

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI

NORMAL KİŞİLERDE FLEKSÖR KARPI
RADİYALİS KASINDA H-REFLEKSİ ÇALIŞMASI

UZMANLIK TEZİ
Dr. METİN MERCAN

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. H. REHA KURUOĞLU

ANKARA
OCAK 2012

İÇİNDEKİLER

SayfaNo:

1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	
2.1. Spinal refleks ve görevli yapılar	3
2.2 Gerilme refleksi.....	5
2.2.1 Gerilme refleksi yolağı ve katılan yapılar	6
2.2.2 Gerilme refleksine katılan yapılar ve özellikleri.....	8
2.2.3 Gerilme refleksi modülasyonu	13
2.2.3.1 Segmental mekanizmalar	14
2.2.4 İstemli hareketin kontrolü.....	29
2.2.5 İnen suprasegmental yollar.....	32
2.3 H-refleksi.....	36
2.3.1 H-refleksi nörofizyolojik karakteristikleri.....	37
2.3.2 H-refleksi çalışmaları ve özellikleri.....	39
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	
3.1 Çalışma grubu	43
3.2 Elektrofizyolojik inceleme	44
3.3 İstatiksel değerlendirme.....	48
4. BULGULAR	
4.1 Demografik ve fiziksel özellikler.....	49
4.2 Elektrofizyolojik veriler.....	50
5. TARTIŞMA.....	71
6. SONUÇLAR.....	93

7. KAYNAKLAR.....	95
8. ÖZET.....	122
9. SUMMARY.....	124
10. EKLER.....	126

TABLÖLAR ÇİZELGESİ

SayfaNo:

Tablo - 1.....49

Bireylerin demografik ve fiziksel özellikleri

Tablo - 2.....49

Bireylerin demografik ve fiziksel özellikleri

Tablo - 3.....51

Elektrofizyolojik tanımlayıcı veriler

Tablo - 4.....53

H-refleks parametrelerinin istirahat ve fasilasyon sırasındaki ortalama değerleri

ve karşılaştırılması

Tablo - 5.....54

İstirahat ve fasilasyon sırasında sağ ve sol kol arası H-refleks parametrelerinin ortalama

değerleri ve karşılaştırılması

Tablo - 6.....56

H-refleks parametrelerinin cinsiyete göre ortalama değerleri ve karşılaştırılması

KISALTMALAR

ALS: Amyotrofik lateral skleroz	mA: Miliamper
AMN: Alfa motor nöron	mV: Milivolt
ANAMN: Antagonist alfa motor nöron	ms: Milisaniye
ANIaA: Antagonist Ia afferent	uV: Mikrovolt
ANIİa AN: Antagonist inhibitör Ia ara nöron	Mmaks: M maksimum amplitüdü
ANRH : Antagonist Renshaw hücresi	PAD: Primer afferent depolarizasyon
BKAP: Bileşik kas aksiyon potansiyeli	MEP: Motor evoked potentials
DSAP: Duyusal sinir aksiyon potansiyeli	PİN: Presinaptik inhibitör ara nöron
EAN: Eksitator ara nöron	SA: Sinaptik aralık
EKR: Ekstansör karpi radyalis	Sn: Saniye
ENMG: Elektronöromyografi	TMS: Transkranial manyetik stimülasyon
EPSP: Eksitator postsinaptik potansiyel	vb: Ve benzeri
FKR: Fleksör karpi radyalis	M1: Minimum değer
GABA: Gamma aminobütirik asit	M2: Maksimum değer
GMN: Gama motor nöron	SD: Standart deviasyon
HAMN: Homonim alfa motor nöron	
Hmaks: H maksimum	
Hmaks/Mmaks: H maksimum amplitüdü/M maksimum amplitüdü	
Hz: Herz	
IaA: Ia afferent	
İİa AN: İnhibitör Ia ara nöron	
IPSP: İnhibitör postsinaptik potansiyel	
PET: Pozitron emisyon tomografi	

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Spinal reflekslerin en iyi bilineni, klinik ve elektrofizyolojik olarak en çok inceleneni gerilme refleksidir. Temel olarak monosinaptik bir refleks yolağına sahip olup segmental ve supraspinal etkilerle değişikliğe uğrar (1,2). Geçmişten günümüze gerilme refleksi yolağı, segmental ve supraspinal bağlantıları, kas tonusunun düzenlenmesindeki ve hareketin kontrolündeki rolü hayvan deneyleri, sinir iletim çalışmaları ve transkranyal kortikal stimülasyon gibi tekniklerle elektrofizyolojik olarak araştırılmıştır. İnsanda gerilme refleksi değişiklikleri, klinik olarak büyük kaslarda derin tendon refleksleri ile değerlendirilebilirken, elektrofizyolojik olarak T- refleksi ve H-refleksi parametreleri ile incelenebilir (3,4).

Hoffmann refleksi olarak da bilinen H-refleksi ilk kez 1918 yılında Alman bilim adamı Hoffmann tarafından tanımlanmıştır ve kas gerilme refleksinin elektrofizyolojik karşılığı olarak bilinir (5). H-refleks çalışmalarında, periferik sinirin grup Ia duyu lifleri stimülatör aracılığı ile submaksimal olarak uyarılır. Oluşan uyarılar spinal kordun ön boynuzundaki alfa motor nörona monosinaptik olarak iletilir. Alfa motor nöronunun uyarılması ile ilgili kasta motor yanıttan sonra geç latanslı bir birleşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) oluşur. Bu potansiyele H-refleksi denilmektedir. H-refleksi, mikst periferik sinirine ulaşılabilen her kastan çalışılabilir. En sık alt ekstremitelerde posterior tibial sinirin uyarılmasıyla gastroknemius-soleus kasından, üst ekstremitelerde ise median sinirin uyarılmasıyla fleksör karpi radyalis (FKR) kasından elde edilir (6,7).

H-refleksi çalışmalarında temel olarak latans, amplitüd, interpik latansı, iletim hızı ve H_{maks}/M_{maks} (H-refleks maksimum amplitüdü / M-yanıtı maksimum amplitüdü) oranı gibi parametreler değerlendirilmektedir. Ayrıca daha ileri çalışmalarda bu parametreler çift stimulus veya düzeltme stimulusu yardımıyla da değerlendirilebilir. H-refleksi parametrelerinin kullanım alanı geniştir. Periferik sinir sistemi proksimal lezyonların saptanmasında, motor nöron ve polinöropati hastalarında tanıya yardımcı olabilir. Motor nöron eksitabilitesini gösteren

güvenilir bir tetkiktir. Ayrıca hareket bozukluklarında, spastisite gibi tonus bozukluklarının tanı ve izleminde, postürün ve hareketin modülasyonunun anlaşılmasında H-refleks parametreleri kullanılabilmektedir (8,9).

Literatüre bakıldığında elektrofizyoloji laboratuvarlarında bakılan H-refleksi parametrelerinin ve bunların normal değerlerinin farklılık gösterebildiği bilinmektedir. Elektrofizyoloji laboratuvarlarımızda güvenilir normal değerlerin saptanması, H-refleksi anormalliklerinin doğru değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Evvelce medial gastroknemiustan elde edilen H-refleks değerleri rutinde kullanılmaktaydı. Son senelerde üst ekstremitelerde, fleksör karpi radiyalis kasından elde edilen H-refleks çalışmasını rutin kullanıma sokmuş durumdayız. Amacımız bu çalışmanın normal değerlerini saptamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

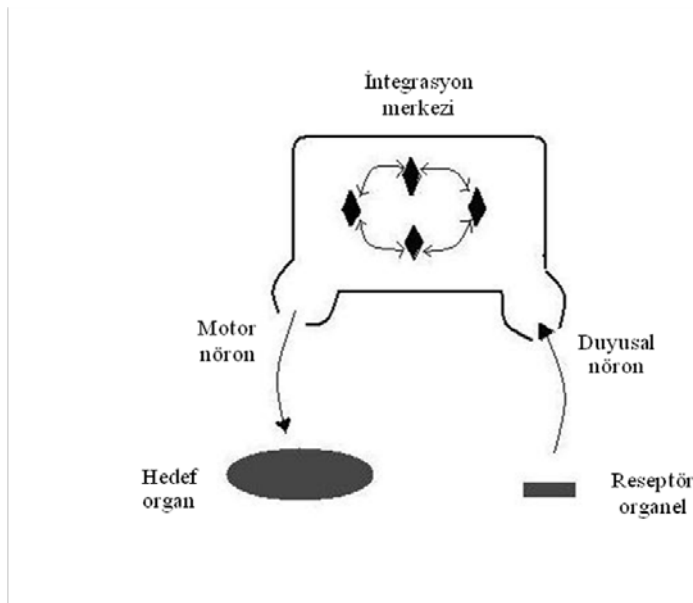
2.1 Spinal Refleks ve Görevli Yapılar

Ondokuzuncu yüzyılın ilk yarısında medulla spinalis bir refleks makinesi olarak düşünülmekteydi. Ancak günümüzde iletim yolu olması yanında hareketin düzenlenmesi gibi daha karmaşık görevlerinin ve farklı spinal refleks döngülerinin olduğu anlaşıldı (1,10,11). Spinal refleksler özgül duyuusal uyarılarla ortaya çıkan stereotipik, çoğu zaman istemsiz motor hareketlerdir. Kas, eklem ve deriden gelen çoklu duyuusal geri bildirim değişikliklerine yanıt olarak hareketlerin düzenlenmesinde rol alırlar. Temel olarak segmental özellik taşımaktadırlar fakat suprasegmental mekanizmalar tarafından kontrol altında tutulur ve düzenlenirler (8,12,13).

Spinal refleks döngüleri, gerilme refleksinde olduğu gibi basit bir yolağa sahip olabileceği gibi kaşınma, kaçınma refleksindeki gibi daha karmaşık yollara da sahip olabilir. Temel yapısını, bir reseptör organın, afferent yolun, mono veya polisinyaptik bağlantıların, efferent yolun ve bir hedef organın katıldığı refleks ark oluşturmaktadır. Refleks arkın fonksiyonel olarak beş komponenti olduğu kabul edilir (14) (**Şekil 1**) .

1. Duyusal reseptörler: Spesifik iç ya da dış bir uyarana yanıt olarak duyuusal sonlanmaların depolarizasyonuna neden olur. Kendilerine özel görevleri bulunmaktadır. Kas içcikleri, golgi tendon organı veya kutanöz reseptörler örnek verilebilir.
2. Duyusal nöronlar: Duyu reseptöründen aldıkları özgül uyarıları, aksonu boyunca ileterek spinal kord veya beyin sapındaki gri maddeye ulaştırırlar. Farklı reseptörler, çapları belli bir aralıkta olan afferent nöronlarla devam ettiği için duyuusal nöronlar çaplarına göre sınıflandırılabilir. Kasların duyuusal lifleri büyükten küçüğe grup Ia, grup Ib, grup II, grup III ve grup IV olarak sınıflandırılmıştır (15).

3. İntegrasyon merkezi: Santral sinir sistemindeki gri cevherde yer almaktadır. Omuriliğin gri maddesinin tüm alanlarında küçük, kolay uyarılabilen ara nöronlar denilen nöronlar bulunur. Birbirleri ile birçok bağlantıları olup inhibitör veya eksitatör postsinaptik görevleri vardır (11,15). İntegrasyon merkezinin diğer bir özelliği konverjan ve diverjan bağlantılarının olmasıdır. Diverjans bir nörondan kaynaklanan uyarının birçok nörona dağıtılması (örneğin grup Ia afferent lifleri) olup konverjans ise birçok nörondan gelen uyarının tek bir nörona sonlanması (örneğin alfa motor nöronlar) olarak tanımlanmaktadır (16). İntegrasyon merkezinde varlığı gösterilemeyen bir grup özelleşmiş ara nöronun ritmik hareketlerde görevli olduğu düşünülmektedir. Omuriliğin gri cevherinde özelleşmiş olarak bulunan bu ara nöronlara santral patern jeneratör denilir. Duyusal geri bildirimden bağımsızdırlar (15,17).
4. Motor nöron: İntegrasyon merkezinde düzenlenen uyarıların hedef organa ulaşmasını sağlar. Örneğin alfa motor nöronlar, omuriliğin ön boynuzundan çıkıp ektrafuzal kas liflerini inerve eden nöronlardır.
5. Hedef organ: Motor uyarıya yanıt veren vücut bölgesidir. Gerilme refleksinde uyarana yanıt veren çizgili kas dokusu örnek olarak verilebilir.



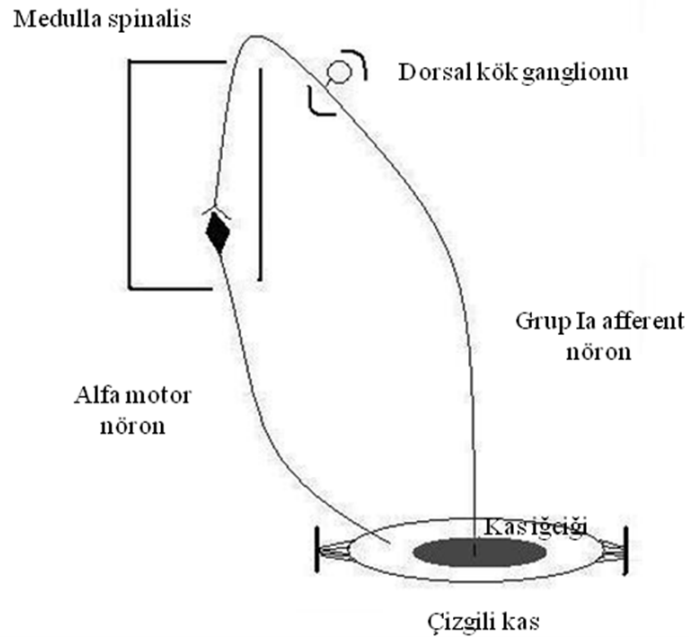
Şekil 1. Refleks yolağının fonksiyonel komponentleri

Spinal refleksler fizyolojik olarak monosinaptik (tek kavşaklı), oligosinaptik ve polisaptik (çok kavşaklı) olabilir. Kas içiğinden kaynaklanan uyarıların grup Ia afferent nöronları ile alfa motor nöronlara iletilmesi monosinaptik refleks yolağı olarak tanımlanırken, grup Ia afferentlerinin antagonist kasın motor nöronuyla inhibitör bir ara nöron aracılığı ile bağlantı kurması oligosinaptik refleks yolağı olarak tanımlanır. Polisaptik reflekslere kaçınma refleksi örnek olarak verilebilir. Multisegmental özellik taşımaktadırlar. Fleksör refleksler de denilir (4,11).

Spinal reflekslerdeki bir diğer önemli konu "refleks latansı" tanımlamasıdır. Afferent uyarı sonrası efferent motor cevap oluşana kadar geçen zamana "refleks latans" denir. Refleks latansın süresi üç komponente bağlıdır. Bu komponentler afferent iletim süresi, santral gecikme ve efferent iletim süresidir. Santral gecikmenin süresini belirleyen temel etken integrasyon merkezindeki sinaps sayısıdır. Monosinaptik bir refleks olan gerim refleksinde bu süre yaklaşık 0,5-0,7 ms'n'dir. İletim sürelerini etkileyen temel faktörler ise aksiyon potansiyeli iletim hızı (nöron tipi) ve nöronun uzunluğudur. Polisaptik refleksler daha uzun iletim zamanına sahiptirler (4).

2.2 Gerilme refleksi

Bir kas, boyundaki ani uzamaya kasılma olarak yanıt verir. Bu durum gerilme refleksi olarak tanımlanmıştır. Gerilme refleksi bilinen en basit refleks yolaktır (**Şekil 2**). Kas uzunluğu stabilitesini sağlar ve her bir kas için kendi kendine çalışan gerilme refleksi yolağı vardır (1,11). Kaslarda gerilme refleksinin reseptörü olan kas içiciklerinin yanında golgi tendon organı ve nonmuskuler kutanöz mekanoreseptörler de bulunur. Bu reseptörler, segmental ve suprasegmental yapılarla etkileşim halindedir (2,18,19).



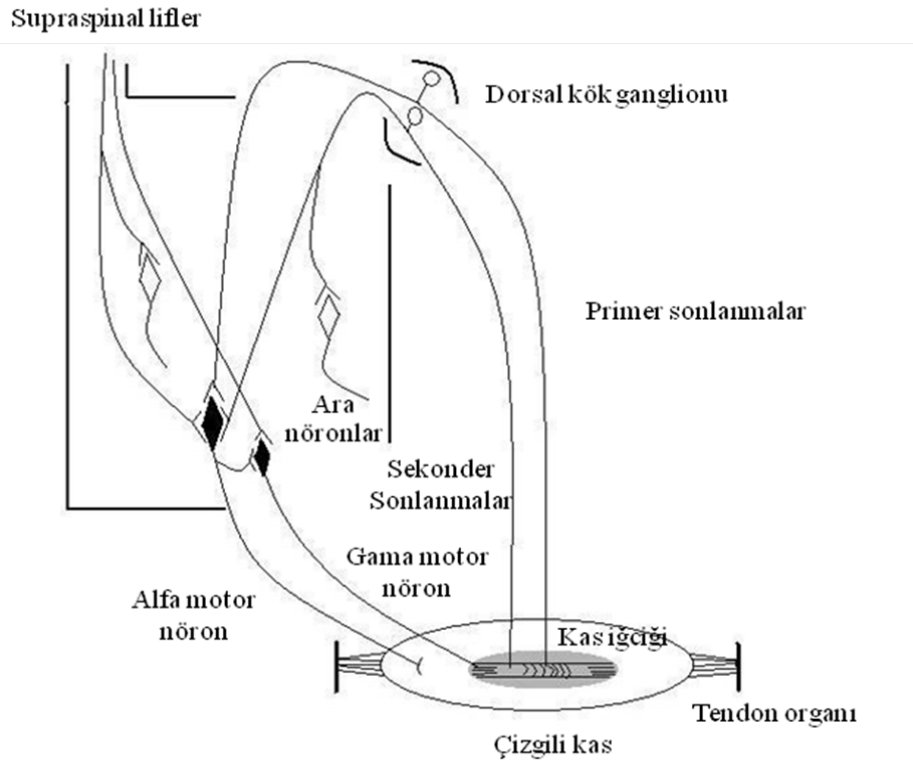
Şekil 2. Gerilme refleksinin monosinaptik refleks yolağı

Gerilme refleksinin hem fazık hem de tonik komponenti bulunmaktadır (4,20,21). Kasın yeni uzunluğuna ulaşınca kadar geçen dönemi fazık komponenti oluşturmakta olup fazık komponent kaybolduktan sonra kas uzunluğunun sabit kaldığı fakat kasılmanın devam ettiği dönem ise tonik komponentini oluşturmaktadır. Kas yavaşça gerildiğinde ise fazık komponentin oluşmadığı uzamış kas kontraksiyonu gözlenir. Bu Sherington tarafından tonik gerilme refleksi olarak tanımlanmıştır. Bu durum kasın yay benzeri davranışını açıklayan mekanizmadır (4,15).

2.2.1 Gerilme refleksi yolağı ve katılan yapılar

Gerilme refleksi, kas gerilmesine duyarlı duyusal reseptörler ve bu reseptörlerin homonim alfa motor nöronlarının yaptığı monosinaptik bir yolaktır. Afferent kolunda kas içcikleri reseptör organel olarak görev yapar. Kas uzunluğundaki ani bir artışa bağlı olarak kas içciğindeki ateşleme sıklıkları artar. Primer-sekonder duyusal sonlanmalar uyarıları aksonları

boyunca iletilirler. Arka kökten medulla spinalise geçerek gri cevherde alfa motor nöronla monosinaptik bir yolak oluştururlar. Gelen uyarılar eşik üstü değere ulaştığında proprioseptif duyu aksonu terminalinde eksitator nörotransmitter olan glutamat presinaptik veziküllerden sinaptik aralığa salınır. Glutamat postsinaptik membrana bağlanarak eksitator postsinaptik potansiyeller (EPSP) oluşturur. Bunun sonucunda alfa motor nöronlarda aksiyon potansiyeli meydana gelir ve uyarılar (aksiyon potansiyeli) alfa motor nöron aksonu boyunca iletilerek duyuusal bilginin geldiği kas lifindeki presinaptik bölgeye ulaşır. Presinaptik veziküllerden asetil kolin salınması sonucunda ektrafuzal kas liflerinde kasılma meydana gelir. Kasılma sonucunda kas uzunluğu tekrar eski haline gelir (2,4,11,22)(Şekil 3). Bu yolağın uyarılabilirliğinin gama motor sistemi üzerinden supraspinal mekanizmalar aracılığı ile kontrol altında olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Gerilme refleksi yolağı ve katılan yapılar

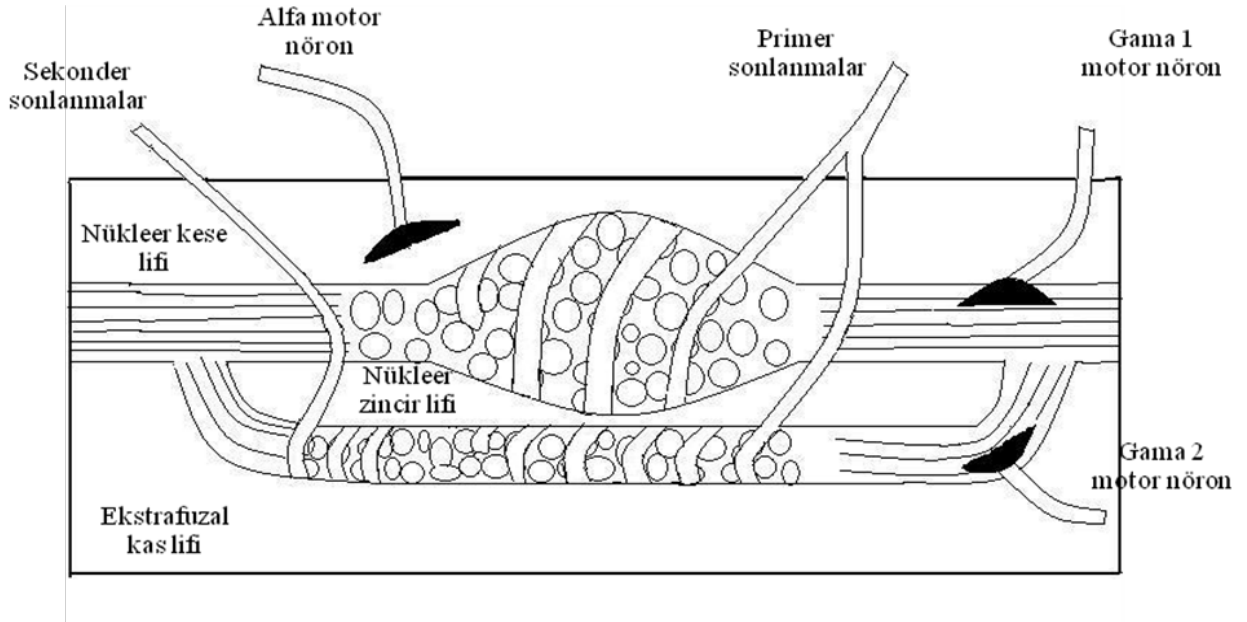
2.2.2 Gerilme refleksine katılan yapılar ve özellikleri

Amipler, eklem bacaklılar ve memeliler değişik tipte proprioseptif reseptörler kullansalar da benzer gerilme refleksi yollarına sahiptirler. Bu canlılarda proprioseptif organlar iskelet kas lifine paralel olarak uzanır ve homonim motor nöronu aktive ederler. Omurgalılarda reseptör organel olarak kas içcikleri görev alır (23,24). Kas içciği, bir kaç değişikliğe uğramış çizgili kas lifi ve bu yapıyı saran kapsülden ibarettir. İçcik içindeki değişikliğe uğramış bu kas liflerine intrafuzal lifler denilmektedir. Her kas içciği, 2 ila 12 kadar intrafuzal liften oluşmakta olup ektrafuzal lifler boyunca bulunurlar. İntrafuzal liflerin orta bölgesinde aktin-myozin filamentleri bulunmamakta olup kasılma yeteneği yoktur ve bu bölge reseptör görevi görmektedir. Uç kısımları ise aktin-myozin filamentlerinden zengin olup kasılma yeteneğine sahiptirler. Ayrıca bu uç kısımlar ektrafuzal liflere paralel şekilde bağlanırlar (4,11).

Memelilerde intrafuzal lifler, hücre çekirdekleri yerleşimi göz önüne alınarak nükleer kese ve nükleer zincir lifleri olarak iki gruba ayrılır. Nükleer kese liflerinin orta kısmında çok sayıda nukleus ve reseptör alanı olup genişlemiş bir şekli vardır. Nükleer zincir ise nükleer kese liflerinin yarısı kalınlığında ve uzunluğundadır. Genellikle bir içcikte iki nükleer kese ve dört ile beş nükleer zincir lifi bulunmaktadır. İntrafuzal liflerin subtipleri (kese1, kese 2, kısa ve uzun zincir gibi) mevcut olup fonksiyonel önemi bilinmemektedir (1, 25) (**Şekil 4**).

Memelilerde intrafuzal liflerden geri bildirim görevini üstlenen primer ve sekonder olmak üzere iki tip duyuşal sonlanma vardır. Bu iki grup duyuşal sonlanmanın çapı, ileti hızları, orjinleri ve medullada sonlanma şekilleri farklıdır. Ayrıca bu duyuşal sonlanmalar farklı türlerde farklılık arz etmektedir. Örneğin kurbağalarda tek tip kas içciği ve tek sensorial sonlanma bulunmaktadır (1). Primer sonlanmalar grup Ia afferent ve sekonder sonlanmalar ise grup II afferent olarak tanımlanırlar. Her bir nükleer kese ve zincir lifinde primer duyuşal sonlanmalar varken, nükleer zincirde ek olarak sekonder sonlanmalar da bulunmaktadır. Primer

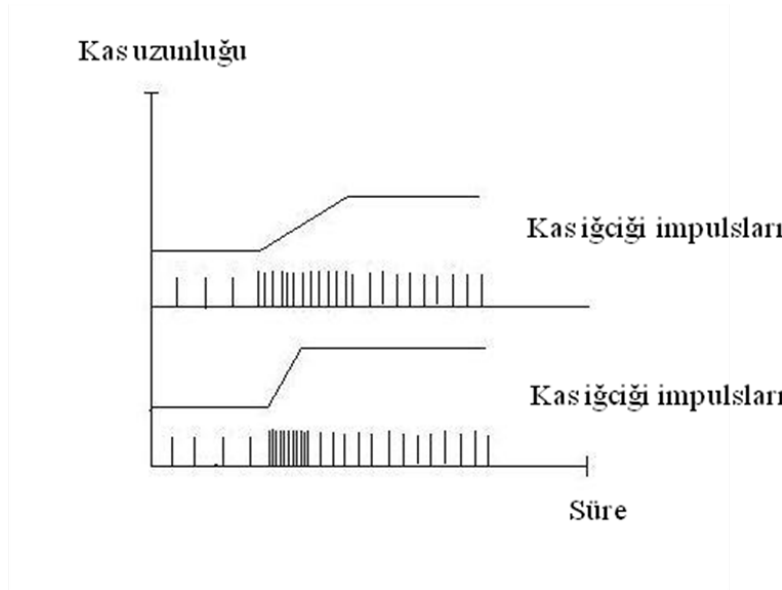
duyusal sonlamalar (anülospinal sonlanma) geniş myelinli duyusal liflerden (15 mikrometre, 90 m/sn) oluşmakta olup intrafuzal liflerin orta bölümünü spiral seklinde sarıp mekanoreseptör görevi görürler. Hem statik hem de dinamik cevapta görevlidirler. Sekonder sonlanmalar ise primer sonlanmalara göre daha ince myelinli duyusal sinir liflerden (8 mikrometre, 48m/sn) oluşmakta olup intrafuzal liflerin uç kısımlarına yakın yerlerde sonlanırlar. Görevleri tam olarak anlaşılamamakla birlikte statik cevapta görev yaptığı düşünülmektedir (4,20,25) (Şekil 4).



Şekil 4. Ektrafuzal lif, intrafuzal lif ve sonlanmaları

Kas boyunun ani şekilde uzaması halinde sadece primer sonlanmalar yoğun bir şekilde aktif hale gelir. Kas iğciğindeki reseptör impulsları hızlı, yoğun bir şekilde artar. Boydaki ani artma durduğu zaman impulstaki ani artış da sonlanır. Buna dinamik cevap denilmektedir. Nükleer kese liflerinin dinamik cevapta görev aldığı düşünülmektedir. Kas iğciği boyunun yavaşça uzaması halinde ise hem primer, hem de sekonder sonlanmalar birlikte aktive olur. Kasın gerilme derecesi ile doğru orantılı olarak kas iğciğinden gelen uyarılar sıklaşır. Uyarılar

kas uzunluğu ile orantılı olarak sabit bir şekilde iletilir. Buna da statik cevap denilmektedir. Nükleer zincir lifleri statik cavapta görev almaktadır (11,25). Eğer kas boyu kısalırsa tam tersi olarak impuls yoğunluğu azalmaktadır (**Şekil 5**). Boyd bu nükleer zincir liflerinin, nükleer kese liflerinin uç kısımlarına bağlı olduğunu düşünmüştür. Bu şekilde nükleer zincir liflerinin kasılmasıyla nükleer kese liflerinin orta bölgesinin geriminin azaldığı buna bağlı olarak dinamik yanıtın kaybolduğu ve statik yanıtın ise devam ettiğini ileri sürmüştür (26). Sonuç olarak yapılan bu çalışmalar, kas içiğinin gerilme hızının ve kas uzunluğunun geri bildiriminde primer duysal sonlanmaların, kas uzunluğunun geri bildiriminde ise ek olarak sekonder duysal sonlanmaların da görev üstlendiğini düşündürmektedir (15).



Şekil 5. Kas uzunluğunun artış hızıyla doğru orantılı olarak kas içiği impuls frekansının arttığı ve kasın yeni boyunda eskisine göre kas içiği impuls frekansının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bir duysal lifi uyarmak için gereken elektriksel uyarının şiddeti sinir lifinin çapı ile ters orantılıdır. Bundan dolayı büyük liflerin eşik değeri en düşüktür ve görece kolay uyarılırlar. Örneğin grup I liflerin uyarılması için gereken şiddet, en büyük çaplı motor liflerin uyarılması için gereken eşik değerden 1-2 kat daha yüksektir. Bu oran lifler küçüldükçe daha çok

artmaktadır. Sinir liflerinin bu özelliği sayesinde duysal lifler uyarılıp, farklı nöronlarda oluşan yanıtları kaydedilerek omurilikteki refleks yolların organizasyonu aydınlatılmıştır (27).

Deserebre kedilerde yapılan çalışmalarda, tek bir grup Ia aksonunun uyarılmasıyla tüm homonim motor nöronlarda eksitator sinapslar oluştuğu gözlenmiştir. Bu sayede motor uyarılar büyütülerek aynı kasta kuvvetli eksitasyona (otojenik eksitasyon) neden olmaktadır. Grup Ia aksonlarının, sinerjist kasların motor nöronlarıyla da benzer bağlantılar kurduğu bilinmektedir. Fakat bu bağlantılar yaygın olmakla birlikte homonim kasın motor nöronlarına olan bağlantıları kadar kuvvetli değildir (28). Grup Ia afferent deşarjları özellikle yer çekimine karşı koyan antigraviter kaslarda en belirgindir. Alfa motor nöron büyüklüğü ile monosinaptik grup Ia afferentlerinin EPSP büyüklüğü ters orantılıdır. Örneğin postural görevlerde rol alan alfa motor nöronlar S (küçük) tip alfa motor nöronlar olarak anılır ve en güçlü monosinaptik Ia geri bildirime sahiptirler (1,29). Grup II afferent nöronların görevleri tartışmalıdır. Grup II afferentler alfa motor nöron ile daha küçük sinaptik bağlantı kurarlar. Grup Ia liflerine yardımcı olduğu ve refleks yolakta görev aldığı düşünülmektedir (30). Hücre içi kayıt yöntemleri kullanarak yapılan hayvan çalışmalarında grup II afferentlerin fleksör motor nöronlarda eksitasyon, ekstensör motor nöronlarda ise inhibisyon meydana getirdiği düşünülmüştür (31,32). İnsanlarda ise grup II afferentlerin ekstensör sinerjist kaslarda inhibisyondan çok eksitasyona neden olduğu veya eksitasyonu fasilite ettiği görülmüştür (20). Ayrıca medulla spinaliste eksitator oligo veya polisinaptik bağlantılara da katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (16,33).

Tüm kas içciklerinin uç kısımları motor inervasyona sahiptirler ve bu inervasyondan gama motor nöronları sorumludur. Gama motor nöronlar küçük myelinize liflerdir. Gama motor nöronlara alternatif olarak nispeten daha büyük iletim hızı olan geniş çaplı motor liflerden kaynaklanan beta liflerde bulunmaktadır. Amiplerde beta motor nöronlar hem ektrafuzal hem de intrafuzal kas liflerini inerve etmektedir. Bu liflerin yolakları, kökenleri ve

nöron davranışları farklı olmasına rağmen fonksiyonel farklılığı bilinmemektedir. Bundan dolayı her iki motor lif fonksiyonel olarak birlikte değerlendirilmektedir (4,15).

Gama motor nöronlar, kas içiğinin duyarlılığının ayarlanmasında görev almaktadır. Bu yapıya gama motor nöron sistemi veya fusimotor sistem de denilmektedir. Gama motor nöronları, histolojik ve fonksiyonel olarak dinamik (gama1) ve statik (gama2) olmak üzere iki gruba ayrılır. Statik gama motor nöronlar esas olarak nükleer zincir liflerinde sonlanmakta olup statik cevaptaki primer ve sekonder duyuşal sonlanmaların duyarlılığını ayarlarlar. Dinamik gama motor nöronlar ise nükleer kese liflerinde sonlanmakta olup dinamik cevabın duyarlılığını ayarlarlar (11,26,34)(Şekil 4). Gama motor nöron sisteminin kontrolü hakkında yeterli bilgi bulunmamakla birlikte supraspinal merkezler tarafından kontrol edildiğı düşünölmektedir (11).

Kedilerde istemli motor aktivite sırasında alfa ve gama motor nöronların eş zamanlı olarak aktive olduğı görölmüşür. Buna alfa-gama koaktivasyonu denilir. Koaktivasyon ile kasın boyunun değışmesine rağmen kas içiğı reseptörünün boyu değışmemektedir ve kasın hareketi başarıyla yapabilmesi için gerekli sabit gerim sağlanmaktadır (4,11,35,36).

Tonusun düzenlenmesi segmental ve suprasegmental döngülerin karmaşık integrasyonu ile sağlanmaktadır. Bu integrasyondaki farklı bölgelerdeki patolojik değışiklikler distoni, spastisite gibi farklı tonus bozukluklarına neden olmaktadır. Hayvan çalışmalarında omurilikten kasa iletilen sinyallerin çoğı zaman düzensiz bir şekilde olduğı görölmektedir. Düzensiz sinyallere bağılı olarak gelişebilecek ani, sıçrayıcı hareketler kas içiğinin söndürme mekanizması ile engellenmektedir. Bu söndürme fonksiyonunda gerilme refleksi yapılarının ve fuzimotor sistemin görevli olduğı düşünölmektedir (11,37).

Kas tonusunun korunmasında intrafuzal ve ektrafuzal liflerin sahip olduğı tiksotropik özelliklerde önemlidir. Biliyoruz ki kas kasıldığında aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çapraz köprülerin aktifleşmesi sonucunda kuvvet üretilmektedir. Kas gevşediğinde ise çapraz köprülerin çoğı ayrılır. Ayrılmayan bazı çapraz köprüler kasta stabl durumu yaratır. İstirahat

halindeyken kasa bir miktar katılık verir. Kas rahatsız edilmezse uzun süre çapraz köprüler bu şekilde devam eder (38).

İnsanda istemli kasıda stabil köprüler hem intarfuzal hem de ektrafuzal liflerde yeniden kurulur. Bir kas kısa boyda izometrik olarak kasılırsa gevşedikten sonra stabil çapraz köprüler kısa boyda kalır. Kas uzun boyda kasıldığında ise stabil çapraz köprüler uzun boyda kalır. Her iki durumda kas istirahat halinde aynı boya getirildiğinde tiksotropik özelliğe bağlı olarak farklı içcik deşarjlarının ürettildiği görülür. Kısa boyda kasılan kasta istirahat haline geçtiğinde içcik deşarjları artarken uzun boyda kasılan kasta ise içcik deşarjın azaldığı görülür. Bu duruma uzunluk bağımlı kas düzeltmesi denir (38).

Kas esas olarak en uygun uzunlukta kasılırsa en büyük kuvveti üretmektedir. Daha kısa veya uzun haldeyken kasıldığında oluşan aktin ve myozin köprülerinin sayısı düşeceği için üretilen kuvvet azalmaktadır (39).

2.2.3 Gerilme refleksi modülasyonu

Suprasegmental refleks kontrolü kasa göre değişkenlik göstermektedir. Bazı kaslarda daha belirginken bazılarında törpülenmiştir. Evrimsel açıdan insanın iki ayağı üzerinde durabilmesi için antigraviter kaslar denilen yer çekimine karşı koyan ekstensör kasların tonusunun artmış olması gerekir. Yapılan çalışmalarda antigraviter kasların istirahat halinde dahi alfa motor nöron ve Ia ara nöron uyarılabilirliği fleksör kaslara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca antigraviter kaslarda refleks yanıtları belirginken insan el kaslarında ise reflekslerin çoğu elde edilememektedir (27,40).

Bir hareketin başarıyla yapılabilmesi için sadece suprasegmental merkezlerden gelen uyarılar yeterli değildir. Aynı zamanda kas aktivasyonu hakkındaki değişik reseptörlerden gelen duyuşal geri bildirimlerin de olması gerekir. Bu geri bildirimler hareketin daha stabil, az yorucu ve kolay düzeltilebilir olmasını sağlar (41). Suprasegmental kontrol santral sinir

sisteminde inen yolların medulla spinalisteki ara nöronlarla (segmental mekanizmalar) yaptığı bağlantılar ile sağlanır (42).

2.2.3.1 Segmental mekanizmalar

Homosinaptik depresyon (Postaktivasyon depresyonu)

1960 yılında ilk kez Eccles ve Curtis tarafından tanımlanmıştır. Postaktivasyon depresyonu, elde edilen refleksin daha önce aktive olmuş sinapslarının frekans bağımlı olası transmitter salınımının azalmasına bağlı oluşan depresyona verilen addır. Bu fenomen homosinaptik depresyon olarak da bilinir. Aktive olmuş Ia afferentlerine bağlı olarak EPSP depresyonu gözlenmektedir. İnsan ve hayvanda soleus H refleks çalışmaları ile iyi tanımlanmıştır (43,44). Neonatal fare spinal kordunda fonksiyonel olarak gösterilmiştir (45). Postaktivasyon depresyonu Ia afferentleri ve alfa motor nöronların sinaps düzeyinde olmaktadır. Bu depresyonun klasik gabaerjik presinaptik inhibisyonla ilişkili olmadığı düşünülsede presinaptik terminale lokalize olduğu görülür (42,46).

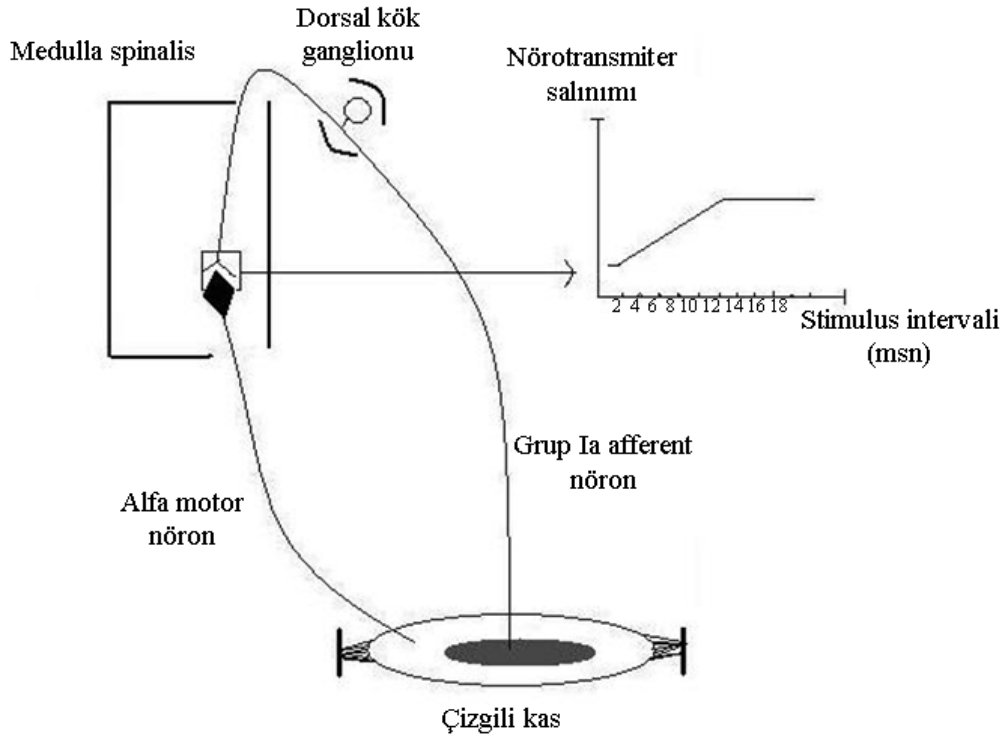
Çift uyarım ile yapılan H-refleks çalışmalarında postaktivasyon depresyonu araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda uyarımlar 1-2 sn'lik kısa aralıklarla verildiğinde homosinaptik depresyonun belirginleştiği ve H-refleks depresyonu olduğu gözlenir. Uyarımlar 10-12 sn. aralıklarla verildiğinde ise H-refleks depresyonunun ortadan kalktığı görülür (46,47). Kedilerde yapılan çalışmalarda ise stimulus 10-20 sn. aralıklarla verildiğinde depresyon gözlenmektedir (48). Stimulus aralıkları ne kadar uzarsa homosinaptik depresyon da o kadar azalmaktadır. Postaktivasyon depresyonu çalışılan kasın kasılmasıyla veya antagonist kasın kasılmasına bağlı kasın pasif gerilmesiyle oluşabilir. Bundan dolayı postaktivasyon depresyonunun etkisini ortadan kaldırmak için çalışmalarda uyarılar hareketten önce veya en az 8-10 sn. sonra verilmelidir (43,49,50)(Şekil 6).

Meunier postaktivasyon depresyonunun kullanıma bağılı plastisiye uğradığını söylemiştir. Uzun dönem immobilizasyona bağılı postaktivasyon depresyonunda azalma, egzersiz sonrasında ise postaktivasyon depresyonunda artma görülmüştür (49,51). Ayrıca sedanter insanlara göre aktif spor yapanlarda H-refleks amplitüdüleri daha düşüktür ve immobilizasyondan 1-4 hafta sonra H-refleks amplitüdünde artış gözlenebilir (52,53). Gallego yaptığı çalışmada hayvanlarda duyuşal liflerin uzun süre kullanılmaması sonrası motor nöronlara ait primer afferentlerin EPSP'lerinde artış bulmuştur (54). İmmobilizasyondan 2 hafta sonra oluşaşı sinaptik değişiklikler hücreşel düzeyde de gösterilmiştir (55).

Stein yaptığı çalışmada homosinaptik depresyonun istemli kontraksiyon sırasında homonim kasta azaldığını ve ayakta duran insanda ise kaybolduğunu göstermiştir. Bu durum homosinaptik depresyonun normalde olmayabileceğini hareket sırasında veya klinik durumlarda ortaya çıkabileceğini düşündürmüştür (44,55,56).

Homosinaptik depresyonun gerim refleks uyarılabilirliğinde ve kas katılığında önemli bir faktör olduğu düşünülür. Spinal veya supraspinal düzeyde hasarı olan spastik ve kas tonusu artmış hastalarda azalmış veya kaybolmuş homosinaptik depresyon görülebilir (44,47). Spinal travma sonrasında depresyondaki değişiklikler takip eden aylar boyunca gösterilebilir (57). Hemiplejili hastalarda yapılan çalışmlarda soleus ve FKR kaslarında homosinaptik depresyonun azalmış olduğu gösterilmiştir (47). Yapılan tüm bu çalışmalara rağmen mikronörografik çalışmalarda spastik hastalarda Ia afferent aktivitesinde değişiklik gösterilememiştir (44).

Sonuç olarak homosinaptik depresyonun grup Ia afferent ve motor nöron arasındaki olduğu düşünölmektedir. Suprasegmentar kontrolü ve insandaki fonksiyonu hakkında tartışmalar sürmektedir.



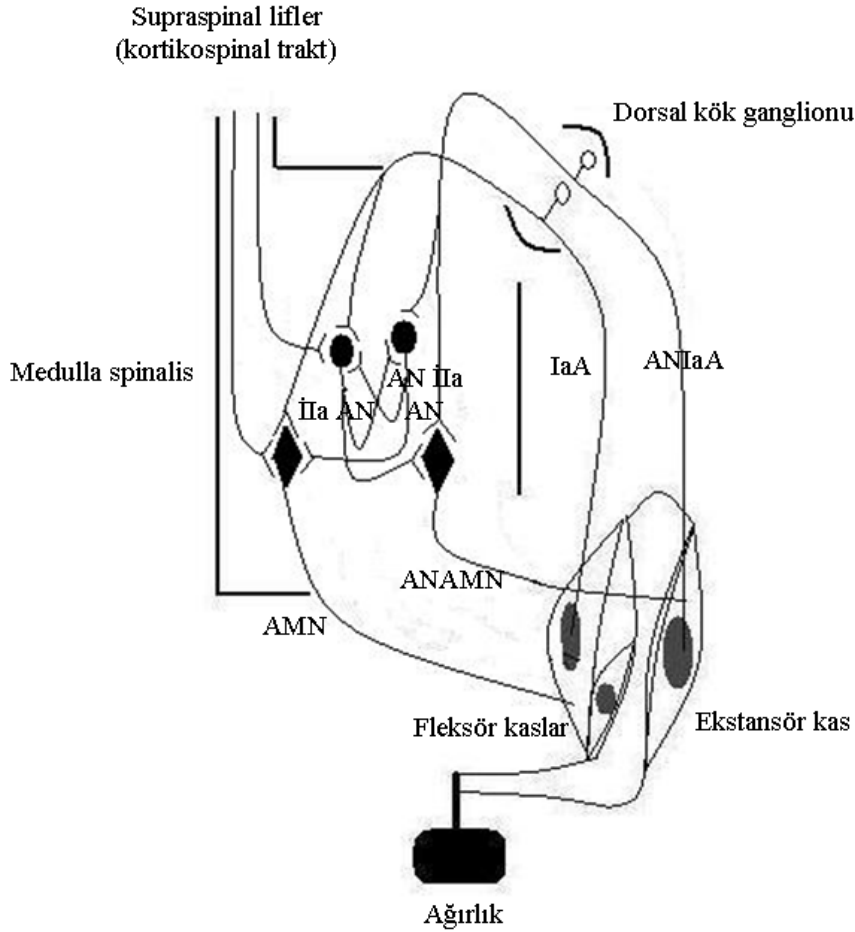
Şekil 6. Grup Ia afferentlerdeki homosinaptik depresyon

Resiprokal Ia inhibisyon (Disinaptik inhibisyon)

İstemli hareketin gerçekleştirilmesinde ve postürün sağlanmasında fleksör aktivitenin ekstansör aktivite ile koodine çalışması önemlidir. Ekstensör kasın kasılması ile antagonist fleksör kasın gerilmesi sonucunda oluşabilecek refleks kasılmanın engellenmesi gerekmektedir (58,59). Bunu engelleyecek mekanizma ilk kez 1906 yılında Sherrington tarafından resiprokal inhibisyon olarak tanımlanmıştır. İnsanda resiprokal inhibisyon süresi disinaptik bir arkın gecikme zamanı ile uyumludur (60,61).

Kas içciklerinden kaynaklanan grup Ia affrent liflerinden gelen uyarıların kasılma sırasında motor nöronunu, homonim motor nöronlarını ve agonist alfa motor nöronlarını monosinaptik olarak uyardığı ve otojenik eksitasyonla kasılmayı güçlendirdiği daha önce

belirtilmişti. Aynı grup Ia lifleri eş zamanlı olarak segmental inhibitör glisinerjik Ia ara nöronu da uyarmaktadır (62). İnhibitör olan bu ara nöron antagonistik kasın alfa motor nöronlarında inhibitör postsinaptik potansiyeller (IPSP) meydana getirir. Postsinaptik inhibisyon yaparak refleks gerilmeyi engeller. Aynı zamanda antagonist kasın inhibitör Ia ara nöronunu da inhibe eder. Bu duruma resiprokal inhibisyon veya disinaptik inhibisyon denilmektedir (58,63,64) (Şekil 7).



Şekil 7. Agonist ve antagonist kasların inhibitör ara nöronlarının bağlantıları ve kortikospinal traktus tarafından kontrolü görülmektedir. (AMN: alfa motor nöron, IaA: Ia afferent, ANAMN: antagonist alfa motor nöron, ANIaA: antagonist Ia afferent, İİa AN: inhibitör Ia ara nöron, ANİİa AN; antagonist inhibitör Ia ara nöron)

Farklı antagonist kas çiftlerinin istirahatte resiprokal inhibisyon kuvveti farklıdır. Bu durum kasların farklı görevler üstlenmesinden ve göreve özel santral regülasyondan kaynaklanmaktadır (58,65). Örneğin eklem stabilizasyonunun sağlanması gereken bazı hareketlerde agonist kasla birlikte antagonistinin de kasılması gerekir. Bu durum bazı göreve özel istemli hareketlerde agonist ve antagonist kasların ko-kontraksiyonu sırasında resiprokal inhibisyonun azalmasıyla açıklanır (66). Supraspinal merkezler, Ia inhibitör ara nöronlarına gelen inhibitör ve eksitator girdilerin dengesini değiştirerek, resiprokal inhibisyonu azaltıp ko-kontraksiyonu destekleyebilir (63,67). Yürüme gibi değişken antagonist aktivasyonu gerektiren durumlarda ise resiprokal inhibisyon fasilite olmaktadır (59,68). Aynı zamanda istemli ayak bileği dorsifleksiyonu sonrası soleus H-refleksinin resiprokal ve/veya presinapik inhibisyona bağlı deprese olduğu da gösterilmiştir (47,69,70).

Resiprokal inhibisyondan sorumlu Ia ara nöronlarının kontrolünün temel olarak kortikospinal yol ile sağlandığı, rubrospinal ve vestibulospinal yolların resiprokal inhibisyon üzerine daha az etkili olduğu düşünülmektedir (62,63). Ön kol kaslarında kortikospinal yolların kortikal stimulasyonu ile ilgili kasın H refleksi amplitüdünde artış olduğu ayrıca antagonist kasın Ia afferent nöronları uyarıldığında ise resiprokal inhibisyona bağlı amplitüdde azalma olduğu gösterilmiştir (71). Hayvan çalışmalarında agonist kasa ait kortikospinal yolun uyarılması ile antagonist kasın hem alfa motor nöronlarının hem de antagonist Ia inhibitör ara nöronlarının inhibe olduğu (agonist kasın Ia afferent fasilitasyonu sonucunda) bilinmektedir (60,72,73,74)(**Şekil 7**). Day ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada lokal anestezi ile radial sinir paralizisi sonrası FKR kası H-refleks amplitüdünün bireyin kolunu ekstansiyona getirmeye çalışmasıyla birlikte hareket oluşmamasına rağmen küçüldüğünü gösterilmiştir (60). Sonuç olarak yapılan bu çalışmalar ışığında kortikospinal yolun alfa motor nörona ve inhibitör Ia ara nöronlarına projeksiyonları olduğu düşünülmüştür (61,75,76). Ia inhibitör ara nöronları aynı

zamanda kutanöz reseptörler ve eklem hücrelerinden aldıkları uyarılarla da aktive olabilirler (58).

Resiprokal inhibisyon hakkındaki bilgiler hayvan çalışmalarından mikronörografi yöntemleri ile elde edilebileceği gibi insanda bir kaç elektrofizyolojik yöntem ile elde edilebilir. Sıklıkla düzeltme stimulusu denen paradigmayı içeren H refleks çalışmaları yapılmaktadır. Düzeltme stimulusu antagonist sinirin farklı intervallerle motor eşik altı uyarılması ile oluşturulur. Bu paradigma dirsekte, el ve ayak bileğinde çalışılmıştır (2,67). Üst ekstremitede resiprokal inhibisyon en iyi FKR kasında değerlendirilebilir. Kolda radyal sinir stimulasyonu motor eşiğin altında verilir. Sonrasında median sinirin submaksimal uyarılarınıyla FKR kasından H refleks cevapları elde edilir. Üst ekstremitede median sinir uyarımı düzeltme stimulusundan 1 ms önce veya 3 ms sonra yapılmalıdır. Alt ekstremitede soleus kasından yapılan çalışmalarda ise stimuluslar arasında 2-3 ms' lik intervaller kullanılmaktadır (2,63,69). Median sinirin farklı gecikmelerle uyarılması sonucunda üç tane H-refleks inhibisyon periodu olduğu gözlenir (60).

İlk inhibisyon periodu median ve radial sinirin hemen hemen eş zamanlı uyarılmasıyla oluşur. Antagonist kasın sinirinin elektriksel eşik altı düzeltme stimulusuyla uyarılmasından sonra elde edilen agonist kastaki H-refleks depresyonu için gerekli olan süre disinaptik arka sahip bir inhibisyonun oluşması için geçen süre ile uyumludur. Bundan dolayı ilk inhibisyon periodunun inhibitör Ia ara nöronları aracılığıyla oluşturulan postsinaptik inhibisyon olduğu düşünülür ve resiprokal inhibisyon olarak tanımlanır. Resiprokal inhibisyon sonucu FKR kasındaki H-refleks amplitüdünün % 20 kadar düşebildiği gösterilmiştir (60,77). Fuhr ve Okuma'nın fleksör ön kol kaslarında ayrı ayrı yaptığı iki çalışmada, H-refleks amplitüdünün H maksimum amplitüd değerine yaklaştıkça resiprokal Ia inhibisyonunun azaldığı görülmüştür. Spastik hastalarda bilindiği gibi H maksimum amplitüdü daha da artmakta olup resiprokal inhibisyon ise azalmaktadır (78,79,80).

İkinci inhibisyon periodu 5-50 msn gecikme ile oluşur (69,80,81). Bu durumun agonist kasın Ia afferentlerinin presinaptik inhibisyonu sonucunda olduğu düşünülmektedir. Agonist motor nöronların TMS (transkranyal manyetik stimulyasyon) ile aktive olabilecek durumda olması inhibisyonun Ia afferent düzeyinde presinaptik olduğunu destekler (82). Sonuç olarak hafif bir gecikme sonrası resiprokal inhibisyonun presinaptik inhibisyonla tekrar kuvvetlendirildiği düşünülmektedir. Üçüncü period ise 50-500 msn gecikme ile oluşur. Bu duruma D2 depresyonu denilmektedir. Üst merkezlerle olan bağlantılar sayesinde olduğu düşünülür (60,62,80).

Resiprokal inhibisyon disfonksiyonu istemli hareketin santral yolunun bozulduğu hastalarda görülebilir (66,67). Çalışmalarda spastik hastalarda üç evrede de değişiklikler saptanmıştır. Spinal travmalı spastik hastalarda yapılan H-refleks çalışmalarında resiprokal inhibisyonda azalma gösterilmiştir (66,83). Artieda ve arkadaşları spastik hemiplejik hastalarda ekstansör kaslardan fleksör kaslara giden resiprokal inhibisyonda azalma saptamışlardır (80). Bormann ve arkadaşlarının inkomplet spinal yaralanması olan bireylerde yaptıkları soleus kası H-refleks çalışmasında resiprokal inhibisyonda artış bulunmuşken, Crone ve arkadaşlarının multiple sklerozlu spastik bireylerde yaptıkları çalışmada ise resiprokal inhibisyonda azalma saptanmıştır (67,84). Okuma ve arkadaşlarının asimetrik spinal kord hasarlı spastik hastalarda yaptıkları soleus kası H-refleks çalışmasında spastisitenin artışıyla birlikte resiprokal inhibisyonun kaybolduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada fonsiyonelliği korunmuş hastalarda ise tam tersine resiprokal inhibisyonun artmış olduğu veya değişmediği görülmüştür. Yazarlar bunun sebebinin ayak dorsifleksiyon egzersizlerine bağlı oluşan plastik değişiklikler olduğunu söylemiştir. Sonuç olarak lezyonun yeri, etyolojisi, derecesi ve hastanın fonsiyonelliği H-refleks çalışmalarında resiprokal inhibisyon derecesini muhtemelen etkilemektedir (85). Yanagisawa atetotik serebal palsili bireylerde resiprokal inhibisyonda artış gözlemiştir. Bu artışın farklı kortikal inen yolların kompensatuar etkileri nedeniyle veya sürekli olan istemsiz

hareketlere bağı gelişen sinaptik plastisite nedeniyle olduğunu düşünmüştür (86). Resiprokal inhibisyon immobilizasyondan etkilenmemektedir fakat presinaptik inhibisyonun immobilizasyonla değiştiği gösterilmiştir (49).

Presinaptik inhibisyon

Hayvan çalışmalarında primer afferentlerin presinaptik inhibisyonu sonucu motor nöron postsinaptik membran eksitabilitesinde veya istirahat membran potansiyelinde değişiklik gözlenmeden EPSP büyüklüğünde azalma olabileceği gösterilmiştir. Bu durumun primer afferent depolarizasyon (PAD) nedeniyle olduğu düşünülmektedir (87,88).

Antagonist kasın Ia afferentlerinin sinaps yaptığı GABA kullanan ara nöronlar, agonist kasın Ia afferent nöronlarının presinaptik membranı ile akso-aksonal sinaps yaparlar (89,90). Grup Ia afferentlerinde GABAa ve GABAb reseptörleri bulunmaktadır. GABAa aktivasyonu klor geçirgenliğinde artışa neden olurken, GABAb aktivasyonu ise kalsiyum girişini inhibe eder (91). Bu şekilde GABA agonist kasın Ia afferent presinaptik membranında uzun süreli depolarizasyona (PAD) yol açmaktadır (72). Presinaptik membrandaki bu uzamış depolarizasyon, aksiyon potansiyelinin tepeden tepeye amplitüdünde azalmaya yol açar. Sinaptik aralığa salınan eksitator nörotansmitterlerin salınımı azaltır. Uzamış depolarizasyonun eksitator Ia afferent nöronun presinaptik membranında aksiyon potansiyelinin oluşmasını engellemeyeceği de bilinmelidir. Sonuç olarak sinaptik aralığa salınan eksitator nörotransmitterin azalması nedeniyle postsinaptik mebrandaki (alfa motor nöron) aksiyon potansiyeli küçülmüş veya oluşmamış olur. Bu durum presinaptik inhibisyon olarak tanımlanmıştır. Muhtemelen hareket sırasında antagonist kasta uzamaya bağı oluşacak karşı gerilme refleksinin önlenmesinde resiprokal inhibisyona yardımcı olmaktadır. Kedi spinal kordunda presinaptik inhibisyon gösterilmiştir (47,92) (**Şekil 8**)

Primer afferent depolarizasyonun hareketin en önemli kontrol noktalarından biri olduğu düşünülmektedir. Hareketin hatasız yapılmasını sağlar (60). Bilindiği gibi istemli hareket sırasında kastan, tendondan, deriden ve eklemlerden santral sinir sistemine birçok geri bildirimler gelir. Bu geri bildirimlerin motor görevin düzgün yapılabilmesi için gerim refleks döngüsüne PAD ile katkı sağlamaktadır (49,90,92). Presinaptik inhibisyon ve primer afferent depolarizasyon genellikle aynı ara nöronlar ile düzenlendiği düşünülür (47). Bu ara nöronlar antagonist kasın grup Ia afferentleri tarafından fasilite edilirken, duyuusal afferentler tarafından da inhibe edilmektedir (92). Her kasta aynı değildir ve harekete göre değişir. İnsan ve hayvanlarda birbirine benzer olarak fleksör kaslarda presinaptik inhibisyon daha belirgindir (93,94).

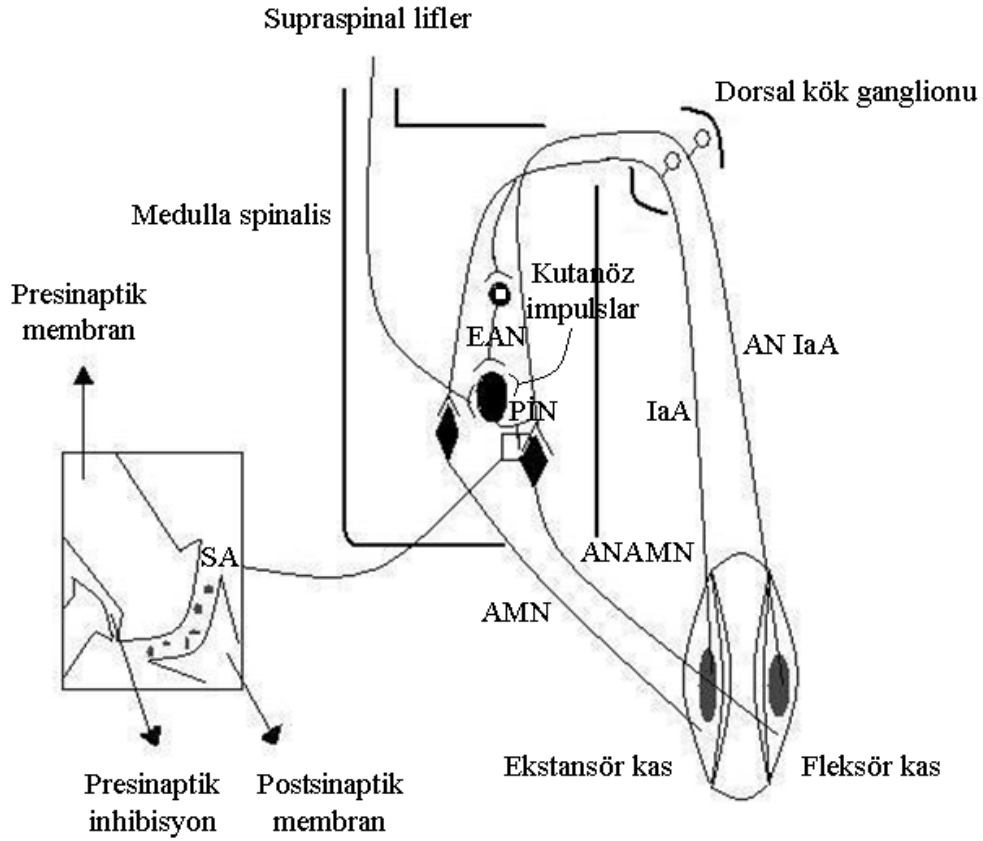
İstemli hareketin başında aktif kasın Ia afferent terminallerine ve diğer motor nöronlara projekte olan presinaptik inhibisyonun farklı bir kontrolü vardır. Bu kontrolün kortikal kaynaklı olduğu düşünülür. Örneğin aktif olarak kasılan kasın motor nöronunu etkileyen Ia afferent terminallerinin presinaptik inhibisyonu azalır. Tam tersine kasılmaya katılmayan kasların ise presinaptik inhibisyonu artar (95,96). Presinaptik inhibisyonun yürüyüş, ayakta durma ve koşma sırasında görülen H-refleks amplitüd değişikliklerine neden olduğu düşünülmektedir (97). Kedi arka bacağından yapılan çalışmalarda kortikospinal liflerin, Ia afferentlerine projekte olan presinaptik inhibisyon ara nöronlarını inhibe ettiği bulunmuştur (98). Presinaptik inhibisyon denge ve yer çekimine karşı koyan alt ekstremité kaslarından çok ince iş gerektiren distal üst ekstremité kaslarında daha belirgindir. Bu durum PAD ara nöronlarındaki kortikal kontrolün servikalde belirgin, lomberde ise belirgin olmadığını düşündürür. Sonuç olarak presinaptik inhibisyonun supraspinal kontrolü hareketin modülasyonunda önemli bir basamaktır (99). Jendrasik manevrasına bağlı olarak gözlenen H-refleks fasilitasyonunun, Ia afferent terminallerinin presinaptik inhibisyon düzeyinin değişmesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

İnsanlarda presinaptik inhibisyon değerlendirmesinde H-refleks çalışmaları kullanılabilir (2). Peroneal sinire 5-50 msn intervallerde verilen düzeltici stimuluslarla yapılan soleus H-refleks çalışmalarında gözlenen H-refleks depresyonuna D1 inhibisyonu da denilmektedir. Presinaptik inhibisyon tarafından düzenlendiği düşünülür. Kortikal uyarım ile yapılan bu çalışmalarda bu depresyonun kortikal olmadığı gösterilmiştir (47). Daha kısa intervallerdeki uyarım ile gözlenen soleus kası H-refleks depresyonu ise daha önceden bahsedildiği gibi resiprokal Ia inhibisyon yolağını içerir ve postsinaptik düzeydedir.

İkinci bir teknikte femoral sinirin femoral üçgenden uyarılması ile olur. Stimulasyon sonucunda femoral sinirin Ia afferentlerinin uyarılması monosinaptik olarak soleus H-refleksini fasilite eder. Buna heteronim Ia fasilitasyonu denilmektedir. Önce tibial sinir uyarıldıktan sonra femoral sinir stimulasyonu yapılmaktadır. Femoral sinir uyarılması ile elde edilen fasilitasyon büyüklüğü femoral sinirin ve tibial sinirin Ia afferentlerinin presinaptik inhibisyon değişikliklerine bağlanmıştır (2,49,69). Meunier ve arkadaşlarının transkranyal stimulasyon ile yaptıkları soleus ve FKR kası H refleksi çalışmasında alt ekstremitede heteronim Ia fasilitasyonunun arttığı ve D1 inhibisyonunun azaldığı gösterilmiştir. Heteronim fasilitasyon ile ayakta durmanın desteklendiği düşünülür. Bu durum presinaptik inhibisyonun suprasegmental kontrolünün olduğunu desteklemektedir (97).

Kutanöz uyarılar sonucunda H-refleksinde değişiklikler gözlenir. Cavallari ve arkadaşları işaret parmağından taktıl uyarı ile kutanöz afferentlerin uyarılması sonucunda önce FKR kası H-refleksinde kısa süreli bir inhibisyonu takip eden uzun süreli bir eksitasyon dönemi görmüşlerdir. Parmağa lidokain verilmesi ile bu etkilerin kaybolduğu görülür (101). Sayenko ve arkadaşları kutanöz sinire taktıl uyarı sonrasında soleus kasında yaptıkları H-refleks çalışmasında H-refleksinde inhibisyon saptamışlardır (19). Burke ve arkadaşları ulnar, muskulokutanöz ve yüzeysel radial sinirin elektriksel uyarımı sonrası FKR kası H-refleksinde fasilitasyon gözlemişlerdir. Bu durumun medulla spinalisteki propriospinal benzeri nöronlar

denilen nöronlar aracılığı ile olduğu düşünülür (102). Kedide yapılan çalışmalarda kortikospinal yolların Ia afferentleride fasilite ettiği düşünülür. Kutanöz afferentlerden gelen yollar (1,3 msn santral gecikme süresi) ile kortikospinal yollar aynı ara nöronda birleşerek disinaptik yolla Ia afferent fasilitasyonu gerçekleştirmektedir. Rubrospinal yolun ise monosinaptik olarak Ia afferentleri fasilite etmektedir (103). Sonuç olarak bu etkilerin presinaptik etkiler gösteren oligosinaptik yollar sonucu olduğu düşünülür ve duyuusal bozukluğu olan hastalarda hareketlerde gözlenen beceriksizliğin de bir nedenidir (92).



Şekil 8. Fleksör bir kasın presinaptik inhibisyonu görülmektedir. Aynı zamanda presinaptik inhibitör ara nöronun bağlantıları da gösterilmiştir. Presinaptik inhibitör ara nörona olan bağlantılar eksitator bir ara nöron üzerinden de olabilir.(SA: sinaptik aralık, AMN: alfa motor nöron, IaA: Ia afferent, ANAMN: antagonist alfa motor nöron, ANIaA: antagonist Ia afferent, PIN: presinaptik inhibitör aranöron, EAN: eksitator ara nöron)

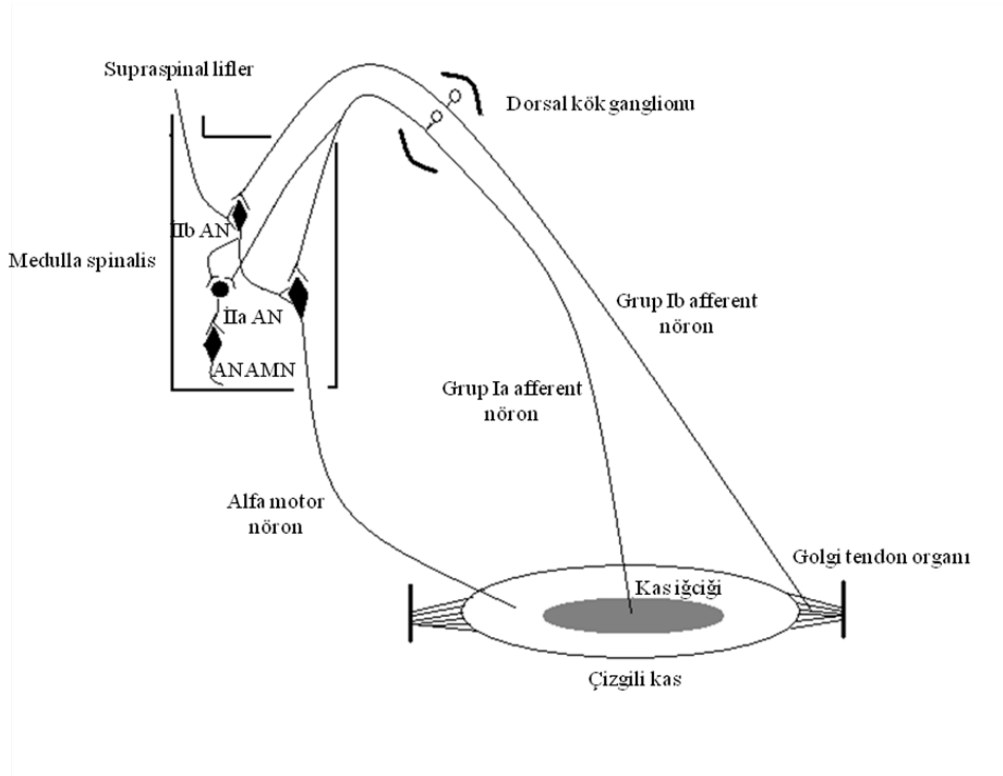
Golgi tendon refleksi (Non-resiprokal Ib inhibisyonu)

İlk kez 1950 yılında sinerjist kasları inhibe ettiği bulunmuş olup otojenik inhibisyon olarak isimlendirilmiştir. Golgi tendon organı ile yapılan çalışmalar genellikle hayvan çalışmalarına dayanmaktadır. Kas-tendon bileşkesinde yerleşik olan golgi tendon organı bu bölgelere seri şekilde bağlanmış olup hareket sırasında görev alır. Reseptörler, kas aşırı gerildiğinde mekanik olarak aktive olmaktadır (104,105). Özellikle hareket sırasındaki güçlü gerilmeye duyarlıdır ve pasif kas gerimine ise daha az duyarlıdır. Önceleri golgi tendon organlarının aşırı kas gerilmesine karşı koruyucu bir fonksiyonu olduğu düşünülmekteydi. Fakat golgi tendon organlarının kas gerilimindeki küçük değişiklikler sırasında da aktif olduğu görüldü (15,106).

Hassas hareketlerin gerçekleştirilmesinde tendon organlarından, kutanöz ve eklem reseptörlerinden gelen afferent girdilerin motor nöronları inhibe eden Ib ara nöronlarla olan bağlantıları önemlidir. Bu bağlantılar sayesinde kas gerilimi hassasiyeti spinal düzeyden kontrol edilir. Örneğin hassas bir obje tutulduğunda kutanöz reseptörlerden gelen uyarılar Ib inhibitör ara nöronları aktive eder ve bu şekilde hareket modülasyonuna katkı sağlar. Golgi tendon organı ateşleme hızı aktif kas kasılması kuvvetiyle koreledir. Bu sayede insanlarda hareket sırasındaki golgi tendon organındaki afferent ateşleme hızı kas kuvveti ölçerek monitörize edilebilir (18,58).

Golgi tendon organının afferent akson büyüklükleri primer sonlanmalara benzemektedir. Golgi tendon organından gelen uyarılar grup Ib duyusal sinir lifleri ile medulla spinalis arka kökünden gri cevhere iletilir. Gri cevherde inhibitör Ib ara nöronlarla sinaps yaparlar. İnhibitör Ib ara nöronlarda agonist kasın alfa motor nöronu ve antagonist kasın inhibitör Ia ara nöronu ile sinap yapar. Bunun sonucunda homonim kasın alfa motor nöronunda inhibisyon gerçekleşmekte olup antagonist kasta ise disinhibisyon (eksitasyon) gerçekleşir (107,108,109) (**Şekil 9**).

Kedide kutanöz afferentlerin Ib yolaklarını fasilete ettiği bilinmektedir (110). Ib inhibisyonu insanda H-refleks çalışmalarıyla araştırılabilir. Ayak baş parmağına verilen elektriksel aktivasyon sonrasında quadriceps kasında Ib inhibisyonunun azaldığı gösterilmiştir (111). Cavallari ve arkadaşları ise elektriksel kutanöz stimülasyon ile yaptıkları FKR kası H-reflexi çalışmasında Ib inhibisyonunun uyarılabilirliğinin arttığını göstermişlerdir (112). Sonuç olarak yapılan çalışmalarda istirahat ve hareket sırasında kutanöz afferentlerin Ib inhibisyonu üzerine olan etkilerinde farklılıklar görülmüştür (113).



Şekil 9. Herhangi bir ekstremitenin kasının hem alfa motor nöronuna hemde Ia inhibitör ara nörona olan non-resiprokal Ib inhibisyonu görülmektedir. (IIb AN: inhibitör Ib ara nöron, IIa AN: inhibitör Ia ara nöron, ANAMN: antagonist alfa motor nöron)

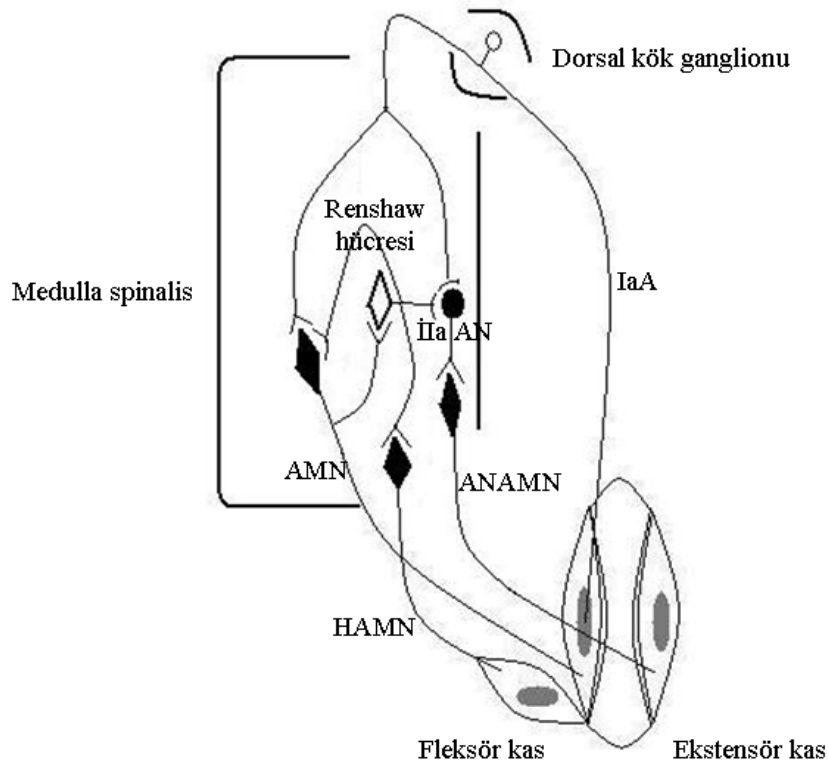
Renshaw hücresi ve rekurren inhibisyon

Medulla spinalis düzeyinde alfa motor aksonlarının eksitabilitesini düzenleyen inhibitör Ia ara nöronlardan farklı olarak Renshaw hücreleri denilen inhibitör ara nöronlar da bulunmaktadır. 1946 yılında Renshaw tarafından ön boynuzda motor nukleus medialinde tanımlanmıştır (112). Yapılan hayvan ve insan çalışmalarında inhibitör Ia ara nöronları ile Renshaw hücrelerinin birbirine benzer özellikleri olduğu bulunmuştur ve fonksiyonel olarak resiprokal inervasyonun zıt yönünde işlev görmektedir. İnsanlarda Renshaw hücre aktivasyonunun servikalde lombere göre daha yoğun olduğu gösterilmiştir. Bu durum evrimsel açıdan denge ve yürümenin sağlanması için alt ekstremitelerde Renshaw hücre aktivasyonunun kısıtlı (resiprokal inhibisyon baskın) ve üst ekstremitelerde ise Renshaw hücre aktivasyonunun baskın olmasıyla açıklanabilir. El bilek kaslarında ise Renshaw hücrelerinin rolü olmadığı düşünülmektedir (1,16,47).

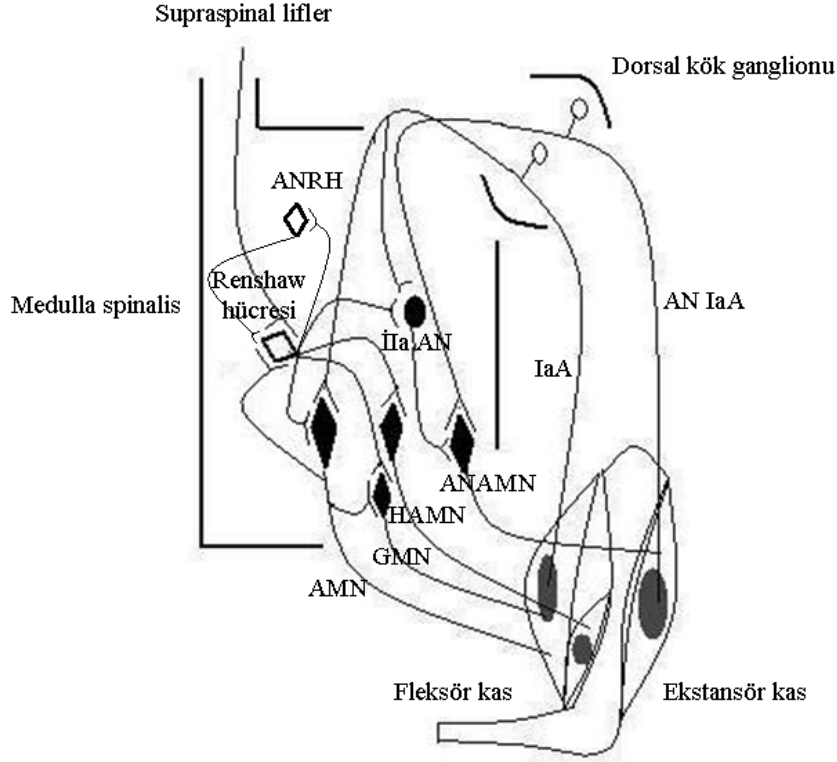
Daha önce bahsedildiği gibi iskelet kası, yüke karşı kuvvet uygulayarak çalışır. Kas uzunluğundaki değişiklikler kuvvete dönüştürülür. Kas kuvveti alfa motor nöronların aktivasyonu ile doğru orantılıdır. Fakat kasın hatasız kasılabilmesi için alfa motor nöron aktivasyonunun düzenlenmesi gerekmektedir. Bu düzenleme Renshaw hücreleri aracılığı ile rekürren inhibisyon denilen kas içcikleri ve fuzimotor aktivitenin de katıldığı sınırlayıcı ve stabilize edici bir geri bildirim mekanizması ile yapılır. Rekürren inhibisyonun düzenlenmesi çok yönlüdür ve kas içciklerinin fuzimotor refleks kontrolünün oluşturabileceği sorunları çözmektedir (113).

Rekurren inhibisyon döngüsünde alfa motor nöron, gama motor nöron, Ia resiprokal inhibitör ara nöron ve rensshaw hücresi görev almaktadır. Renshaw hücreleri, agonist kasın alfa motor nöronundan, supraspinal yollardan ve antagonist kasın Renshaw hücrelerinden girdiler alırken agonist kasın gama motor nöronlarına, Ia inhibitör ara nöronlarına, alfa motor nöronuna ve Renshaw hücrelerine çıktılar gönderir (105,114,115). Renshaw hücrelerinin inhibitör Ib ara

nöronlarıyla ilişkisi bulunamamıştır. Bu bağlantılar sayesinde Renshaw hücreleri kendilerini uyaran alfa motor nöronlar da dahil olmak üzere birçok homonim motor nöron ile homonim inhibitör Ia ara nöronlarını inhibe eder (**Şekil 10, Şekil 11**). Bu sayede hem antagonistik motor nöronlara olan resiprokal inhibisyon kuvveti düzenlenirken hem de alfa motor nöron deşarj senkronizasyonu ve stabilizasyonu sağlanmış olur. Motor nöronların ateşleme hızı artarsa Renshaw hücrelerinin rekurren inhibisyonu artar ve sonuç olarak motor nöron ateşleme hızı azaltılır. Renshaw hücrelerinin zayıf kasılmada fasilite olurken kuvvetli kasılmada ise inhibe olduğu düşünülür (2,16,47). Bu şekilde hem kas gücünde kazanç sağlanmış olur hem de gerim refleksinin lokalize kalmasını sağlanır. Spastik hastalarda artmış rekurren inhibisyon gözlenebilir fakat patofizyolojide rol aldığı düşünülmemektedir (116).



Şekil 10. Renshaw hücresi ve bağlantıları görülmektedir. (AMN: alfa motor nöron, HAMN: homonim alfa motor nöron, ANAMN: antagonist alfa motor nöron, IaA: Ia afferent, İla AN: inhibitör Ia ara nöron)



Şekil 11. Rekurren inhibisyon ve katılan yapılar görülmektedir. (AMN: alfa motor nöron, HAMN: homonim alfa motor nöron, ANAMN: antagonist alfa motor nöron, IaA: Ia afferent, IIa AN: inhibitör Ia ara nöron, GMN: gama motor nöron, ANRH: antagonist Renshaw hücresi)

2.2.4 İstemli hareketin kontrolü

İstemli hareketin modülasyonu çok karmaşıktır ve bu konudaki tartışmalar halen sürmektedir. Temel olarak kompleks bir santral düzenlemeden sonra çıkan motor emirler kas uyarım değişikliklerine bağlı olarak hareket ve kuvvet üretimini sağlar. Bu sırada kas kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren bir makine gibi davranır (15). İstemli motor çıktının oluşumunda serebral motor korteks, inen yollar ve medulla spinalis görev almaktadır. Fakat bu motor çıktının regülasyonunu bazal ganglia, serebellum ve duyusal korteks gibi yapılar gerçekleştirir. Ayrıca bu regülasyona, dış uyarılara bağlı değişken refleks yollar da katılır. Bu yapıların birbiriyle olan bağlantıları sayesinde hareket başarıyla gerçekleştirilir (4,14,15).

İstemli harekette serebral motor korteksin rolü

Motor korteks istemli hareketin en üst merkezidir. Motor korteksin primer motor korteks, premotor korteks ve suplementer motor korteks olmak üzere üç bölümü vardır. Primer motor korteks kortikospinal yol aracılığı ile istemli hareket sırasında uygulanacak kas kuvvetini ve hangi kasın harekete katılacağını düzenler. Premotor korteks, primer motor korteksle olan bağlantıları sayesinde hareketin şablonunun düzenlenmesinde ve hazırlanmasında görevlidir. Hangi nöronların ateşleneceği veya ateşlenmeyeceğini ve hangi sırayla ateşleneceklerini primer motor kortekse bildirir (15, 117, 118). Suplementer motor alan ise premotor alan ile uyum içinde hareketin planlanmasında görevlidir. Hareket karmaşıktıkça bilateral suplementer motor alanın primer motor alandan önce aktive olduğu gösterilmiştir (119). Periferden gelen bilgiler motor kortekse, talamus aracılığıyla veya direkt duyuusal kortekten kaynaklanan liflerle bildirilir. Bu durumun uzun döngülü reflekslere neden olduğu bilinmektedir.

İstemli harekette serebellumun rolü

Serebellumun uyarılması, tek başına motor çıktı oluşturmaz. Daha çok bir hareketten diğerine hızlı ve düzgün geçişinde görev almaktadır. Ayrıca ardı sıra hareketlerin önceden planlanmasında motor kortekse yardımcı olur. Bunu bir geri bildirim mekanizması ile yaptığı düşünülür. İstemli hareket sırasında motor korteks çıktılarını periferden gelen geri bilgiler ile karşılaştırır. Bir uyumsuzluk olması halinde belirli kasların aktivasyon düzeyini azaltıcı veya arttırıcı etki yapacak şekilde motor alana geri bildirimler sağlar. Fakat bu feed back kontrolü zamansal olarak çok uzundur ve tüm kontrol sistemini açıklamaz. Bundan dolayı forward internal model geliştirilmiştir. İnternal modeller öğrenme sonucunda edinilen bilgilerin kopyalanması ile bir sonraki hamledeki olası hataların öngörülmesi ve düzeltilmesidir (11,120,121).

Serebellum hareketin hafıza deposu gibi davranır ve bunu kapalı döngüler ile yapar. Kapalı döngülerin bir bacağını kortikopontoserebellar ve kortikoolivoserebellar yollar, diğer bacağını da serebellar nukleusların talamus üzerinden premotor ve primer motor kortekse olan projeksiyonları oluşturur (120-122). Hayvan çalışmalarında motor öğrenme ile H-refleks büyüklüğünde plastisiteye bağlı değişiklik olduğu fakat serebellar nukleus ablasyonu sonrasında bu değişikliklerin kaybolduğu görülmüştür. Bu durum serebellumun motor öğrenme üzerine etkili olduğunun diğer bir kanıtıdır (123).

Serebellar korteksin esas çıktısını GABAerjik purkinje hücreleri oluşturur. İstirahatte dahi serebellar ve vestibüler nukleuslara inhibitör çıktıları vardır. Serebellumun çıktılarının büyük çoğunluğu derin çekirdeklerden (fasilitatör) serebellumu terk eder. Derin çekirdeklerin talamus aracılığı ile indirekt olarak serebral korteks ve bazal ganglionlara, direkt olarak da nuklus rubere, retiküler ve vestibüler çekirdeklerle projeksiyonları vardır (120,122).

Kas içcikleri, golgi tendon organı, deri, eklem reseptörlerinden ve inhibitör, eksitator ara nöronlardan gelen bilgiler dorsal spinoserebellar yol ve ventral spinoserebellar yollar ile serebelluma iletilir. Ayrıca bu geri bildirimlerde spinooliver, spinoretiküler ve dorsal kolonun da görev aldığı düşünülür (4, 124). Purkinje hücreleri temel olarak inferior oliver nukleus ve pontin nukleustan girdiler alır. Bu yollar tırmanıcı (inferior oliver nukleus) ve yosunsu (pontin nukleus) lifler olarak tanımlanır ve purkinje hücrelerini fasilete ederler. Aynı zamanda purkinje hücrelerini inhibe eden stellat, golgi ve basket olarak adlandırılan inhibitör ara nöronları da aktive ederler. Purkinje hücreleri aktivitesi bu şekilde düzenlenir (120,122).

Serebellumun spinal motor döngülere etkisi hayvan çalışmalarında değerlendirilmiştir. Kedilerde serebellar lezyonların alfa motor nöronlarda hiperaktiviteye neden olduğu gösterilmiştir. Ayrıca ekstremit ve boyunda ekstensör rijiditeye neden olmaktadır. Primat çalışmalarında ise serebellar lezyonlarda fleksiyon distonisi veya hipotoni olduğu görülür.

Ayrıca primatlarda serebellar nukleuslar soğutulduğunda reaksiyon zamanında uzama, hipermetri, dismetri ve serebellar tremor da görülmektedir (4,124).

McLeod'un 1969 yılında saf serebellar bozukluğu olan hastalarda yaptığı soleus H-refleks çalışmasında alfa motor nöron eksitabilitesinde artış bulmuştur. Olsen ve arkadaşları da benzer bulgular elde etmişlerdir (125). Delwaide ve arkadaşlarının yaptıkları soleus kası H-refleksi çalışmasında kalorik stimulasyon ile H refleksinde ve T refleksinde fasilitasyon gözlemişlerdir. Kalorik stimulasyon vibrasyon inhibisyonunu ise etkilememiştir. Yazarlar bu durumun vestibulospinal yolların presinaptik inhibisyonu fasilitatör etkisinden çok gama motor nöron fasilitasyonu ile ilgili olduğunu söylemişlerdir (126).

İstemli harekette bazal ganglionların rolü

Öğrenilmiş motor hareketin otomatik olarak gerçekleştirilmesi, hareketin başlatılması, motivasyon kontrolü ve istenmeyen hareketin baskılanması, istenilen hareketin kolaylaştırılmasında görevlidir. Kompleks motor hareketlerin kontrolünde, kognisyonda ve affektif durumda da görevleri vardır. Kortikal yapılardan (özellikler primer motor korteks ve premotor korteks) ve talamustan girdiler alırken tekrar kortikal bölgelere, nukleus rubere, inferior olivar nukleus ve bazı beyin sapı yapılarına çıktılar gönderir. Serebellumdan da indirekt olarak nukleus ruber ve talamus üzerinden bilgiler alır. Serebellum ve medulla spinalis ile direkt bağlantıları yoktur (4,11).

2.2.5 İnen suprasegmental yollar

Kortikospinal yol

İstemli hareketlerin primer motor yolağı olarak bilinir. Filogenetik olarak insanlarda hayvanlara göre daha gelişmiştir ve sağ tarafta daha kalındır. Kortikospinal yolun yaklaşık üçte birini primer motor korteksten kaynaklanan lifler, kalan üçte ikilik kısmını ise premotor

korteks, suplemanter motor korteks ve somatik duyusal korteksten kaynaklanan lifler oluşturmaktadır. Üst ektremitede ekstensörlere göre fleksör kaslarda daha baskındır (118,127).

Hayvanlarda yapılan çalışmalarda kortikospinal yola ait tek bir aksonun somatotropiye uygun olarak farklı segmentlerde ve farklı kaslarda sonlandığı gösterilmiştir (128). Kortikospinal uyarım sonucu distal ekstremitte kaslarında daha büyük EPSP'ler oluşmaktadır. Bu durum insanlarda yapılan TMS çalışmalarıyla da gösterilmiştir (129). Kortikospinal yollardan gelen monosinaptik EPSP'ler, Ia afferentlerden gelen EPSP'lere göre daha uzun sürelidir ve büyüktür. Ayrıca kortikal uyarımın frekansı ve uyarı şiddeti arttıkça EPSP büyüklükleri artmaktadır. Bu olay Ia afferentlerde ise gözlenmez (130).

Motor korteksten inen aksonların %70-90'ı beyin sapında karşıya geçip lateral kortikospinal yol boyunca seyrettikten sonra medulla spinaliste ara nöronlarda ve alfa motor nöronlarda sonlanır (127). Küçük bir kısmı ise karşıya geçmeden ventral kortikospinal yol boyunca seyreder ve kendi seviyesinde karşıya geçerek veya geçmeden ara nöronlarda ve alfa motor nöronlarda sonlanır. Lateral kortikospinal yolu oluşturan lifler distal ekstremitte kaslarını inerve ederken, ventral kortikospinal yolu oluşturan lifler gövde kaslarını inerve etmektedir. Buna bağlı olarak ventral yolun daha çok denge, postürün düzenlenmesinde görevli olduğu düşünülmektedir (117, 118).

Rubrospinal yol

Rubral çekirdekten çıkıp medulla spinaliste sonlanan lifler rubrospinal yolu oluşturmaktadır. Rubral çekirdek kortikospinal yol ile yakın ilişki halindedir ve ipsilateral primer motor korteksten kortikorubral bağlantılar ile lifler alır. Rubral çekirdekten çıkan lifler beyin sapında karşıya geçtikten sonra medulla spinalisteki çoğunlukla distal ekstremitte kaslarının ara nöronları ve alfa motor nöronları ile sinaps yaparlar. Karşı taraf fleksör kasların motor nöronlarını fasilite, ekstensör kasların motor nöronlarını ise inhibe eder. Rubrospinal yol

servikal düzeyde sonlanmaktadır. Bundan dolayı dekortikasyon rijiditesinde deserebrasyon rijiditesinden farklı olarak üst ekstremitte fleksör kaslarında tonus artışı gözlenir (11,117,118).

Rubral çekirdekte vücut kaslarının somatografik temsili, primer motor kortekse benzer şekildedir ve istemli harekette görevli olduğu düşünülür. Kortikorubrospinal yol tahrip edilmeden kortikospinal yol tahrip edildiğinde bazı kaba el hareketlerinin yapılabilirdiği gösterilmiştir. Örneğin pür hemiplejili olan bir hastaya parmağını oynatması söylendiğinde bilekle birlikte tüm kolunu oynattığı görülür. Bu durum kortikospinal yol ile kortikorubral yolun motor kontrolde birlikte görevli olduğunu desteklemektedir. Ayrıca maymunlarda kortikospinal yolun pramis kesisi sonrası, motor korteksin elektriksel uyarısı ile kontralateral vücut bölümünde hareket gözlenmiştir (11, 118). Hayvan çalışmalarında rubrospinal yolun Ia, Ib ve kutanöz afferentlerin yaptığı PAD'ı fasilite ettiği ve Ia afferentlerden diğer Ia afferentlere giden inhibisyonuda inhibe ettiği gösterilmiştir (131).

Vestibülospinal yol

Lokomotor kontrolün sağlanması için baş, gövde, ekstremitelerin birbirleriyle ve vücudun ağırlık merkeziyle olan ilişkileri hatasız şekilde ayarlanmalıdır. Bu ayarlanma vücudun dış ortam ile bilgi alışverişini sağlayan görsel, vestibuler ve proprioseptif girdiler ile yapılmaktadır (127).

Vestibuler girdilerin büyük çoğunluğu vestibüler çekirdeklerde toplanır ve vestibulospinal yolla medulla spinalise ulaştırılır. Ayrıca serebelluma, serebellar çekirdeklere, beyin sapına ve retiküler çekirdeklere direkt, indirekt bağlantıları vardır. Medial ve inferior vestibüler nukleuslardan gelen bilgiler bilateral medial vestibulospinal yol ile taşınır. Bu yol boyun ve sırt kaslarını inerve eden aksiyel motor nöronlarla bağlantılıdır. Lateral vestibüler nukleustan gelen bilgiler ise ipsilateral olarak lateral vestibulospinal yol ile taşınır (127,132). Deiters' (Lateral) nukleusunun uyarılması ile ekstensör ekstremitte kaslarının motor nöronları

fasilite olduğu, fleksör kasların motor nöronları inhibe olduğu görülür. Bu etkiler her iki bacakta daha belirgindir ve direkt bağlantıların olduğu düşünülür (127,130,134,135).

Hayvan çalışmalarından ayakta durmak için iki tip deserebre rijiditeye ihtiyaç olduğu bilinir. İlki alfa motor nöronların aşırı aktivitesi ile oluşur. Bu duruma alfa rijidite denmektedir. İkinci tip ise kedi veya köpeklerin inter kolliküler düzeyde beyin sapı hasarlanması sonucu oluşan artmış gama motor nöron aktivitesine bağlıdır. Buna da gama rijidite denilmektedir. Sherrington'un refleks ayakta durma yasasında vestibulospinal yolak aktivitesi lateral vestibüler nukleus seviyesinde deserebre edildiğinde, ekstensör alfa motor nöronlarda uyarılma sonucunda ekstensör kas tonusunda artış görülür. İkinci olarak vestibulospinal yolak uyarıldığında alfa motor nöronların yanında homonim gama motor nöronlar da uyarılarak ekstensör kas aktivitesini ve alfa motor nöronları indirekt olarak aktive eder. Bu durum artmış kas tonusuna neden olur. Bu şekilde gerilme refleksinin ayaktayken dengenin bozulmasına karşı direnç sağladığı düşünülür. Bu öğretiye göre vücut ağırlık merkezinin arkaya veya öne doğru yer değiştirmesi halinde vestibulospinal trakt aktive olarak ekstensör kasların gama motor nöron aktivitesini artırır. Buna bağlı olarak kas içcikleri gerilir, deşarjları artar ve refleks olarak homonim alfa motor nöronları uyarır. Bu da antigraviter kas tonusunu artırarak ağırlık merkezinin değişmesine karşı koyar. Sonuç olarak denge sağlanmış olur. Bu duruma gama tip rijidite denilmektedir. Gama tip rijiditenin sağlanabilmesi için refleks yolağın sağlam olması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda dorsal kökler kesildiğinde rijiditenin azaldığı gösterilmiştir (1).

Retikülospinal yol

Postrall kontrol ve hareketle ilişkili olduğu düşünülür (136). Retiküler nukleuslar ponsta ve medullada bulunmaktadır. Ponsta bulunan çekirdekler ipsilateral medial retikülospinal yol aracılığı ile gövdenin aksiyel ve ekstansör ekstremitte kaslarının motor nöronlarına uyarıcı

sinyaller gönderirler. Serebellumun derin çekirdekleri ve vestibüler çekirdeklerden uyarıcı sinyaller alırlar. Medullada bulunan retiküler nukleuslar ise lateral retikülospinal yol aracılığıyla boyun ve sırt nöronlarına, ekstremitte ekstensör motor nöronlarına inhibitör sinyaller gönderir. İpsilateral veya bilateral sonlanabilir (117,127,137). Ekstremitelerin fleksör kaslarının motor nöronlarına ise uyarıcı etkileri vardır. Kortikospinal ve rubrospinal yoldan güçlü aktive edici sinyaller alırlar. Sonuç olarak vestibulospinal, medial retikülospinal yol ile lateral retikülospinal yol birbirine karşıt çalışarak hem hareketin yapılabilmesi için gerekli ekstansör-fleksör kas tonusu ayarlamasını hem de antigraviter kasların tonusu artırılarak yer çekimine karşı ayakta durulabilmesini sağlar (11,138).

Sonuç olarak kortikospinal ve rubrospinal yolaklardaki dorsolateral sistem elin yetenek isteyen işlerinde önemlidir. Retikülospinal ve vestibulospinal yolaktaki ventromedial sistem proksimal vücut bölgelerindeki harekette etkilidir.

2.3 H-refleksi

Hoffmann refleksi olarak da bilinen H-refleksi ilk kez 1918 yılında Alman bilim adamı Hoffmann tarafından tanımlanmış olup tendon refleksine (T-refleksi) eş değer olduğu düşünülmüştür. 1950 yılında ise Magladery ve McDougal H-refleksinin monosinaptik gerilme refleksinin elektriksel analogu olduğunu göstermişlerdir (139,140,141). Son yapılan çalışmalar H-refleksinin yükselen pikinin monosinaptik, inen pikinin ise oligosinaptik komponentinin olduğunu düşündürmektedir. Golgi tendon organlarından gelen afferentlerin Ib inhibitör etkisi ve diğer presinaptik, postsinaptik segmentar mekanizmaların etkileri H-refleks dalga formunun oluşumunda kafa karışıklığına yol açmaktadır (27).

Refleksoloji çalışmalarında en sık H-refleksi ve T-refleksi çalışılmıştır (142). T-refleksi kas içi gerilimin mekanik gerimi ile elde edilmekte iken H refleksi ise Ia afferentlerin direkt elektriksel stimülasyonu ile elde edilir. Bundan dolayı her ne kadar H-refleksinin, T-refleksine

eş değeri olduğu düşünülse de kas iğciğini by-pass ettiği unutulmamalıdır. Bundan dolayı H-refleksi kas iğcikleri hakkında yeterli bilgiyi sağlayamaz (2,27,143). Bu bilgiler göz önüne alındığında, bazı araştırmacılar T-refleks ile H-refleks amplitüdlerinin karşılaştırılmasının fusimotor sistem hakkında bilgi sağlayabileceğini düşünmüştür. Fakat fusimotor aktivitenin indirekt olarak motor nöron uyarılabilirliğini etkilemesi nedeniyle bu görüş tartışmalıdır. T-refleksi çalışmalarında H-refleksine göre daha az sayıda motor nöron eskite edilebilir. Ayrıca T-refleksinin H-refleksine göre daha uzun bir santral iletim zamanı vardır ve muhtemelen polisınaptiktir (144).

2.3.1 H refleksi nörofizyolojik karakteristikleri

H-refleksinin monosınaptik bir arka sahip olduğu değişik yöntemlerle kanıtlanmıştır. Örneğin medulla spinalis arka köklerinin elektriksel uyarımı ile Ia afferentleri uyarıldığında, ön köklerdeki yanıtın latansı ölçüldüğünde sakral kökte 1-1,3 ms'nin altında olduğu gözlenir. İntrasellüler kayıt teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalarda bilindiği üzere tek bir sinaptaki gecikme ise 0,5-1 ms kadardır. Bu durum medulla spinaliste H-refleks yolağının ancak tek bir sinapsa elverecek kadar santral gecikme süresine sahip olduğunu kanıtlar (145).

Mikst periferel sinirin motor eşikğın üstündeki elektriksel stimulasyonu ile homonim kasta iki yanıt oluşur. Kısa latanslı olan M-yanıtı olarak tanımlanırken uzun latanslı olan ise H-refleksi olarak tanımlanmaktadır. M-yanıtı motor aksonların direkt uyarılmasına bağılı ortaya çıkarken, H-refleksi ise Ia afferent lifleri aracılığıyla homonim motor nöronun indirekt uyarılması sonucu ortaya çıkar. Çalışılan kasın mikst siniri submaksimal uyarımlarla uyarıldığında ilk olarak geç latanslı H-refleksinin ortaya çıktığı görülür (2,27). Uyarı şiddeti her 0,1-0,2 mA artırıldığında başlangıçta H-refleksinin büyüdüğü, M-yanıtının da yavaş yavaş ortaya çıktığı dikkati çeker. Maksimal uyarım şiddetine yaklaşıldığında ise H-refleksinin amplitüdünün küçüldüğü ve M-yanıtının amplitüdünün ise daha da büyüdüğü gözlenir. Uyarım

supramaksimale ulaştığında artık H-refleksi elde edilemez sadece daha kısa latanslı olan M-yanıtı elde edilmektedir. Fakat bazen H-refleksi supramaksimal uyarıda küçülmesine rağmen kaybolmayabilir (142). M-yanıtı stimulus şiddetinin sabitliği açısından iyi bir göstergedir (27). H-refleksi çalışmalarında M-yanıtı amplitüdü, M-yanıtı maksimal amplitüdünün %5-25'i olduğunda H-refleksinin hem iyi yanıtı verdiği hemde sabit bir uyarıma ulaşıldığı d  ş  n  lmektedir (146,147). Homosinaptik depresyondan da etkilenmemesi için stimuluslar arası 0,2 Hz den daha az olmalıdır.

H-refleks çalışmalarında 0,5-1 msn gibi uzun elektriksel stimulus süreleri kullanılır (148). Panizza ve arkadaşları 0,3-1 msn'lik s  relerde stimulus verilmesinin daha büyük H-refleksi oluşturduğunu belirtmişlerdir (149). H-refleks çalışmalarında amaç Ia afferent duyusal lifleri uyarmaktır. Biliyoruz ki kısa süreli elektriksel stimuluslarda motor lifler daha kolay uyarılırken uzun süreli elektriksel stimuluslarda ise duyu lifleri iyi uyarılır. Bu durum deneysel olarak kanıtlanmıştır (148, 150).

Daha önceden de belirtildiği gibi ince (S tipi-yavaş) alfa motor nöronları daha büyük Ia afferent girdiye sahiptirler. Sonuç olarak daha büyük EPSP'ler ile uyarılırlar. Bundan dolayı biz düşük yoğunlukta stimulus verdiğimizde ilk önce kalın Ia afferent lifleri uyarılır. Kalın Ia afferentleri de daha küçük (S tipi-yavaş) alfa motor nöronları uyarır. Bundan dolayı H-refleksinde yavaş alfa  nitler daha baskındır. Bu kural antigraviter kaslarda üst ekstremiteye göre çok daha belirgindir (27,151). Stimulus şiddeti arttığında ise büyük (F tipi-hızlı) alfa motor nöronlarda uyarılmaya başlar ve M-yanıtı oluşur. H-refleksinin supramaksimal stimulasyonla kaybolmasının nedeni, antidromik motor yayılım ile ortodromik afferent yayılımın çakışması olduğu düşünülür (145). Fakat H-refleksinin kaybolmasına Renshaw hücrelerinin rekürren inhibisyonun ve otojenik Ib inhibisyonunun da katkısı olabilir (141,142). H-refleksine katılan motor nöron oranı motor nöron havuzunun % 24-100 d  r (145,152,153).

2.3.2 H-refleks çalışmaları ve özellikleri

Geçmişten günümüze kadar yapılan H-refleks çalışmaları kas tonusunun, postürün ve istemli hareketin düzenlenmesinde görevli olan suprasegmental-segmental mekanizmaların anlaşılmasında bilim adamlarına çok yardımcı olmuştur (1,44,154). Ayrıca santral ve periferik sinir sistemi hastalıklarında tanıya yardımcı olarak veya fizyopatolojisini anlamak için kullanılmıştır. Güvenilir H-refleks çalışmaları için daha önce bahsedildiği gibi multidisipliner bir yaklaşımda bulunmak gereklidir.

H-refleksi 2 yaşına kadar mikst periferik sinirine ulaşılabilen hemen hemen tüm kaslarda elde edilebilirken erişkinlerde ise sadece bir kaç kastan elde edilebilmektedir. H-refleksinin, istirahat halinde kolayca elde edilebildiği kaslar antigraviter kaslardır. Fleksör kaslardan daha zor elde edilir (142,143,154). Hayvan çalışmalarında ön bacaklarda arka bacaklara göre Hmaks/Mmaks oranının daha küçük ve presinaptik inhibisyonun daha belirgin olduğu görülür. Bu durum inen yol veya propriospinal yolak girdilerinin ön bacaklarda daha güçlü olduğunun göstergesidir (155). İnsan ve hayvanlarda birbirine benzer olarak fleksör kaslarda bu girdilerin daha belirgin olması nedeniyle H refleksinin daha zor ortaya çıktığı düşünülmektedir (16,49,156).

Literatüre bakıldığında alt ekstremitelerde posterior tibial sinirin uyarılmasıyla soleus, gastrocnemius, abduktor hallusis, fleksör digitorum brevis kaslarında; peroneal sinirin uyarılmasıyla tibialis anterior, ekstansör digitorum longus kaslarında; femoral sinirin uyarılmasıyla vastus medialis kasında H-refleks çalışmaları yapılmıştır. Üst ekstremitelerde ise median sinirin uyarılmasıyla FKR, abduktor pollicis brevis kaslarında; radial sinirin uyarılmasıyla EKR, ekstansör digitorum communis kaslarında; ulnar sinirin uyarılmasıyla fleksör karpi ulnaris, abduktor digiti quinti kaslarında yapılmıştır. Çalışmalarda kayıt için yüzeysel elektrotlar kullanılabilir gibi iğne elektrod da kullanılabilir. Hassasiyet, süpürme, stimulus şiddeti ve filtre ayarları tüm çalışmalarda birbirine benzerdir (157-160).

H-refleks elde edilebilme olasılığı kasa ve kullanılan tekniğe göre değişmektedir. Ayrıca sıklıkla fasilitasyon yöntemlerine başvurulur. H-refleks çalışmaları en sık alt ekstremitelerde soleus, gastroknemius üst ekstremitelerde ise FKR kasında yapılmaktadır (142,157,161,162). H-refleksi bu kaslarda yüksek oranlarda elde edilir. Soleus kasından çalışılırken aktif elektrod her iki gastroknemius başının aşıl tendonuna bağlandığı yerin birkaç santimetre distaline (3-4 cm), referans elektrod ise bu noktanın 3-5 cm distaline aşıl tendonu üzerine konulur. Gastroknemius kasından yapılan çalışmalarda ise aktif elektrod popliteal çukur ile medial malleol arasında çizilen bir hayali çizginin ortasına yerleştirilir. Referans elektrot ise kalkaneus ve aşıl tendonunun birleştiği yere konulur. Her iki çalışmada da uyarılar popliteal fossadan verilerek posterior tibial sinir uyarılır (152,157).

H-refleksi kişiden kişiye veya aynı kişide farklı zamanlarda farklılıklar gösterebilir. Literatürde gün içindeki aktivasyona veya mental duruma bağlı sabah ile akşam arasında hem istirahat hem de istemli kası sırasında farklılıklar görülebileceği belirtilmiştir (154). Fakat Stowe ve arkadaşlarının sağlıklı gençlerde FKR ve EKR kaslarından yaptıkları H-refleks çalışmasında günler içinde bir değişiklik görülmemiştir (163). Yüksek dikkat gerektiren durumlarda veya mental çaba ile H-refleks amplitüdü artabilir (164-166). Aynı şekilde anksiyeteli kişilerde de H-refleks amplitüdünün daha büyük olabilir. Uykudaki REM periodu ise H-refleksini inhibe eder. Van Boxtel'in yaptığı çalışmalarda alfa ritmi yüzesi ile H-refleks amplitüdü arasında pozitif korelasyon bulunmuşken alfa ritminin fazı ile herhangi bir ilişki çıkmamıştır (167,168). Gözlenen bu H-refleks değişiklikleri muhtemelen değişken suprasegmental etkilerden kaynaklanmaktadır. Fusimotor aktivasyon değişikliklerine veya segmental mekanizmalara bağlı olduğu düşünülür. Hareketin hayal edilmesi ile premotor korteks, serebellum ve bazal gangliada aktivasyon olduğu gösterilmiştir. Bu alanlardaki aktivasyon değişikliği motor nöron havuzunun uyarılabilirliğini etkiliyor olabilir.

Pasif kas geriminin artışı ve antagonist kasın aktivasyonu H-refleksini inhibe ederken istemli izometrik kası ise fasilite etmektedir (145,169). Egzersiz sonrasında H-refleksinde düşüş gözlenebilir. Motl ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bisiklette pedal çevirme sonrasında soleus H-refleksinde depresyon saptamışlardır fakat FKR kası H-refleksinde değişiklik gözlememişlerdir. Bu durum egzersiz sonrası depresyonun segmental olduğunun göstergesidir ve bu duruma adaptif plastisite denilir (170,171). Zehr ve arkadaşları da yaptıkları FKR kası H-refleksi çalışmasında kolların sıklık hareketi ile bacadakine benzer şekilde H-refleks depresyonu gözlemişlerdir (172). Literatürde egzersiz sonrası % 13-22 oranında Hmaks/Mmaks depresyonu gözlenebileceği belirtilir (173,174). Crone ve arkadaşları uzun süren H-refleks çalışmalarında H-refleks ve M-dalga amplitüdünün anlamlı derecede düşebileceğini belirtmişlerdir. Bu düşüşün 10-100. dakikalarda maksimum olduğunu göstermişlerdir (%50). Ayrıca istemli izometrik kontraksiyon sonrası daha önce bahsedildiği gibi 8-50 sn. süresince postaktivasyon depresyonuna bağlı olarak H refleks depresyonu gözlenebilir. Eğer kas uzun veya kısa boylarda istemli kası yaparsa bu süre 1-3 dakikaya kadar çıkabileceğide literatürde belirtilmektedir (175,176).

Uzaktaki kasların kasılarak elde edilen refleks fasilitasyon yöntemlerine Jendræssik manevrası denilmektedir. İlk kez 1883 yılında bulunmuştur. Jendræssik manevrasının hem H-refleksini hem de tendon refleksini fasilite ettiği bilinmektedir. Bundan dolayı rutin çalışmalarında H-refleksi elde edilemiyorsa güvenilir bir fasilitasyon yöntemi olarak kullanılmaktadır (177). Ellerin birbirini aniden kavraması, uzun süreli kavramaya göre daha büyük bir fasilitasyon yaratmaktadır. Dowman ve arkadaşları el bileği kontraksiyonu ile yapılan Jendræssik manevrası sonrası soleus H-refleksi amplitüdünde artış gözlemlemişlerdir (178). Jendræssik manevrasına bağlı görülen H-refleks fasilitasyonunun motor nörona ait postsinaptik değişikliklerden çok presinaptik değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Miyahara ve arkadaşları H-refleksinin çene sıkma ile fasilite olmasını bulber retikülospinal etkilere

bağlamışlardır. Zehr ve arkadaşları peroneal sinirin düzeltici situmulusu ve Jendræssik manevrası kullanarak yaptıkları çalışmada periferik ve santral etkilerin konverjansı sonucunda presinaptik inhibisyonun düzenlediğini ve santral etkinin periferik etkilere göre daha kuvvetli olduğunu söylemişlerdir (179). Jendræssik manevrası ile elde edilen fasilitasyon hiçbir zaman hafif istemli kası düzeyine ulaşamayacağıda bilinmelidir. Burke ve arkadaşlarının mikronörografik tekniklerle yaptığı çalışmada Jendræssik manevrası sırasında gama lif aktivitesinde artış gözlenmiştir. Fakat Clare ve Landau'nun yaptıkları çalışmada ise lidokain ile gama motor nöroları bloke edildiğinde H-refleksinin değişmediği görülmüştür. Bussel'in sağlıklı gönüllülerde yaptığı soleus H-reflexi çalışmasında iğcik aktivasyonu-Ia afferenet sinir liflerinin iskemisi sonucunda H-refleksinin arttığı görülmüştür. Bu durum fasilitasyonun dominant olarak gama motor nöron üzerinden olmadığını düşündürmektedir. Fakat gama motor nöron aktivasyonuna bağlı olabilecek fasilitasyon kuramı ise halen dışlanamamıştır (177).

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1 Çalışma grubu

2009 yılından itibaren Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Nöroloji Anabilim Dalı elektrofizyoloji laboratuvarında, uzman elektrofizyolog gözetiminde FKR kası H-refleksi çalışması yapılmaktadır. Çalışmamızda elektrofizyoloji laboratuvarında 01.01.2009 ve 01.09.2011 yılları arasında yapılmış olan H-refleks çalışmaları değerlendirmeye alınmış olup bireylerin demografik özellikleri, tanıları, elektrofizyolojik çalışmaları, anamnezleri ve nörolojik muayeneleri retrospektif olarak incelenmiştir. Çalışmamıza içleme ve dışlama kriterlerine uyan bireyler dahil edilmiştir. Bu çalışma T.C.Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi yerel etik kurulu tarafından, 29 Eylül 2010 tarihli 148 sayılı yazısı uyarınca etik açıdan uygun bulunmuştur.

İçleme kriterleri:

- Median, ulnar sinire ait rutin elektrofizyolojik çalışmaların yapılmış olması
- Elektrofizyolojik incelemelerin normal bulunmuş olması
- Bireylerin dosyalarına ulaşılabilmüş olması

Dışlama kriterleri:

- Bilinen kol ve boyun cerrahisi öyküsü olması
- Servikal radikulopati öyküsü olması
- Sistemik hastalık öyküsünün olması (Diabetes mellitus, tiroid bozuklukları, kollajen doku hastalıkları, kronik karaciğer hastalığı, üremi, malignite, multipl skleroz, serebrovasküler hastalık gibi)
- Nöromusküler hastalık öyküsü olması
- Santral sinir sistemine etkili ilaç kullanımı öyküsü olması

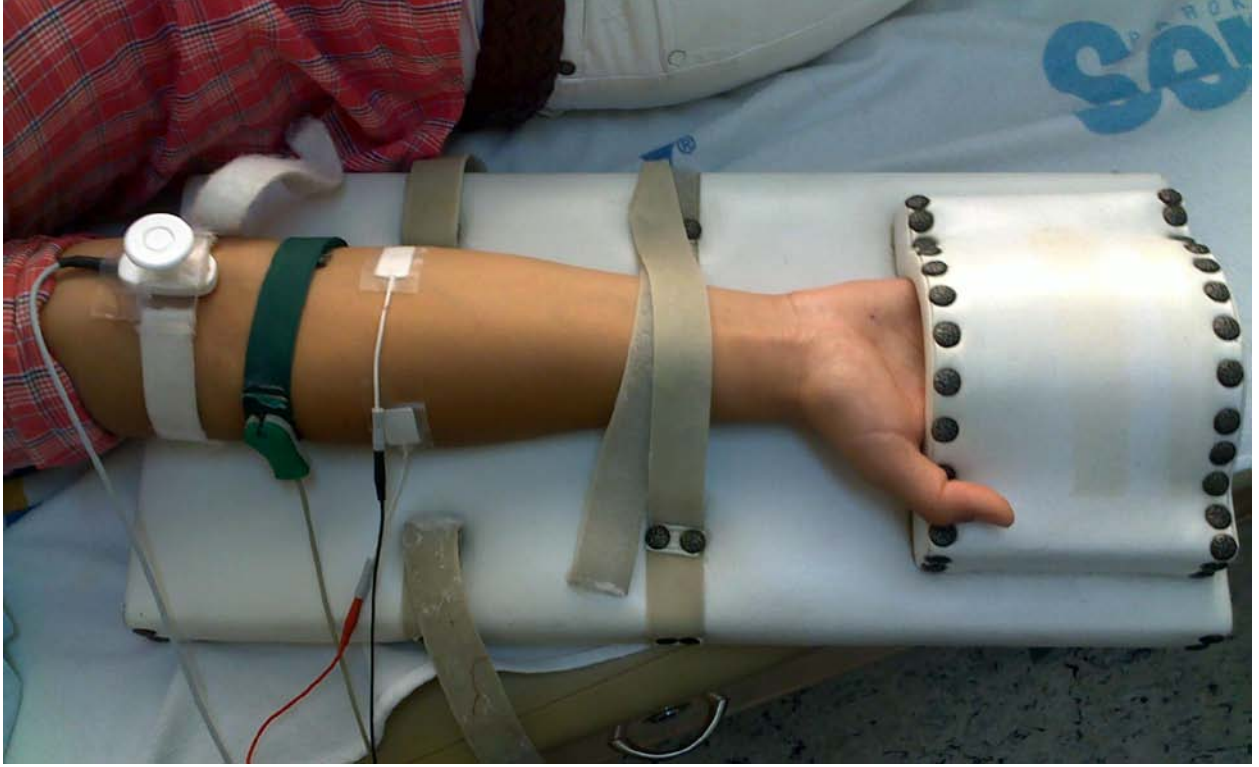
- Nörolojik muayenede üst ve alt motor nöron bulgularının olması

Not: Kliniğimizde median ve ulnar sinirin rutin elektrofizyolojik çalışmalarında distal motor latans, motor iletim hızı, BKAP (Birleşik kas aksiyon potansiyeli) amplitüdü, minimum F-dalga latansı, 2.parmak-bilek, avuçiçi-bilek, 5.parmak-bilek, bilek-dirsek segmenti duyu iletim hızı ve DSAP (Duyusal sinir aksiyon potansiyeli) amplitüdü gibi parametrelere bakılmaktadır.

3.2 Elektrofizyolojik İnceleme

Kliniğimizde elektrofizyolojik incelemeler Neuropack Σ (Nihon Kohden MEB-5504K) EMG cihazı ile yapıldı. Kayıt için 7x4 mm çapında atılabilir yüzeyel gümüş klorür elektrodlar kullanıldı. Bipolar, keçeden yapılmış stimülatör ile uyarılar verildi. H refleksi çalışmalarında cihaz ayarları stimulus süresi 0,5 ms, duyarlılık 500-1000 μ V, süpürme 5 ms/div ve cihaz filtresi 20-10.000 Hz olarak düzenlendi.

H-refleks çalışması FKR kasından Jabre metodu ile yapıldı. Bipolar stimülatör antekubital fossaya brakial arterin palpe edildiği noktaya yerleştirildi. Aktif elektrod, medial epikondil ve radyal çıkıntı arasında 1/3 proksimale (FKR kasının ortası), referans elektrod ise brakioradial kasın üzerine konuldu. Toprak elektrodu stimülatör ve kayıt elektrodları arasına yerleştirildi (**Şekil 12**).



Şekil 12. Yukarıda FKR kası H-refleksi incelemesinde elektrotların, stimülatörün ve kolun pozisyonu görülmektedir.

Bireyler rutin elektrofizyolojik çalışmaların yapıldığı supin pozisyondaydı. Ön kol ise supinasyon halindeydi. H-refleksine istirahat sırasında veya tahta düzenek yardımıyla sözel uyarılarla değişik derecelerde izometrik kası yaptırılarak bakıldı. Gücün el ayasından alınması istendi. Hastadan öncelikle maksimum M-yanıtı elde edildi. Sonrasında katotun etrafında anod 180° döndürülerek stimülatör sabitlendi. Her stimulus arasının en az 8-10 sn olmasına dikkat edildi ve her uyarıda stimulus şiddeti 0.2-0.4 mA arttırıldı. Submaksimal uyarıyla ortaya çıkan kısa latanslı dalga M-yanıtı olarak kabul edilirken, latansı oldukça sabit olan, M-yanıtı çıkmadan veya çok düşük amplitüdde iken gözlenen, stimulus şiddeti arttırıldıkça kaybolan uzun latanslı yanıt H-refleksi olarak kabul edildi. Her seferinde 5-10 tane H-refleksi kayıt edildi.

Çoğu zaman en büyük amplitüdlü H-refleksinin elde edildiği stimulus şiddetinde birkaç kez uyarı verildi ve en büyük H-refleksi amplitüdleri kaydedildi. M dalgasının ikinci fazından

etkilenmeyen izoelektrik hattaki ortak kırılma noktaları H-refleksi başlangıç latansı olarak kabul edildi. Ayrıca H-M interlatansı ölçülürken stimulus artefaktının minimal olmasına dikkat edildi. Hastanın H-refleks hızı hesaplanırken kat edilen mesafenin (kol uzunluğu) medial epikondil ve C6 spinöz çıkıntı arası olduğu kabul edildi. Mesafe sağ kol göğüsten 90° açılmışken kaliper ile ölçüldü. Ayrıca medulla spinalisteki sinaptik gecikme 1 ms olarak kabul edildiği için H-refleks hızı H-M interlatansından 1 ms çıkarılarak hesaplandı. Ekstremitte sıcaklığı sağ üst koldan medial epikondilin 5-10 cm proksimalinden ölçüldü.

Tüm bireylerde H-refleks çalışması istirahat ve fasilitasyon sırasında her iki koldan yapıldı ve aşağıdaki parametreler incelendi. **Şekil 13** ve **Şekil 14**'te H-refleks parametreleri ve ölçümleri gösterilmiştir. İstirahat ve fasilitasyon sırasındaki H-refleks çalışması trase örnekleri **Ek 1** ve **Ek 2**'de gösterilmiştir.

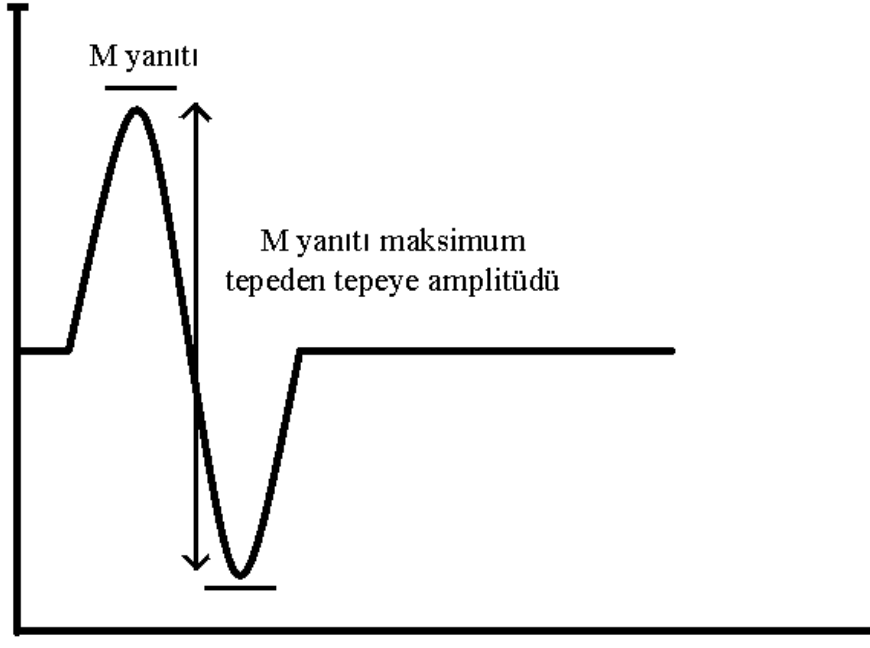
H-refleks parametreleri;

1. H-refleks latansı
2. Sağ-sol H-refleks latans farkı
3. H-M interlatansı
4. H-refleks iletim hızı
5. H-refleks maksimum (tepeden tepeye) amplitüdü (Hmaks)
6. M-yanıtı maksimum (tepeden tepeye) amplitüdü (Mmaks)
7. H-refleks maksimum amplitüdü / M yanıtı maksimum amplitüdü oranı (Hmaks/Mmaks oranı)
8. Sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı

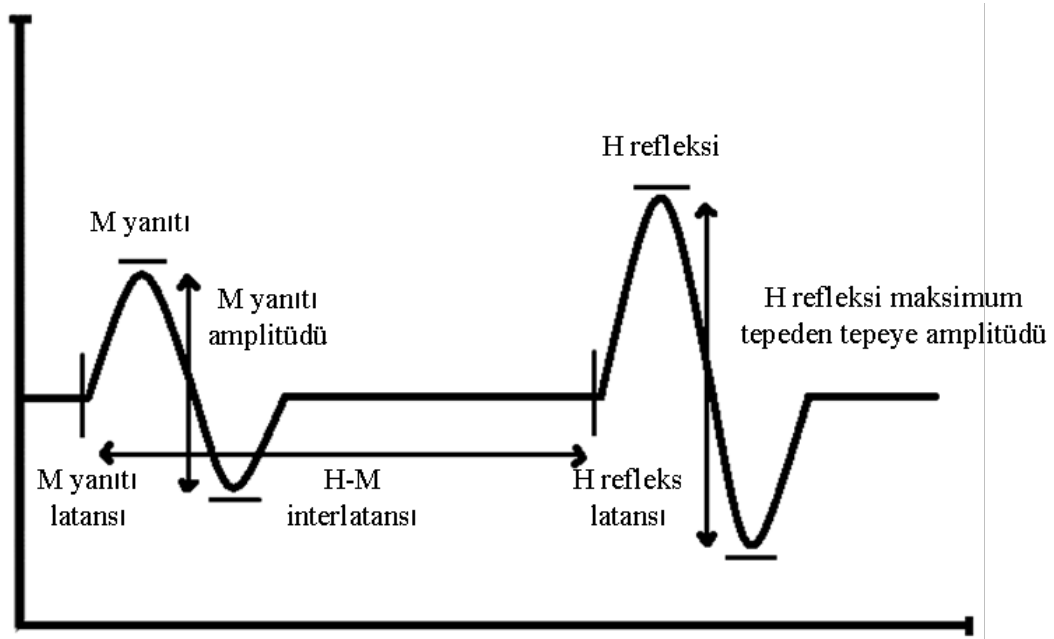
H-refleks hızını hesaplama formülü:

$$\text{H-refleks hızı (m/sn)} = (\text{C6 spinöz çıkıntı ile medial epikondil arası mesafe mm}) \times 2 /$$

$$\text{H-M interlatansı (ms)} - 1 \text{ ms}$$



Şekil 13. M-yanıtı parametreleri ve ölçümleri



Şekil 14. H-refleksi parametreleri ve ölçümleri

3.3 İstatiksel Değerlendirme

Analizler SPSS 11.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistik yapılırken “minimum-maksimum değerler ve ortalama $\pm$ SD” kullanıldı. Bakılan parametrelerin dağılımının normal olup olmadığı değerlendirmek için “Kolmogorov-Smirnow” testi kullanıldı. $P > 0,05$ olması normal dağılımı ifade etti. Cinsiyete bağımlı demografik verilerin ve bakılan parametrelerin karşılaştırılmasında “Student t” testi kullanıldı. $P < 0,05$ olması istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etti. Bağımlı ve bağımsız parametreler arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelendi. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi ayrıca basamaklı çoklu regresyon yapılarak kontrol edildi. $P < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı ilişkiyi ifade etti. İstirahat ve fasilitasyon sırasında elde edilen ölçümlerin değerlendirilmesi ve sağ-sol taraf farkı için eşler arası farkın önem testi kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1 Demografik ve fiziksel özellikler

Çalışmaya 20 ile 75 yaş arası bireyler dahil edildi. H-refleksi elde edilebilen bireylerin 37 (%48,1)'si erkek, 40 (%51,9)'ı kadındı. Kol uzunluğu, boy, kilo ve ekstremitte sıcaklıkları gibi bağımsız değişkenler değerlendirildi. Araştırmaya alınan bireylerin demografik ve fiziksel özellikleri **Tablo 1** ve **Tablo 2** 'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Bireylerin demografik ve fiziksel özellikleri

	Ortalama (n=77)	Minimum (n=77)	Maksimum (n=77)	Standart deviasyon (n=77)
Yaş	45,06	20	75	15,47
Kol uzunluğu	43,83	39,0	51,0	2,61
Boy	167,0	150	187	8,93
Ağırlık	73,77	50,0	105,0	12,21
Sıcaklık	33,12	31,5	35,2	0,792

Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edildi. Tanımlayıcı istatistik ortalama $\pm 2SD$.

Tablo 2. Bireylerin demografik ve fiziksel özellikleri

	Erkek bireyler (n=37)	Kadın bireyler (n=40)	P*
	Ortalama $\pm$ SD	Ortalama $\pm$ SD	
Yaş	44,2 $\pm$ 16,5	45,8 $\pm$ 14,6	,659
Kol uzunluğu	45,4 $\pm$ 2,4	42,4 $\pm$ 1,9	,000
Boy	173,1 $\pm$ 7,6	161 $\pm$ 5,6	,000
Ağırlık	77,4 $\pm$ 12,0	70,5 $\pm$ 11,6	,013
Sıcaklık	33,3 $\pm$ 0,7	33,0 $\pm$ 0,8	,155

Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edildi. *Student t testi.

4.2 Elektrofizyolojik veriler

FKR H-refleks parametrelerine 80 sağlıklı bireyde istirahat ve fasilitasyon sırasında bakıldı. H-refleksi istirahat ve fasilitasyon sırasında bireylerin 3 (%3,8)'ünde her iki taraftan, 1 (%1,3)'inde tek taraftan elde edilemedi. Bu bireylerin yaşları 58 ve üzeriydi. H-refleksi istirahat sırasında 29 (%36,3) bireyde elde edilebilirken fasilitasyon sırasında 76 (%95) bireyde iki taraflı elde edilebildi.

Çalışmamızda M-dalgası ortaya çıkmadan veya maksimal M-dalgasının % 2-25'i ortaya çıktığında en büyük H-refleks amplitüdünün elde edildiği görüldü. Nadiren bazı bireylerde fasilitasyon sırasında bu oran % 50'e kadar çıkmaktaydı. İstirahat ve fasilitasyon sırasındaki H-refleks çalışması trase örnekleri **Ek 1, Ek 2, Ek 3 ve Ek 4'** te gösterilmiştir.

Elektrofizyolojik parametreler ve dağılımları

Bireylerin istirahat ve fasilitasyon sırasındaki elektrofizyolojik parametreleri ve dağılımları değerlendirildi. Fasilitasyon ve istirahat sırasında her iki kol H-refleks latansının, hızının, maksimum amplitüdünün ve H-M interlatansının, M-yanıtı maksimum amplitüdünün, sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranının, Hmaks/Mmaks oranının normal dağılıma uyduğu görüldü ($p>0.05$). Sadece fasilitasyon sırasında sağ-sol H-refleks latans farkı normal dağılıma uymuyordu ($P=0,033$).

Elektrofizyolojik tanımlayıcı veriler

Fasilitasyon ve istirahat sırasında her iki kol H-refleks parametrelerinin ortalamaları, standart sapmaları ve minimum, maksimum değerleri elde edildi. **Tablo 3'** de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 3. Elektrofizyolojik tanımlayıcı veriler

	Sağ kol değeri						Sol kol değeri					
	İstirahat (n=30)			Fasilitasyon (n=77)			İstirahat (n=29)			Fasilitasyon (n=76)		
	Ortalama ± SD	M1	M2	Ortalama ± SD	M1	M2	Ortalama ± SD	M1	M2	Ortalama ± SD	M1	M2
Parametreler												
H latansı (msn)	15,55 ±1,05	14,0	17,9	15,82 ±1,05	13,8	19,2	15,53 ±1,11	13,3	17,8	15,76 ±1,12	13,3	19,4
H latans farkı (msn)							0,20 ±0,16	0	0,7	0,26 ±0,18	0	0,7
H-M interlatansı (msn)	12,77 ±1,04	11,1	14,7	12,95 ±0,98	11	15,3	12,83 ±1,05	10,5	14,8	12,92 ±1,00	10,8	15,7
H refleks hızı (m/sn)	74,94 ±4,41	66,6	83,1	73,58 ±4,51	65,1	84	74,91 ±4,73	65	84,2	73,83 ±4,90	64,5	87,6
H amplitüdü (mV)	1,70 ±0,94	0,66	4,18	2,34 ±1,06	0,93	5,48	1,47 ±1,07	0,32	5,01	2,11 ±0,95	0,60	4,60
M amplitüdü (mV)	10,34 ±3,16	4,85	20	10,45 ±3,43	4,82	20,4	10,00 ±2,80	5,68	16,4	10,09 ±2,95	4,6	18,5
Hmaks/Mmaks oranı	18,12 ±10,97	4,3	41,6	24,69 ±11,71	5,6	50	15,85 ±12,53	1,0	51,9	22,86 ±11,05	4,7	48
Sağ-solH amplitüd oranı							0,66 ±0,24	0,20	0,98	0,74 ±0,16	0,38	0,99

M1: Minimum değer M2: Maksimum değer. Tanımlayıcı istatistik ortalama ±2SD .

H-refleks parametrelerinin ortalama değerleri ve karşılaştırılması

İstirahat ve fasilitasyon sırasında her iki taraf H-refleksi parametrelerinin ortalama değerleri ve karşılaştırılması **Tablo 4'** de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Fasilitasyon sırasında sağ ve sol H-refleks maksimum amplitüdünde, Hmaks/Mmaks ve sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranında istirahate göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış görüldü ($p<0.05$). H-refleks latansı, H-refleks hızı, H-M-interlatansı ve sağ-sol H-refleks latans farkı açısından ise istirahat ve fasilitasyon sırasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik yoktu.

İstirahat ve fasilitasyon sırasında sağ ve sol kol arası H-refleksi parametrelerinin ortalama değerleri ve karşılaştırılması **Tablo 5'** de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Fasilitasyon sırasında sağ kol H-refleks maksimum amplitüdünün sol kola göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha büyük olduğu görüldü. İstirahat sırasında ise taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede bir fark yoktu. Ayrıca H-refleks latansı, H-M interlatansı, H-refleks hızı, Hmaks/Mmaks oranı ve M-yanıtı maksimum amplitüdü açısından da istirahat ve fasilitasyon sırasında taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.

İstirahate göre fasilitasyon sırasında görülen H-refleks değişiklikleri **Ek 3** ve **Ek 4'** de gösterilmiştir.

Tablo 4. H refleks parametrelerinin istirahat ve fasilitasyon sırasındaki ortalama değerleri ve karşılaştırılması

Parametreler	Birey Sayısı	İstirahat Ortalama $\pm$ SD	Fasilitasyon Ortalama $\pm$ SD	P*
SağH latansı	30	15,55 $\pm$ 1,05	15,52 $\pm$ 0,97	0,455
SolH latansı	29	15,53 $\pm$ 1,11	15,50 $\pm$ 1,10	0,611
H latans farkı	29	0,20 $\pm$ 0,16	0,26 $\pm$ 0,17	0,138
SağH-M interlatansı	30	12,77 $\pm$ 1,04	12,74 $\pm$ 0,95	0,690
SolH-M interlatansı	29	12,83 $\pm$ 1,05	12,72 $\pm$ 1,03	0,134
SağH refleks hızı	30	74,94 $\pm$ 4,41	75,04 $\pm$ 4,19	0,782
SolH refleks hızı	29	74,91 $\pm$ 4,73	75,60 $\pm$ 5,08	0,140
SağH amplitüdü	30	1,70 $\pm$ 0,94	2,82 $\pm$ 1,12	0,000
SolH amplitüd	29	1,47 $\pm$ 1,07	2,51 $\pm$ 0,84	0,000
SağHmaks/Mmaks oranı	30	18,12 $\pm$ 10,97	29,92 $\pm$ 12,92	0,000
SolHmaks/Mmaks oranı	29	15,85 $\pm$ 12,53	26,71 $\pm$ 10,20	0,000
Sağ-solH amplitüd oranı	29	0,66 $\pm$ 0,24	0,77 $\pm$ 0,14	0,043

Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edildi. *Student t testi (Paired-Sample T testi).

Tablo 5. İstirahat ve fasilitasyon sırasında sağ ve sol kol arası H refleksi parametrelerinin ortalama değerleri ve karşılaştırılması

Parametreler	İstirahat			Fasilitasyon		
	Sağ kol değeri (n=29)	Sol kol değeri (n=29)	P*	Sağ kol değeri (n=76)	Sol kol değeri (n=76)	P*
H latansı	15,58 ±1,08	15,53 ±1,11	0,091	15,82 ±1,06	15,76 ±1,12	0,074
H-M interlatansı	12,83 ±1,07	12,83 ±1,05	1,000	12,95 ±0,98	12,92 ±1,00	0,382
H refleks hızı	74,76 ±4,48	74,91 ± 4,73	0,945	73,59 ±4,54	73,83 ±4,90	0,343
M amplitüdü	10,24 ±3,17	10,00 ±2,80	0,568	10,45 ±3,43	10,09 ±2,95	0,175
H amplitüdü	1,72 ±0,97	1,47 ±1,07	0,219	2,35 ±1,06	2,11 ±0,95	0,015
Hmaks /Mmaks oranı	18,66 ±11,16	15,85 ±12,53	0,304	24,89 ±11,65	22,86 ±11,05	0,060

Veriler ortalama ± standart sapma olarak ifade edildi. *Student t testi (Paired-Sample T testi).

H-refleks parametrelerinin cinsiyete göre ortalama değerleri ve karşılaştırılması

İstirahat ve fasilitasyon sırasında her iki taraf H-refleks parametrelerinin cinsiyete göre ortalama değerleri ve karşılaştırılması **Tablo 6'** da ayrıntılı olarak verilmiştir.

İstirahat sırasında her iki kolda H-refleks latansı, H-M interlatansı erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha uzundu. Ayrıca sol kol M-yanıtı maksimum amplitüdleri de daha büyüktü ($p<0,05$). Sağ kol M-yanıtı amplitüdü erkeklerde daha büyük olmasına karşın istatistiksel olarak anlamlı değildi. İstirahat sırasında her iki kolda H-refleks amplitüdleri ve Hmaks/Mmaks oranları kadınlarda erkeklere göre daha büyüktü fakat istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

Fasilitasyon sırasında her iki kolda H-refleks latansı, H-M interlatansı erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha uzundu ve M-yanıtı maksimum amplitüdleri de anlamlı derecede daha büyüktü. Fasilitasyon sırasında her iki kolda H-refleks maksimum amplitüdleri ve Hmaks/Mmaks oranları da kadınlarda erkeklere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha büyüktü ($p<0,05$).

İstirahat ve fasilitasyon sırasında sağ-sol H-refleks latans farkı, H-refleks iletim hızı ve sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı açısından cinsiyetler arasında anlamlı farklılık yoktu ($p>0,05$).

Tablo 6. H refleks parametrelerinin cinsiyete göre ortalama değerleri ve karşılaştırılması

Parametreler	İstirahat			Fasilitasyon		
	Erkek ortalama ±SD (Sağ kol n=12) (Sol kol n=11)	Kadın ortalama ±SD (Sağ kol n=18) (Sol kol n=18)	P*	Erkek ortalama ±SD (Sağ kol n=37) (Sol kol n=36)	Kadın ortalama ±SD (Sağ kol n=40) (Sol kol n=40)	P *
Sağ H latansı	16,08 ± 1,03	15,2 ± 0,92	0,025	16,43 ± 0,92	15,26 ± 0,84	0,000
Sol H latansı	16,22 ± 1,03	15,11 ± 0,96	0,009	16,43 ± 0,98	15,16 ± 0,87	0,000
H latans farkı	0,16 ± 0,12	0,23 ± 0,18	0,237	0,27 ± 0,17	0,26 ± 0,18	0,821
Sağ H-M interlatansı	13,33 ± 0,98	12,39 ± 0,92	0,014	13,48 ± 0,84	12,45 ± 0,83	0,000
Sol H-M interlatansı	13,43 ± 0,89	12,46 ± 1,00	0,012	13,48 ± 0,88	12,41 ± 0,83	0,000
Sağ H refleks hızı	74,84 ± 5,15	75,00 ± 4,00	0,929	72,90 ± 4,53	74,20 ± 4,47	0,211
Sol H refleks hızı	75,36 ± 4,88	74,64 ± 4,75	0,699	73,12 ± 5,09	74,47 ± 4,69	0,232
Sağ M amplitüdü	11,63 ± 4,10	9,40 ± 1,89	0,051	12,03 ± 3,77	8,99 ± 2,29	0,000
Sol M amplitüdü	11,49 ± 3,30	9,00 ± 1,93	0,032	11,46 ± 3,08	8,82 ± 2,19	0,000
Sağ H amplitüdü	1,53 ± 0,96	1,81 ± 0,94	0,439	2,07 ± 1,01	2,59 ± 1,05	0,028
Sol H amplitüdü	1,24 ± 1,06	1,61 ± 1,08	0,373	1,84 ± 0,95	2,36 ± 0,89	0,017
Sağ Hmaks / M maks oranı	15,08 ± 10,24	20,14 ± 11,25	0,215	19,33 ± 10,08	29,64 ± 10,99	0,000
Sol Hmaks / M maks oranı	11,08 ± 7,41	18,76 ± 14,23	0,068	17,40 ± 8,87	27,76 ± 10,59	0,000
Sağ-sol H amplitüdü oranı	0,68 ± 0,23	0,64 ± 0,25	0,663	0,73 ± 0,17	0,75 ± 0,16	0,580

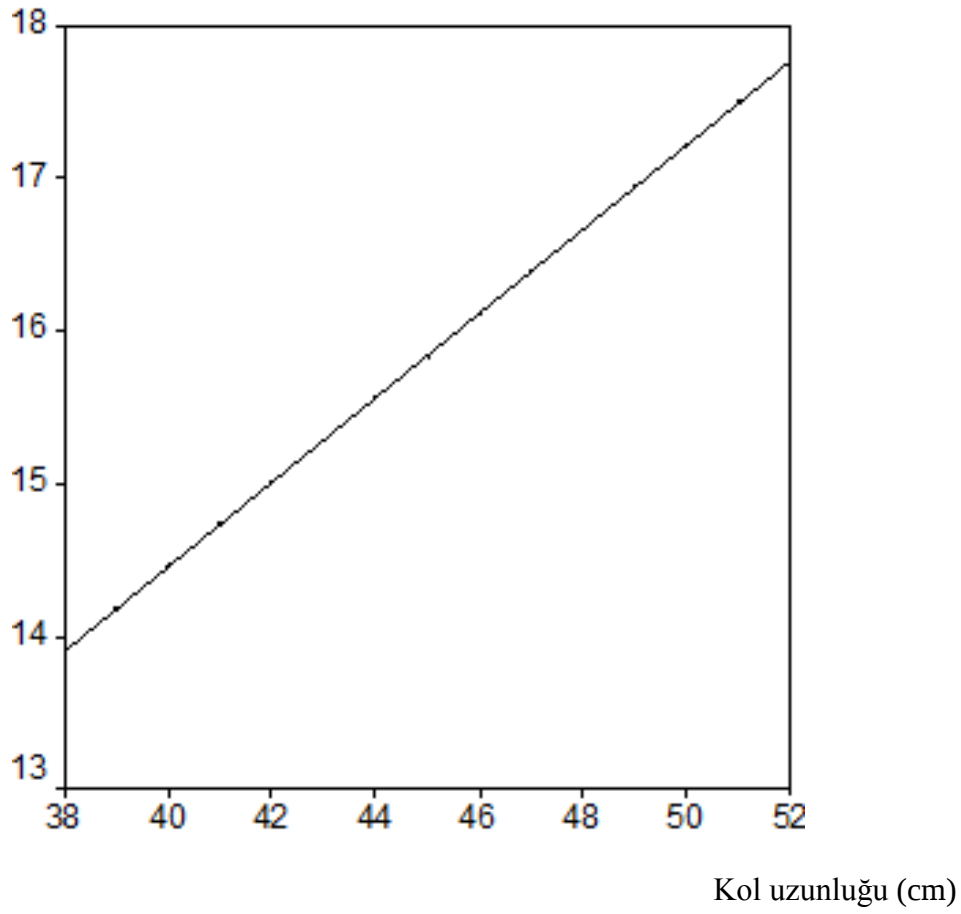
Veriler ortalama ± standart sapma olarak ifade edildi. *Student t testi (Independent-Sample T testi).

H-refleks parametreleri ile demografik veriler arasındaki bağıntı ve regresyon analizleri

İstirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleks parametreleri ile demografik veriler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı değerlendirildi ve regresyon analizleri yapıldı.

İstirahat sırasında sağ ve sol kol H-refleks latansının kol uzunluğu (sağ: $r=0,732$, $p=0,000$, sol: $r=0,737$, $p=0,000$), boy (sağ: $r=0,484$, $p=0,001$, sol: $r=0,557$, $p=0,002$) ve kiloyla (sağ: $r=0,447$, $p=0,013$, sol: $r=0,543$, $p=0,002$) anlamlı derecede bir pozitif korelasyon gösterdiği görüldü. Ancak çoklu regresyon analizinde ise sadece kol uzunluğu (sağ: $p=0,000$, sol: $p=0,000$) ve yaş (sağ: $p=0,011$, sol: $p=0,002$) ile anlamlı derecede bir ilişkisi mevcuttu. Bu nedenle sadece kol uzunluğuna göre sağ ve sol kol H-refleks latansının regresyon doğrusu çizildi (Şekil 15, Şekil 16) ve regresyon formülü hesaplandı.

H-refleks latansı (ms)



Şekil 15. İstirahat sırasında sağ kol FKR kası H-refleks latansının kol uzunluğu ile ilişkisi

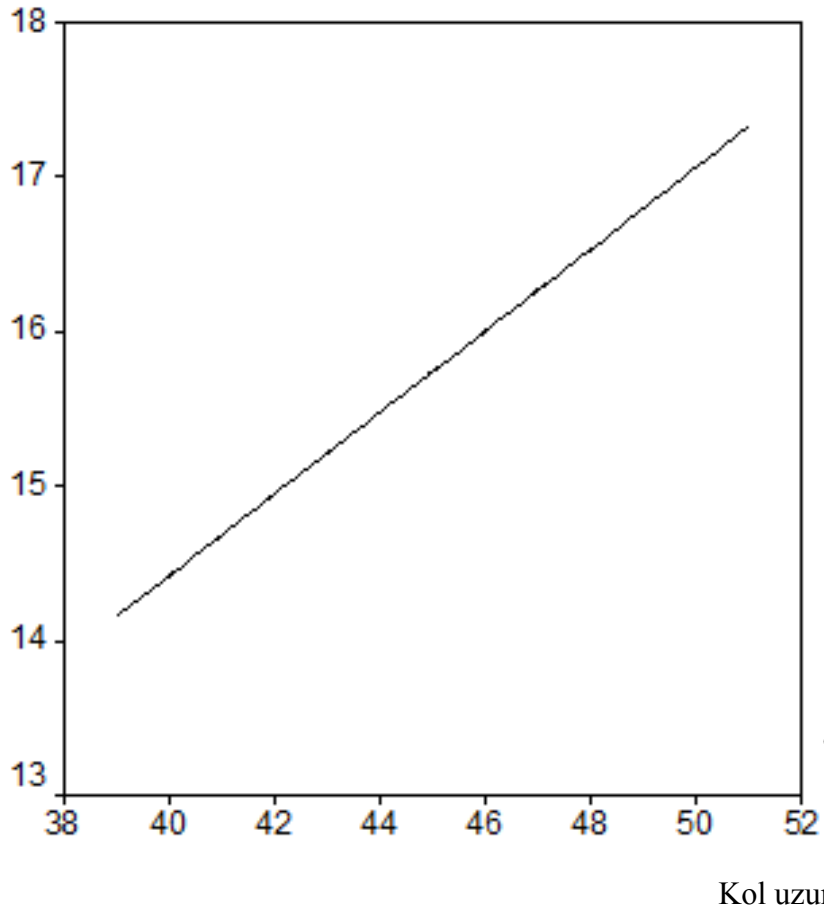
Tekli regresyon formülü;

Sağ kol H-refleks latansı= $3,42+0,28\text{Kol uzunluğu}+2 \text{ SD } (1,05)$

Çoklu regresyon formülü;

Sağ kol H-refleks latansı = $1,16+0,3\text{Kol uzunluğu}+0,03\text{Yaş}+2 \text{ SD } (1,05)$

H-refleks latansı (ms)



Şekil 16. İstirahat sırasında sol kol FKR kası H-refleks latansının kol uzunluğu ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

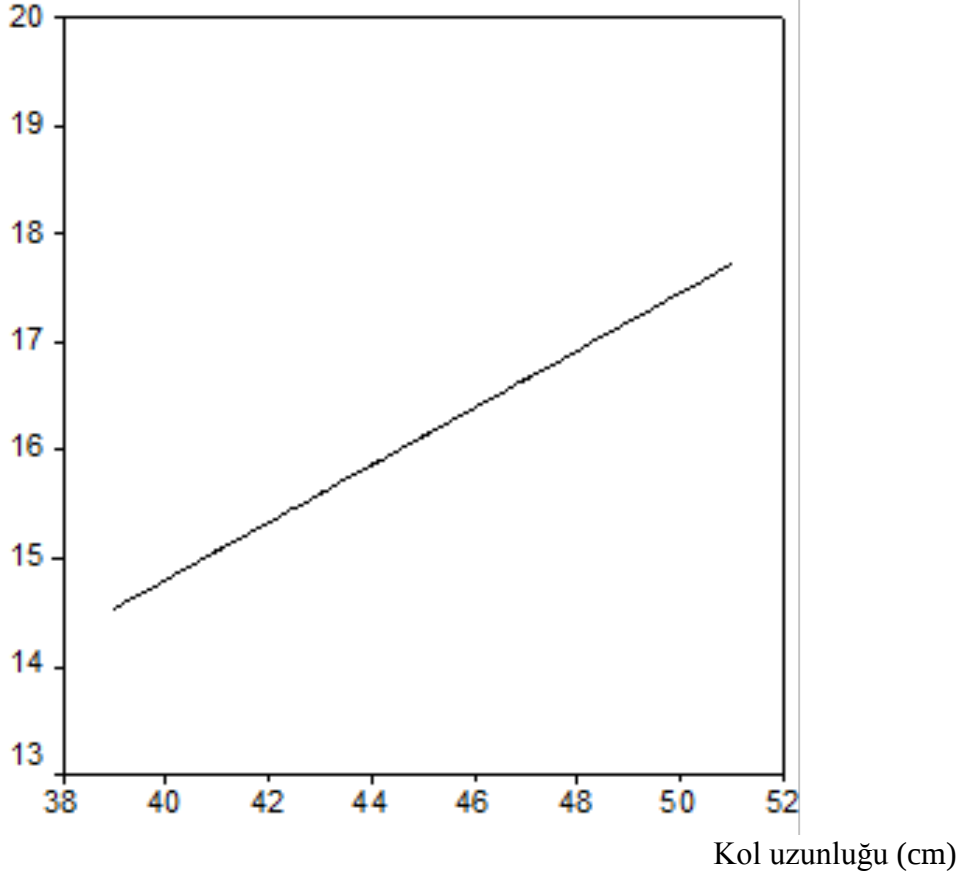
$$\text{Sol kol H-refleks latansı} = 3,84 + 0,26 \text{Kol uzunluğu} + 2 \text{ SD (1,11)}$$

Çoklu regresyon formülü;

$$\text{Sol kol H-refleks latansı} = 0,57 + 0,31 \text{Kol uzunluğu} + 0,03 \text{Yaş} + 2 \text{ SD (1,11)}$$

Fasilitasyon sırasında sağ ve sol kol H-refleks latansının yaş (sağ: $r=0,350$, $p=0,002$, sol: $r=0,380$, $p=0,001$), kol uzunluğu (sağ: $r=0,656$, $p=0,000$, sol: $r=0,654$, $p=0,000$), boy (sağ: $r=0,526$, $p=0,000$, sol: $r=0,497$, $p=0,000$) ve kiloyla (sağ: $r=0,472$, $p=0,001$, sol: $r=0,507$, $p=0,000$) anlamlı derecede bir pozitif korelasyon gösterdiği görüldü. Ancak çoklu regresyon analizinde ise sadece kol uzunluğu (sağ: $p=0,000$, sol: $P=0,000$) ve yaş (sağ: $p=0,000$, sol: $P=0,000$) ile anlamlı derecede bir ilişkisi mevcuttu. Bu nedenle sadece kol uzunluğu ve yaşa göre sağ ve sol kol H-refleks latansının regresyon doğrusu çizildi (**Şekil 17**, **Şekil 18**, **Şekil 19**, **Şekil 20**) ve regresyon formülü hesaplandı.

H-refleks latansı (ms)



Şekil 17. Fasilitasyon sırasında sağ kol FKR kası H-refleks latansının kol uzunluğu ile ilişkisi

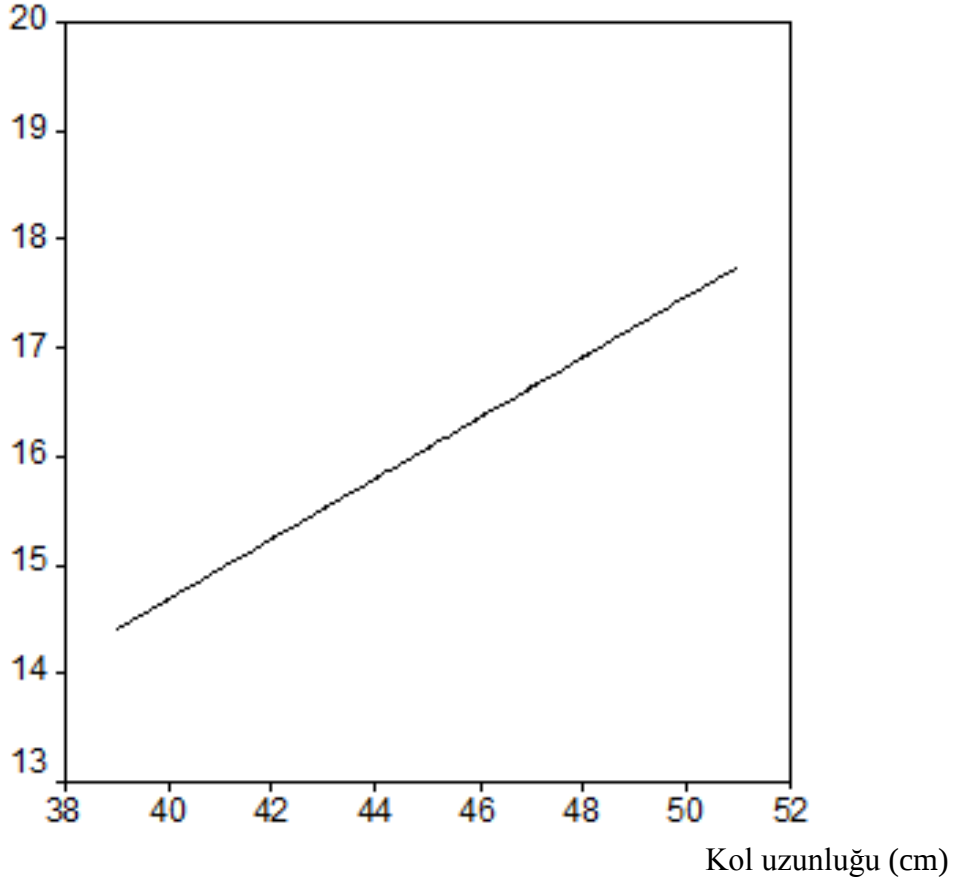
Tekli regresyon formülleri;

Sağ kol H-refleks latansı = $4,20 + 0,27 \text{Kol uzunluğu} + 2 \text{ SD } (1,05)$

Çoklu regresyon formülleri:

Sağ kol H-refleks latansı = $1,10 + 0,30 \text{Kol uzunluğu} + 0,03 \text{Yaş} + 2 \text{ SD } (1,05)$

H-refleks latansı (ms)



Şekil 18. Fasilitasyon sırasında sol kol FKR kası H-refleks latansının kol uzunluğu ile ilişkisi

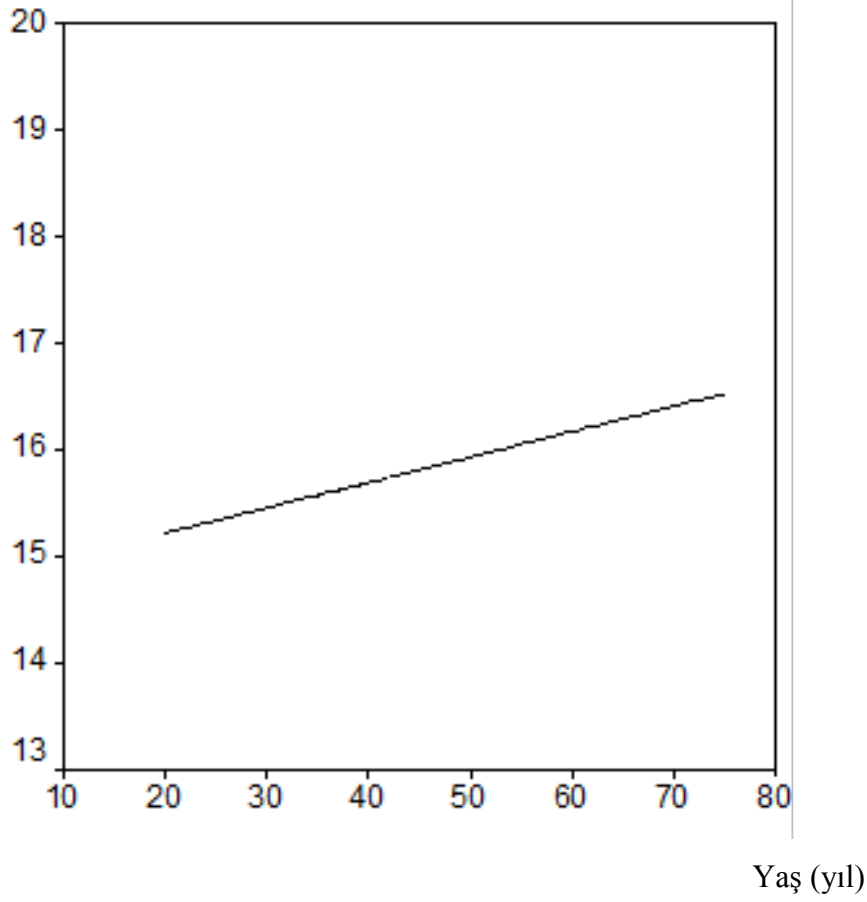
Tekli regresyon formülleri;

Sol kol H-refleks latansı = $3,54 + 0,28 \text{Kol uzunluğu} + 2 \text{ SD}$ (1,12)

Çoklu regresyon formülleri:

Sol kol H-refleks latansı = $-0,11 + 0,32 \text{Kol uzunluğu} + 0,04 \text{Yaş} + 2 \text{ SD}$ (1,12)

H-refleks latansı (ms)



Şekil 19. Fasilitasyon sırasında sağ kol FKR kası H-refleks latansının yaş ile ilişkisi

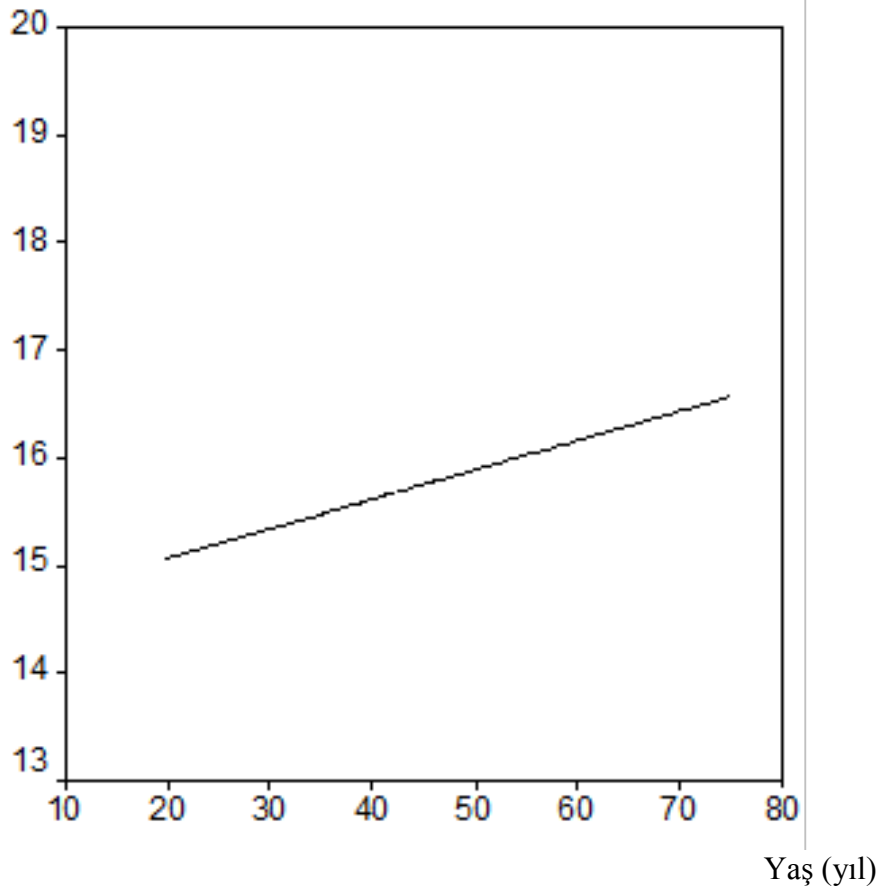
Tekli regresyon formülleri;

Sağ kol H-refleks latansı= $14,75+0,2\text{Yaş}+2\text{ SD (1,05)}$

Çoklu regresyon formülleri:

Sağ kol H-refleks latansı = $1,10+0,30\text{Kol uzunluğu}+0,03\text{Yaş}+2\text{ SD (1,05)}$

H-refleks latansı (ms)



Şekil 20. Fasilitasyon sırasında sol kol FKR kası H-refleks latansının yaş ile ilişkisi

Tekli regresyon formülleri;

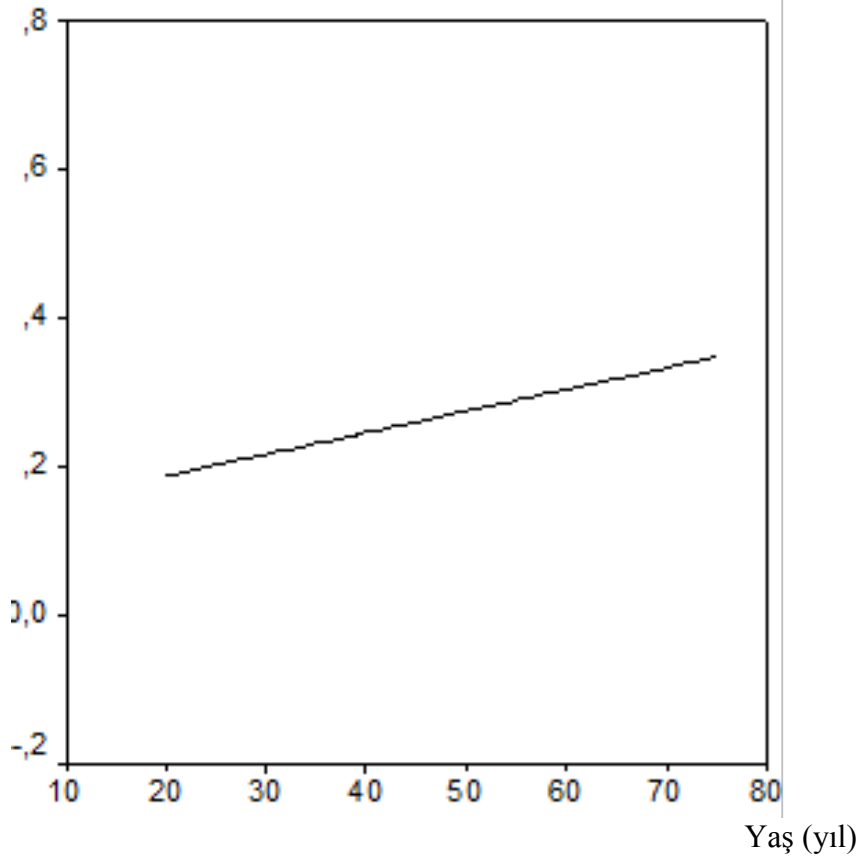
$$\text{Sol kol H-refleks latansı} = 14,52 + 0,3\text{Yaş} + 2 \text{ SD (1,12)}$$

Çoklu regresyon formülleri:

$$\text{Sol kol H-refleks latansı} = -0,11 + 0,32\text{Kol uzunluğu} + 0,04\text{Yaş} + 2 \text{ SD (1,12)}$$

Fasilitasyon sırasında H-refleks latans farkı ile yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede ($r=0,256$, $P=0,025$) pozitif korelasyon mevcuttu. Bu nedenle sadece yaşa göre sağ-sol H-refleks latans farkı regresyon doğrusu çizildi (**Şekil 21**) ve regresyon formülü hesaplandı.

H-refleks latans farkı (ms)



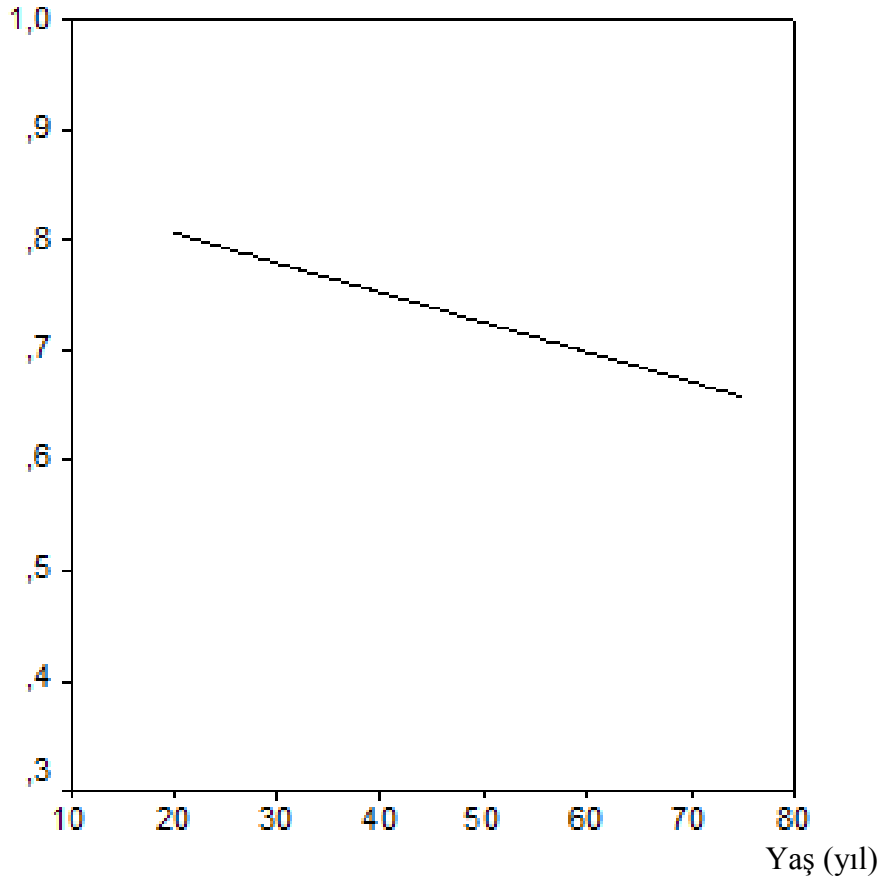
Şekil 21. Fasilitasyon sırasında sağ-sol FKR kası H-refleks latans farkının yaş ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

$$\text{Sağ-sol H-refleks latans farkı} = 0,13 + 0,003\text{Yaş} + 2 \text{ SS } (0,18)$$

Fasilitasyon sırasında sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı ile yaşı arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede ($r=-0,257$, $P=0,025$) bir negatif korelasyon mevcuttu. Bu nedenle sadece yaşı göre sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranının regresyon doğrusu çizildi (Şekil 22) ve regresyon formülü hesaplandı.

Sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı

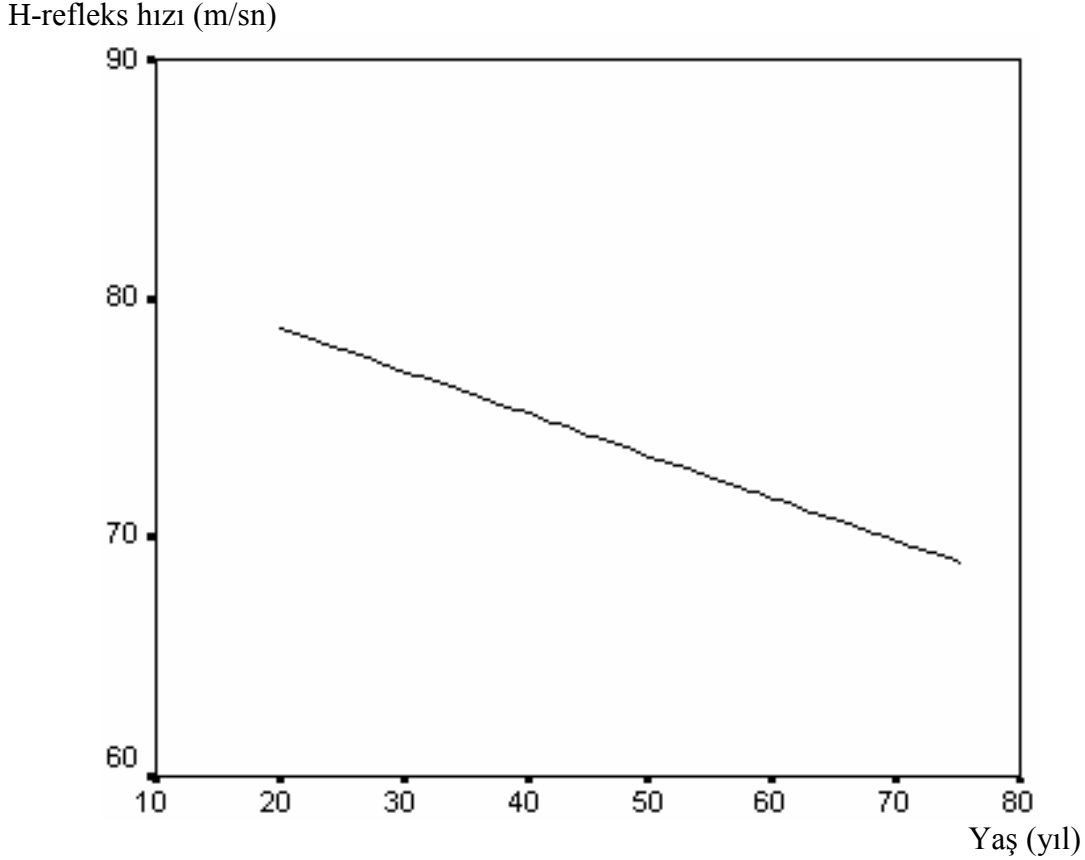


Şekil 22. Fasilitasyon sırasında sağ-sol FKR kası H-refleks maksimum amplitüd oranlarının yaşı ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

Sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranları= $0,86-0,003\text{Yaş}-2\text{ SD } (0,16)$

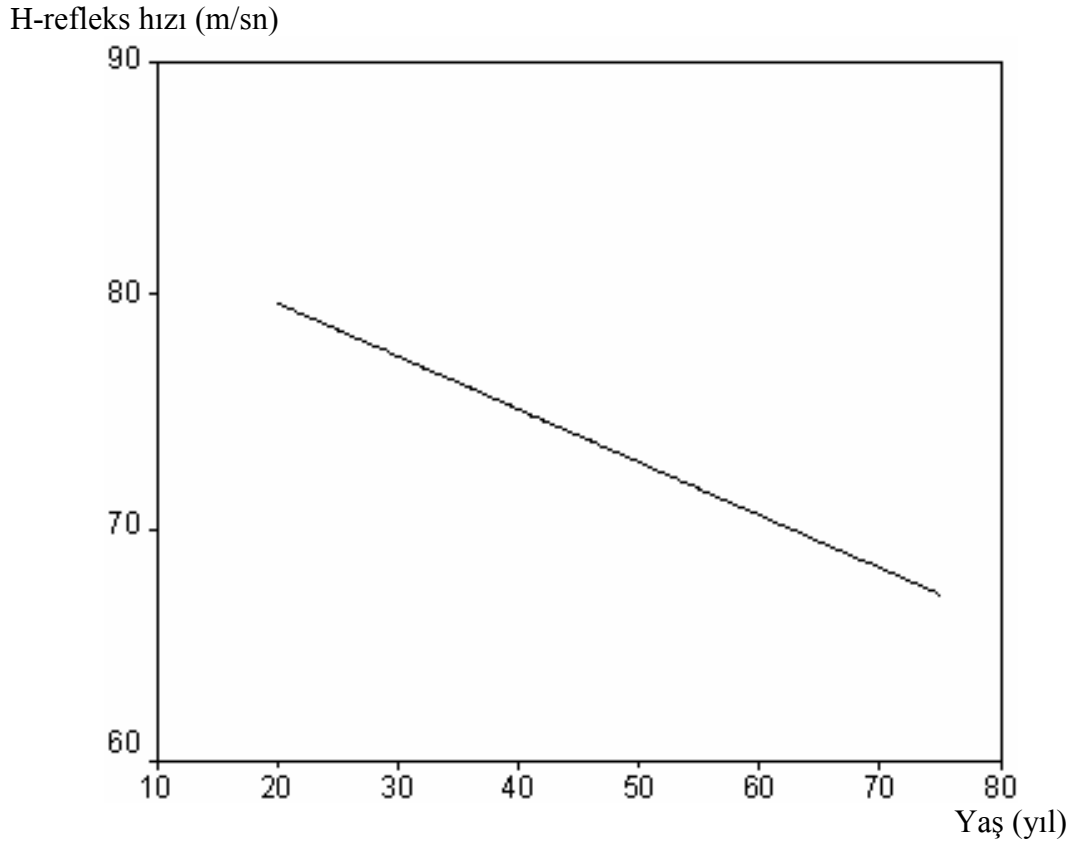
İstirahat sırasında sağ ve sol kol H-refleks iletim hızı ile yaş arasında anlamlı derecede bir negatif korelasyon (sağ: $r=-0,506$, $p=0,004$, sol: $r=-0,640$, $p=0,000$) mevcuttu. Bu nedenle sadece yaşa göre sağ ve sol kol H-refleks iletim hızı regresyon doğrusu çizildi (Şekil 23, Şekil 24) ve regresyon formülü hesaplandı.



Şekil 23. İstirahat sırasında sağ kol FKR kası H-refleks iletim hızının yaş ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

Sağ kol FKR kası H-refleks hızı= $82,31-0,178\text{yaş}-2\text{ SD } (4,41)$

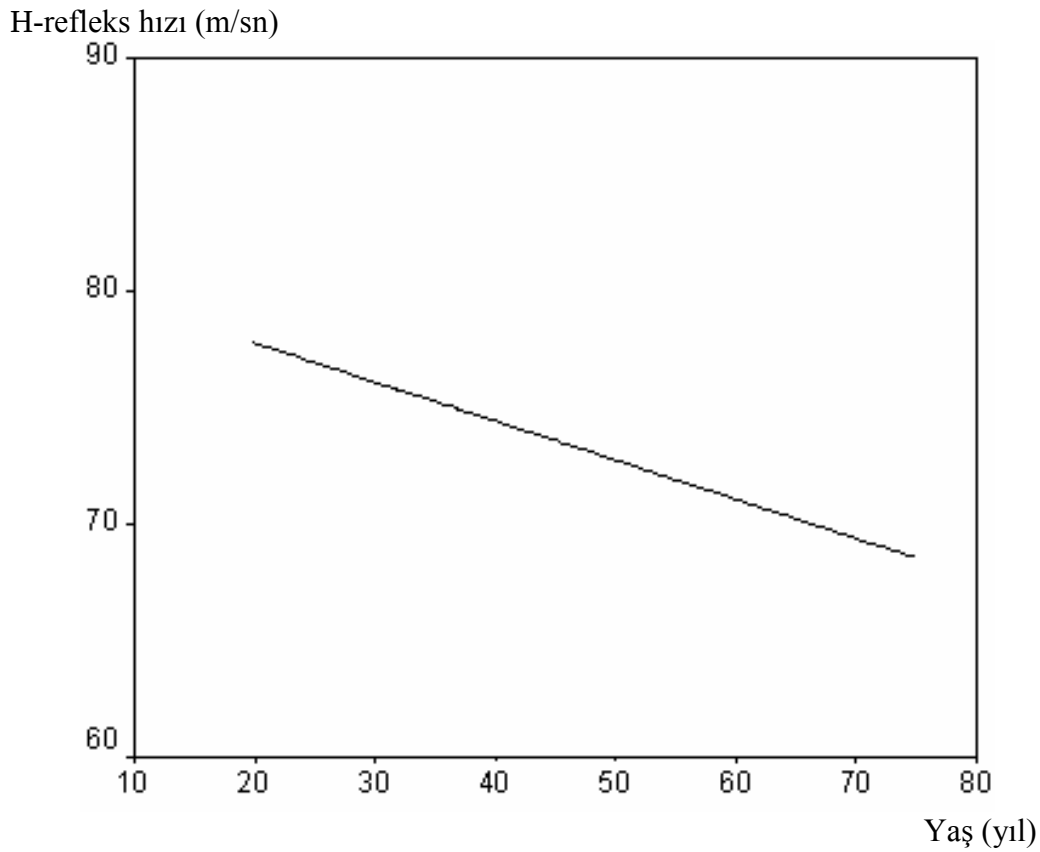


Şekil 24. İstirahat sırasında sol kol FKR kası H-refleks iletim hızının yaş ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

$$\text{Sol kol FKR kası H-refleks hızı} = 84,19 - 0,227\text{yaş} - 2 \text{ SD } (4,73)$$

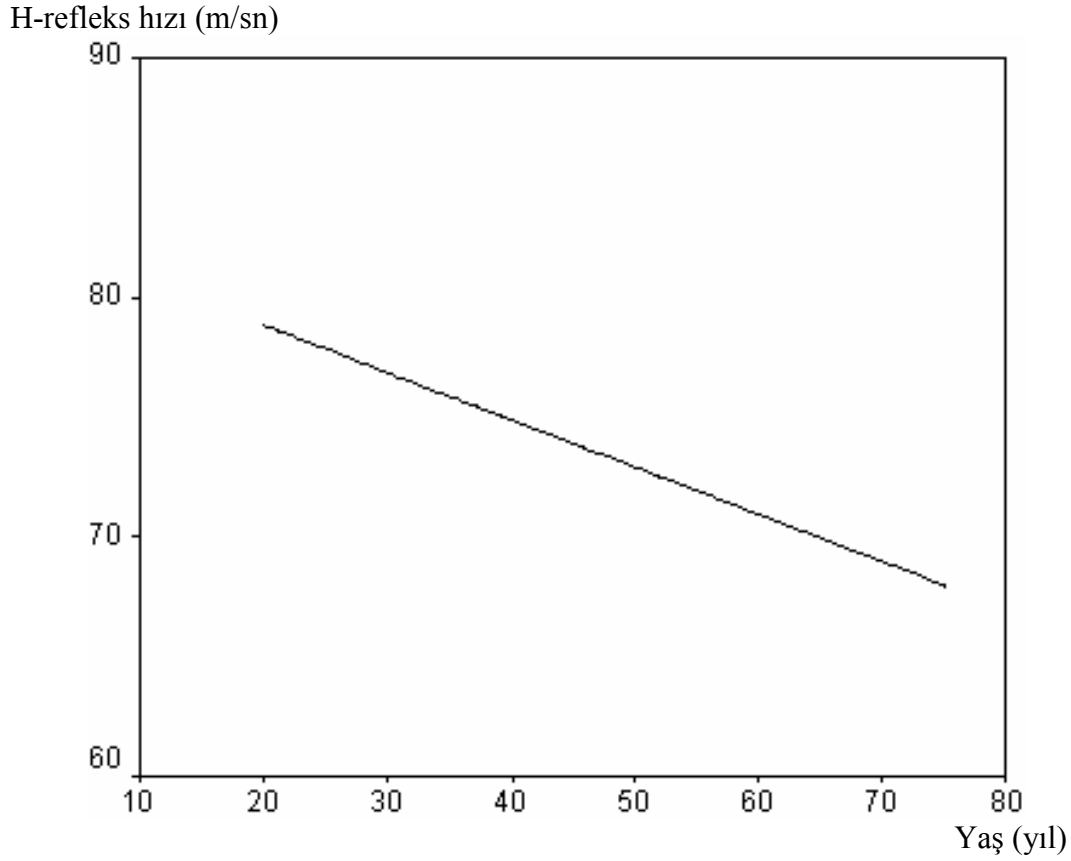
Fasilitasyon sırasında sağ ve sol kol H-refleks iletim hızı ile yaş arasında anlamlı derecede bir negatif korelasyon olduğu görüldü (sağ: $r=-0,577$, $p=0,000$ / sol: $r=-0,624$, $p=0,000$). Aynı zamanda sol kolda H-refleks iletim hızı ile ağırlık arasında da önemli bir negatif korelasyon mevcuttu (sol: $r=-0,264$, $p=0,021$). Bunun üzerine yapılan çoklu regresyon analizinde sol kol H-refleks iletim hızının sadece yaş ile anlamlı derecede bir negatif korelasyon gösterdiği görüldü ($p=0,000$). Bu nedenle sadece yaşa göre sağ ve sol kol H-refleks iletim hızı regresyon doğrusu çizildi (Şekil 25, Şekil 26) ve regresyon formülü hesaplandı.



Şekil 25. Fasilitasyon sırasında sağ kol FKR kası H-refleks iletim hızının yaş ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

Sağ kol FKR kası H-refleks hızı= $81,16-0,168\text{yaş}-2\text{ SD } (4,51)$



Şekil 26. Fasilitasyon sırasında sol kol FKR kası H-refleks iletim hızının yaş ile ilişkisi

Tekli regresyon formülü;

Sol kol FKR kası H-refleks hızı= $82,76 - 0,197 \text{ yaş} - 2 \text{ SD } (4,90)$

İstirahat ve fasilitasyon sırasında sağ ve sol kol H-refleks maksimum amplitüdünün ve Hmaks/Mmaks oranının bağımsız değişkenlerle anlamlı bir ilişkisi yoktu. Ayrıca istirahat sırasında H-refleks latans farkının ve sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranının da cinsiyet, yaş, kol uzunluğu, boy, kilo ve sıcaklık gibi bağımsız değişkenlerle anlamlı bir ilişkisi yoktu.

5. TARTIŞMA

Her elektrofizyoloji laboratuvarının etnik, yöresel değişkenlere göre kendine özgü parametre değerleri olmasıyla birlikte literatürde H-refleks latansının oldukça sabit olduğu ve uyarımdan uyarıma belirgin değişiklik göstermediği belirtilir (2,9). Çalışmamızda özellikle maksimum H-refleksinin elde edildiği stimuluslarda yapılan kayıtlarda, istihatte ve fasilitasyon sırasında hem H-refleksi latansının hem de M-yanıtı latansının anlamlı derecede değişmediği görüldü. Stimulus şiddeti arttırılarak bakıldığında ise H-refleksinin maksimum değerlerine yaklaştıkça latansının bir miktar (en fazla 0,1-0,2 msn kadar) kısaldığı dikkatimizi çekti. Biz bu durumun daha önce bahsedilen Ia afferentlerin uyarılma özelliklerinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ayrıca literatürde spastik hastalarda sağlıklı bireylere göre amplitüd artışı ile birlikte latansın kısalabildiği de belirtilmiştir (9,180). Sugawara ve arkadaşları sağlıklı bireylerde FKR kasından yaptıkları MEP çalışmasında; Jendrassik manevrası ve istemli kası ile MEP latansının kısaldığını ve amplitüdünün büyüdüğünü, H refleksi latansının ise bir miktar kısalmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı derecede değişmediğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada H-refleksi amplitüd artışı ile latans arasında bir korelasyon bulunmaz iken MEP amplitüd artışı ile latansı arasında kuvvetli bir negatif korelasyon olduğu görülmüştür (181). Burke ve arkadaşları FKR kasından yaptıkları H refleksi çalışmasında istirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleksi latanslarının istatistiksel olarak anlamlı derecede değişmediğini belirtmişlerdir. Çalışmada sadece iki bireyde fasilitasyon sırasında latansta istatistiksel olarak anlamlı derecede kısalma (0,2-0,3msn) gözlenmiştir. Ayrıca istemli kası sırasında abduktör pollicis brevis, tibialis anterior kaslarında stimulus frekansı arttıkça (0,1-4 Hz) azalan H-refleksi amplitüdü ile paralel olarak latansta uzama gözlenmiştir (158). Çalışmamızda istirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleks latansı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması literatür ile uyumludur. Fakat bizim çalışmamızda ve literatürde bu şekilde çıkmasının sebebi, çalışmalarda sabit bir stimulus şiddetinin kullanılması veya parametrelerin en büyük H reflekslerinden elde edilmesi olabilir. Çünkü istemli kası sırasında elde edilen H-

refleksi parametrelerinde presinaptik (Ia afferent) ve/veya postsinaptik (alfa motor nöron) supraspinal ve periferik etkiler işe karışmaktadır. Bundan dolayı istirahat ve fasilitasyonu birbiri ile karşılaştırılması yanıltıcı olabilir. Sonuç olarak hem istirahatte hem de istemli kası sırasında elde edilen Hmaks değerlerinin latanslarının oldukça sabit olduğunu fakat stimulus arttırılarak bakılması halinde latansların çok küçük bir miktar değişebileceğini düşünmekteyiz. Bu gibi durumlarda H refleksi ortalamalarının alınması daha doğrudur.

Çalışmamızda Jabre metodu kullanıldı ve literatür ile uyumlu latans değerleri elde edildi (182). Çoklu regresyon analizinde istirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleks latansı yaş ve ekstremitte uzunluğu ile anlamlı derecede korelasyon (uzama) gösterdi. Tekli regresyon analizinde H-refleks latansı ile boy ve kilo arasında da korelasyon bulunurken çoklu regresyon analizi ile incelendiğinde ise hem istirahat hem de fasilitasyon sırasında bu bağımsız değişkenlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı görüldü. Ayrıca H-refleks parametrelerin sıcaklıkla da herhangi bir ilişkisi bulunamadı.

Çalışmamızda kadın ve erkek bireyler arasında boy, kilo ve kol uzunluğu açısından anlamlı derecede farklılıklar mevcuttu. Bu nedenle kadın ve erkeklere ait parametre değerleri ve bağımsız değişkenlerle olan ilişkisi ayrı ayrı incelendi. Hem istirahat hem de fasilitasyon sırasında H-refleks latansları ve H-M interlatansları erkeklerde kadınlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha uzundu. Bununla birlikte erkeklerin ekstremitte uzunluğu da kadınlara göre anlamlı derecede daha fazlaydı.

Genel olarak FKR kası H-refleks latansının üst limiti 17-21 ms olarak kabul edilmektedir. Jabre ve arkadaşları istirahatte FKR kası H-refleks latansını $15,9 \pm 1,5$ ms; Ongerboer de Visser ise $16,8 \pm 1,1$ ms olarak bulmuştur. Literatürde H-refleks latansının yaşa, cinsiyete, ekstremitte uzunluğuna, boy uzunluğuna, vücut ağırlığına ve ekstremitte sıcaklığına bağlı değişebildiği belirtilmektedir (142,157). Hareketten, pozisyondan ve istemli kasıdan ise etkilenmemektedir (64,183,184).

Huang ve arkadaşları yaptıkları soleus kası H-refleksi çalışmasında erkeklerin kadınlara göre daha uzun ve vücut ağırlıklarının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada H-refleks latansı ile yaş, ağırlık, boy arasında tekli ve çoklu regresyon analizlerinde anlamlı derecede bir pozitif korelasyon bulunmuştur. H-refleks latansı ile kadın cinsiyet ise negatif korelasyon göstermiştir (185). Wu ve arkadaşları boy ve yaş arasında H-refleks latansı ile pozitif, H-refleks hızı ile negatif korelasyon olduğunu belirtmişlerdir (186). Buschbacher'ın yaptığı soleus kası H-refleksi çalışmasında; H-refleks latansı ile yaş ve boy uzunluğu arasında önemli bir korelasyon bulunurken, vücut ağırlığı ve cinsiyet ile herhangi bir korelasyon bulunmamıştır (187). Falco ve arkadaşlarının yaşlı bireylerde (60-88 yaş arası 103 birey) yaptıkları çalışmada, soleus kası H-refleks latansını cinsiyet ve ekstremitte uzunluğu ile korele bulmuşlardır. Ayrıca cinsiyet ve bacak uzunluğu arasında da bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada H-refleks latansı ile sıcaklık ve yaş arasında ise herhangi bir korelasyon gözlenmemiştir (188). Schimsheimer'in 143 sağlıklı bireyde iğne elektrot ile yapılan FKR kası H-refleksi çalışmasında H-refleks latansı ve interlatansı ile yaş ve ekstremitte uzunluğu arasında yüksek bir korelasyon (uzama) bulunmuştur (189). Ongerboer de Visser'in iğne elektrod ile yaptığı başka bir FKR kası H-refleksi çalışmasında ise H-refleks latansı ve interlatansı ile yaş ve cinsiyet arasında herhangi bir korelasyon bulunmamıştır, fakat kadın ve erkeklerde yaş arttıkça H-refleks hızının önemli derecede yavaşladığı görülmüştür (190). Aynı yazarların iğne elektrot ile yaptıkları soleus ve FKR kası H-refleksi çalışmasında ise H-refleks latansının yaş ve ekstremitte uzunluğu ile yüksek bir korelasyon (uzama) gösterdiği belirtilmiştir (191). Burke ve arkadaşlarının abduktör pollicis brevis, tibialis anterior ve soleus kasından yaptıkları H-refleksi çalışmasında, tekli regresyon analizinde H-refleksi latanslarının boy uzunluğu ile korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (158).

Nishida ve arkadaşları 24 sağlıklı bireyde soleus kasından yaptıkları H-refleksi çalışmasında ise H-refleksi latansı ile yaş arasında önemli bir korelasyon tespit etmişlerdir.

Aynı çalışmada H-refleks amplitüdü, sağ-sol latans farkı ile sağ-sol amplitüd oranları ile yaş arasında herhangi bir korelasyon gözlenmemiştir (192). Dewhurst ve arkadaşlarının yaşlı ve gençlerde yaptığı soleus H-refleksi çalışmasında Hmaks ve Hmaks/Mmaks oranının yaşlılarda gençlere göre daha düşük olduğu ve bu değerlerin ekstremitenin soğutulması ile her iki grupta da artabileceği gösterilmiştir (193). Braddom ve Johnson'nun gençlerde (20-29 yaş) yaptığı soleus H-refleks çalışmasında da yaşla latans arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur (194). Grosset, çocuklarda soleus ve gastrocnemius kasından yaptığı H ve T-refleks çalışmasında H-refleks latansı ile yaş arasında anlamlı bir korelasyon saptamıştır (195).

Literatüre bakıldığında H-refleks latansı ile ekstremita uzunluğu arasındaki korelasyon kesin gibi gözükmemektedir. Çünkü ekstremita uzunluğunun artmasıyla birlikte uyarıların kat edeceği mesafenin de artacağı düşünülürse H-refleksi latansının ekstremita uzunluğu ile pozitif korelasyon göstermesi de doğaldır. Ayrıca H-refleksi latansı ile yaş arasında da bir korelasyon beklenebilir. Çünkü ikinci dekattan sonra geniş çaplı liflerin yoğunluğunun progresif şekilde azaldığı görülür. 65 yaşından sonra internodal uzunlukların da kısaldığı gösterilmiştir. Bu değişikliklere bağlı olarak yaş arttıkça motor ve duyu sinir iletim hızının düştüğü ve distal latansın uzadığı da bilinmektedir (145,196). Çalışmamızda FKR kası H-refleks latansı ile yaş arasında anlamlı derecede pozitif korelasyon gözlenmesi, yaşlanma sonucunda sinirin sadece distal bölümünde değil proksimal kesimlerinde de (Ia afferent ve/veya motor lifler) dejeneratif değişikliklerin olabileceğini göstermiştir.

H-refleksi latansı ile boy arasında da bir korelasyon beklenebilir. Fakat insanların yapısal farklılıkları nedeniyle ekstremita uzunluğunun ölçülmesi daha doğrudur. Bununla uyumlu olarak çalışmamızda istirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleks latansı ile boy arasında korelasyon gözlenmiştir, fakat çoklu regresyon analizinde önemli olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde H-refleks latansının vücut ağırlığı ile önemli bir korelasyon göstermesi de beklenmemektedir.

H-refleks latansı ile sıcaklık arasında herhangi bir korelasyon gözlenmemesinin sebebi H-refleks çalışmalarında median sinirin proksimal kısmının değerlendirilmesi olabilir. Çünkü periferik sinirler vücudun proksimal bölümlerinde distale göre daha derinde bulunmaktadır. Biz ise laboratuarda üst koldan non-invaziv yöntemlerle daha yüzeysel vücut sıcaklığını ölçmekteyiz. Bilindiği gibi insan vücut sıcaklığı 36-37,5 C° gibi daha küçük aralıklarda değişmektedir. Çalışmamızdaki deri sıcaklıkları ise 31,5-35,2 C° arasında değişmekteydi. Bu da sıcaklık ölçümlerimizin dış ortamdan etkilendiğinin ve derin vücut sıcaklığını elde edemediğimizin göstergesidir. Daha kesin değerler daha güvenilir sonuçlar verebilir fakat rutin elektrofizyolojik çalışmalarda olduğu gibi yüzeysel vücut ısısının 31 C°'nin üzerinde olması bizce H-refleks çalışmalarında yeterlidir.

Çalışmamızdaki dikkat çekici diğer bir bulgu ise, kadınlarda H-refleks amplitüdünün ve Hmaks/Mmaks oranının fasilasyon ve istirahat sırasında erkeklerden daha büyük olması idi. Ancak bu fark sadece fasilasyon sırasında istatistiksel açıdan anlamlı idi. M-yanıtı amplitüdlere ise kadınlarda erkeklere göre daha küçük saptandı. Kas kütlelerinin erkeklerde daha fazla olduğu düşünüldüğünde kadınlarda M-yanıtı amplitüdünün küçük olması anlaşılabilir. Fakat H-refleks amplitüdlere ve Hmaks/Mmaks oranının büyük olması dikkat çekicidir. Ayrıca H-reflex maksimum amplitüdü ve Hmaks/Mmaks oranı diğer bağımsız değişkenlerle de bir ilişki göstermemektedir.

H-refleksinin tepeden tepeye amplitüd ölçümü ve Hmaks/Mmaks oranı motor nöron havuzu uyarılabilirliğini göstermektedir ve aktive edilmiş Ia afferentlerine bağlı olarak değişebilir. M-dalgasının maksimum amplitüdünün kaydı referans açısından önemlidir çünkü reflekslerle uyarılabilen motor ünite sayısı ile toplam motor ünite sayısını karşılaştırmamızı sağlar. Jabre ve arkadaşları istirahat sırasında yaptıkları FKR kası H-refleks çalışmasında H-refleks amplitüdünü $1,6 \pm 0,4$ mV olarak bulmuşlardır (182). Jaberzadeh ve arkadaşları ise istirahat sırasında FKR kası H-refleks amplitüdünü $2,03 \pm 0,57$ mV olarak saptamışlardır (197)

Literatürde Hmaks/Mmaks oranının 0,5-0,7' nin altında ki değerleri normal olarak kabul edilir (142,198-202). Aymard ve arkadaşları istirahat sırasında Hmaks/Mmaks oranını FKR kasında %32,5±4,7, soleus kasında %48,2±4,5 olarak bulmuşlardır (47). Artieda ve arkadaşları ise istirahat sırasında FKR kasında bu oranı 0,18±0,12 olarak bulmuşlardır (80). Lamy ve arkadaşlarının istirahat sırasında yaptıkları FKR kası H-refleksi çalışmasında Hmaks/Mmaks oranı 0,34±0,18 olduğu belirtilmiştir (203). Çalışmamızda ise Hmaks/Mmaks oranı sağ kol için 0,18±0,11, sol kol için 0,16±0,13 olarak bulundu. Fasilitasyon sırasında ise bu değerler hem literatürde hemde bizim çalışmamızda artmaktadır.

Hwang ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ayakta durma sırasında vücut ağırlığı azaldıkça soleus kası H-refleks amplitüdü ve EMG aktivitesi benzer şekilde azaldığı saptanmıştır. Bu azalışın muhtemel sebebi kortikal eksitabiliteki azalma gibi gözükmemektedir (204). Supin pozisyonundan oturmaya, oturmaktan ayakta durma pozisyonuna geçildiğinde soleus H-refleksi inhibe olmaktadır (183,204). Capaday ve Stein' ın yaptığı soleus H-refleks çalışmasında adımlamanın topuğun yere basma fazına göre, ayağın yere tamamen değdiği fazda daha büyük H-refleksi elde edilirken, ayağın kaldırılması fazından hemen önce ise H-refleksinin suprese olduğu görülmüştür. Eccles ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada ekstansör kasların kasıldığı, vücudun öne eğildiği ayağın itirme fazında en büyük H-refleksi elde edilmiştir. Koşarken H-refleksinin supresyonu EMG zemin aktivitesinden bağımsız olarak gerçekleşir. Çalışmalarda yürürken koşmaya göre daha az soleus aktivitesi olmasına rağmen her zaman daha büyük H-refleksi değerleri elde edildiği gösterilmiştir. Ayrıca ayakta sabit dikilme sırasında her zaman yürümeye göre daha büyük H-refleksi değerleri elde edilmektedir. Tüm bu çalışmalar motor nöron eksitabilitesinin düzenlenmesinde kortikospinal yolla birlikte başka supraspinal yolların da görev aldığına göstergesidir (97,205,206). Cheng ve arkadaşlarının soleus kasından yaptıkları H-refleks çalışmasında istirahat sırasında H-refleks amplitüdləri açısından cinsiyetler arası bir fark yok iken, bipedal yürüyüşün her üç fazında da kadınlarda

erkeklere göre daha büyük H-refleksi elde etmişlerdir (207). Muhtemelen tüm bu etkiler presinaptik (Ia afferent) düzeydedir. Mynark ve Koceja' nın profesyonel dansçılarda ve sağlıklı gönüllülerde yaptığı çalışmada istirahat ve istemli kası sırasında soleus H-refleksinin yatar durumda iken değişmediği, fakat ayakta iken dansçılarda anlamlı derecede düştüğü belirtilmiştir (208). Patlayıcı güç gerektiren sporlarla uğraşan profesyonel sporcularda Hmaks ve Hmaks/Mmaks oranı da daha düşüktür. Uzun süre hareket gerektiren sporlarda (örn: maraton) ise bu oranlar daha yüksek çıkmıştır (209,210). Tüm bunların presinaptik inhibisyon değişikliklerine bağlı gelişen plastisite nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

H-refleks amplitüdünün ve Hmaks/Mmaks oranının kadınlarda erkeklere göre daha büyük olması, kadınlarda motor nöron uyarılabilirliğinin daha yüksek olduğunun göstergesidir. İstemli kası ile daha stabil bir motor nöron uyarılabilirliği elde edildiği (postsinaptik etkilerin azaltılması) düşünüldüğünde fasilitasyonun nedeni Ia afferent terminallerinin presinaptik inhibisyon değişikliği gibi gözükmemektedir. Bu presinaptik inhibisyon değişikliğinin sebebi cinsiyetler arası gelişimsel korteks farklılıkları veya farklı yaşam tarzlarına göre oluşan plastisite olabilir. Literatürde cinsiyetler arası H-refleksi amplitüd farklılıkları üst ekstremiteler için araştırılmamış olup daha ileri yöntemlerle ayrıntılı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

FKR kasından H-refleksi istirahat sırasında sağlıklı bireylerin % 45-95'inde elde edilebilir. İğne elektrod ile olan çalışmalarda bu oranlar daha yüksektir. Fasilitasyon sırasında ise hemen hemen tüm bireylerde elde edildiği görülür (157,182,188,211,212). H-refleks çalışmalarında vücut pozisyonu önemlidir. Soleus kasından yapılan çalışmalar birey yatarken, oturur pozisyonda veya ayakta iken yapılabilir. FKR kası H-refleksi çalışmalarında ise bireyler oturur veya supin pozisyonundadır. Ön kol supinasyon veya pronasyon halindedir (9). Baldissera ve arkadaşlarının yaptığı FKR kası H-refleks çalışmasında H-refleksi amplitüdünün supin pozisyonda, prone pozisyona göre % 50 kadar daha küçük olabileceği gösterilmiştir. Hatta supin ve prone pozisyon arasında supine gittikçe amplitüdün küçüldüğü prona gittikçe

amplitüdün büyüdüğü de görülür (213). Chen ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada el bileğinin nötral, fleksör ve ekstansör pozisyonunda ve farklı derecelerde hafif kas kasısı sırasında H-refleks değişikliklerine bakılmıştır. Üç pozisyonunda da hafif kas kasısı artıkça H-refleksi amplitüdü artmıştır. Ekstansiyon ise H-refleks amplitüdünü düşürmüştür. İstemli kası ile ekstansiyona göre fleksiyonda H-refleksi daha büyük çıkmıştır. Bu durum modülasyonda fleksör pozisyonun kontraksiyon kuvvetinden daha etkili olduğunu düşündürmüştür. En büyük H-refleks amplitüdünün el bilek fleksiyon pozisyonunda ve hafif kasıda sırasında elde edildiği gösterilmiştir (214). Coxon ve arkadaşları MEP (motor evoked potentials) ile FKR ve EKR kaslarının pasif uzaması veya kısılması sırasında yaptıkları çalışmada pasif olarak kısalmış kasta motor yanıtta fasilitasyon, pasif olarak uzamış kasta ise motor yanıtta supresyon görmüşlerdir. Aynı zamanda çalışmada fasilitasyonla MEP latansının kısaldığı, supresyonla da uzadığı belirtmiştir (215). Uematsu ve arkadaşlarının soleus kasından yaptıkları H-refleksi çalışmasında kasın izometrik kasılma süresinden bağımsız olarak uzun boyda kasılmasının kısa boyda kasılmaya göre spinal eksitabilitede azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir (176). Çalışmalardaki bu sonuçlar kasın tiksotropik özelliğinden veya antagonist kas, eklem ve tendondan gelen geri bildirimlerin etkilerinden kaynaklanıyor olabilir.

Alrowayeh ve arkadaşları yaptıkları FKR kası H-refleks çalışmasında otururken yatar pozisyona göre daha büyük H-refleksinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde amplitüdlere pronasyon sırasında supinasyona göre daha büyük çıkmıştır (184). Sabbahi ve arkadaşları sağlıklı gönüllülerde yaptığı çalışmada baş pozisyonunun FKR kası H-refleksini etkilediğini belirtmişlerdir. Baş fleksiyonu hariç baş ekstansiyonu, başın yana yatırılması veya başın çalışılan tarafa dönmesi gibi baş postür değişikliklerinin H-refleksini fasilite ettiği de aynı çalışmada bildirilmiştir. Bu çalışmalar postüral değişikliklerin H-refleksini anlamlı derecede etkilediğini göstermektedir (184,216).

Çalışmamızda istirahat sırasında H-refleksinin litaretüre göre daha az oranda (% 37) ortaya çıktığı görüldü. Bunun sebebi çalışmanın bireyler yatarken ve kol supin pozisyonunda iken yapılması veya diğer teknik nedenler (diğer çalışmalara göre yaşlı popülasyonun fazla olması) olabilir. Çalışmalardaki bu kol ve vücut pozisyonları arasında gözlenen H-refleks değişkenliği nedeninin segmental-suprasegmental etkilerin yanında kasın tiksotropik özelliğine de bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Hafif istemli kası H-refleksini fasilite etmektedir ve EMG kas aktivitesi ile lineer bir ilişki gösterir (142,158,162,217). İstirahat sırasında yapılan çalışmalarda H-refleksinin değişkenliği yüksektir. Bunun nedeni hücre uyarılabilirliğinin kişiden kişiye değişmesi ve denemeden denemeye farklı olması olabilir (2,217). Bundan dolayı araştırmacılar H-refleks çalışmalarında değişkenliği azaltmak ve motor nöron uyarılabilirliğini stabil kılmak için postsinaptik etkilerin minimize edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Hafif istemli kası ile ateşleme eşiğine yaklaşmış motor nöronların sayısının artması nedeniyle daha stabil bir motor yanıtın elde edilebileceği düşünülür (27,218). Burke ve arkadaşlarının FKR kasından yaptıkları H-refleksi çalışmasında 0,1-4 Hz frekanslarda verilen stimuluslarda homosinaptik depresyona bağlı giderek H-refleks depresyonunun görüldüğünü fakat istemli kası sırasında ise bunun kaybolduğunu göstermişlerdir (158). İstemli uzamış kontraksiyon sırasında H-refleksinin supraspinal etkilerden, kasılmaya bağımlı sensoriyal geri bildirimden ve Ia-1b inhibisyonunun azalmasından etkilenebileceği de unutulmamalıdır (169,198,219). Hafif istemli kası ile H-refleksinin fasilite olması veya istirahat halinde elde edemediğimiz H-refleksinin fasilitasyon ile elde edilmesi literatürde ateşleme eşiğine yaklaşmış motor nöronların sayısının artması ile açıklanmaktadır (145). Fakat bu durum supraspinal etkilerin alfa-gama koaktivasyonunu arttırmasına veya inhibitör segmental yolların aktivasyon değişikliğine bağlı da olabilir. İstemli kası sırasında istirahate göre daha düşük uyarılarda H-refleksi elde edilir ve H-refleks dalgası ile M-yanıtından daha kolay ayrılır (142,158,220). İstirahatte H-refleksi alınabiliyor ise

çok hafif bir istemli kasıyla fasilitasyon görülebilir; eğer istirahatte zor alınıyor ise çoğu zaman fasilitasyon için daha kuvvetli bir istemli kası gerekir (221). Literatürde H-refleks çalışmalarının kas % 10-30 kasılıyken yapılması önerilir. Çalışmalarda istemli kası ile H-refleksinin M maksimum yanıtının %90'ına kadar fasilite olabileceği belirtilmiştir (152,169,198,221).

Funase ve arkadaşlarının MEP ile yaptıkları FKR kası H-refleksi çalışmasında hafif istemli kası sırasında, kası şiddetiyle orantılı olarak MEP yanıtının ve H-refleksinin fasilite olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada MEP yanıtı H-refleksine göre daha hızlı fasilite olmuştur. Stimulus öncesi EMG aktivitesi ile MEP amplitüdü ve H-refleks amplitüdü yüksek korelasyon göstermiştir. Bu durum motor nöron havuzu uyarılabilirliğinin kortikal etkilerle zamansal olarak değişebildiğini göstermektedir. İstemli kasıyla birlikte önce kortikal eksitabilitenin arttığı, daha sonra motor nöron eksitabilite artışının buna eşlik ettiği düşünülmektedir. Sonuç olarak periferik uyarım alfa motor nöron havuzu uyarılabilirliği hakkında sağlıklı bilgiler vermektedir ve ayrıca kortikal uyarılabilirlikten de etkilenmektedir (222). Lamy ve arkadaşlarının FKR kasından MEP ile yaptıkları H-refleksi çalışmasında kortikal uyarım ile D1 ve D2 presinaptik inhibisyonun azaldığı ve H refleksinin fasilite olduğu gösterilmiştir. Bunun nedeni daha önce tartışılan korikospinal, retikülospinal veya vestibulospinal yolların Ia afferent terminallerine olan değişen tonik etkisi olabilir (223). Tan'ın yaptığı FKR kası H-refleksi çalışmasında EMG aktivitesinden bağımsız olarak H refleksi amplitüdünü sağ kolda sol kola göre hem istirahat hem de fasilitasyon sırasında daha büyük olduğunu bulmuştur. Ayrıca el dominansı ile bağlantılı olduğunu da belirtmiştir (224). Aymard ve Lamy' nin yaptıkları iki ayrı FKR ve soleus kasları H-refleksi çalışmasında Hmaks/Mmaks oranı açısından taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Ayrıca Lamy presinaptik inhibisyonuda da farklılık saptamamıştır (47,203).

Çalışmamızda istirahat sırasında bireylerin büyük bir çoğunluğunda H-refleksi elde edilemezken izometrik hafif istemli kası ile hemem hemen tüm bireylerde elde edildi. Ayrıca sağ ve sol kol H-refleks maksimum amplitüdünde, H_{maks}/M_{maks} oranında fasilitasyon sırasında istirahate göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış görüldü. Hafif istemli kası ile H-refleksinin fasilite olmasının nedeni daha önce tartışılmış olan inen yolların etkisiyle ateşleme eşiğine yaklaşmış motor nöronların sayısının artması veya Ia afferentlere presinaptik inhibitör etkilerin azalması olabilir. Çalışmamızdaki daha ilginç bir bulgu ise istirahat sırasında sağ ve sol kol H-refleks maksimum amplitüdləri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken fasilitasyon sırasında sağ kol H-refleks maksimum amplitüdünün sol kola göre anlamlı derecede büyük olmasıydı. Fakat M-yanıtı amplitüdləri açısından ise benzer bir durum yoktu. Bunun sebebi sağ kolun daha fazla kullanılmasına bağlı plastisite nedeniyle ateşleme eşiğine yaklaşmış motor nöron sayısının artmasından veya presinaptik inhibisyonun supraspinal kontrolünün daha baskın olmasından kaynaklanıyor olabilir. Hayvan ve insan çalışmalarından bilindiği üzere sağ kortikospinal yol daha kalındır ve daha çok lif içermektedir. Buna bağlı olarak H-refleksinin uyarılabilirliği de artmış olabilir. Bu durumun bizce daha ileri yöntemlerle araştırılması gerekmektedir.

Duyusal sinir aksiyon potansiyeli amplitüdləri dördüncü-beşinci dekatta ikinci dekata göre yarı yarıya küçülür. Bileşik kas aksiyon potansiyellerinin de 50 yaşından sonra küçüldüğü bilinmektedir (145). Boxer ve arkadaşlarının kedilerde intrasellüler kayıtlama ile yaptıkları çalışmalarda yaşlı kedilerde Ia EPSP'lerinin yükselme hızının anlamlı derecede daha yavaş ve eninin daha uzun olduğu gösterilmiştir. Ayrıca Ia EPSP artış oranı da yavaşlamıştır. Fakat Ia EPSP amplitüdlərində ve istirahat motor nöron potansiyelinde değişiklik yoktur (225). Literatüre bakıldığında H-refleks amplitüdünün de yaştan etkilendiği belirtilir. Kido ve arkadaşları yaptıkları soleus H-refleks çalışmasında maksimum H-refleks amplitüdünün, maksimum M-yanıtı amplitüdünün ve H_{maks}/M_{maks} oranının yaşla birlikte anlamlı derecede

küçüldüğünü belirtmişlerdir (226). Dewhurst ve arkadaşlarının yaşlı ve gençlerde yaptıkları soleus H-refleksi çalışmasında yaşlılarda Hmax/Mmax oranı daha düşük çıkmıştır (193). Grosset ve arkadaşlarının çocuklarda yaptığı soleus ve gastrocnemius H-refleksi çalışmasında Hmaks/Mmaks oranının yaş ile herhangi bir korelasyonu saptanmamıştır (195) Kawashima ve arkadaşlarının istirahat sırasında soleus kasında yaptıkları çalışmada, yaşlı ve genç bireylerde H-refleks amplitüdlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını belirtmişlerdir (227). Sabbahi ve arkadaşları ise yaşlılarda gençlere göre H-refleksi amplitüdlerinin ve Hmaks/Mmaks oranının anlamlı derecede düşük olduğunu belirtmişlerdir (228). Smith ve arkadaşları yaptıkları MEP çalışmasında kortikal eksitabilitenin yaş ile değişmediğini fakat cinsiyete göre değişebileceğini bildirmişlerdir (229). Ayrıca Morita ve arkadaşlarının yaptıkları H-refleks çalışmasında quadrisepsten soleusa olan H-refleks heteronim fasilitasyonun yaşa bağlı olarak lineer şekilde azaldığı da gösterilmiştir (230). Earles ve arkadaşlarının yaptıkları soleus H-refleksi çalışmasında; yaşlılarda presinaptik inhibisyonun gençlere göre azaldığını ve yaşlılarda H-refleksinin istemli kası ile yeterince EMG aktivitesi artımına rağmen fasilite olmadığını da belirtmişlerdir (231). Chalmers ve arkadaşlarının yaptığı genç ve yaşlı bireylerin karşılaştırıldığı çalışmada gençlerde ayakta dururken yatmaya göre, tandem yürürken ayakta durmaya göre H-refleksi amplitüdlerinin daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Tüm bu bulgular yaşlılardaki presinaptik inhibisyon regülasyonu bozukluğunu göstermektedir (232).

Literatüre bakıldığında H-refleksi amplitüdünün yaş ile olan bağıntısı genellikle istirahat sırasında ve alt ekstremitelerde incelenmiştir. Bu çalışmalar genellikle genç ve yaşlı bireylerin karşılaştırılması şeklindedir. Bizim çalışmamızda ise yaşlı ve genç bireyler birbirleri ile karşılaştırılmamış olup regresyon analizleri yapılmıştır. Çalışmamızda H-refleksi amplitüdünün ve Hmaks/Mmaks oranının yaşla bir ilişkisi olmadığı görüldü. Çalışmamızda istirahat sırasında 60 yaş ve üzeri olan bireylerin %11,5' inde, 60 yaş altındaki bireylerin ise % 47,5' inde H-refleksi elde edildi. Ayrıca fasilitasyon sırasında H-refleksi elde edilemeyen tüm bireyler 58-73

yaş arasındaydı. Sonuç olarak çalışmamızda yaşlı bireylerde istirahat veya fasilitasyon sırasında daha düşük oranlarda H-refleksi elde edildiği görüldü. Biz H-refleksi amplitüdünün ve Hmaks/Mmaks oranının dolayısıyla motor nöron eksitabilitesinin yaşlı bireylerde gençlere göre daha düşük olabileceğini düşünmekteyiz. Bu görüşün başka çalışmalarla da desteklenmesi gerekmektedir.

Literatürde soleus kasından yapılan H-refleks çalışmalarında ekstremiteler arasındaki latans farkı üst limiti 1,5 ms iken, FKR kasında ise bu değer 0,85-1,2 ms dir (142,157,189,198,199). Jabre ve arkadaşları ekstremiteler arası FKR kası H-refleks latans farkının $0,4 \pm 0,3$ ms olduğunu belirtmişlerdir fakat literatürde daha düşük farklar ($0,002 \pm 0,42$ ms; $0,3 \pm 0,24$ ms) da vardır (157,182,188,212). Nishida ve arkadaşları istirahat sırasında soleus kasından yaptıkları H-refleksi çalışmasında ekstremiteler arası H-refleks latans farkının yaşla korelasyon göstermediğini belirtmişlerdir (192). Schimsheimer'in yaptığı soleus ve FKR kası H-refleksi çalışmasında ise sağ-sol kol H-refleks latans farkı ile cinsiyet arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır (191).

Çalışmamızda istirahat ve fasilitasyon sırasındaki sağ-sol kol H-refleks latans farkı literatür ile (istirahatte $0,2 \pm 0,16$, fasilitasyonda $0,26 \pm 0,17$) uyumlu gözükmektedir. Bizim çalışmamızda hem istirahat hemde fasilitasyon sırasında sağ-sol kol H-refleks latans farkının üst limit değeri 0,7 msn olarak bulundu. Bu değer literatürdeki değerlerden biraz daha kısa gibi gözükmektedir. Ayrıca çalışmamızda istirahat sırasında sağ-sol kol H-refleks latans farkının bağımsız değişkenlerle herhangi bir ilişkisi yoktu. Fakat fasilitasyon sırasında ise yaşla birlikte arttığı görüldü. Çalışmamızda sağ-sol kol latans farkının sadece fasilitasyon sırasında yaşla anlamlı derecede ilişkili çıkmasının sebebi muhtemelen değerlendirme ve teknik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Fakat dejeneratif değişiklikler de ekarte edilemez.

Soleus kasından yapılan çalışmalarda sağ-sol bacak H-refleks amplitüd oranı 0,4' den küçükse anormal olarak değerlendirilmiştir (9). Benzer şekilde Miller ve arkadaşları da taraflar

arası amplitüd oranının istirahat sırasında 0,3-0,4' ün altında olmasını anormal kabul etmişlerdir. Fasilitasyon sırasında ise bu değer yaklaşık 0,5 dir (161,212). Nishida ve arkadaşları istirahat sırasında soleus kasından yaptıkları H-refleksi çalışmasında sağ-sol bacak H-refleks amplitüd oranının yaşla korelasyon göstermediğini belirtmişlerdir (192).

Çalışmamızda istirahat sırasındaki sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı ortalaması $0,66 \pm 0,24$ (Minimum değeri 0,20), fasilitasyon sırasındaki ise $0,74 \pm 0,16$ (Minimum değeri 0,38) olarak bulundu. Ayrıca sağ-sol kol H-refleks maksimum amplitüd oranlarında fasilitasyon sırasında istirahate göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış (taraflar arası fark azaldı) gözlemlendi. Bu durum istemli kası ile sağlanan fasilitasyon sırasında motor nöron ekstabillite düzeyinin istirahate göre daha stabil olduğunun indirekt bir göstergesidir. Ayrıca çalışmamızda fasilitasyon sırasında sağ-sol kol H-refleks maksimum amplitüd oranının yaşla negatif korelasyon gösterdiği görüldü. Bu durum yaşla birlikte sağ-sol kol arası amplitüd farkının arttığı anlamına gelmektedir. İstirahatte ise sağ-sol kol H-refleks maksimum amplitüd oranının herhangi bir bağımsız değişkenle bağlantısı bulunmadı. Ayrıca yaşlılarda fasilitasyonun gözlenmesi için genellikle daha kuvvetli istemli kasıya ihtiyaç olduğunda görüldü. Bu durum sinir ve kas-iskelet sisteminde yaşlanmaya bağlı oluşan yapısal değişikliklerden kaynaklanabilir. Fakat istirahat sırasında sağ-sol kol arası amplitüd farkının yaşla değişmemesine rağmen fasilitasyon sırasında ise yaşla birlikte anlamlı derecede artması bu durumun yaşlanmaya bağlı dejenartif değişikliklerden çok presinaptik inhibisyon regülasyonunun bozulmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

H refleksi çalışılırken stimuluslar arasında H-refleks farklılıkları görülebilir. Bundan dolayı çalışmacılar 5-15 adet H refleksini kayıt ederek değerlendirmektedir (154). Stimulusun iletimi ve kaydın düzgün alınması çalışmada teknik olarak önemli olan diğer konulardır. Ayrıca çalışmacılar daha stabil bir H-refleksi elde edilebilmesi için M-yanıtı amplitüdü, M-yanıtı maksimal amplitüdünün %5-25'si olduğunda H-refleksinin kayıt edilmesi gerektiğini

belirtmişlerdir. Çünkü M-dalga amplitüdünün sabit kalması sabit bir motor ve Ia afferent uyarılabilirliğine ulaşıldığını gösterir. Bu özellikle segmental inhibisyon mekanizmaları çalışılırken önemlidir. (58,146,147,233).

Bizim H-refleks çalışmalarındaki önceliğimiz en büyük H-refleksini elde etmek ve bu H-reflekslerinden parametreleri değerlendirmektir. Bundan dolayı en büyük H-refleksinin elde edildiği stimuluslar verildi ve en büyük H-refleksleri değerlendirildi. Çalışmamızda supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtının %2-25'i olan M-yanıtı ortaya çıktığında en büyük H-refleksinin elde edildiği görüldü. Çalışmamızdaki stimulus yoğunlukları zaten literatür ile benzerdi. Sadece fasilitasyon ile bu oranların artabildiği dikkatimizi çekti.

H-refleksi parametrelerinden H-refleks hızı, literatürde çalışmalarda çok fazla kullanılmamaktadır. Kullanımı Ongerboer de Visser tarafından önerilmiştir. Yaptıkları çalışmada H-M interlatansını $13,8 \pm 1,2$ ms, H-refleks hızını ise $73,7 \pm 7,2$ m/sn olarak bulmuşlardır (190).

Biz de çalışmamızda benzer değerler elde ettik. Cinsiyetler arasında H-refleks latansı ve interlatansı arasında anlamlı derecede fark olmasına rağmen H-refleks iletim hızları arasında anlamlı fark olmaması, ekstremiteler uzunluk farkları göz önüne alındığında proksimal lezyonları değerlendirmede H-refleks iletim hızının, H-refleks latansından daha iyi bir parametre olduğunu göstermiştir.

H-refleks çalışmaları klinikte en sık radikülopati ve pleksopati gibi proksimal sinir lezyonlarını göstermek için kullanılır. Bu hastalarda rutin elektrofizyolojik testler normal olsa da H-refleks anormallikleri gözlemlenebilir. Çünkü bilindiği üzere rutin elektrofizyolojik tetkikler daha çok distal sinir lezyonlarına duyarlıdır. Schimsheimer ve arkadaşlarının C5-8 servikal radikülopatisi olan hastalarda yaptıkları FKR kası H-refleks çalışmasında C6-7 radikülopatisi olan hastalarda H-refleks anormallikleri saptamışlardır. Bu hastaların %44'ünde H-refleksi elde edilemezken, %52'inde ise H-refleks latansında uzama bulunmuştur. Yazarlar cerrahi sonrası

önemli bir oranda H-refleksinin normale döndüğünü de belirtmişlerdir (189). Ongerboer de Visser ve arkadaşlarının radyasyona bağlı gelişen pleksopatili bireylerde yaptıkları FKR kası H-refleks çalışmasında bireylerin % 36' sında H-refleksi elde edememişlerken, % 64' ünde ise uzamış H-refleks latansı bulmuşlardır. Ayrıca hastaların %52' inde H-refleks hızı düşük çıkmıştır (190). Ongerboer de Visser ve Schimsheimer' in iğne elektrot ile yaptığı bu iki ayrı çalışmada istirahatte tüm sağlıklı gönüllülerde ise iki taraflı olarak FKR kası H-refleksi elde edilmiştir (189,190). Miller ve arkadaşları C5-8 servikal radikülopatisi olan bireylerde yaptığı çalışmada FKR kası H-refleks sensitivitesinin % 72, spesifitesinin ise % 85 olduğunu belirtmişlerdir (161). Eliaspour ve arkadaşları C6 ve C7 radikülopatili hastalarda FKR kası H-refleksi anormalliklerini değerlendirmiştir. Çalışmasında taraflar arası latans farkının 1 ms'den büyük olması veya ipsilateral H-refleksi elde edilememesi anormal kabul edilmiş olup C6 radikülopatide H-refleksi anormalliklerinin %86 spesifik, %50 sensitif olduğunu bildirmişlerdir. C7 radikülopatili hastalar için ise spesifikite % 86, sensitivite %75 olarak bulunmuştur. Hastaların % 54'ünde EMG bulgusu olmadan da H-refleks anormalliği saptanmıştır (234).

Soleus kası H-refleks çalışmalarının ise daha çok L5-S1 radikülopatide yararlı olduğu düşünülür. S1 radikülopatili hastaların % 80-89 oranında H-refleksinde asimetri bulunmuştur. Jankus sağlıklı ve S1 radikülopatili bireylerde yaptığı soleus kası H-refleks çalışmasında taraflar arası H refleks amplitüd oranının 0,4' den küçük olmasının anormal olduğunu söylemiştir (235,236,237). Marin ve arkadaşları S1 radikülopatili hastalarda yaptıkları çalışmada ise asimetric latans uzamasının veya yokluğunun % 50 sensitif, % 90 spesifik olduğunu belirtmişlerdir. Albeck ve arkadaşları S1 radikülopatili bireylerde soleus H-refleks anormalliklerinin dermatomal SEP, iğne EMG çalışmalarına göre daha yüksek bir yordayıcı değere sahip olduğunu bildirmiştir (199). Han S1 radikülopatili hastalar için bazı H-refleks anormallikleri tanı kriterleri önermiştir. Taraflar arası latans farkının 1 ms' den uzun ve amplitüd oranlarının 0,5 ms' den küçük olması veya H refleks latansının 30 ms' den uzun

olması veya tek taraflı H-refleksi elde edilememesinin anormal kabul edilmesi gerektiğini bildirmiştir (236).

Polinöropatinin tipine göre H-refleks anormalikleri bildirilmiştir. Bu anormaliklere sıklıkla klinik olarak Aşil refleksi yokluğu da eşlik eder. Yanıt yokluğu veya amplitüd düşüklüğü aksonal nöropatiyi düşündürürken latans gecikmesi ise daha çok demyelinizan lezyonlarda görülmektedir. Ancak demyelinizan anormaliklerin kronik inflamatuvar demyelinizan poliradikülönöropati de izlenmesi H-refleksten çok T-refleks çalışmaları ile mümkün olmaktadır (238). Hafif nöropatiler de bile H-refleks anormalikleri bildirilmiştir. Guillain-Barré sendromunda H-refleksi elde edilemez veya çok uzun latanslı olabilir. Bazen hastalığın başlangıcındaki tek patolojik bulgu olabilir. Alberti ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada 4 günlük şüpheli Guillain-Barré hastalarının %77' sinde geç yanıtlarda uzama görülmüştür (239). Gordon, Guillain-Barré hastalarında yaptığı soleus H-refleks çalışmasında ilk hafta % 97 hastada refleksin alınamadığını bildirmiştir. Ayrıca erken dönemde çok sensitif olduğu da belirtilmiştir (240). Dudev ve arkadaşlarının diyabetik hastalarda yaptığı H-refleks çalışmasında motor iletim hızı ve Hmaks/Mmaks oranlarında anlamlı bir azalma saptanmıştır. Nöropatik yakınmaları olanlarda bu değişiklikler daha belirgindir (241). Diyabetik subklinik hastalarda da H-refleks anormalikleri gözlenebilir (242). Nardone ve arkadaşları H-refleks anormaliklerinin grup II liflerinin tutulumuna bağlı oluştuğunu düşünmüşlerdir (243). Schimsheimer ve arkadaşlarının aksonal, demyelinizan ve mikst polinöropatili hastalarda yaptıkları H-refleksi çalışmasında soleus ve FKR kaslarında % 69 hastada H-refleks anormalikleri saptamışlardır. Median sinirin motor ve duyu iletimleri normal olan hastaların % 14' ünde anormal FKR kası H-refleksi elde edilmiştir (191). Dorsal kök ganglionunu tutan bazı dejeneratif hastalıklarda (Freidrach Ataksisi vb.) veya konnektif doku hastalıklarında (Sjögren sendromu vb.) anormalikler gözlenebilir. **Ek 5'** de duyuusal Guillain-Barré sendromu tanısı konan hastanın erken dönem H refleksi anormalikleri görülmektedir.

Mazzini ve arkadaşlarının amiyotrofik lateral skleroz (ALS)' li hastalarda yapmış oldukları soleus H-refleksi çalışmasında H refleksi amplitüdünde progresif artış veya düşüş olduğu görülmüştür. Progresif artış gösterenlerde genellikle klinik olarak daha yavaş bir ilerleme olup ALS için yaş ve klinik formdan bağımsız olarak prognozu değerlendirmekte iyi bir yöntem olabileceği ileri sürülmüştür. Muhtemelen progresif düşüş reinnervasyon yetersizliğini göstermektedir (244). Mazzini ve arkadaşları diğer bir çalışmada ALS hastalarının prognozunda H-refleks amplitüd ortalamalarının Hmaks/Mmaks' dan daha sensitif olduğunda ileri sürmüşlerdir (244,245).

Mills ve arkadaşlarının TMS ile yaptıkları H-refleksi çalışmasında refleks amplitüdünün arttığı, azaldığı veya değişmediği gösterilmiştir (246). Raynor ve Shefner, ALS hastalarında rekürren inhibisyonun azaldığını göstermişlerdir ve bu durum spinal kord hasarlı hastaların tam tersidir. Azalmış rekürren inhibisyon ile spastisite arasında pozitif bir korelasyon saptanmıştır ancak güçsüzlük ile ilişki bulunamamıştır (247). Deneysel çalışmalarda ALS' de Renshaw (Glisinerjik) hücrelerinin yokluğu veya erken dönem disfonksiyonu gösterilmiştir. Buna dayanarak ALS' nin motor nöronların glutamaterjik toksisiteye bağlı dejenerasyonu nedeniyle geliştiği düşünülmüştür fakat Renshaw hücrelerinin motor nörona sınırlı etkilerinin olması (motor nöronu tamamen inhibe edemiyor) ve proksimal kaslardan distal kaslara doğru azalıyor olması bu hipotezi kuşkulu hale getirmektedir (248).

Drory ve arkadaşları yapmış oldukları H-refleks çalışmasında ALS hastalarında üst motor nöron veya alt motor nöron bulguları olanlarda presinaptik inhibisyonunda azalma bulmuşlardır. Sadece alt motor nöron bulguları olan hastalarda da gözlenmesinin erken dönemde ALS tanısına katkı sağlayabileceğini ileri sürmüşlerdir (249).

Rijidite, Parkinson hastarında gözlenen, artmış fleksör ve ektensör kas tonusuna verilen addır ve gerilme hızından etkilenmez. Hastalarda genellikle tendon refleksleri normaldir. Fizyopatolojisi tam anlaşılamamakla birlikte gerilme refleksi patolojilerinin rijiditeye neden

olduğu düşünülmüştür (250). Plantar refleks normal olup, hastada istirahat halinde kas tonusu artışı vardır ve kas gevşemesi oldukça zordur. Rijiditede trifazik devinim bozulmuştur. Bu durumun segmental inhibisyon patolojilerine bağlı olduğu düşünülmektedir (144).

Lelli ve Hallett'in Parkinsonlu hastalarda yaptığı H-refleks çalışmasında resiprokal inhibisyonun azaldığı gösterilmiştir (251). Tsai ve arkadaşları sağlıklı ve unilateral baskın rijidite-akinezi olan Parkinson hastalarında segmental inhibisyon mekanizmalarını değerlendirmiştir. Çalışma radial sinirden düzeltici stimulus tekniği ile yapılmış olup resiprokal, presinaptik ve özellikle polisaptik uzun döngülü inhibisyonun sağlıklılara göre hem semptomatik hemde asemptomatik tarafta azaldığı gösterilmiştir. Fakat bu azalma istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu durumun nedeni suplemer motor alandaki aktivite ve bazal ganglia çıktısının azalması sonucunda suplemer motor alan çıktısının azalması ve buna bağlı oluşan transkortikal inhibisyon azalması olduğu düşünülür (250).

Ayak bileği dorsifleksiyonuna bağlı olarak soleus H-refleksinin resiprokal inhibisyon nedeniyle küçüldüğü daha önce tartışılmıştı. Hiraoka ve arkadaşları Parkinsonlu bireylerde yaptıkları soleus H-refleks çalışmasında yürümenin başlangıcında (yani ayak dorsifleksiyonu sırasında) hastalığın derecesi ile ters orantılı olarak H-refleks amplitüdünde daha az bir küçülme olduğunu göstermiştir. Bazı çalışmalarda Parkinsonlu hastalarda yürümenin başlangıcında tibialis anterior kasında hastalık ağırlığı ile orantılı olarak EMG aktivitesinin azaldığı da gösterilmiştir. Bu bulgular muhtemelen Parkinson hastalarında presinaptik inhibisyonun azalmasından kaynaklanmaktadır (252).

Meunier ve arkadaşlarının yaptığı FKR kası H-refleksi çalışmasında istirahat sırasında sağlıklı gönüllüler arasında fark olmadığı fakat istemli kasının başlangıcında sağlıklı gönüllülerden farklı olarak az etkilenen tarafta resiprokal inhibisyonun azaldığı, çok etkilenen tarafta ise kaybolduğunu göstermişlerdir (253). İstemli hareket sırasında ekstansörden fleksöre giden inhibitör Ia internöronların desendan etkilerle düzenlendiği düşünülmektedir. Bu

supraspinal etki Parkinsonlu hastalarda bozulmaktadır. Nakashima ve arkadaşları da istirahat sırasında L-dopa tedavisi ile resiprokal inhibisyon bozukluğunun düzeldiğini fakat tonik hareketlerde bozukluğun devam ettiğini belirtmişlerdir (254).

Hayashi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Parkinsonlu hastalardaki postural instabilitenin olası sebebinin presinaptik inhibisyon ve Ib inhibisyonu anormallikleri olduğu belirtilmiştir (255). Yapılan bir başka çalışmada Parkinsonlu hastalarda presinaptik inhibisyonun azaldığı ve L-dopa ile düzeldiği de gösterilmiştir (256). Sabbahi ve arkadaşlarının Parkinson hastalığı, esansiyel tremoru olan bireylerde yaptıkları H-refleks çalışmasında H/M oranı ve H-refleks latansında sağlıklılar ile fark gözlememiştir (257).

Bazal gangliada oluşan çıktıların talamus üzerinden kortekse ulaşp oradan beyin sapına sonrasında da pedinkülopontin nukleusa, oradan da medulla spinalise inmektedir. Bu yolların bozuklukları inhibisyon mekanizmalarındaki değişikliklere neden olduğu düşünülür (253,258,259).

Günümüzde distoni, sürekli kas kasılmasına bağlı olarak tutulan bölgede tekrarlayıcı, büktürücü hareketlere veya anormal postüre neden olan nörolojik bir sendrom olarak nitelendirilmektedir (260). İstemli hareket sırasında harekete katılan kasların eksite, harekete katılmayan kasların ise inhibe olduğu görülür. Buna “çevresel inhibisyon” denmektedir. Distoninin fizyopatolojisi tam olarak bilinmemekle birlikte temel olarak bu eskitasyon ve inhibisyon dengesinin bozulduğu düşünülür. Bazal gangliaların rolü sekonder distonili hastalardan bilinmektedir. Direkt yolun istenen hareketi ürettiği, indirekt yolunda istenmeyen hareketi durdurduğu da bilinir. Bazı yazarlar distonide bu dengenin bozulduğunu düşünür (261). Sonuç olarak distoni fizyopatolojisinin anlaşılmasında segmental inhibisyon mekanizmaları ve bu mekanizmaların modülasyonu önemli yer tutmaktadır.

Nakashima ve arkadaşlarının sağlıklı, göreve yönelik distonisi, hemidistonisi ve hemiparezisi olan bireylerde ön koldan yaptıkları H-refleks çalışmasında göreve yönelik

distonisi ve hemidistonisi olan bireylerde ilk inhibisyon periodunda (resiprokal inhibisyon) anormallik saptanmamışlarken, ikinci inhibisyon periodunda (presinaptik inhibisyon) ise azalma saptanmışlardır. Ayrıca aynı çalışmada distonisi olmayan hemiparezik bireylerde her iki periotda da azalma gözlemişlerdir (262). Panizza ve arkadaşları spastik bireylerde yaptıkları ön kol H-refleks çalışmasında ise üç fazda da inhibisyonda azalma gözlemişlerdir (263). Tisch ve arkadaşlarının primer torsiyon distonisi olan bireylerde ön koldan yaptıkları H-refleks çalışmasında derin beyin stimulasyonu sonrasında klinik iyileşmeyle korele olarak üçüncü faz inhibisyonunda artış gözlenmiştir (264). Panizza ve arkadaşlarının jeneralize distonisi, yazıcı krampı, bleforaspmı, servikal distonisi olan bireylerde yaptığı diğer bir H-refleks çalışmasında ise servikal distonisi ve jeneralize distonisi olan bireylerde üçüncü inhibisyon fazında inhibisyonun olmadığı tam tersine refleks fasilitasyonunun olduğu belirtmişlerdir (265). Huang ve arkadaşları DYT1 distonili bireylerde 1 Hz'lik repetitif TMS ile FKR kasından yaptıkları çalışmada normallere göre DYT1 distonili bireylerde birinci (resiprokal inhibisyon), ikinci (presinaptik) ve üçüncü inhibisyon fazında azalma saptanmışlarken 1 Hz'lik TMS uygulaması sonrasında tüm inhibisyon periodlarında artış olduğunu görmüşlerdir. Fakat istatistiksel olarak sadece üçüncü faz inhibisyonda anlamlı derecede bir azalma saptanmıştır (266).

Kasa veya tendonuna uygulanan vibrasyon sonrasında H-refleks amplitüdü azalmaktadır. Buna vibratuar inhibisyon denilir. Bu inhibisyonda postsinaptik (homosinaptik depresyon) veya presinaptik mekanizmaların görev aldığı düşünülmektedir (4,267,268). Koelman ve arkadaşları ise dopa yanıtli distonilerde yaptığı H-refleks çalışmasında vibrasyon ile indüklenen inhibisyonda azalma bulmuştur ve dopa tedavisinden sonra inhibisyonun normale döndüğünü görmüşlerdir. Aynı çalışmada H/M oranında ise bir değişiklik saptanmamıştır (269). Grönewald ve arkadaşları fokal el distonisi, tortikollisi, bleforaspmı olan bireylerde yaptıkları H refleks çalışmasında fokal distonisi olan hastalarda pozisyon

duyusunda bozukluk olmadan tonik vibrasyon refleksinde bozukluk olduğunu görmüşlerdir (270).

Spastisite hıza bağımlı tonik gerilme refleksi artışıyla birlikte artmış tendon refleksleri ile karakterize bir motor bozukluktur. Gerilme refleksi hipereksitebilitesi nedeniyle olduğu düşünülür (271). Vibratuar inhibisyon spastik hastalarda azalmıştır. Yapılan birçok çalışmada spastik hastalarda resiprokal inhibisyonda, presinaptik ve Ib inhibisyonda azalma gösterilmiştir. Renshaw hücrelerinin rolü ise tartışmalıdır (105,272,273). Spastik bireylerde H-refleks amplitüdü, Hmaks/Mmaks amplitüdü de artmaktadır. Fakat kas tonus artışı ile korelasyonu tartışmalıdır (274,275). Hoving ve arkadaşlarının serebral palsili çocuklarda çift kör randomize plasebo kontrollü yaptığı soleus H-refleks çalışmasında intratekal baklofen sonrasında kas tonusu ile birlikte Hmaks/Mmaks oranının belirgin azaldığı ve klinik yanıtta çok faydalı bir parametre olduğu belirtilmiştir. Yazarlar bu incelemenin doz titrasyonu için de kullanılabileceğini düşünmüşlerdir (276). **Ek 6'** da elektrofizyoloji laboratuvarımızda görüntüleme çalışmaları ile servikal spinal dar kanal tanısı konmuş olan hastanın H refleksi anormallikleri görülmektedir.

6. SONUÇLAR

H-refleks incelemeleri alt motor nöron veya duysal nöron etkilenmesinde, proksimal kesimleri ilgilendiren hasarlanmaları ortaya koyduğu için değerlidir. Ayrıca bu inceleme santral ve periferik sinir sistemi hastalıkları fizyopatolojisini ortaya koymak için de yararlı bir araçtır. H-refleks çalışmalarında bazı sağlıklı kişilerde dahi istirahat sırasında H-refleksi elde edilemediğinden, gerekli görüldüğünde bu incelemenin istemli izometrik kası sırasında yapılması patolojiyi göstermekte faydalı olacaktır. Ayrıca fasilitasyon sırasında bazı H-refleks parametre değerleri değişebileceğinden bu çalışmalarda anormallikler değerlendirilirken farklı değer aralıklarının kullanılması gerekmektedir.

H-refleks latansı, H-refleks iletim hızı ve sağ-sol H-refleks latans farkı gibi H-refleks parametreleri periferik sinir sistemi hastalıklarının tanısında, izleminde ve fizyopatolojisinin anlaşılmasında kullanılabilir. Çalışmamızda istirahat ve fasilitasyon sırasında cinsiyete, yaşa ve kol uzunluğuna göre H-refleks latans değerlerinde farklılıklar olduğu görüldü. Bu sebeple H-refleks iletim hızının daha güvenilir bir parametre olduğunu düşünmekteyiz. Fakat H-refleks iletim hızının yaşla birlikte azaldığı da unutulmamalıdır. Ayrıca fasilitasyon sırasında sağ-sol H-refleks latans farkı da güvenilir bir parametre gibi gözükmemektedir ve yaşla birlikte artmaktadır. Sonuç olarak alt motor nöronu veya duysal nöronu ilgilendiren patolojilerde H-refleks latansının cinsiyete, kol uzunluğuna ve yaşa göre değerlendirilmesi gerekirken, H-refleks iletim hızının ve sağ-sol H-refleks latans farkının ise yaşa göre değerlendirilmesi yeterli olacaktır.

H-refleks maksimum amplitüdü, Hmaks/Mmaks oranı ve sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı gibi H-refleks parametreleri üst motor nöron hastalıklarının tanısında ve izleminde yardımcı olarak kullanılabilir. Çalışmamızda bu parametre değerlerinde fasilitasyon sırasında istirahate göre belirgin bir artış mevcuttu. Ayrıca istirahat sırasında fark yokken fasilitasyon sırasında H-refleks maksimum amplitüdünün ve Hmaks/Mmaks oranının cinsiyete göre değiştiği ve H-refleks maksimum amplitüdünün sol kola göre sağ kolda genellikle daha

büyük olduğu görüldü. Sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı cinsiyetten etkilenmemekle birlikte, fasilitasyon sırasında yaşla birlikte anlamlı derecede azaldı. Çalışmamızdaki bu bulgular H-refleksinin santral sinir sistemi tarafından modüle edildiğini göstermektedir ve bu modülasyon cinsiyete, yaşa veya kol dominansına göre değişebilmektedir.

Sonuç olarak çalışmamız, istirahat ve fasilitasyon sırasında elde edilen H-refleks parametre değerlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiğini ve H-refleks parametrelerinin bazı demografik verilerden etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca H-refleksinin supraspinal modülasyonunun olduğu da gösterilmiştir ve bu modülasyon çalışmalarda dikkate alınmalıdır. H-refleks çalışmalarında dikkat edilmesi gereken bir başka durumda santral ve periferik sinir sistemi hastalıkları değerlendirilirken uygun parametrelerin seçimidir. Laboratuvarımızda normallerin tanımlanması, hastalıkların tanınmasında veya izleminde kolaylık sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Windhorst U. Muscle proprioceptive feedback and spinal networks. *Brain Res Bull* 2007; 73(4-6): 155-202.
2. Knikou M. The H-reflex as a probe: pathways and pitfalls. *J Neurosci Methods* 2008; 171: 1-12.
3. Floeter KM. Spinal reflexes. In: Hallet M editors. *Handbook of Clinical Neurophysiology*. 1st ed. Bethesda: Elsevier, 2003; 231-246.
4. Latash ML. *Neurophysiological basis of movement*. Pennsylvania: Human kinetics; 1998
5. Fisher MA. H-reflex and F-response studies. In: Aminoff MJ (Ed). *Electrodiagnosis in clinical neurology*. 5th ed. New York: Churchill Livingstone, 2005; 357-369.
6. Misiaszek JE. The H-reflex as a tool in neurophysiology: Its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve* 2003; 28: 144-160.
7. Pierrot-Deseilligny E, Mazevet D. The monosynaptic reflex: a tool to investigate motor control in humans. Interest and limits. *Neurophysiol Clin* 2000; 30: 67-80.
8. Schieppati M. The Hoffmann reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man, *Prog. Neurobiol* 1987; 28: 345-376.
9. Voerman GE, Gregoric M, Hermens HJ. Neurophysiological methods for the assessment of spasticity: the Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex. *Disabil Rehabil* 2005; 27: 33-68.
10. Kuhta PC, Smith JL. Scratch responses in normal cats: hindlimb kinematics and muscle synergies. *J Neurophysiol* 1990; 64: 1653-1667.
11. Guyton AC. *Textbook of medical physiology*. 12th ed. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders; 2011
12. Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between central programs and afferent input. *Physiol Rev* 1992; 72: 33-69.

13. Dietz V. Proprioception and locomotor disorders. *Nat Rev Neurosci* 2002; 3: 781-790.
14. Widmaier EP. Control of body movement. In: Widmaier EP, Raff H, Strang KT, Vander S. *Human physiology: The mechanism of body*. 9th ed. Columbus: McGraw–Hill 2003; 311-329
15. Heckman CJ, Rymer WZ. Spinal mechanisms for control of muscle length and force. In: Conn PM (Ed). *Neuroscience in Medicine*. 3rd Ed. New York: Humana press 2008; 443-478
16. Jankowska E, Hammar I. Spinal interneurons; how can studies in animals contribute to the understanding of spinal interneuronal systems in man? *Brain Res Brain Res Rev* 2002; 40: 19-28.
17. Hultborn H, Nielsen JB. Spinal control of locomotion from cat to man. *Acta Physiol* 2007; 189: 111-121.
18. Fallon JB, Macefield VG. Vibration sensitivity of human muscle spindles and Golgi tendon organs. *Muscle Nerve* 2007; 36: 21-29.
19. Sayenko DG, Vette AH, Obata H, Alekhina MI, Akai M, Nakazawa K. Differential effects of plantar cutaneous afferent excitation on soleus stretch and H-reflex. *Muscle Nerve* 2009; 39: 761-769.
20. Matthews PB. Evidence that the secondary as well as the primary endings of the muscle spindles may be responsible for the tonic stretch reflex of the decerebrate cat. *J Physiol* 1969; 204: 365-393.
21. Ostry DJ, Gribble PL, Levin MF, Feldman AG. Phasic and tonic stretch reflexes in muscles with few muscle spindles: human jaw-opener muscles. *Exp Brain Res* 1997; 116: 229-308.
22. Tortora GJ. Spinal cord and spinal nerves. In: Tortora GJ, Derrickson B. *Principles of Anatomy and Physiology*. 12nd Ed. New Jersey: Wiley 2009; 482-484
23. Clarac F, Cattaert D, Le Ray D. Central control components of a 'simple' stretch reflex. *Trends Neurosci* 2000; 23: 199-208.

24. Chen HH, Hippenmeyer S, Arber S, Frank E. Development of the monosynaptic stretch reflex circuit. *Curr Opin Neurobiol* 2003; 13: 96-102.
25. Jansen JK, Matthews PB. The central control of the dynamic response of muscle spindle receptors. *J Physiol* 1962; 161: 357-378.
26. Crowe A, Matthews PB. The effects of stimulation of static and dynamic fusimotor fibres on the response to stretching of the primary endings of muscle spindles. *J Physiol* 1964; 174: 109-31.
27. Zehr EP. Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86: 455-468.
28. Lloyd DP. Integrative pattern of excitation and inhibition in two-neuron reflex arcs. *J Neurophysiol* 1946; 9: 439-344.
29. Taylor A, Gottlieb S. Convergence of several sensory modalities in motor control. In: Barnes WJP, Gladden MH (Eds). *Feedback and motor control in invertebrates and vertebrates*. London: Croom Helm 1985; 77-91.
30. Kirkwood PA, Sears TA. Monosynaptic excitation of motoneurons from secondary endings of muscle spindles. *Nature* 1974; 252: 243-264.
31. Eccles RM, Lundberg A. Supraspinal control of interneurons mediating spinal reflexes. *J Physiol* 1959; 147: 565-584.
32. Eccles RM, Lundberg A. Significance of supraspinal control of reflex actions by impulses in muscle afferents. *Experientia* 1958; 14: 197-209.
33. Simonetta-Moreau M, Marque P, Marchand-Pauvert V, Pierrot-Deseilligny E. The pattern of excitation of human lower limb motoneurons by probable group II muscle afferents. *J Physiol* 1999; 517: 287-300.
34. Crowe A, Matthews PB. Further studies of static and dynamic fusimotor fibres. *J Physiol* 1964; 174: 132-151.

35. Loeb GE. The control and responses of mammalian muscle spindles during normally executed motor tasks. *Exerc Sport Sci Rev* 1984; 12: 157-204.
36. Prochazka A, Gorassini M. Models of ensemble firing of muscle spindle afferents recorded during normal locomotion in cats. *J Physiol* 1998; 507: 277-291.
37. Ernfors P, Lee KF, Kucera J, Jaenisch R. Lack of neurotrophin-3 leads to deficiencies in the peripheral nervous system and loss of limb proprioceptive afferents. *Cell* 1994; 77: 503-12.
38. Proske U. Kinesthesia: the role of muscle receptors. *Muscle Nerve* 2006; 34: 545-558.
39. Nielsen J, Kagamihara Y. The regulation of disynaptic reciprocal Ia inhibition during co-contraction of antagonistic muscles in man. *J Physiol* 1992; 456: 373-391.
40. Mazzocchio R, Rothwell JC, Rossi A. Distribution of Ia effects onto human hand muscle motoneurons as revealed using an H reflex technique. *J Physiol* 1995; 489: 263-273.
41. A. Prochazka. Proprioceptive feedback and movement regulation. In: Rowell L, Shepherd JD (Eds). *Handbook of Physiology: Section 12: Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*. New York: Lavoisier s.a.s 1996; 89–127.
42. Voigt M, Sinkjaer T. The H-reflex in the passive human soleus muscle is modulated faster than predicted from post-activation depression. *Brain Res* 1998; 783: 332-346.
43. Hultborn H, Illert M, Nielsen J, Paul A, Ballegaard M, Wiese H. On the mechanism of the post-activation depression of the H-reflex in human subjects. *Exp Brain Res* 1996; 108: 450-462.
44. Grey MJ, Klinge K, Crone C, Lorentzen J, Biering-Sørensen F, Ravnborg M, Nielsen JB. Post-activation depression of soleus stretch reflexes in healthy and spastic humans. *Exp Brain Res* 2008; 185: 189-197.
45. Lev-Tov A, Pinco M. In vitro studies of prolonged synaptic depression in the neonatal rat spinal cord. *J Physiol* 1992; 447: 149-169.

46. Crone C, Nielsen J. Methodological implications of the post activation depression of the soleus H-reflex in man. *Exp Brain Res* 1989; 78: 28-32.
47. Aymard C, Katz R, Lafitte C, Lo E, Pénicaud A, Pradat-Diehl P, Raoul S. Presynaptic inhibition and homosynaptic depression: a comparison between lower and upper limbs in normal human subjects and patients with hemiplegia. *Brain* 2000; 123: 1688-1702.
48. Lloyd DP, Wilson VJ. Reflex depression in rhythmically active monosynaptic reflex pathways. *J Gen Physiol* 1957; 40: 409-426.
49. Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Immobilization induces changes in presynaptic control of group Ia afferents in healthy humans. *J Physiol* 2008; 586: 4121-4135.
50. Priori A, Pesenti A, Cappellari A, Scarlato G, Barbieri S. Postcontraction depression of reciprocal inhibition in human forearm muscles. *Muscle Nerve* 2000; 23: 1335-1343.
51. Meuner S, Keon J, Russman H, Ravindran S, Mazzocchio R, Cohen L. Spinal use-dependent plasticity of synaptic transmission in humans after a single cycling session. *J Physiol* 2007; 579: 375-378
52. Ozmerdivenli R, Bulut S, Urat T, Ayar A. The H and T-reflex response parameters of long and short-distance athletes. *Physiol Res* 2002; 51: 395-400
53. Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Central nervous adaptations following one week of wrist and hand immobilization. *J Appl Physiol* 2007; 105: 139-151
54. Gallego R, Kuno M, Nunez R, Snider WD. Disuse enhances synaptic efficacy in spinal motoneurons. *J Physiol* 1979; 291: 191-220.
55. Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Immobilization induces changes in presynaptic control of group Ia afferents in healthy humans. *J Physiol* 2008; 586: 4121-4135.
56. Stein RB, Estabrooks KL, McGie S, Roth MJ, Jones KE. Quantifying the effects of voluntary contraction and inter-stimulus interval on the human soleus H reflex. *Exp Brain Res* 2007; 182: 309-319

57. Ashby P, Verrier M. Neurophysiological changes following spinal cord lesions in man. *Can J Neurol Sci* 1975; 2; 91-100
58. Chen Y-S, Zhou S. Soleus H reflex and its relation to static postural control. *Gait and Posture* 2010; 10: 1-10.
59. Crone C, Hultborn H, Jørgensen B, Nielsen J. Reciprocal Ia inhibition between ankle flexors and extensors in man. *J Physiol* 1987; 389: 163-185
60. Day BL, Marsden CD, Obeso JA, Rothwell JC. Reciprocal inhibition between the muscles of the human forearm. *J Physiol* 1983; 349: 519-534.
61. Nielsen J, Kagamihara Y. The regulation of disynaptic reciprocal Ia inhibition during co-contraction of antagonistic muscles in man. *J Physiol* 1992; 456: 373-391.
62. Floeter MK. Spinal reflexes. In: Hallett M (Ed). *Movement Disorders. Handbook of Clinical Neurophysiology*. Amsterdam: Elsevier 2003; 231-246
63. Wargon I, Lamy JC, Baret M, Ghanim Z, Aymard C, Penicaud A, Katz R. The disynaptic group I inhibition between wrist flexor and extensor muscles revisited in humans. *Exp Brain Res* 2006; 168: 203-217.
64. Enriquez-Denton M, Nielsen J, Perreault M-C, Morita H, Peterson N, Hultborn H. Presynaptic control of transmission along the pathway mediating disynaptic reciprocal inhibition in the cat. *J Physiol* 2000; 526: 623-637.
65. Hamm K, Alexander C. Challenging presumptions: Is reciprocal inhibition truly reciprocal? A study of reciprocal inhibition between knee extensors and flexors in humans. *Manual Therapy* 2010; 15; 388-393.
66. Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity. *Muscle Nerve* 2005; 31: 552-571.
67. Crone C, Nielsen J, Petersen N; Ballegaard M, Hultborn H. Disynaptic reciprocal inhibition of ankle extensors in spastic patients. *Brain* 1994; 117: 1161-1168.

68. Peterson N, Morita H, Nielsen J. Modulation of reciprocal inhibition between ankle extensors and flexors during walking in man. *J Physiol* 1999; 520: 605-619.
69. Morita H, Crone C, Christenhuis D, Petersen NT and Nielsen JB. Modulation of presynaptic inhibition and disynaptic reciprocal Ia inhibition during voluntary movement in spasticity. *Brain* 2001; 124: 826-837.
70. Inghilleri M. Ia presynaptic inhibition after muscle twitch in the arm. *Muscle Nerve* 2000; 23: 748-752.
71. Rothwell JC, Day BL, Bearadelli A, Marsden CD. Effects of motor cortex stimulation on spinal interneurons in intact man. *Expl Brain Res* 1984; 54: 382-384.
72. Schmidt RF. Presynaptic inhibition in the vertebrate central nervous system. *Physiol* 1971; 63: 20-101.
73. Jankowska E, Padel Y, Tanaka R. Disynaptic inhibition of spinal motoneurons from the motor cortex in the monkey. *J Physiol* 1976; 258: 467-487.
74. Preston JB, Whitlock DG. Intracellular potentials recorded from motoneurons following precentral gyrus stimulation in primate. *J Neurophysiol* 1961; 24: 91-100.
75. Crone C, Nielsen J. Spinal mechanisms in man contributing to reciprocal inhibition during voluntary dorsiflexion of the foot. *J Physiol* 1989; 416: 255-272
76. Illert M, Tanaka R. Transmission of corticospinal IPSP's to cat forelimb motoneurons via high cervical propriospinal neurones and Ia inhibitory interneurons. *Brain Res* 1976; 258: 467-487.
77. Aymard C, Chia L, Katz R, Lafitte C and Penicaud A. Reciprocal inhibition between wrist flexors and extensors in man: a new set of interneurons? *J Physiol* 1995; 487: 221-235.
78. Day BL, Rothwell JC, Marsden CD. Transmission in the spinal reciprocal Ia inhibitory pathway preceding willed movements of the human wrist. *Neurosci Lett* 1983; 37: 245-250.

79. Fuhr P, Hallett M. Reciprocal inhibition of the H reflex in the forearm methodological aspects. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1993; 89: 319-327.
80. Artieda J, Quesada P, Obeso JA. Reciprocal inhibition between forearm muscles in spastic hemiplegia. *Neurology* 1991; 41: 286-289.
81. Okuma Y, Ohi K, Lee rG, Mizuno Y. Effects of test H-reflex size on reciprocal inhibition in forearm muscles. *Clin Neuropyhsiol* 1999; 110: 2194-2196.
82. Berardelli A, Day B, Marsden C, Rothwell J. Evidence favouring presynaptic inhibition between antagonist muscle afferents in the human forearm. *J. Physiol* 1987; 391: 71-83.
83. Delwaide PJ. Human monosynaptic reflexes and presynaptic inhibition: an interpretation of spastic hyperreflexia. In: Desmedt JE, *New developments in electromyography and clinical neurophysiology*. Basel: Karger 1973; 550-555.
84. Boorman G, Hulliger M, Lee RG, Tako K, Tanaka R. Reciprocal Ia inhibition in spinal spasticity. *Neurosci Lett* 1991; 127: 57-60.
85. Okuma Y, Mizuno Y, Lee RG. Reciprocal Ia inhibition in patients with asymmetric spinal spasticity. *Clin Neurophysiol* 2002; 113: 292-297.
86. Yanagisawa N. Reciprocal reflex connections in motor disorders in man. In: Desmedt JE, (Ed). *Progress in clinical neurophysiology, spinal and supraspinal mechanisms of voluntary motor Control and locomotion*. Basel: Karger 1980; 129-141.
87. Frank K, Fuortes MGF. Presynaptic and postsynaptic inhibition of monosynaptic reflexes. *Fed Proc* 1957; 16: 39-40.
88. Howland J, Lettvin JT, McCulloch WS, Pitts W, Wall PD. Reflex inhibition by dorsal root interaction. *J Neurophysiol* 1955; 18: 1-17.
89. Eccles JC, Schmidt RF, Willis WD. Pharmacological studies on the presynaptic inhibition. *J Physiol* 1963a. 168: 500-530.

90. Rudomin P, Schmidt RF. Presynaptic inhibition in the vertebrate spinal cord revisited. *Exp Brain Res* 1999; 129: 1-37.
91. Wu L-G, Saggau P. Presynaptic inhibition of elicited neurotransmitter release. *Trends Neurosci* 1997; 20: 204-212.
92. Rudomin P. In search of presynaptic inhibition. *Exp Brain Res* 2009; 196: 139-151.
93. Rudomin P, Lomeli J, Quevedo J Tonic differential supraspinal modulation of PAD and PAH of segmental and ascending collaterals of single group I muscle afferents in the cat spinal cord. *Exp Brain Res* 2004a; 159: 239-350.
94. Rudomin P, Lomeli J, Quevedo J. Differential modulation of primary afferent depolarization of segmental and ascending intraspinal collaterals of single group I muscle in the cat spinal cord. *Exp Brain Res* 2004b; 156: 377-391.
95. Hultborn H, Meunier S, Pierrot-Deseilligny E and Shindo M. Changes in presynaptic inhibition of Ia fibres at the onset of voluntary contraction in man. *J Physiol* 1987a; 389: 757-772
96. Pierrot-Deseilligny E. Assessing changes in presynaptic inhibition of Ia afferents during movement in humans. *J Neurosci* 1997; 74: 189
97. Capaday C, Stein RB. Difference in the amplitude of the human soleus H reflex during walking and running. *J Physiol Lond* 1987; 392: 513-522.
98. Lundberg A, Vyklicky L. Inhibitory interaction between spinal reflexes to primary afferents. *Experientia* 1963; 19: 247-258.
99. Hultborn H, Meunier S, Morin C, Pierrot-Deseilligny E. Assessing changes in presynaptic inhibition of Ia fibres: a study in man and the cat. *J Physiol* 1987; 389: 729-756.
100. Meunier S, Pierrot-Deseilligny E. Cortical control of presynaptic inhibition of Ia afferents in humans. *Exp Brain Res* 1998; 119: 415-426.

101. Cavallari P, Lalli S. Changes in excitability of the flexor carpi radialis H-reflex following tactile stimulation of index fingertip. *Exp Brain Res* 1998; 120: 345-352.
102. Burke D, Gracies JM, Mazevet D, Meunier S, PierroAt-Deseilligny E. Convergence of descending and various peripheral inputs onto common propriospinal-like neurons in man. *J Physiol Lond* 1992; 449: 655-671.
103. Illert M, Lundberg A, Tanaka R. Integration in descending motor pathways controlling the forelimb in the cat. 1. Pyramidal effects on motoneurons. *Exp Brain Res* 1976; 26: 509-519.
104. Edin BB, Vallbo AB. Stretch sensitization of human muscle spindles. *J Physiol* 1988; 400: 101-111.
105. Nielsen JB, Crone C, Hultborn H. The spinal pathophysiology of spasticity-from a basic science point of view. *Acta Physiol* 2007; 189: 171-180.
106. Houk JC, Henneman E. Responses of Golgi tendon organs to active contractions of the soleus muscle in the cat. *J Neurophysiol* 1967; 30: 466-481.
107. Hultborn H. Spinal reflexes, mechanisms and concepts: from Eccles to Lundberg and beyond. *Prog Neurobiol* 2006; 78: 215-232.
108. Eccles JC, Eccles RM, Lundberg A. Synaptic contraction on motor neuron caused by impulses in Golgi tendon organ afferents. *J Physiol* 1957; 138: 227-252.
109. Harrison PJ, Jankowska E. Sources of input to interneuron mediating group I non reciprocal inhibition of motor neuron in the cat. *J Physiol* 1985; 361: 379-401.
110. Lundberg A, Malmgren K, Schomburg ED. Cutaneous facilitation of transmission in reflex pathways from Ib afferents to motoneurons. *J Neurophysiol* 1977; 9: 421-438.
111. Pierrot-Deseilligny E, Bergeweg C, Katz R, Morin C. Cutaneous depression of Ib reflex pathways to motoneurons in man. *Exp. Brain Res* 1981; 42: 351-361.

112. Cavallari P, Fournier E, Katz R, Malmgren E, Pierrot-Deseilligny E, Shindo M. Cutaneous facilitation of transmission in Ib reflex pathways in the human upper limb. *Exp Brain Res* 1985; 60: 197-199.
113. Pierrot-Deseilligny E, Bergewgo C, Katz R, Morin C. Reversal in cutaneous control of Ib pathways during human voluntary contraction. *Brain Res* 1982; 233: 400-3.
112. Renshaw B. Central effects of centripetal impulses in axons of spinal ventral roots. *J Neurophysiol* 1946; 9: 191-204.
113. Brooks VB, Wilson VJ. Localization of stretch reflex by recurrent inhibition. *Science* 1958; 127: 472-483.
114. Mazzocchio R, Rossi A. Further evidence for Renshaw inhibition in man. A combined electrophysiological and pharmacological approach. *Neurosci Lett* 1989; 106: 131-146.
115. Mazzocchio R, Rossi A, Rothwell JC. Depression of Renshaw recurrent inhibition by activation of corticospinal fibres in human upper and lower limb. *J Physiol* 1994; 481: 487-498.
116. Sheffner JM, Berman SA, Sarkarati M. Recurrent inhibition is increased in patients with spinal cord injury. *Neurology* 1992; 42: 2162-2168.
117. Canedo A. Primary motor cortex influences on the descending and ascending systems. *Progress in Neurobiology* 1997; 51: 287-335.
118. Schieber MH. Comparative anatomy and physiology of the corticospinal system. In: Eisen AA, Shaw PJ, (Eds). *Handbook of Clinical Neurology, Motor disorders and related disorders*. 3rd ed. New York: Elsevier 2007; 82: 15-37.
119. Keilmann MH. Üst ekstremitenin istemli aksiyonel ve bilişsel apraksik motor bozuklukları. İçinde: Bradley WJ (Ed). *Klinik Pratikte Nöroloji*, 5. Baskı, Ankara: Veri Medikal Yayıncılık 2008; 24-130
120. Ramnani N. The primate cortico-cerebellar system: anatomy and function. *Nat Rev Neurosci* 2006; 7: 511-522

121. Manto M. The cerebellum, cerebellar disorders, and cerebellar research-Two centuries of discoveries. *Cerebellum* 2008; 7: 505-516.
122. Carey MR. Synaptic mechanisms of sensorimotor learning in the cerebellum. *Current Opinion in Neurobiology* 2011; 21: 609-615.
123. Chen XY, Wolpaw JR. Ablation of cerebellar nuclei prevents H reflex down-conditioning in rats. *Learning Memory* 2005; 12: 248-254.
124. Lundberg A. Function of the ventral spinocerebellar tract. A new hypothesis. *Exp Brain Res* 1971; 12: 317-330.
125. McLeod JG. H reflex studies in patients with cerebellar disorders. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1969; 32: 21-27.
126. Delwaide PJ, Juprelle M. The effects of caloric stimulation of the labyrinth on the soleus motor pool in man. *Acta Neurol Scand* 1977; 55: 310-322.
127. Watson C, Harvey AR. Projections from the brain to the spinal cord. In: Watson C, Paxinos G, Kayalıoğlu G, (Eds). *The spinal cord*. London: Elsevier 2009; 168-179
128. Shinoda Y, Yokota J, Futami T. Divergent projection of individual corticospinal axons to motoneurons of multiple muscles in monkey. *Neurosci Lett* 1981; 23: 7-12.
129. McKiernan BJ, Marcario JK, Karrer JH, Cheney PD. Corticomotoneuronal postspike effects in shoulder, elbow, wrist, digits and intrinsic hand muscles during a reach and prehension task. 1998; 80: 1961-1980.
130. Clough JF, Kernell D, Phillips CG. The distribution of monosynaptic excitation from the pyramidal tract and from primary spindle afferents to motoneurons of the baboon's hand and forearm. *J Physiol* 1968; 198: 145-66.
131. Hongo T, Jankowska E, Lundberg A. The rubrospinal tract. 3. Effects on primary afferent terminals. *Exp Brain Res* 1972; 15: 39-53.

132. Walberg F, Pompeiano O, Brodal A, Jansen J. The fastigiovestibular projection in the cat. An experimental study with silver impregnation methods. *J Comp Neurol* 1962; 118: 49-75.
133. Mukherjee A, Chakravarty A. Spasticity mechanisms-for the clinician. *Frontiers Neurology* 2010; 1: 1-10.
134. Bruggencate G, Lundberg A. Facilitatory interaction in transmission to motoneurons from vestibulospinal fibres and contralateral primary afferents. *Exp Brain Res* 1974; 19: 248-270.
135. Pompeiano O. Spinovestibular relations. Anatomical and physiological aspects. *Prog Brain Res* 1972; 37: 263-291.
136. Buford JA, Davidson AG. Movement-related and preparatory activity in the reticulospinal system of the monkey. *Exp Brain Res* 2004; 159: 284-300
137. Torvik A, Brodal A. The origin of reticulospinal fibers in the cat; an experimental study. *Anat Rec* 1957; 128: 113-137.
138. Enriquez M, Jimenez I, Rudomin P. Segmental and supraspinal control of synaptic effectiveness of functionally identified muscle afferents in the cat. *Exp Brain Res* 1996; 107: 391-404
139. Magladery JW, Mc Dougal DB. Electrophysiological studies of nerve and reflex in normal man Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibers. *Bull Jons Hopkins Hosp* 1950; 86: 265
140. Burke D, Gandevia SC, McKeon B. Monosynaptic and oligosynaptic contributions to the human ankle jerk and H-reflex. *J Neurophysiol* 1984; 52: 435-447.
141. Kuruoglu R, Oh SJ. Quantitation of tendon reflexes in normal volunteers. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1993; 33: 347-351.

142. Ilic TV, Deuschl G. Spinal and long-latency reflexes. In: Eisen A, (Ed). Clinical neurophysiology of motor neuron diseases. Handbook of clinical neurophysiology. 4th ed. New York: Elsevier 2004; 337-438.
143. Fisher MA. AAEM Minimonograph #13: H reflexes and F waves: physiology and clinical indications. Muscle Nerve 1992; 15: 1223-1233.
144. Ertekin C. Santral ve periferik EMG. Anatomi-Fizyoloji-Klinik. İzmir: Meta Basım ve Matbaacılık 2006
145. Dumitru D, Zwarts MJ. Special nerve conduction techniques. In: Dumitru D, Amato A, Zwarts MJ, (Eds) Electrodiagnostic medicine. 2nd ed. Philadelphia: Hanley Belfus, 2002; 244-256
146. Boorman GI, Hoffer JA, Kallesoe K, Viberg D, Mah C. A measure of peripheral nerve stimulation efficacy applicable to H-reflex studies. Can J Neurol Sci 1996; 23: 264-270.
147. Crone C, Hultborn H, Mazieres L, Morin C, Nielsen J, Pierrot-Deseilligny E. Sensitivity of monosynaptic test reflexes to facilitation and inhibition as a function of the test reflex size: a study in man and the cat. Exp Brain Res 1990; 81: 35-45.
148. Lagerquist O, Collins DF. Stimulus pulse-width influences H-reflex recruitment but not H(max)/M(max) ratio. Muscle Nerve 2008; 37: 483-489.
149. Panizza M, Nilsson J, Hallett M. Optimal stimulus duration for the H reflex. Muscle Nerve 1989; 12: 576-579
150. Erlanger J, Blair E.A. Comparative observation on motor and sensory fibers with special reference to Am J Physiol 1938; 121: 431-453
151. Henneman E, Somjen G, Carpenter DO. Excitability and inhibitability of motoneurons of different sizes. J Neurophysiol 1965; 28: 599-620.
152. Tucker KJ, Tuncer M, Türker KS. A review of the H-reflex and M-wave in the human triceps surae. Human Movement Science 2005; 24: 667-688.

153. Taborikova H, Sax DS. Motoneurone pool and the H-reflex. *Journal of Neurology Neurosurgery and Neuropsychiatry* 1968; 31: 354-361.
154. Brinkworth RS, Tuncer M, Tucker KJ, Jaberzadeh S, Türker KS. Standardization of H-reflex analyses. *J Neurosci* 2007; 162: 1-7.
155. Hosoido T, Motoyama S, Goto M, Mori F, Tajima T, Hirata H, Wada N. Characteristics of H- and M-waves recorded from rat forelimbs. *Neurosci Lett* 2009; 450: 239-241.
156. Iles JF, Roberts RC. Inhibition of monosynaptic reflexes in the human lower limb. *J Physiol* 1987; 385: 69-87.
157. Oh SJ. *Clinical electromyography: nerve conduction studies*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott&Williams, 2003
158. Burke D, Adams RW, Skuse NF. The effects of voluntary contraction on the H reflex of human limb muscles. *Brain* 1989; 112: 417-433.
159. Estañol B, Sánchez-Munguia S, Corona Marco V, Elias Y, Téllez-Zenteno JF, García-Ramos G. Effect of the graded muscle contraction on the H reflex and long latency reflexes of the thenar and hypothenar muscles to a fixed threshold stimulus. *Neurologia* 2003; 18: 303-309.
160. Ellrich J, Steffens H, Treede RD, Schomburg ED. The Hoffmann reflex of human plantar foot muscles. *Muscle Nerve* 1998; 21: 732-738.
161. Miller TA, Pardo R, Yaworski R. Clinical utility of reflex studies in assessing cervical radiculopathy. *Muscle Nerve* 1999; 22: 1075-1079.
162. Kimura J, Daube J, Burke D, Hallett M, Cruccu G, Ongerboer de Visser BW, Yanagisawa N, Shimamura M, Rothwell J. Human reflexes and late responses. Report of an IFCN committee. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 90: 393-403
163. Stowe AM, Hughes-Zahner L, Stylianou AP, Schindler-Ivens S, Quaney BM. Between-day reliability of upper extremity H-reflexes. *J Neurosci Methods* 2008; 170: 317-323.

164. Bonnet M, Decety J, Jeannerod M, Requin J. Mental simulation of an action modulates the excitability of spinal reflex pathways in man. *Brain Res Cogn Brain Res* 1997; 5: 221-228.
165. Gandevia SC, Wilson LR, Inglis JT, Burke D. Mental rehearsal of motor tasks recruits alpha-motoneurons but fails to recruit human fusimotor neurons selectively. *J Physiol* 1997; 505: 259-266.
166. Bathien N, Morin C. Comparing variations of spinal reflexes during intensive and selective attention. *Physiol Behav* 1972; 9: 533-538.
167. Van Boxtel A. The relation between monosynaptic spinal reflex amplitudes and some EEG alpha activity parameters. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1976; 40: 297-305.
168. Van Boxtel A. Monosynaptic spinal reflexes elicited at various phases of the EEG alpha cycle. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1979; 47: 108-11.
169. Gollhofer A, Schöpp A, Rapp W, Stroinik V. Changes in reflex excitability following isometric contraction in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998; 77: 89-97
170. Motl RW, Dishman RK. Acute leg-cycling exercise attenuates the H-reflex recorded in soleus but not flexor carpi radialis. *Muscle Nerve* 2003; 28: 609-614.
171. Wolpaw JR, Tennissen AM. Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease. *Annu Rev Neurosci* 2001; 24: 807-843.
172. Zehr EP, Collins DF, Frigon A, Hoogenboom N. Neural control of rhythmic human arm movement: phase dependence and task modulation of hoffmann reflexes in forearm muscles. *J Neurophysiol*. 2003; 89: 12-21.
173. Bulbulian R, Darabos BL. Motor neuron excitability: the Hoffmann reflex following exercise of low and high intensity. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18: 697-702.
174. Motl RW, Dishman RK. Effects of acute exercise on the soleus H-reflex and self-reported anxiety after caffeine ingestion. *Physiol Behav* 2004; 80: 577-585.

175. Crone C, Johnsen LL, Hultborn H, Orsnes GB. Amplitude of the maximum motor response (Mmax) in human muscles typically decreases during the course of an experiment. *Exp Brain Res* 1999; 124: 265-270.
176. Uematsu A, Sekiguchi H, Kobayashi H, Hortoba T, Suzuki S. Contraction history produces task-specific variation in spinal excitability in healthy human soleus muscle. *Muscle Nerve* 2011; 43: 851–858
177. Bussel B, Morin C, Pierrot-Deseilligny E. Mechanism of monosynaptic reflex reinforcement during Jendrassik manoeuvre in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978; 41: 40-44.
178. Dowman R, Wolpaw JR. Jendrassik maneuver facilitates soleus H-reflex without change in average soleus motoneuron pool membrane potential. *Exp Neurol* 1988; 101: 288-302.
179. Zehr EP, Stein RB. Interaction of the Jendrassik maneuver with segmental presynaptic inhibition. *Exp Brain Res* 1999; 124: 474-480
180. Knikou M, Rymer ZW. Hip angle induced modulation of H reflex amplitude, latency and duration in spinal cord injured humans. *Clinical Neurophysiology* 2002; 113: 1698-1708
181. Sugawara K, Kasai T. Facilitation of motor evoked potentials and H-reflexes of flexor carpi radialis muscle induced by voluntary teeth clenching. *Hum Mov Sci* 2002; 21: 203-212.
182. Jabre JF. Surface recording of the H-reflex of the flexor carpi radialis. *Muscle Nerve*. 1981; 4: 435-438.
183. Ali AA, Sabbahi MA. H-reflex changes under spinal loading and unloading conditions in normal subjects. *Clin Neurophysiol* 2000; 111: 664-670.
184. Alrowayeh HN, Sabbahi MA, Etnyre B. Flexor carpi radialis H-reflex modulation during spinal loading and unloading with varied forearm postures. *J Clin Neurophysiol* 2010; 27: 116-119.

185. Huang CR, Chang WN, Chang HW, Tsai NW, Lu CH. Effects of age, gender, height, and weight on late responses and nerve conduction study parameters. *Acta Neurol* 2009; 18: 242-249.
186. Wu ZA, Chu FL. H reflex and F response- A study of 50 normal adults. *Chin Med J* 1982; 29: 271-277.
187. Buschbacher, Ralph M. Normal Range for H-Reflex Recording From the Calf Muscles. *American Journal of Phy Med Reh* 1999; 78: 75-79
188. Falco FJ, Hennessey WJ, Goldberg G, Braddom RL. H reflex latency in the healthy elderly. *Muscle Nerve*. 1994; 17: 161-167.
189. Schimsheimer RJ, de Visser BW, Kemp B. The flexor carpi radialis H-reflex in lesions of the sixth and seventh cervical nerve roots. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1985; 48: 445-449.
190. Ongerboer de Visser BW, Schimsheimer RJ, Hart AA. The H-reflex of the flexor carpi radialis muscle; a study in controls and radiation-induced brachial plexus lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1984; 47: 1098-1101.
191. Schimsheimer RJ, Ongerboer de Visser BW, Kemp B, Bour LJ. The flexor carpi radialis H-reflex in polyneuropathy: relations to conduction velocities of the median nerve and the soleus H-reflex latency. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987; 50: 447-552.
192. Nishida T, Kompoliti A, Janssen I, Levin KF. H reflex in S-1 radiculopathy: latency versus amplitude controversy revisited. *Muscle Nerve* 1996; 19: 915-917.
193. Dewhurst S, Riches PE, Nimmo MA, De Vito G. Temperature dependence of soleus H-reflex and M wave in young and older women. *Eur J Appl Physiol* 2005; 94: 491-499.
194. Braddom RL, Johnson EW. H reflex: review and classification with suggested clinical uses. *Arch Phys Med Rehabil* 1974; 55: 412-417.
195. Grosset JF, Mora I, Lambertz D, Pe´rot C. Changes in stretch reflexes and muscle stiffness with age in prepubescent children. *J Appl Physiol* 2007; 102: 2352–2360

196. Bruggencate G, Lundberg A. Facilitatory interaction in transmission to motoneurons from vestibulospinal fibres and contralateral primary afferents. *Exp Brain Res* 1974; 19: 248-270.
197. Jaberzadeh S, Scutter S, Warden-Flood A, Nazeran H. Between-days reliability of H reflexes in flexor carpi radialis. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1168-1173.
198. Bischoff C. Neurography: late responses. *Muscle Nerve* 2002; 11: 59-65.
199. Fisher MA. Electrophysiology of radiculopathies. *Clin Neurophysiol* 2002; 113: 317-335.
200. Jaberzadeh S, Scutter S. Flexor carpi radialis motoneuron pool in subjects with chronic carpal tunnel syndrome are more excitable than matched control subjects. *Man Ther* 2006; 11: 22-27.
201. Funase K, Imanaka K, Nishihira Y. Excitability of the soleus motoneuron pool revealed by the developmental slope of the H-reflex as reflex gain. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1994; 34: 477-489.
202. Funase K, Imanaka K, Nishihira Y, Araki H Threshold of the soleus muscle H-reflex is less sensitive to the change in excitability of the motoneuron pool during plantarflexion or dorsiflexion in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 69: 21-35.
203. Lamy J, Wargon I, Mazevet D, Ghanim Z, Pradat-Diehl P, Katz R. Impaired efficacy of spinal presynaptic mechanisms in spastic stroke patients *Brain* 2009; 132: 734–748
204. Hwang S, Jeon HS, Kwon OY, Yi CH. The effects of body weight on the soleus H-reflex modulation during standing. *J Electromyogr Kinesiol* 2011; 21: 445-449.
205. Capaday C, Stein RB. Amplitude modulation of the soleus H-reflex in the human during walking and standing. *J Neurosci* 1986; 6: 1308-1313.
206. Simonsen EB, Dyhre-Poulsen P. Amplitude of the human soleus H reflex during walking and running. *J Physiol* 1999; 515: 929-939.

207. Cheng Y, Decety J, Lin C, Hsieh J, Hung D, Tzeng OJL. Sex differences in spinal excitability during observation of bipedal locomotion. *NeuroReport* 2007; 18: 887-890
208. Mynark RG, Koceja DM. Comparison of soleus H-reflex gain from prone to standing in dancers and controls. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997; 105: 135-140.
209. Casabona A, Polizzi MC, Perciavalle V. Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 61: 26-32.
210. Nielsen J, Crone C, Hultborn H. H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993; 66: 116-121.
211. Christie AD, Inglis JG, Boucher JP, Gabriel DA. Reliability of the FCR H-reflex. *J Clin Neurophysiol* 2005; 22: 204-209
212. Miller TA, Newall AR, Jackson DA. H-reflexes in the upper extremity and the effects of voluntary contraction. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1995; 35: 121-128.
213. Baldissera F, Bellani G, Cavallari P, Lalli S. Changes in the excitability of the H-reflex in wrist flexors related to the prone or supine position of the forearm in man. *Neurosci Lett* 2000; 295: 105-108.
214. Chen FF, Lo SF, Meng NH, Lin CL, Chou LW. Effects of wrist position and contraction on wrist flexors H-reflex, and its functional implications. *J Electromyogr Kinesiol* 2006; 16: 440-447
215. Coxon JP, Stinear JW, Byblow WD. Amplitude of muscle stretch modulates corticomotor gain during passive movement. *Brain Res* 2005; 1031: 109-117.
216. Sabbahi M, Abdulwahab S. Cervical root compression monitoring by flexor carpi radialis H-reflex in healthy subjects. *Spine* 1999; 24: 137-141.
217. Funase K, Miles TS. Observations on the variability of the H reflex in human soleus. *Muscle Nerve* 1999; 22(3): 341-446.

218. Stein RB, Thompson AK. Muscle reflexes in motion: how, what, and why? *Exerc Sport Sci Rev* 2006; 34: 145-153.
219. Marchand-Pauvert V, Nicolas G, Burke D, Pierrot-Deseilligny E. Suppression of the H reflex in humans by disynaptic autogenetic inhibitory pathways activated by the test volley *J Physiol.* 2002; 542: 963-976.
220. Burke D, Gracies JM, Meunier S, Pierrot-Deseilligny E. Changes in presynaptic inhibition of afferents to propriospinal-like neurones in man during voluntary contractions. *J Physiol* 1992; 449: 673-687.
221. Stein RB, Estabrooks KL, McGie S, Roth MJ, Jones KE. Quantifying the effects of voluntary contraction and inter-stimulus interval on the human soleus H-reflex. *Exp Brain Res* 2007; 182: 309-319.
222. Funase K, Miles TS, Gooden BR. Trial-to-trial fluctuations in H-reflexes and motor evoked potentials in human wrist flexor. *Neurosci Lett* 1999; 271: 25-28.
223. Lamy J, Russmann H, Shamim E.A, Meunier S, Hallett M. Paired Associative Stimulation Induces Change in Presynaptic Inhibition of Ia Terminals in Wrist Flexors in Humans. *J Neurophysiol* 2010; 104: 755–764
224. Tan U. The H-reflex recovery curve from the wrist flexors: lateralization of motoneuronal excitability in relation to handedness in normal subjects. *Int J Neurosci* 1989; 48: 271-284.
225. Boxer PA, Morales FR, Chase MH. Alterations of group Ia-motoneuron monosynaptic EPSPs in aged cats. *Exp Neurol* 1988; 100: 583-595.
226. Kido A, Tanaka N, Stein RB. Spinal excitation and inhibition decrease as humans age. *Can J Physiol Pharmacol* 2004; 82: 238-248.
227. Kawashima N, Nakazawa K, Yamamoto SI, Nozaki D, Akai M, Yano H. Stretch reflex excitability of the anti-gravity ankle extensor muscle in elderly humans. *Acta Physiol Scand* 2004; 180: 99-105.

228. Sabbahi MA, Sedgwick EM. Age-related changes in monosynaptic reflex excitability. *J Gerontol* 1982; 37: 24-32.
229. Smith AE, Sale MV, Higgins RD, Wittert GA, Pitcher JB. Male human motor cortex stimulus-response characteristics are not altered by aging. *J Appl Physiol* 2011; 110: 206-212.
230. Morita H, Shindo M, Yanagawa S, Yoshida T, Momoi H, Yanagisawa N. Progressive decrease in heteronymous monosynaptic Ia facilitation with human ageing. *Exp Brain Res* 1995; 104: 167-170.
231. Earles D, Vardaxis V, Koceja D. Regulation of motor output between young and elderly subjects. *Clin Neurophysiol* 2001; 112: 1273-1279.
232. Chalmers GR, Knutzen KM. Soleus H-reflex gain in healthy elderly and young adults when lying, standing, and balancing. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002; 57: 321-329.
233. Tazoe T, Kida T, Wasaka T, Sakamoto M, Nakajima T, Nishihira Y, Komiyama T. Attenuation of the effect of remote muscle contraction on the soleus H-reflex during plantar flexion. *Clin Neurophysiol* 2005; 116: 1362-1369.
234. Eliaspour D, Sanati E, Hedayati Moqadam MR, Rayegani SM, Bahrami MH. Utility of flexor carpi radialis h-reflex in diagnosis of cervical radiculopathy. *J Clin Neurophysiol* 2009; 26: 458-460.
235. Jankus WR, Robinson LR, Little JW. Normal limits of side-to-side H-reflex amplitude variability. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 3-7.
236. Han TR, Kim JH, Paik NJ. A study on new diagnostic criteria of H reflex. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1997; 37: 241-250.
237. Velázquez-Pérez L, Sánchez-Cruz G, Pérez-González RM. Neurophysiological diagnosis of lumbosacral radicular compression syndrome from late responses. *Rev Neurol* 2002; 34: 819-823.

238. Kuruoglu HR, Oh SJ. Tendon-reflex testing in chronic demyelinating polyneuropathy. *Muscle Nerve* 1994; 17: 145-150.
239. Albertí MA, Alentorn A, Martínez-Yelamos S, Martínez-Matos JA, Povedano M, Montero J, Casasnovas C. Very early electrodiagnostic findings in Guillain-Barré syndrome. *J Peripher Nerv Syst* 2011; 16: 136-142.
240. Gordon PH, Wilbourn AJ. Early electrodiagnostic findings in Guillain-Barré syndrome. *Arch Neurol* 2001; 58: 913-917.
241. Duda H, Daprés G, Georgesco M. Motor conduction velocity and the Hoffman reflex in diabetes. *Rev Electroencephalogr Neurophysiol Clin* 1977; 7: 180-186.
242. Trujillo-Hernández B, Huerta M, Trujillo X, Vásquez C, Pérez-Vargas D, Millán-Guerrero RO. F-wave and H-reflex alterations in recently diagnosed diabetic patients. *J Clin Neurosci* 2005; 12: 763-766.
243. Nardone A, Schieppati M. Group II spindle fibres and afferent control of stance. Clues from diabetic neuropathy. *Clin Neurophysiol* 2004; 115: 779-789.
244. Mazzini L, Balzarini C, Gareri F, Brigatti M. H-reflex changes in the course of amyotrophic lateral sclerosis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997; 104: 411-417.
245. Mazzini L, Balzarini C. An overview of H-reflex studies in amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler Other Motor Neuron Disord* 2000; 1: 313-318.
246. Mills KR. Motor neuron disease. Studies of the corticospinal excitation of single motor neurons by magnetic brain stimulation. *Brain* 1995; 118: 971-982.
247. Raynor EM, Shefner JM. Recurrent inhibition is decreased in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Neurology* 1994; 44: 2148-2153.
248. Mazzocchio R, Rossi A. Role of Renshaw cells in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve* 2010; 41: 441-443.

249. Drory VE, Kovach I, Groozman GB Electrophysiologic evaluation of upper motor neuron involvement in amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler Other Motor Neuron Disord* 2001; 2: 147-152.
250. Tsai CH, Chen RS, Lu CS. Reciprocal inhibition in Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand* 1997; 95: 13-18.
251. Lelli S, Panizza M, Hallett M. Spinal cord inhibitory mechanisms in Parkinson's disease. *Neurology* 1991; 41: 553-556.
252. Hiraoka K, Matsuo Y, Abe K. Soleus H-reflex inhibition during gait initiation in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2005; 20: 858-864.
253. Meunier S, Pol S, Houeto JL, Vidailhet M. Abnormal reciprocal inhibition between antagonist muscles in Parkinson's disease. *Brain* 2000; 123: 1017-1026.
254. Nakashima K, Shimoyama R, Yokoyama Y, Takahashi K. Reciprocal inhibition between the forearm muscles in patients with Parkinson's disease. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1994; 34: 67-72.
255. Hayashi R, Tokuda T, Tako K, Yanagisawa N. Impaired modulation of tonic muscle activities and H-reflexes in the soleus muscle during standing in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 1997; 153: 61-67.
256. Yıldız N, Turkoglu SA, Yıldız SK, Altunrende B. Presynaptic Inhibition and Disynaptic Reciprocal Ia Inhibition in Parkinson's Disease, The Effect of The Dopaminergic Treatment. *J Neurol Sci* 2010; 24: 292-301
257. Sabbahi M, Etnyre B, Al-Jawayed I, Jankovic J. H-reflex recovery curves differentiate essential tremor, Parkinson's disease, and the combination of essential tremor and Parkinson's disease. *J Clin Neurophysiol* 2002; 19: 245-518.

258. Jackson A, Crossman AR. Nucleus tegmenti pedunculopontinus: efferent connections with special reference to the basal ganglia, studied in the rat by anterograde and retrograde transport of horseradish peroxidase. *Neurosci* 1983; 10: 725-765.
259. Hammond C, Rouzaire-Dubois B, Féger J, Jackson A, Crossman AR. Anatomical and electrophysiological studies on the reciprocal projections between the subthalamic nucleus and nucleus tegmenti pedunculopontinus in the rat. *Neurosci* 1983; 9: 41-52.
260. Albanese A: The clinical expression of primary dystonia. *J Neurol* 2003; 250: 1145-1151.
261. Hallett M. Neurophysiology of dystonia: The role of inhibition. *Neurobiol Dis* 2011; 42: 177-184.
262. Nakashima K, Rothwell JC, Day BC, Thompson PD, Shannon K. Reciprocal inhibition between forearm muscles with writer's cramp and other occupational cramps, symptomatic hemidystonia and hemiparesis due to stroke. *Brain* 1998; 121: 681-697.
263. Panizza M, Balbi P, Russo G, Nilsson J. H-reflex recovery curve and reciprocal inhibition of H-reflex of the upper limbs in patients with spasticity secondary to stroke. *Am J Phys Med Rehabil* 1995; 74: 357-363.
264. Tisch S, Limousin P, Rothwell JC, Asselman P, Zrinzo L, Jahanshahi M, Bhatia KP, Hariz MI. Changes in forearm reciprocal inhibition following pallidal stimulation for dystonia. *Neurology* 2006; 66: 1091-1093.
265. Panizza M, Lelli S, Nilsson J, Hallett M. H-reflex recovery curve and reciprocal inhibition of H-reflex in different kinds of dystonia. *Neurology* 1990 40: 824-828.
266. Huang YZ, Edwards MJ, Bhatia KP, Rothwell JC. One-Hz repetitive transcranial magnetic stimulation of the premotor cortex alters reciprocal inhibition in DYT1 dystonia. *Mov Disord* 2004; 19: 54-59.

267. Abbuzzese M, Minatel C, Faga D, Favale E. Testing for presynaptic and postsynaptic changes in the soleus H reflex pathway following selective muscle vibration in humans. *Neurosci Lett* 1997; 231: 99-102
268. Childers MK, Biswas SS, Petroski G, Merveille O. Inhibitory casting decreases a vibratory inhibition index of the H-reflex in the spastic upper limb. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 714-716.
269. Koelman JH, Speelman JD, Hilgevoord AA, Bour LJ, Ongerboer de Visser BW. Dopa-responsive dystonia and normalization of soleus H-reflex test results with treatment. *Neurology* 1995; 45: 281-285.
270. Grünewald RA, Yoneda Y, Shipman JM, Sagar HJ. Idiopathic focal dystonia: a disorder of muscle spindle afferent processing? *Brain* 1997; 120 : 2179-2185.
271. Dietz V, Sinkjaer T. Spastic movement disorders: impaired reflex function and altered muscle mechanics. *Lancet Neurol* 2007; 6: 725-733
272. Delwaide PJ, Oliver E. Short-latency autogenic inhibition (IB inhibition) in human spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 51: 1546-1550.
273. Crone C, Nielsen J, Petersen N, Ballegaard M, Hultborn H. Disynaptic reciprocal inhibition of ankle extensors in spastic patients. *Brain* 1994; 117: 1161-1168.
274. Koelman JH, Bour LJ, Hilgevoord AA, van Bruggen GJ, Ongerboer de Visser BW. Soleus H-reflex tests and clinical signs of the upper motor neuron syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1993; 56: 776-781.
275. Pizzi A, Carlucci G, Falsini C, Verdesca S, Grippo A. Evaluation of upper-limb spasticity after stroke: A clinical and neurophysiologic study. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 410-415.
276. Hoving MA, van Kranen-Mastenbroek VH, van Raak EP, Spincemaille GH, Hardy EL, Vles JS; Dutch Study Group On Child Spasticity. Placebo controlled utility and feasibility

study of the H-reflex and flexor reflex in spastic children treated with intrathecal baclofen. Clin Neurophysiol 2006; 17: 1508-1517.

8. ÖZET

Laboratuvarımızda normal değerlerin saptanması amacıyla fleksör karpi radyalis kasından elde edilen H-refleks parametreleri incelendi.

Elektrofizyolojik incelemesi normal olan bireylerin dosyaları taranarak, istirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleks latansı, iletim hızı, maksimum amplitüdü, sağ-sol H refleks latans farkı, H-M interlatansı, Hmaks/Mmaks oranı, sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı ve bu parametrelerin fizyolojik etkenlerle ilişkisi incelendi.

Çalışmamızda H-refleksi istirahat sırasında bireylerin büyük bir çoğunluğunda (% 63,7) elde edilemezken fasilitasyon sırasında ise hemen hemen tüm bireylerde (% 95) elde edildi. H-refleks maksimum amplitüdü, Hmaks/Mmaks oranı, sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranı fasilitasyon sırasında istirahate göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha büyüktü ($p<0,05$). Ayrıca fasilitasyon sırasında sağ kolda H-refleks maksimum amplitüdü sol kola göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha büyüktü ($p<0,05$). Kadın ve erkekler arasında istirahat ve fasilitasyon sırasında H-refleks parametre değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede farklar mevcuttu. Hem istirahat hem de fasilitasyon sırasında her iki kolda H-refleks latansı, H-M interlatansı erkeklerde kadınlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha uzundu. Ayrıca fasilitasyon sırasında her iki kolda M-yanıtı maksimum amplitüdüleri de erkeklerde daha büyüktü ($p<0,05$). İstirahat sırasında da her iki kolda M-yanıtı maksimum amplitüdüleri erkeklerde daha büyüktü fakat sadece sol tarafta istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0,05$). Fasilitasyon sırasında her iki kolda H-refleks maksimum amplitüdüleri ve Hmaks/Mmaks oranları kadınlarda erkeklere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha büyüktü ($p<0,05$). Çoklu regresyon analizinde H-refleks latansının hem istirahat hemde fasilitasyon sırasında kol uzunluğu ve yaş ile anlamlı derecede bir pozitif korelasyon gösterdiği saptandı. Fasilitasyon sırasında sağ-sol H-refleks latans farkı ile yaş arasında anlamlı derecede ($r=0,256$, $p=0,025$) bir pozitif korelasyon varken istirahat sırasında ise benzer bir durum yoktu. Sağ-sol H-refleks maksimum amplitüd oranları ile yaş arasında fasilitasyon sırasında anlamlı derecede ($r=-0,257$,

P=0,025) bir negatif korelasyon vardı. İstirahat ve fasilitasyon sırasında sağ ve sol H-refleks iletim hızı ile yaş arasında anlamlı derecede bir negatif korelasyon (sağ: $r=-0,506$, $p=0,004$, sol: $r=-0,640$, $p=0,000$) mevcuttu.

Sonuç olarak H-refleks parametrelerinin normal değer aralıklarının saptanması periferik ve santral sinir sistemi hastalıklarının değerlendirilmesinde önemlidir. Ayrıca bu hastalıklar değerlendirilirken uygun yöntem ve H-refleks parametreleri seçilmelidir. H-refleks parametre değerleri fasilitasyon manevralarından etkilenmektedir ve çalışmalarda supraspinal etkiler göz önünde bulundurulmalıdır.

9. SUMMARY

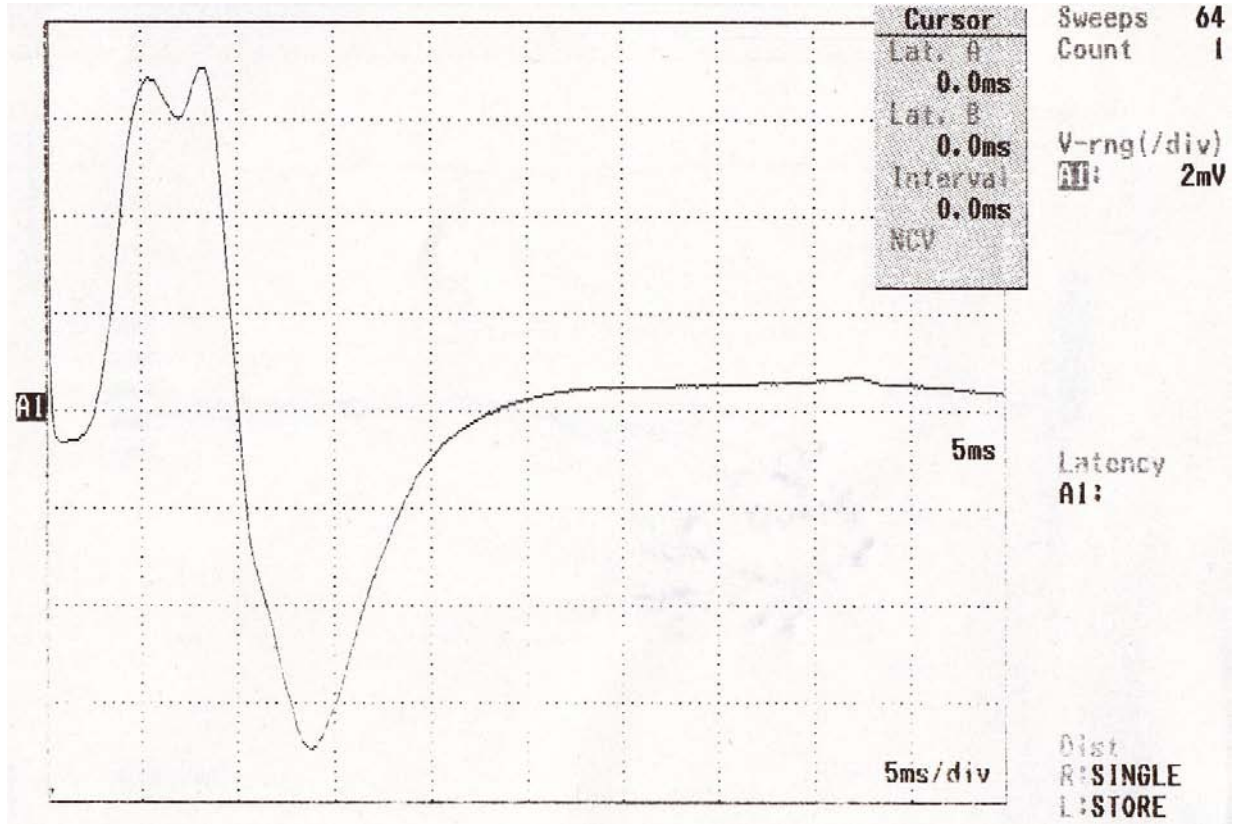
Parameters of the flexor carpi radialis H-reflex were studied with an aim to establish the reference values of our laboratory.

The files of the individuals with normal electrophysiological studies were reviewed to determine the H-reflex latency, conduction velocity, maximum amplitude, right-left H-reflex latency difference, H-M interlatency, Hmax/Mmax ratio, right-left maximum amplitude ratio and their relation with the physiological factors.

Although we were unable to obtain the H-reflex during rest in the majority of the individuals (63.7%), the reflex was present in almost all subjects during the facilitation maneuver (95%). The maximum amplitude, Hmax/Mmax ratio, right-left amplitude ratio of the H-reflex were significantly increased during the facilitation maneuver compared to findings obtained at rest ($p < 0,05$). Additionally, the right sided H-reflex amplitude was found to be significantly augmented compared to the left side ($p < 0,05$) during facilitation. Significant differences were noted in the H-reflex parameters between male and female subjects both during rest and facilitation. H-reflex latency and the H-M interlatency on both sides were significantly prolonged in male subjects compared to females. Moreover, the M-response amplitudes were markedly augmented in males during the facilitation maneuver ($p < 0,05$). At rest the M-response amplitudes on both sides were larger in males, reaching statistical significance only on the left side ($p < 0,05$). During facilitation the H-reflex amplitudes and Hmax/Mmax ratio were significantly increased in female subjects ($p < 0,05$). Multiple regression analysis revealed that the H-reflex latency showed a significant correlation both with arm length and age. While no relation was found between right-left H-reflex latency differences and age at rest, a significant correlation was apparent ($r = 0,256$, $p = 0,025$) on facilitation. The right-left H-reflex amplitude ratio was inversely correlated with age ($r = -0,257$, $P = 0,025$). Similarly the H-reflex conduction velocity on both sides decreased with age (right: $r = -0,506$, $p = 0,004$, left: $r = -0,640$, $p = 0,000$) both during rest and facilitation.

In conclusion it is important to determine the normal reference values for the H-reflex parameters in the assessment of both peripheral and central nervous system disorders. Moreover, in the evaluation of these disorders the most suitable methods and H-reflex parameters should be chosen. H-reflex parameters are affected by the facilitation maneuvers and the supraspinal influences should be taken into account, while performing these tests.

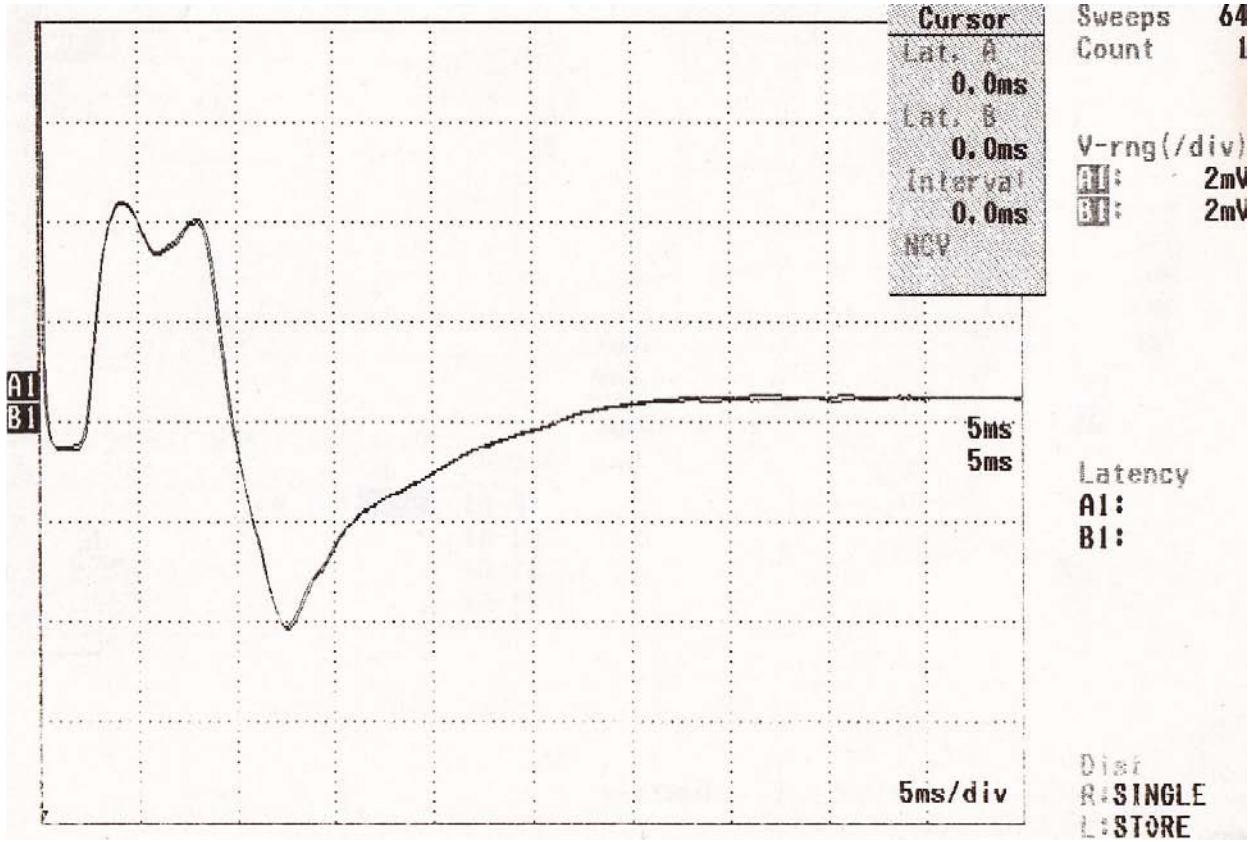
10. EKLER



Ek 1-1. Yukarıdaki şekilde 46 yaşında, erkek bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtı görülmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 2 mV, süpürme 5msn/div

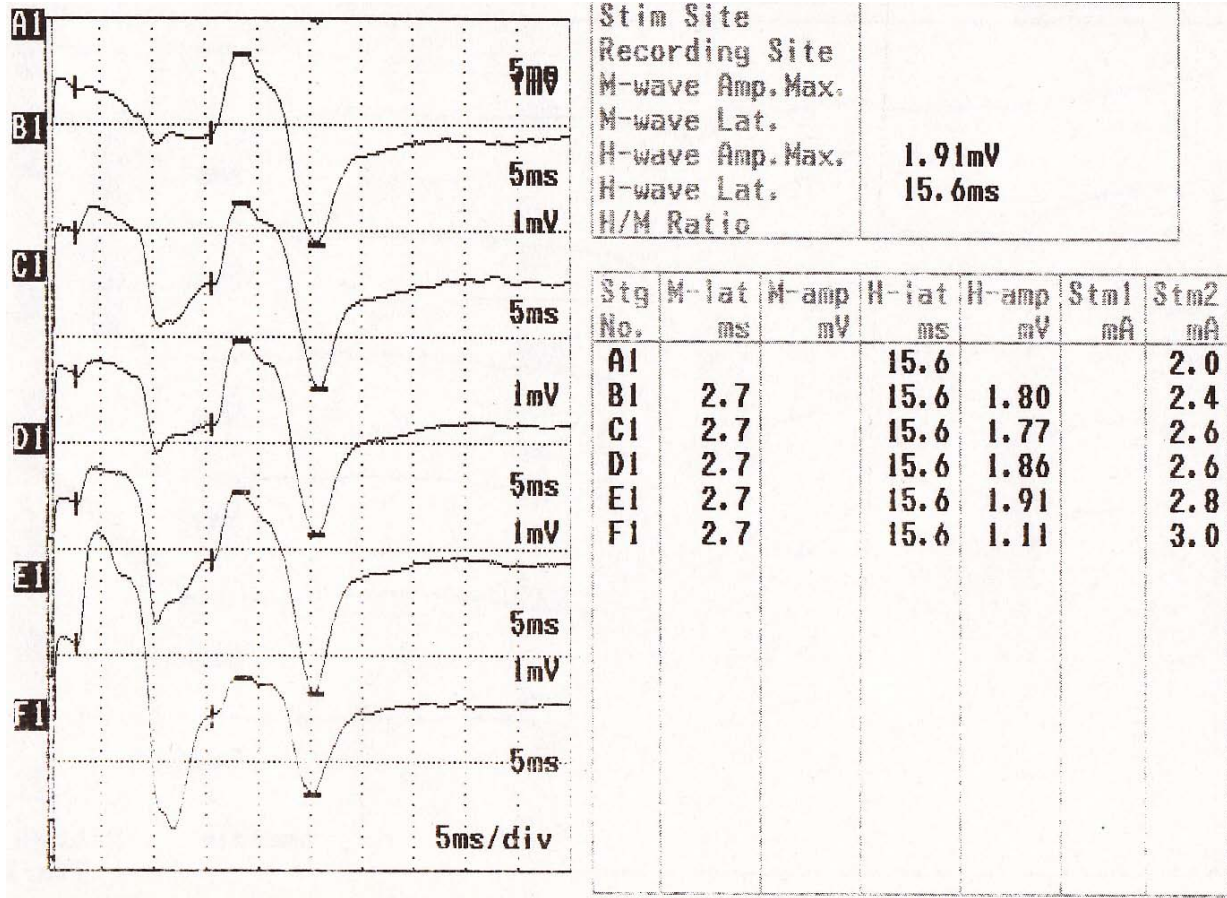
Sağ kol M-yanıtı değerleri: M-yanıtı maksimum amplitüdü 14,1 mV



Ek 2-1. Yukarıdaki şekilde 28 yaşında, erkek bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında supramaksimal uyarım ile elde edilen M yanıtı görülmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 2 mV, süpürme 5msn/div

Sağ kol M yanıtı değerleri: M-yanıtı maksimum amplitüdü 8,57 mV

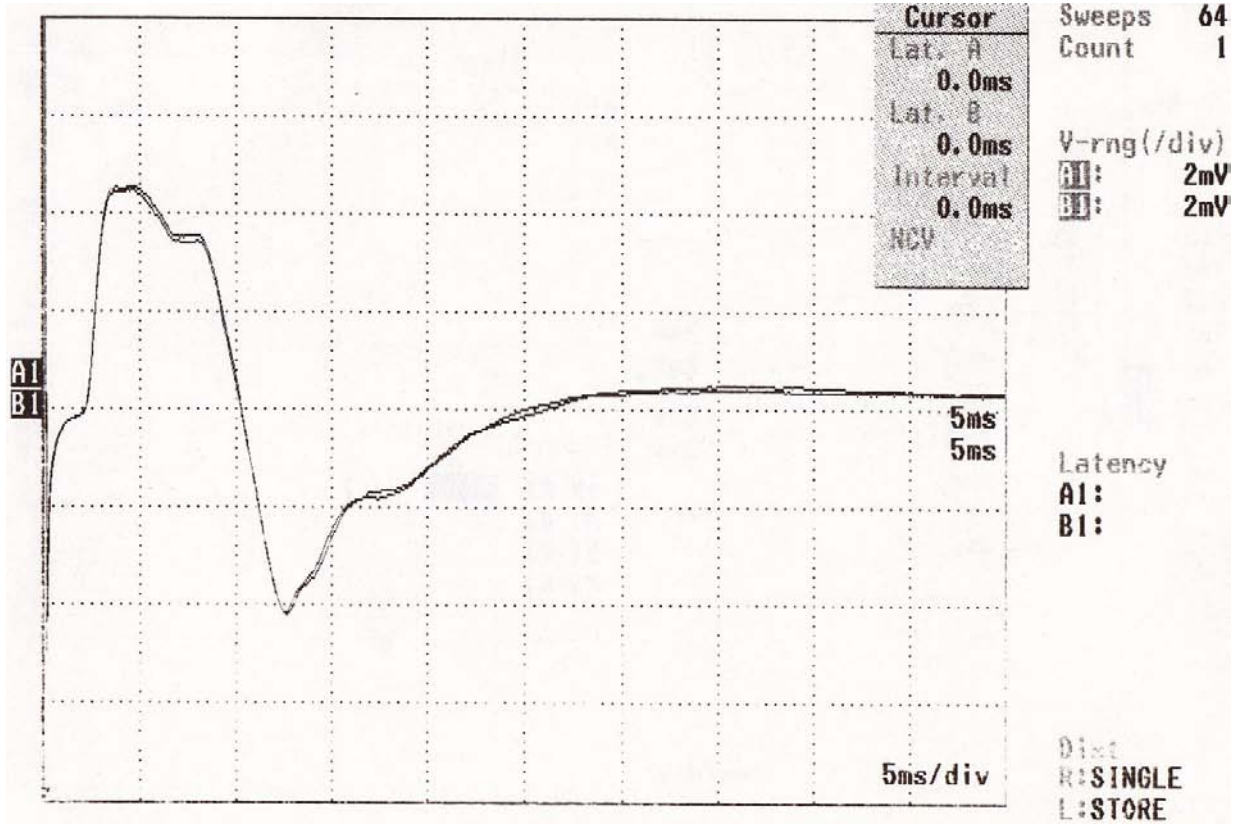


Ek 2-2. Yukarıdaki şekilde 28 yaşında, erkek bireyin fasilitasyon sırasında yapılan sağ kol FKR kası H-refleks çalışması görülmektedir. M-yanıtının latansı ölçülürken stimulus artefaktının minimal olduğu ve supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtının % 9-19' u olan M-yanıtı ortaya çıktığında en büyük H-refleksinin elde edildiği görülmektedir (D1,E1). Tüm H-reflekslerinin izoelektrik hattaki ortak kırılma noktaları H-refleks latansı olarak kabul edilmiştir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

Demografik özellikleri: Yaş 28 yıl, sağ üst kol-omuz uzunluğu 50 cm, boy 185 cm, ağırlık 90 kg, sağ üst ekstremité sıcaklığı 32.7 C°

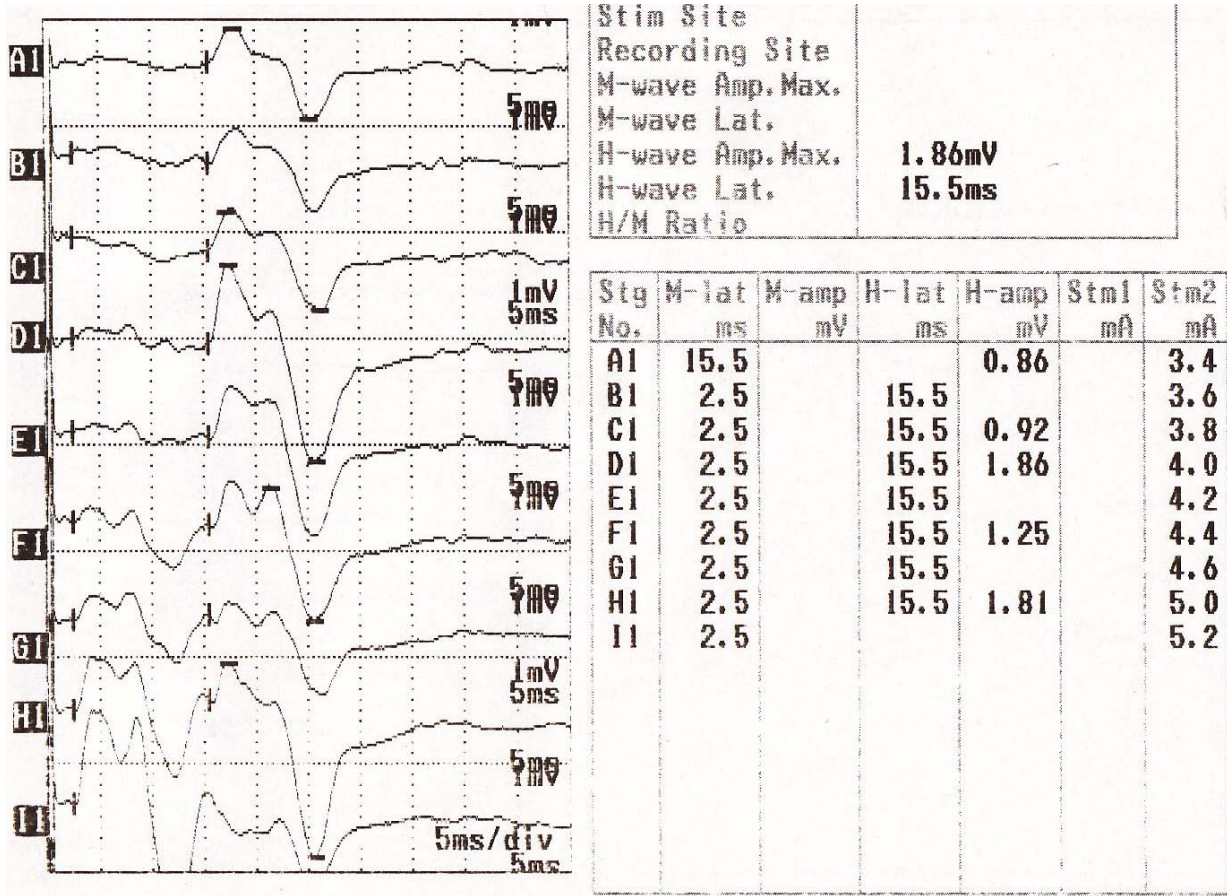
Sağ kol H refleks parametrelerinin değerleri: H refleks latansı 15,6 ms, H refleks maksimum amplitüdü 1,91 mV, H-M interlatansı 12,9 ms, H refleks hızı 84 m/sn, sağ-sol kol arası H refleks latans farkı 0,1 ms, H maks./M maks. oranı 22,6, sağ-sol H maks. oranı 0,978



Ek 2-3. Yukarıdaki şekilde 28 yaşında, erkek bireyin sol kol FKR kası H-refleks çalışmasında supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtı görülmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 2 mV, süpürme 5msn/div

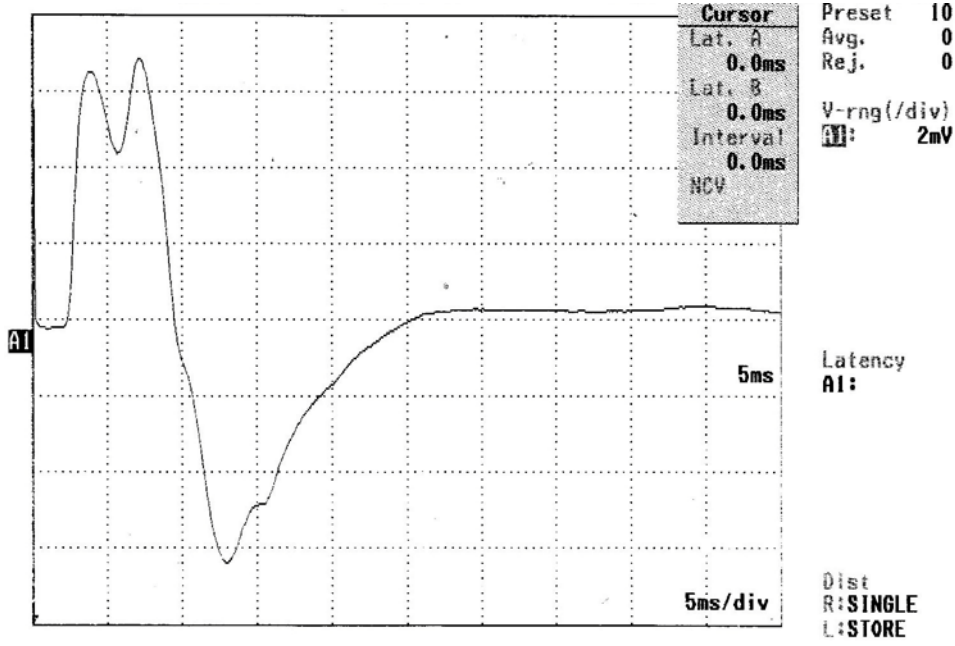
Sol kol M yanıtı değerleri: M-yanıtı maksimum amplitüdü 8,69 mV



Ek 2-4. Yukarıdaki şekilde 28 yaşında, erkek bireyin fasilitasyon sırasında yapılan sol kol FKR kası H-refleks çalışması görülmektedir. M-yanıtının latansı ölçülürken stimulus artefaktının minimal olduğu ve supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtının % 2-13' u olan M-yanıtı ortaya çıktığında en büyük H-reflexi elde edildiği görülmektedir (D1, H1). Tüm H-reflekslerinin izoelektrik hattaki ortak kırılma noktaları H-refleks latansı olarak kabul edilmiştir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

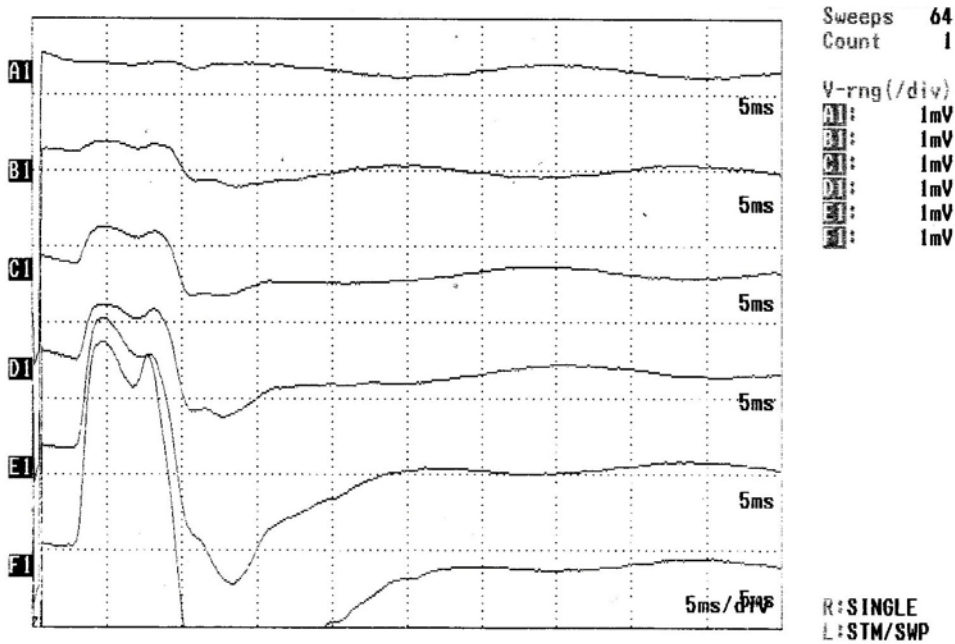
Sol kol H refleks parametrelerinin değerleri: H refleks latansı 15,5 ms, H refleks maksimum amplitüdü 1,86 mV, H-M interlatansı 13 ms, H refleks hızı 83,3 m/sn, sağ-sol kol arası H refleks latans farkı 0,1 ms, H maks./M maks. oranı 21,4, sağ-sol H maks. oranı 0,978



Ek 3-1. Yukarıdaki şekilde 29 yaşında, bayan bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtı görülmektedir.

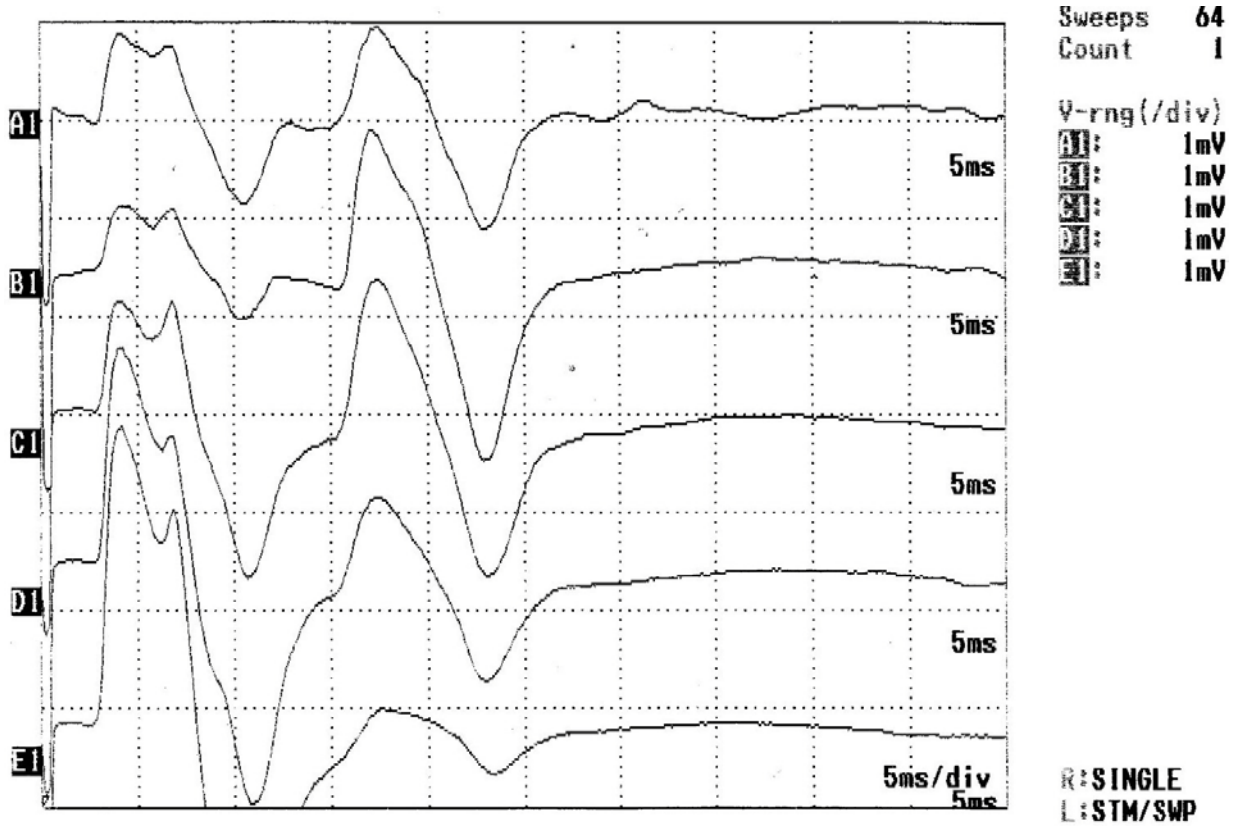
Cihaz ayarları: Hassasiyet 2 mV, süpürme 5msn/div

Sağ kol M yanıtı değerleri: M-yanıtı maksimum amplitüdü 13,2 mV



Ek 3-2. Yukarıdaki şekilde 29 yaşında, bayan bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında istirahat sırasında H-reflexi potansiyelinin elde edilemediği görülmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

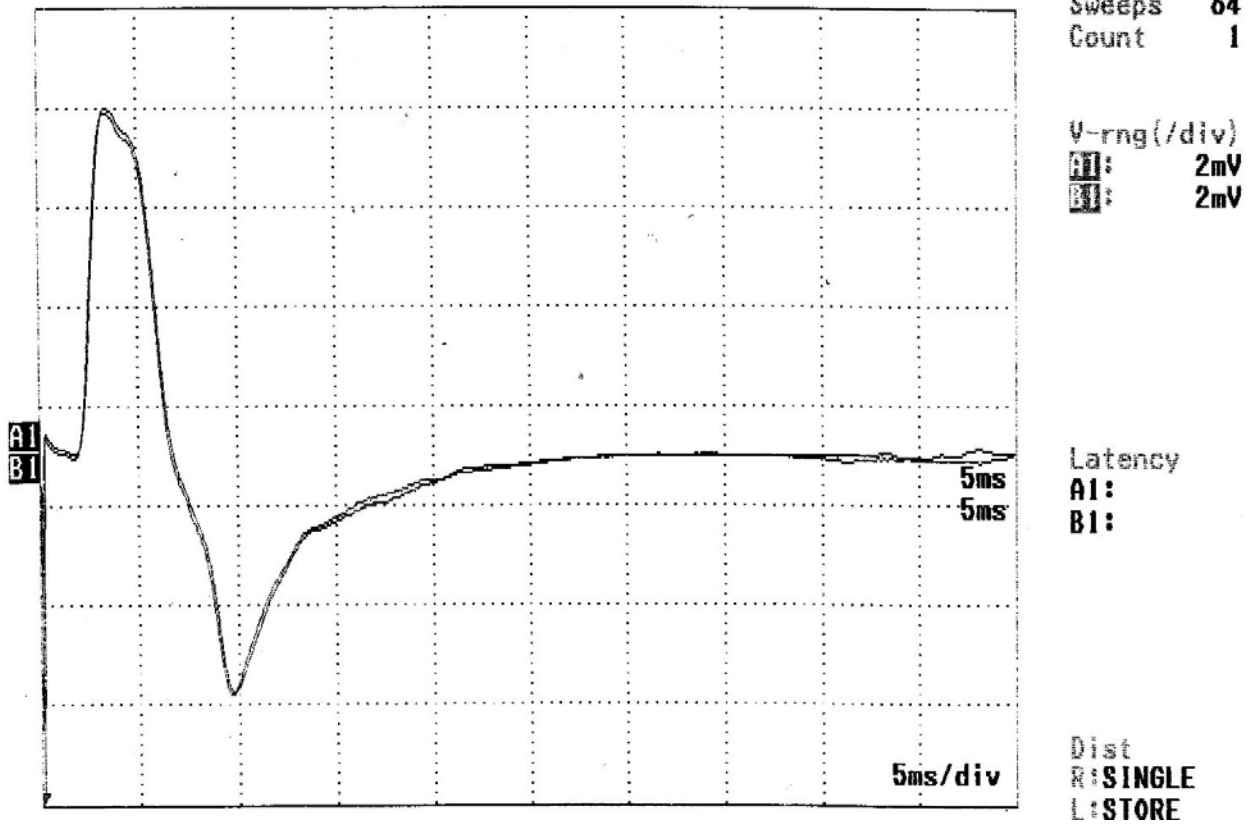


Ek 3-3. Yukarıdaki şekilde 29 yaşında, bayan bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında istirahat sırasında elde edilemeyen potansiyelin fasilitasyon sırasında ise ortaya çıktığı ve stimulus şiddetinin artırılmasıyla birlikte refleks yanıtın kaybolmaya başladığı görülmektedir (A1-E1). Ayrıca bu bireyde supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtının % 8-21'i olan M-yanıtı ortaya çıktığında en büyük H-refleksi elde edilmiştir (B1,C1).

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

Demografik özellikleri: Yaş 29 yıl, üst kol-omuz uzunluğu 42 cm, boy 170 cm, kilo 64 Kg, ekstremitte sıcaklığı 33.0 C°

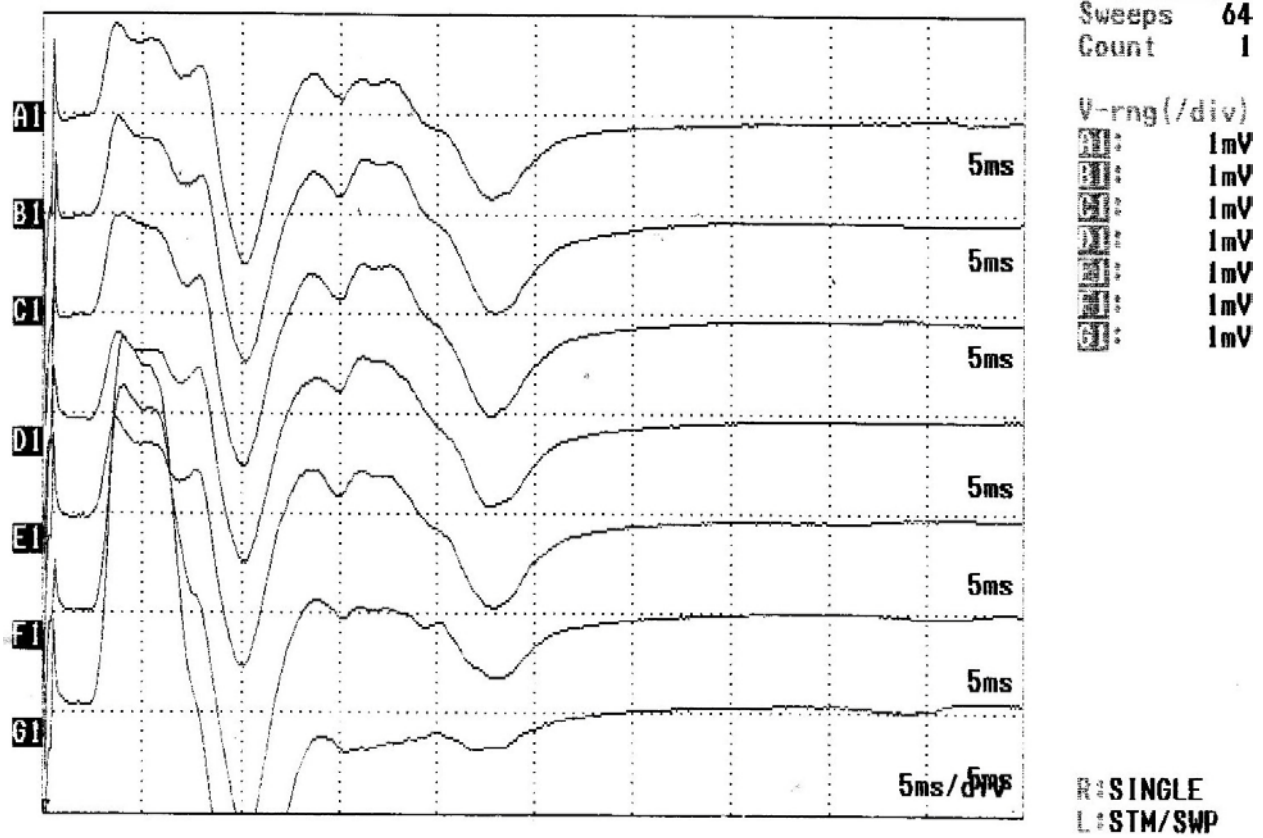
H refleks parametrelerinin değerleri: H refleks latansı 15,1 ms, H refleks maksimum amplitüdü 3,2 mV, H-M interlatansı 12,7 ms, H refleks hızı 71,7 m/sn, sağ-sol kol arası H refleks latans farkı 0,2 ms, H maks./M maks. oranı 24,2, sağ-sol H maks. oranı 0,952



Ek 4-1. Yukarıdaki şekilde 24 yaşında, bayan bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtı görülmektedir.

Cihaz ayarları; Hassaiyet 2 mV , Süpürme 5msn/div

Sağ kol M yanıtı değerleri; M-yanıtı maksimum amplitüdü 11,8 mV

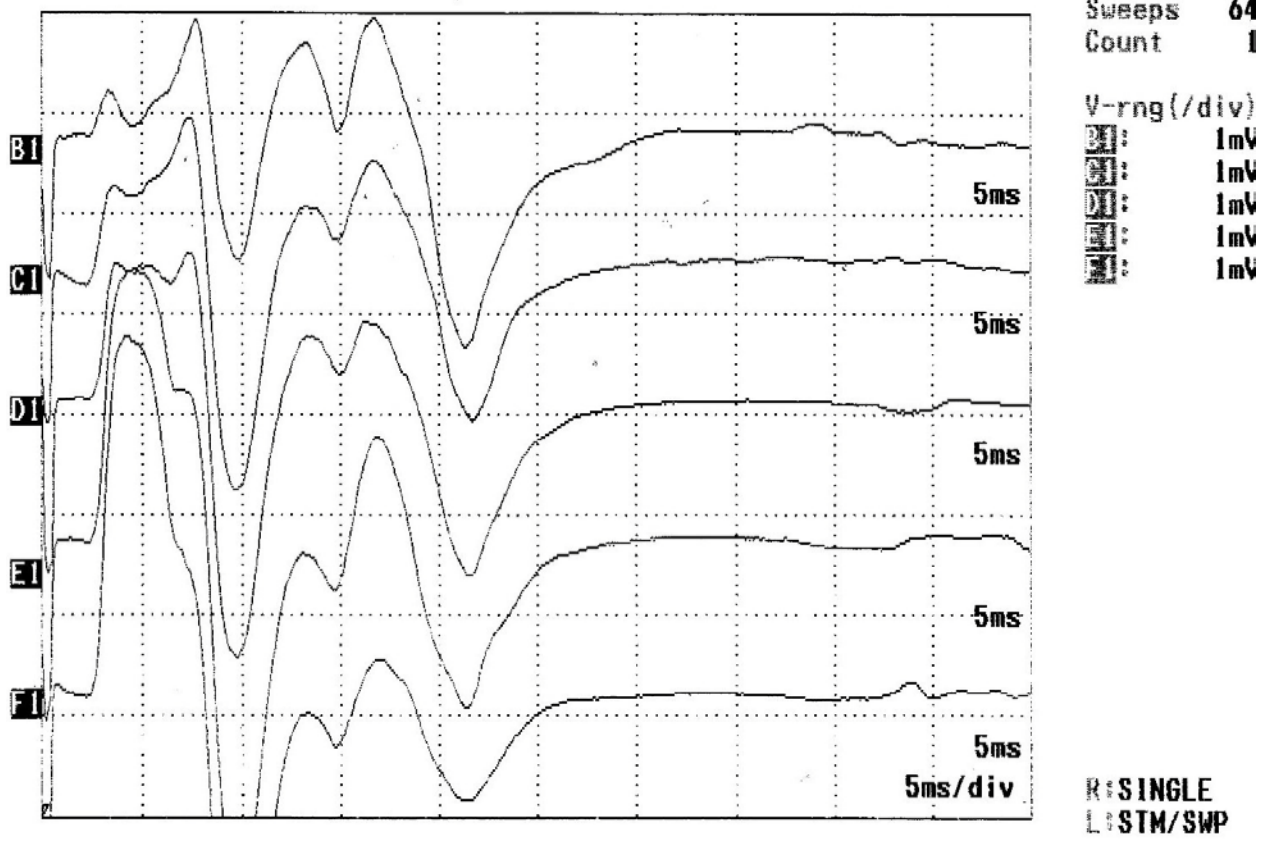


Ek 4-2. Yukarıdaki şekilde 24 yaşında, bayan bireyin istirahat sırasında sağ kol FKR kası H-refleks çalışması görülmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

Demografik özellikleri: Yaş 24 yıl, üst kol-omuz uzunluğu 42 cm, boy 162 cm, kilo 50 Kg, ekstremitte sıcaklığı 32.0 C°

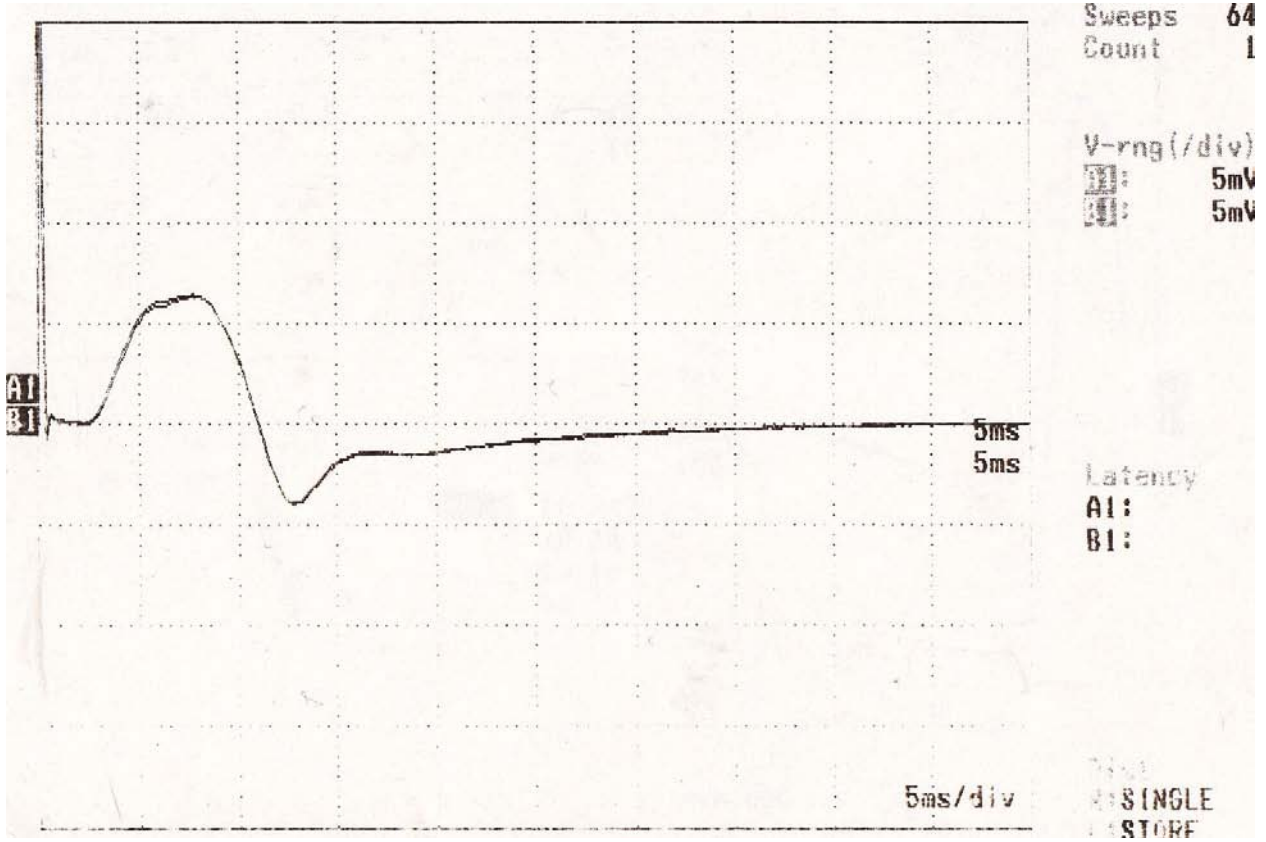
Sağ kol H refleks parametrelerinin değerleri: H refleks latansı 15 ms, H refleks maksimum amplitüdü 1,56 mV, H-M interlatansı 12,9 ms, H refleks hızı 70,5 m/sn, sağ-sol kol arası H refleks latans farkı 0,2 ms, H maks./M maks. oranı 13,2, sağ-sol H maks. oranı 0,918



Ek 4-3. Yukarıdaki şekilde 24 yaşında, bayan bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında istirahate göre fasilitasyon sırasında H-refleks amplitüdünde, H maks./M maks. oranında da belirgin bir artış olduğu fakat latans, interlatans, hız gibi parametrelerde anlamlı bir değişikliğin olmadığı görülmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

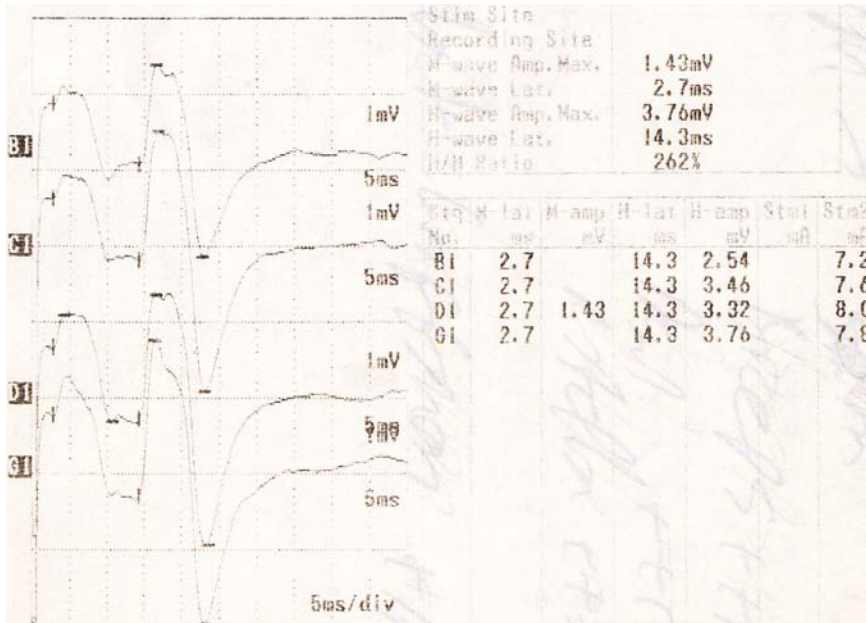
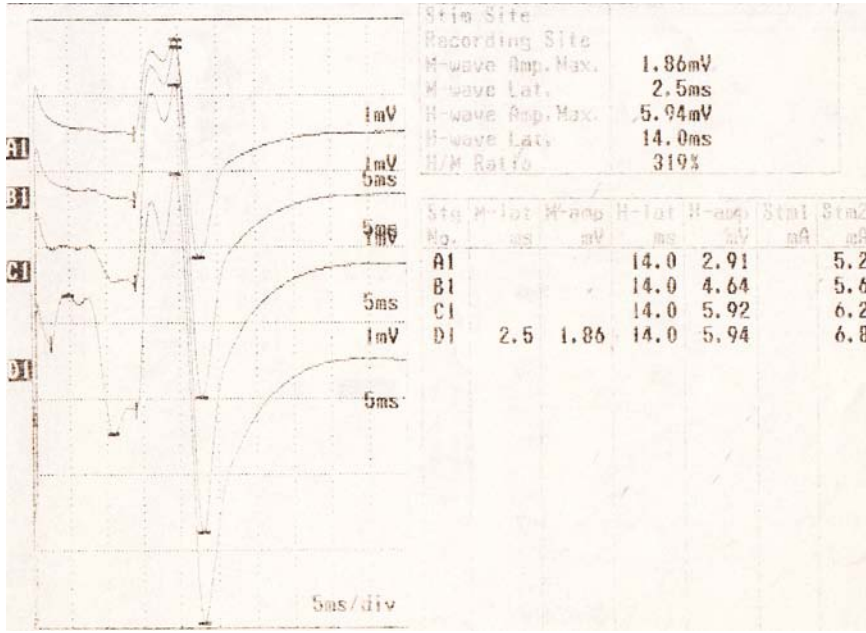
Sağ kol H refleks parametrelerinin değerleri; H refleks latansı 14,9 ms, H refleks maksimum amplitüdü 3,32 mV, H-M interlatansı 12,7 ms, H refleks hızı 71,7 m/sn, sağ-sol kol arası H refleks latans farkı 0,2 ms, H maks./M maks. oranı 28,1, sağ-sol H maks. oranı 0,970



Ek 5-1. Yukarıdaki şekilde duysal Guillain Barre tanısı almış, 58 yaşında, erkek bireyin sağ kol FKR kası H-refleks çalışmasında supramaksimal uyarım ile elde edilen M-yanıtı görülmektedir. 5. gün rutin elektrofizyolojik çalışması normaldir. FKR kası H-refleks çalışmasında M-yanıtı amplitüdünün normal fakat M-yanıtı latansının uzadığı dikkati çekmektedir.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 5 mV, süpürme 5msn/div

Sağ kol M yanıtı değerleri: M-yanıtı maksimum amplitüdü 10,7 mV, M-yanıtı latansı 2,4 msn



Ek 6-1. Yukarıdaki şekilde nörolojik muayenesinde bilateral hoffman bulgusu olan sol üst ve alt ekstremitelerde hiperaktif refleksleri saptanan ve görüntülemeye servikal dar kanal tanısı alan bireyin istirahat sırasındaki FKR kası H-refleks çalışması görülmektedir. H-refleks amplitüdü solda artmıştır (D1). Sağ kol H-refleks parametreleri ise normal sınırlardadır.

Cihaz ayarları: Hassasiyet 1 mV, süpürme 5msn/div

Demografik özellikleri: Yaş 45 yıl, üst kol-omuz uzunluğu 40 cm, boy 160 cm, kilo 67 Kg, ekstremitte sıcaklığı 34,8 C°

Sol kol H refleks parametrelerinin değerleri: H refleks latansı 14 ms, H refleks maksimum amplitüdü 5,94 mV, H-M interlatansı 11,5 ms, H refleks hızı 76,1 m/sn, sağ-sol kol arası H refleks latans farkı 0,3 ms (sol H refleks latansı 14,3 msn), H maks./M maks. oranı 51,2, sağ-sol H maks. oranı 0,632