



**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI
VAN-YL-2010-0001**

**RATLARDA İKİ FARKLI DAYANIKLILIK
EGZERSİZİNİN BAZI ELEKTROFİZYOLOJİK
DEĞİŞKENLER ÜZERİNE ETKİSİ**

Aylin OKAY

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Erkut TURAN**

AYDIN-2010

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Anatomi Anabilim Dalı öğrencisi **Aylin Okay** tarafından hazırlanan Ratlarda iki farklı dayanıklılık egzersizinin bazı elektrofizyolojik değişkenler üzerine etkisi başlıklı tez, 09.08.2010 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

<u>Unvanı, Adı ve Soyadı :</u>	<u>Üniversitesi :</u>	<u>İmzası:</u>
(Başkan).....		
.....		
.....		
.....		

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun Sayılı kararıyla (tarih) tarihinde onaylanmıştır.

Unvanı, Adı Soyadı

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Nöromusküler sistemin performans kapasitesi yapılan günlük fiziksel aktivitenin miktarı ve tipine bağlı olarak anlamlı biçimde artmaktadır. Örnek olarak günlük ve uzun süreli egzersiz yapan vücut geliştiricilerin, sedanter (spor yapmayan) kişilere göre yağ oranı daha az olan vücut kitlesine ve daha büyük oranda güce sahip oldukları görülür. Diğer taraftan birkaç haftalık yatak istirahatinde hareketsiz olarak kalmak zorunda olan bir kişide kas atrofileri ve kas kuvvetinde azalma gözlenmektedir. Bu örnekler fiziksel aktivitenin ve hareketsizliğin nöromusküler sistem üzerinde olan etkilerini kanıtlar niteliktedir. Fiziksel aktivitenin tipine bağlı olarak nöromusküler sistemde bir takım adaptasyon değişiklikleri meydana gelir. Antrenmanla birlikte kas kontraksiyon gücü ve kas kuvvetindeki artış sadece kas morfolojisindeki ve yapısındaki değişimlerin sonucu olmayıp sinir sisteminde oluşan değişikliklerin de sonucudur.

Dayanıklılık antrenmanlarının kuvvet gelişiminde önemli rol oynayan sinir sisteminde bazı değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Sinir sisteminin birçok yapısı devam eden dayanıklılık antrenmanına adaptasyon gösterir. Bu yapılar supraspinal merkezler, bu merkezlerden inen nöral yollar, medulla spinalis içerisinde yer alan merkezler, kas ipliği ve motor sinir arasındaki bağlantıyı sağlayan motor son plak olarak tanımlanmaktadır. Ancak dayanıklılık antrenmanı ile nöroaksis boyunca oluşan adaptasyonun spesifik yerini tanımlayan ender sayıda deneysel çalışmayla karşılaşılmaktadır. Bununla birlikte artan istemli aktivitenin, dentrit restüksiyonuna yol açtığı, proteinlerin aksonal transportunda artışa neden olduğu, nöromusküler iletim dinamiklerinde gelişmeye ve elektrofizyolojik parametrelerde değişikliğe yol açtığı bildirilmektedir. Fiziksel aktivitenin yol açtığı değişikliklerin birincil kanıtı biyokimyasaldır. Örnek olarak; dayanıklılık antrenmanına tabi tutulan ratlarda sinir gövdesinden aksone doğru protein taşıma hızında ve mitokondrial enzimlerin miktarında artış tespit edilmiştir. Ancak bu değişikliklerin fonksiyon ile olan ilişkileri tamamıyla açıklanamamıştır. Elektronöromiyografik (ENMG) teknikler antrenmanla birlikte nöral fonksiyonlarda oluşan adaptasyon ve değişikliklerin gösterilmesini büyük oranda mümkün kılmaktadır.

Bu tez çalışmasında sekiz hafta süresince uygulanan iki farklı dayanıklılık egzersizinin bazı elektrofizyolojik parametreler üzerine olan etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla iki farklı dayanıklılık egzersizinin sinir iletim hızı ve Hoffman refleksi üzerine olan olası etkileri ve bu etkilerin ortaya çıkış zamanları elektronöromiyografik yöntemle *in-situ* olarak tespit edilmiştir.

Araştırma; “Ratlarda iki farklı dayanıklılık egzersizinin bazı elektrofizyolojik değişkenler üzerine etkisi” adlı ve SAE 09003 kodlu proje olarak; Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi’nin desteği ile gerçekleştirilmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL ve ONAY.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
GİRİŞ.....	1
1.1. Dayanıklılık Antrenmanına Uyum.....	3
1.1.1. Doku Düzeyindeki Biyokimyasal Değişimler.....	3
1.1.1.1. Aerobik Değişiklikler.....	3
1.1.1.2. Anaerobik Değişiklikler.....	4
1.1.2. Oksijen Taşıma Sistemi ve Dolaşım Sistemindeki Değişimler.....	5
1.1.3. Beden Bileşimi, Kan Kolesterol ve Triglicerid Düzeyleri, Kan Basıncına İlişkin Değişimler.....	6
1.1.4. Sinir Sistemindeki Değişimler.....	6
1.2. Aksonal Transport.....	9
1.3. Nörotrofik Faktörler (Sinir Büyüme Faktörleri).....	10
1.4. Sinir İletimini Etkileyen Fizyolojik Faktörler.....	11
1.4.1. Sinir Lifi Tipi.....	11
1.4.2. Yaş.....	12
1.4.3. Cinsiyet.....	12
1.4.4. Proksimal ve Distal Sinir Segmentleri.....	13
1.4.5. Sıcaklık.....	13
1.5. Ratta Musculus Triceps Surae.....	13
1.5.1. Musculus Gastrocnemius.....	14
1.5.2. Musculus Soleus.....	15
1.6. Ratta Nervus Ischiadicus.....	15
1.7. Hoffman Refleksi (H-refleksi).....	17
1.8. Sinir İletim Çalışmaları.....	19
1.8.1. Motor Sinir İletim Çalışmaları.....	19
1.8.2. Duyusal Sinir İletim Çalışmaları.....	20

2.	GEREÇ ve YÖNTEM.....	22
2.1.	Koşma Egzersizi.....	24
2.2.	Yüzme Egzersizi.....	25
2.3.	Sedanter (Kontrol) Grubu.....	28
2.4.	Elektronöromiyografik Ölçümler.....	28
2.5.	İstatistiksel Analiz.....	33
3.	BULGULAR.....	34
4.	TARTIŞMA.....	45
5.	SONUÇ.....	51
	ÖZET.....	53
	SUMMARY.....	54
	TEŞEKKÜR.....	55
	KAYNAKLAR.....	56
	ÖZGEÇMİŞ.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

μ	: Mikro
ATP	: Adenozin trifosfat
ATP-PC	: Fosfojen sistem
BKAP	: Birleşik kas aksiyon potansiyeli
cm	: Santimetre
CO₂	: Karbondioksit
EMG	: Elektromiyografi
ENMG	: Elektronöromiyografi
H Refleksi	: Hoffman refleksi
H₂O	: Su
Hz	: Herz
IU	: İnternasyonal ünite
k.cal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kHz	: Kiloherz
MSİH	: Motor sinir iletim hızı
M- yanıtı	: Kas yanıtı
max. VO₂	: Maksimal oksijen tüketimi
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
NaCl	: Sodyum klorür
°C	: Santigrat derece
PC	: Kreatin Fosfat
Ppm	: Milyonda bir parçacık
sn	: Saniye
α	: Alfa
β	: Beta
δ	: Delta

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1. Rat yeminin içeriği.....	23
Çizelge 2. Koşma ve yüzme egzersizlerinin antrenman protokolü.....	28
Çizelge 3. Grupların canlı ağırlık değerleri.....	35
Çizelge 4. Grupların motor sinir iletim hızı değerleri.....	38
Çizelge 5. Grupların H-refleksi latans değerleri.....	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Dayanıklılık antrenmanına adaptasyon sürecinde α -motornöronda meydana gelen değişiklikler.....	9
Şekil 2. Ratta arka bacağın derin kasları. Lateral'den görünüm.....	14
Şekil 3. Ratta plexus lumbosacralis medial'den görünüm. 7, n. ischiadicus; 11, n. Fibularis; 14 n. tibialis	16
Şekil 4. Hoffman refleksi ve kas cevabı (M-yanıtı) yolakları.....	18
Şekil 5. H refleksi örneği.....	19
Şekil 6. Bir motor sinir aksiyon potansiyeli örneğinde latans ve amplütüd parametreleri.....	20
Şekil 7. Koşma egzersizi için kullanılan koşu bandı ve sekiz bölmeli koşu kulvarı ...	25
Şekil 8. Yüzme egzersizinde kullanılan bireysel havuzlar.....	26
Şekil 9. Lehim teli ve kurşundan tasarlanan ağırlıkların kuyruğa bağlanması.....	27
Şekil 10. Kayıt elektrodu	30
Şekil 11. Proksimal uyarım noktası (U1), aktif kayıt elektrodu (A), referans kayıt elektrodu (R), toprak elektrodu (T).....	30
Şekil 12. Distal uyarım noktası (U2), aktif kayıt elektrodu (A), referans kayıt elektrodu (R), toprak elektrodu (T).....	31
Şekil 13. Aksiyon potansiyeli kayıt örneği.....	32

1. GİRİŞ

Antrenman bireyin fiziksel, psikolojik, zihinsel ve mekanik verimini hızla arttırmaya yönelik, organize edilmiş eğitimi ifade eder (Dündar 2000). Spor alanında antrenman, sporcuya değişik egzersizler uygulayarak en yüksek verim seviyesine ulaştırmaya çalışmak olarak tanımlanmaktadır. Böylelikle sporcunun fiziksel, teknik, zihinsel, psikolojik olarak hazırlanması sağlanır (Casaburi 1992, Dündar 2000). Biyolojik yaklaşımla antrenman; Verimliliği geliştirmek amacıyla yapısal ve işlevsel uyum yaratan eşik üzeri, sistemli tekrarlanan kassal yüklenmelerdir (Muratlı ve ark 2005). Doğru ve sistemli olarak yapılan antrenmanla vücudun tüm performans öğeleri geliştirilebilir. Antrenman kardiyovasküler sistem kapasitesini geliştirerek sporcunun aerobik gücünün artırılması yönünde olumlu etkilerde bulunur. Antrenmanla yorgunluğa karşı direnç artar, nöromusküler ileti gelişir, kuvvet artırımı, koordinasyon ve esneklik sağlanır. Özet olarak antrenman sporcunun enerji oluşum sistemlerini, kuvvetini ve motorik özelliklerini geliştirir (Casaburi 1992, Dishman ve ark 2006).

Sporcunun fiziki ve fizyolojik yorgunluğa dayanma gücünü arttırmaya yönelik olarak yapılan egzersizlerin tamamı dayanıklılık antrenmanı/egzersizi olarak tanımlanmaktadır (Sevim 1997). Dayanıklılık ise belirli bir egzersiz şiddetinde kassal yorgunluk olmaksızın veya yorgunluğa rağmen aktiviteye devam edebilme anlamına gelmektedir (Ergen 2007). Başka bir ifadeyle dayanıklılık, organizmanın fiziki yorgunluğa olabildiğince karşı koyabilme gücüdür (Sevim 1997). Genellikle düşük şiddette ve uzun süreli egzersizleri kapsayan çalışmalar dayanıklılıkla ilgilidir (Dündar 2000, Ergen 2007). Bununla birlikte yalnızca uzun mesafe içeren sportif dalları değil, belirli bir kas kuvvetinin sürdürülmesinin gerekli olduğu etkinliklerde dayanıklılığı ifade etmekte kullanılmaktadır (Ergen 2007).

Dayanıklılık, enerji oluşumu açısından aerobik dayanıklılık ve anaerobik dayanıklılık olmak üzere ikiye ayrılır.

Aerobik dayanıklılık: Organizmanın yeterli oksijen ortamında oksijen borçlanmasına girmeden, ortaya koyduğu dayanıklılıktır. Tamamen aerobik enerji üretimine dayalı olarak ortaya çıkan bir kondisyon özelliğidir. Yapılan işle harcanan enerji dengelidir. Üç dakikanın üzerinde bir süre ile yapılan aralıksız çalışmalar zaman uzadıkça tamamen aerobik enerji sistemine dayalı olarak gelişir (Sevim 1997). Genel aerobik dayanıklılıkta verim belirleyici olarak yeterli oksijen alımı ile oluşan aerobik glikoz-yağ yakımının sürekliliği etkilidir (Dündar 2000).

Anaerobik dayanıklılık: Süratli, dinamik, çok yüksek ve maksimal yüklenmelerde organizmanın vücuttaki enerji depolarından yararlanarak herhangi bir sportif faaliyeti yürütebilmesidir (Sevim 1997). Maksimum düzeyde yüklenme gerektiren spor dalları için, yüklenmenin başlangıcında, enerji anaerobik sistem tarafından oksijen yokluğunda üretilir (Bompa 2003). Genel anaerobik dayanıklılıkta maksimum 180 sn'lik bir yüklenme söz konusudur (Dündar 2000).

Dayanıklılık fizyolojik açıdan lokal (kassal) ve genel (sistemik) olmak üzere iki bölümde incelenmektedir. Lokal kas dayanıklılığı, genellikle kas gruplarının bir yüke karşı tekrarlayan kasılmalar yapmak (izotonik, izokinetik veya eksantrik) veya geniş zaman dilimi içerisindeki kasılmalara kuvvet verme kapasitesi veya yeteneği olarak tanımlanır (Fox ve ark 1999). Lokal kas dayanıklılığı, bir ya da birkaç bölgesel kas grubunun devreye girdiği fiziksel aktivitelerde önemli olan kassal bir özelliktir (Ergen 2007). Lokal kas dayanıklılığında, aktiviteye katılan kas kitlesi, vücut kas kitlesinin 1/6, 1/7'sinden daha azdır. Tüm spor dallarında lokal kas dayanıklılığı performansın belirlenmesinde önemli bir etkindir (Dündar 2000).

Genel dayanıklılık, hareketlerin daha büyük kas gruplarının katılımıyla yapıldığı egzersizlerle ilgilidir. Bu egzersizlerde enerji oluşumu kasta depolu olan madde (glikojen ve yağlar) miktarına ve dokuya iletilen oksijene bağlıdır (Ergen 2007).

1.1. Dayanıklılık Antrenmanına Uyum

Diğer antrenman türlerinde olduğu gibi dayanıklılık antrenmanı ile birlikte organizmada bazı değişimler meydana gelmektedir. Antrenmanın başlangıcında kalp atım sayısında artış ve solunum hızında artış gibi akut fizyolojik değişimler görülür. Uzun süreli ve düzenli olarak yapılan antrenmanla birlikte ortaya çıkan değişiklikler organizmanın antrenmana uyumunu sağlar. Sağlıklı bireylerde dayanıklılık antrenmanına vücudun uyumu için, 4-8 hafta boyunca haftada 3-5 gün, 30 dakika devam eden bir antrenman programının uygulanması gerekmektedir (Casaburi 1992). Ancak antrenmanlarla ilgili olarak ortaya çıkan bu değişikliklerin tümünü tespit edebilmenin mümkün olmadığı belirtilmektedir (Ergen 2007).

Dayanıklılık antrenmanına bağlı olarak oluşan değişimler;

1. Doku düzeyindeki biyokimyasal değişimler.
2. Oksijen taşıma sistemi ve dolaşım sistemindeki değişimler.
3. Beden bileşimi, kan kolesterol ve trigliserid düzeyleri, kan basıncındaki değişimler
4. Sinir sistemindeki değişimler olarak dört başlık altında toplanabilir (Muratlı ve ark 2005).

1.1.1. Doku Düzeyindeki Biyokimyasal Değişimler

Antrenman etkileri antrenman tipine, aerobik ya da anaerobik oluşuna bağlı olarak özelleşir (Muratlı ve ark 2005, Ergen 2007).

1.1.1.1. Aerobik Değişiklikler

Dayanıklılık antrenmanı programının sonucunda, iskelet kasında üç temel aerobik uyum gerçekleşir.

1. Artmış Miyogloblin İçeriği: Antrenmandan sonra iskelet kasındaki miyogloblin içeriğinin belirgin bir biçimde arttığı görülmüştür (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005, Ergen 2007).

2. Karbonhidratların (Glikojen) Artmış Oksidasyonu: Antrenman, oksijen varlığında glikojeni iskelet kasında yıkma kapasitesini artırır. Buna kanıt maksimal oksijen tüketiminin (max. VO_2) artmasıdır (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005, Ergen 2007).

3. Yağların Artmış Oksidasyonu: Glikojenlerle olduğu gibi yağların $CO_2 + H_2O$ 'ya parçalanmasıyla ATP üretilir. Dayanıklılık yüklenmeleri sırasında yağın iskelet kaslarına temel enerji kaynağı olarak işlev gördüğü bilinmektedir (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005, Ergen 2007).

Kaslardaki bu değişimlerin sonucu olarak iskelet kası mitokondrileri sayısal ve hacimsel olarak artar, krebs çemberi ve elektron taşınım sistemindeki enzimlerin konsantrasyonunda ve etkinlik düzeyinde artış şekillenir (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005).

1.1.1.2 Anaerobik Değişiklikler

Antrenman sonucunda iskelet kaslarındaki anaerobik değişiklikler Fosfojen (ATP-PC) ve anaerobik glikoliz (laktik asit sistem) sistemlerinin kapasitelerini artırır. Fosfojen sistemin kapasitesindeki artış ATP-PC'in kaslardaki depolarının artması ve ATP-PC sistemindeki enzimlerin aktivitesinin artmasına bağlı olarak şekillenmektedir (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005).

Kaslardaki ATP depoları antrenman sonrasında artar. Örneğin 11-13 yaş erkek çocuklarda 7 ay süresince ve haftada 2-3 gün yapılan uzun mesafe koşusu sonucunda kaslardaki ATP deposunun % 25 oranında arttığı gözlenmiştir. Benzer olarak kaslardaki PC konsantrasyonunun 4 aylık çalışma sonrasında % 40 oranında arttığı görülmüştür (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005).

Fosfojenler kaslar için en hızlı elde edilebilir enerji kaynağıdır. Stoklar antrenmanlarla geliştirilir ve antrenman sırasında birkaç saniye içerisinde kullanılır ve aynı şekilde kısa sürede yenilenir (Muratlı ve ark 2005).

Glikolitik enzim aktivitelerinin artması, glikojenin laktik aside dönüşme hızının ve miktarının artması demektir. Böylece laktik asit sisteminden elde edilen ATP enerjisi de artar ve sporsal verimin gelişmesini sağlar. Antrenman sonrasında glikolitik kapasitenin artmasının kanıtı maksimal yüklenmelerle kandaki laktik asit seviyesinin artmasıdır (Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005).

1.1.2. Oksijen Taşıma Sistemi ve Dolaşım Sistemindeki Değişimler

Antrenman sonucunda oluşan bu değişiklikler çoğunlukla oksijen taşıma sistemini etkiler. Oksijen taşıma sistemi; dolaşım, solunum ve hücresel faaliyetlerle, çalışan kaslara oksijen gönderme görevini üstlenir. Dokulara oksijen taşımakla görevli olan dolaşım ve solunum sistemi birbiriyle ilişkilidir. Dolaşım sisteminin ana organı olan kalp uzun süre ve düzenli olarak (kronik) yapılan dayanıklılık antrenmanına yapısal ve işlevsel olarak uyum sağlar. Bu değişimler; kalp büyümesi (hipertrofi), kalp atım volümünde artış (sistolik volüm artışı), eşik düzey altı (submaksimal) yüklenmeler ve dinlenme sırasında kalp atım sayısında düşüş, kalp verimindeki (dakikadaki volümü) artış olarak özetlenebilir. Bununla birlikte antrenmanlı kişilerde ani yüklenmeler sonrası kalp atım hızı antrenmansız kişilere oranla daha kısa sürede normal atım sayısına ulaşmaktadır. Dayanıklılık sporcularında maksimal yüklenmeler sırasında sedanterlere göre %50 daha fazla VO_2 görülür. Dayanıklılık antrenmanı solunum sistemini de etkileyerek; dakikadaki solunum hacmi (maksimal) artışına, tidal volüm artışına, statik akciğer hacminde ve pulmoner difüzyonda artışa neden olmaktadır (Casaburi 1992, Fox ve ark 1999, Muratlı ve ark 2005).

Organizmanın dayanıklılık antrenmanına uyumunun diğer bir sonucu kas lifi çevresindeki kapiller sayındaki artıştır. Dayanıklılık antrenmanı ile birlikte bir kas lifine bağlı kılcal damar sayısında %41.2 oranında artış tespit edilmiştir (Vrbová ve ark 2008).

1.1.3. Beden Bileşimi, Kan Kolesterol ve Trigliserid Düzeyleri, Kan Basıncına İlişkin Değişimler.

Düzenli antrenmanlar sonucunda kan kolesterol ve trigliserid seviyeleri düşer. Vücut yağ miktarında azalma, dinlenme durumunda ve egzersiz sırasında kan basıncında azalma görülür (Fox ve ark 1999).

1.1.4. Sinir Sistemindeki Değişimler

Antrenman nörogeneratif, nöroadaptif ve nöroprotektif süreçlere katkı sağlayarak beyin plastisitesine olumlu yönde etkide bulunur. Motor beceri egzersizleri ve düzenli egzersizler medulla spinaliste bilişsel fonksiyonları ve bazı öğrenme tiplerinin gelişimini sağlarlar. Egzersiz bu etkileri nedeniyle Parkinson, Alzheimer, Demans ve medulla spinalis zedelenmesinin de içinde bulunduğu birçok nörolojik rahatsızlıktan korunma ve tedavi yöntemi olarak kullanılmaktadır. Ratlarda ve farelerde uzun süreli ve düzenli antrenmanın beyin kaynaklı neurotropik faktör (brain derived neurotrophic factor), sinir büyüme faktörü (nerve growth factor) ve galaninin artmasına neden olabilmektedir. Uzun süreli ve düzenli antrenmanın beyinde yeni hücrelerin gelişimini uyarak nörogeneratif ve nöroprotektif etkilere sahip olabileceği bildirilmektedir (Dishman ve ark 2006). Bir hafta süresince dönen tekerlek egzersiz yapan ratların öğrenme ve hafıza kapasitesinin arttığı gözlenmiştir (Vaynman ve ark 2004).

İskelet kasında kasılmanın oluşumunu sağlayan yapısal birim motor ünedir (Ertekin 2006). Motor ünite motor sistemin son yoludur; medulla spinalis'in cornu ventrale'sindeki α -motornöron, bu nöronun uzantısı olan akson ve bu nöron tarafından innerve edilen kas lifi tarafından oluşturulur. Bir motor nöron tarafından innerve edilen kas lifi sayısı yaklaşık olarak 300 adettir ancak bu oran farklı kas gruplarında 10 adetten 1000 adete kadar değişen sayılarda bulunabilir. Motor ünitenin temel fonksiyonu motor nörondan alınan iletiyi sinaptik aralığa ve oradan da kas'a taşımak ve uyarılan kasta mekanik bir hareket oluşturmaktır. Antrenmanın motor ünite aktivitesini arttırarak motor performansın gelişimine katkıda bulunduğu bildirilmektedir (Duchateau ve ark 2006, Vrbová ve ark 2008).

Antrenmanla artan maksimal kasılma gücü, kuvvet ve güç gelişimi sanıldığı gibi aksine sadece kasların morfolojisi ve fonksiyonel yapısındaki değişimler nedeniyle oluşmamaktadır. (Aagaard 2003, Gabriel ve ark 2006). Antrenman sonucunda nöral ve kaslar mekanizmalarda oluşan değişimler dayanıklılık ve güç oluşumunu beraberinde etkilemektedir. Klasik bilgiler kas yorgunluğunun da kasa ait faktörlerle ilgili olduğu görüşünü savunurken, yeni bilgiler kas yorgunluğunda nöral mekanizmaların önemli derecede etkin olduğunu göstermiştir. (Enoka 1997). Spesifik antrenman tipiyle nöromusküler sistemin adaptasyon değişimleri istenen yönde uyarılabilmektedir (Aagaard 2003, Gabriel ve ark 2006).

Antrenman periferik sinirin bazı morfolojik özelliklerini etkileyerek değiştirebilmektedir. Yapılan antrenman tipine ve yoğunluğuna bağlı olarak periferik sinirin akson çapında artma (Crone ve ark 1990, Buschbacher 1999) ya da azalma (Hicks ve ark 1989, Capaday 1997) olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Ratlarda haftada 3 gün yarım saat süresince ve 10 ay boyunca yapılan antrenmanın m. gastrocnemius'un motor sinirinin akson çapı, sinir lifi yoğunluğu ve sinir demeti yüzey alanı gibi morfolojik yapılarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Kanda ve Hashizume 1998). Bununla birlikte, yüksek yoğunlukta yapılan dayanıklılık antrenmanının motornöronun soma boyutunda küçülmeye, dentrit sayısında artmaya, akson çapında azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Yüksek yoğunluktaki dayanıklılık antrenmanı ile ortaya çıkan bu değişimler, hızlı motor nöronların yavaş motor nörona doğru bir değişim sergilemesine neden olmuştur (Gardiner ve ark 2006).

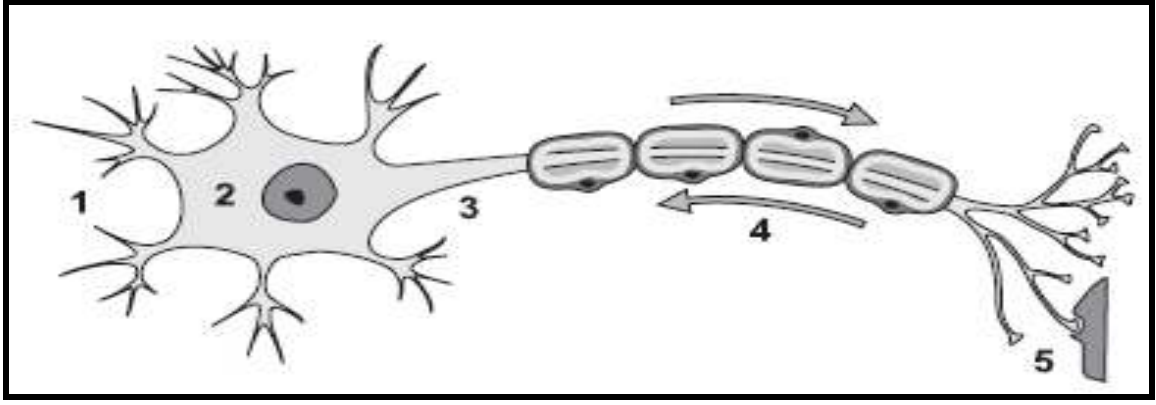
α -motornöronlarda antrenmana adaptasyon süresince olagelen değişimler nöronun sadece morfolojik yapısı düzeyinde olmayıp; nöron metabolizmasının biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerini de etkilemektedir. α -motornöron nöromusküler aktiviteye biyokimyasal ve fizyolojik yapılarını değiştirerek kronik uyumlarla cevap verir. Örnek olarak dayanıklılık egzersizi uygulanan ratlarda α -motornöron'un gövdesinden aksone doğru olan proteinlerin hızlı aksonal transportunun arttığı gözlenmiştir. Kalsitonin gibi besleyici maddelerin, gen ekspresyonunun, mitokondrial enzimlerin ve beyin kaynaklı nörotrofik faktörlerin miktarını arttığı görülmüştür (Beaumont ve Gardiner 2003, Gardiner ve ark 2006). Antrenman diğer nöronlarda olduğu gibi motor nöronlarda da oksidatif enzimlerin artışına neden olmaktadır (Beaumont ve Gardiner 2002). Ratlarda 7 gün devam

eden düzenli egzersiz sonrasında nöronun fonksiyonel yapılarının etkinliğini önemli derecede arttıran tirozin kinaz reseptörlerinin, beyin kaynaklı nörotrofik faktörün miktarının arttığı ve medulla spinaliste de neurotrofin-3 oranında artış gözlenmiştir (Gómez-Pinilla ve ark 2001).

Dayanıklılık antrenmanı motor nöron uyarılabilirliğini arttırmakta, presinaptik inhibisyonu azalmakta ve sinir gövdesinden aksona olan iletiyi hızlandırmaktadır (Aagaard ve ark 2002, Gabriel ve ark 2006). Ayrıca motor son plakta nörotransmitter salınımını ve asetil kolin reseptörlerinin sayısını arttırdığı gözlenmiştir (Desaulniers ve ark 1998). Bu değişimler motor son plak potansiyelinde ve uyarı iletim hızında artış şeklinde kendini belli eder (Desaulniers ve ark 2001).

Antrenman sonucunda α -motornöron'un biyokimyasal ve fizyolojik yapılarındaki kronik adaptasyonların oluşumu hakkındaki bilgilerin yeterince aydınlatıcı değildir. Bu adaptasyonlara katkı sağlayan ve henüz tespit edilememiş birçok yapının olabileceği ve oluşan bu adaptasyonel değişikliklerin fonksiyonel ilişkisinin tam olarak aydınlatılamadığı bildirilmektedir (Beaumont ve Gardiner 2002).

Mevcut bilgiler ışığında α -motornöronda dayanıklılık antrenmanına adaptasyon için oluşan değişimler şekil 1 deki gibi özetlenmektedir (Gardiner ve ark 2006).



Şekil 1. Dayanıklılık antrenmanına adaptasyon sürecinde α -motornöronda meydana gelen değişiklikler. Gardiner P, Dai Y, Heckman CJ (2006) Effects of exercise training on alpha-motoneurons, J Appl Physiol. 101(4):1228-1236'dan uyarlanarak alınmıştır.

1. dentrit dallanmasında artış, 2. gen ekspresyonu ve protein sentezinde artış, 3. nöron gövdesinden aksona ve dentrite doğru iyon iletiminin değişimi, 4. proteinler, nörotrofinler, reseptörler ve metabolik sinyallerin aksonal transportunda artış, 5. nöromusküler iletim etkinliğinde artış.

Nöromusküler sistemin antrenmana adaptasyonu süresince oluşan değişimler Elektronöromiyografi tekniği ile gösterilebilmektedir. Dayanıklılık antrenmanının kas aksiyon potansiyelinin amplitüdünü arttırdığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Dayanıklılık antrenmanı motor nöron etkinliğini geliştirerek kas fibrillerinin ateşlenme oranını arttırmaktadır. α -motornörönün dayanıklılık antrenmanına uyumunda meydana gelen değişimler sinir iletim çalışmaları ve Hoffman refleksi adı verilen elektrofizyolojik yöntemlerle değerlendirilebilmektedir (Aagaard 2003).

1.2. Aksonal Transport

Periferik sinirlerde uzunluğu bir metre olabilen aksonun bütünlüğünü 50-100 milimikron çapında küçük bir perikaryon sağlar. Perikaryon aksonunun bütünlüğünü hem metabolik olarak hem de elektrofizyolojik olarak korur. Aksonun uç segmentlerinin beslenmesi perikaryon tarafından sağlanır. Bu aksonal geçiş veya aksonal transport adı verilen mekanizma ile gerçekleşir. Böylece aksonlar hem impulsları kendi distallerine taşırlar hem de trofik ve diğer maddelerin akışına hizmet ederler. Bunların hızı günde birkaç mm den birkaç yüz mm ye kadar değişebilir. Aksonal transportun büyük bir kısmı hücre gövdesinden distale (anterograd) doğrudur. Ancak bazı partiküller perikaryona doğru

(retrograd) akış gösterebilirler. Aksonal transport mekanizması akson bütünlüğünün devam ettirilmesinde önemli bir role sahiptir. Keza kas liflerinin histokimyasal ve elektrofizyolojik özellikleri motor perikaryon ve aksonal transport ile sağlanır. Perikaryondan aksonun ayrılması ilk önce sinir kas bağlantısında fonksiyon bozukluğu oluşturur. Bunu aksonun dejenerasyonu izler ve sonunda kas lifinde atrofi gelişir. Duyusal ve motor sinirlerde aksonal transport hızı günde 0.2 mm – 400 mm arasında değişir (Noback ve ark 2005, Ertekin 2006). Bazı maddelerin aksonal transport hızına göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

1. Hızlı aksonal transport: günde 240 mm ve üzerinde olan geçişler için kullanılır. Bu hızla iletilen maddeler membran yapı taşları ve transmitter vezikülleridir (Ertekin 2006).
2. Günde 40 mm civarında olan aksonal transport: Genellikle mitokondri komponentleri bu hızla taşınır (Ertekin 2006).
3. Günde 2-8 mm hızda olan aksonal transport: Aktin miyozin gibi proteinler glikolitik enzimler, kalmodulin ve diğer temel maddeler bu hızla geçer (Ertekin 2006).
4. En yavaş iletilen grup: Günde yaklaşık 1 mm hızla iletilir. Sitoskeleton proteinleri, nöroflaman proteinleri ve tubuliler bu hızla iletilir (Ertekin 2006).

Çok kullanılan veziküller tekrar kullanılmak üzere retrograd aksonal transport ile aksonda hücre gövdesine aktarılır. Yine aynı yolla sinir terminal membranlarının bazı parçaları, sinir büyüme faktörü (Nerve growth factor) perikaryona çıkar. Bunun yanı sıra bazı yabancı maddelerde retrograd olarak perikaryona ulaşmaktadır. Örnek olarak tetanoz toksini, herpes simpleks ve polimyelit virusları sinir uçlarında alınıp retrograd aksonal transport yoluyla merkezi sinir sistemine taşınmaktadır (Noback ve ark 2005, Ertekin 2006).

1.3. Nörotrofik Faktörler (Sinir Büyüme Faktörleri)

Hücrenin yaşamını sürdürebilmesini sağlayan moleküllere trofik (besleyici) moleküller adı verilmektedir. Polipeptid yapıda olan nörotrofik maddeler nöronun

yaşamını sürdürmesi, gelişimi, rejenerasyonu ve plastisitesini destekleyerek geliştiren maddelerdir (Noback ve ark 2005). Uzun nöronlarda sinir büyüme faktörlerinin varlığı çok önemlidir. Değişik türde proteinlerin sentezinin düzenlenmesi sinir içinde oluşan nörotrofik faktörler yolu ile olur. Bu maddeler retrograd aksonal akış ile hücre gövdesine yol alır. Hedef hücrenin doğası ve aktivitesi bu şekilde devam ettirilir. Nörotrofik faktörlerin en çok bilineni sinir büyüme faktörü (nevre growth factor) dır. Ayrıca beyin kaynaklı nörotrofik faktör (Brain-Derived neurotrophic factor), nörotrofin 3, nörotrofin 4/5, siliyer nörotrofik faktör, insulin-like growth, epidermal growth faktör ve sitokinler nörotropik faktörler olarak bilinmektedir (Ertekin 2006, Noback ve ark 2005).

1.4. Sinir İletimini Etkileyen Fizyolojik Faktörler

1.4.1. Sinir Lifi Tipi

Periferik sinirlerde miyelinli ve miyelinsiz olmak üzere iki temel tipte sinir lifi bulunmaktadır. Miyelinsiz liflere C-lifleri de denir. Miyelinsiz sinir lifleri, miyelin kılıf barındırmazlar ve yalnızca sinir aksonundan oluşurlar, çapları 0,2-2 μ arasında değişir. Bir ile on kadar miyelinsiz sinir lifi genellikle bir Schwann hücresi tarafından sarılmış durumdadır. Miyelinli sinir lifleri ise daha geniş çaplıdır. Çapı insanda 1-20 μ arasında değişir. Bunlara A-lifleri adı verilir. Miyelinli sinir lifleri impuls iletme hızı ve çapına göre α (alfa), β (beta) ve δ (delta) lifleri şeklinde alt gruplara ayrılır. A α lifleri en hızlı ve en geniş çaplı, A δ lifleri ise en küçük çaplı ve en yavaş impuls ileten grubu oluşturur. Miyelinli sinirlerde iletim hızının miyelinsiz olanlara göre fazla olması saltatorik impuls ve miyelinin iyi bir yalıtkan olma özelliğinden kaynaklanmaktadır (Noyan 1990).

Miyelinli sinir liflerinde lif çapı ile sinir iletimi hızı arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Sinir iletim hızı, akson çapının direkt bir fonksiyonudur; iç rezistans aksonun çap alanı ile ters orantılıdır. Çap büyük olursa rezistans küçülür. Lif çapı arttıkça iletim hızı artmaktadır (Noyan 1990, Kutchai 1993). Miyelinsiz sinirlerde de sinir iletim hızı benzer özellik göstermektedir. Membranın ve aksoplazmanın karakteri sabit olmak koşuluyla sinir iletim hızı akson çapının karekökü ile doğru orantılıdır (Noyan 1990). Aynı

apta olan miyelinli bir sinir miyelinsiz sinire oranla 100 kat daha hızlı bir iletim hızına sahiptir (Kutchai 1993).

Klinik ve elektrofizyolojik açıdan perifer sinir liflerini motor, duysal ve refleks lifler olarak üç gruba ayırmak mümkündür (Ertekin 2006). İletim hızı refleks liflerde en hızlı, duysal liflerde orta ve motor liflerde daha yavaş olarak sıralanmaktadır (Mayer 1963).

1.4.2. Yaş

Yaş motor ve duysal sinir iletimi üzerine etki eden önemli bir faktördür. Wistar ırkı ratların 28-300 günlük yaş döneminde miyelinli sinirlerinin iletim hızının kademeli bir artış gösterdiği, 300-700 günlük yaşta aynı seviyede kaldığı ve 700-900 günlük dönemdeyse %10-15'lik bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Miyelinsiz sinirlerde iletim hızı başlangıçtan 100-200 güne kadar az bir artış göstermekte ve bundan sonra 300. güne kadar önemli bir değişim göstermemektedir (Sato ve ark 1985). Yeni doğan bebeklerde motor ve duysal sinir iletim hızı erişkinlerdekini yaklaşık yarısı kadardır. İletim hızı bir yaşına kadar kademeli bir artış gösterip, dört yaşında da erişkinlerdeki düzeylere ulaşmaktadır (Garcia ve ark 2000).

1.4.3. Cinsiyet

Çalışmalar kadınlarda sinir iletim hızının erkeklere oranla daha hızlı olduğunu ortaya koymaktadır (Soundmand ve ark 1982). Ancak bu hız farkı düzeltme faktörlerinin dikkate alınmasıyla ortadan kalkmaktadır (Stetson ve ark 1992, Robinson ve ark 1993).

1.4.4. Proksimal ve Distal Sinir Segmentleri

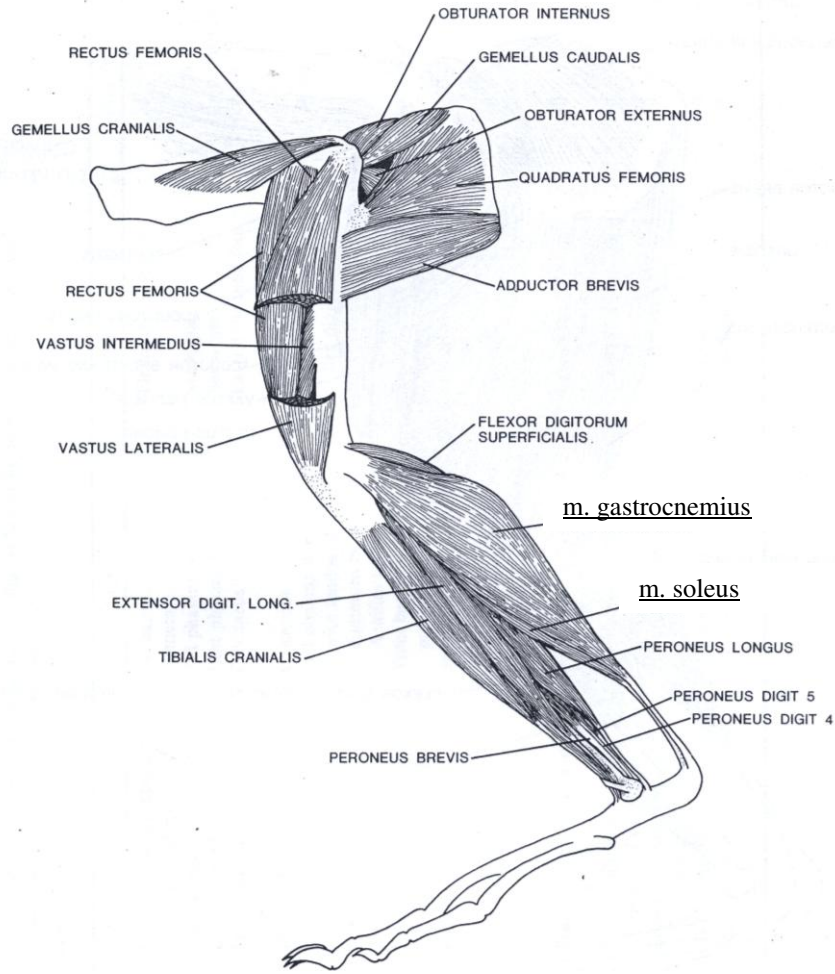
Periferik sinirlerde sinir lifi çaplarının distale doğru incelme göstermesi, distal sinir liflerinde boğumlar arası mesafenin kısalması ve ekstremitenin proksimalinde doku sıcaklığının distal dokuya göre daha yüksek olması nedeniyle; sinirin proksimal segmentinde sinir iletim hızı distale oranla daha hızlıdır (Ertekin 2006).

1.4.5. Sıcaklık

Sıcaklık sinir iletim hızını etkileyen fizyolojik faktörler arasında en önemli yeri tutmaktadır (Preston ve Shapiro 1998, Ertekin 2006). Bu konudaki ilk bilgiler kurbağalarda yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Kurbağa n. ischiadicus'unda 26 °C'de 33 m/sn olan sinir iletim hızının 3 °C'de 5 m/sn'ye düştüğünü gösterilmiştir. Yapılan hayvan deneyleriyle çok düşük sıcaklıklarda sinir iletiminin tamamıyla bloke olduğu ortaya konulmuştur. Düşük sıcaklıktan ilk etkilenen miyelinli A lifleri ve son etkilenen C grubu ince liflerdir (Oh 1993). Doku sıcaklığı duyusal ve motor sinir iletimi hızı üzerine belirgin etkide bulunur. Motor sinir iletiminde 29-38 °C arasındaki sıcaklıkta her 1 °C'lik bir azalmanın 2,4 m/sn'lik bir yavaşlamaya sebep olacağı saptanmıştır. Duyusal sinir iletiminde 21-36 °C'ler arası sıcaklıkta 1 °C'lik düşme 0,2 m/sn'lik yavaşlamaya yol açabilmektedir. Sıcaklığın azalması duyusal aksiyon potansiyellerinin süresinin uzamasına neden olabilmektedir (Oh 1993, Ertekin 2006).

1.5. Ratta Musculus Triceps Surae

Musculus triceps surae, musculus gastrocnemius ve musculus soleus kasları tarafından oluşmaktadır (Hebel 1976, Chiasson 1994).



Şekil 2. Ratta arka bacağın derin kasları. Lateral'den görünüm (Chiasson 1994).

1.5.1. Musculus Gastrocnemius

Lateral ve medial olmak üzere iki baştan oluşur. Lateral baş femurun epicondylus lateralis'i ile caput fibulae'dan başlangıç alır. Medial baş femurun epicondylus medialis'inden başlangıç alır. Her iki başın tendonları tendo calcanei communis'in oluşumuna katılarak tuber calcanei ye yapışır. Kas nervus tibialis tarafından innerve edilir ve articulatio tarsi'nin ekstensiyonu fonksiyonuna sahiptir (Hebel ve Stromberg 1976, Chiasson 1994).

1.5.2. Musculus Soleus

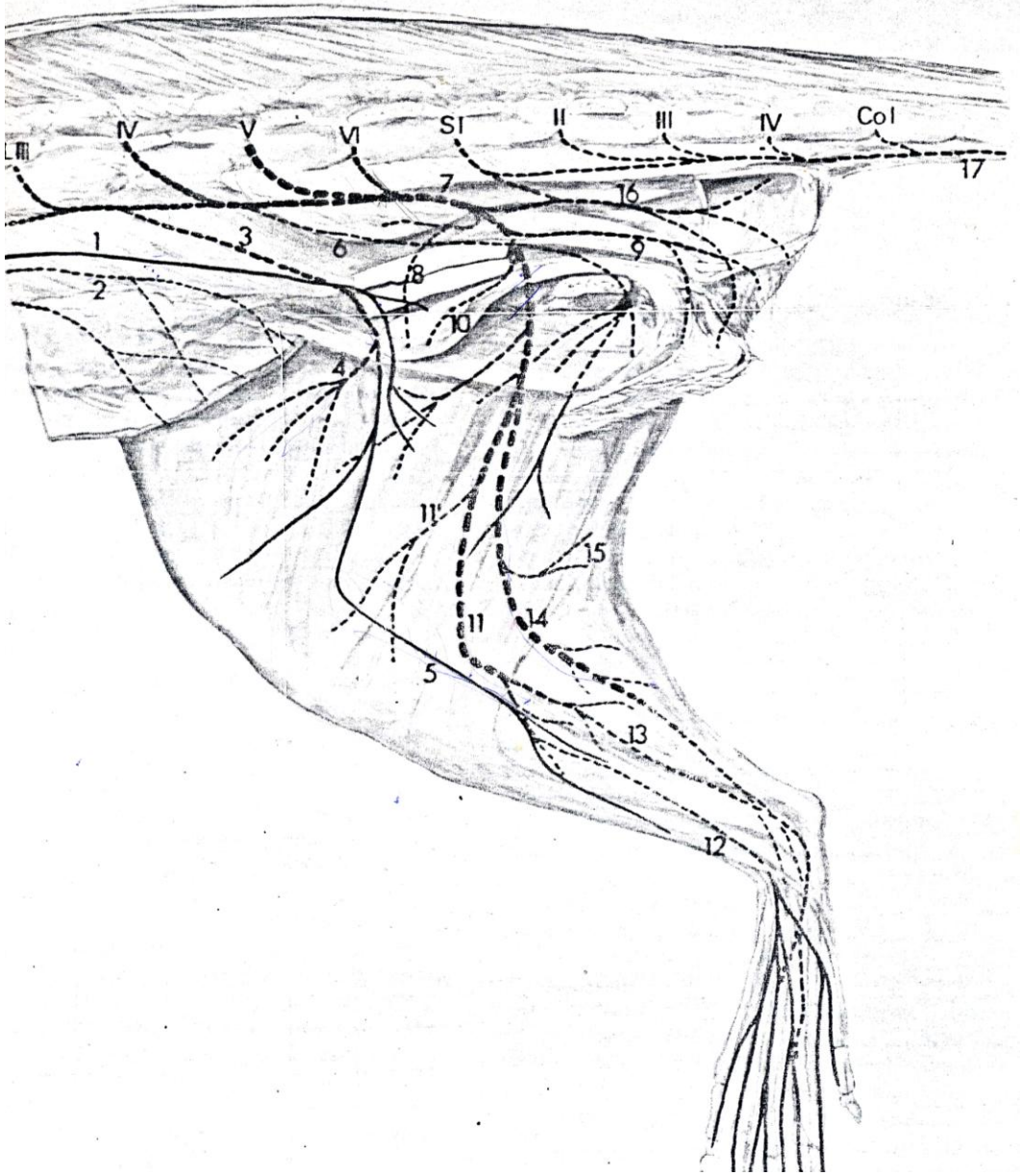
Musculus gastrocnemius'un caput lateralis'inin üzerinde verev olarak yer alır. Caput fibulae'dan başlar tendo calcanei communis'in oluşumuna katılarak tuber calcanei'de sonlanır. Kas nervus tibialis tarafından innerve edilir ve tarsus'un ekstensiyonu fonksiyonuna sahiptir (Hebel ve Stromberg 1976, Chiasson 1994).

1.6. Ratta Nervus Ischiadicus

Ratta nervus ischiadicus IV-VI. lumbal spinal sinirlerin katılımıyla oluşur. Pelvis içerisinde laterale doğru yönelerek musculus gluteus medius ile gluteus profundus arasından geçer. Bu sırada adı geçen kaslara ve musculus tensor fascia latae'ya dallar gönderir. Daha sonra incisura ischiadica dan geçerek uyluğa doğru yönelir. Distale doğru kısa bir seyirden sonra uyluğun proksimal 1/3'ünde nervus fibularis (peroneus) communis ve nervus tibialis olmak üzere iki ana dala ayrılır. Nervus fibularis'ten nervus cutaneus surae lateralis ayrılarak dizin ve bacağın lateral yüzü derisini innerve eder. Nervus fibularis musculus biceps femoris'in altında distale doğru uzanır ve tarsal eklemin fleksor kasları, parmakların uzun ekstensor kasları için musküler dallar verir. Daha sonra superficial ve profund olmak üzere iki dala ayrılır. Nervus fibularis superficialis musculus extensor digitorum longus ve musculus peroneus brevis arasından ayağın dorsal yüzü üzerine uzanır. Bu düzeyde dört adet nervus digitalis communis'i verir. Her bir nervus digitalis communis interdigital aralıkta iki dala ayrılarak parmaklara doğru uzanır. Nervus fibularis profundus medialde tarsus boyunca uzanır. (Hebel ve Stromberg 1976).

Nervus tibialis başlangıcından hemen sonra, nervus cutaneus surae caudalis ve musculus semitendinosus için bir dal verir. Sinir musculus gastrocnemius'un iki başı arasında tarsal eklemin extensor kasları ve musculus flexor digitorum longus için dallar verir. Tarsal eklem yakınında nervus plantaris medialis ve lateralis olarak ikiye ayrılır. Nervus plantaris medialis, malleolus medialis üzerinden ayağın plantar yüzüne ulaşır. Bu düzeyde birinci parmağın medial yüzü için bir dal, birinciden üçüncü interdigital aralığa kadar olan bölge için üç dal daha verir. Nervus plantaris lateralis dördüncü interdigital

aralık ve beşinci parmağın lateralinin innervasyonunu sağlar (Hebel ve Stromberg 1976, Chiasson 1994).



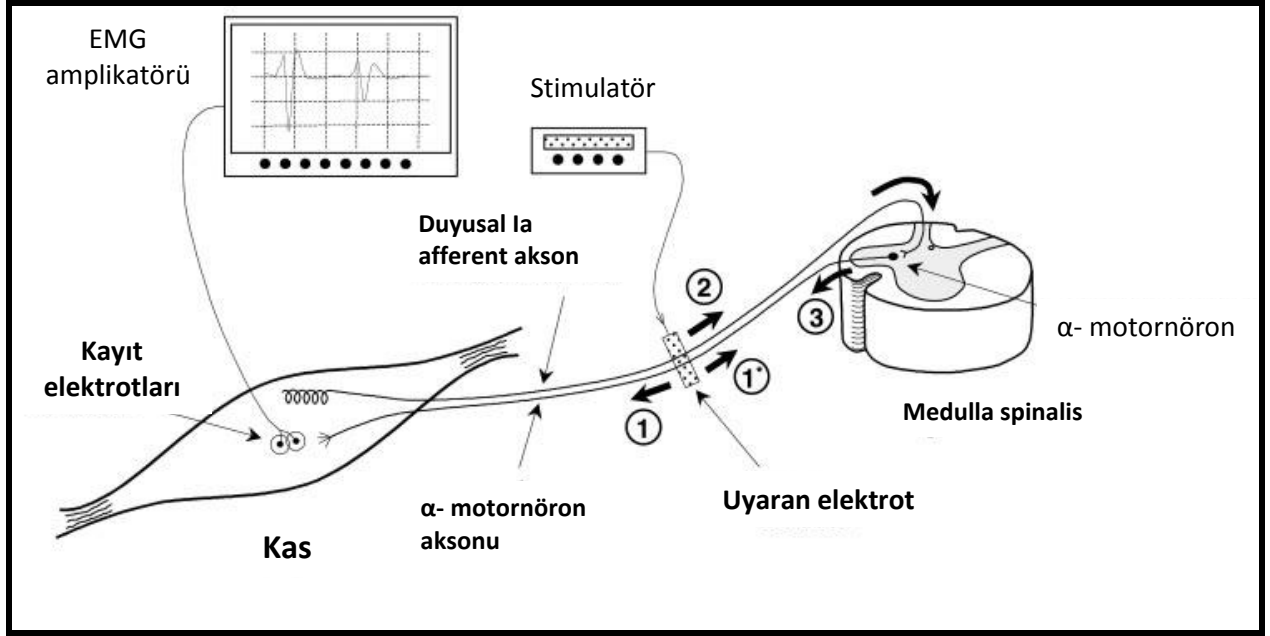
Şekil 3. Ratta plexus lumbosacralis medial'den görünüm. 7, n. ischiadicus; 11, n. fibularis; 14 n. tibialis (Hebel ve Stromberg 1976).

1.7. Hoffman Refleksi (H-refleksi)

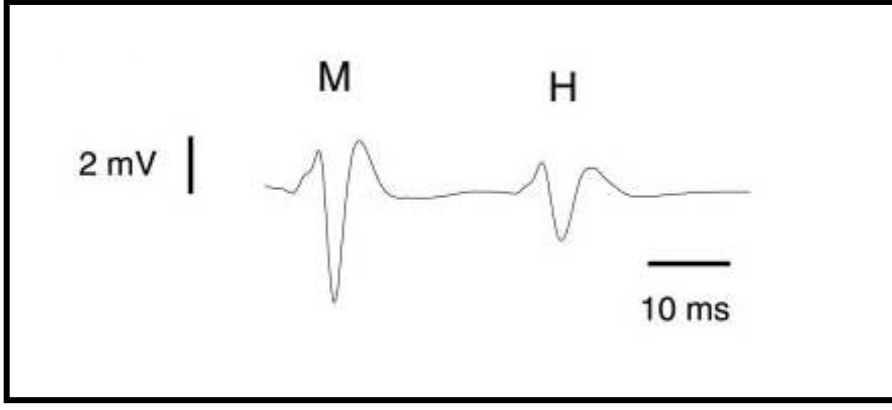
Hoffman refleksi refleksoloji alanında en çok incelenmiş ve ENMG laboratuvarlarında en çok kullanılan refleks yöntemidir (Ertekin 2006). Bu yöntem iskelet ve kas sistemi yaralanmaları, tedavi yöntemlerinin uygulamaları, ağrı, antrenman ve motor performansın incelenmesi gibi nörolojik durumlarda elde edilen cevabı değerlendirmek için kullanılabilmektedir. H refleksi elektrik uyarımı ile elde edilen monosaptik bir refleks olup tendon refleksinin analogu olarak kabul edilmektedir. Refleks cevabı periferik sinir gövdesinden yapılan bir elektrik uyarımı ile elde edilir. Sinir gövdesinden yapılan elektrik uyarımı hem motor efferent liflerle kasa doğru, hem de grup IA refleks afferent liflerle medulla spinalise doğru ilerler. Ancak geniş çaplı grup IA refleks afferent liflerin uyarılabilme eşiği, motor efferent liflerden daha düşüktür. Bu nedenle uyarım önce omuriliğin cornu dorsale'sinden girerek cornu ventrale'de bulunan α -motornöronu uyarır ve motor nörona impulsun geçmesi ile aynı periferik sinir üzerinden tekrar aynı kasa dönen motor uyarılar çizgili kas liflerini aktive eder (Mattsson ve ark 1984, Ross ve ark 2001, Aagaard ve ark 2002, Palmieri ve ark 2004, Ertekin 2006). H refleksi α -motornöronun uyarılabilirliğini ölçebilen bir tekniktir (Palmieri ve ark 2004). İnsanlarda nervus tibialis posterior'un fossa poplitea düzeyinden düşük akım şiddetinde uyarılması ve cevabın musculus triceps surae kasından kayıtlanması ile elde edilir. Elektrik uyarının verilmesi ve motor yanıtın oluşması için geçen süre latans olarak adlandırılır ve H refleksinde insanlar için kabul edilen normal latans 30 ms civarındadır. Ancak sinirin daha proksimalden ya da distalden uyarılması latansta değişikliğe neden olur. Örneğin sinirin daha proksimalden uyarılması ile M- yanıtı latansı daha uzadığı halde, H-refleksi yanıtı distalden elde edilen H-refleks latansına göre kısalır. Bu da uyarımın proksimalde medulla spinalis'e yakınlığı nedeni ile refleks yolun kısaldığını gösteren bir belirtidir. Benzer şekilde ratlarda yapılan H-refleks çalışmalarında farklı uyarım ve kayıt bölgelerinde latans değerinin değiştiği gözlenmiştir (Mattsson ve ark 1984).

Maksimal elektrik şoklarla yapılan uyarım ile H-refleksi yanıtı baskılanabilir. Elektrik uyarım hem grup IA afferentleri hem de motor aksonları eksite eder. Bunun sonucunda grup IA yolu ile omurilik üzerinden gelen impulslarla motor aksonların uyarımı sonucu antidromik olarak α -motornörona doğru giden impulslar ya motor nöron üzerinde ya da motor aksonların proksimalinde karşılaşır. Bu karşılaşma sinir liflerinde grup IA dan gelen impulsların bloke

olmasına yol açar. Antidromik motor akışların yoğunluğu arttıkça daha çok motor sinir lifi üzerinde blok meydana gelmesi ve H-refleksinin gittikçe ufalarak kaybolmasına yol açar (Misiaszek 2003, Ertekin 2006).



Şekil 4. Hoffman refleksi ve kas cevabı (M-yanıtı) yolları. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P (2002) Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses, J Appl Physiol. 92(6):2309-2318 dan uyarlanarak alınmıştır. Kısa süreli, düşük şiddette elektrik uyarısının tibial sinire uygulanmasını takiben uyarı grup IA afferent duysal sinirlerle medula spinalise doğru yönelir (Cevap 2). Bu aksiyon potansiyeli cornu dorsale'ye ve oradan da α -motornörona ulaşarak akson boyunca ilerler ve kasa ulaşır (cevap 3). Hemen sonrasında efferent aksiyon potansiyelinin kasta oluşturduğu yanıt H-refleksi olarak kaydedilir. Uyarım şiddetinin artırılması daha ince aksonların uyarılmasına (cevap 1) ve uyarımın direkt olarak kasa ulaşarak kasta bir yanıtın (M-dalgası) oluşmasına neden olur. Bu sırada aksiyon potansiyeli alfa motor nörondan medula spinalis'e doğru antidromik olarak yayılır (Cevap 1*). Bu cevabın 3 numaralı refleks cevapla çarpışması refleks cevabın kısmen azalmasına sebep olur. Supramaksimal uyarımla α -motornöron aksonu boyunca oluşan ortodromik (aksondan kasa doğru) ve antidromik (aksondan spinal corda doğru) aksiyon potansiyelleri çarpışarak H-refleksinin tamamen azalmasına ve maksimal kas yanıtının oluşmasına sebep olur.



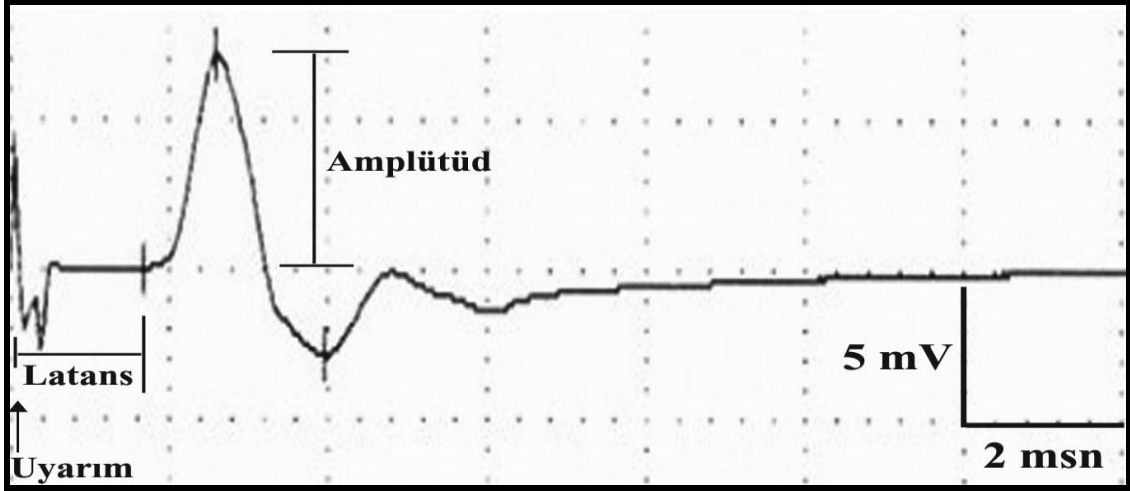
Şekil 5. Nervus tibialis'in uyarımı ve musculus gastrocnemius'dan kayıtlanan H refleksi örneği. M: kas aksiyon potansiyeli, H: H-refleks yanıtı (Aagaard ve ark 2002).

1.8. Sinir İletim Çalışmaları

1.8.1. Motor Sinir İletim Çalışmaları

Bir miks sinirde sinirin anatomik olarak deriye yakın olduğu uygun noktalarından maksimal elektriksel şoklarla uyarım yapılırsa o sinirin innerve ettiği distal kaslardan yüzeysel kayıt elektrotlarıyla uyarılmış kas yanıtları veya diğer adıyla M yanıtları kaydedilebilir. Bu yanıtın diğer adı birleşik kas aksiyon potansiyelidir. Elektriksel uyarımdan önce EMG cihazının ekranında (osiloskop) uyarıma ait bir stimulus artefaktı görülür. Bu artefaktı izleyerek belli bir zaman aralığından sonra kas aksiyon potansiyeli gözlenir. Stimulus artefaktından kas aksiyon potansiyelinin başladığı noktaya kadar geçen süreye iletim zamanı, latans ya da motor latans adı verilir. Bu süre milisaniye (msn) olarak ölçülür ve ifade edilir. Motor sinir iletim hızını hesaplayabilmek için sinirin ikinci bir proksimal noktadan uyarılması gerekir. Böylelikle iki ayrı noktadan sinirin supramaksimal olarak uyarılması ile iki adet büyük M-yanıtı kaydedilmiş olur. Proksimal uyarım ile elde edilen M yanıtının distal uyarımla elde edilen M yanıtından daha uzun bir süreli latansa sahip olduğu ve amplitüdünün hafifçe azaldığı gözlenir. Bu durumda proksimal ve distal noktalar arasındaki mesafe (mm) iki M yanıtı arasındaki latans (msn) farkına bölünürse bu belirlenen mesafedeki motor sinir iletim hızı hesaplanmış olur. Birimi metre/saniye: m/sn dir (Ertekin 2006, Oh 1993).

	Proximal ve distal uyarım noktaları arası mesafe (mm)		
Maksimal motor =			= m/sn
İletim hızı	Proximal noktadan uyarımla kaydedilen İletim zamanı (ms)	-- Distal noktadan uyarımla kaydedilen iletim zamanı (ms)	



Şekil 6. Bir motor sinir aksiyon potansiyeli örneğinde latans ve amplütüd parametreleri

1.8.2. Duyusal Sinir İletim Çalışmaları

Duyusal sinirlerde aksiyon potansiyeli elde edilmesi ve duysal sinir iletim çalışması motor sinir liflerindeki orana daha güçtür. Sinir gövdesinin uyarılması ve daha proksimal bir noktadan aktive olmuş miyelinli duysal sinir lifi demetlerinin eksitasyonunun toplamının kaydedilmesi esasına dayanır. Sinir gövdesinden kaydedilen potansiyel birleşik sinir potansiyelidir. Normal fizyolojik koşullarda duysal sinir aksiyon potansiyelleri reseptörlerden omuriliğe doğru devam eden bir akış gösterir. Motor sinir iletim hızında ölçüm için kas aksiyon potansiyellerinden yararlanıldığı halde duysal iletimde birleşik sinir aksiyon potansiyeli kullanılır. Duyusal iletim tekniği başlıca üç değişik şekilde uygulanabilir (Oh 1993, Ertekin 2006):

1. Ortodromik duysal iletim tekniği ve duysal aksiyon potansiyelleri: Bu yöntemde periferik sinir yalnızca saf duysal sinir liflerinin bulunduğu bir bölgeden uyarılır ve o sinirin proksimaline yerleştirilen kaydedici elektrotlardan ortodromik duysal impulslar alınarak saf duysal sinir aksiyon potansiyelleri elde edilir (Oh 1993, Ertekin 2006).

2. Miks sinir iletimi ve miks sinir aksiyon potansiyelleri: Bu yöntemde miks bir sinirin gövdesi distal bir noktadan uyarılır ve sinirin proksimalinden aksiyon potansiyelleri kaydedilir. Bu yöntemde elde edilen bileşik sinir aksiyon potansiyelleri hem ortodromik-çıkıcı duysal sinir liflerinin hem de antidromik-çıkıcı motor liflerinin aktivasyonlarının birleşmesinden meydana gelmiştir. Dolayısıyla saf olarak duysal iletim özelliklerini göstermez (Oh 1993, Ertekin 2006).

3. Antidromik duysal iletim tekniği: Bu yöntemde miks sinir proksimal bir noktadan uyarılır ve distalden kayıtlama yapılır. Yani fizyolojik impuls akışının ters yönündeki potansiyeller kaydedilir. Bu da antidromik iletim olarak adlandırılır (Oh 1993, Ertekin 2006).

Bu çalışmada 8 hafta süresince uygulanan iki farklı dayanıklılık egzersizinin motor sinir iletim hızı ve H-refleks latansı gibi elektrofizyolojik parametreler üzerine olan olası etkileri ve bu etkilerin ortaya çıkış zamanlarının elektronöromiyografi yöntemiyle *in-situ* tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (ADÜ-HADYEK)'nin onayı alınarak yapıldı.

Araştırmada toplam 42 adet Wistar albino rat kullanıldı. Ratlar 6 haftalık yaşta tesadüfî örnekleme ile seçildi ve her grupta 7 adet erkek 7 adet dişi olmak üzere üç gruba ayrıldı. Gruplar koşma egzersizi, yüzme egzersizi ve sedanter (kontrol) grupları olarak adlandırıldı. Ratlar 29x41x15 ebadındaki polikarbon kafeslere üçerli olarak yerleştirildi; çalışma boyunca 22 ± 1 °C çevre sıcaklığı ve 12/12 saat aydınlık/karanlık koşullarına sahip semiklimatize bir deney odasında barındırıldı. Ratlar Gebze-Best Yem (%24 ham protein, 2650 K.cal/Kg enerji) tarafından üretilen pelet formdaki fare-rat yetiştirme yemiyle (Çizelge 1) beslendi. Yem ve su *ad libitum* olarak verildi. Ratların vücut ağırlıkları çalışmanın başlangıcı ve bitiş tarihleri arasında haftada bir kez olmak üzere ölçülerek kaydedildi. Ratların ilk ağırlık tartımı ilk egzersiz uygulamasından 1 gün önce gerçekleştirildi. Çalışma süresince ağırlık tartım ve kayıtları haftalık egzersiz programının ilk günü olan Pazartesi günleri alındı.

Altı haftalık yaşta gruplara ayrılan ratlar, çalışmanın başlangıcı olan 10 haftalık yaşa kadar geçen dört hafta süresince adaptasyon periyoduna tabi tutuldular. Adaptasyon periyodu hayvanların barındırıldığı ve çalışmanın sürdürüldüğü deney odasına gerçekleştirildi. Koşu grubu için dört haftalık adaptasyon süresinin iki haftası ortama adaptasyon; iki haftası da koşma düzeneğine adaptasyon için kullanıldı. Yüzme grubunun yüzme havuzlarına adaptasyonu, adaptasyon periyodunun son haftasında gerçekleştirildi.

Çizelge 1. Rat yeminin içeriği.

Rutubet (%)	12	Vitamin K (mg/kg)	1
Ham protein (%)	20	Vitamin B ₁ (mg/kg)	3
Ham selüloz (%)	7	Vitamin B ₂ (mg/kg)	4
Ham kül (%)	8	Vitamin B ₆ (mg/kg)	1
Ham yağ (%)	6	Vitamin B ₁₂ (mg/kg)	0.09
Metabolik enerji (Kcal/kg)	2650	Pantotenik asit (mg/kg)	1.5
Lizin (%)	1	Niasin (mg/kg)	10
Metiyonin (%)	0.6	Biotin (mg/kg)	0.08
Metiyonin+sistin (%)	1	Kolin klorid (mg/kg)	1000
Tuz (NaCl) (%)	0.2	Magnezyum (ppm)	200
Kalsiyum (%)	1	Demir (mg/kg)	300
Fosfor (%)	0.9	Bakır (mg/kg)	20
Sodyum (%)	0.5	Manganez (mg/kg)	10
Vitamin A (IU)	300	Çinko (mg/kg)	4
Vitamin D (IU)	1000	İyot (mg/kg)	1.3
Vitamin E (mg/kg)	60	Selenyum (mg/kg)	0.3

Koşu grubunu oluşturan ratlar bir hafta boyunca koşu bandı üzerinde bulunan kulvarlarda koşu bandı çalıştırılmadan tutuldu. Bu uygulamaya hafta içi her gün, sabah 09.30 da başlandı ve 30 dk boyunca devam edildi. Adaptasyonun son haftasında ratların düşük hızla dönen koşu bandı üzerinde beş dakika süreyle yürümeleri sağlanarak; koşu egzersizine adaptasyonları tamamlandı.

Yüzme grubunu oluşturan ratlar adaptasyon periyodunun son haftasında beş dakikalık süreyle yüzme havuzlarına bırakılarak; yüzme egzersizine adaptasyonları sağlandı.

Kontrol (sedanter) grubunun adaptasyon periyodu ratların dört hafta süreyle deney odasında tutulması ile gerçekleştirildi.

Ratlar 10 haftalık yaşa ulaştıklarında Huang ve ark. (2003) tarafından tanımlanmış olan dayanıklılık egzersizi programı uygulamalarına başlandı.

2.1. Koşma Egzersizi

Koşma egzersizi grubunda bulunan ratlar haftada beş gün uygulanan, yoğunluğu artarak sekiz hafta süresince devam eden koşu egzersizine tabi tutuldular. Koşu egzersizleri hafta içi her gün sabah saat 09.30/09.45 de başladı. Koşu egzersizi için Liga C3 marka koşu bandı kullanıldı. Koşu bandına mikroişlemci kontrollü regüle devresi eklenerek belirli limitlerde düşük doğru akım voltajlarının motoru döndürmesi sağlandı. Koşu bandı hızı dijital takometre aracılığı ile kalibre edildi ve koşu bandının antrenman programlarında belirtilen hız ve sürelerde yol alabilmesi (dönebilmesi) sağlandı. Yürüyüş bandı üzerine her biri 15 cm yüksekliğinde, 45 cm boyunda ve 9.5 cm eninde olan sekiz bölmeli koşu kulvarı (Şekil 7) hazırlandı.

Hazırlanan kulvarla aynı gruptaki yedi adet ratın aynı zaman diliminde koşmaları sağlandı. Egzersizin ilk haftasında ratlar 20 dk boyunca dakikada 12 m hızla yol alan (dönen) yürüyüş bandı üzerinde koşarak egzersiz periyodunu tamamladı. Artarak devam eden koşu egzersizi sekizinci hafta sonunda bir saat süresince ve 22 m/dk lık hızla uygulandı. Koşu egzersizinin haftalık programı ve yoğunluğu Tablo 1’de gösterildiği gibi gerçekleştirildi.



Şekil 7. Koşma egzersizi için kullanılan koşu bandı ve sekiz bölmeli koşu kulvarı.

2.2. Yüzme Egzersizi

Yüzme egzersizi grubunda bulunan ratlar 30 cm derinliğinde, 41 cm çapında ve su sıcaklığı $35\pm1^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış bireysel havuzlar (Şekil 8) içerisine konularak yüzmeleri sağlandı.



Şekil 8. Yüzme egzersizinde kullanılan bireysel havuzlar.

Yüzme egzersizi haftada beş gün süreyle ve sekiz hafta boyunca yoğunluğu artan bir programla uygulandı. Yüzme egzersizleri hafta içi her gün sabah saat 09.30/09.45 de başlatıldı ve koşma egzersizleri ile eş zamanlı olarak tamamlandı. Egzersize birinci haftada 20 dakikalık yüzme süresiyle başlandı. Üçüncü haftadan itibaren ratların kuyruklarına yüzme egzersizi programında belirtilen oranlarda lehim teli ve kurşundan hazırlanan ağırlıklar bağlandı (Şekil 9).



Şekil 9. Lehim teli ve kurşundan tasarımlanan ağırlıkların kuyruğa bağlanması.

Sekizinci haftada ratlar kuyruklarına vücut ağırlıklarının %2 si oranında ağırlık bağlanarak bir saat boyunca yüzdürüldü. Yüzme egzersizinin haftalık programı ve yoğunluğu Çizelge 2 de gösterildiği gibi gerçekleştirildi.

Çizelge 2. Koşma ve yüzme egzersizlerinin antrenman protokolü. (Huang ve ark 2003)

Egzersiz yoğunluğu			
	Koşma grubu	Yüzme grubu	Süre
	m/dk	% vücut ağırlığı	
1. hafta	12	0	20 dk
2. hafta	13	0	30 dk
3. hafta	14.5	1	30 dk
4. hafta	16	1	40 dk
5. hafta	17.5	1	50 dk
6. hafta	19	2	1 s
7. hafta	20.5	2	1 s
8. hafta	22	2	1 s

2.3. Sedanter (Kontrol) Grubu

Sedanter grubu oluşturan ratlar çalışma süresince hiçbir egzersiz programı uygulanmadı ve deney odasında diğer gruplarla aynı bakım ve beslenme koşullarında tutuldu.

2.4. Elektronöromiyografik Ölçümler

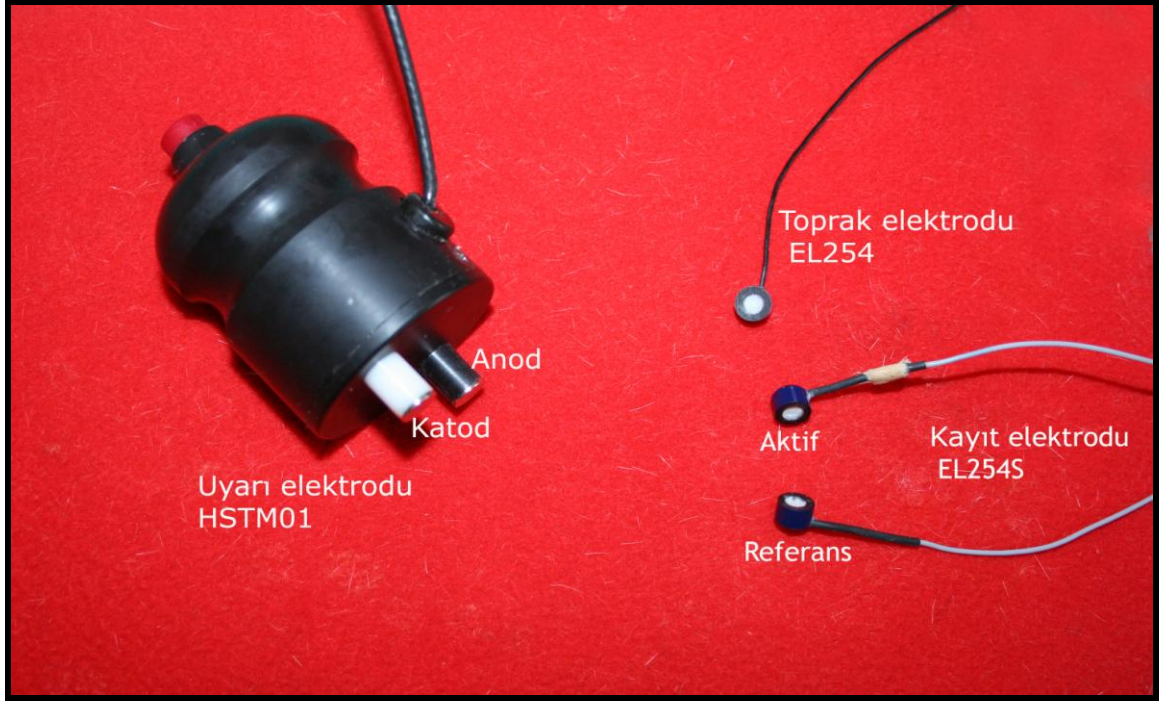
Ratların ilk ENMG uygulamaları başlangıç değerlerini tespit etmek amacıyla ilk egzersiz uygulamasından 1 gün önce gerçekleştirildi. Çalışma süresince Elektronöromiyografik (ENMG) ölçümler beş günlük egzersiz programının bitişini takip eden ikinci dinlenme günü olan pazar günleri gerçekleştirildi. Uygulamaya sabah saat 10.00'da başlandı, tüm uygulamalar yaklaşık olarak 3-3.5 saat içinde tamamlandı.

ENMG ölçümleri için MP 30 Ultymate System (Biopac®) adlı cihaz kullanıldı. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler bilgisayarda depolanarak BIOPAC BSL Pro 3.6.7 paket programıyla incelendi.

Ölçüm için hayvanlar genel anestezi altına alındı. Genel anestezi için 35 mg/kg ketamin (Alfamine®) + 8 mg/kg ksilazin (Alfazine®) kombinasyonu kas içi yolla uygulandı. Ölçüm yapılacak bölge tıraşlandıktan sonra alkol ile temizlenerek kurutuldu. Ölçümlerin yapıldığı deney odasının ortam ısı 25 °C düzeyinde tutuldu. Düşük vücut ısısının sinir iletimi üzerine olası etkilerinden kaçınmak için, ölçüm boyunca hayvanlar sıcak su torbası üzerine yerleştirildi. Sıcak su torbası yardımıyla hayvanların vücut ısıları normal fizyolojik sınırlar içinde tutulmaya çalışıldı.

Ratlarda, prosimal motor latans, distal motor latans ve H-reflexi değerlerinin tespiti için toplam üç uyarım prosedürü uygulandı. Tüm prosedürler için sol arka extremitte kullanıldı ve her bir prosedür için ardışık beş uyarım verilerek kayıtları alındı. Beş adet uyarımın ortalaması hesaplanarak; latans değeri olarak kaydedildi. Sonuçlar depolanarak çalışma bitiminde değerlendirmeye tabi tutuldu. Latansın belirgin olarak hesaplanamadığı aksiyon potansiyelleri değerlendirme dışında tutuldu.

Tüm uyarımlar için BIOPAC BSLTMA stimülatörü, BIOPAC HSTM01 uyarım elektrodu ve kayıtlamalar için BIOPAC EL254S ile EL254 elektrotları (Şekil 10) kullanıldı.



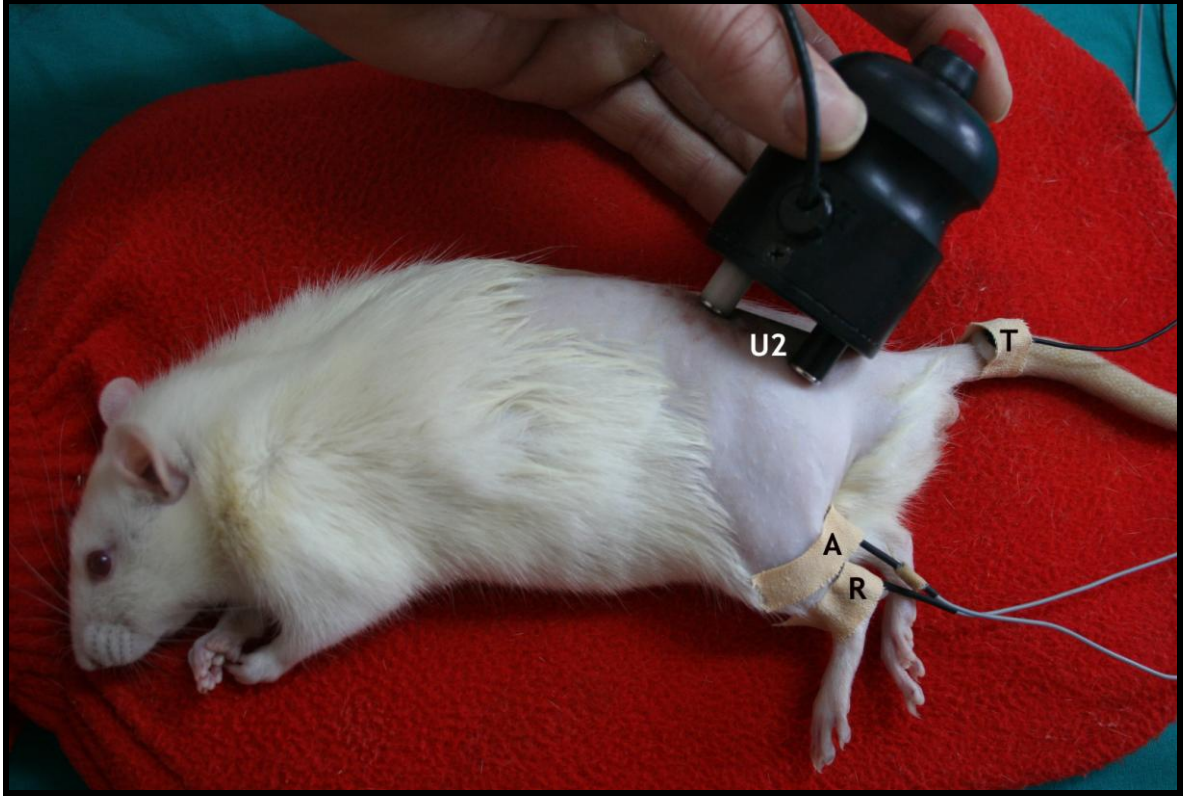
Şekil 10. Kayıt elektrodu (aktif ve referans EL254S, toprak EL254).

Proksimal motor latans için uyarı elektrod nervus ischiadicus'u uyarmak için 4.-6. lumbal omurlar arasına yerleştirildi (Şekil 11).



Şekil 11. Proksimal uyarım noktası (U1), aktif kayıt elektrodu (A), referans kayıt elektrodu (R), toprak elektrodu (T).

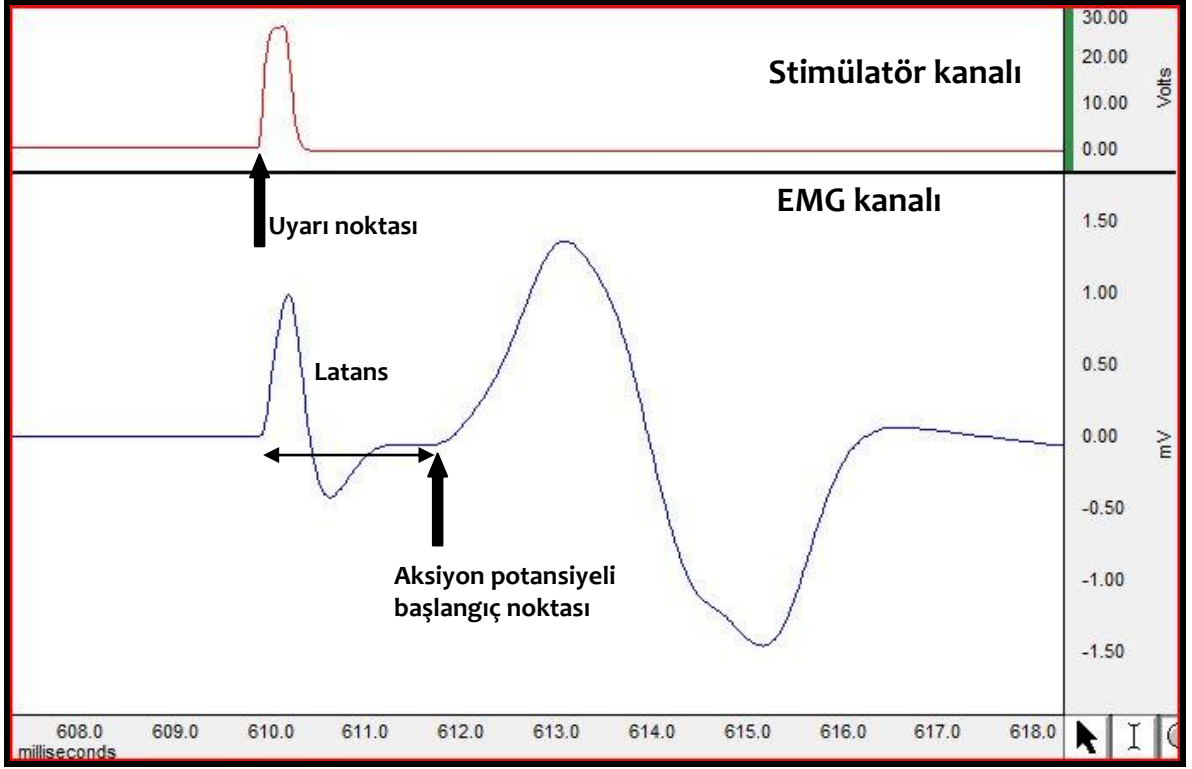
Distal motor latans, ve H-refleksi için uyarımlar trochanter major düzeyinden n. ischiadicus'un uyarımıyla gerçekleştirildi (Şekil 12).



Şekil 12. Distal uyarım noktası U2, aktif kayıt elektrodu A, referans kayıt elektrodu R, toprak elektrodu T.

Tüm uyarımlarda kayıt musculus gastrocnemius'dan alındı. Kayıtlamalar için aktif elektrot kasın venter'ine, referans elektrodu kasın tendosu üzerine ve toprak elektrodu da kuyruğa yerleştirildi (Şekil 10). Proximal motor latans için uyarım şiddeti (supramaksimal) 25-35 Volt; distal motor latans için ise 20-25 Volt olarak uygulandı. H-refleksi için uyarım şiddeti distal motor latans uyarı şiddetinin 1/3'ü olacak şekilde uygulandı.

Ardışık olarak 1 Hz frekanslı, 0.1 ms süreli ve 1 sn aralıklı verilen beş uyarı sonrası elde edilen aksiyon potansiyelleri kaydedildi. ENMG sinyali kazanç 2500, band genişliği 0.5 Hz - 5 kHz olacak şekilde büyütüldü ve örnekleme düzeyi saniyede 25 kHz olarak düzenlendi. Bu cevaplar Biopac BSL Pro versiyon 3.6.7 programı kurulu olan bir bilgisayar aracılığıyla analiz edildi. Latans değerleri için stimulusun verildiği noktadan aksiyon potansiyelin şekillenmeye başladığı noktaya kadar geçen süre kullanıldı (Şekil 11).



Şekil 13. Aksiyon potansiyeli kayıt örneği.

İki uyarım noktası arasındaki mesafe pergel kullanılarak ölçüldü. Daha sonra bir cetvel ile pergelin iki ucu arasında uzaklık mm cinsinden kaydedildi.

Kayıt elektrodu kas üzerine yerleştirilip kası innerve eden motor sinir belirtilen şiddette elektriklerle uyarılarak kastan birleşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) elde edildi. Elektriksel uyarımın verildiği andan potansiyelin başlangıç noktasına kadar geçen süre distal latans adını alır. Bu cevap sinirin iletim süresi, nöromusküler ileti zamanı ve kas membranında elektriksel ileti zamanını kapsar.

Motor sinir ileti hızı ölçümü için kayıt koşullarını değiştirmeksizin aynı sinirin daha proksimal bir noktasından sinir tekrar elektriklerle uyarılıp kastan yeni bir BKAP elde edildi. Proksimal latanstaki distal latansın çıkarılması ile latans değeri elde edildi. Bu iki ölçüm noktası arasındaki mesafe ölçülerek latansın mesafeye bölünmesi ile sinir iletim hızı hesaplandı.

2.5. İstatistiksel Analiz

Verilerin değeriendirilmesinde SPSS 10.0 paket programı kullanıldı. Her değışken için aritmetik ortalama ($\bar{X}$) ve ortalamanın standart sapması (S) belirlendi. Grup ortalamaları ve haftalar arasındaki farkın önem kontrolleri tek yön varyans analizi (ANOVA) ile belirlendi. Gruplar arasında farkın önemli olduğu durumlarda farkın hangi gruptan kaynaklandığını saptamak için Tukey testi kullanıldı. Gruplar arası önemlilik; ÖD: Önemli değil, * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ şeklinde verildi.

3. BULGULAR

Hem dişilerde hem de erkeklerde sedanter ve gezersiz gruplarının ağırlık ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık tespit edilmedi. Ancak bu grupları oluşturan dişiler ve erkekler arasında her ağırlık tartım döneminde canlı ağırlık açısından anlamlı farklılık bulundu (izelge 3).

Çizelge 3. Grupların canlı ağırlık değerleri (g). S: sedanter grup, Y: yüzücü grup, K: koşucu grup

	Dişi						ERKEK						
	S		Y		K		S		Y		K		F
Haftalar	n	X(S)	n	X(S)	n	X(S)	N	X(S)	N	X(S)	n	X(S)	
0.	7	156.29(9.86) ^{bC}	7	161.29(11.19) ^{bD}	7	161.43(12.11) ^{bC}	7	205.85(19.19) ^{aD}	7	214.29(22.29) ^{aC}	7	207.57(15.01) ^{aD}	21.97 ^{***}
1.	7	164.14(9.65) ^{bBC}	7	167.00(10.82) ^{bCD}	7	173.14(12.06) ^{bBC}	7	233.14(23.43) ^{aCD}	7	224.43(26.63) ^{aBC}	7	227.14(15.76) ^{aCD}	24.84 ^{***}
2.	7	169.00(9.73) ^{bABC}	7	175.14(8.82) ^{bBCD}	7	171.86(12.25) ^{bBC}	7	240.29(18.72) ^{aBCD}	7	238.43(24.70) ^{aABC}	7	233.29(17.46) ^{aBCD}	34.09 ^{***}
3.	7	172.86(11.31) ^{bABC}	7	183.14(9.96) ^{bABC}	7	181.14(13.35) ^{bABC}	7	252.71(19.94) ^{aABC}	7	249.57(23.11) ^{aABC}	7	245.14(14.58) ^{aABC}	40.44 ^{***}
4.	7	177.86(10.14) ^{bAB}	7	182.71(10.95) ^{bABC}	7	188.67(15.41) ^{bAB}	7	263.71(17.62) ^{aABC}	7	253.71(24.69) ^{aABC}	7	252.29(21.99) ^{aABC}	36.24 ^{***}
5.	7	180.71(11.37) ^{bAB}	7	190.71(9.48) ^{bAB}	7	197.83(16.92) ^{bAB}	7	269.86(20.65) ^{aAB}	7	262.00(27.50) ^{aAB}	7	262.71(16.61) ^{aAB}	36.31 ^{***}
6.	7	185.43(11.52) ^{bA}	7	191.86(12.85) ^{bAB}	7	198.67(15.24) ^{bAB}	7	272.43(18.03) ^{aAB}	7	268.86(27.25) ^{aA}	7	268.43(19.18) ^{aA}	38.37 ^{***}
7.	7	184.71(11.19) ^{bA}	7	192.86(8.03) ^{bA}	7	203.67(19.80) ^{bA}	7	278.00(19.44) ^{aA}	7	271.57(26.51) ^{aA}	7	274.86(22.89) ^{aA}	38.20 ^{***}
8.	7	184.14(12.25) ^{bA}	7	196.00(8.85) ^{bA}	7	205.00(17.31) ^{bA}	7	283.29(22.85) ^{aA}	7	277(28.00) ^{aA}	7	277.17(23.66) ^{aA}	37.28 ^{***}
F	6,25 ^{***}		9,99 ^{***}		7,17 ^{***}		10,95 ^{***}		4,98 ^{***}		11,03 ^{***}		

***P<0.001. ^a, ^b, aynı satırda farklı harfler arasında istatistiksel farklılık vardır. A, B, C, D, aynı sütunda farklı harfler arasında istatistiksel farklılık vardır.

Tüm grupların kendi içinde haftalık canlı ağırlık değişim sonuçları değerlendirildiğinde; sedanter dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 4., 5., 6., 7., 8., haftalar arasında, 1. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı ağırlık artışının olduğu tespit edildi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan ağırlık ölçümlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ağırlık artışının olmadığı gözlemlendi (Çizelge 3).

Yüzücü dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 7., 8. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı ağırlık artışının olduğu tespit edildi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan ağırlık ölçümlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ağırlık artışının olmadığı gözlemlendi (Çizelge 3).

Koşucu dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 7., 8. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı ağırlık artışının olduğu tespit edildi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan ağırlık ölçümlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ağırlık artışının olmadığı gözlemlendi (Çizelge 3).

Sedanter erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 7., 8. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı ağırlık artışının olduğu tespit edildi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan ağırlık ölçümlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ağırlık artışının olmadığı gözlemlendi (Çizelge 3).

Yüzücü erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı ağırlık artışının olduğu tespit edildi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan ağırlık ölçümlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ağırlık artışının olmadığı gözlemlendi (Çizelge 3).

Koşucu erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında

istatistiksel olarak anlamlı ağırlık artışının olduğu tespit edildi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan ağırlık ölçümlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ağırlık artışının olmadığı gözlemlendi (Çizelge 3).

Çizelge 4. Grupların motor sinir iletim hızı değerleri(m/sn). S: sedanter grup, Y: yüzücü grup, K: koşucu grup

	DİŞİ						ERKEK						F
	S		Y		K		S		Y		K		
Haftalar	n	X(S)	n	X(S)	n	X(S)	n	X(S)	n	X(S)	n	X(S)	
0.	6	49.90(3.13) ^C	6	48.94(2.50) ^D	6	49.87(2.93) ^C	7	48.96(3.38) ^B	6	49.72(3.50) ^D	6	47.38(3.73) ^C	0.53 ^{OD}
1.	6	53.15(1.56) ^C	7	56.94(2.56) ^C	7	54.95(3.57) ^{BC}	6	52.54(2.65) ^B	7	56.94(2.56) ^C	7	54.96(3.16) ^B	2.84 ^{OD}
2.	6	57.89(1.79) ^B	7	59.67(1.18) ^B	7	59.59(1.65) ^{AB}	6	60.00(2.52) ^A	6	60.23(1.35) ^{BC}	7	60.15(1.38) ^A	1.64 ^{OD}
3.	7	60.88(3.01) ^{AB}	7	61.19(2.13) ^{AB}	7	59.08(4.19) ^{AB}	7	59.61(3.01) ^A	7	60.87(1.10) ^{BC}	7	62.21(2.29) ^A	1.14 ^{OD}
4.	7	62.71(2.04) ^A	7	60.62(2.02) ^{AB}	6	64.02(2.81) ^A	6	62.79(1.96) ^A	6	62.15(2.31) ^{AB}	7	63.47(2.15) ^A	1.87 ^{OD}
5.	5	61.80(1.98) ^{AB}	7	63.49(1.92) ^A	6	62.95(3.27) ^A	7	62.26(1.88) ^A	6	63.39(2.27) ^{AB}	7	64.23(1.40) ^A	1.02 ^{OD}
6.	7	61.02(1.28) ^{AB}	7	64.07(1.23) ^A	6	63.21(2.11) ^A	6	63.66(2.72) ^A	6	65.45(2.52) ^A	7	63.78(2.71) ^A	2.96 ^{OD}
7.	6	62.02(1.79) ^{AB}	7	63.22(2.77) ^{AB}	6	64.16(1.87) ^A	5	62.10(2.62) ^A	6	62.93(2.52) ^{AB}	6	63.17(2.66) ^A	0.65 ^{OD}
8.	5	60.62(2.71) ^{AB}	7	62.50(2.98) ^{AB}	6	62.26(2.31) ^A	6	61.79(2.33) ^A	6	63.86(1.98) ^{AB}	6	64.45(2.25) ^A	1.98 ^{OD}
F	24,36 ^{***}		33,09 ^{***}		16,80 ^{***}		24,59 ^{***}		26,33 ^{***}		3,13 ^{***}		

ÖD: Önemli değil, ***P<0.001. A, B, C, D, aynı sütunda farklı harfler arasında istatistiksel farklılık vardır.

Sedanter, yüzücü ve koşucu grupları oluşturan hem dişilerin hem de erkeklerin kendi aralarında motor sinir iletim hızı tespiti yapılan hiçbir dönemde istatistiksel farklılık gözlenmedi. Benzer şekilde erkek hayvanlar ve dişi hayvanlar arasında da motor sinir iletim hızı için ölçüm yapılan hiçbir zamanda istatistiksel farklılık saptanmadı (Çizelge 4).

Tüm grupların kendi içinde haftalık motor sinir iletim hızı değerleri karşılaştırıldığında; sedanter dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 4. hafta arasında alınan motor sinir iletim hızı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan motor sinir iletim hızı değerinde istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 4).

Yüzücü dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 5., 6. haftalar arasında alınan motor sinir iletim hızı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan motor sinir iletim hızı değerinde istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 4).

Koşucu dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında alınan motor sinir iletim hızı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan motor sinir iletim hızı değerinde istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 4).

Sedanter erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında alınan motor sinir iletim hızı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan motor sinir iletim hızı değerinde istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 4).

Yüzücü erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 6. hafta arasında, 3. hafta ile 6. hafta arasında alınan motor sinir iletim hızı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan motor sinir iletim hızı değerinde istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 4).

Koşucu erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında alınan motor sinir iletim hızı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan motor sinir iletim hızı değerinde istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 4).

Çizelge 5. Grupların H-refleksi latans değerleri. S: sedanter grup, Y: yüzücü grup, K: koşucu grup

	DİŞİ						ERKEK						
	S		Y		K		S		Y		K		F
Haftalar	n	X (S)	n	X (S)	n	X (S)	N	X (S)	n	X (S)	n	X (S)	
0.	6	5.51(0.13) ^A	6	5.25(0.23) ^A	7	5.42(0.19) ^A	7	5.26(0.18) ^{AB}	6	5.57(0.32) ^A	6	5.44(0.12) ^A	2.52 ^{ÖD}
1.	6	5.32(0.17) ^B	7	5.33(0.15) ^A	7	5.26(0.11) ^A	6	5.43(0.12) ^A	7	5.33(0.15) ^{AB}	7	5.31(0.13) ^A	0.99 ^{ÖD}
2.	6	5.32(0.17) ^{abC}	7	5.18(0.04) ^{bB}	7	5.26(0.11) ^{abB}	6	5.43(0.12) ^{aBC}	7	5.33(0.15) ^{abBC}	7	5.31(0.13) ^{abB}	2.79 [*]
3.	7	4.97(0.04) ^{abC}	7	4.86(0.09) ^{abB}	7	4.94(0.04) ^{bB}	7	5.04(0.08) ^{aCD}	7	4.94(0.03) ^{abCD}	6	4.90(0.11) ^{bBC}	5.14 ^{***}
4.	5	4.94(0.04) ^{abC}	6	4.93(0.03) ^{abB}	5	4.89(0.05) ^{abB}	5	4.95(0.03) ^{aCD}	5	4.94(0.06) ^{abDE}	6	4.85(0.05) ^{bC}	3.34 [*]
5.	6	4.93(0.03) ^{abC}	6	4.86(0.03) ^{cB}	6	4.81(0.07) ^{cB}	7	4.96(0.03) ^{aCD}	6	4.85(0.03) ^{cDEF}	5	4.87(0.04) ^{bcBC}	10.99 ^{***}
6.	6	4.94(0.05) ^{aC}	6	4.60(0.09) ^{bC}	6	4.57(0.01) ^{bC}	7	5.07(0.22) ^{aBCD}	7	4.68(0.10) ^{bEFG}	7	4.60(0.06) ^{bD}	19.71 ^{***}
7.	6	4.89(0.02) ^{aC}	5	4.58(0.12) ^{bC}	5	4.46(0.09) ^{bC}	6	4.88(0.02) ^{aCD}	6	4.61(0.13) ^{bFG}	6	4.59(0.08) ^{bD}	24.39 ^{***}
8.	6	4.86(0.03) ^{aC}	6	4.44(0.07) ^{cC}	4	4.51(0.06) ^{cC}	5	4.85(0.05) ^{aD}	7	4.49(0.03) ^{cG}	6	4.62(0.06) ^{bD}	82.36 ^{***}
F	45,11 ^{***}		42,54 ^{***}		63,10 ^{***}		14,86 ^{***}		44,17 ^{***}		76,51 ^{***}		

ÖD: Önemli değil, *** P<0.001, * P<0.05. a, b,c, aynı satırda farklı harfler arasında istatistiksel farklılık vardır. A, B, C, D, E, F, G, aynı sütunda farklı harfler arasında istatistiksel farklılık vardır.

Çalışmanın başlangıcı döneminde ve 1. haftasında alınan H-refleksi değerlerinde sedanter, yüzücü ve koşucu gruplarındaki hem dişi hayvanların kendi aralarında hem de erkek hayvanların kendi aralarında istatistiksel farklılık tespit edilmedi. Aynı süreler içerisinde erkek ve dişi hayvanlar arasında da H-refleksinin latans değeri açısından da istatistiksel farklılık tespit edilmedi (Çizelge 5).

Çalışmanın 2. haftasında alınan H-refleks latans değerinde hem erkek hayvanların hem de dişi hayvanların kendi aralarında istatistiksel farklılık gözlenmezken; yüzücü dişi ve sedanter erkek gruplarının H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık saptandı (Çizelge 5).

Çalışmanın 3. haftasında H-refleks latans değerinde hem erkek hayvanların hem de dişi hayvanların kendi aralarında istatistiksel farklılık tespit edilmedi. Ancak bu ölçüm döneminde yüzücü dişi ve koşucu erkeklere ait H-refleks latans değerlerinin sedanter erkek H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlemlendi (Çizelge 5).

Çalışmanın 4. haftasında H-refleks latans değerinde dişi hayvanların kendi aralarında istatistiksel farklılık tespit edilmezken; bu ölçüm döneminde erkek hayvanların oluşturduğu koşucu erkek ve sedanter erkek gruplarının H-refleks latans değeri arasında istatistiksel olarak farklı olduğu saptandı (Çizelge 5).

Çalışmanın 5. haftasında yüzücü ve koşucu grupları oluşturan dişilerin H-refleks latans değerinin, sedanter dişi grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık bulundu. Aynı dönemde yüzücü ve koşucu grupları oluşturan erkeklerin H-refleks latans değerinin, sedanter erkek grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlemlendi. Erkek ve dişi hayvanlar arasında; yüzücü ve koşucu dişilerin H-refleks latans değeri ile sedanter erkek grubun H-refleks latans değeri arasında, sedanter dişilerin H-refleks latans değeri ile yüzücü erkek grubun H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu bulundu (Çizelge 5).

Çalışmanın 6. haftasında yüzücü ve koşucu gurupları oluşturan dişilerin H-refleks latans değerinin, sedanter diş grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık bulundu. Aynı dönemde yüzücü ve koşucu gurupları oluşturan erkeklerin H-refleks latans değerinin, sedanter erkek grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlemlendi. Erkek ve diş hayvanlar arasında; yüzücü ve koşucu dişilerin H-refleks latans değeri ile sedanter erkek grubun H-refleks latans değeri arasında, sedanter dişilerin H-refleks latans değeri ile yüzücü ve koşucu erkeklerin H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu bulundu (Çizelge 5).

Çalışmanın 7. haftasında yüzücü ve koşucu gurupları oluşturan dişilerin H-refleks latans değerinin, sedanter diş grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık bulundu. Aynı dönemde yüzücü ve koşucu gurupları oluşturan erkeklerin H-refleks latans değerinin, sedanter erkek grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlemlendi. Erkek ve diş hayvanlar arasında; yüzücü ve koşucu dişilerin H-refleks latans değeri ile sedanter erkek grubun H-refleks latans değeri arasında, sedanter dişilerin H-refleks latans değeri ile yüzücü ve koşucu erkeklerin H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu bulundu (Çizelge 5).

Çalışmanın 8. haftasında yüzücü ve koşucu gurupları oluşturan dişilerin H-refleks latans değerinin, sedanter diş grubu H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık bulundu. Aynı dönemde sedanter, yüzücü ve koşucu gurupları oluşturan erkeklerin H-refleks latans değerlerinin arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlemlendi. Erkek ve diş hayvanlar arasında; yüzücü ve koşucu dişilerin H-refleks latans değeri ile sedanter ve koşucu erkek gurupların H-refleks latans değeri arasında, sedanter dişilerin H-refleks latans değeri ile yüzücü ve koşucu erkeklerin H-refleks latans değeri arasında, sedanter, yüzücü ve koşucu dişilerin H-refleks latans değeri ile koşucu erkeklerin H-refleks latans değeri arasında istatistiksel farklılık olduğu bulundu (Çizelge 5).

Tüm gurupların kendi içinde haftalık H-refleks latans değerleri karşılaştırıldığında; sedanter dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında H-refleks latans değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı azalışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda

alınan H-refleks latans değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 5).

Yüzücü ve koşucu dişilerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında, 3. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında, 4. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında, 5. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında H-refleks latans değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı azalışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan H-refleks latans değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 5).

Sedanter erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 8. hafta arasında H-refleks latans değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı azalışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan H-refleks latans değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 5).

Yüzücü erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 3. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında, 4. hafta ile 7., 8. haftalar arasında, 5. hafta ile 8. hafta arasında H-refleks latans değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı azalışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan H-refleks latans değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 5).

Koşucu erkeklerde başlangıç ölçümü haftası (0) ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 1. hafta ile 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. haftalar arasında, 2. hafta ile 4., 6., 7., 8. haftalar arasında, 3. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında, 4. hafta ile 6., 7., 8. haftalar arasında, 5. hafta ile 6., 7., 8. Haftalar arasında H-refleks latans değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı azalışının olduğu gözlemlendi. Ancak bu grupta diğer haftalarda alınan H-refleks latans değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 5).

4. TARTIşMA

Belirli bir egzersiz şiddetinde kassal yorgunluk olmaksızın veya yorgunluğa rağmen aktiviteye devam edebilme kapasitesi dayanıklılık olarak adlandırılır (Ergen 2007). Bir sporcunun fiziki ve fizyolojik yorgunluğa dayanma gúcünü arttırmaya yönelik olarak yapılan egzersizler bütünü dayanıklılık antrenmanı/egzersizi olarak tanımlanmaktadır (Sevim 1997). Dayanıklılık antrenmanı süresince vücudun tüm performans öğeleri gelişerek fiziki yorgunluğa rağmen aktiviteye devam edebilme kapasitesi artar. Antrenman sporcunun enerji oluşum sistemlerini, kuvvetini ve motorik özelliklerini geliştirir (Casaburi 1992, Dishman ve ark 2006, Ergen 2007). Devam eden antrenman süresince kaslarda ve diğer sistemlerde yapısal ve fizyolojik uyumun şekillendiği bilinmektedir. Ancak bu uyumun kesin mekanizmalarının tespiti halen araştırma konusudur (Casaburi 1992). Bu çalışmada iki farklı dayanıklılık egzersizinin periferik sinir üzerine olan bazı etkileri araştırıldı. Çalışmada Huang ve ark (2003) tarafından ratlarda tanımlanmış olan dayanıklılık antrenman programı uygulandı. Uygulanan dayanıklılık antrenmanı programlarının periferik sinir üzerine olası etkilerini tespit etmek amacıyla sinir iletim hızı ve Hoffman refleks latansı değerleri elektronöromiyografi tekniği ile değerlendirildi.

Sinir iletim hızının laboratuvar ortamı ve çalışma tekniği gibi fiziksel koşullar ile cinsiyet ve yaş gibi fizyolojik parametrelerden etkilendiği bildirilmektedir (Delbeke ve ark 1978, Hennessey ve ark 1994, Quan ve Bird 1999). Tüm bu koşulların benzer olduğu durumlarda bile farklı laboratuvar koşullarında farklı iletim değerleri de tespit edilmiştir (Amarenco ve Kerdraon 2000). Ancak sinir iletim çalışmalarında uygulamanın yapıldığı laboratuvar ortamı sıcaklığı ve deneğin vücut sıcaklığının normal fizyolojik sınırlar içerisinde tutulmasının gerekli olduğu bildirilmiştir (Stanley 1981). İnsanlarda motor sinir iletiminde 29-38 °C arasındaki sıcaklıkta her 1 °C'lik bir azalmanın 2,4 m/sn'lik bir yavaşlamaya sebep olacağı saptanmıştır (Oh 1993, Ertekin 2006). Bu çalışmada ortam sıcaklığının sinir iletim hızı üzerine olabilecek olumsuz etkilerinin önüne geçmek amacıyla uygulamalar süresince laboratuvar ortamı sıcaklığı 22 ±1 °C'de sabit tutulmuştur. Ayrıca ratlar sinir iletimi çalışmaları

boyunca sıcak su torbaları üzerinde tutularak ölçümleri alınmıştır. Böylece vücut ısısının fizyolojik sınırlar içerisinde tutulması sağlanmış, sıcaklığın sinir iletim hızı üzerine olan değişkenlik etkisinin olabildiğince önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Cinsiyetin sinir iletim hızına etkisi konusunda ortak bir görüş bulunmamaktadır (Oh 2003). Cinsiyetin sinir iletim hızını etkileyen fizyolojik bir faktör olduğunu ortaya koyan çalışmalar (Lafratta ve Smith 1964, Lang ve ark 1977) olduğu gibi, cinsiyetin sinir iletim hızı üzerine etkisinin olmadığı yönünde çalışmalar da (Wagman ve Lesse 1952, Wyrick ve Duncan 1970) bulunmaktadır. Bu çalışmada elde edilen motor sinir iletim hızı değerlerinin erkek ve dişi hayvanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığının olmadığı saptanmıştır.

Yaş sinir iletim hızına etkiyen önemli bir değişkendir (Sato ve ark 1985, Garcia ve ark 2000). Wistar ırkı ratların 28-300 günlük yaş döneminde miyelinli sinirlerinin iletim hızının kademeli bir artış gösterdiği, 300-700 günlük yaşta aynı seviyede kaldığı ve 700-900 günlük dönemdeyse %10-15'lik bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Sato ve ark 1985). Bu çalışmada kullanılan Wistar ırkı ratların çalışma başlangıcındaki yaşları 10 haftalık yaş olan genç erişkin dönemidir. Çalışma toplamda 8 hafta sürmüştür ve motor sinir iletim hızı değerleri haftalık olarak alınmıştır. Dolayısıyla çalışmada tespit edilen motor sinir iletim hızları 10.-18. haftalar arasındaki motor sinir iletim hızlarını ifade etmektedir. Çalışmanın sedanter erkek grubu motor sinir iletim hızı değerlerinde çalışmanın 2. ve sonraki haftaları arasında istatistiksel anlamlı bir artış gözlenmemiştir. Aynı grupta çalışmanın 0. ve 1. haftaları arasında da anlamlı bir farklılık gözlenmezken; çalışmanın 0. ve 1. haftaları ile diğer haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir sinir iletim hızı artışı tespit edilmiştir ($P<0.001$). Sedanter dişi grubu motor sinir iletim hızı değerlerinde çalışmanın 3. ve sonraki haftalar arasında anlamlı bir artış gözlenmezken; çalışmanın 0., 1. ve 2. haftaları ile diğer haftaları arasında istatistiksel anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P<0.001$). Bu çalışmada dayanıklılık antrenmanına tabi tutulmayan sedanter dişi ve erkek grupları motor sinir iletim değerlerinin Sato ve ark (1985) tarafından sunulan bulgulara uygun olduğu görülmüştür.

Ratlarda dayanıklılık antrenmanın sinir iletim hızı üzerine etkisini araştıran çalışma ile karşılaşılmamıştır. Ancak ratlarda günlük yüksek yoğunluktaki güç antrenmanının hem akson çapını hem de miyelinizasyonu azalttığı bildirilmiştir (Roy ve ark 1983, Andersson ve

Edstrom 1957). Bununla birlikte ratlarda haftada 3 gün yarım saat süresince ve 10 ay boyunca yapılan yüzme antrenmanının m. gastrocnemius'un motor sinirinin akson çapı, sinir lifi yoğunluğu ve sinir demeti yüzey alanı gibi morfolojik yapılarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olduğu da bildirilmiştir (Kanda ve Hashizume 1998). Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar antrenmanın sinir iletiminde önemli bir etkiye sahip olan periferik sinirin morfolojik yapısında değişimlere neden olabildiğini göstermiştir.

Farklı spor branşındaki sporcularda sinir iletim hızını araştıran birçok kesitsel çalışma bulunmaktadır (Lastovka 1969, Upton ve Radford 1975, Hoyle ve Holt 1983, Kamen ve ark 1984). Bu çalışmalardan bazılarında kuvvet sporcularının dayanıklılık sporcularından daha hızlı sinir iletim değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Kamen ve ark 1984). Bazı çalışmalar ise sprinterlerin diğer grup sporculardan daha yavaş sinir iletim hızına sahip olduğunu göstermiştir (Ross ve ark 2001). Bununla birlikte kuvvet ve dayanıklılık sporcuları arasında sinir iletimi açısından bir farklılık olmadığı da belirtilmektedir (Upton ve Radford 1975). Spor branşları arasında sinir iletim hızının değerlendirilmesi açısından ortak bir görüş bulunmamaktadır (Ross ve ark 2001). Sinir iletim hızında antrenman süresince oluşan değişimi ortaya koyan prospektif bir çalışmada ise 14 hafta boyunca 48 saatlik aralıklarla ve 10 dakika süre ile yapılan sürat koşusu antrenmanında, sinir iletim hızında bir artış olduğu gözlenmiştir (Sleivert ve ark 1995). Antrenmanla birlikte oluşan periferik sinir adaptasyonunun antrenmanın sıklığı ile ilgili olabileceği; antrenman sıklığı ve şiddetinin de sinir iletim hızını etkileyebileceği bildirilmektedir (Ross ve ark 2001). Bu çalışmada yüzücü dişi gruba ait motor sinir iletim değerlerinde 0. hafta ile 2. hafta arasında anlamlı bir farklılık bulunurken, 3. haftadan 8. haftaya kadar motor sinir iletim hızında anlamlı bir artışın olmadığı gözlenmiştir. Koşucu dişi, yüzücü erkek ve koşucu erkek gruplarında ise çalışmanın 2. haftasından itibaren 8. haftaya kadar olan sürede motor sinir iletim hızında anlamlı bir artış gözlenmemiştir. Çalışmanın sedanter grupları ile antrenman gruplarının haftalık motor sinir iletim hızı değerleri incelendiğinde, bu değerlerin tüm gruplarda benzer bir artışa sahip olduğu görülmektedir. Sonuçlar, motor sinir iletim hızının tüm gruplarda 2. ya da 3. haftadan itibaren 8. haftaya kadar olan sürede anlamlı bir artış şekillenmediğini göstermiştir. Tüm gruplarda ilk 2-3 hafta içerisindeki motor sinir iletim hızı değerindeki istatistiksel anlamlı artışın yaşa bağlı olarak ortaya çıkan bir değişim olduğu kanısına varılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları ratlarda 8 hafta süresince uygulanan yüzme ve koşma antrenmanının motor sinir iletim hızı üzerine etkisinin olmadığını göstermiştir.

H-refleksi kas ve sinir fonksiyonlarını değerlendirmede elektrofizyoloji laboratuvarlarında en sık kullanılan refleks çalışmasıdır (Özmerdivenli ve ark 2002). H-refleksi çalışması motor nöronun uyarılabilirliğindeki artış ya da azalışı da değerlendirebilmektedir (Ross ve ark 2001). Ratlarda H-refleksi latans değerini araştıran çalışmalarda uyarım ve kayıt yerindeki farklılık nedeniyle çalışma sonuçlarında farklı değerlerin ortaya çıktığı görülmüştür (Stanley 1981, Mattsson ve ark 1984, Pérot ve Almeida-Silveira 1994). H- refleksi çalışmalarında sinirin daha proksimalden ya da distalden uyarılması latansda değişikliğe neden olmaktadır. Sinirin proksimalden uyarılması ile elde edilen H-refleksi latansı distalden uyarımla elde edilen H-refleks latansına göre daha kısadır (Mattsson ve ark 1984, Ertekin 2006). Stanley (1981) tarafından ratlarda yapılan çalışmada arka ayak bileğinden n.tibialis'in uyarımı ve topuktan alınan kayıttaki H-refleksi latans değerinin 6.44 ± 0.41 ms olduğu ortaya konulmuştur. Diğer bir çalışmada ise tibia'nın üst 1/3'ü düzeyinden n. tibialis'in uyarımı ve ayağın plantar yüzünün farklı yerlerinden alınan H-refleks latansı kaydında 10.53 - 9.21 ms arasında değişen değerlere ulaşılmıştır (Mattsson ve ark 1984). Bu çalışmada H-refleksi latans değeri için nervus ischiadicus femur'un trochanter major'u düzeyinden uyarılmış ve kayıtlamalar musculus gastrocnemius'tan alınmıştır. Çalışmada tercih edilen gerek uyarım gerekse kayıt yeri Stanley (1981) ve Mattsson ve ark (1984) na ait çalışmalardakinden daha proksimaldedir. Dolayısıyla elde edilen H-refleks latans değerlerinin (4.44 - 5.57 ms) daha kısa olduğu görülmektedir.

H-refleksinin latans ve amplitüt değerlerini etkileyen birçok faktörün olduğu bilinmektedir. Bu faktörlerden bir tanesi antrenmandır (Özmerdivenli ve ark 2002, Aagaard ve ark 2002, Palmieri ve ark 2004). Antrenmanın motor nöronun uyarılabilirliğini arttırdığı, medulla spinalis düzeyinde grup Ia afferent nöronla motor nöron sinapsında sinaptik inhibisyonu azalttığı ve bu düzeyde motor nöron havuzunda daha fazla sayıda motor nöronun uyarılabilmesine yol açtığı bildirilmektedir (Ross ve ark 2001, Aagaard 2003, Gabriel ve ark 2006). Farklı spor branşlarındaki sporculara ait H-refleks latans değerlerini karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır (Casabona ve ark 1990, Bulut ve ark 2000, Ross ve ark 2001). Örnek olarak sprinterlerin dayanıklılık sporcularından daha küçük H-refleksi yanıtlarına sahip olduğu bildirilmektedir (Ross ve ark 2001). Diğer taraftan voleybolcuların da diğer sporculara göre daha düşük H-refleks yanıtlarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Casabona ve ark 1990). Bulut ve ark. (2000)'na göre futbolcu ve voleybolculara ait H-refleksi latansının sedanterlerle karşılaştırılmasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bir diğer çalışmada kısa mesafe ve uzun mesafe koşucularının H-refleks latans değerinin sedanter grupla karşılaştırılmasında anlamlı farklılık saptanamadığı bildirilmektedir (Özmerdivenli ve ark 2002). Ratlarda

dayanıklılık egzersizinin H-refleks latansı üzerine etkisini araştıran bir çalışmayla karşılaşılmamıştır. Ancak ratlarda 8 hafta süresince haftada 3 kez uygulanan germe-kasılma antrenmanı sonrasında tespit edilen H-refleks latans değerinde kontrol grubu ile antrenman grubu arasında istatistiksel anlamlı farklılığın olmadığı bildirilmiştir (Almeida-Silveira ve ark 1996). Bu çalışmada 0. ve 1. haftada elde edilen H-refleks latans değerlerinde gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Çalışmanın 2. haftasında sedanter erkek ile yüzücü dişi hayvanların H-refleks latans değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. 3. haftada sedanter erkek ile koşucu erkek ve dişilerin H-refleks latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Çalışmanın 4. haftasında ise sedanter erkek grubu ile koşucu erkek grubu H-refleks latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Çalışmanın ilk 4 haftasında elde edilen H-refleks latans değerlerinin sonuçlarına göre sedanter dişi grubun diğer gruplarla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir. Çalışmanın 5. haftasında sedanter erkek grubun diğer antrenman grupları ile sedanter dişi grubun ise koşucu erkek dışındaki diğer antrenman grupları ile aralarında H-refleks latans değerleri açısından anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Ancak çalışmanın 6., 7., ve 8. haftalarında sedanter erkek ve dişi gruplar arasında istatistiksel fark yokken bu grupların diğer antrenman grupları ile aralarında H-refleks latans değerleri açısından anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonuçları uygulanan koşma ve yüzme antrenmanının 6. haftadan itibaren H-refleks latans değerlerinde anlamlı bir değişime (azalma) neden olduğunu göstermiştir.

Her grubun haftalık H-refleks latans değerleri incelendiğinde sedanter dişi grupta 2. hafta ile 8. haftada elde edilen H-refleks latans değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Sedanter erkek grupta ise 1. hafta ile 8. hafta arasında H-refleks latans değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Antrenman gruplarından yüzücü dişi ve koşucu dişi grupların H-refleks latans değerlerinin haftalık değişimleri benzerdir. Bu gruplarda 0. ve 1. haftada H-refleks latans değerleri istatistiksel olarak farklı değildir. 2. haftada önceki haftalarla istatistiksel olarak farklılık gösteren H-refleks latans değeri, 2. haftadan 5. haftaya kadar istatistiksel anlamlı farklılık göstermemiştir. Ancak 6. haftada tekrar istatistiksel anlamlı farklılık göstermiş; 6., 7. ve 8. haftalar arasında da H-refleks latans değerlerinde istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Yüzücü erkek grubunda haftalık H-refleks latans değeri değişimi incelendiğinde 1. ve 3. hafta, 3. ve 6. haftalar arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmüştür. Koşucu erkek grubunda ise H-refleks latans değerleri incelendiğinde 1. ve 2. hafta, 2. ve 4. hafta, 5. ve 6. haftalar arasında anlamlı bir farklılığın

olduğu görülmüştür. Çalışmanın bu sonuçları antrenman gruplarında H-refleks latans değerinin kademeli olarak istatistiksel anlamlı azaldığını ancak sedanter gruplarda bu azalmanın şekillenmediğini göstermiştir.

Dayanıklılık antrenmanlarının kuvvet gelişiminde önemli rol oynayan sinir sisteminde bazı değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Antrenmanın henüz başlangıcında gözle görülür kas hipertrofisi şekillenmeden ortaya çıkan kas gücündeki artışın nöral değişimlerle ilgili olduğu bildirilmektedir (Gabriel ve ark 2006). Supraspinal merkezler, bu merkezlerden inen nöral yollar, medulla spinalis içerisinde yer alan merkezler kas ipliği ve motor sinir arasındaki bağlantıyı sağlayan motor son plak devam eden dayanıklılık antrenmanına adaptasyon göstermektedir. Antrenmanla birlikte periferik sinirin dentrit dallanmasında, akson çapında artış olduğu bildirilmektedir (Gabriel ve ark 2006, Gardiner ve ark 2006). Ayrıca antrenmanın proteinlerin aksonal transportunda artışa neden olduğu, nöromusküler iletim dinamiklerinde gelişmeye ve elektrofizyolojik parametrelerde değişikliğe yol açtığı saptanmıştır (Jasmin ve ark 1988). Yapılan önceki çalışmalar antrenmanın periferik sinirde sinir iletim dinamiklerini etkileyebilecek bazı morfolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olduğunu göstermiştir. Bu çalışmayla ratlarda iki farklı dayanıklılık egzersizinin nervus ischiadicus'tan elde edilen motor sinir iletimi hızı ve nervus tibialis'in H-refleks latans değeri üzerine olası etkileri ve bu etkilerin ortaya çıkış zamanları elektronöromiyografik yöntemle *in-situ* olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda ratlarda 8 hafta süreyle artan yoğunlukla uygulanan yüzme ve koşma antrenmanının motor sinir iletim hızında istatistiksel anlamlı değişime yol açmadığı tespit edilmiştir. Ancak antrenman gruplarında haftalık H-refleks latans değerindeki değişim değerlendirildiğinde, uygulanan dayanıklılık antrenmanının H-refleks latans değerinde anlamlı bir değişime yol açtığı saptanmıştır. Koşma ve yüzme antrenmanı gruplarına ait H-refleks latans değerleri sedanter gruba ait H-refleks latans değerleri ile karşılaştırıldığında 6. haftadan itibaren hem erkek hem de dişilerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiminin (azalmanın) olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Dayanıklılık antrenmanı süresince vücudun tüm performans öğeleri değişerek sporcunun enerji oluşum sistemleri, kuvveti ve motorik özelliklerinin geliştiği bildirilmiştir. Antrenman süresince kaslarda ve diğer sistemlerde yapısal ve fizyolojik uyum şekillenmektedir. Ancak bu uyumun kesin mekanizmaları ve zamanının tespiti halen araştırma konusudur. İnsanlarda ve deney hayvanlarında dayanıklılık antrenmanına uyum sürecinde periferik sinirde ortaya çıkan morfolojik, biyokimyasal ve elektrofizyolojik değişiklikleri ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada sekiz hafta süresince uygulanan iki farklı dayanıklılık egzersizinin motor sinir iletim hızı ve H-refleks latansı gibi elektrofizyolojik parametreler üzerine olan olası etkileri ve bu etkilerin ortaya çıkış zamanlarının elektronöromiyografi yöntemiyle in-situ tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın sonuçları, sekiz hafta süresince artan yoğunlukla uygulanan yüzme ve koşma antrenmanlarının motor sinir iletim hızında istatistiksel anlamlı değişime yol açmadığını göstermiştir. Ayrıca erkek ve dişi hayvanlar arasında motor sinir iletim hızı değerleri açısından istatistiksel anlamlı farklılığının olmadığı saptanmıştır. Ancak α -motor nöronun uyarılabilirliği ve antrenman sonrasındaki değişimleri değerlendirme yeteneğinde olan H- refleksi latans değerinin sedanter gruplara göre antrenman gruplarında anlamlı bir değişime (azalmaya) neden olduğu görülmüştür. Antrenman gruplarında haftalık H-refleks latans değerindeki değişim değerlendirildiğinde, uygulanan dayanıklılık antrenmanının H-refleks latans değerinde anlamlı bir değişime yol açtığı saptanmıştır. Koşma ve yüzme antrenmanı gruplarına ait H-refleks latans değerleri sedanter gruba ait H-refleks latans değerleri ile karşılaştırıldığında 6. haftadan itibaren hem erkek hem de dişilerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiminin (azalmanın) olduğu tespit edilmiştir. H-refleks latans değerlerindeki bu azalmanın antrenmanın motor nöronun uyarılabilirliğini artırması, medulla spinalis düzeyinde grup Ia afferent nöronla motor nöron sinapsında sinaptik inhibisyonu azaltması ve bu düzeyde motor nöron havuzunda daha fazla sayıda motor nöronun uyarılmasına yol açabilmesi nedeniyle oluşabileceği kanısına varılmıştır. Bu çalışma

sonucunda elde edilen bulguların bundan sonra yapılacak olan deneysel çalışmalara katkı sağlanması beklenmektedir.

ÖZET

Kuvvet gelişiminde önemli rol oynayan dayanıklılık antrenmanlarının periferik sinir sisteminde bazı değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Sinir sisteminin birçok yapısı devam eden dayanıklılık antrenmanına adaptasyon göstermektedir. Bu yapılar supraspinal merkezler, bu merkezlerden inen nöral yollar, medulla spinalis içerisinde yer alan merkezler kas ipliği ve motor sinir arasındaki bağlantıyı sağlayan motor son plak olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada sekiz hafta süresince uygulanan iki farklı dayanıklılık egzersizinin motor sinir iletim hızı ve H-refleksi latans değeri üzerine olan etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç için koşma egzersizi, yüzme egzersizi ve sedanter (kontrol) grup olmak üzere 3 grupta toplamda 42 Wistar rat kullanılmıştır. Elektrofizyolojik ölçümler literatürde tanımlanmış olan dayanıklılık egzersizi programlarına tabi tutulmuş ratlarda haftalık olarak kaydedilmiştir.

Çalışmada elde edilen bulgular erkek ve dişi hayvanlar arasında motor sinir iletim hızı değerleri açısından istatistiksel anlamlı farklılığının olmadığını göstermiştir. Ayrıca uygulanan yüzme ve koşma antrenmanlarının motor sinir iletim hızında istatistiksel anlamlı değişime yol açmadığı tespit edilmiştir. Sekiz haftalık antrenman programının antrenman gruplarına ait H-refleksi latans değerlerinde değişime (azalmaya) neden olduğu saptanmıştır. Koşma ve yüzme antrenmanı gruplarına ait H-refleks latans değerleri sedanter gruba ait H-refleks latans değerleri ile karşılaştırıldığında 6. haftadan itibaren hem erkek hem de dişilerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiminin olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada uygulanan dayanıklılık antrenmanı programının ratlarda motor sinir iletimi hızı üzerine etkili olmadığı, antrenman gruplarında H-refleks latans değerinin kademeli olarak istatistiksel anlamlı azaldığı ve sedanter gruplarda bu azalmanın şekillenmediğini sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Dayanıklılık egzersizi, ENMG, H-refleksi, motor sinir iletim hızı, rat

SUMMARY

It has long been known that endurance training is accompanied by changes within the nervous system that play an important role in the development of strength. Many elements of the nervous system exhibit the potential for adaptation in response to endurance training, including supraspinal centres, descending neural tracts, spinal circuitry and motor end plate connections between motoneurons and muscle fibres. In this study, the affect of two different endurance training applied during 8 week on motor nerve conduction velocity and H-reflex latency was researched. For this aim 42 wistar rat used as running, swimming and sedentary groups. Electrophysiologic measurements were taken weekly from rats have been applied endurance training described program in literature.

Results of this study, it was showed that there is no statistical difference between motor nerve conduction velocities of male and female rats. However swimming and running trainings have not an effect on motor nerve conduction velocity. Eight-week training program caused to alteration of H-reflex latency values in training groups. There were a statistical difference between H-reflex latency values of sedentary group and training groups since the sixth week.

Endurance training programme that applied in this study was not efficient on motor nerve conduction velocity of rats. However, while H-reflex latency was gradually decrease in training groups, in sedentary group H-reflex latency was not decreased.

Key words: Endurance training, ENMG, H-reflex, motor nerve conduction velocity, rat

TEŞEKKÜR

Tezimin tüm aşamalarında sonsuz desteğini esirgemeyen Tez Danışmanım Sayın Doç. Dr. Erkut TURAN'a, Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Hasan ERDEN'e, Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyelerinden Sayın Doç. Dr. M. Erkut KARA'ya teşekkürlerimi sunarım. Hocalarımdan sadece akademik çalışmalar konusunda değil, bir akademisyende bulunması gereken bilgi, görgü ve vizyon konusunda da çok şey öğrendim. Bana hayatıma dair kazandırdıkları için çok minnettarım. Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Yüksek Lisans öğrencisi M. Utkan ÖREN'e, Araş. Gör. Gökçe YILDIRIM'a ve Araş. Gör. Figen SEVİL KİLİMCİ'ye, tezim süresince gösterdikleri yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyelerinden Sayın Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÜNSAL'a, doktora öğrencisi arkadaşlarım Ece KOÇ ve M. Alper ERDOĞAN'a tezim süresince göstermiş oldukları yardım için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında yanımda olup bana hep destek olan sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

KAYNAKLAR

Aagaard P (2003) *Training-induced changes in neural function*, Exerc Sport Sci Rev. 31(2):61-67.

Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P (2002) *Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses*, J Appl Physiol. 92(6):2309-2318.

Almeida-Silveira MI, Pérot C, Goubel F (1996) *Neuromuscular adaptations in rats trained by muscle stretch-shortening*, Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 72(3):261-266.

Amarenco G, Kerdraon J (2000) *Clinical value of ipsi- and contralateral sacral reflex latency measurements a normative data study in man*, Neurology and Urodynamics, 19: 565-576

Andersson Y, Edstrom J (1957) *Motor hyper-activity resulting in diameter decrease of peripheral nerves*, Acta Physiol Scand, 39:240-245.

Beaumont E, Gardiner P, (2002) *Effects of daily spontaneous running on the electrophysiological properties of hindlimb motoneurons in rats*, J Physiol. 1;540(Pt 1):129-138.

Beaumont E, Gardiner PF (2003) *Endurance training alters the biophysical properties of hindlimb motoneurons in rats*, Muscle Nerve. 27(2):228-236.

Bompa TO (2003) *Antrenman Kuramı ve Yöntemi*, 2. Baskı, Bağırhan Yayınmevi, S: 362-366, Ankara.

Bulut S, Özmerdivenli R, Kamanlı A, Yoldaş KT, Karacabey K, Gündoğdu C (2000) *Aktif sporcularda H-refleks ve T- refleks latans ve amplitüdleri*, Romatizma. 15(2):117-121

Buschbacher RM (1999) *Normal range for H-reflex recording from the calf muscles*, Am J Phys Med Rehabil. 78(6 Suppl):S75-79.

Capaday C (1997) *Neurophysiological methods for studies of the motor system in freely moving human subjects*, J Neurosci Methods. 27;74(2):201-218.

Casabona A, Polizzi MC, Perciavalle V (1990) *Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects*, Eur J Appl,Physiol Occup Physiol,61(1-2):26-32.

Casaburi R (1992) *Principles of exercise training*, Chest. 101:263-267.

Chiasson RB (1994) *Laboratory Anatomy of The White Rat*, Fifth Ed, McGraw-Hill, p: 18-52, Boston.

Crone C, Hultborn H, Mazières L, Morin C, Nielsen J, Pierrot-Deseilligny E (1990) *Sensitivity of monosynaptic test reflexes to facilitation and inhibition as a function of the test reflex size: a study in man and the cat*, xp Brain Res. (1):35-45.

Delbeke J, Kopec J, McComas AJ (1978) *Effect of age, temperature, and disease on the refractoriness of human nevre and muscle*, J Neurol Neurosurg Psychiatry, 41: 65-71

Desaulniers P, Lavoie PA, Gardiner PF (1998) *Endurance training increases acetylcholine receptor quantity at neuromuscular junctions of adult rat skeletal muscle*, Neuroreport. 16;9(16):3549-3552.

Desaulniers P, Lavoie PA, Gardiner PF (2001) *Habitual exercise enhances neuromuscular transmission efficacy of rat soleus muscle in situ*, J Appl Physiol.90(3):1041-1048.

Dishman RK, Berthoud HR, Booth FW, Cotman CW, Edgerton VR, Fleshner MR, Gandevia SC, Gomez-Pinilla F, Greenwood BN, Hillman CH, Kramer AF, Levin BE, Moran TH,Russo-Neustadt AA, Salamone JD, Van Hoomissen JD, Wade CE, York DA, Zigmond MJ (2006) *Neurobiology of exercise*, Obesity (Silver Spring). 14(3):345-356.

Duchateau J, Semmler JG, Enoka RM (2006) *Training adaptations in the behavior of human motor units*, J Appl Physiol. 101(6):1766-1775.

Dündar U (2000) *Antrenman Teorisi*, 5. Baskı, Bağırzan Yayımevi, S: 194-196, Ankara.

Enoka RM (1997) *Neural adaptations with chronic physical activity*, J Biomech. 30(5):447-455.

Ergen E (2007) *Dayanıklılık ve Sürat Antrenmanının Fizyolojik Temelleri*, Ergen E, Egzersiz Fizyolojisi, 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, S:151-161, Ankara.

Ertekin C (2006) *Sentral ve Periferik EMG*, META Basım Matbaacılık Hizmetleri, s:73-154, 211-231,İzmir.

Fox, Bowers, Foss (1999) *Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri*, 2. Baskı, Bağırzan Yayımevi, Ankara.

Gabriel DA, Kamen G, Frost G (2006) *Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices*, Sports Med. 36(2):133-149.

Garcia A, Calleja J, Antolin FM, Berciano J (2000) *Peripheral motor and sensory nerve conduction studies in normal infants and children*, Clin Neurophysiol, 111: 513-520.

Gardiner P, Dai Y, Heckman CJ (2006) *Effects of exercise training on alpha-motoneurons*, J Appl Physiol. 101(4):1228-1236

Gómez-Pinilla F, Ying Z, Opazo P, Roy RR, Edgerton VR (2001) *Differential regulation by exercise of BDNF and NT-3 in rat spinal cord and skeletal muscle*, Eur J Neurosci. 13(6):1078-1084.

Hebel R, Stromberg MW (1976) *Anatomy of Laboratory Rat*, The Williams & Wilkins Company, p: 18-39, 119-136, Baltimore.

Hennessey WJ, Falco FJE, Braddom RL (1994) *Median and ulnar nerve conduction studies: normative data for young adults*, Arch Phys Med Rehabil, 75: 259-264

Hicks A, Fenton J, Garner S, McComas AJ (1989) *M wave potentiation during and after muscle activity*, J Appl Physiol. 66(6):2606-2610.

Hoyle RJ, Holt LE (1983) *Comparison of athletes and non-athletes on selected neuromuscular test*, Aust Nerv Super, 3(1):13-18

Huang TH, Lin SC, Chang FL, Hsieh SS, Liu SH, Yang RS (2003) *Effects of different exercise modes on mineralization, structure, and biomechanical properties of growing bone*, J Appl Physiol, 95:300-307.

Jasmin BJ, Lavoie PA, Gardiner PF (1988) *Fast axonal transport of labeled proteins in motoneurons of exercise-trained rats*, Am J Physiol, 255:731-736.

Kamen G, Taylor P, Beehler PJ (1984) *Ulnar and posterior tibial nerve conduction velocity in athletes*, Int J Sports Med, 5(1):26-30.

Kanda K, Hashizume K (1998) *Effects of long-term physical exercise on age-related changes of spinal motoneurons and peripheral nerves in rats*, Neurosci Res. 31(1):69-75.

Kutchai HC (1993) *Generation and Conduction of Action Potentials*. In: Berne RM, Levy MN (eds) *Physiology*. 3. ed. Mosby Year Book., p:36-54, St. Louis.

Lafratta CW, Smith OH (1964) *A study of relationship of motor nerve conduction velocity in adult to age, sex and handedness*, Arch Phys Med Rehabil, 45: 407-412

Lang AH, Forsstrom J, Bjorkqvist SE, Kuusela V (1977) *Statistical variation of nerve conduction velocity. An analysis in normal subjects and uraemic patients*, J Neurol Sci, 33: 229-241.

Lastovka M (1969) *The conduction velocity of the peripheral motor nerve fibres and physical training*, Act Nerv Super (Praha),11(4):308

Mattsson JL, Albee RR, Brandt LM (1984) *H-reflex waveform and latency variability in rat*, Fundam Appl Toxicol. 4(6):944-948.

Mayer RF (1963) *Nerve conduction studies in man*, Neurology , 12: 1021-1030.

Misiaszek JE, (2003) *The H-reflex as a tool in neurophysiology: its limitations and uses in understanding nervous system function*, Muscle Nerve. 28(2):144-160.

Murath S, Şahin G, Kalyoncu O (2005) *Antrenman ve Müsabaka*, Yaylın Yayıncılık, S:123-164, İstanbul

Noback NC, Strominger NL, Demarest RJ, Ruggiero DA (2005) *The Human Nervous System Structure and Function*, Sixth Ed, Humana Press, p: 11-41, Totowa, New Jersey.

Noyan A (1990) *Fizyoloji Ders Kitabı*, 7. ed. Meteksan Yayınevi, S: 221-226, Ankara.

Oh SJ (1993) *Clinical Electromyography, Nerve Conduction Studies*, Williams, Baltimore. 3-55, 277-313, 496-574

Ozmerdivenli R, Bulut S, Urat T, Ayar A (2002) *The H- and T-reflex response parameters of long- and short-distance athletes*, Physiol Res. 51(4):395-400.

Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA (2004) *The hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research*, J Athl Train39(3):268-277.

Pérot C, Almeida-Silveira MI (1994) *The human H and T reflex methodologies applied to the rat*, J Neurosci Methods. 51(1):71-76.

Preston DC, Shapiro ES (1998) *Electromyography and Neuromuscular Disorders: Clinical-Electrophysiologic Correlations*, Butterworth-Heinemann. Baltimore, s: 75-85, 207-209.

Quan D, Bird SJ (1999) *Nerve conduction studies and electromyography in the evaluation of peripheral nerve injuries*, The university of pennsylvania orthopaedic journal, 12: 45-51

Robinson LR, Rubner DE, Wahl PW, Fujimoto WY, Stolov WC (1993) *Influences of height and gender on normal nerve conduction studies*, Arch Phys Med Rehabil, 74: 1134-

1138.

Ross A, Leveritt M, Riek S (2001) *Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses*, Sports Med. 31(6):409-425.

Roy RR, Gilliam TB, Taylor JF, Heusner WW (1983) *Activity-induced morphologic changes in rat soleus nerve*, Exp Neurol, 80(3):622-632.

Sato A, Sato Y, Suzuki Harue (1985) *Aging effects on conduction velocities of myelinated and unmyelinated fibers of peripheral nerves*, Neurosci Lett, 53: 15-20.

Sevim Y (1997) *Antrenman Bilgisi*, Beden Eğitimi ve Spor Yayınları, S: 53-58, Ankara.

Sleivert GG, Backus RD, Wenger HA (1995) *The influence of a strength-sprint training sequence on multi-joint power output*, Med Sci Sports Exerc, 27(12):1655-1665.

Soundmand R, Ward LC, Swift TR (1982) *Effect of height on nerve conduction velocity*, Neurology, 32: 407-410.

Stanley EF (1981) *Sensory and motor nerve conduction velocities and the latency of the H reflex during growth of the rat*, Exp Neurol. 71(3):497-506.

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

Upton ARM, Radford PF (1975) *Motoneurone excitability in elite sprinters*, Komi PV (eds), *Biomechanics*, University Park Press, pp: 82-87, V-A. Baltimore (MA).

Vaynman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F (2004) *Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition*, Eur J Neurosci. 20(10):2580-2590.

Vrbová G, Hudlicka O, Centofanti KS (2008) *Application of Muscle/Nerve Stimulation in Health and Disease*, Springer Science + Business Media B.V.,

Wagman IH, Lesse H (1952) *Maximum conduction velocities of motor fibers of ulnar nerve in human subjects of various ages and sizes*, J Neurophysiol, 15: 235-244

Wyrick W, Duncan A (1970) *Within-day trends of motor latency and nerve conduction velocity in males and females*, Am J Phys Med, 49: 307-315.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Almanya Heidelberg’de doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi İzmir ilinde tamamladım. 1996 yılında Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü’nde Üniversite eğitimime başladım ve 2001 yılında mezun oldum. 2002 yılında Adnan Menderes Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu’nda Araştırma Görevliliği sınavını kazandım. Halen Adnan Menderes Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu’nda çalışmaktayım.