı olacağı kanaatini bizde uyandırmaktadır.

Bu araştırmalar bize; aktif olarak voleybol oynayan şahıslarda varsa, dejenerasyonun veya demiyelinizasyonun ilerleyip ilerlemediğini, aynı şekilde aktif sporu bırakan şahıslarda da iyileşmelerin olup olmadığını göstermesi açısından oldukça önemli bir basamak teşkil edecektir.

6. KAYNAKLAR

1. AMINOFF, MJ.: Electromyography in clinical practice. Churchill Livingstone, New York, 1998, 113–146.
2. BAYSAL, Aİ., KURUOĞLU, R., BEYAZOVA, M., BABACAN, G., BİLİR, E., TAN, J., ÇAĞATAY, N., ÇIRAK, Ş., SEVER, A.: Normal Populasyonda Sinir İletimi Değerleri, Nöroşirürji, 1989, 9-15.
3. AKYÜZ, G., OFLUOĞLU, D., KAYHAN, Ö.: Sağlıklı Yaşlı Bireylerde Motor ve Duyusal Sinir İletimi Değerleri, Turkish Journal of Geriatrics, 1998, 1(2):97-99.
4. KIRBAŞ, D., KARAGÖZ, N.: Bakırköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sinir İleti Çalışmaları Notları
5. AKYÜZ, G.: Elektrodiagnoz Elektronöromiyografi, Uyandırılmış Potansiyeller, Elektroensefalografi, Güneş Kitap Evi, Ankara, 2003, s.3-82
6. MERİÇ, F.: İnönü Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü Öğrencilerinin Üst ve Alt Ekstremitelerinin Sinir İletisive EMG Potansiyellerindeki Değişiklikler, Malatya, 1999, s. 1-12.
7. SAFRAN, MR.: Elbow injuries in athletes. Clin Orthop Rel Res, 1995, 310 (22): 57-77.
8. WILK, KE., REINOLD, MM.: ANDREWS, JR.: Rehabilitation of the thrower's elbow. Sport Med Arthroscopy Rev, 2003, 11:79-95.
9. WITVROUW, E., COOLS, A., LYSSENS, R., CAMBIER, D., VANDERSTRAETEN, G., VICTOR, J., SNEYERS, C., WALRAVENS, M.: Suprascapular Neuropathy in Volleyball Players. Br J Sports Med, 2000, 34:174-180.
10. SCHUTZ, LK.: Volleyball. Phys Med Rehab Clin North Am, 1999, 10:19-34.
11. KHAN, AM., GUILLET, MA., FANTON, GS.: Volleyball: rehabilitation and training tips. Sports Med Arthroscopy Rev, 2001, 9:137-146
12. ÖZBEK, A., BAMAÇ, B., BUDAK, F., YENİGÜN, N., ÇOLAK, T.: Nerve conduction study of ulnar nerve in volleyball players, Scand J Med Sci Sports, 2006, 16:197-200.
13. BAYSAL, Aİ., CHANG, CW., OH, SJ.: Temperature effects on nerve conduction studies in patients with carpal tunnel syndrome Acta Neurology Scand, 1993, 88:213-216.

14. SÖNMEZ, GT.: Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, Ata Matbaacılık, Bolu, 2002, s.139.
15. MARANGOZ, C.: 19 Mayıs Üniversitesi, Fizyoloji Ders notları
16. SOLOMON, PE.: İnsan Anatomisi ve Fizyolojisine Giriş, Birol Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2000, s.93.
17. CHUDLER, EH.: "The Hows,Whats and Whos of Neuroscience",2001
18. WERNER, G.: The Wonder of Man, CLV Publishing, Bielefeld, 1999, p. 82.
19. TORTORA, GJ., ANAGNOSTAKOS, NP.: Principles of Anatomy and Physiology, Harper & Row, New York, 1981, p. 29.
20. THE INCREDIBLE MACHINE, National Geographic Society, Washington, D.C., 1986, p. 265,339.
21. CHICUREL, M, FRANCO, CD.: "The Inner Life of Neurons", The Harvard Mahoney Neuroscience Institute Letter, 1995, cilt 4, no. 2.
22. GÜNAY, M., CİCİOĞLU, İ.: Spor Fizyolojisi, Gazi Kitabevi, Ankara, 2001, s.139.
23. SUE, D., BEN, M.: Human Body Revealed, Dorling Kindersley Ltd., 2002, p. 11.
24. KANDEL, E., SCHWARTZ, JH., JESSELL, TM.: Principles of Neural Science, McGraw Hill Publishing, New York, 2000, p. 277.
25. ERTEKİN, C.: Santral ve periferik EMG., Meta Basım Matbaacılık, İzmir, 2006, 2- 447
26. SCHROEDER, GL.: Tanrının Saklı Yüzü, Gelenek Yayınları, çev: Ahmet Ergenç, İstanbul, 2003, s. 107.
27. SUSAN G.: İnsan Beyni, Varlık Bilim, İstanbul, 2000, s. 80,83.
28. GLYNN, I.: An Anatomy of Thought: The Origin and Machinery of the Mind, Oxford University Press, New York, 1999, p. 115.
29. ÖZTÜRK, L., AKTAN, ZA., EROL, T.: İşlevsel Anatomi, Saray Tıp Kitapevleri, İzmir, 1997, s.278.
30. NOYAN, A.:Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji. 8. Baskı, Ankara 1993, s.221.
31. KOZ, M., ERSÖZ, G., GELİR E.: Fizyoloji ders kitabı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2003, s.73,74.
32. PINAR, L.: Gazi Üniversitesi, Periferi Sinir Sistemi Fizyolojisi Ders Notları.
33. UYSAL, H., Türk klinik fizyolojisi EEG-EMG derneği sözlüğü.

34. STALBERG E., ERDEM H.: Nerve Conductive Studies. *Journal of Neurological Sciences*, 2000, 17:2.
35. BROWN, WF., FEASBY, TE.: Conduction block and denervation in Guillain-Barré polyneuropathy. *Brain*, 1984, 107: 244.
36. LEWIS, RA., SUMNER, AJ.: Multifocal demyelinating neuropathy with persistent conduction block. *Neurol*, 1982, 32: 958-964.
37. OLNEY, RK, BUDINGEN, HJ, MILLER, RG.: The effects of temporal dispersion on compound muscle action potential area in human peripheral nerve. *Muscle Nerve*, 1987, 10: 728-733.
38. TAYLOR, PK.: CMAP dispersion, amplitude decay and area decay in a normal population. *Muscle Nerve*, 1993, 16: 1181-1187.
39. OH, SJ.: *Clinical electromyograph: Nerve conduction studies*. Universty Park Pres: Baltimore, 1993, 85-104.
40. GAMSTORP, I., SHELBURNE, SA.: Peripheral sensory conduction of ulnar and median nerves of normal infants, children, and adolescents. *Acta Paediatr Scand*, 1965, 54: 309-313.
41. LANG, AH., PUUSA, A., HYNNINEN, P., KUUSELA, V., JANTTI, V., SILLANPAA, M.: Evolution of nerve conduction velocity in later childhood and adolescence. *Muscle Nerve*, 1985, 8: 38-43.
42. ROSENFALCK, P., ROSENFALCK, A.: *Electromyography, Sensory and Motor conduction: Findings in normal subjects*. Laboratory of Clinical Physiology, Rigshospitalet, Copenhagen, 1975, 1-49.
43. BUCHTHAL, F., ROSENFALCK, A.: Sensory conduction velocity along the limbs. *Brain Res*, 1966, 3: 34-42.
44. KIMURA, J.: *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle*. F.A. Davis Company, Philadelphia, 1989, 9-15,55,77.
45. NEARY, D., OCCHOA, J., GILLIATT, RW.: Subclinical entrapment neuropathy in man. *J Neurol Sci* 1998; 24 : 283-298.
46. TROGHI, IL, TSUKAGOSHI, H., TOYOKURA, Y.: Quantitative changes with age in normal sural nerves. *Acta Neuropathol (Berl)*, 1997, 38: 13–220.
47. LAFRATTA, CW., SMITH, OH.: A study of the relationship of motor conduction velocity in the adult to handedness and sex. *Arch Phys Med*

- Rehabil, 1964, 54: 475-477.
48. STETSON, DS., ALBERS, JW., SILVERSTEIN, BA., WOLFE, RA.: Effects of age, sex and antropomethric factors on nerve conduction measures. Muscle Nerve, 1992, 15: 1095-1104.
 49. CAMPBELL, WW., WARD, L., SWIFT, T.: Nerve conduction velocity varies inversely with height. Muscle Nerve, 1981, 3: 436-437.
 50. FALCK, B., STALBERG, E.: Motor Nerve Conduction Studies: Measurement principles and interpretation of findings. Journal of Clinical Neurophysiology, 1995, 12: 254-279.
 51. MACKEL, R., BRINK, E.: Conduction of neural impulses in diabetic neuropathy. Clin Neurophysiol ,2003, Feb; 114(2) : 169–70.
 52. FOWLER, C., SITZOGLU, K., ALI, Z., HALONEN, P.: The conduction velocities of peripheral nerve fibres conveying sensations of warming and cooling. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1988, 51:1164-1170.
 53. MATTHEW, C., KIERNAN, MC., CIKUREL, K., BOSTOCK, H.: Effects of temperature on the excitability properties of human motor axons. Brain, 2001, 124:816-825.
 54. NOTERMANS, NC., FRANSSSEN, H., WIENEKE, GH., WOKKE, JH.: Temperature dependence of nerve conduction and EMG in neuropathy associated with gammopathy Muscle Nerve, 1994, May;17(5):516-22.
 55. FRANSSSEN, H., WIENEKE, GH.: Nerve conduction and temperature: necessary warming time Muscle Nerve, 1994, Mar; 17(3):336-44.
 56. RUTTEN, GJ., GAASBEEK, RD., FRANSSSEN, H.: Decrease in nerve temperature: a model for increased temporal dispersion electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1998, Feb;109(1):15-23.
 57. KERLING, FP., SOKOLOVSKA, K.,CLAUS, D.: Effect of temperature on clinical electrophysiology.Fortschr Neurol Psychiatr,1994, Dec;62(12):451-7.
 58. HYLLIEMARK, L., LUDVIGSSON J., BRISMAR, T.: Normalvalues of nerve conduction in children and adolescents Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995, Oct;97(5) : 208-14.
 59. ARSLAN, Ş., İNANICI, F., ÇETİN, A., ÇELİKER, R.: Üst Ekstremité Sinir İletim Çalışmalarında Yaşa Bağlı Oluşan Değişiklikler, Geriatri, 1999,

2(3):121-126.

60. COLAK, T., BAMAC, B., OZBEK, A., BUDAK, F., BAMAC ,YS.: Nerve conduction studies of upper extremities in tennis players, *Br J Sports Med.*, 2004,38(5):632-5.
61. PRESTON, C.D., SHAPIRO, B.E.: *Electromyography and neuromuscular disorders: Clinical and electrophysiological correlations.* Boston, utterworth-Heinermann, 1998: p.103-120.
62. KHO, D., CARMICHAEL, S., SPINNER, RJ.: Ulnar nrve anatomy and compression . *Orthop Clin North Am.*, 1996: 27: 317-338.
63. WRIGHT, TW., GLOWCZEWSKIE, F., COWIND, D., WHEELER, DL.: Ulnar nerve excursion and strain at the elbow and wrist associated with upper extremity motion. *J. Hand, Surg, (Am)* 2001:26: 655-662.
64. FERRETTI, A., CERULLO, G., RUSSO, G.: Suprascapular neuropathy in volleyball players. *J. BAONE, J., Surg*, 1987: 69: 260-263.
65. GLOUSMAN, RE.: Ulnar nerve problems in the athlete's elbow. *Clin Sports Mde.*, 1990: 9:137-146.
66. SCHUTZ, LK.: Volleyball. *Phys Med Rehab Clin Nort Am*, 1999: 10: 19-34.
67. APFELBERG, DB., LARSON, SJ.; Dynamic anatomy of the ulnar nerve at the elbow., *Plast Reconstr* 1973: 51: 76-81.
68. BOZENTKA, DJ., Cubital tunnel syndrome pathophysiology. *Clin Orthop* 1998: 351: 90-94.
69. BYL, C., PUTTLITZ, C., BYL, N., LOTZ, J., TOPP, K.: Strain in the median and ulnar nerves during upper-extremity positioning. *J Hand Surg (Arm)* 2002: 27: 1032-1040.
70. MALONEY, MD., GOLBLATT, J., SNIBBE, J.: Elbow problems in the throwing athlete., *Curr Opin Orthop*, 2002: 13: 317-338.
71. CAIN EL., DUGAS JR., ANDREWS JR., Ulnar nerve injury in the throwing athlete. *Sports Med Arthroscopy Rew*, 2003: 11: 40-46.
72. MC CLUSKEY, LF., WEBB, LB.: Compression and entrapment neuropathies of the lower extremity. *Clin Pediatr Med Surg.*, 1999: 16: 97-125.
73. BROMBERG, MB., JAROS, L.: Symmetry of normal motor and sensory nerve conduction measurements. *Muscle Nerve.* 1999: 21: 98-503.

ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Manisa / Turgutlu'da doğdu. İlk öğrenimini Turgutlu Ülkü İlkokulunda, orta öğrenimini Turgutlu Ortaokulunda, lise eğitimini Turgutlu Lisesinde yaptı. Daha sonra 1983 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliğini bölümünü kazandı. 1987 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliğini bölümünü; uzmanlık dalı olarak voleybol, yardımcı uzmanlık dalı olarak basketbol branşlarını alarak bitirdi.

1991-1996 yıllarında Gaziantep Atatürk Lisesinde, 1996-2000 yıllarında Gaziantep Lisesinde Beden eğitimi öğretmeni olarak görev yaptı. 2000 yılında Gaziantep Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda okutman olarak göreve başladı. 2004 Şubat ayında Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans programına başladı.

Halen Gaziantep Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda okutman olarak ve Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında yüksek lisans programına devam etmektedir.