

152

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON
ANBİLİM DALI

**MALATYA BÖLGESİNDE
MEDİAN VE ULNAR SİNİR
İLETİMLERİNİN
NORMAL DEĞERLERİ**

Uzmanlık Tezi

Dr. Murat ARI

Tez Yöneticisi

Doç. Dr. M. Nafiz AKMAN

Malatya-1996

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KÜTÜPHANESİ

İÇİNDEKİLER

Şekil ve Tablo Listesi	iii
Teşekkür	iv
Giriş ve Amaç	1
Genel Bilgiler	2
A. Tarihçe	2
B. Periferik sinir sisteminin anatomi ve fizyolojisi	3
- Anatomi	3
Kafa çiftleri	3
Spinal sinirler	5
Fizyoloji	8
Sinir hücresinin yapısal özellikleri	8
Sinir uyarımı ve iletim	10
Nöro musküler iletim	12
C. Sinir iletim çalışmalarına genel bakış	13
I. Sinir iletim çalışmalarının endikasyonları ve tavsiye edilen işlemler	14
II. Basit sinir uyarma testi ve tanıdaki önemi	16
III. Sinir iletim çalışmaları ve geç yanıtlar	16
IV. İğne EMG	23
V. Ardarda sinir uyarısı	25
VI. Tek lif EMG	25
VII. Uyarılmış potansiyeller	25
D. Sinir iletim çalışmalarında gerekli cihazlar	29
E. Sinir iletim çalışmalarında bulgular ve yorumlanması	33
F. Sinir iletim çalışmalarında güvenilirlik ve hata nedenleri	36
Gereç ve yöntem	37
Bulgular	40
Tartışma	46
Özet	52
Summary	53
Kaynaklar	54

ŞEKİL VE TABLO LİSTESİ

Şekil 1:	Spinal sinirin oluşumu ve dallanması	5
Şekil 2:	Brakial pleksus un yapısı	7
Şekil 3:	Lumbosakral pleksus un yapısı	7
Şekil 4:	Motor ünite	10
Şekil 5:	Uyarılma potansiyelinin fazları ve yayılımı	12
Şekil 6:	Kuvvet - zaman eğrisi	16
Şekil 7:	BKAP'nin komponentleri	18
Şekil 8:	DSAP'nin komponentleri	21
Şekil 9:	F yanıtı	23
Şekil 10:	H refleksi ve F yanıtının anatomik yolları	24
Şekil 11:	EMG cihazının şematik görünümü	30
Şekil 12:	Sinir iletim çalışmalarında kullandığımız standart 8-14cm tekniği	39
Şekil 13:	Median ve ulnar sinirin motor hızları ile yaş arasındaki ilişki	45
Şekil 14:	Median ve ulnar sinirin duysal amplitüdüleri ile yaş arasındaki ilişki	45
Tablo 1:	Median duysal DL ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı	40
Tablo 2:	Ulnar duysal DL ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı	41
Tablo 3:	Median motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı	41
Tablo 4:	Ulnar motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı	41
Tablo 5:	Median duysal DL ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı	41
Tablo 6:	Ulnar duysal DL ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı	42
Tablo 7:	Median motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı	42
Tablo 8:	Ulnar motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı	43
Tablo 9:	Median ve ulnar sinir iletim değerlerinin elektrofizyoloji laboratuvarımızca belirlenen normal sınırları	43
Tablo 10:	Çeşitli yazarlar tarafından bildirilen median ve ulnar motor sinir iletim hızı değerleri	46
Tablo 11:	Benzer sinir iletim teknikleriyle yapılan çalışmalarda bildirilen median ve ulnar distal latans değerleri	47

TEŞEKKÜR

Bu çalıŐmanın istatistiksel analizlerindeki değerli katkılarından dolayı Malatya Halk Sağlığı Laboratuvarı M¼d. Uz. Dr. Serhat ÖZT¼RK'e, yazım aŐamasındaki katkılarından dolayı İnön¼ Üniversitesi Tıp Fak¼ltesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalından Öğrt. Görv. Dr. Yüksel ERSOY'a ve basım aŐamasındaki katkılarından dolayı İNLİM ŐTİ'den Hacer ERDOğAN'a en içten teŐekkürlerimi sunarım.

GİRİŞ VE AMAÇ

Elektrik akımının tıp alanında kullanımı iki ana şekilde karşımıza çıkmaktadır; Elektrikle tedavi ve elektrikle tanı. Elektrotterapi, çeşitli elektrik akımlarının tedavi amacıyla kullanımı anlamına gelir ve Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyonun temel yöntemlerinden birini oluşturur. Elektrikle tanı ise, duyarlı dokuların elektriksel uyarımı ile ortaya çıkan cevapları ve kas içi potansiyelleri kaydederek tanıya ulaşmaya yönelik tüm yöntemlerin genel adıdır (1,2).

Elektrikle tanı çalışmaları, klinisyene çeşitli nöromusküler hastalıkların tanısında ve takibinde çok değerli bilgiler verir. Elektrikle tanı çalışmaları içinde kuşkusuz en sık kullanılanı, sinir iletimi çalışmalarıdır (SİÇ). SİÇ peri ferik sinirleri ulaşılabilir bir veya birkaç noktadan uyararak daha distal (bazen de proksimal) bir noktadan oluşan potansiyelleri kaydetme esasına dayanır (1). Bu çalışmalar, özellikle peri ferik sinir hastalıklarının tanısı, lokalizasyonu, yaygınlığı, yapısı ve akıbeti hakkında oldukça objektif ve değerli bilgiler verir (3-9).

SİÇ'nin değerlendirilmesi için gerekli ön koşul, normal değerlerin güvenilir bir şekilde saptanmasıdır. Ölçümler için önerilen çeşitli standart çalışma teknikleri mevcut olup, bu tekniklerin hepsinin alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir. Ancak bu konudaki yayınlar incelendiğinde, bu sınır değerlerinin, standart tekniklerin uygulanmasına rağmen önemli farklılıklar gösterebildiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sinir iletim değerlerinin yaş, cinsiyet, çevre ısısı ve ekstremitte uzunluğu gibi faktörlerden etkilendiği bilinmesine rağmen ırk ve coğrafi bölge farklılığının etkisinin olup olmadığı henüz açıklığa kavuşmamıştır (1,10,11). Sonuç olarak her elektrodiagnostik laboratuvarının kendi standart tekniğine göre kendi normal değerlerini tespit ederek, çalışmalarında bu değerleri esas almasının ideal çözüm olacağı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, kullandığımız tekniğe göre en sık uygulanan median ve ulnar sinir iletim çalışmaları için kendi normal değerlerimizi tespit etmek, yaş ve cinsiyet gibi fizyolojik faktörlerin sinir iletim değerleri üzerine ne derece etkisi olduğunu ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır.

GENEL BİLGİLER

A) TARİHÇE

Elektrikle tanı çalışmalarının başlangıç tarihleri net olarak bilinmemekle birlikte, 20. yüzyıldan bir kaç yüzyıl öncesine kadar dayandığı sanılmaktadır (10). Bilinen ilk motor sinir iletim hızı çalışması 1850'de Helmholtz tarafından yapılmıştır. Duysal sinir iletim çalışmalarının ise tarihçesi daha yenidir. İlk olarak Eichler 1937'de insanda karışık sinirlerden perkütan yolla sinir uyarılma potansiyellerini kaydetmiştir (12,13). 1907'de Piper insan kaslarındaki elektriksel aktiviteyi bir galvanometre ile kaydetmiştir (10).

1924' de Erlanger ve Gasser adlı araştırmacılar ilk defa kurbağa ve köpekler üzerinde yaptıkları çalışmayla, peri ferik sinir çapları ile sinir iletim hızları arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır (14). peri ferik sinir paralizilerinde Elektromyografi (EMG) tekniğini ilk kez 1928'de Poebster uygulamıştır. Elektrikle tanı yönteminin temelini aslında Duchenne kurmuştur (15). 1929'da Adrian ve Brank bugün kullanılmakta olan konsantrik iğne elektrodu geliştirmiş ve daha sonraları kas uyarılma potansiyelleri daha ayrıntılı olarak incelenebilmiştir (10).

1920'li yıllarda, Katot ışınli osiloskobun deneysel nörofizyoloji alanına girmesiyle birlikte peri ferik sinir ve kas hastalıklarında ilk patolojik EMG verileri değerlendirilmeye başlanmıştır. 1938'den itibaren önemli EMG verileri literatürde görülür olmuştur. Bunlar arasında Myasteniya Gravis için Linsley, spontan EMG aktiviteleri için Denny-Brown ve arkadaşları, peri ferik kas atrofilerinde istemli aktivite değişimleri için Buchthal ve supraspinal motor bozukluklardaki değişimler için Hofer sayılabilir (10). İkinci Dünya Savaşının yarattığı sinir kesisi vakalarının artması ve bu hastalarda EMG'nin tanı ve akıbetin değerlendirilmesindeki öneminin giderek anlaşılır hale gelmesi ve yine savaşı izleyen yıllarda elektronik endüstrisinin gelişmesi gibi nedenlerle kolayca uygulanabilir EMG cihazları geliştirilmiştir. (10).

Klinik EMG'nin dayandığı temel ilkeleri saptamada Buchthal ve Kugelberg'in büyük rolü olmuştur. 1944'de Berry ve arkadaşlarının hayvanlarda, 1948'de Hodes ve arkadaşlarının insanlarda yaptıkları motor sinir iletim çalışmalarından sonra sinir iletim tekniği klinik tanıda ki yerini almıştır (10,12). 1950'li yılların ortalarında sinir iletim teknikleri daha da gelişmiştir. 1954' de Dawson'un yüzük elektrotlarla ilk olarak saf duysal sinir uyarılma potansiyellerini kaydetmesinden sonra, yine 1956'da Dawson ve Scott'un elektriksel ortalama yöntemiyle karışık sinir iletim hızlarını tespit eden bir yöntemi geliştirmeleri ve bunun travmatik sinir lezyonlarındaki yararını göstermelerinden sonra klinik EMG'nin değeri birden bire artmıştır (10,13,16).

Daha sonraları 1958'de Gilliat ve Searsın, 1961'de Downie ve Newell, 1962'de Lambert yaptıkları çalışmalarla klinik EMG'nin gelişmesine önemli katkılarda bulunmuşlardır (16,17). 1960'lı yıllardan itibaren Avrupa ve Amerika'da birçok büyük hastane ve üniversite merkezlerinde klinik EMG laboratuvarları standart hale gelmiştir. Görüldüğü gibi sinir iletim çalışmalarının klinikte rutin kullanıma girmesi çok yeni olup, yaklaşık 30-40 yıllık bir geçmişi kapsamaktadır (18). Ülkemizde 1960'lardan itibaren klinikte rutin kullanıma girmeye başlamıştır.

B) PERİFERİK SINİR SİSTEMİNİN ANATOMİ VE FİZYOLOJİSİ

ANATOMİ:

Periferik sinir sistemi, Merkezi Sinir Sistemi (MSS) ile diğer dokular arasında karşılıklı olarak nöral uyarı taşıyan ve birçok önemli vücut işlevini düzenleyen karmaşık bir iletim sistemidir. İlk ikisi hariç kafa çiftleri, spinal kökler, pleksuslar ve periferik sinirler bu sistemin birer parçalarıdır (19,20).

KAFA ÇİFTLERİ (19): On iki adet kafa çifti vardır. Ancak optik ve olfaktor sinir santral sinir sisteminin bir uzantısı olarak kabul edilmekte ve periferik sinir kavramının dışında tutulmaktadır (1). Motor fonksiyona sahip kafa çiftleri, medulla spinalisin ön boynuz hücrelerinin karşılığı olan beyindeki motor çekirdeklerden orijin alırlar. Duysal kafa çiftleri ise, genellikle gangliyon şeklindeki beyin sapının dışındaki hücre kümelerinden başlarlar. kafa çiftlerinin bir kısmının parasempatik lifleri vardır (III, VII, IX, X). Bunlar beyindeki otonomik çekirdeklerden başlamaktadır.

I. Koku siniri (Olfaktor): Burun mukozasından başlar, olfaktor bulbus ve olfaktor traktus olarak frontal lobların alt yüzünde seyrederek primer olfaktor kortekste sonlanır. Koku almayı sağlar.

II. Görme siniri (Optik): Retinada ışığa duyarlı reseptörlerden başlar, papilladan sonra optik kiazmaya kadar optik sinir adını alır. Bir kısım lifler kiazmada çaprazlaştıktan sonra oksipital lobların iç yüzündeki görme merkezinde sonlanır.

III. Göz motor siniri (Okulomotor): Motor ve parasempatik lifleri vardır. Beyin sapından çıktıktan sonra sinüs kavernoza içinden geçerek orbitaya girer. Motor lifleri levator palpebra, rektus superior, rektus medialis, rektus inferior ve oblikus inferior kaslarını innerve ederken, parasempatik lifleri pupilla konstriktör kasını innerve eder.

IV. Troklear sinir: Beyin sapının arka yüzünden çıkar, sinüs kavernoza içinden geçerek orbitaya girer. Oblikus superior kasını innerve eder.

V. Trigeminus (üç başlı) siniri: Ponsun ön yüzünden iki kök halinde çıktıktan sonra semilunar (gasser) gangliyonuna varır, burada üç dala ayrılır Oftalmik, Maksiller ve Mandibular dallar. Motor lifleri çiğneme kaslarını innerve eder. Bu sinirin en önemli hastalığı Trigeminal nevralkjidir.

VI. Abdusens siniri: Beyin sapından çıktıktan sonra sinüs kavernoza içinden geçerek orbitaya girer ve rektus lateralis kasını innerve eder.

VII. Yüz siniri (Fasiyal): Beyin sapından çıktıktan sonra iç kulak yoluna girer, fallop kanalını geçerek stilomastoid foramenden yüze dağılır. Motor, parasempatik ve duysal liflerden oluşur. Motor lifleri yüzün mimik kasları olan frontal, orbikularis okuli ve orbikularis orise dallar verir. Parasempatik lifler dil altı ve çene altı bezlerinin tükrük salgılanmasını sağlar. Ayrıca dilin 2/3 ön kısmının tat duyasunu sağlar.

VIII. İşitme siniri (Akustik): Kohlear ve vestibuler sinirlerin bir araya gelmesinden oluşur. Kohlear sinir işitmeyle, vestibuler sinir dengeyle ilgilidir. Çekirdekleri beyin sapındadır.

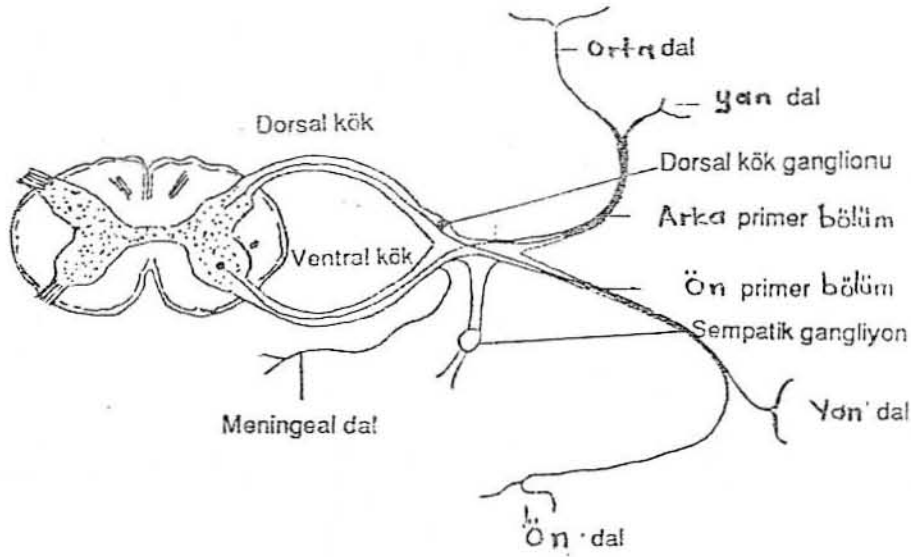
IX. Yutak siniri (Glossofaringeal): Kafatasını X. ve XI. Kafa çiftleri ile birlikte juguler foramen yoluyla terkeder. Motor, parasempatik ve duyu lifleri vardır. Parasempatik lifleri parotis bezini, duyu lifleri dilin 1/3 arka kısmının Tat duyasunu sağlar.

X. Vagus siniri: Çekirdeği beyin sapındadır. Motor, parasempatik ve duysal lifleri vardır.

XI. Aksesorius siniri: Sadece motor lifleri vardır. Trapez ve sternokleidomastoid kaslarını innerve eder.

XII. Dilaltı siniri (Hipoglossal): Çekirdeği beyin sapındadır, hipoglossal kanalla kafatasını terkederek motor lifleri ile dil kaslarını innerve eder.

SPİNAL SİNİRLER (19): Herbiri iki kökle medulla spinalisden çıkan 31 çift spinal sinir vardır. Arka kök duyu, ön kök motor lifleri taşır. Topografik olarak 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 1 koksigeal şeklinde dağılır. Spinal sinirler; motor, duyu ve otonomik liflerden oluşurlar.



Şekil 1: Spinal sinirin oluşumu ve dallanması (19)

Motor lifler ön boynuzdaki gri maddede lokalize olan büyük hücrelerden başlar, ön kökü oluşturduktan sonra periferik sinir içinde yol alarak iskelet kaslarında sonlanırlar. Duyu liflerinin hücre gövdeleri arka kök üzerindeki dorsal kök ganglionunda bulunur. Yerine göre, ya sempatik ya da parasempatik lifler periferik sinir yapısına katılarak iç organlara, salgı bezlerine, kan damarlarına ve düz kaslara dağılırlar.

Her bir spinal kök dura ve araknoidden oluşan bir kılıf içindedir. Kılıf özellikle gerilmeye karşı siniri korur. Arka kökteki dorsal kök ganglionunun hemen distalinde, ön ve arka kökler birleşir ve birde sempatik dal olarak spinal siniri oluştururlar. Spinal sinirler intervetebral foramenlerden çıkar çıkmaz ön ve arka dala ayrılır. Arka dallar sırt kaslarını ve derisini, ön dallar ise ekstremiteleri ve gövdenin ön ve yan yüzlerini innerve ederler. Servikal ve lumbosakral bölgede ön dallar birleşerek periferik sinirlerin çıktığı pleksusları oluştururlar.

Pleksuslardan çıkan periferik sinirlerin yapısında bir kaç seviyeden çıkan spinal sinirin ön dalından gelen lifler bulunur. Bir duysal kökün innerve ettiği deri alanına **dermatom** denir ve ait olduğu medulla spinalis segmentiyle tanımlanır. Aynı şekilde motor kök tarafından innerve edilen kas topluluğuna **miyotom** denir.

Servikal Sinirler: İlk dört servikal sinirin (C₁-C₄) anterior primer divizyonları servikal pleksusu, C₅-T₁ arasındaki anterior primer divizyonlarda brakial pleksusu oluşturur (19).

Brakial Pleksus (19): Boyun ile aksilla arasında uzanır. Kökler birleşerek gövdeleri (trunkus), gövdeler ayrılarak dalları (divizyon), dallar birleşerek kordları oluştururlar.

1- *Üst trunkus;* C₅ ve C₆ köklerinin birleşmesinden,

2- *Orta trunkus;* C₇'den,

3- *Alt trunkus;* C₈ ve T₁'in birleşmesinden oluşur. Her bir trunkus daha sonra ön ve arka divizyonlara ayrılır.

a) *Lateral kord;* üst ve orta trunkusun ön divizyonlarından oluşur.

b) *Medial kord;* alt trunkusun ön divizyonundan,

c) *Posterior kord;* alt trunkusun arka divizyonlarından oluşur.

Brakial pleksusdan çıkan periferik sinirler şunlardır;

1- *Muskülokutanöz sinir (C₅, C₆):* Brakial pleksusun lateral kordundan çıkar.

2- *Aksiller sinir (C₅, C₆):* Pleksusun arka kordundan çıkar.

3- *Radyal sinir (C₆₋₈, T₁):* Brakial pleksusun en büyük dalı olup, posterior kordun devamı şeklindedir.

4- *Median sinir (C₆₋₈, T₁):* Lateral ve Medial korddan gelen dalların birleşmesiyle oluşur.

5- *Ulnar sinir (C₈, T₁):* Brakial pleksusun medial kordunun en büyük dalıdır.

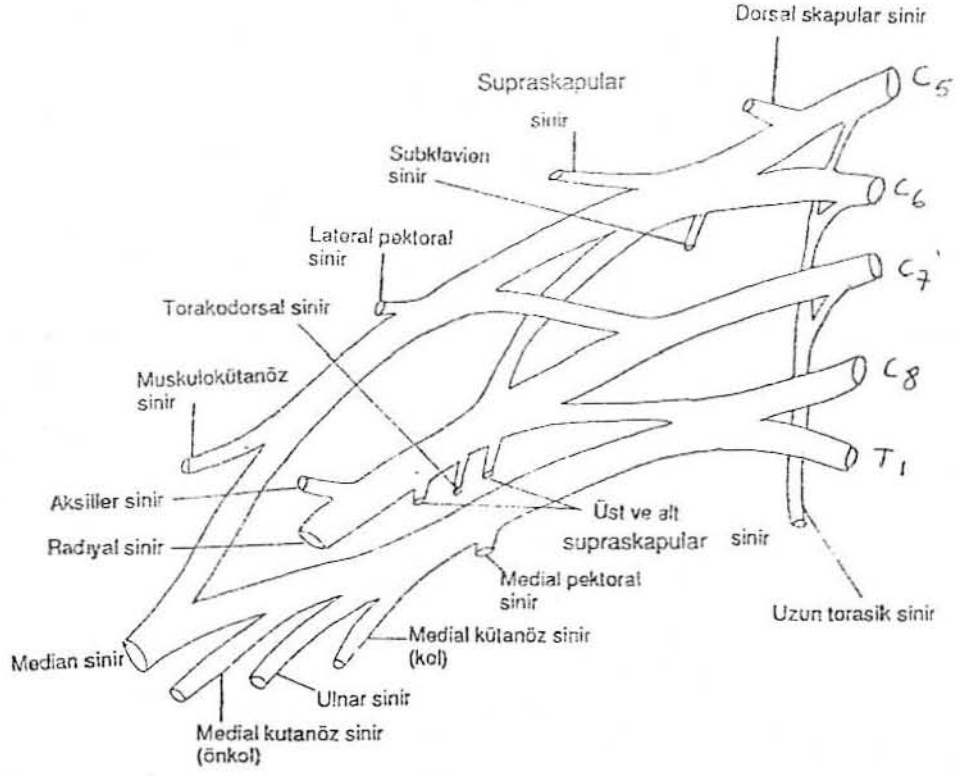
Lumbar Pleksus (19): Psoas kası içinde yer alır. Klinik açıdan önemli olan dalları şunlardır.

1- *N.Kutaneus Femoris Lateralis (L₂, L₃):* Duysal bir sinir olup, sıkışması sonucu gelişen tabloya **meraljiya parestetika** denir.

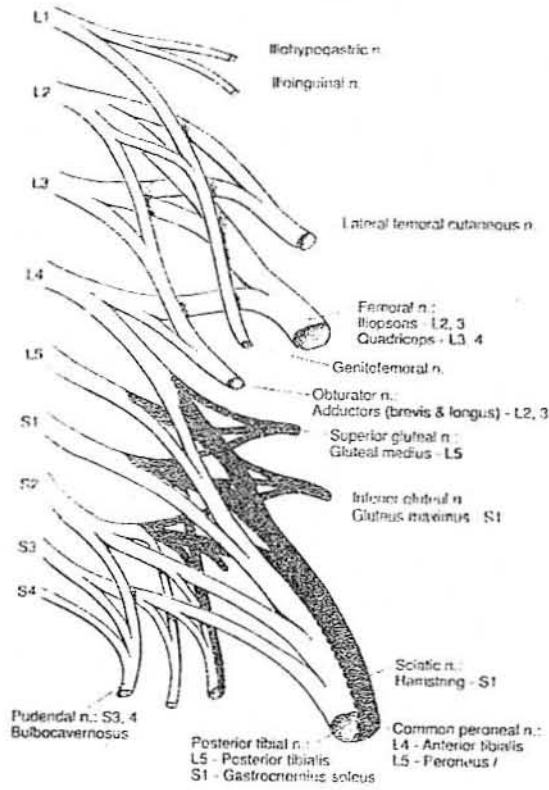
2- *Femoral sinir (L₂, L₄):* Lumbar pleksusun en büyük dalıdır.

3- *Obturator sinir (L₂, L₄)*

Sakral Pleksus (19): Pelvisin arka duvarında, priformis kasının karşısında yer alır. L₄-S₃ spinal sinirlerden meydana gelir. Sakral pleksusdan çıkan periferik sinirler şunlardır; Siyatik sinir (L₄₋₅, S₁₋₃), sakral pleksusun ana uç dalı olup, vücudun en kalın siniridir. Bir kılıf içinde komün peroneal ve tibial sinirlerden oluşur. Popliteada bu iki dal birbirinden ayrılır.



Şekil 2: Brakiyal pleksusun yapısı (19)



Şekil 3: Lumbo sakral pleksus un yapısı (21)

FİZYOLOJİ:

Sinir Hücresinin Yapısal Özellikleri

Bir hücre gövdesi, dentritler ve aksondan oluşan sinir hücresi sinir sisteminin en alt yapısal ve fonksiyonel birimini teşkil eder. Nöronun gövdesi beyinde, omurilikte veya onların dışındaki bir gangliyonda bulunur (19). Sinir hücreleri organizmanın içinden veya yakın çevresinden gelen bilgileri toplayan, önceden depoladığı bilgilerle karşılaştırarak iç ve dış çevre arasındaki uyumu sağlayan, sonunda organizma lehine olumlu bir efferent tepki veren, vücudun en gelişmiş ve en duyarlı hücreleridir. (22)

Hücre gövdesi; çekirdek, endoplazmik retikulum, nörofibriller, ribozomlar, Nissel cisimciği, mitokondriler, golgi opereyi, veziküller ve lizozomlardan oluşur. Dentritler ve sinir gövdesi 70-90 °A kalınlığında bir membran ile kaplanmıştır. Nöral membran seçici özelliği ile nöronun içi ile dış yüzü arasında belli bir elektrolit dengesi yaratarak istirahat membran potansiyelini oluşturur. Akson; bir kaç tabakadan oluşan protein-lipid yapısındaki miyelin kılıfla sarılır. Myelin kılıf sinir uçları ile Ranvier boğumları olarak bilinen yaklaşık 1 mm'lik periyodik parçalar dışında bütün aksonu sarar. Schwann hücreleri aksonu çok katmanlı hücre zarı şeklinde sararak miyelin kılıfını oluşturur. İki Ranvier boğumu arasındaki segmente "inter nodal segment" denir (19).

Myelin kılıf lipoprotein yapısı nedeniyle oldukça yüksek bir elektriksel dirence sahip olup aksonal membranı çok etkin bir şekilde izole eder. Bundan dolayı, aksonlarda iletim depolarizasyon dalgalarının bir ranvier boğumundan diğerine sıçramasıyla gerçekleşir (dalgalar halinde iletim). Aksonda uyarı iletim hızı aksonun çapına ve miyelin kılıfının kalınlığına bağlıdır. Akson çapı incelidikçe ve miyelin kılıfını kaybettikçe iletim hızı azalır (23). Meninklerden çıktıktan sonra, periferik sinirlerin çevresini bağ dokusu yapısındaki kılıflar sarar. En dıştaki kılıfa epinöriyum denir. Sinir, fasikulus denen değişik çapta ve sayıda demetler içerir. Fasikulusların etrafını saran kılıf perinöriyumdur. Perinöriyumun altındaki kılıfa endonöriyum denir. Periferik sinir, innerve edeceği kas, deri ve organlara kadar bu temel yapıyı korur (19).

Periferik Sinir Gövdesinin Yapısı (19):

Periferik sinir gövdesi bir çok sinir liflerinden meydana gelmiştir. Bu lifler fonksiyonel olarak 3 ana gruba ayrılırlar:

1- Motor (efferent) lifler; hücre gövdeleri omurilik ve beyin sapının gri maddesinde bulunan motor lifler istemli kas aktivitesini kontrol eden merkezi sinir sisteminden çıkan uyarıları iskelet kaslarına iletir.

2- *Duyu (afferent) lifler*; hücre gövdeleri arka kök gangliyonunda yer alır. Deri, kas, özel duyu organları ve benzeri yerlerden çıkan impulsları, duyu olarak yorumlandıkları MSS'ne taşırlar.

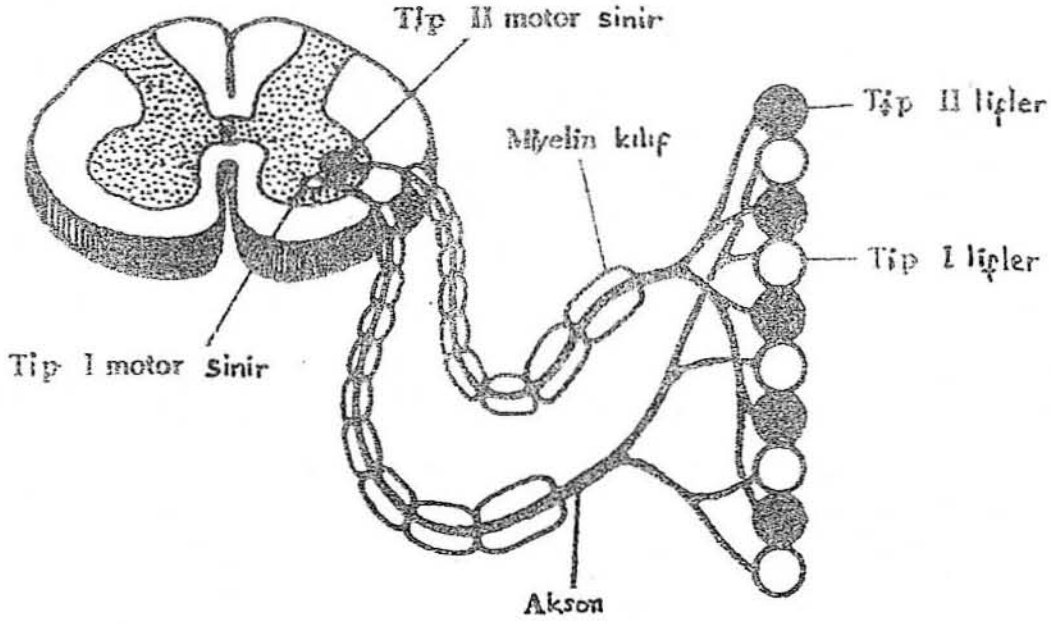
3- *Otonomik lifler*; fonksiyonel olarak efferent olup, düz kaslar, glandüler aktiviteler ve bazı trofik fonksiyonlarda rol alırlar.

İnsan periferik sinirlerin içinde iki temel tipte sinir lifi bulunur (10):

1- *Myelinli lifler*; daha geniş çaplıdır (1-20 mikron) "A lifleri" de denir. Kendi aralarında ayrıca sub gruplara ayrılmıştır (alfa, beta ve delta). "A alfa lifleri" en geniş çaplı ve en hızlı ileten miyelinli sinir lifleri iken, "A delta lifleri" en küçük çaplı ve en yavaş ileten liflerdir.

2- *Myelinsiz lifler*; Yalnızca sinir aksonundan oluşurlar.Çapları küçük olup (0,2-2 mikron), yavaş iletirler. Myelinsiz liflere "C lifleri" de denir. Sinir gövdesinde 2/3 oranında miyelinli lifler bulunur. Literatürde sıklıkla kullanılan bir diğer sınıflamada duyu lifleri ve kas efferent sinirlerini içine alır. Duyu lifleri grub I, II, III ve IV diye adlandırılır. Grub I sinir lifleri en geniş çaplı ve en hızlı iletenlerdir. Grub III sinir lifleri ise en yavaş ileten miyelinli lif grubunu oluşturur. Efferent motor lifleri ise temelde iki gruba ayrılırlar (alfa ve gamma lifleri). Alfa efferent lifler spinal Alfa motor nöronların aksonal uzantıları olup, çok hızlı iletirler. Gamma efferent lifler ise ön boynuzdaki Gamma motor nöronların aksonal uzantıları olup, çizgili kasların gerilmesini ayarlar. Klinik ve elektrofizyolojik açıdan ise sinir liflerini; motor, duysal ve refleks lifler olarak 3 gruba ayırmak mümkündür. Motor lifler, kaslara giden Alfa-efferentlerdir. Duysal lifler ise, başlıca deri,deri altı ve eklemlerden gelen grub II ve III afferent liflerdir. Refleks liflerini ise başlıca grub IA-kas ve grub IB-tendon afferent lifleri yapar.

Motor Ünite: Bir motor nöronun aksonlarıyla birlikte innerve ettiği kas liflerinden oluşan yapılar "Motor ünite" denir. Motor Ünite kısaca, sinir sisteminin anatomofizyolojik birimidir. Medulla spinalisin alfa motor nöronlarından uyarı sonucu bir impuls başladığı zaman, impuls o motor nöronun aksonu boyunca ilerler ve kas içindeki akson dallanmalarından geçerek kendine ait çizgili kas liflerinin motor-son plaklarında bir seri elektroşimik olaylar dizisini başlattıktan sonra kas liflerinin membranı boyunca ilerler ve sonunda kas lifleri eksite olur. Böylece o motor ünitee ait bireysel kas liflerinin elektriki aktivitesinin toplamına "Uyarılma potansiyeli" ya da "Motor Ünite" potansiyeli denir. Açığa çıkan bu potansiyel, EMG'de başlangıç pozitif sapsmalı genellikle iki fazlı yada üç fazlı bir dalga şeklinde kaydedilir (10,24).



Şekil 4: Motor Ünite (24)

Sinir Uyarımı ve İletim

Sinir lifleri üç farklı yöntemle uyarılabilir;

1- Kimyasal uyarma, 2- Mekanik uyarma, 3- Elektriksel uyarma. Motor ünite "ya hep yada hiç" kanununa göre uyarılır. Hücrelerin uyarılma eşiği düzeyinde bir uyarı sinir lifine gelince açığa çıkan eksitasyon sonucu normalde bir çok hücrenin iç ve dış arasındaki elektriksel potansiyel farkından ileri gelen istirahat membran potansiyelinde bazı değişiklikler ortaya çıkar. Bu eksitasyonun açığa çıkarılmasında eksite edici akımın hem şiddeti hem de süresi önemlidir. Bu ilişki şiddet-zaman eğrisiyle ifade edilir.

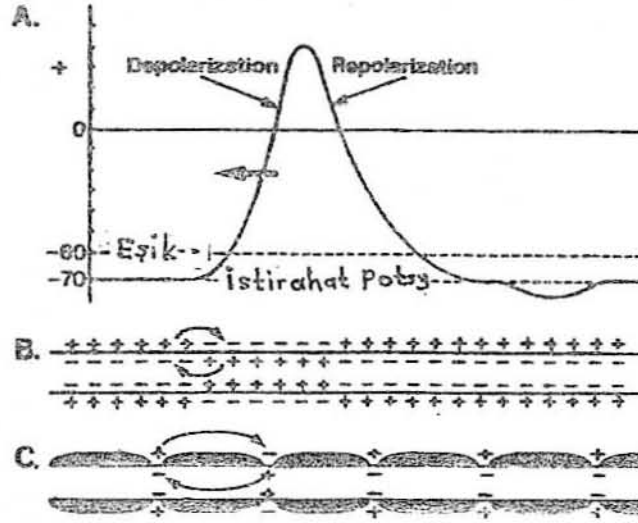
Normalde sinir lifinde istirahat membran potansiyeli ortalama $[(-70)-(-85)]$ mV, kasda ise $[(-80)-(-90)]$ mV dur. Bunu sağlayan başta K^+ iyon farklılığıdır. Kas veya sinir hücre membranı uyarıldığı zaman o bölgedeki hücrenin istirahat membran potansiyeli kritik eşik olan -30 ya da -50 mV'a kadar düşer ve hücre membranının iyonlara olan geçirgenliğinde önemli değişiklikler ortaya çıkar. Normalde hücre membranının dışı hücre içine göre daha pozitifdir. Çünkü hücre membranı dışında Na^+ ve Cl^- iyonları daha yüksek, hücre içinde ise K^+ iyonları ve organik iyonlar daha yüksek konsantrasyondadır. Bu denge, membran geçirgenliğindeki seçicilik ve "elektrojenik aktif sodyum pompası" ile sürekli olarak korunur. Membranın

istirahatteki K^+ 'a olan geçirgenliği Na^+ 'dan çok daha fazladır. Sinir ya da kas hücre membranı herhangi bir şekilde uyarıldığı zaman zarın Na^+ ve K^+ iyonlarına olan geçirgenliği hızla değişir. İlk olay Na^+ geçirgenliğinin 5000 kat artmasıdır. Ekstrasellüler sıvıda bol miktarda olan Na^+ iyonları, voltaj bağımlı sodyum kanallarının açılmasıyla hızla intrasellüler alana geçer. Neticede hücre içindeki negatif potansiyel hızla pozitifleşir. Buna ters membran potansiyeli denir, yaklaşık +45 mV dur. Yaklaşık 1 milisaniye (ms) sonra Na^+ kanalları hızla kapanır. Ardından voltaj kapılı K^+ kanallarının açılmasıyla K^+ iyonları hücre dışına akar ve daha sonra K^+ kanallarında hızla kapanır. Üçüncü bir olay olarak daha sonra Sodyum-potasyum pompası sayesinde aktif transport olayı başlar. Aktif transportla hücre içinde artan Na^+ hücre dışına, hücre dışındaki K^+ ise hücre içine alınır. Böylece hücre içinde yeniden bir negatiflik oluşarak hücre membranı tekrar istirahatteki durumuna döner. Bu olaylar sırasında Cl^- iyonları hücre zarının her iki yanında açığa çıkan elektriksel potansiyel fark altında hareket eder. Mg^{++} iyonlarının durumu K^+ iyonlarının durumuna, Ca^{++} iyonlarının durumu ise Na^+ iyonlarının durumuna bağlıdır. Hücre dışı Ca^{++} 'da azalma sinir ve kas hücrelerinin uyarılabilmesini artırırken, aksine hücre dışı Ca^{++} 'daki bir artış ise uyarılabilmeyi azaltarak "membranı stabilize eder". Ca^{++} , normalde hücre membranının Na^+ 'a olan geçirgenliğini azaltır. Ca^{++} azalınca hücre membranının Na^+ 'a olan geçirgenliğinin artması sonucu hücre eksite olur. Ekstrasellüler sıvıdaki K^+ iyonlarının azalmasında membranda hiper polarizasyona yol açmak suretiyle membran uyarılabilmesini azaltır (Famılyal periyodik paralizde olduğu gibi).

Oluşan uyarılma potansiyeli uyarılan bölgeden başlayarak her iki yönde, hatta sinir lifinin bütün dalları boyunca membran tümüyle depolarize oluncaya kadar yayılır. Yayılma, depolarize alanla istirahat halindeki alanlar arasında lokal akımlar oluşması şeklindedir. Uyarıların sinir yada kaslar boyunca yayılması; bir uyarının zamansal ve yöresel olarak ikinci bir uyarı tarafından izlenmesi ile oluşur. Bu iletme impuls denmektedir. Uyarı dalgasının aksondan aşağı geçtiği hızada impuls iletim hızı denir (2,10,19,24-28).

Ya Hep Ya Hiç İlkesi: Bir sinir lifinde uyarı iletimi bu ilkeye göre gerçekleşir. Bazen uyarılma potansiyeli bir noktaya ulaştığında membranda komşu bölgeleri uyarmaya yeterli voltajı yaratamaz. Bu durum da depolarizasyon dalgasının yayılması duraklar. İşte bu nedenle uyarının normal yayılabilmesi için gereken uyarılma potansiyeli amplitüdü ile eşik değer amplitüdü arasındaki oranı belirten "güvenlik faktörü" nün her noktada daima birden büyük olması gerekir (27). Sinir lifinde depolarizasyonun başladığı noktada 1 ms'nin onda biri kadar kısa bir süre sonra repolarizasyon dalgası yayılmaya başlar. Kısa bir refraktör dönemden hemen

istirahat konumuna dönüş gerçekleşir. Mutlak refraktör dönemde ne şiddetle olursa olsun hiç bir uyarı hücreyi uyartamaz (28,29).



Şekil 5: Uyarılma potansiyelinin fazları ve yayılımı (24)

Uyarılma potansiyelinin yayılma mekanizması miyelinli ve miyelinsiz sinir liflerinde bir birinden farklıdır. Myelinli liflerde iyon akımının sadece ranvier boğumlarında olup, inter nodal alanlarda elektrik akımının olmaması nedeniyle iletim bir ranvier nodundan ötekine "sıçrayıcı" (saltatuvar) tarzda olurken, miyelinsiz liflerde "lokal dairesel" tarzda olur. Bu nedenle, miyelinli sinir liflerinde iletim, miyelinsiz liflere ve kas liflerine göre daha hızlıdır. Ayrıca miyelinli liflerde lif çapı arttıkça, iletim hızı da doğru orantılı olarak artar (19,24).

Nöromuskuler İletim

İskelet kasları kalın ve miyelinli sinir lifleri tarafından innerve edilir. Bir motor sinirin bir iskelet kası üzerinde sonlandığı özelleşmiş alana nöromuskuler kavşak ya da motor sonplak adı verilir. Sinir-kas ünitesinde presinaptik terminalde asetil kolin transferaz enzimi aracılığıyla, kolin ve asetik asidden bir eksitator nörotransmitter olan asetil kolin sentezlenerek sinaptik vesiküller içinde depolanır. Nöromuskuler bir uyarı geldiğinde sinaptik aralıktaki voltaj kapılı kalsiyum kanallarının açılmasıyla açığa çıkan kalsiyum iyonları, asetil kolinin sinaptik vesiküllerden sinaptik aralığa geçmesine neden olur. Asetil kolin salınımı için kalsiyum iyonunun varlığı esastır. Magnezyum iyonları ise kalsiyum iyonlarının tam tersi etki yapar. Sinaptik aralığa geçen asetil kolin daha sonra postsinaptik membran üzerindeki nikotinic asetil

kolin reseptörlerine bağlanır ve çok kısa bir süre sonra kas lifi membranını eksite ederek sinaptik bölgede "Minyatür son plak potansiyeli" denen bir potansiyel değişime neden olur. Bu eşik değeri aşan elektriksel uyarılar "Son plak potansiyelini" ortaya çıkarırlar. Son plak potansiyelinin başlamasından sonra, kas lifi uyarılarak açığa çıkan uyarılma potansiyeli kas lifi boyunca her iki yöne doğru ilerler. Çok kısa bir süre sonra ortamdaki asetil kolin, asetil kolin esteraz enzimiyle kolin ve asetik asite parçalanır (10,24,27-29).

C- SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARINA GENEL BAKIŞ

Zaman zaman sinir iletim çalışmalarıyla, genel bir terim olan EMG terimi eşanlamlı olarak kullanılırlar. Aslında EMG terimi kas dokusunun iğne elektrodlarla elektriki aktivitesinin ölçümünü ifade eder. Basit sinir iletim çalışması ve uyarılabilme (uyarılabilme) testleri aşağıdaki işlemlerin tamamını kapsar (30).

- İğne EMG
- Sinir iletim çalışmaları (SİÇ)
- Repetitiv (ardarda) uyarım testi
- Tek lif EMG
- Somatoduysal uyarılmış potansiyeller (SEP)
- Motor uyarılmış potansiyeller (MEP)

Sonuç olarak sinir iletim testleri ile hem santral hem de periferik sinir sisteminin motor ve duyu fizyolojisi hakkında fikir edinilir. Bu testler arasında en yaygın olarak kullanılan sinir iletim çalışmaları SİÇ ve EMG'dir (7). Zaten günümüzde sinir iletim çalışmaları denince ağırlıklı olarak SİÇ ve iğne EMG akla gelmektedir. Aslında her iki tekniğide içeren elektronöromyografi (ENMG) teriminin kullanılması daha yerinde olacaktır.

Klinikte, sinir iletim çalışmaları için ENMG laboratuvarlarına gönderilen hastaların büyük bir kısmını ağrı, hissizlik, güçsüzlük ve kas erimesi yakınmaları olan hastalar oluşturur. Bu hastalar ENMG laboratuvarlarına genellikle fiziyatristler, ortopedistler, nörologlar, beyin cerrahları ve romatologlar tarafından çeşitli nöromuskuler hastalıkların tanısı, ayrıca tanısı, şiddeti, prognozu ve tedavi protokollerinin belirlenmesi amacıyla gönderilirler. ENMG laboratuvarlarına gönderilen hastaların büyük bir kısmını periferik nöropatili hastalar oluşturur. ENMG'nin, nöromuskuler hastalıkların tanı ve tedavisinde deneyimli olan, sadece

elektrodiagnostik tıpta çalışmış ve özel nörofözyolojik teknikleri uygulayabilecek uzman hekimler tarafından yapılması gerekir.

Elektrodiagnostik çalışmaların önemli bir kısmını teşkil eden SİÇ'nin klinikte en çok kullanıldığı alanlar şunlardır (1,9,30-34);

- Polinöropati ve mononöropatilerin tanısında,
- Tuzak ve basınç nöropatilerinin lokalizasyonunun saptanmasında,
- Periferik sinir hastalıklarının kavşak ve kas hastalıklarından ayırt edilmesinde,
- Genetik nöropati vakalarında (örn: Charcot-Marie Tooth hast.) genetik danışmanlık amacıyla,
- Periferik nöropatilerin tipinin, şiddetinin, süresinin, prognozunun ve tedaviye yanıtının değerlendirilmesinde,
- Elektrofizyolojik incelemeler ayrıca değerlendirme, program yapma ve izleme aşamalarında rehabilitasyon çalışmalarında da kullanılırlar.

Sinir iletim çalışmaları bir nöropatinin varlığını ve hatta fizyopatolojik yapısını ortaya koyabilmesine rağmen, nöropatinin etyolojisini belirleyemez ve herhangi bir hastalık için tek başına tanı koydurucu olamaz (31,33). O nedenle ENMG bir laboratuvar işleminden çok, nörolojik muayenenin bir devamı olarak düşünülmeli ve hastanın yaşı, cinsiyeti, anamnezi, fizik muayene ve laboratuvar bulguları göz önünde bulundurularak planlanmalı ve yorumlanmalıdır (1,7,32).

I- SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARININ ENDİKASYONLARI VE TAVSİYE EDİLEN İŞLEMLER

1-Radikülopatilerin tanısı ve lezyonun yerinin belirlenmesi; sinir iletim çalışmaları, iğne EMG ve uyarılmış potansiyeller arasında iğne EMG ve geç yanıtlar tanıda en çok kullanılan çalışmalardır(1,7,35-38).Sinir iletim çalışmalarının radikülopatilerin tanısında ve lezyonun yerinin belirlemesinde sensitivite ve spesifitesinin myelografiyle aynı, komputere tomografiden ise daha fazla olduğu ileri sürülmektedir (39). Diabetik poliradikülopatilerin tanısında en değerli diagnostik test iğne EMG'dir (35).

2-Periferik nöropatilerin tanı ve takibi; özellikle sinir iletim çalışmaları, Somatoduysal Evoked Potansiyeller (SEP) ve iğne EMG kullanılır (1,9,10,35,37,40).

3-Pleksus lezyonlarının anatomik lokalizasyonlarının ve prognozunun saptanmasında; iğne EMG ve SEP'ler tanıda oldukça yardımcıdır. Pleksus lezyonlarının erken dönem tanısında

SEP, iğne EMG'den daha çok yardımcıdır. Ayrıca sinir iletim çalışmalarında tanıda yardımcıdır (40).

4- *Travmatik sinir injurilerinin tanısı, lokalizasyonunun ve prognozunun belirlenmesi ve takibinde;* özellikle erken dönemde sinir uyarılabilme (uyarıla bilme) testi tanıda oldukça yardımcıdır (29,33,37). Geç dönemlerde ise diğer sinir iletim çalışmaları ve iğne EMG prognoz tayininde yardımcı olur (41).

5- *Karpal tunel sendromu (CTS) ve diğer tuzak nöropatilerinin tanısında ve prognoz tayininde;* CTS'da avuç içi-bilek segmentinde yapılan özellikle duysal sinir iletim çalışmaları tanıda oldukça yardımcıdır (1,10,18,29,38,42-45).

6- *Spinal stenoz;* en yararlı test dermatomal SEP'dir (46).

7- *Multipl skleroz ve diğer diffüz demiyelinizasyon yapan hastalıklar;* multipl sklerozda, dermatomal SEP ve VEP (Vizual Evoked potansiyeller) tanıda en çok başvurulan testlerdir (7,47).

8-*Ön boynuz hücresi hastalıkları (örn. Amiyotrofik lateral skleroz);* MEP ve iğne EMG tanıda yardımcıdır.

9-*Nöromusküler kavşak hastalıklarının tanısı;* özellikle Miyasteniya Gravis ve Miyastenik sendromun ayırıcı tanısında tek lif EMG ve ardarda uyarı testleri oldukça duyarlıdır (1,7,33,48-50).

10-*Poliradikülönöropatiler (örn. Guillain-Barre Sendromu);* sinir iletim çalışmaları ve geç yanıtlar ile iğne EMG tanıda oldukça yardımcıdır (1,7,10,37).

11-*Pleksus lezyonları ve kök avulsiyonunun ayırıcı tanısı;* özellikle duysal sinir iletim çalışmaları daha duyarlıdır. Ayrıca geç yanıtlar ve SEP çalışması da tanıda yardımcıdır (37,42).

12-*Nörojenik ve Non nörojenik Torasik-outlet sendromunun ayırıcı tanısı;* sinir iletim çalışmaları ve geç yanıtlar (F dalgası) ve SEP yardımcı olur (38,42,51).

13-*Nörojenik ve Miyojenik hastalıkların ayırıcı tanısı;* özellikle iğne EMG çok yardımcıdır (41).

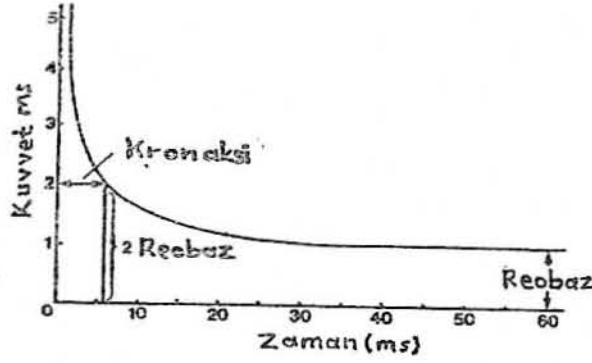
14- *Miyopatilerin ayırıcı tanısı;* özellikle iğne EMG yardımcıdır.

15- *Periferik fasiyal paralizi (Bell paralizi) tanı ve prognozunun saptanması;* sinir uyarma testi ve motor distal latens ölçümü oldukça yararlıdır (42).

II- BASİT SİNİR UYARMA TESTİ VE TANIDAKİ ÖNEMİ

Reobaz: Elektrik uyarı süresi sonsuzda iken (yeter derecede bir sürede), adale liflerini uyarmaya yeterli olan minimal akım şiddetine reobaz denir ve eşik değer olarak kabul edilmektedir (24,27,29).

Kronaksi: Reobazın iki misli şiddetindeki bir akım şiddetiyle, adale liflerini uyaran akımın geçit süresine kronaksi denilir. Kronaksi çeşitli uyarılabilir dokuların rölatif uyarılabilirliğini belirtmek için çok kullanılan bir ölçüdür. Örneğin kalın, miyelinli bir A lifinin kronaksisi, ince miyelinsiz bir lifden daha küçüktür (24,29). Adalede yanıt oluşturacak akım şiddeti ve süresi ters ilişki göstermektedir. Bu değerler karşılaştırılarak hazırlanan eğriye kuvvet-zaman eğrisi denir. Kronaksi kuvvet zaman eğrisi üzerinde bir noktadır (29). Kasın reobaz ve kronaksisi sinirinkinden daha büyüktür (52).



Şekil 6: Kuvvet-zaman eğrisi (24)

Sinir Uyarma Testi: Periferik sinirlerin elektriksel olarak uyarılmasını kantitatif olarak ölçen bir testtir. Periferik sinir injurilerinin tanısında ve periferik fasiyal paralizinin prognozunun belirlenmesinde kullanılır (33).

III- SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARI VE GEÇ YANITLAR

Sinir iletimi çalışmalarında uyulması gereken genel kurallar:

1- İşleme başlamadan önce hastaya niçin yapıldığı, bir miktar ağrı duyabileceği önceden söylenmeli ve hastanın anksiyetesi giderilmelidir. Böylece hastanın ağrıyı daha iyi tolere etmesi sağlanır (10,32). Yemek, egzersiz gibi rutin aktiviteler testi etkilemez. Hasta testten sonra günlük rutin aktivitelerine dönebilir (7).

2- İncelenecek ekstremiteler gevşemiş ve hasta rahat bir pozisyon da olmalıdır (6,32).

3- Cilt ısı ölçülmelidir, incelenen ekstremiteler soğuksa bir ısıtıcı ile 32 °C'ye kadar ısıtılmalıdır. Doğru veri elde etmek için bu gereklidir. (1,10,32)

4- Cilt direncini azaltmak amacıyla iletken jeller kullanılmalı, cilt alkol ile silinmeli ve elektrodlar deriye iyice fiks edilmelidir (6,10,29,32).

5- Muhtemel bir elektrik kaçağını önlemek ve uyarı artefaktlarını minimuma indirmek için uyarıcı ve kaydedici elektrodlar arasına toprak elektrod yerleştirilmelidir (10).

6- Kas ya da sinirde yeterli yanıtı oluşturacak supramaksimal uyarı, en kısa sürede ve en düşük şiddette verilmelidir (10,32).

7- Başlangıçta EMG cihazındaki önceden belirlenmiş standart setler kullanılır gerekirse, sonradan değişiklikler yapılır. Ayrıca sinir iletim çalışmasının tipi işlem sırasında elde edilen yeni bilgilere göre her an değiştirilebilir (37).

Üç çeşit sinir iletim çalışması vardır (32);

1- Motor sinir iletim çalışmaları

2- Duyusal sinir iletim çalışmaları

3- Karışık sinir iletim çalışmaları

1- Motor Sinir İletim Çalışmaları

Motor sinir gövdesi proksimal bir noktadan uyarılarak sinirin innerve ettiği distal kaslardan bileşik kas uyarılma potansiyellerinin (BKUP) kaydedilmesi esasına dayanır (1). Motor sinir uyarımında hem yüzeysel, hem iğne elektrodlar kullanılabilir (29). Unipolar uyarımda katod (aktif elektrod) sinirin anatomik seyrine uygun bir noktaya yerleştirilir, anod (referans elektrod) ise sinirden uzak bir bölgeye yerleştirilir (10).

Bipolar uyarımda ise hem anod hem de katot aralarında 3 cm mesafe ve anod proksimalde, katod distalde olacak şekilde sinir gövdesi üzerine yerleştirilir. Motor sinirlerin uyarımı için pratikte en fazla bipolar yüzeysel elektrodlar kullanılır. Ancak anatomik olarak birbirine çok yakın seyreden sinirlerin uyarımında iğne elektrodlar daha fazla tercih edilir (10).

Bipolar uyarım tekniği unipolar uyarımdan daha üstündür, çünkü bipolar uyarımda anod ve katod arasındaki mesafe daha kısa olduğu için daha lokalize bir uyarım sağlanır ve dolayısıyla ölçüm hataları, unipolar uyarım tekniğine göre daha az görülür. Buna karşılık unipolar uyarım tekniğiyle, periferik sinirler daha kolay ve daha düşük eşikte uyarılabilir. Motor sinir iletim çalışmalarında kayıtlama da aynı şekilde yüzeysel yada iğne elektrodlarla yapılabilir. Yüzeysel kayıtlamayla, ilgili kasın bütün liflerine ait aktivasyonun toplamı kaydedildiğinden M yanıtının amplitüd, süre ve şekil özellikleri daha ayrıntılı olarak incelenebilir (10).

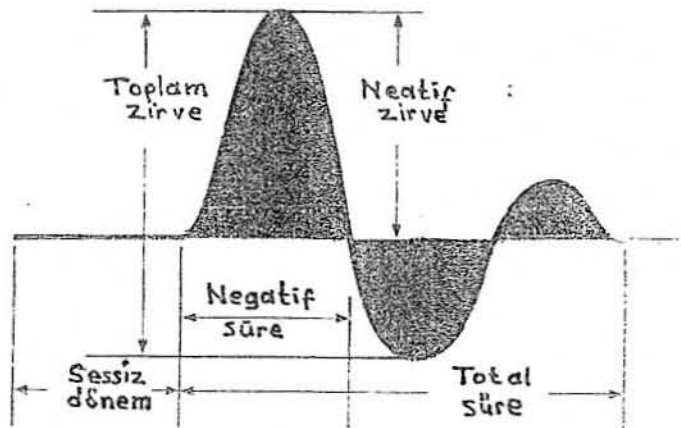
Motor sinir iletim çalışmalarında, motor sinirin iletim hızı, distal latansı, BKUP amplitüdü, şekli ve süresi (süresi) incelenir. Bu veriler ile motor aksonların miyelinizasyonu, kavşak fonksiyonları ve işlev gören kas liflerinin miktarı hakkında bilgi edinilir (10,32).

Distal Latans (DL); periferik sinirin ulaşılabilen en distal noktasından uyarılmasıyla elde edilen uyarılma potansiyelinin başlangıç sapmasına (sapmasına) kadar geçen süre 'distal latans olarak ifade edilir. DL, genellikle standart bir mesafeden ölçülür ve milisaniye (ms) olarak ifade edilir. DL ölçümü için motor liflerde uyarılmış potansiyelin ilk sapma noktası, duyu liflerinde ise negatif tepe (pik) noktası kullanılır (1,31). DL, kabaca sinirin distal segmentindeki ortalama iletim hızıdır. DL, basınç yada tuzak nöropatilerine bağlı lokal iletim yavaşlamasının saptanmasında önemli parametrelerden biridir (31).

BKUP'nin şekli;iki yada üç fazlıdır. Ancak insanların yaklaşık %20'sinde polifazik olabilir (10).

BKUP'nin süresi; BKUP'in izoelektrik hattın ilk saptığı başlangıç noktası ile tekrar izoelektrik hatta döndüğü bitiş noktası arasındaki mesafeyi kapsar. Kalın çaplı motor sinir liflerinin iletim hızı ile ilişkili olup milisaniye (ms) olarak ifade edilir (1).

BKUP'nin amplitüdü; kabaca sinir uyarısına cevap veren kas liflerinin sayısı ve yoğunluğu ile orantılıdır (1). BKUP amplitüdü bazı EMG laboratuvarlarında her iki zirve noktasından (peak-to-peak) ölçülürken, bazılarında ise negatif zirve noktası ile bazal çizgi arasında (negatif zirve amplitüd) ölçülür (31). Normal erişkinlerde median ve ulnar sinir el kaslarında BKUP amplitüdü 6-20 milivolt (mV) arasında değişir (1,29).



Şekil 7: BKUP'nin bileşenleri (32)

Sinir İletim Hızı (SİH): motor SİH ölçümü için motor sinir proksimal ve distal noktalardan supramaksimal olarak uyarıldıktan sonra her iki noktadan kaydedilen kas uyarılma potansiyellerinin latans farkından iletim zamanı hesaplanır. Daha sonra, iletim zamanı her iki uyarı noktası arasındaki mesafeye bölünerek motor SİH ölçülür.

$$\text{SİH} = \frac{\text{Her iki uyarı noktası arasındaki mesafe (mm)}}{\text{İletim zamanı (ms)}}$$

Mesafe ölçümü; ekstremitenin tam olarak uyarı uygulandığı sıradaki pozisyonunda yapılmalıdır. Anatomik olarak kıvrımlı seyreden sinirlerde mesafe ölçümü obstetrikte kullanılan pelvimetrelerle yapılmalıdır (29,31,34,53). Motor ve duyu sinirlerinin iletim hızı, miyelinli aksonların iletim hızı olup, kural olarak en hızlı ileten lifler iletim hızını belirler (31,54). SİH, genel olarak akson çapı ve miyelinizasyon durumu ile yakından ilişkilidir. İletim hızı, kalın ve miyelinli liflerde daha hızlıdır (1,55). Normal erişkin bir insanın periferik sinirlerinde maksimal çaplı motor liflerdeki iletim hızı ortalama 40-60 m/s arasında değişir. Normal SİH sinirden sinire değişmekle birlikte genellikle kolda 50-55 m/s, bacakta 42-47 m/s dir (56). Motor SİH'ı azalmış diyebilmek için o motor sinirin hızlı ileten en büyük çaplı liflerinin %75'inin kaybı gerekir. Normalde sinir iletim hızı; yaşa, boya, cilt ısısına, farklı sinir segmentlerine göre ve sinirden sinire farklılıklar gösterir (33).

2- Duysal Sinir İletim Çalışmaları:

Duysal SİÇ'i, motor SİÇ'a göre teknik olarak daha güçtür ve daha titiz bir çalışmayı gerektirir. Ancak periferik sinir iletim bozukluklarının ortaya çıkarılmasında motor iletim tekniğine göre çok daha duyarlıdır (10).

Duysal iletim çalışması genel olarak üç şekilde yapılır (10,32);

- a) Ortodromik teknik
- b) Antidromik teknik
- c) Karışık sinir iletim tekniği

Pratikte daha çok ortodromik yada antidromik teknikler kullanılır (33,53,57).

Bütün yöntemlerin esası, bir noktadan sinir gövdesinin uyarılarak uyarılan duysal sinir lifi demetlerinin uyarılmasının toplamını (duysal sinir uyarılma potansiyelini) sinirin bir başka noktasından kaydetme esasına dayanır (1,10). Ortodromik iletimde, uyarı duysal sinirlerde

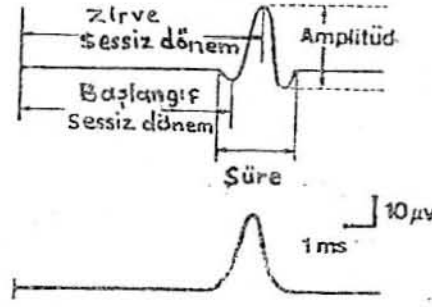
fizyolojik yönde yani distalden proksimale doğru ilerlerken, motor sinirlerde proksimalden distale doğru ilerlerler. Antidromik iletimde ise tam tersi söz konusudur (1,28).

a) Ortodromik teknik:

Uyarı distalden verilir, proksimalden kaydedilir (1,10,29,31). El parmaklarındaki saf duysal interdigital sinir lifleri genellikle kurşun yada gümüşten yapılmış yüzük şeklindeki bir çift yüzeyel elektrodla uyarılır. Katod (aktif elektrod), metakarpofalangial eklem üzerine, anod (referans elektrod) ise yaklaşık 2 cm daha distale gelecek şekilde parmağa sıkıca sarılır. Kaydedici ve uyarıcı elektrodlar arasına toprak elektrodu yerleştirilir. Uyarılar supramaksimal şiddetle (kaydedilen duysal sinir uyarılma potansiyelini stabil ve değişmeyen bir hacim içinde ortaya çıkaran elektrik şok şiddeti) verilir. Duysal sinir iletim çalışmalarında verilen supramaksimal elektrik şok miktarı motor sinirlerde kullanılanlara göre daha fazla olduğundan, (40-60 mA), işlem sırasında kişi daha fazla bir rahatsızlık duyabilir. Kayıtlama, proksimalde incelenecek sinir üzerine yerleştirilen yüzeyel yada iğne elektrodlarla yapılır. Kayıtlamada, aktif olan iğne elektrod sinire yakın yerleştirilirken, diğeri aynı horizontal hat üzerinde aralarında 3 cm mesafe olacak şekilde yanal olarak yerleştirilir. Yüzeyel elektrodlarla kayıtlama yapılacaksa, elektrodlar sinir gövdesi üzerine aralarında en az 3 cm mesafe olacak şekilde bipolar olarak yerleştirilir. Ancak kayıtlama yüzeyel elektrodlarla yapıldığında ölçümün duyarlılığı azalır çünkü yüzey elektrodlarla küçük amplitüdü duysal sinir uyarılma potansiyelleri (DSUP) kaydedilemez. Oysa iğne elektrodlarla kaydedilen DSUP'lerin amplitüdü yaklaşık 3 kat daha büyüktür. Rutin kullanımda bipolar yüzey elektrodlarla kayıtlama, daha süratli ve daha kolay uygulanma üstünlüğü taşıdığından daha çok tercih edilir (10,16,58). Amerika ve İngiltere'de duysal sinir iletim çalışmalarında kaydedici elektrod olarak bugün halâ yüzeyel elektrodlar tercih edilmektedir. Ancak duysal SİH'nın 20 m/s nin altına düştüğü durumlarda DSUP 'ini kaydetmek oldukça zorlaştığından iğne elektrodlar tercih edilir (10,32). Duysal sinir iletim çalışmaları ile duyu sinirinin değişik segmentlerindeki iletim hızı, distal latansı, DSUP'nin amplitüdü, şekli ve süresi incelenebilir. Bu verilerin analiziyle sinirin duyu aksonlarının işlev durumu, sayıları, tipi ve miyelinizasyonu hakkında spesifik bilgiler sağlanır (59).

Distal sessiz dönem (latans) ölçümü; duysal sinir iletim çalışmalarında latans, iki şekilde ölçülür. Bunlardan biri uyarının başlangıcından majör negatif sapmanın zirve noktasına kadar olan mesafenin ölçümüdür (negatif zirve latans) (60). Diğeri ise uyarının başlangıç noktasından pozitif sapmanın zirve noktasına kadar olan mesafenin ölçümü (pozitif zirve latans) yada uyarının başlangıcından negatif sapmanın başlangıç noktasına kadar olan mesafenin ölçümü şeklindedir. Bu iki methodla bakılan DSUP latansları arasında en azından 0,7 ms, iletim hızları

arasında da yaklaşık 5-10 m/s'lik bir fark gözlenir (32). Ancak bir çok laboratuarda daha güvenilir ve daha kolay olduğundan negatif zirve latans ölçüm tekniği kullanılır (29,32,58). Zira negatif sapmanın başlangıç noktasından yapılan latans ölçümleri çeşitli yanılgılara yol açabilir. Hatta elde edilen sinir uyarılma potansiyelinin amplitüdü düşük ise gözden kaçabilir (6).



Şekil 8: DSUP'in bileşenleri (32)

Duysal Sinir İletim Hızı; iki şekilde ölçülebilir. Birincisi, aktif uyarıcı ve kaydedici elektrodlar arasındaki mesafenin iletim zamanına bölünmesiyle elde edilir. (29,32). İkinci bir yol olarak bazı EMG laboratuvarlarında hız olarak sadece latans kullanılır. Ancak bu metotta uyarıcı ve kaydedici elektrodlar arasındaki mesafe ciddi bir şekilde standardize edilmelidir (61).

Amplitüd Ölçümü; DSUP amplitüdü kabaca, uyarılan kalın çaplı aktif sinir liflerinin miktarını gösterir. DSUP amplitüdü ya ilk pozitif sapma tepesinden, ilk negatif sapma tepesine kadar ölçülür (toplam zirve amplitüd), yada izolelektrik hattan negatif sapmanın tepe noktasına kadar ölçülür ve mikrovolt olarak ifade edilir (1,32). DSUP amplitüdünün normal sınırları çok geniştir (56). Örneğin median sinir için DSUP amplitüdü 15-180 mikro volt arasında değişir (31). Bazı yazarlarda median ve ulnar sinir DSUP amplitüdünün alt sınırını 10 mikrovolt olarak kabul etmektedirler (32). Çeşitli nöropatilerde DSUP amplitüdü, BKUP amplitüdünden çok daha erken safhada etkilenir. Ancak gerek DSUP, gerekse BKUP amplitüdüleri uyarıcı ve kaydedici elektrodlar arasındaki mesafeden büyük oranda etkilendikleri için distal latansa göre daha az doğrulukla ölçülürler (62). Ayrıca hafif derecedeki duysal sinir patolojilerinin ortaya konmasında, DSUP amplitüd ölçümlerinin yüzeyel elektrodlar yerine sinire yakın iğne elektrod tekniğiyle yapılmasıyla çok daha güvenilir bilgiler elde edilir (63). Periferik sinir lezyonlarının erken dönemde ortaya çıkarılmasında duysal SİÇ'inin, motor SİÇ'nden daha duyarlı olduğu gösterilmiştir (18,32,64).

DSUP süresi; çeşitli duysal sinir liflerinin iletim hızları arasındaki farklılıkları gösterir (60). Ölçüm tekniği, BKUP'ın süre ölçümüne benzer. Milisaniye (ms) olarak ifade edilir.

DSUP'nin Şekli; bipolar kayıtlamada genellikle üç yada dört fazlı olup, başlangıcı pozitif sapma şeklindedir (58).

b- Antidromik Teknik:

Uyarı proksimalden verilir, kayıtlama saf duysal sinirler içeren parmaklarda yüzük elektrodlarla yapılır (10,29). Elde edilen DSUP'in ilk sapması yukarı (negatif) yönde olup, şekli iki fazlıdır. Antidromik teknik; uygulanması daha kolay, daha az zaman alıcı, daha az ağrılı olması ve daha büyük amplitüdü DSUP'lerin elde edilebilmesi nedeniyle daha çok tercih edilir (1,10,31). Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları vardır. Uyarım şiddetinin biraz artırılması halinde motor liflerin uyarılması sonucu kas cevapları da ortaya çıkar. Bazen her iki cevap aynı anda belirir ve bu karışıklıklara yol açar. Ayrıca antidromik teknikle elde edilen DSUP'in başlangıcı ortodromik teknikle elde edilen potansiyele göre daha az keskindir. Bu iletim zamanının tayininde güçlük yaratır. Bu dezavantajları nedeniyle, hafif derecede ve erken dönem periferik nöropatilerin tanısında ortodromik teknik, antidromik teknikten daha üstün bulunmuştur (10). Antidromik teknikle kaydedilen DSUP'in latans, hız, amplitüd, şekil ve süre ölçümleri ortodromik teknikle aynıdır.

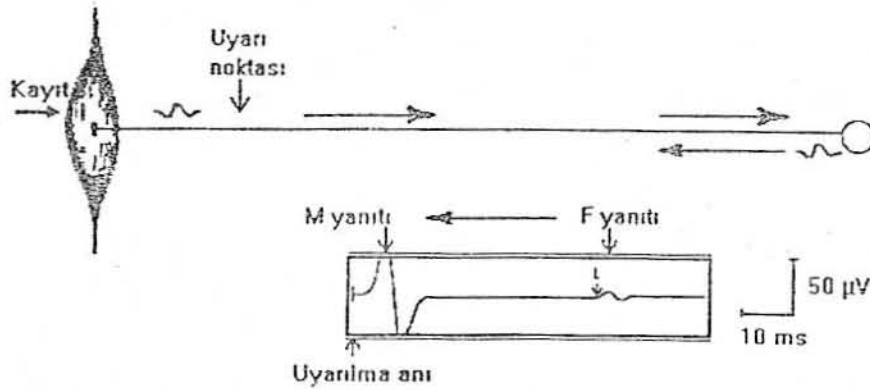
c- Karışık Sinir İletim Tekniği:

Bir periferik sinirin karışık (motor ve duyu) liflerinin distalden uyarılıp, sinirin proksimalinden kaydedilmesi esasına dayanır (10,32). Karışık sinir iletim tekniği çoğu zaman bacak ve kol sinirlerinin daha proksimal segmentlerinin iletim hızının ölçümünde kullanılır. Uyarı çoğu zaman bipolar yüzeysel elektrodlarla yapılırken, kayıtlama yüzeysel yada iğne elektrodlarla yapılır. Sinir gövdesi üzerinden kaydedilen sinir uyarılma potansiyelleri yukarı doğru ilerlerken, duysal lifleri fizyolojik yönde (ortodromik olarak), motor lifleride antidromik olarak uyardığından elde edilen potansiyele, "karışık sinir uyarılma potansiyeli" denir. Verilen uyarı ortodromik ve antidromik teknikte olduğu gibi dik açılı ve 0,1-0,2 ms süreli olup, şiddeti değişkendir.

Bacakta sinir iletim çalışmalarında genellikle karışık sinir iletim tekniği kullanılır. Bu teknikle saf duysal iletim ölçülemez (10,32). Bazı EMG laboratuvarlarında periferik sinir lezyonlarının erken döneminde gözlenen duyu liflerinin tutulumunu daha iyi gösterdiği için, sinir iletim çalışmalarında rutin olarak karışık sinir iletim tekniği kullanılmaktadır (58,65).

GEÇ YANITLAR

Periferik sinirlerin proksimal kısımları (pleksusun proksimali ve kökler) hakkında bilgi edinmek gerektiğinde "Geç yanıt" denen özel iletim çalışmaları yapılır. Bunlar başlıca **H refleksi** ve **F yanıtıdır** (1,37,55,62,66). Sinir uyarılma potansiyeli H refleksinde duyu aksonunda (Ia afferent liflerden), F yanıtında ise motor aksonda, distalden başlamakta ve omurilik düzeyinde motor nöron uyarılma potansiyelini başlatmakta, bu da distale doğru seyrederek kas yanıtını doğurmaktadır (1,29,55). Bu testlerin önemi; standart yöntemlerle incelenemeyen periferik sinirlerin proksimal kısımlarına ait sinir iletimleri ve S1 kök lezyonları hakkında bilgi vermesidir (1,31,32,55,67). Erişkinde H refleksi sadece baldır kaslarından ve musculus fleksör karpı radialisden elde edilebilir. F yanıtı ise her ekstremitte kasından motor sinir iletim çalışmaları sırasında supramaksimal uyarı sonucu elde edilir (1,29). Bu "F" dalgası her bir uyarı ile latansı değişen bir şekilde ve daima M yanıtından daha küçük olan bir amplitütle tanınır. Genellikle en kısa latans, F dalga latansı olarak seçilir (29). H refleksi, erişkinlerde posterior tibial sinirin popliteal boşlukta düşük bir voltajda (submaksimal olarak) uyarılmasını takiben baldır kaslarından düzenli olarak kaydedilir ve ilk kez tanımlayan Hoffmann'ın ismini taşır (1,29,32,69). "H" refleksinin süresi ve amplitüdünden ziyade latansı daha önemlidir (1,55).

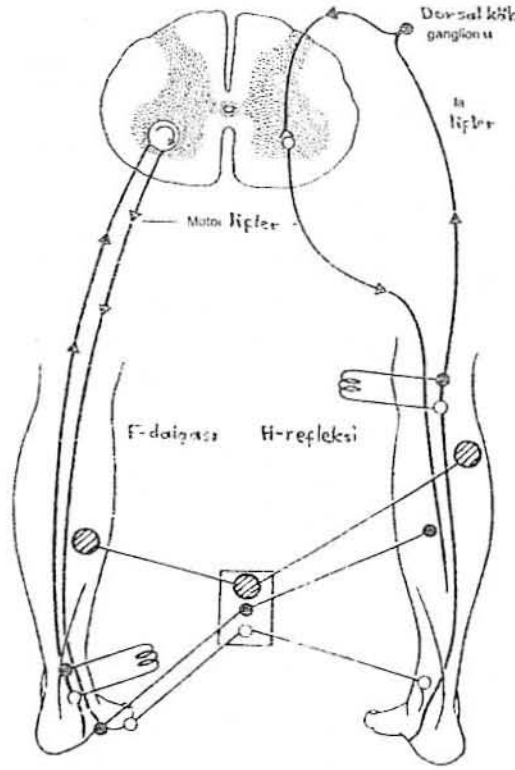


Şekil 9: F yanıtı (1)

IV- İĞNE EMG

Bir iskelet kasının istirahat ve aktivite halinde gösterdiği elektriksel aktivitelerin incelenmesi işlemine EMG denir. İğne EMG, teflon kaplı monopolar yada koaksiyal (coaxial) iğnelerle yapılır. İğne EMG, teklif EMG, ardarda uyarı ve sinir iletim çalışmalarının hepsi

motor ünite hakkında bilgi verir (1,7). EMG; nöropati, miyopati ve miyotoni gibi patolojik süreçlerin ayırıcı tanısının yapılmasında çok değerli bilgiler verir (50,53).



Şekil 10: H refleksi ve F yanıtının anatomik yolları (32)

EMG dört aşamada yapılır; süpürme hızları santimetre başına 5-10 ms, gain genellikle santimetrede 50 mikrovolt'dur (1,29,55).

1- *Giriş aktivitesi*; iğne elektrodun kas içinde hareket ettirilmesi sırasında oluşan elektriksel aktiviteye bağlı olarak ortaya çıkan potansiyellere giriş aktivitesi denir. Kas içindeki iğne hareketi sonlandırılınca normal kasta giriş aktivitesi alınmaz (56,70,89,90).

2- Gevşetilmiş kasta, elektrod hareketsiz iken kaydedilen *spontan aktivite* (pozitif keskin dalga, fibrillasyon ve fasikülasyon).

3- Hafif istemli kasılma sırasında motor ünitelerin deşarjları ile oluşan *Motor Ünite Potansiyelleri (MÜP)* (90). Normal MÜP amplitüdü 0,3-3 milivolt, süresi 3-15 ms, şekli dört yada daha az fazlıdır (56).

4- Maksimal kasılma sırasında kaydedilen elektriksel aktivite değişiklikleri ve *etkileşim kalıbı*. Kabaca maksimal kasılma sırasında uyarılan MÜP'lerin sayısını ifade eder. İğne EMG'nin son

aşaması bir patoloji saptanması durumunda lezyonun dağılımının belirlenmesi amacıyla diğer kas gruplarının incelenmesidir (90).

V- ARDARDA SİNİR UYARISI

Motor sinirin 2-50 frekanslarda ardarda uyarılmasıyla hafif yada orta derecedeki nöromusküler kavşak bozukluğunu ortaya çıkaran çok değerli bir elektrofizyolojik testtir. Çok sık uygulanan bir yöntem olmamasına karşın Miyastenia Gravis, Eaton-Lambert sendromu ve Botulizm gibi motor kavşak hastalıklarının tanısında oldukça bilgiler verir (1,33,48,49,55).

VI- TEK LİF EMG

Son yıllarda geliştirilen özel bir EMG tekniğidir. Nöromusküler iletimin stabilitesini gösterir. Nöromusküler kavşak fonksiyonlarının değerlendirilmesinde çok değerli testdir (1,49). Miyastenia Gravis ve Miyastenik sendrom (Eaton-Lambert sendromu)'un ayırıcı tanısında ardarda uyarıdan sonra en duyarlı testdir. Teklif EMG tekniği ayrıca motor ünite kas lifi yoğunluğunun değerlendirilmesinde de oldukça yararlıdır (1,50,55).

VII- UYARILMIŞ POTANSİYELLER

Klinikte en sık kullanılan görsel uyarılmış potansiyeller (VEP), beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleri (BAEP) ve somato duysal uyarılmış potansiyeller (SEP)'dir (47).

Motor uyarılmış potansiyeller (MEP); saçlı deri üzerinden belirli motor korteks alanların stimule edilerek açığa çıkan kas seyirmelerinin periferik kaslar üzerinde kaydedilmesi esasına dayanır. Magnetik uyarı da genellikle kortikal efferent sinirler depolarize edildiğinden uyarı oldukça ağrılıdır. MEP, serebral korteks ve spinal kord içindeki sinir gövdelerinin uyarılabilme kapasitesini yansıtır. MEP'de klinikte en sık kullanılan parametre santral motor iletim zamanı yada en kısa MEP latansidir (7,47,91).

SEP'de genellikle periferik karışık sinirler (en çok median ve tibial sinirler, bazende ulnar sinir) uyarılır. Açığa çıkan elektrikli potansiyeller primer somatoduyusal kortekse doğru ilerlerken duysal yol üzerinde değişik yerlerden kayıtlama yapılır. En popüler üç kayıtlama noktası; Erb noktası, alt servikal bölge ve karşı taraf duysal kortekstir (7,47,91). Karışık sinir SEP'ler genellikle posterior kolumna yada kortikal iletimin değerlendirilmesinde ve ayrıca belirli sinir köklerinde afferent sinir iletiminin değerlendirilmesinde de kullanılır (dermatomal SEP) (7).

BAEP; ani başlayan tek taraflı sağırılıkların ayırıcı tanısının yapılmasında, Multipl skleroz gibi demiyelinizan hastalıklar ve akustik nöromaların tanısında kullanılır (47).

VEP'ler klinikte en çok optik sinir hastalıklarının (örn. optik nörit), multipl skleroz ve diğer demiyelinizan hastalıkların tanısında kullanılır. Ayrıca kortikal körlükle konversiyon semptomlarının ayırıcı tanısında da kullanılır.

Uyarılmış Potansiyellerin Klinikte Kullanım Alanları (7,40,41,47,91):

- 1- Serebro vasküler olaylar ve kafa travmaları
- 2- Multipl skleroz (SEP, VEP, BAEP)
- 3- Spinal kord injurisi (SEP)
- 4-Dejeneratif serebellar ataksik bozukluklar (Örn. Friedreich Ataksisi) (MEP)
- 5- Amiyotrofik lateral skleroz
- 6- Parkinsonizm
- 7- Lumbar spinal stenoz (dermatomal SEP)
- 8- Periferik nöropatiler ve fokal nöropatiler (SEP)
- 9- Sfinkter bozuklukları
- 10-Brakiyal pleksus yaralanmaları ile kök avulsiyonlarının ayırıcı tanısında
- 11- Torasik çıkış sendromu
- 12-Nedeni açıklanamayan impotans ve nörojenik mesanenin araştırılmasında (pudental SEP)
- 13- Travmatik sinir lezyonlarında rejenerasyon fazının değerlendirilmesinde.

İNSANDA SİNİR İLETİMİNİ ETKİLEYEN FİZYOLOJİK FAKTÖRLER

1- *Sinir liflerinin çap ve miyelinizasyon durumu;* kalın çaplı ve miyelinli liflerde iletim hızı daha fazladır (1,10,11,13,32,55).

2- *Yaş;* sinir iletim çalışmalarında yaş önemli bir faktördür. Yeni doğan döneminde sinir iletim hızları erişkin değerlerin yaklaşık yarısı kadardır. Prematürelde daha da azdır. Bunun nedeni bebeklik ve çocukluk döneminde lif çaplarının küçük ve miyelinizasyonun henüz yetersiz olmasıdır. SİH adult değerlere ancak 4-6 yaşlarında ulaşır, 4-6 yaşından sonra ise motor sinir iletim hızı daha fazla artış göstermez (1,10,11,13,31,70,71). İleri yaşlarda motor sinir iletim hızları tekrar her dekada giderek yavaşlama eğilimi gösterir. Bu yavaşlama 60-80 yaşlar arasında genç adullara göre yaklaşık %10 civarındadır, diğer bir ifadeyle normalden 6-10 m/s daha düşüktür (1,3,10,31,70,72-75). Yaşla birlikte, ayrıca motor sinir distal latansında hafif uzama, duysal sinir iletiminde yavaşlama, DSUP ve BKUP amplitüdünde düşme, süresinde

uzama ve şeklinde düzensizleşme (polifazikleşme) de görülebilir. Yaş ile birlikte meydana gelen bu değişiklikler muhtemelen fonksiyon gören sinir liflerinin sayısında ve çaplarındaki azalmaya, sinir lifi membranında meydana gelen değişikliklere ve genel olarak sinir lifi çevresindeki bağ doku artışına bağlıdır (10,12,13,72,76).

3- *Isı*; sinir iletim hızını etkileyen faktörler arasında en önemlisidir. Isının azalması sinir iletim hızını önemli derecede yavaşlatır (1,3,13,55,70,75,77-79). Isı değişikliklerine, duyu sinirleri, motor sinirlerden daha duyarlıdır. Fizyolojik cilt ısı sınırları içerisinde (29-37°C), ısıda 1°C'lik bir azalmanın motor hızda ortalama 1,5-2,5 m/s, duysal iletim hızında yaklaşık 2 m/s'lik bir yavaşlamaya neden olduğu söylenmektedir (1,10,29,31,55,80). Cilt ısısının düşmesi özellikle Na⁺ kanalları başta olmak üzere kas ve sinir membran fonksiyonlarını etkilediği düşünülmektedir. Distal sinir latansı da ısı değişikliklerinden etkilenmektedir. Genel olarak ısının her 1 °C düşmesiyle motor sinir distal latansı 0,1-0,3 ms uzamaktadır (1,10,31,55,80,81). Ayrıca ısının düşmesiyle birlikte sinir ve kas uyarılma potansiyellerinin amplitüd, süre ve latanslarında ısıyla orantılı bir şekilde artış görülmektedir (31,70,80-82). Bu artış; ısının her 1 °C düşmesine karşılık %2-5'dir (237,239-242). Sinir iletim hızı ölçümleri sırasında ısıdan kaynaklanan değişiklikleri açıklamak amacıyla Dejesus ve arkadaşları aşağıdaki formülü önermişlerdir. Burada genellikle 32°C'lik yüzey ısı standart olarak kabul edilmektedir (1,55,82)

$$Y_2 = Y_1 \times K$$

Y₂: Standart ısıda olması gereken hız (beklenen hız) değeri

Y₁: Mevcut ısıda elde edilen hız değeri

K: Isı farkından kaynaklanan hız değişkeni

4- *Ölçülen sinir segmentinin seviyesi*; genellikle bir sinirin proksimal segmentindeki iletim hızının distal segmentindeki hızından daha büyük olduğu kabul edilmektedir (1,10-12,29,31).

5- *Üst ve alt ekstremitelerdeki farkı*; alt ekstremitelerde sinir iletim hızları üst ekstremitelerden 5-10 m/s daha yavaştır. (1,10-12,31,55,83). Aynı şekilde alt ekstremitelerdeki duysal ve karışık sinir uyarılma potansiyel amplitüdü de üst ekstremitelerden daha düşüktür (10).

6- *Cinsiyet*; tartışmalı olan bu konu ilerde tekrar ele alınacaktır.

7- *Vücut ağırlığı ve boy*; bu iki faktörün sinir iletim çalışmalarını nasıl etkilediği konusunda yazarlar arasında henüz bir fikir birliği oluşmamıştır. Bu nokta, tartışma kısmında tekrar ele alınacaktır

8- *Sinir innervasyon anomalileri*; motor sinir iletim çalışmaları sırasında zaman zaman bazı fizyolojik fenomenlerle karşılaşılır. Bu fenomenler iyi değerlendirilmediği takdirde yanlış yorumlara yol açabilir. (Örn. üst ekstremitede median ve ulnar sinir dalları arasında görülen Martin-Gruber Anastomozu, alt ekstremitede görülen aksesuar peroneal sinir anomalisi) (1,10).

SİNİR İLETİMİNİ ETKİLEYEN NONFİZYOLOJİK FAKTÖRLER

Bu faktörlerin iyi bilinmesi gerekir, aksi takdirde yanlış yorumlamalara yol açabilirler.

I- Enstrumental Faktörler: EMG cihazının elektronik latans belirleyicilerinin hatalı okuması (58,84).

II- Teknik Faktörler: Sinir iletim çalışmaları sırasında standart tekniklerin dışında farklı tekniklerin kullanılması (85). Sinir iletim sonuçlarını etkileyen teknik faktörler ve hata kaynakları kısaca şunlardır:

1) *Uygulanan uyarı tekniği*;

a- Kullanılan uyarıcı elektrodların tipi. (bipolar iğne elektrodların kullanımı uyarı interferansını oldukça azaltır) (86),

b- Uyarıcı elektrodların kutuplarının ve uyarı noktasının değiştirilmesi (58),

c- Bipolar uyarıda aktif ve referans elektrodlar arasındaki mesafe (58),

d- Uyarıcı elektrodun sinire uzaklığı (58),

e- Uyarının şiddeti (doğru ve güvenilir veriler elde etmek için uyarılar, supramaksimal şiddette verilmelidir) (31,87),

f- Uyarının süresi (mümkün olduğunca kısa olmalıdır) (31),

g- Yanlışlıkla komşu sinirlerin uyarılması (88),

2) *Uygulanan kayıtlama tekniği* (58),

a- Kaydedici elektrodların cinsi,

b- Kaydedici elektrodların büyüklüğü,

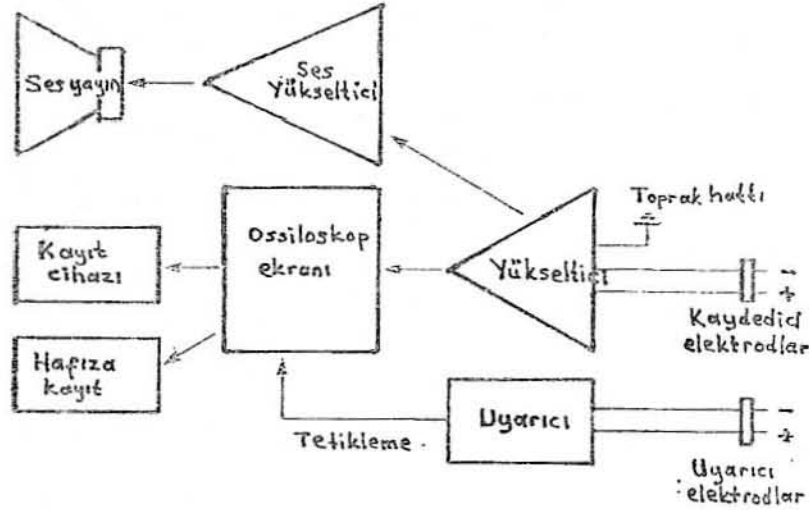
c- Kaydedici elektrodların pozisyonu,

d- Kaydedici elektrodların sinire uzaklığı (bu mesafe arttıkça, kaydedilen DSUP'in amplitüdü giderek azalır) (87),

e- Kaydedici ve uyarıcı elektrodlar arasındaki mesafe (bu mesafe arttıkça DSUP 'in amplitüdü azalır, süresi artar) (87),

f- Kaydedicinin aktif ve referans elektrodları arasındaki mesafe (pratik kullanımda bu mesafenin 3-4 cm olması önerilir).

başlangıçta uyarının şiddeti düşük tutulup daha sonra supramaksimal uyarıya ulaşmaya kadar yavaş yavaş artırılmalıdır (10,24).



Şekil 11: EMG cihazının şematik görünümü (24)

Bir periferik sinirdeki tüm aksonların uyarılmasını sağlayan uyarıya *maksimal uyarı* denir. Maksimal uyarı verildiği sırada bir süre sonra uyarının şiddeti artırılabilir, uyarılma potansiyelinin amplitüdü ve latansı artık değişmez olur. Bu tür uyarılara da "*supramaksimal uyarı*" denir (1,10,16). Supramaksimal uyarı rutin sinir iletim çalışmaları sırasında, ve özellikle Myastenia Gravis'de ardarda sinir uyarımı testinde kullanılır (10,92). Uyarının hızı 1-50 /sn arasında değişebilir. Sinir iletim çalışmalarında hastalar tarafından daha iyi tolere edildiği için 1/sn uyarı hızı tercih edilir. Daha yüksek hızdaki uyarılar ağrıya neden olur. Yüksek hızlı uyarı (20/sn) sadece myastenik sendromdaki fasilasyonu ortaya çıkarmak için kullanılır. Gelişmiş bir çok EMG cihazı bir ayak pedalı ile kontrol edilebilen harici uyarı moduna sahiptir. Bu pedal sayesinde tek yada ardarda uyarı ayarlanır. Son geliştirilen EMG cihazlarında otomatik latans belirleyicileri ve süre kontrol üniteleri sayesinde işlem daha güvenilir ve daha pratik bir şekilde yapılabilmektedir (92).

Kaydedici Elektrodlar: Rutinde kullanılan kaydedici elektrodların hepsi ekstra sellüler elektrodlar olup, iki tipi mevcuttur (92). 1- Yüzeysel Elektrodlar, 2- İğne Elektrodlar

1-Yüzeysel Elektrodlar: Bunlar kas yada sinirin üzerindeki deriye yapıştırılarak kullanılan elektrodlardır. Genellikle gümüş yada paslanmaz çelikten yapılmıştır. Elektrodlardan aktif olanı kasın orta kısmı üzerine, referans olanı tendon üzerine yerleştirilir (29). Teknik olarak

doyurucu bir kayıt yapabilmek için, yüzeyel elektrodlar kullanılırken deri ile elektrod arasındaki iletkenliği artıran jeller kullanılmalı ve daha sonra elektrodlar bantlarla deriye sıkıca yapıştırılmalıdır. Deri direncini azaltmak için gerekirse deri yüzey yağlarını almak amacıyla aseton yada alkol ile iyice yıkanmalı, yada ince bir iğne veya zımpara kağıdı ile yüzeyel deri tabakaları kazınmalıdır (10,29,32). Yeni kullanılmaya başlanan tek kullanımlık elektrodlar sayesinde artefak oluşumu asgariye indirilebilmiştir.

2- İğne Elektrodlar: İğne elektrodlar esas olarak iğne EMG çalışmalarında kullanılırlar.

En sık kullanılan iki tipi vardır;

- a) Teflon kaplı monopolar iğne elektrodlar
- b) Konsantrik iğne elektrodlar

Teflon kaplı monopolar elektrodlar konsantrik iğne elektrodlara göre daha az ağırlı, daha ucuz ve fibrillasyon ile pozitif keskin dalga ayırımında daha duyarlıdır. Monopolar iğne elektrodlar hem uyarıcı hem de kaydedici elektrod olarak kullanılabilir. Aktif elektrod mümkün olduğunca sinire yakın sokulmalıdır. İğnelerin kullanılmadan hemen önce elektrolitik bir işlemde geçirilmeleri gerekir. Tek kullanımlık iğnelerde bu sorun ortadan kaldırılmıştır. Konsantrik iğne elektrodlar genellikle paslanmaz çelik veya platinden yapılmış olup, en sık kullanılan iğne elektrodlardır. Ortalarında 0,1 mm çapında kayıtlayıcı ve etrafında referans elektrod içermektedirler. Bipolar iğne elektrodların kullanım alanı daha azdır. Konsantrik iğne elektrodların merkezinde bulunan iki telin çıplak uçları arasındaki potansiyel farkı kayıtlamayı sağlar (10).

Diğer iğne elektrod çeşitleri ise şunlardır; (10)

- a) *Multi elektrod iğneler;* motor ünite bölgelerinin tesbiti ve kas lifi yoğunluğunu saptamak amacıyla kullanılırlar.
- b) *Teklif EMG iğnesi;* teklif iğne EMG çalışmalarında kullanılır. Kaydedici yüzey alan dar olduğu için tek bir kas lifinin elektriki aktivitesini kaydedebilir.
- c) *Makro iğne elektrodlar;* büyük kaydedici yüzeyleri sayesinde bir motor ünitenin elektriki aktivitesinin tamamını kaydederler.
- d) *İntra sellüler EMG iğneleri;* intra sellüler EMG yeni geliştirilen bir yöntem olup kapiller cam elektrodlar yada tungsten mikro elektrodlar kullanılır.

Uyarıcı Elektrodlar: Uyarı amacı ile hem yüzeyel hem de iğne elektrodlar kullanılabilir. Yüzeyel uyarıcı elektrodlar genellikle küçük plastik bir parça üzerine sabit aralıklı olarak yerleştirilmiş metal yada keçeden yapılan iki butondan oluşur. Çoğu Amerikan yapımı EMG cihazında uyarıcı elektrodlar da kaydedici elektrodlarda olduğu gibi katod; aktif elektrod,

anod ise referans elektroddur. Metal tipi uyarıcı yüzeyel elektrodlar da kullanılmadan önce iletken madde olarak jel kullanılırken, keçeden yapılan yüzeyel elektrodlar kullanılmadan önce serum fizyolojik ile ıslatılır.

Uyarıcı olarak monopolar yada bipolar iğne elektrodlar kullanılabilir. Uyarım da bipolar uyarım monopolarlara göre daha güvenilirdir. Ancak monopolar uyarımla periferik sinirler daha kolay uyarılır. O nedenle siyatik sinir vb. derinde yerleşen sinirlerde uyarıcı elektrod olarak daha çok monopolar iğne elektrodlar tercih edilir. Bipolar uyarımda anod ve katod sinir gövdesinin anatomik gidişine uygun bir şekilde yerleştirilir. Motor sinirlerinin uyarılmasında pratikte en çok bipolar yüzeyel elektrodlar tercih edilir. El yada ayak parmaklarının dijital sinirlerinin uyarılmasında yüzük elektrodlar yada keçeden yapılmış kayış şeklindeki elektrodlar kullanılır. Bipolar iğne elektrodlar ise kısa segmentlerde sinir uyarılma potansiyellerini elde etmek amacıyla kullanılabilirler. Bu metodun avantajları; uyarı artefaklarının hemen hiç olmayışı ve kullanılan uyarı şiddetinin daha az olmasıdır.

Yüzeyel ve İğne Elektrodların Avantaj ve Dezavantajları

a) İğne elektrodlar daha çok obes, sinir uyarılabilme eşiği çok yüksek kişilerde yada sinirin anatomik olarak derinde yerleştiği ve ulaşılmasının güç olduğu durumlarda tercih edilir. İğne elektrodlar kasın en şişkin kısmına batırılarak iğne ucunun motor son plak bölgesinde olması sağlanır (10).

b)Yüzeyel elektrodlarla kaydedilemeyen bir çok küçük sinir uyarılma potansiyelleri iğne elektrodlarla kaydedilebilir (10,92).

c) İğne elektrodlar kullanılırken EMG cihazının güvenilirliği daha fazladır (92).

d) İğne elektrodlar kullanıldığında daha az uyarı artefakları ortaya çıkar (10,92).

e) İğne elektrodlar yüzeyel elektrodlara göre komşu kaslardan gelebilecek hacim iletkenliği potansiyellerini daha az derecede kaydedecekleri için iki sinirin kaslarının aynı anda kaydedilmesini önlerler (10).

f) İğne elektrodlarda kullanılacak maksimal uyarım şiddeti daha düşüktür (10).

g) İğne elektrodlar ile elde edilen motor yanıtlar izoelektrik çizgiden daha net ayrıldığından latans ve amplitüd ölçümleri daha güvenilir bir şekilde yapılır (10).

h) Atrofik kaslarda ve ayrıca aynı sinirden innerve olan birden çok küçük kasın aynı bölgede çok yakın olmaları halinde yine iğne elektrodlar tercih edilir (10,92).

İğne elektrodların bu avantajlarının yanısıra bir takım dezavantajları da mevcuttur;

a) İğne elektrodlar ağırlıdır (1,10,92).

- b) Kas içindeki kayıtlama alanları daha sınırlı olduğundan yüzeysel elektrodla göre motor sinir lifleri içindeki elektriksel değişimleri daha az yansıtırlar (10).
- c) Sinir uyarımı sırasında kasın kontraksiyonu ile kas içindeki iğnenin yerinden oynaması sonucu iki ayrı M yanıtı görülebilir. Bu da motor iletim hızının hatalı ölçülmesine yol açabilir (10).
- d) İğne elektrodla kayıt, motor liflerin ilerleyici dejenerasyonlarında, lokalize iletim kesilmelerinin (iletim bloklarının) ve nöromusküler iletimin tayininde uygun bir yöntem değildir (58).
- e) İğne elektrodla sterilizasyon sorunu vardır (10,92).
- f) İğne elektrodla enfeksiyona ve sinir hasarına yol açabilirler (93,94).

Kolaylıkla uygulanabilmeleri ve hasta ile işbirliğini daha az gerektirmeleri nedeniyle yüzeysel elektrodla daha çok tercih edilir. Ayrıca yüzeysel elektrodla daha yavaş iletim yapan sinir ziflerinin patolojileri hakkında iğne elektrodla göre daha iyi bilgi verirler. Ancak yüzeysel elektrodla kas içindeki motor ünitelerin spontan aktivitelerini kaydetmede yetersiz kalır. (10,92). Ayrıca yüzeysel elektrodla elde edilen BKUP'ı, uyarıma katılan kas liflerinin sayısı hakkında ancak kaba bir bilgi verir. Bütün bunlara rağmen yine de yüzeysel elektrodla iğne elektrodla göre daha fazla avantajlara sahiptir (58).

E- SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARINDA BULGULAR VE YORUMLANMASI

Sinir iletim çalışmalarında (SİÇ) gözlenen anormal sinir iletim bulguları öncelikle şunları kapsamaktadır; iletim hızı yavaşlaması, latans uzaması, iletimin kesilmesi, sinir yada kas uyarılma potansiyeli amplitüdlerinin azalması, sinirin uyarılamaması ve anormal temporal dispersiyon (artmış temporal dispersiyon)dur.

SİH'ı yavaşlaması; SİH yavaşlaması SİÇ'larındaki en önemli bulgudur. Schwan hücrelerinin hasarı sonucu oluşan demiyelinizan tip nöropatilerde SİH yavaşlaması daha bariz iken, aksonal dejenerasyonla seyreden nöropatilerde SİH yavaşlaması ya hiç görülmez yada çok azdır (1,7,31,41,55,95). Genel olarak SİH'ı üst ekstremitelerde 40 m/s, alt ekstremitelerde 35 m/s nin altında ise patolojik olarak kabul edilir (90). SİH yavaşlamasına neden olan birkaç

temel patolojik süreç söz konusudur (10,50,55,60); 1- Multifokal yada fokal segmental demiyelinizasyon (tuzak nöropatileri), 2- Aksonal stenoz ve aksonal dejenerasyon, 3- Büyük çaplı sinir liflerinin kaybı, 4- Metabolik bozukluklar, 5- Diffüz demiyelinizasyon

Segmental demiyelinizasyonda 3 tip sinir iletim bozukluğu görülür; SİH'da yavaşlama, iletimin kesilmesi ve artmış temporal dispersiyon (31-33,60,96,97).

Sessiz dönemin uzaması (Latans Uzaması); birçok periferik nöropatide hem duysal hemde motor distal sessiz dönem uzaması görülebilir. Ancak tuzak nöropatilerinde özellikle duysal distal latans uzaması daha duyarlı bir göstergedir (1,10,29,38,60). Ayrıca diğer fokal ve multifokal demiyelinizan hastalıklar, büyük miyelinli liflerin kaybıyla seyreden hastalıklar, belirgin aksonal stenozu yol açan hastalıklar distal latansı uzatan ve SİH'nı yavaşlatan süreçlerdir (1,7,34,53,98,99). Ayrıca H refleksi ve F dalga latanslarının uzaması da çeşitli hastalıklarda tanı koydurucudur. Örn. çeşitli polinöropatilerde ve S₁ radikülopatilerde H refleksi ya alınamaz yada latansı uzamıştır (1,7,37,38). F dalga latansı çeşitli demiyelinizan polinöropatilerde (örn. Guillain-Barre sendromunda) uzar (1,7,32,37). Geç cevap latansları ve distal latans demiyelinizan nöropatilerde daha belirgin olarak uzar (100).

İletimin kesilmesi; segmental demiyelinizasyonun (örn. tuzak nöropatilerinin) en önemli elektrofizyolojik bulgusudur (35). İletim kesilmelerinin tanısında proksimal uyarılmış cevap amplitüdlерinin, distal amplitüdlere oranı oldukça yardımcıdır. Ayrıca iletim kesilmelerinin ortaya çıkarılmasında kısa segment uyarı tekniği de tanıda yardımcıdır. Fokal nöropatlere bağlı iletim kesilmelerinde uyarılma potansiyelinin blok seviyesinin distalindeki iletimi genellikle normaldir. İletim kesilmelerinde genellikle duysal yada motor sinir amplitüdleri ve SİH azalır (55). İletimin kesilmesi fokal nöropatilerde, diffüz polinöropatilerde veya mononöropati multipleksde görülebilir (101).

DSUP ve BKUP Amplitüdleri; kabaca uyarılabilen aksonlar hakkında bilgi verir (30). Gerek aksonal nöropatilerde, gerekse demiyelinizan nöropatilerde en erken bulgulardan biri DSUP ve BKUP amplitüdlерinin azalmasıdır (1,31,33,102). BKUP amplitüdü aksonal nöropatilerde daha belirgin olarak düşer. Ayrıca nöromuskuler kavşak ve kas hastalıklarında da BKUP amplitüdü etkilenir. Artmış temporal dispersiyon da, BKUP'ın amplitüdü düşer, süresi uzar ve polifazikleşir. Artmış temporal dispersiyon demiyelinizan tip nöropatilerde çok belirgindir (1,10,31,32). Ayrıca teknik hatalar, submaksimal uyarı ve sinir etrafında yumuşak doku artışı gibi nedenlerle DSUP'ın amplitüdü azalır (1). DSUP ve BKUP amplitüdlерini azaltan patolojik süreçler özetle (55);

1- Temporal dispersiyon, 2- İletimin kesilmesi, 3- Şiddetli aksonal stenoz, 4- Büyük çaplı ve miyelinli aksonların kaybı, 5- Kas liflerini tutan bozukluklar (myopatiler), 6- Anormal sinir innervasyonları, 7- Teknik faktörler.

Nörojenik MÜP Değişiklikleri; denervasyonla giden bilhassa ön boynuzun kronik hastalıklarında ortaya çıkan geniş süreli, büyük amplitüdü, polifazik dev' MÜP'lerdir (10,53,70,103).

Miyopatik MÜP Değişiklikleri; primer kas hastalıklarında ortaya çıkan kısa süreli, düşük amplitüdü, polifazik dalgalarıdır (10,70,103). Artmış temporal dispersiyon genel olarak demiyelinizasyonla giden patolojik süreçlerde (akut inflamatuvar demiyelinizan nöropatiler, fokal tuzak nöropatileri) görülür (1,10,55).

Sinir İletim Çalışmalarının Yorumlanması

Bir sinir iletim çalışmasının sonuçları yorumlanırken aşağıda belirtilen beş soruya cevap aranmalıdır (60):

- 1- Elde edilen veriler normal mi yoksa anormal midir?
- 2- Sonuçlar anormal ise; patolojik süreç aksonal dejenerasyonu mu yoksa demiyelinizasyonu mu göstermektedir?
- 3- Hastalık süreci; simetrik mi yoksa asimetrik mi, fokal mi yoksa multifokal mi yoksa yaygın mı, distalde mi yoksa proksimalde midir ?
- 4- Patolojik tutulum; duysal, motor yada karışık mıdır ?
- 5- Elde edilen sinir iletim bozuklukları herhangi bir spesifik bozukluğu gösterebiliyor mu ?
- 6- Son olarak; elde edilen elektrofizyolojik bozukluklar hastanın kliniğiyle uyumlu mudur? Bu son sorunun cevabı çok önemlidir. Keza SİÇ'da elde edilen veriler hastanın mevcut hikaye, klinik ve laboratuvar bulguları ışığı altında yorumlanmalıdır (7).

EMG Raporunun Düzenlenmesi; sinir iletim çalışmasının son aşaması elde edilen verilerin doğru bir şekilde yorumlanmasından sonra, kısa ve öz bir şekilde EMG raporunun düzenlenmesidir. Muhtemel bir klinik tanıyı desteklemeyen, bir çok karmaşık elektrofizyolojik ifadelerden oluşan bir EMG raporunun hiç bir değeri yoktur (30).

F- SİNİR İLETİM ÇALIŞMALARINDA GÜVENİLİRLİK VE HATA NEDENLERİ

Sinir iletim çalışmasına başlamadan önce alınması gereken önlemler;

- a) Muayene masası ağaçtan (ahşap) olmalıdır,
- b) Hastanın üzerinde metal objeler olmamalıdır,
- c) Topraklama dikkatli yapılmalıdır. Olası bir elektrik kaçağını asgariye indirebilmek için toprak elektrod, kaydedici ve uyarıcı elektrodlar aynı ekstremitte üzerinde olmalıdır. Uyarıcı elektrodlar kalb bölgesi üzerine uygulanmamalıdır (94).

Sinir İletim Çalışmalarında Riskler;

- 1- Açık yaralar; yüzey elektrodlar açık yaralar üzerine konmamalıdır (94).
- 2- Kanama bozuklukları; trombositopeni, hemofili ve diğer pıhtılaşma bozukluğu olanlarda, antikoagülan ilaç alan hastalarda kanama riski nedeniyle hastalık düzeltilmedikçe iğne EMG'den kaçınılmalıdır (104).
- 3- Sinir iletim çalışmaları sırasında taşınabilen hastalıklar (93,94)
 - a) Jakob-Creutzfeldt hastalığı
 - b) Hepatit B
 - c) HIV ve AIDS'li hastalarda kullanılacak yüzeysel elektrodların bile tek kullanımlık olması tercih edilir.
- 4- Kalb kapak hastalıkları; kapak protezi olan hastalarda iğne EMG sırasında bakteriyel endokardit riski artabilir (94).
- 5- Kardiak pacemakerlar; kalb pili ve diğer tanısal cihaz taşıyan hastalarda zorunlu olmadıkça sinir iletim çalışmaları ve EMG yapılmamalıdır. Çünkü özellikle kalb piline yakın noktadan yapılan uyarılar pacemaker'ı inhibe edebilir, kalbde ciddi elektriksel injüreye yol açabilir. Perkütan sinir uyarımı tekniği ile yapılan EMG ve sinir iletim çalışmaları kalb pili taşıyan hastalarda daha az risklidir (105).
- 6- Elektriksel duyarlılık; bazı hastalar düşük dozlardaki elektrik akımına karşı dahi duyarlıdırlar (93).
- 7- Göğüs duvarı yada karın kaslarında iğne EMG sırasında iğnenin plevra ve akciğere girmesi sonucu pnömotoraks, periton boşluğuna girmesi sonucu peritonit gelişebilir (106).
- 8- Cihazlarla ilgili problemler; cihazlarla ilgili problemleri asgariye indirilebilmek için EMG cihazı doğru ve güvenilir olmalıdır (93).

GEREÇ VE YÖNTEM:

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon kliniği, elektrofizyoloji laboratuvarında yaşları 20 ile 74 arasında değişen 107'si kadın, 101'i erkek tamamen sağlıklı, gönüllülerden oluşan toplam 208 adayda her iki üst ekstremitede median ve ulnar sinirlerin normal iletim bulgularını araştırmak amacıyla yapıldı. Adayların 198'inde baskın el sağ, 10'unda sol eldi. Değerlendirmeye önce Standart bir ön görüşmeyle başlandı, ardından bütün adaylar teşhis edilememiş olası bir hastalığı ekarte etmek amacıyla ayrıntılı bir öykü, fizik muayene, laboratuvar ve radyolojik incelemelere tabi tutuldular. Yapılan araştırmalar sonunda, herhangi bir nörolojik semptomu ya da nöromusküler hastalığı, şeker hastalığı, tiroid hastalığı, böbrek yetmezliği, alkolizm, B₁₂ ya da folat eksikliği, geçirilmiş boyun cerrahisi, üst ekstremitede travması, radikülopati, tuzak nöropatisi yada periferik nöropati bulgu ve belirtileri olan adaylar çalışma dışı bırakıldı.

Bütün adaylar yaş dekadlarına göre 5 farklı gruba ayrıldı;

1. grub yaşları 20-29 arasında olan adaylardan,
2. grub yaşları 30-39 arasında olan adaylardan,
3. grub yaşları 40-49 arasında olan adaylardan,
4. grub yaşları 50-59 arasında olan adaylardan,
5. grub yaşları 60 ve üzerinde olan adaylardan oluştu.

Sinir iletim çalışmaları her bir adayın her iki üst ekstremitesinde Dantec-Cantata® marka çift kanallı bir EMG cihazıyla yapıldı. Çalışmaya başlamadan önce işlem hakkında bütün adaylara kısa ve öz bir açıklama yapılarak adayların anksiyeteleri giderildikten sonra, adaylar muayene masasına sırt üstü ve dirsek ekstansiyonda, ön kol supinasyonda olacak

şekilde rahat edeceği uygun bir pozisyonda yerleştirildi. Ayrıca çalışmaya başlamadan önce bütün adayların cilt ısıları, ön kol volar yüzünden Thermocare® MT-300-1 marka digital bir termometre ile ölçülerek kaydedildi. Cilt ısısının 31°C 'nin altına düşmemesine özen gösterildi. Bu amaçla, cilt ısı 31°C 'nin altında olan adayların ekstremiteleri 35°C'yi geçmeyecek şekilde büyük bir sıcak paketle 10 dakika süre ile ısıtıldı.

Her iki ekstremitede de standart olarak median ve ulnar sinirlerin duysal ve motor distal latans ve distal amplitüdü ile, motor sinir iletim hızları ölçüldü. Duysal iletim çalışmaları antidromik, motor iletim çalışmaları ise ortodromik olarak standart 8-14 cm tekniğiyle yapıldı.

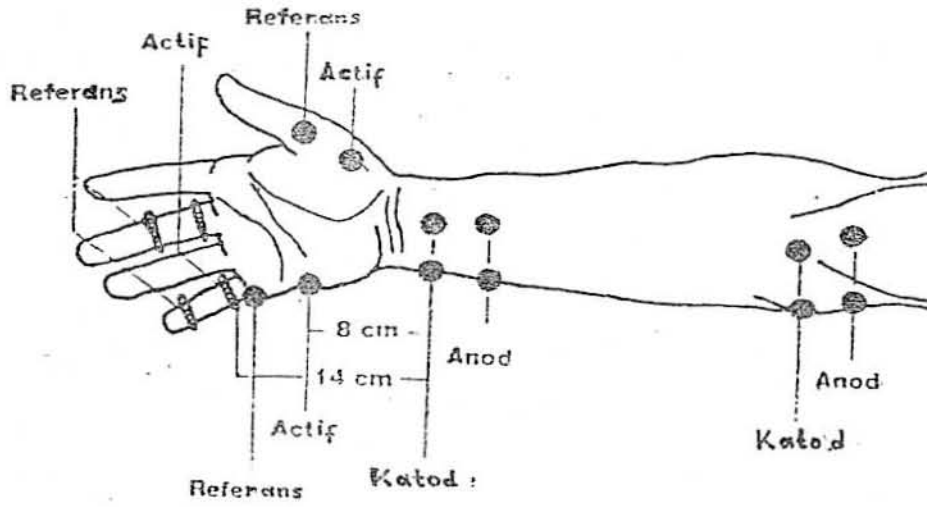
Median ve ulnar duysal sinir iletim çalışmalarında kaydedici olarak kullanılan yüzük elektrodlar 3. ve 5. parmaklar üzerine, aktif elektrod proksimale, (proksimal falanks üzerine gelecek şekilde) referans elektrod onun 3-4 cm distaline (distal falanks üzerine gelecek şekilde) yerleştirildi. Uyarı, uyarıcının katodu (aktif elektrod) distalde olacak şekilde, aktif kaydedici elektrodun 14 cm proksimalinden yapıldı. Distal uyarılar median sinir için bilekte palmaris longus ve fleksör karpi radialis tendonları arasından, ulnar sinir için fleksör karpi ulnaris tendonunun hemen lateralinden uygulandı. Motor sinir iletim çalışmalarında kaydedici olarak, 1 cm çapında disk elektrodlar kullanıldı.

Median motor sinir iletim çalışması için aktif disk elektrod abduktör polllis brevis kasının en şişkin kısmı üzerine (motor noktası üzerine), ulnar sinir için, abduktör digiti minimi kasının en şişkin kısmı üzerine yerleştirildi. Referans elektrot median sinir için baş parmağın MCF eklemi üzerine, ulnar sinir için V. Parmağın tabanına gelecek şekilde yerleştirildi. Distal motor sinir uyarıları kaydedici aktif disk elektrodun 8 cm proksimalinden yapıldı.

Proksimal sinir uyarıları median sinir için antekübital bölgede, biceps tendonunun medialinden, ulnar sinir için dirsekte, medial ezirveondilin 3 cm distalinden yapıldı. Toprak elektrod el sırtına yerleştirildi. Uyarımlar; 0.1-0.2 ms süreli akımlarla supramaksimal şiddette uygulandı. EMG cihazının filtrasyonları motor sinir çalışmaları için 8Hz-8kHz, duysal sinir çalışmaları için 8Hz-16kHz olarak düzenlendi. EMG cihazında gain setting; motor sinir çalışmaları için 1 mV/div, duysal sinir çalışmaları için 20 mikrovolt/div, süpürme hızı ise 2 ms/div. olarak düzenlendi.

Latans ölçümü duysal uyarılma potansiyellerinin zirve noktasından, motor uyarılma potansiyellerinin ise başlangıç noktasından yapıldı. Amplitüd; duysal uyarılma potansiyelleri

için bazal çizgi ile negatif zirve noktası arasından ölçülürken, motor uyarılma potansiyelleri için her iki zirve noktası arasından (peak to peak) ölçüldü. Sonuçta her iki ekstremitede kaydedilen median ve ulnar sinirlere ait sinir iletim değerlerinin aritmetik ortalaması esas alındı. Yaş ve cinsiyetin sinir iletim parametreleri üzerine herhangi bir etkisinin olup olmadığını araştırmak amacıyla bu çalışma sonunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri yapıldı. Bu amaçla, cinsiyet ve sinir iletim parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde student "t" testi (iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi) ve yaş ile sinir iletim parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde regresyon analizi (Pearson'un r korelasyon testi) kullanıldı. İstatistik çalışmalarında "systat version 5.03" bilgisayar paket programından yararlanıldı.



Şekil 12: Sinir ileti çalışmalarında kullandığımız standart 8-14 cm tekniği

BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen 107'si kadın (% 51.5), 101'i erkek (% 48.5) toplam 208 adayın yaş ortalaması 44.0 ± 14.3 (20-74) olarak saptanırken kadınların yaş ortalaması 43.6 ± 14.1 , erkeklerin yaş ortalaması 44.0 ± 14.1 idi. Grup içi yaş ortalamaları ise; 1. grup için 24.7 ± 2.7 , 2. grup için 34.8 ± 3.1 , 3. grup için 43.6 ± 3.2 , 4. grup için 53.6 ± 2.9 ve 5. grup için 65.2 ± 4.0 idi.

Median duysal sinir iletim çalışmalarında; ortalama distal latans (DL) 3.4 ± 0.3 , distal amplitüd (dAMP) 33.6 ± 10.8 olarak tesbit edilirken, median motor sinir iletim çalışmalarında; ortalama DL 4.0 ± 0.3 , dAMP 10.3 ± 1.8 ve SİH 59.8 ± 6.8 olarak tesbit edildi. Ulnar duysal sinir iletim çalışmalarında ise; ortalama DL 3.4 ± 0.3 , dAMP 27.0 ± 9.2 olarak tesbit edilirken, ulnar motor sinir iletim çalışmalarında; ortalama DL 3.4 ± 0.3 , dAMP 9.9 ± 1.5 ve SİH 59.7 ± 6.0 olarak tesbit edildi. Her bir yaş grubu ve cinsiyet için verilerin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1-8'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Median duysal DL ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı

CİNSİYET (N)	DL* (ms)	dAMP** (μ V)
Erkek (N = 101)	3.3 ± 0.3	30.2 ± 10.3
Kadın (N = 107)	3.4 ± 0.3	36.8 ± 10.5
Genel (N = 208)	3.4 ± 0.3	33.6 ± 10.8

*Uyarı artefaktı ile negatif zirve noktası arasında ölçüldü.

**Bazal çizgi (izoelektirik çizgi) ile negatif zirve noktası arasında ölçüldü.

Tablo 2: Ulnar duysal DL ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı

CİNSİYET (N)	DL (ms)	dAMP (μ V)
Erkek (N = 101)	3.5 \pm 0.2	22.9 \pm 6.9
Kadın (N = 107)	3.4 \pm 0.3	30.9 \pm 9.4
Genel (208)	3.4 \pm 0.3	27.0 \pm 9.2

Tablo 3: Median motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı

CİNSİYET (N)	DL* (ms)	SİH (m/s)	dAMP **(μ V)
Erkek (N=101)	4.1 \pm 0.3	59.9 \pm 6.9	10.4 \pm 1.7
Kadın (N= 107)	3.9 \pm 0.3	59.6 \pm 6.8	10.2 \pm 2.0
Genel (N= 208)	4.0 \pm 0.3	59.8 \pm 6.8	10.3 \pm 1.8

*Uyarı artefaktı ile uyarılma potansiyelinin başlangıcı arasında ölçüldü.

**İki zirve (pozitif ve negatif zirve) noktası arasında ölçüldü.

Tablo 4: Ulnar motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin cinsiyete göre dağılımı.

CİNSİYET (N)	DL (ms)	SİH (m/s)	dAMP (μ V)
Erkek (N= 101)	3.5 \pm 0.3	58.6 \pm 6.1	9.7 \pm 1.3
Kadın (N= 107)	3.3 \pm 0.3	60.8 \pm 5.7	10.1 \pm 1.6
Genel (N=208)	3.4 \pm 0.3	59.7 \pm 6.0	9.9 \pm 1.5

Tablo 5: Median duysal DL ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı

Yaş Grupları	Cinsiyet (N)	DL (ms)	dAMP (μ V)
20-29	Kadın (N=19)	3.6 \pm 0.2	43.4 \pm 6.7
	Erkek (N= 21)	3.4 \pm 0.3	36.8 \pm 7.2
	Toplam (N = 40)	3.5 \pm 0.2	39.9 \pm 7.7
30-39	Kadın (N = 29)	3.4 \pm 0.2	40.1 \pm 11.3
	Erkek (N = 19)	3.3 \pm 0.3	33.5 \pm 8.5
	Toplam (N = 48)	3.3 \pm 0.2	37.5 \pm 10.7
40-49	Kadın (N= 19)	3.3 \pm 0.3	36.1 \pm 10.2
	Erkek (N = 21)	3.2 \pm 0.3	33.1 \pm 11.0
	Toplam (N = 40)	3.3 \pm 0.3	34.5 \pm 10.6
50-59	Kadın (N = 20)	3.4 \pm 0.3	34.6 \pm 9.6
	Erkek (N = 20)	3.3 \pm 0.3	26.9 \pm 8.6
	Toplam (N = 40)	3.4 \pm 0.3	30.8 \pm 9.8
60 ve üzeri	Kadın (N = 20)	3.4 \pm 0.3	28.4 \pm 7.4
	Erkek (N = 20)	3.4 \pm 0.3	20.3 \pm 6.1
	Toplam (N= 40)	3.4 \pm 0.3	24.4 \pm 7.9

Tablo 6: Ulnar duysal DL ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı

Yaş Grupları	Cinsiyet (N)	DL (ms)	dAMP (μ V)
20-29	Kadın (N=19)	3.6 ± 0.1	33.5 ± 7.7
	Erkek (N= 21)	3.5 ± 0.2	27.8 ± 7.2
	Toplam (N = 40)	3.5 ± 0.2	30.5 ± 7.9
30-39	Kadın (N = 29)	3.4 ± 0.2	32.5 ± 11.4
	Erkek (N = 19)	3.4 ± 0.2	25.4 ± 5.9
	Toplam (N = 48)	3.4 ± 0.2	29.7 ± 10.2
40-49	Kadın (N= 19)	3.1 ± 0.4	33.4 ± 8.5
	Erkek (N = 21)	3.5 ± 0.2	22.3 ± 6.4
	Toplam (N = 40)	3.3 ± 0.3	27.6 ± 9.3
50-59	Kadın (N = 20)	3.4 ± 0.2	29.5 ± 9.1
	Erkek (N = 20)	3.5 ± 0.3	20.0 ± 4.9
	Toplam (N = 40)	3.5 ± 0.2	24.7 ± 8.6
60 ve üzeri	Kadın (N = 20)	3.5 ± 0.3	25.3 ± 6.3
	Erkek (N = 20)	3.6 ± 0.2	19.0 ± 6.3
	Toplam (N= 40)	3.5 ± 0.2	22.1 ± 7.0

Tablo 7: Median motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı

Yaş Grupları	Cinsiyet (N)	DL (ms)	SİH (m/s)	dAMP (μ V)
20-29	Kadın (N=19)	3.9 ± 0.3	65.1 ± 7.3	10.7 ± 1.3
	Erkek (N= 21)	4.0 ± 0.2	63.3 ± 7.3	10.5 ± 0.9
	Toplam (N = 40)	4.0 ± 0.2	64.2 ± 7.3	10.4 ± 1.1
30-39	Kadın (N = 29)	3.9 ± 0.3	61.1 ± 6.5	9.7 ± 1.1
	Erkek (N = 19)	4.0 ± 0.3	60.7 ± 6.4	10.4 ± 1.0
	Toplam (N = 48)	4.0 ± 0.3	61.0 ± 6.4	10.0 ± 1.1
40-49	Kadın (N= 19)	3.8 ± 0.4	58.2 ± 7.4	9.7 ± 1.4
	Erkek (N = 21)	4.0 ± 0.3	61.9 ± 6.0	10.4 ± 1.8
	Toplam (N = 40)	3.9 ± 0.4	60.1 ± 6.8	10.1 ± 1.7
50-59	Kadın (N = 20)	4.0 ± 0.4	56.9 ± 4.8	10.2 ± 2.2
	Erkek (N = 20)	4.1 ± 0.3	56.9 ± 5.9	10.8 ± 2.0
	Toplam (N = 40)	4.1 ± 0.3	56.9 ± 5.3	10.5 ± 2.1
60 ve üzeri	Kadın (N = 20)	4.1 ± 0.2	56.2 ± 3.7	11.1 ± 3.2
	Erkek (N = 20)	4.3 ± 0.2	56.5 ± 6.7	10.0 ± 2.3
	Toplam (N= 40)	4.2 ± 0.2	56.3 ± 5.3	10.5 ± 2.8

Tablo 8: Ulnar motor DL, SİH ve dAMP değerlerinin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı

Yaş Grupları	Cinsiyet (N)	DL (ms)	SİH (m/s)	dAMP (µV)
20-29	Kadın (N=19)	3.4 ± 0.2	62.3 ± 4.7	10.1 ± 0.7
	Erkek (N= 21)	3.4 ± 0.2	64.0 ± 5.7	9.6 ± 1.2
	Toplam (N = 40)	3.4 ± 0.2	61.7 ± 5.2	9.7 ± 1.0
30-39	Kadın (N = 29)	3.3 ± 0.2	63.0 ± 5.7	9.8 ± 1.8
	Erkek (N = 19)	3.3 ± 0.4	59.5 ± 6.7	9.9 ± 1.1
	Toplam (N = 48)	3.3 ± 0.3	61.6 ± 6.3	9.8 ± 1.5
40-49	Kadın (N= 19)	3.1 ± 0.3	60.5 ± 5.7	10.3 ± 1.4
	Erkek (N = 21)	3.5 ± 0.2	59.0 ± 5.3	9.3 ± 1.3
	Toplam (N = 40)	3.3 ± 0.3	59.7 ± 5.5	9.8 ± 1.4
50-59	Kadın (N = 20)	3.3 ± 0.3	58.4 ± 5.8	9.7 ± 1.7
	Erkek (N = 20)	3.4 ± 0.3	56.6 ± 6.5	10.2 ± 1.4
	Toplam (N = 40)	3.4 ± 0.3	57.5 ± 6.1	9.8 ± 1.6
60 ve üzeri	Kadın (N = 20)	3.4 ± 0.4	58.9 ± 5.1	10.5 ± 1.9
	Erkek (N = 20)	3.7 ± 0.2	56.7 ± 5.4	9.6 ± 1.5
	Toplam (N= 40)	3.5 ± 0.4	57.8 ± 5.3	10.1 ± 1.8

Tablo 9: Median ve ulnar sinir iletim değerlerinin elektrofizyoloji laboratuvarımızca belirlenen normal sınırları

Sinir İletim Çalışması	Normal Sınır
Median ve ulnar, duysal DL	3.8 ms (üst sınır)
Median ve ulnar, duysal dAMP	10 µV (alt sınır)
Median, motor DL	4.5 ms (üst sınır)
Ulnar, motor DL	4.0 ms (üst sınır)
Median ve ulnar, motor dAMP	7.0 mV (alt sınır)
Median ve ulnar, motor SİH	45 m/s (alt sınır)

Bütün yaş gruplarında (her iki cinsiyette) sinir iletim parametreleri ile yaş arasındaki korelasyon'a bakıldı. Sonuç olarak;

- Yaş ile median sinir motor DL'ları arasında doğru ilişki olduğu gözlemlendi. Bu ilişki istatistiksel olarak çok anlamlı bulundu ($r = 0.248$, $P < 0.001$)

- Yaş ile median sinir motor iletim hızları arasında ters ilişki gözlemlendi. Bu ilişki, istatistiksel olarak çok anlamlı bulundu. ($r = 0.414$, $P < 0.001$)

- Yaş ile median sinir duysal dAMP'leri arasında ters ilişki gözlemlendi. Bu ilişki, istatistiksel olarak çok anlamlı bulundu. ($r = 0.513$, $P < 0.001$)

- Yaş ile ulnar sinir motor DL'ları arasında doğru ilişki olduğu gözlemlendi. Bu ilişki, istatistiksel olarak anlamlı bulundu. ($r = 0.136$, $P < 0.005$)

- Yaş ile ulnar sinir motor iletim hızları arasında ters ilişki gözlemlendi. Bu ilişki, istatistiksel olarak çok anlamlıydı. ($r = 0.297, P < 0.001$)

- Yaş ile ulnar sinir duysal dAMP'leri arasında ters ilişki gözlemlendi. Bu ilişki, istatistiksel olarak çok anlamlı bulundu. ($r = 0.351, P < 0.001$)

- Ayrıca yaş ile median ve ulnar sinirin motor dAMP'leri arasında da ters ilişki olduğu gözlemlendi ancak bu ilişki istatistiksel olarak anlamsızdı.

Cinsiyet ile sinir iletim parametreleri arasındaki ilişki ise şöyle gözlemlendi:

- Median sinir motor DL değerleri erkeklerde, kadınlara göre daha fazla bulundu. Bu farklılık istatistiksel olarak daha anlamlıydı. ($T = 2.91, P < 0.01$)

- Median sinir duysal dAMP değerleri kadınlarda, erkeklere göre daha fazlaydı. Bu farklılık istatistiksel olarak çok anlamlı bulundu. ($T = 4.59, P < 0.001$)

- Ulnar sinir motor DL değerleri erkeklerde, kadınlara göre daha fazlaydı. Bu farklılık istatistiksel olarak daha anlamlı bulundu. ($T = 3.47, P < 0.01$)

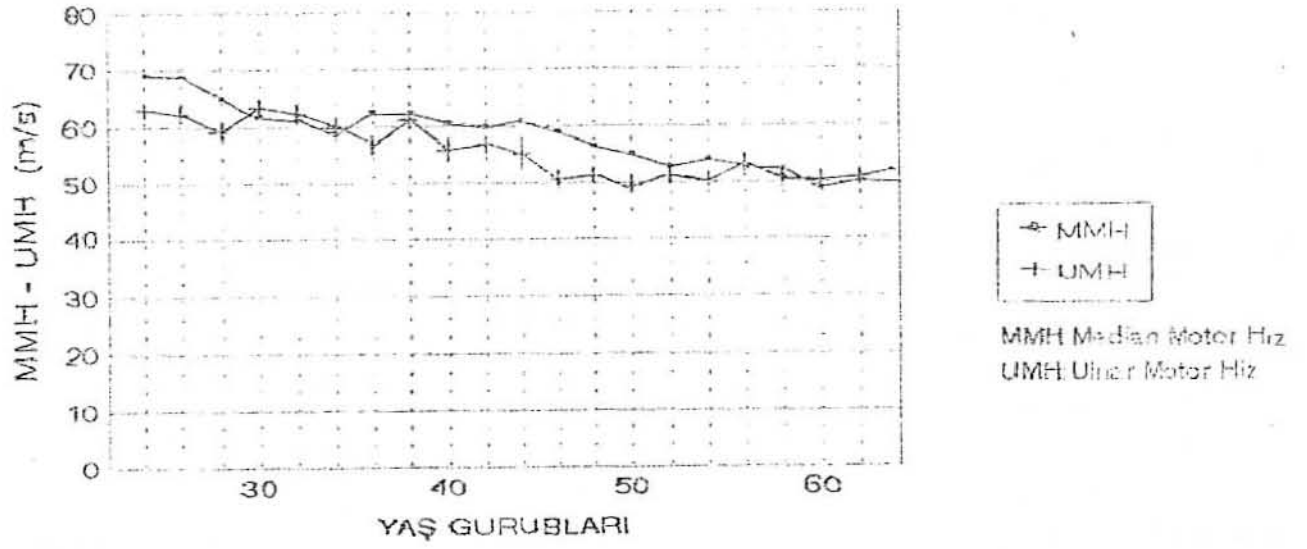
- Ulnar sinir motor iletim hızı değerleri kadınlarda, erkeklere göre daha fazlaydı. Bu farklılık istatistiksel olarak daha anlamlı bulundu. ($T = 2.76, P < 0.01$)

- Ulnar sinir duysal dAMP değerleri kadınlarda, erkeklere göre daha fazlaydı. Bu farklılık istatistiksel olarak çok anlamlı bulundu. ($T = 6.94, P < 0.001$)

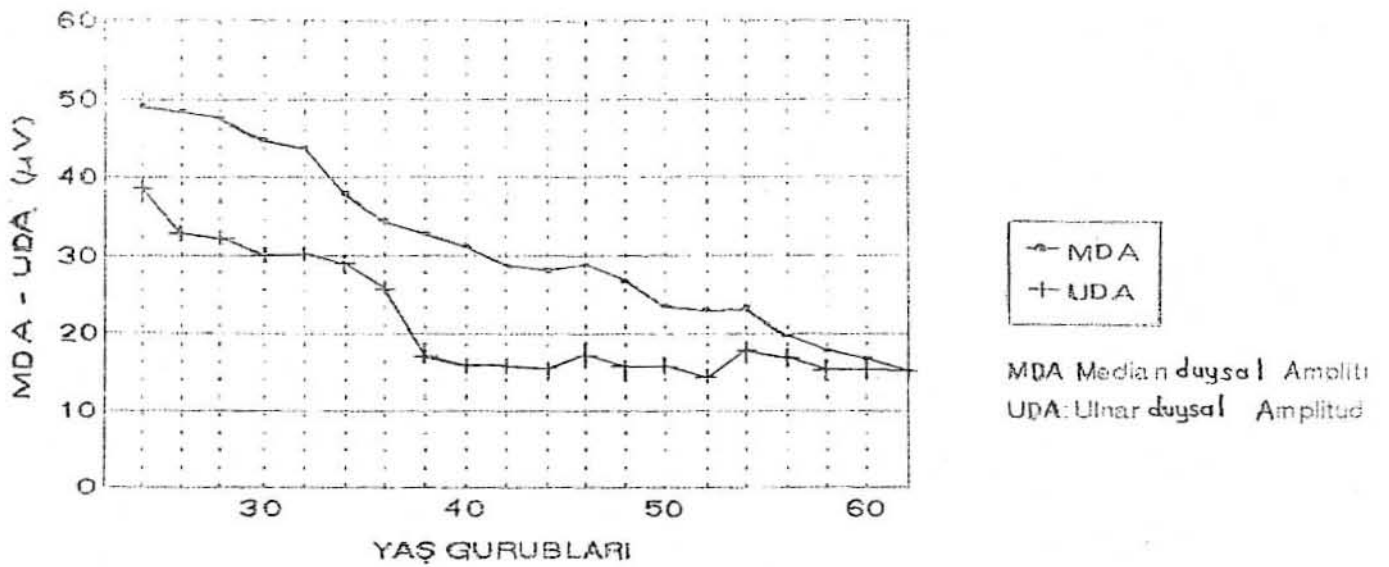
- Ulnar sinir duysal DL değerlerinin erkeklerde, kadınlara göre daha fazla olduğu gözlemlendi. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulundu. ($T = 2.49, P < 0.05$)

Diğer sinir iletim parametreleri ile cinsiyet arasında istatistiksel olarak başka anlamlı farklılıklar gözlenmedi. Ayrıca veriler, baskın el ile sinir iletim parametreleri arasında herhangi bir ilişkiyi göstermek için istatistiksel olarak yetersizdi.

Sonuç olarak ortalama $\pm 2SD$ formülünü kullanarak median ve ulnar sinir iletimleri için normal sınırlarımızı aşağıda tablo 9'da görüldüğü şekilde düzenledik. Bu tablodaki bazı rakamlar günlük pratik kullanımda hafızada daha kolay kalması amacıyla yuvarlaklaştırıldı.



Şekil 13: Median ve ulnar sinirin motor hızları ile yaş arasındaki ilişki



Şekil 14: Median ve ulnar sinirin duysal amplitüdüleri ile yaş arasındaki ilişki

TARTIŞMA

Oh, her EMG laboratuvarının kullandıkları kendi özel tekniklerine göre, sinir iletim değerlerinin normal sınırlarını kendilerinin belirlemesini önermektedir. Tablo 10 ve 11'de gösterildiği gibi çeşitli laboratuvarlar tarafından verilen farklı sinir iletim sınırları bunun gerçekten ne kadar gerekli olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. Hatta sinir iletim çalışmalarında aynı tekniği kullanan laboratuvarların sonuçları arasında dahi farklılıklar görülebilir.

Tablo 10: Çeşitli yazarlar tarafından bildirilen median ve ulnar motor sinir iletim hızı değerleri

Yazarlar		Median	Ulnar
Norris ve ark. (107).	(1953)	----	58.1±4.6
Johnson and Olsen (108)	(1960)	53.0±6.4	55.1±6.4
Melvin ve ark. (109)	(1966)	56.9±4.2	57.0±4.7
Jebsen (110)	(1967)	55.1±5.2	59.4±5.3
Checkles. (111)	(1971)	----	62.5±4.5
Alfred ve ark. (112)	(1972)	56.9±4.9	----
Lanese ve ark. (113)	(1973)	----	56.7±3.8
Ertekin (10)	(1977)	58.0±0.3	59.0±0.2
Kraft and Halverson (114)	(1983)	59.9±5.1	----
Perez ve ark. (79)	(1986)	61.9±5.6	63.3±6.1
Lucci (74)	(----)	55.3±3.4	57.7±3.5
Kimura (70)	(1989)	57.7±4.9	58.7±5.9
Baysal ve ark. (12)	(1989)	58.9±4.6	62.9±6.5
Falco ve ark. (3)	(1992)	54.6±5.8	59.8±5.1
Oh (115)	(1993)	58.7±4.4	61.2±5.2
Hennessey ve ark. (5)	(1994)	59.5±4.4	63.0±4.8

Tablo 11: Benzer sinir iletim teknikleriyle yapılan çalışmalarda bildirilen median ve ulnar distal latanslar

Yazarlar	Yıl	Median		Ulnar	
		Motor	Duysal	Motor	Ulnar
Melvin ve ark. (109)	(1966)	3.7±0.3	3.2±0.3	3.2±0.2	3.2±0.3
Johnson and Melvin (116)	(1967)	---	3.0±0.4	---	2.6±0.4
Johnson ve ark. (117)	(1981)	---	3.1±0.2	---	3.0±0.3
Perez ve ark. (79)	(1986)	3.3±0.4	3.3±0.4	2.7±0.3	3.2±0.4
De Lisa (118)	(1987)	3.7±0.3	3.2±0.2	3.2±0.5	3.2±0.2
Kimura (70)	(1989)	3.5±0.3	2.8±0.3	2.6±0.4	2.5±0.3
Falco ve ark. (3)	(1992)	3.6±0.6	2.9±0.4	2.7±0.3	2.7±0.3
Hennessey ve ark. (5)	(1994)	3.2±0.4	2.5±0.2	2.6±0.3	2.4±0.2
Lucci (74)	(---	3.7±1.5	---	2.9±1.5	---

*: Duysal distal latansler uyarı artefaktı ile uyarılma potansiyelinin başlangıç noktası arasında ölçülmüştür.

Bu çalışmada, tamamen sağlıklı erişkin popülasyonda median ve ulnar sinir iletim parametrelerini inceledik ve elde ettiğimiz sonuçları daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırdık. Çalışmamızda elde ettiğimiz ortalama median ve ulnar sinir motor iletim hızları literatürde bildirilen sinir iletim hızlarına oldukça benzerlik gösterirken, DL değerlerimizin benzer teknikle yapılan diğer çalışmaların ortalama DL değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlendi. DL'deki bu uzamanın çalışmamızda ekstremitenin cilt ısısının birden fazla bölgede kontrol edilmeyişinden kaynaklanabileceği düşünüldü. Zira biz cilt ısısını sadece ön koldan ölçtük oysa diğer çalışmalarda cilt ısısı ön koldan başka ayrıca parmak ve avuç içinden de ölçülmüştü.

Yaş, cinsiyet, boy ve vücut ağırlığının sinir iletim parametreleri üzerine olan etkileri konusunda çeşitli görüşler mevcuttur. Boy ile SİH arasında herhangi bir ilişki bulunmadığını ileri süren araştırmacıların yanı sıra, boy ile motor SİH'ı arasında negatif ilişki olduğunu ileri süren araştırmacılar da mevcuttur (10, 55, 119, 120). Chambell ve Robinson, boy uzunluğunun sinir iletim hızı üzerindeki etkisinin yaş ve ısı faktörlerine göre daha fazla olduğunu ileri sürmüştür (121). Yine Stetson ve arkadaşları (4) bizimle aynı tekniği kullanarak 105 sağlıklı bireyde yaptıkları çalışma sonunda adayların boy uzunluğu ile median, ulnar ve sural sinir duysal dAMP'leri arasında negatif bir ilişki, duysal DL'ler arasında ise pozitif ilişki olduğunu tesbit etmişlerdir. Bazı araştırmacılar da ekstremiteler uzunlukları ile sinir iletim parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarında alt ekstremitelerde bacak uzunluğu ile SİH'ları arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu

gözlemişlerdir. Bu yazarlara göre bunun nedeni boy arttıkça distal sinir çapının giderek incelenmesi idi. (120, 122,123)

Robinson ve arkadaşları (124) yaş ortalamaları 60.2, boy ortalamaları 167 cm. olan 54 sağlıklı erkekle yaş ortalamaları 62.2, boy ortalamaları 153 cm. olan 62 sağlıklı kadın adaylar arasında cinsiyet ile median, ulnar, sural, peroneal ve tibial sinir iletim parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yaptılar. Çalışma sonunda median motor hız hariç, diğer bütün SİH'ları ve duysal dAMP'lerin kadınlarda daha fazla olduğunu gözlediler. Ancak bu yazarlar, adaylar arasındaki boy farklılığını ortadan kaldırdıklarında, sinir iletim hızlarında görülen bu farklılık ortadan kalkarken, duysal dAMP'ler arasındaki farklılığın devam ettiğini gözlediler. Çalışma sonunda bu yazarlar kadın ve erkek arasında görülen SİH'ı farklılığının aslında cinsiyetten ziyade, kadın ve erkek adaylar arasındaki boy farklılığından kaynaklandığı görüşüne vardılar.

Yaptığımız bu çalışma sonunda yaş faktörünün median ve ulnar sinirlere ait bazı sinir iletim bulguları üzerinde oldukça etkili olduğunu gözledik. En göze çarpıcı etki ise median ve ulnar motor SİH'ları ve duysal dAMP'lerde gözlendi. Yaş ile birlikte motor SİH'ı ve duysal dAMP'lerde belirgin bir düşüş gözlenirken, motor DL'larda artış olduğu gözlendi.Çalışmamızda yaş faktöründen median sinirin ulnar sinire göre daha fazla etkilendiğini ve yaş ile birlikte motor SİH'ı ve duysal dAMP'lerde görülen bu azalmanın özellikle beşinci dekattan itibaren daha çarpıcı olarak ortaya çıktığını gözledik.

La Fratta ve arkadaşları da (76) yaptıkları çalışmalarında yaş ile motor DL arasında doğru ilişki tesbit etmişlerdir. Downie ve Newel (125) ise çalışmalarında yaşın ilerlemesiyle birlikte motor SİH'larında görülen azalmanın ulnar sinirde daha belirgin olarak ortaya çıktığını ve bunun her dekad için yaklaşık 4 m/s olduğunu tesbit etmişlerdir. Aynı şekilde Neary ve arkadaşları da (126) yaşın ilerlemesi ile birlikte duysal dAMP'lerde bir azalma gözlendiğini ve bu azalmanın ulnar sinirde daha belirgin olarak ortaya çıktığını tesbit etmişlerdir. Bu yazarlara göre bunun nedeni, ulnar sinirde yaşın ilerlemesi ile birlikte kübital tunel içinde daha fazla mikrotravmalara maruz kalması sonucu ortaya çıkan demiyelinizasyondur. Lucci'de (74) çalışmasında özellikle median sinirde daha belirgin olmak üzere median ve ulnar motor SİH'larının beşinci dekattan sonra giderek azaldığını gözlemiştir. Bu, bizim sonuçlarımıza oldukça benzerlik göstermekteydi.

Falco ve arkadaşları (3) yaşları 60-95 arasında değişen sağlıklı yaşlılarda bizimle aynı tekniği kullanarak yaptıkları çalışmalarında yaş ile birlikte SİH, duysal dAMP ve DL

değerlerinde görülen bu değişikliklerin üçüncü dekad'dan sonra giderek arttığını gözlemişlerdir.

Hennessey ve arkadaşları (5) yaşları 19-43 arasında değişen tamamen sağlıklı 44 denekte bizimle tamamen aynı tekniği kullanarak yaptıkları çalışmalarında yaşla birlikte sinir iletim parametrelerinde gözlenen değişikliklerin en fazla median sinirde ortaya çıktığını ve özellikle de median sinirin duysal dAMP'nün en fazla etkilendiğini tesbit ettiler. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımıza oldukça benzerlik göstermekteydi. Hennessey ve arkadaşları median sinirde gözlenen bu değişiklikleri yaş ile birlikte median sinirin karpal tünel içinde daha fazla subklinik mikrotravmalara maruz kalmasına bağladılar.

Stetson ve arkadaşları da (4) çalışmalarında yaş ile median ve ulnar sinir iletim hızları ve duysal dAMP'leri arasında negatif ilişki olduğunu ve her dekad için SİH'larının 1m/s, duysal dAMP'lerin yaklaşık 5µV düştüğünü tesbit etmişlerdir.

Wagman ve Lesse'de (127) çalışmalarında ulnar motor SİH'nın 4. dekaddan sonra giderek azaldığını ve 60 yaşından sonra bu azalmanın yaklaşık %10 olduğunu tesbit etmişlerdir.

Oh (11), özellikle 60 yaşın üzerindeki kişilerde sinir iletim çalışmalarının sonuçları yorumlanırken yaş faktörünün mutlaka göz önünde bulundurulmasını ve motor SİH'ları hesaplanırken her dekad için motor SİH'ı değerlerine 1, duysal SİH'ı değerlerine ise 2 ilave edilmesini önermektedir.

Lin ve arkadaşları (72) yaşları 18-50, boyları 138-180cm ve cilt ısıları 29-33 °C arasında değişen 50'si erkek, 18'i kadın toplam 68 sağlıklı Çinli'de yaptıkları çalışmalarında yaş ile motor SİH'ı ve duysal ve motor dAMP'ler arasında negatif bir ilişki gözlerken, cinsiyet ve ısı ile sinir iletim parametreleri arasında bir ilişki bulamamışlardır. Ancak biz bunun, çalışmada kullanılan kadın ve erkek adayların sayılarının birbirinden çok farklı olmasından ve cilt ısılarının birbirine çok yakın olmasından kaynaklanabileceğini düşündük. Yaş ile birlikte sinir iletim bulgularında (özellikle SİH'ı ve duysal dAMP'lerde) ortaya çıkan bu değişiklikler daha öncede bir çok araştırmacılar tarafından benzer şekilde bildirilmiştir. (3-5,17,109,128,129)

Melvin ve Harris (6) yaşları 16-69 arasında değişen 47 sağlıklı bireyde bizimle aynı tekniği kullanarak yaptıkları sinir iletim çalışmalarında motor SİH'larının alt sınırını median sinir için; 40 yaş üzerindeki erişkinlerde, ulnar sinir için; her yaştaki erişkinlerde 45 m/s olarak bildirirlerken, De Lisa (118) median ve ulnar motor SİH'ları için alt sınırı 47 m/s

olarak bildirmiştir. Lenman (130) ise median motor SİH'nın alt sınırını 45.6 m/s, ulnar motor SİH'nın alt sınırını 42.4 m/s olarak bildirmiştir. Bu sonuçlar görüldüğü gibi bizim median ve ulnar motor SİH'ları için belirlediğimiz alt sınır değerine oldukça benzerlik göstermektedir.

David E. Hoffman (18) Karpal Tunel Sendromu ile ilgili yaptığı çalışmasında median sinir duysal DL'nin üst sınırını 3.5 ms olarak bildirmiştir. Bu değer, bizim median sinir duysal DL için belirlediğimiz üst sınıra göre biraz fazlaydı, ancak bu farklılığın duysal sinir iletim çalışmasında kullanılan tekniklerin farklılığından kaynaklanabileceğini düşündük. C. Ertekin ve arkadaşları (10) ise; median sinir motor DL'nin üst sınırını 4.7 ms, ulnar sinir DL'nin üst sınırını ise 4.2 ms, olarak bildirmiştir. Oh (32), median ve ulnar sinir duysal dAMP'lerinin alt sınırını 10 μ V olarak bildirmiştir. Bu, bizim sonucumuzla tamamen aynıdır.

Yaşın sinir iletim bulguları üzerine olan söz konusu etkilerinin yanı sıra cinsiyetin sinir iletim bulguları üzerine olan etkisi konusunda da çeşitli görüşler mevcuttur. Cinsiyet ile SİH'ı arasındaki ilişki ilk olarak 1964'te La Fratta ve Smith (78) tarafından gösterilmiştir. Bu yazarlar ulnar motor SİH'nın kadınlarda erkeklerden daha fazla olduğunu tesbit etmişlerdir. Aynı şekilde başka yazarlarda SİH'larının kadınlarda daha fazla olduğunu ileri sürerlerken (131), bazıları da SİH'larının erkeklerde daha fazla olduğunu ileri sürmüşlerdir (132). Kimi yazarlar ise kadın ve erkek arasında sinir iletim hızları yönünden bir fark olmadığını ileri sürmüşlerdir (133). Bazı yazarlar ise cinsiyetin SİH'ları üzerine tek başına bir etkisinin olmadığı görüşündedirler (120).

Bu çalışmamızda kadın ve erkek arasında, en belirgin farklılık median ve ulnar duysal dAMP'lerde ve motor DL'larda gözlemlendi. Duysal dAMP değerleri kadınlarda, motor DL değerleri ise erkeklerde daha fazlaydı. Cinsiyetin özellikle duysal dAMP'ler üzerindeki bu etkisi benzer şekilde Bolten ve Carter (134, 135), Stetson ve arkadaşları (4) ve Hennessey ve arkadaşları (122) tarafından da bildirilmiştir. Stetson ayrıca ulnar motor SİH'nı kadınlarda daha fazla bulmuştur. Bizde çalışmamızda ulnar motor SİH'nı kadınlarda daha fazla bulduk. Bu yazarlar ulnar motor SİH'ı dışında kadın ve erkek arasında gözlenen bu farklılığın tek başına cinsiyetin direkt etkisinden ziyade parmak çapları arasındaki farklılıktan kaynaklanabileceğini ileri sürdüler. Bu yazarlar aynı cinsiyetteki bireyler arasında parmak çapı ile duysal dAMP arasında ters ilişki olduğunu gözlediler. Zira parmak çapının artması ile birlikte dijital sinirler ile yüzük elektrodlar arasındaki mesafenin de artması sonucu kaydedilen sinir uyarılma potansiyellerinin amplitüdüleri azalır. Bu hipotez oldukça mantıklı

görülmektedir. Günlük rutin kullanımda parmak çapının ölçülmesi pratik olmamakla birlikte sinir iletim çalışmaları sırasında küçük amplitüd değerleri ile karşılaşıldığında bunun parmak çapından da kaynaklanabileceği akla getirilmelidir.

Falco ve arkadaşlarının (3) bizimle aynı metodu kullanarak yaptıkları cinsiyet ile sinir iletim parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarından elde ettiği sonuçlar, bizim sonuçlarımızla tamamen aynı idi. Falco median ve ulnar duysal dAMP ve ulnar motor SİH değerlerini kadınlarda daha fazla bulurken, ulnar ve median motor DL ve ulnar duysal DL değerlerini erkeklerde daha fazla bulmuşlardır. Falco ve arkadaşları aynı zamanda cinsiyetin sinir iletim parametreleri üzerinde yaşa göre daha fazla etkili olduğunu gözlediler. Biz, çalışmamızda yaş ve cinsiyetin median ve ulnar sinir iletim bulguları üzerindeki etkilerinin birbirine yakın olduğunu gözledik. Aynı şekilde Hennessey ve arkadaşları da (5,122) bizimle tamamen aynı metodu kullanarak yaptıkları çalışmalarında median ve ulnar duysal dAMP ve ulnar motor SİH değerlerini kadınlarda daha fazla bulurken (ulnar motor SİH kadınlar da 61.4 m/s, erkekler de 57.6 m/s) median ve ulnar motor DL değerlerini erkeklerde daha fazla bulmuşlardır. Görüldüğü gibi Hennessey ve arkadaşlarının sonuçları da bizim sonuçlarımızla oldukça benzerlik gösterdi.

Sinir ileti çalışmalarının normal sınırlarıyla ilgili olarak laboratuvarlar arasındaki mevcut farklılıklar göz önünde bulundurulduğunda her elektrodiagnoz laboratuvarının kullandığı kendi standart tekniğine göre kendi normal sınırlarını tesbit ederek, çalışmalarında bu değerleri esas almalarının daha doğru bir yaklaşım olacağı kanaatindeyiz.

ÖZET

Sinir iletim çalışmaları, özellikle periferik sinir hastalıkları başta olmak üzere bir çok nöromusküler hastalığın tanısı, yapısının, tipinin, lokalizasyonunun, şiddetinin ve akıbetinin belirlenmesinde ve takibinde oldukça değerli bilgiler verir. Günümüzde Sinir İletim Çalışmaları elektrodiagnostik tıpta rutin olarak kullanılmaktadır. Klinikte hastaların daha iyi değerlendirilebilmeleri ve karpal tunnel sendromu gibi diğer periferik basınç nöropatileriyle ilgili yapılan epidemiyolojik çalışmalarda kullanılmak üzere veri tabanlarının oluşturulabilmesi için normal sinir iletim değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu amaçla yapılan sinir iletim çalışmalarının sonuçlarının doğru ve daha güvenilir olabilmesi ve elde edilen verilerin daha doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için yeterli sayıda sağlıklı denek ve standart tekniklerin kullanılması, adayların cilt ısılarının iyi kontrol edilmesi ve ayrıca adayların yaş, cinsiyet, boy ve parmak çapları gibi antropometrik özelliklerinde hesaba katılması gerekir.

Bu çalışmada yaşları 20-74 arasında değişen 101'i erkek, 107'si kadın olmak üzere toplam 208 tamamen sağlıklı olan gönüllü adaylarda her iki üst eksemite de median ve ulnar sinir iletim çalışmalarında kullanılmak üzere kendi normal sınırlarımızı belirledik. Ayrıca yaş ve cinsiyet gibi fizyolojik faktörlerin sinir iletim değerleri üzerindeki etkisini de araştırdık. Bu çalışmada sonuç olarak yaşın ilerlemesiyle birlikte median ve ulnar motor sinir iletim hızlarında ve duysal distal amplitüdülerinde azalma gözlenirken, motor distal latanslarda uzama gözlemlendi. Median sinir, ulnar sinire göre yaş faktöründen daha fazla etkilendi. Median ve ulnar sinir duysal distal amplitüdüleri ve ulnar motor sinir iletim hızları kadınlarda daha fazla bulunurken, median ve ulnar sinir motor distal latansları ve ulnar duysal distal latansı erkeklerde daha fazla bulundu. Bu çalışmada, yaş ve cinsiyetin median ve ulnar sinir iletim parametreleri üzerine olan etkilerinin yaklaşık aynı olduğu gözlemlendi.

SUMMARY

The nerve conduction studies yield highly valuable knowledge in the determination of the diagnosis, nature, type, localization, severity and the prognosis and follow-up many neuromuscular diseases especially peripheral nerve disease at the first. Today, the nerve conduction studies are used routinely in electrodiagnostic medicine. In clinic, for better evaluation of patients and use in epidemiological studies related to the peripheral compressive nerve lesions like the carpal tunnel syndrome, normal nerve conduction values should be known for creation of data basis. For this purpose, for being correct and confident electrodiagnostic studies and for better criticizing data obtained the anthropometric characteristics like enough number of healthy case and the usage of standard technique, good control of skin temperature, age sex, height and finger diameter of case.

In this study, we pointed out the normal limits for bilateral median and ulnar nerve conduction belonging to totally 208 healthy volunteers, 101 male, 107 female and age range of 20-74 years. We examined the effect of physiological factors such as age and sex on nerve conduction values. As a result in the study, with getting older, while median and ulnar motor nerve conduction velocities and sensorial distal amplitude decreased, motor distal latencies were observed to be prolonged. The median nerve was affected less by age in accordance with the amplitudes and ulnar motor nerve conduction velocities were high in women, whereas the median and the ulnar nerve motor distal latencies and the ulnar sensorial distal latencies were high in male. In this study, the effects of sex and age on median and ulnar nerve conduction parameters were observed to be approximately the same.

KAYNAKLAR

1. Beyazova M. Elektrodiagnoz. Oğuz H. Tıbbi Rehabilitasyon. Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul; 1995:149-63.
2. Arman Mİ. Elektroterapi. Oğuz H. Tıbbi Rehabilitasyon. Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 1995:251-64.
3. Falco FJE, Hennessey WJ, Braddom RL, et al. Standardized nerve conduction studies in the upperlimb of healthy elderly. *Amj Phys Med Rehabil* 1992. (71). 263-71.
4. Stetson DS, Albers JW, Silverstein BA, et al. Effects of age, Sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures. *Muscle&Nerve* 1992;15:1095-104.
5. Hennessey WJ, Falco FJE, Braddam RL. Median and ulnar nerve conduction studies: Normative data for young adults. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; (75):259-64.
6. Melvin JL, Harris DH et al. Sensory and motor conduction velocities in the ulnar and median nerves. *Arch Phys Med Rehabil* 1966,511-19.
7. Kraf JGH. Electro myography. *Phys Med Rehabil Clin. North Am.* 1990; 1(1):1-15.
8. Kraft GH: Fibrillation potential amplitude and muscle atrophy following peripheral nerve injury: 1989 AAEE International symposium on peripheral nerve regeneration. *Muscle Nerve. Special Issue, September 1990.*
9. Leonard JA. Electrodiagnostic Studies and the Evaluation of Peripheral neuropathies. *Phys Med Rehabil Clin. North Am.* 1990;1(1):91-99.
10. Ertekin C: Klinik Elektro myografi. Ege Üniversitesi Matbaası; İzmir, 1977.
11. Oh SJ. Physiological Factors Affecting Nerve Conduction. *Clinical electromyography Nerve Conduction studies.* 2 nd ed. Baltimore; Williams &Wilkins, 1993:297-332

12. Baysal AI, Kuruoğlu R, Beyazova M. Normal popülasyonda sinir iletim değerleri. *Nörol Bil D* 1989; 9-15.
13. Johnson EW, Olsen KJ. Clinical value of motor nerve conduction velocity determination. *JAMA* 1960; 172: 2030-5.
14. Erlanger, J., and Gasser, A. S.: Compound nature of Action current of Nerve as disclosed by Cathode ray oscilloscope, *Am. J. Physiol.* 70: 624-666 (Nov.) 1927.
15. Mason A: Historical Perspective: Electrotherapy and neurology. *Physiotherapy* 79:98, 1993.
16. Dawson CD: The relative excitability and conduction velocity of sensory and motor nerve fibres in man. *J Physiol (Lond)* 131: 436, 1956.
17. Dowinie, A.W., and Newell, D. J. : Sensory nerve Conduction in patients with Diabetes Mellitus and Controls. *Neurology (Minneapolis)* 11: 876-882 (Oct) 1961.
18. Hoffmann De. Carpal tunnel syndrome: Importance of sensory nerve conduction studies in diagnosis. *JAMA*, 1975; 233:983-84.
19. Koçbeker A, Oğuz H. Periferik sinir sistemi anatomi ve fizyolojisi. Oğuz H. *Tıbbi Rehabilitasyon. Nöbet tıp kitabı*, 1995: 69-84
20. Gardner E, Bunge RP: Gross anatomy of the Peripheral nervous system. Dyck PJ, Thomas Pk (Eds): *Peripheral neuropathy Philadelphia, W.B. Saunders Co.* 1993 pp 22-23
21. Oh SJ. Anatomical guide for common nerve conduction studies In: oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies. 2 nd ed.* Baltimore; Williams&Wilkins, 1993: 56-77.
22. Ertekin C: *Nörolojide Fizyopatoloji ve Tedavi.* İzmir, Bilgehan Matbaası. 1987
23. Ganong WF; *Review of Medical Physiology, New Jersey, Prentice-Hall International Inc.* 1993 pp 43-55
24. Oh SJ. Anatomical. and physiological basis for electromyography studies. In: oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies. 2 nd ed.* Baltimore; Williams & Wilkins, 1993. 3-14.
25. Daube J. Nerve Conduction Studies, In: Aminoff MJ, ed. *Electrodiagnosis in clinical neurology.* 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1986:265-306

26. Lowitzsch K, Horpf HC; Gallard J.Changes of sensory conduction velocity and refractory periods with decreasing tissue temperature in man. *J. Neurol* 1977; 216: 180-186
27. Guyton, AC. *Tıbbi Fizyoloji*. Guyton AC. *Sinir Sistemi Fizyolojisi Çeviri Editörü Gökhan N, Çavuşoğlu Ha İstanbul; Nobel Tıp kitapevi 1986: 779-798*
28. Berrak Ç, Kurtel H. *Sinir ve kas hücrelerinin fizyolojisi*. Ganong WF. (ed) *Ganong Tıbbi Fizyoloji*. 16. baskı Çeviri editörü; Doğan A. İstanbul; Barış kitabevi, 1995:
29. Johnson EW, Wiegner D. *Electrodiagnostik* In: Kottke FJ, Stillwell GK, Lehmann JF (ed). *Krusen'in Fiziksel tıp ve Rehabilitasyon El kitabı*.Nobel Tıp Kitabevi; 1988: 42-67.
30. Johnson EW. Why and how to request an electro diagnostic examination and what to expect in return. *phys Med Rehabil clin North Am*. 1990; 1: 149-85.
31. Ma DM. Recording of nerve and muscle action potentials. *Phys Med Rehabil Clin North Am*. 1990; 1: 17-26.
32. Oh SJ. Nerve conduction techniques. In: oh SJ (ed). *Clinical Electro myography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 39-55.
33. Oh SJ. General concepts of Electrodiagnostic studies in neuro muscular disease. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography by Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1973: 15-25.
34. Swash M. Schwartz M. S. *Neuromuscular diseases*. A. Practical approach to diagnosis and Management (2nd ed) London; Springer - Verlag, 1988: pp 15-39,, 127-228
35. Oh SJ. Nerve Conduction in polyneuropathies. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 575-64.
36. Wilbourn Aj, Aminoff MJ: AAEE Minimonograph No. 32: The electrophysiologic examination in patients with radiculopathies, *Muscle Nerve* 11: 1099, 1988
37. Spindler HA, Felsenthal G. Electrodiagnostic evaluation of acute and chronic radiculopathy. *Phys Med Rehabil Clin North Am*. 1990; 1: 53-68.
38. Kahn J, Weber R. Carpal tunnel syndrome and other focal compression neuropathies. *Phys Med Rehabil Clin North Am*. 1990; 1: 69-89.

39. Khatri B, Baruah J, McQuillen P: Correlation of electromyography with computed tomography in evaluation of lower back pain. *Arch Neurol* 41:594-597, 1984
40. Oh SJ. Somatosensory Evoked Potentials in peripheral nerve lesions. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 447-78.
41. Oh SJ. Traumatic Peripheral Nerve injuries. In: Oh SJ (ed) *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 665-80.
42. Oh SJ. Nerve Conduction in focal neuropathies. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 496-74.
43. Fu R, DeLisa J, Kraft GH: Motor nerve latencies through the tarsal tunnel in normal adult subject: standard determinations corrected for temperature and distance. *Arch Phys Med Rehabil* 61: 243, 1980
44. Kraft GH, Halvorson GA: Median nerve residual latency: Normal value and use in diagnosis of carpal tunnel syndrome, *Arch Phys Med Rehabil* 64: 221-226, 1983
45. Rossi S, Giannini F et al. Sensory neural conduction of median nerve from digits and palm stimulation in carpal tunnel syndrome. *Electroencephalogr-clin Neurophysiol*. 1994; 93 (5): 330-4.
46. Slimp JC, Robinson, L, Kraft GP et al; Bolakobehbonş evomer qokehkiayb (BEPs) in cord and root diseases. *West J Med* (in press)
47. Oh SJ. Magnetic and Kingh-Voltage/low - Impedance electrical stimulation tests. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1993: 406-46.
48. Bölükbaşı N, Karataş M, Beyazova M. Sağlıklı popülasyonda ardısıra sinir uyarım testi sonuçları. *Romatizma. Romatizma araştırma ve savaş derneği*. 1995; 10: 9-12.
49. Mac Lean IC. Neuro muscular transmission. *Phys Med Rehabil Clin North Am*. 1990; 1: 43-52.
50. Braddom RI. Electrodiagnosis in patients with widespread weakness. *Phys Med Rehabil Clin North Am*. 1990; 1: 121-30.
51. Ginzburg M, Lee M et al. Median and ulnar nerve conduction determinations in the Erb's point-axilla segment in normal subjects. *J. Neurol-Neurosurg-Psychiatry*. 1978; 41 (5): 44-8.

52. Hamamcı N, Dursun E. Fonksiyonel nöromusküler stimülasyon. Oğuz H. Tibbi Rehabilitasyon. Nobel Tıp kitabevi, 1995: 265-73.
53. Kimura J. Nerve Conduction Studies and Electromyography In: dyck P. J, Thomas P K, Lambert E H, Bunge Runge R (Eds) Peripheral Neuropathy 2 nd ed .Philadelphia: W B Saunders Company, 1984; pp 919-966
54. Waxman SG; Determinants of conduction velocity in myelinated nerve fibers Muscle Nerve 3; 141-150, 1980
55. Ball DR. Electro diagnostic Evalu ation of the peripheral Nervous System In: De Lisa JA. (ed). Rehabilitation Medicine 2nd. ed J. B Lippin cott Company. Philadelphia; 1993: 269-307
56. Killan JM. Electromyography. In Rolak LA. (ed). Neurology secrets.phila delphia; Hanley-Belfus inc. 1993: 387-92.
57. Taylor R G, Fowler W M. Electrodiagnosis of Musuculoskeletal disorders. In: D'Ambrosia R D (Ed) ·Musculoskeletal disorders. Regional exemination and Differential diagnosis. Philadehphia; J B Lippincott Company, 1989; pp 56-92
58. Oh SJ. Nonphysiological factors affecting nerve conduction. In: Oh SJ (ed). Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 277-96.
59. Sheffner JM , Dawson MD; The use of sensory action potentials in the diagnosis of peripheral nerve disease. Arch Neurol 47: 341-348, 1990
60. Oh SJ. Inter pretation of nerve conduction data. In: Oh SJ (ed). Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 470-95.
61. Hammer K. Nerve conduction studies. springfield: Charles C Thomas 1982
62. Buchthal F, Rosenflack A: Evoked action potentials and conduction velocity in human sensory nerves, Brain Res 3: 1, 1966
63. Rosnfalck A. early recognition of nerve disorders by near nerve recording of sensory action potentials Muscle, Nerve 1978; 1: 360-367
64. Shefner JM, Dawson DM. The use of sensory action potentials in the diagnosis of peripheral nerve disase. Arch Neurol 1990; 47; 341-348
65. Chassin SL, Little JW, De Lisa JA. Compound nerve action potentials from the median and ulnar nerves. Arch Phys Med Rehabil (USA) 1987; 68 (1): 31-5.

66. Kimura J: A. Comment on clinical value and limitations of F-wave determination Muscle Nerve 1-250, 1978
67. Wertsch JJ. Polyradiculo pathy and plexopathy. Phys Med Rehabil Clin North Am. 1990; 1: 101-19.
68. Sabbahi MA, Khalil M: Segmental H- reflex studies in upper and lower limbs of patients with radiculopathy, Arch Phys Med Rehabil 71: 223-227, 1990
69. Braddom RL; Johnson EW: Standardization of H-reflex diagnostic value in polyradiculopathy and B1 radiculopathy. Arch Phys Med Rehabil 55: 161-166, 1967
70. Kimmura J. Electrodiagnosis in diseases of Nerve and Muscle Principles and Practice. 2nd ed. Philadelphia; F. A. Davis, 1988
71. Dere F: Nöroanatomi ve Fonksiyonel Nöroloji Okullar Pazarı Kitapevi Adana 1990
72. Lin KP, Chan MH, et al. Nerve Conduction Studies in healthy Chinese: Correlation with age, sex, height and skin temperature. Chung Hua Hsueh Tsa chin. (TAIWan) 1993; 52 (5): 293-7.
73. Falco FJ, Hennessey WJ, et al. Standardized nerve conduction studies in the lower limb of the healthy elderly. Am J Phys Med Rehabil 1994; 73 (3): 168-74.
74. Lucci RM. The effects of age on motor nerve conduction velocity. Physical Therapy, 71: 973-76.
75. Halar EM,, Delisa JA. Sonie TL. Nerve Conduction velocity; relationship of skin, subcutaneous and intramuscular temperatures. Arch Phys Med Rehabil 1980; 61; 199-203
76. LaFratta CW, Canestrari RE; A compariasion of sensory and motor nerve conduction veloctiy, Arch Phy Med Rehabil 1972; 53: 362-372
77. Abiansan D.İ., Hlavova A, Rickert B, et al. Effect of ischemiae on median and ulnar motor nerve conduction velocities at various temperatures. Arch Phys Med Rehabil 1970; 463-70
78. La Fratta CW Smith OH A study of relationship of motor nerve conduction study in the adult to age, sex and handednes. Arch Phy Med Rehabil 1964; 45: 407-12
79. Perez MC, Sosa A, Acevedo CE. Nerve conduction velocities; normal values for median and ulnar nerves. Bol Asoc Med PR 1986; 78: 191-6
80. Halar EM, DeLisa JA, Soine TL. Nerve conduction studies in upper extremities: skin temperature corrections. Arch Phys Med Rehabil 1985; 66-605-9

81. Lee HJ, De Lisa JA, Bach JR. The effect of temperature on antidromic median sensory conduction. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1993; 33 (2): 125-8.
82. Dejesus PV, Hausmanowa-Petrusewicz I, Barchi RL. The effect of cold on nerve conduction. *Neurology* 1973; 23: 1182-1189
83. Luud HP, Tackman W. *Sensory neurography*, New York: Thieme-Stratton, 1980.
84. Maynard FM, Stolov D, Walsh NE. Practical instrumentation and common sources of error in determination of nerve conduction velocity. *Arch Phys Med Rehab* 1972; 53: 362-273
85. Dumitru D, Walsh NE. Practical instrumentation and common sources of error. *Am J Phys Med Rehabil* 1988; 67: 55-65
86. Nishihira T, Oh SJ. Ulnar neuropathy an improved method of diagnosis. *Arch Phys Med Rehab* 1976; 57-609
87. Buchthal F, Rosenfalck A. Evoked action potentials and conduction velocity in human sensory nerves. *Brain Res* 1966; 3: 1-122
88. Gassel MM. Source of error in motor nerve conduction studies. *Neurology* 1964; 14: 825-835
89. Pease WS. Recording of motor unit potentials and spontaneous activity. *Phys Med Rehabil Clin North Am.* 1990; 1: 27-42.
90. Johnson EW: The EMG examination. In Johnson EW (ed) *Practical Electromyography*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1988, p 206
91. Y Cole JL, Pease WS. Central Nervous System Electrophysiology. In: De Lissa JA (ed). *Rehabilitation Medicine* 2nd ed. JB. Lippincott Company Philadelphia; 1993: 308-335
92. Oh SJ (ed). Basic components of electromyography instruments. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 26-38.
93. *Guidelines in electrodiagnostic Medicine*. American Association of Electrodiagnostic Medicine, Minesota, 1988; 4-12.
94. Oh SJ. Electrical safety and risks in electrodiagnostic practice. In: Oh SJ (ed). *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins, 1993: 140-45.

95. Pilling Z: Nerve conduction during wallerian degeneration in man. *Muscle Nerve* 1978; 1:81
96. Miller RG; Hereditary and acquired polyneuropathy, *Neurol Clin* 3;543-556, 1985
97. Albers J.W, Kelly JJ: Acquired inflammatory demyelinating polyneuropathies; Clinical and electrodiagnostic features, *Muscle Nerve* 12; 435-451, 1989
98. Cornblath DR: Sumner AJ. Daube J et. al Conduction block in clinical practice, *Muscle Nerve* 1991; 14: 896-71
99. Miller RG, Gutmann L, Lewis TA, Sumner A. Acquired versus electrodiagnostic distinctions between chronic acquired and familial demyelinating neuropathies in children. *Muscle Nerve* 1985; 8:205-10
100. Albers JW, Donofrio PD, McGonagle TK: Sequential electrodiagnostic abnormalities in acute inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *Muscle Nerve* 8: 528-539, 1985
101. Lewis RA sumner AJ, Brown MJ, Asbury AK. Multifocal demyelinating neuropathy with persistent conduction block. *Neurology* 1982, 32: 955-964
102. Chaudhry V, Cornblath Dr. Wallerian degeneration in human nerves. *Muscle Nerve* 1992 15; 687-693
103. Wiehers DO: Normal and abnormal motor unit potentials In Johnson EW (ed): *Practical Electromyography*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1988, p 22
104. Wintorbes M. The hereditary coagulation disorders, In: Wintorbes M et al., eds: *Clinical Hematology Philadelphia: Lea & Febiger*, 1981; 1158-1205
105. AAEM: Guidelines In Electrodiagnostic Medicine. *Muscle Nerve* 1991; 15 229-253
106. Honnet J. Honet JC, Cascade P: Pneumothorax after electromyographic electrode insertion in the paracervical muscles ; Case report and radiographic analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 1986; 67: 601-619
107. Norris, A. H.; Shock, N.Wagman, I. H.; Age changes in maximum conduction velocity of motor fibers of human ulnar nerves. *J Appl Physiol* 5: 589-593 (Apr.) 1953
108. Johnson EW, Olsen KJ. Clinical value of motor nerve conduction velocity determination. *JAMA* 1960; 172 2030-5
109. Melvin JL. Harris DH, Johnson EW: Sensory and motor conduction velocity in ulnar and median nerves. *Arch Phys Med Rehabil* 1966; 47: 511-9

110. Jepsen RH: Motor conduction velocities in the median and ulnar nerves. *Arch Phys Med Rehabil* 1967;48: 185-194
111. Checkles NS, Russakov AD, et al. Ulnar nerve conduction velocity effect of elbow position on measurement. *Arch Phys Med Rehabil* 1971; 363-65.
112. Ebel A, Nwogu CEO, et al, Ulnar motor nerve conduction velocity: Comparison of two measurement techniques. *Arch Phys Med Rehabil* 1972; 34-37.
113. Melvin JL, Schucmann JA, Lanese RR. Diagnostic specificity of motor and sensory nerve conduction variables in the carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1973; 54: 69-74
114. Kraft GH, Haverson GA. Median nerve residual latency; normal value and use in diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1983: 64: 221-6
115. Oh SJ. Normal values for common nerve conduction tests. In: Oh SJ (ed) *Clinical Electromyography Nerve Conduction Studies*. 2 nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993: 84-104.
116. Johnson EW, Melvin JL. Sensory conduction studies of median an ulnar nerves *Arch Phys Med Rehabil* 1967; 48: 25-30
117. Johnson EW, Kukla RD, Wongsam PE, et al. Sensory latencies to the ring finger: Normal values and relation to carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1981; 62: 206-208.
118. De Lisa JA, Mckenzia K, Baran M. *Manual of nerve conduction velocity and Somatosensory Evoked Potentials*. New York: Raven Press, 1987.
119. Soudmand R, Ward LC; Swift TR: Effect of height on nerve conduction velocity. *Neurology* 32: 407; 410, 1982
120. Campbel WW, Ward LC, Swift TR: Nerve condiction velocity varies inversely with height. *Muscle Nerve* 4: 520-523 1981
121. Campbell WW, Robinson LR. Deriving reference values in electrodiagnostic medicine. *Muscle Nerve* 1993; 16 (4): 424-8.
122. Hennessey WJ, Falco PJE, Goldberg G, et al. Gender and armlength: Influence on nerve conduction parameters in the upper limb. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 265-9.
123. Soudmand R, Ward LC; Swift TR: Effect of height on nerve conduction velocity *Neurology (NY)* 1982; 32: 407-410

124. Robinson LR, Rubner De, Wahl PW, et al. Influences of height and gender on normal nerve conduction studies. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74 (11): 1134-8.
125. Dowine AW, Newell DJ. Sensory nerve conduction in patients with diabetes mellitus and controls. *Neurology* 1961; 11: 867-882
126. Neary D, Ochoa J, Gillatt RW. Subclinical entrapment neuropathy in man. *J Neurology* 1975; 24: 283-298
127. Wagman, I. H., and Lesse H.: Maximum conduction velocities of motor fibers of ulnar nerve in human subjects of various ages and sizes. *J Neurophysiol.* 15: 589 -244 (May) 1953
128. Kemble F. Conduction in the normal adult median nerve: the different effect of ageing in men and women *Electromyography* 1967; VII: 275-88.
129. Mayer RF Nerve conduction studies in man. *Neurology* 1963; 13B 1021-30
130. Lenman JAR, Ritchie AE. *Clinical Electromyography*, 3rd ed., Pitman, London, 1983, pp. 65-79
131. Gregersan G. Diabetic neuropathy; influence of age, sex, metabolic control and duration of diabetes on motor conduction velocity. *Nurology* 1967; 17: 972-980
132. Lang AH, Forsstrom Bjorkyguist SE, Kuusela V. Statistical variation of nerve conduction velocity. *J Neruol Sci* 1977; 33: 229
133. Wyrick W: Duncan A. Within day trends of motor latency and nerve conduction velocity in males and females. *Am J Phys Med* 1970; 49: 307-315
134. Bolton CF, Carter KM. Temperature effects on the size of human sensory compound action potentials. *Neurol Neurosurg Psychiatry* 1981; 44: 407-413
135. Bolton CF, carter KM Human sensory nerve compound action potential amplitude, variation with sex and finger circumference. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1980; 43; 925-8.

GENEL KUTÜPHANESİ

Jüri Başkanı
UYGUNDUR

Jüri Üyesi
UYGUNDUR

Jüri Üyesi
UYGUNDUR

Jüri Üyesi
UYGUNDUR

Jüri Üyesi
UYGUNDUR