

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

**FARKLI ANTRENMAN PROTOKOLLERİNE BAĞLI
OLARAK DEĞİŞEN NÖRAL ADAPTASYON VE
MOTOR ÜNİTE BÜYÜKLÜK İNDEKSİ İLE
YORGUNLUK SEVİYELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
İNCELENMESİ**

Gözde KOÇ ALADEMİR

DOKTORA TEZİ

2018-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

**FARKLI ANTRENMAN PROTOKOLLERİNE BAĞLI
OLARAK DEĞİŞEN NÖRAL ADAPTASYON VE MOTOR
ÜNİTE BÜYÜKLÜK İNDEKSİ İLE YORGUNLUK
SEVİYELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

Gözde KOÇ ALADEMİR

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TDK-2016-1515 proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2018-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼ę¼ne;

Bu alışma j¼rimiz tarafından Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı Spor Bilimleri Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 24/12/2018

İmza

Tez Danışmanı : Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN
Akdeniz ¼niversitesi

¼ye : Prof. Dr. Hilmi UYSAL
Akdeniz ¼niversitesi

¼ye : Prof. Dr. Hayri ERTAN
Eskişehir Teknik ¼niversitesi

¼ye : Doç. Dr. Mehmet ¼ZT¼RK
İstanbul ¼niversitesi

¼ye : Doç. Dr. Asuman şAHAN
Akdeniz ¼niversitesi

Bu tez, Enstit¼ Y¼netim Kurulunca belirlenen yukarıdaki j¼ri ¼yeleri tarafından uygun g¼r¼lm¼ř ve Enstit¼ Y¼netim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Enstit¼ M¼d¼r¼

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

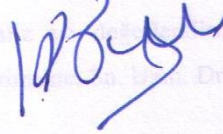


Gözde KOÇ ALADEMİR

İmza

Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN

İmza



TEŐEKKÜR

Doktora eğitimim süresince hem ders dönemi hem de tez çalışmamın planlanması, yürütülmesi gibi her aşamasında tecrübe ve bilgileriyle yol gösteren ve desteğini benden esirgemeyen tez danışmanım Sn. Doç. Dr. K.Alparslan ERMAN'a,

Tez izleme komitemde yer alarak, tezimin planlanması, gerçekleştirilmesi ve yorumlanması aşamalarında beni yönlendiren, ölçümlerin Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilimdalı'nda yapılmasını sağlayan Sn. Prof. Dr. Hilmi Uysal'a,

Tez izleme komitemde yer alarak tezimin her aşamasında gösterdiği destek ve yardımlarından dolayı Sn. Doç. Dr. Asuman Şahan'a,

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında hiç bir yardımını esirgemeyen, bu zorlu ve uzun süreçte her daim yanımda olan Sn. Prof. Dr. Hayri ERTAN'a,

Tez çalışmamın uygulama aşamasında yardımcı olan Sn. Prof. Dr. Abdurrahman AKTOP'a,

Tez çalışmamın tüm süreçlerinde her daim yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Sn. Dr. Öğretim Üyesi Neşe TOKTAŞ'a, Sn. Öğr. Gör. Nurdan TATAR KEMER'e,

Tez çalışmamın izokinetik kuvvet ve dayanıklılık ölçümlerini yapan Sn. Ahsen MERCAN'a,

Tez çalışmamın istatistiksel analiz ve değerlendirmesinde yardımcı olan Akdeniz Üniversitesi İstatistik Danışma Birimi'ne, Sn. Uzm. Dr. Deniz ÖZEL ERKAN'a,

Doktora eğitimim boyunca yardımcı olan Sağlık Bilimleri Enstitüsü personeline,

Her zaman yanımda olan ve yanımda olacağını bildiğim annem Nermin KOÇ'a, babam Ercan KOÇ'a, ablam Özge KOÇ'a ve eşim Tuncay ALADEMİR'e,

teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Kuvvet ve HIIT antrenmanlarına bağlı olarak değişen nöral adaptasyon ve motor ünite büyüklük indeksi ile yorgunluk seviyeleri arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

Yöntem: Araştırmaya 18-30 yaş arası, sağlıklı 62 erkek katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcılar rastgele bir şekilde Kuvvet Antrenman Grubu (n=23), HIIT Antrenman Grubu (n=21) ve Kontrol Grubu (n=18) olarak 3 gruba ayrılmıştır. Antrenman grupları haftada 3 gün antrenman programına katılarak, günde en az 20dk. en fazla 60 dk. olacak şekilde 8 hafta boyunca antrenman yapmıştır. Kontrol grubu ise herhangi bir antrenman protokolüne katılmamıştır. Tüm katılımcılara 8 haftalık antrenman sürecinden önce ve sonra boy ve ağırlık, Hoffmann Refleks, Rekürren İnhibisyon, Presinaptik İnhibisyon, MUNIX, Yüzeysel EMG ile Yorgunluk ölçümü, izokinetik kuvvet ve izokinetik dayanıklılık ölçümleri yapılmıştır. Her grubun kendi içerisindeki değişim ve etkileşimini incelemeye Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. İstatistiksel analizde grup ve zaman farkı elde edilen verilerde ikişerli karşılaştırmaların elde edilebilmesi için Post-Hoc Bonferonni düzeltmesi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon analizi kullanılmıştır.

Bulgular: 8 hafta uygulanan HIIT ve Kuvvet antrenmanlarının izokinetik kuvvet ve dayanıklılığı, motor nöron uyarılabilirliği, rekürren inhibisyon, presinaptik inhibisyon ve motor ünite büyüklük indeksini artırdığı belirlenmiştir ($p<0.01$). HIIT ve Kuvvet antrenmanı gruplarının yorgunluk indekslerinin arttığı saptanmıştır. Yorgunluk indeksi ile presinaptik inhibisyon ve rekürren inhibisyon arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Motor ünite büyüklük indeksi ile Hoffman refleksi arasında pozitif yönde anlamlı ilişkinin olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Yorgunluk indeksi ile motor ünite büyüklük indeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$).

Sonuç: 8 hafta uygulanan HIIT ve Kuvvet antrenmanlarının nöral adaptasyon ve motor ünite büyüklük indeksi ve yorgunluğu geliştirdiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Antrenman, Nöral Adaptasyon, MUSIX, Yorgunluk İndeksi

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to investigate the correlation between strength and HIIT training-induced changing neural adaptation and motor unit size index with fatigue levels.

Method: 62 healthy male participants aged 18-30 years were included to the study. The participants were randomly divided into three groups as Strength Training Group (n=23), HIIT Training Group (n=21) and Control Group (n=18). Training groups participated in the training program 3 days a week, at least 20 min. up to 60 min. training per day for 8 weeks. The control group did not participate in any training protocol. All participants were measured height and weight, Hoffmann Reflex, Recurrent Inhibition, Presynaptic Inhibition, Fatigue measurement with superficial EMG, isokinetic strength, isokinetic endurance and MUNIX before and after 8 weeks of training. Variance Analysis (ANOVA) in Repeated Measures was used to examine the change and interaction of each group. In the statistical analysis, Post-Hoc Bonferonni correction was used in order to obtain multiple comparisons in the data obtained from group and time differences. Pearson Correlation analysis was used to determine the correlation between variables.

Results: It was determined that 8 weeks of HIIT and Strength training increased the isokinetic strength and endurance also motor neuron excitability, recurrent inhibition, presynaptic inhibition and motor unit size index ($p < 0.01$). It was determined that the fatigue index of HIIT and Strength training groups increased ($p < 0.01$). It was determined that there was a significant negative correlation between recurrent inhibition and presynaptic inhibition with fatigue index ($p < 0.01$). It was seen that there was a positive correlation between motor unit size index and Hoffman reflex ($p < 0.05$). There was no statistically significant correlation between fatigue index and motor unit size index ($p > 0.05$).

Conclusion: It can be said that 8 weeks of HIIT and Strength training improved neural adaptation, motor unit size index and fatigue.

Key words: Training, Neural Adaptation, MUSIX, Fatigue Index

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kuvvet Antrenmanı	3
2.2. HIIT Antrenmanı	4
2.3. Nöral Adaptasyon	5
2.3.1. Hoffmann Refleks	5
2.3.2. Rekürren İnhibisyon	6
2.3.3. Presinaptik İnhibisyon	7
2.4. Motor Ünite Sayısı İndeksi (MUNIX) ve Motor Ünite Büyüklik İndeksi (MUSIX)	8
2.5. Kas Yorgunluğu	9
3. GEREÇ ve YÖNTEM	12
3.1. Araştırma Grubu	12
3.1.1. Katılımcıların Gruplandırılması	14
3.2. Kuvvet Antrenmanı Programı	14
3.3. HIIT Antrenmanı Programı	15
3.4. Uygulama Periyodu	16
3.5. Test Dönemlerinde Uygulanan Ölçümler	16
3.5.1. Boy ve Ağırlık Ölçümü	17
3.5.2. İzokinetik Kuvvet Ölçümü Protokolü	18
3.5.3. İzokinetik Dayanıklılık Ölçümü Protokolü	19

3.5.4. Hoffmann Refleks Ölçümü Protokolü	19
3.5.5. Rekürren İnhibisyon Ölçümü Protokolü	20
3.5.6. Presinaptik İnhibisyon Ölçümü Protokolü	21
3.5.7. Motor Ünite Sayısı İndeksi Ölçümü Protokolü (MUNIX)	22
3.5.8. Yüzeysel EMG ile Yorgunluk Ölçümü Protokolü	24
3.6. Verilerin İstatistiksel Analizi	25

4. BULGULAR

4.1. Demografik Özellikler	27
4.2. İzokinetik Kuvvet	28
4.2.1. İzokinetik Diz Ekstansiyon Kuvveti	28
4.2.2. İzokinetik Diz Fleksiyon Kuvveti	30
4.3. İzokinetik Dayanıklılık	32
4.3.1. İzokinetik Diz Ekstansiyon Dayanıklılığı	32
4.3.2. İzokinetik Diz Fleksiyon Dayanıklılığı	34
4.4. Hoffmann Refleks	36
4.4.1. Hmax	36
4.4.2. Mmax	38
4.4.3. H/Mmax	40
4.5. Rekürren İnhibisyon	42
4.6. Presinaptik İnhibisyon	44
4.7. Motor Ünite Sayı İndeksi (MUNIX)	46
4.7.1. MUNIX	46
4.7.2. MUSIX	48
4.7.3. CMAPamp	50
4.8. Yorgunluk İndeksi	52
4.8.1. Diz Ekstansiyon Yorgunluk İndeksi	52
4.8.2. Diz Fleksiyon Yorgunluk İndeksi	53
4.9. Yorgunluk İndeksi ve Nöral Adaptasyon Değişkenleri Arasındaki İlişki	55
4.10. Yorgunluk İndeksi ve MUNIX Değişkenleri Arasındaki İlişki	57
4.11. MUNIX Değişkenleri ile Nöral Adaptasyon Değişkenleri Arasındaki İlişki	57

4.12. EMG Yorgunluk Eşığı	58
5. TARTIŞMA	62
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	



TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Çalışmaya katılan bireylerin fiziksel özellikleri	27
Tablo 4.2. Çalışmaya katılan bireylerin tanımlayıcı istatistikleri	27
Tablo 4.3. Grupların diz ekstansiyon kuvvetinin zamana bağlı değişimi	28
Tablo 4.4. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	28
Tablo 4.5. Diz ekstansiyon kuvveti değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	29
Tablo 4.6. Grupların diz fleksiyon kuvvetinin zamana bağlı değişimi	30
Tablo 4.7. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	30
Tablo 4.8. Diz fleksiyon kuvveti değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	31
Tablo 4.9. Grupların diz ekstansiyon dayanıklılıklarının zamana bağlı değişimi	32
Tablo 4.10. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	32
Tablo 4.11. Diz ekstansiyon dayanıklılığı değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	33
Tablo 4.12. Grupların diz fleksiyon dayanıklılıklarının zamana bağlı değişimi	34
Tablo 4.13. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	34
Tablo 4.14. Diz fleksiyon dayanıklılığı değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	35
Tablo 4.15. Grupların Hmax değişkeninin zamana bağlı değişimi	36
Tablo 4.16. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	36
Tablo 4.17. Hmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	37
Tablo 4.18. Grupların Mmax değişkeninin zamana bağlı değişimi	38
Tablo 4.19. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	38
Tablo 4.20. Mmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	39
Tablo 4.21. Grupların H/Mmax değişkeninin zamana bağlı değişimi	40
Tablo 4.22. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	40
Tablo 4.23. H/Mmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	41
Tablo 4.24. Grupların rekürren inhibisyon değişkeninin zamana bağlı değişimi	42

Tablo 4.25. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	42
Tablo 4.26. Rekürren inhibisyon değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	43
Tablo 4.27. Grupların presinaptik inhibisyon değişkeninin zamana bağlı değişimi	44
Tablo 4.28. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	44
Tablo 4.29. Presinaptik inhibisyon değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	45
Tablo 4.30. Grupların MUNIX değişkeninin zamana bağlı değişimi	46
Tablo 4.31. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	46
Tablo 4.32. MUNIX değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	47
Tablo 4.33. Grupların MUSIX değişkeninin zamana bağlı değişimi	48
Tablo 4.34. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	48
Tablo 4.35. MUSIX değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	49
Tablo 4.36. Çalışmaya katılan bireylerin tanımlayıcı istatistikleri	50
Tablo 4.37. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri	50
Tablo 4.38. CMAP değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması	51
Tablo 4.39. Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin grup içi karşılaştırması	52
Tablo 4.40. Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin gruplar arası karşılaştırması	52
Tablo 4.41. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin grup içi karşılaştırması	53
Tablo 4.42. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin gruplar arası karşılaştırması	54
Tablo 4.43. Yorgunluk indeksi ve nöral adaptasyon değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısı	55
Tablo 4.44. Yorgunluk indeksi ile MUNIX, MUSIX ve CMAPamp değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısı	57
Tablo 4.45. MUNIX, MUSIX ve CMAPamp değişkenleri ile nöral adaptasyon değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısı	57
Tablo 4.46. Grupların yorgunluk eşiği değişkeninin zamana bağlı değişimi	58

Tablo 4.47. Grupların yüzde maksimal istemli kasılmalarının zamana bağılı değişimi	59
Tablo 4.48. EPOK'ların gruplar arası değişimi	59



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Katılımcı sayısının belirlenmesi ve grupların oluşturulması	13
Şekil 3.2. Uygulama periyodu	16
Şekil 3.3. Vücut ağırlığı ve yağ yüzdesi ölçümü	17
Şekil 3.4. İzokinetik kuvvet ölçümü	18
Şekil 3.5. Hoffmann refleks ölçümü	20
Şekil 3.6. Rekürren inhibisyon trasesi	21
Şekil 3.7. Presinaptik inhibisyon trasesi	22
Şekil 3.8. Dönüşüm ve hesaplamalar sonucunda elde edilen MUNIX ve MUSIX kaydı	23
Şekil 3.9. Yüzeysel EMG ile yorgunluk ölçümü	25
Şekil 4.1. Grupların ön test ve son test izokinetik diz ekstansiyon kuvveti değişimi	29
Şekil 4.2. Grupların ön test ve son test izokinetik diz fleksiyon kuvveti değişimi	31
Şekil 4.3. Grupların ön test ve son test izokinetik diz ekstansiyon dayanıklılığı değişimi	33
Şekil 4.4. Grupların ön test ve son test izokinetik diz fleksiyon dayanıklılığı değişimi	35
Şekil 4.5. Grupların ön test ve son test Hmax amplitüdü değişimi	37
Şekil 4.6. Grupların ön test ve son test Mmax amplitüdü değişimi	39
Şekil 4.7. Grupların ön test ve son test H/Mmax değişimi	41
Şekil 4.8. Grupların ön test ve son test rekürren inhibisyon değişimi	43
Şekil 4.9. Grupların ön test ve son test presinaptik inhibisyon değişimi	45
Şekil 4.10. Grupların ön test ve son test MUNIX değişimi	47
Şekil 4.11. Grupların ön test ve son test MUSIX değişimi	49
Şekil 4.12. Grupların ön test ve son test CMAPamp değişimi	51
Şekil 4.13. Grupların ön test ve son test diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değişimi	53

Şekil 4.14. Grupların ön test ve son test diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değişimi	55
Şekil 4.15. Diz fleksiyon Yİ ile presinaptik inhibisyon arasındaki ilişki grafiği	56
Şekil 4.16. Diz fleksiyon Yİ ile rekürren inhibisyon arasındaki ilişki grafiği	56
Şekil 4.17. Zamana bağlı %MVC değişimi	60
Şekil 4.18. Yüzde değişim grafiği	60



SİMGELER ve KISALTMALAR

ALS	: Amyotrofik Lateral Skleroz
BKI	: Beden kütle indeksi
CMAP	: Bileşik Kas Aksiyon Potansiyeli
CMAPamp	: Bileşik Kas Aksiyon Potansiyeli Amplitüdü
CT	: Kritik Tork
EMG	: Elektromiyografi
EMG_{FT}	: EMG Yorgunluk Eşiği
HIIT	: Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman
Hz	: Hertz
H Refleks	: Hoffmann Refleks
ms	: milisaniye
MUNE	: Motor Ünite Sayısının Tahmini
MUNIX	: Motor Ünite Sayı İndeksi
MUSIX	: Motor Ünite Büyüklük İndeksi
mV	: Milivolt
MVC	: Maksimal İstemli Kasılma
RPM	: Dakikadaki Devir Hızı
T_{lim}	: Tükenme Zamanı
VYY	: Vücut Yağ Yüzdesi

Yİ : Yorgunluk İndeksi

W_{lim} : Tork Limiti

1RM : 1 Maksimum Tekrar

η^2 : Etki Büyüklüğü



1. GİRİŞ

İnsan sinir sistemi, farklı antrenman türlerine yüksek oranda adapte olur ve uyum gösterir. Bu nöral adaptasyonlar antrenmana bağlı olarak hem spinal seviyede hem de supraspinal seviyede gerçekleşir. Antrenmanın yöntemi, şiddeti ve kapsamına bağlı olarak uzun süreli antrenmanlar nöromuskuler sistem üzerine spesifik adaptasyonlara neden olur (Kocejic ve ark., 2004; Vera-Ibanez ve ark., 2017). Kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarının farklı adaptasyonlar gösterdiği bilinse de nöral adaptasyon boyutu bir çok araştırmada kombine bir araştırma yapılmaksızın ayrı ayrı incelenmiştir ve daha fazla araştırma yapılarak etkilerinin ve mekanizmalarının incelenmesi gerektiği belirtilmektedir (Hakkinen ve Komi, 1986; Aagaard, 2003). Buna bağlı olarak nöral adaptasyonun temel bileşenlerinin ayrı ayrı incelendiği araştırmalar da antrenmana bağlı nöral adaptasyon gelişimi hakkında yetersiz kalmaktadır (Kidgell ve ark., 2017; Earles ve ark., 2002). Ayrıca antrenman metoduna bağlı olarak değişmesi beklenen motor ünite büyüklük indeksinin ne şekilde etkileneceği yeni bir yaklaşım olduğundan literatürde bu konu ile ilgili bilgiler yetersiz kalmaktadır (Power ve ark., 2016). Literatürde spesifik antrenman yöntemlerine bağlı olarak gerçekleşen yorgunluğun nöral adaptasyonla ilişkilendirildiği herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının spinal seviyede farklı adaptasyonlar meydana getirmesi, bu adaptasyonların belirlenerek yorgunlukla olan ilişkisi göz önüne alındığında, antrenmana olan nöral adaptasyonun temel mekanizmaları hakkında çıkarım yapılabileceği düşünülmektedir. Direk olarak belirlenemeyen bu değişkenlerin birbiriyle olan ilişkileri boyutunda açıklanacak olan kavramların elde edilmesi, antrenmana olan nöral adaptasyon boyutunda açıklık getirebilir.

Bu bilgilere dayanarak,

Bu çalışmanın ana amacı: Kuvvet ve HIIT antrenmanlarına bağlı olarak değişen nöral adaptasyon ve motor ünite büyüklük indeksi ile yorgunluk seviyeleri arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

Çalışmanın alt amaçları:

- 1) Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının nöral adaptasyon değişimini incelemektir.
- 2) Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının motor ünite büyüklük indeksi değişimini incelemektir.
- 3) Kuvvet ve HIIT antrenmanlarına bağlı olarak gelişen yorgunluk seviyelerini araştırmaktır.

Bu çalışmanın ana hipotezi;

Kuvvet ve HIIT antrenmanı yapan grupların son test değerlerinde nöral adaptasyon ve yorgunluk değişkenleri arasında negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olacağı varsayılmaktadır.

Kuvvet ve HIIT antrenmanı yapan grupların son test değerlerinde motor ünite büyüklük indeksi ile yorgunluk değişkenleri arasında negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olacağı varsayılmaktadır.

Kuvvet ve HIIT antrenmanları yapan grupların son test değerlerinde nöral adaptasyon ve motor ünite büyüklük indeksi arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olacağı varsayılmaktadır.

Çalışmanın alt hipotezleri ise;

1) Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının motor nöron uyarılabilirliğini artıracığı, presinaptik inhibisyon ve rekürren inhibisyon değerlerini azaltacağı varsayılmaktadır.

2) Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının motor ünite büyüklük indeksini artıracığı varsayılmaktadır.

3) Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının yorgunluk indeksi değerlerini artıracığı varsayılmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kuvvet Antrenmanı

Bir sporcunun uygulayabileceği en yüksek kuvvet kasların kasılma miktarı ve hareketin biyomekaniksel özelliklerine bağılıyken uygulanan kuvvetin büyüklüğü; kas içi ve kaslar arası koordinasyon ile bir kasın sinir uyarısına verdiği tepki kuvvetlerine bağılı olduğu belirtilmiştir (Bompa, 2001; Zatsiorsky ve Kraemer, 2006). Kuvvet antrenmanlarına bağılı olarak gelişen kuvvet kazanımı 2 boyutta açıklanabilir: 1) Kasın morfolojik karakteristiği 2) Nöral adaptasyon. Kuvvet antrenmanlarına başladıktan kısa bir süre sonra kasın morfolojik yapısında herhangi bir değişim olmaksızın hızlı bir şekilde kuvvet kazanımı gerçekleşir. Bu gelişen kuvvet kazanımı kas hipertrofisinden bağımsız olarak gelişir ve bu kuvvet kazanımının nöral adaptasyonla ilişkili olduğu düşünülür. Nöral adaptasyon mekanizmasının özellikle spinal seviyede gerçekleştiği düşünülmektedir. Antrenman etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için spinal seviyede gerçekleşen adaptasyonların netleştirilmesi gerekir. Antrenman çeşitlerinin nöral adaptasyonla ilişkisinin değerlendirilebilmesi için daha fazla öneriye ihtiyaç olduğu bu nedenle daha fazla çalışma yapılması gerektiği araştırmada belirtilmiştir (Zhou, 2003).

Antrenmanlar ile birlikte, kasların yapısal ve koordinasyon mekanizmalarındaki değişimine bağılı kuvvet gelişimi görülür. Antrenmana başladıktan kısa bir süre sonra kuvvet artışı görülür ancak ortaya çıkan bu kuvvet artışı kas içi ve kaslar arası koordinasyon yeteneğinin iyileşmesiyle açıklanabilir. Uzun süreli antrenmanlarla birlikte kas kütesinin artışına yani kas hipertrofisine bağılı olarak kuvvet artışı görülür (Komi, 1992). Artan yük prensibine uygun olarak yapılan uzun süreli kuvvet antrenmanları sonucunda kasların geliştiği ve kasın enine kesit alanında artış olduğu araştırmalarda gösterilmiştir. Kas hipertrofisi ile; kas liflerindeki miyofibrillerinin hacmi artar, kılcal damar yoğunluğu artar, miyozin filamanındaki protein sentezi yoluyla kasılan elemanların miktarı artar (Fox-Bowers-Foss, 2012).

Kuvvet antrenmanı sonucunda motor ünite ateşleme oranının arttığı, motor ünite senkronizasyonunun arttığı ve agonist-antagonist kas aktivasyonunun geliştiği belirtilmiştir (Folland ve Williams, 2007).

2.2. HIIT Antrenmanı

Değişik dayanıklılık tanımlarının çoğunda, yüklenme yoğunluğuna bağlı olarak uzun süreli bir yüklenme kapsamı en belirleyici ölçüt olarak kabul edilirken, ikinci ölçüt olarak da yorgunluğa direnç gösterme yeteneği olarak tanımlanır (Muratlı ve ark., 2005). Uzun bir süreç gerektiren geleneksel dayanıklılık antrenmanları aerobik enerji metabolizmasına bağlı olarak performansı artırır ancak yapılan araştırmalar yüksek yoğunluklu interval antrenmanlarının (HIIT) daha kısa sürede dayanıklılığı artırdığı yönindedir. Yüksek yoğunluklu interval antrenman, kısa süreli ve ağır anaerobik yüklenme ile birlikte kısa süreli toparlanma periyotlarını içeren gelişmiş bir interval antrenman modelidir. Elit sporcular ve antrenörler tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. (Naimo ve ark., 2015). En az 6 haftalık uygulanan HIIT antrenmanlarının maksimal oksijen tüketimini ve iskelet kaslarındaki maksimal mitokondrial enzim aktivitesini artırdığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Laursen ve Jenkins, 2002; Gibala ve McGee, 2008; Akgül ve ark., 2017). Bir çok araştırmada, geleneksel kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarının performans üzerinde etkili olmasına rağmen yüksek yoğunluklu interval antrenmanların aerobik ve anaerobik performansta daha anlamlı artışlar gösterdiğini saptamıştır (Helgerud ve ark., 2007). Bu nedenle bu araştırmada geleneksel dayanıklılık antrenmanı yerine HIIT antrenmanı yapılması tercih edilmiştir.

HIIT antrenmanlarının nöromuskuler ve nöral adaptasyonu üzerine etkisini inceleyen çok az sayıda çalışma vardır. Bir araştırmada; 4 hafta uygulanan HIIT antrenmanının motor nöron uyarılabilirliğini artırdığı belirtilirken başka bir araştırmada HIIT antrenmanının dayanıklılık antrenmanına kıyasla kardiyopulmoner gelişimleri benzer olmasına rağmen motor ünite ateşleme oranlarının farklı olduğu belirtilmiştir. HIIT antrenmanlarının yüksek eşikli motor ünitelerin ateşleme oranlarını artırdığı sonucuna varılmıştır (Martinez-Valdes ve ark., 2017; Vera-Ibanez ve ark., 2017).

2.3. Nöral Adaptasyon

2.3.1. Hoffmann Refleks

H refleksi ilk defa Paul Hoffmann tarafından 1918 yılında tanımlanmıştır. Nöroloji alanında rutin olarak kullanılan çalışmalardan birisidir. (Ertekin, 2006). Genellikle monosinaptik gerim çalışmalarında, motor becerilerin entegrasyonu ve spinal kord adaptasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Knikou, 2008). H refleksi klasik olarak; kas sinirinin grup 1a afferentlerinin elektriksel uyarısıyla ortaya çıkan monosinaptik bir reflektir. Düşük şiddette elektriksel uyarılar ile ortaya çıkan ve supramaksimal uyarılar ile kaybolan kas potansiyeline H refleksi denir (Ertekin C., 2006). H refleksi, alfa motor nöron havuzundan gelen efferent motor çıktılarının büyüklüğünü gösterir. Bu nedenle alfa motor nöronların uyarılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılır. Genellikle H refleksi klinik vakalar dışında iskelet kası sakatlıklarında, motor becerilerin performansında ve antrenman bilimlerinde kullanılır (Palmieri ve ark., 2004).

H Refleksi; Hmax/Mmax oranı ile alfa motor nöron eksitabilitesini değerlendirmede, Monosinaptik refleksin presinaptik inhibisyonunu belirlemede ve elektriksel uyarı ile H refleksi resiprokal 1a inhibisyonunu belirlemede kullanılır (Yorgancıoğlu ve Yorgancıoğlu, 2003). H refleksi antrenmana olan nöromuskuler adaptasyonun belirlenmesinde kullanılır ve 1a afferentleri Hmax temsil eder. Tüm motor nöronları Mmax temsil eder. Tüm motor nöron havuzunu ise H/Mmax temsil eder (Koceja ve ark., 2004).

H amplitüdü, aksonlar ve deparalize ettikleri kas liflerinin bütünlüğüne ve sinir liflerinin iletim hızı değişkenliğinin boyutuna bağlıdır. Eğer bazı lifler yavaş ve diğerleri hızlı ise o zaman aksiyon potansiyelinin süresi uzun ve amplitüdü küçük olacaktır (Weiss ve ark., 2010). Antrenmana bağlı olarak hormonal, biyokimyasal ve kardiyovasküler mekanizmalarda değişiklikler meydana geldiği gibi sinir sistemi ve nöromuskuler sistemde de değişiklikler meydana gelir. Antrenmana bağlı olarak değişen motor nöron uyarılabilirliği H refleksi yöntemi ile değerlendirilir (Knikou, 2008). Motor nöron uyarılabilirliği dolaylı olarak kuvvet gelişim oranı ile ilişkilidir. Bu ilişkinin nedenini 1a

afferentlerin presinaptik inhibisyonundaki azalmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Meunier ve Pierrot-Deseilligny, 1989).

2.3.2. Rekürren İnhibisyon

Çift uyaran verilerek meydana gelen H refleks değişimleri şöyle açıklanabilir: Aralıklı verilen çift uyarm, motor nöron havuzunun eksitabilitesi üzerine birbirine zıt iki etki meydana getirir. Bunlardan birisi bazı motor nöronların refraktör periyoda girmeleri veya Renshaw inhibisyonu ve diğer inhibitör mekanizmaların oluşmasıdır. Bunlardan diğeri ise geri kalan motor nöronların birinci uyaran ile subliminal ateşlenme dönemine girmeleri ve ikinci uyaran geldiğinde daha eksitabl hale gelip ateşlenmeleridir. İlk 80-100 msn aralıkta görülen birinci H refleks depresyon dönemi, periferden gelen post-sinaptik erken inhibisyon fenomenleri ile açıklanır. İkinci ve uzamış depresyon ve muhtemelen presinaptik inhibisyon veya omurilikte transmitter azalması ile ilgili olabilir (Ertekin, 2006).

Omuriliğin ön boynuzunda bulunan ve motor nöronlarla yakın ilişkili olan çok sayıdaki küçük ara nöronlara Renshaw hücreleri denir. Bir akson anterior motor nöronun gövdesinden ayrılır ayrılmaz, kollateral dallar aksondan ayrılıp komşu Rehshaw hücrelerine uzanır. Bunlar baskılayıcı hücrelerdir ve çevredeki motor nöronlara baskılayıcı impulslar gönderirler. Motor sistem, duysal sistemin kullandığı ilkeye uygun olarak, sinyallerini odaklaştırmak ya da keskinleştirmek için bu inhibisyonu kullanır (Guyton ve Hall, 2007).

Rekürren inhibisyon, alfa motor nöronların uyarılmasıyla ortaya çıkan bir yoldur. Alfa motor nöron bir kası uyarırken, aksonun bir kollateral uzantısı rensshaw hücrelerini uyarır. Renshaw hücresi inhibistör bir ara nöronudur. Renshaw hücrelerinin fonksiyonu motor nöronların senkronize uyarılmalarının azaltılması ve aşırı deşarj olmasının engellenmesidir. Rekürren inhibisyon, hızlı kasılmalar sırasında yavaş kasılan kas fibrillerinin motor nöronlarını inhibe etmekte, eşik altı sınırındaki motor nöronları inhibe ederek motor nöronların deşarjlarını sınırlamakta, tonik olarak ateşleyen motor nöronlardaki deşarj frekanslarını stabilize etmekte ve motor nöronların ateşleme frekanslarını düzenleyerek senkronizasyonunu artırmaktadır (Şimşek ve Ertan, 2014).

2.3.3. Presinaptik İnhibisyon

Uzun süreli fiziksel aktiviteye bağlı nöral mekanizmanın adaptasyonlarının önemli rol oynadığını gösteren çalışmalar olmasına rağmen, motor kontrol adaptasyonlarından sorumlu spesifik mekanizmaların belirlenmesinde az sayıda araştırma vardır (Enoka, 1990). Motor kontrol duyusal ve sinir sistemleri arasında entegrasyon olarak görülebilir. Aktiviteye bağlı plastisitenin -antrenmana bağlı adaptasyonun- tam olarak nerede gerçekleştiği ve bu plastisitenin öğrenilmiş fiziksel davranışları için tanımlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Wolpaw ve Chen, 2006).

Aktiviteye bağlı akut ve uzun süreli nöronal adaptasyonlarının değerlendirilebileceği ölçüm, H refleksi ölçümüdür. Nöromusküler sistemin antrenman adaptasyonlarını değerlendirmek için H refleksi testi kullanılır (Kocejic ve Kamen, 1992). Hareketin spinal kontrolünden sorumlu mekanizmasının araştırılmasına olanak veren çeşitli teknikler mevcuttur. Bu mekanizmalardan birisi presinaptik inhibisyonudur. Presinaptik inhibisyon, hareket veya motor görevin düzgün bir şekilde yürütülmesine yardımcı olmak için omurilikteki duyusal bilginin bir ölçütüdür (Hultborn ve ark., 1987). Presinaptik İnhibisyon, 1a afferentler aracılığıyla omuriliğe gönderilen aşırı miktarda uyarının internöronları kullanarak kontrol edilmesini içerir. İnternöronlar sinir sisteminde büyük bir esneklik sağlayan sinir sisteminin temel bütünleyici unsurlarını içerir (Earles ve ark., 2002). Nöral inhibitörler, yani internöronlar, refleksi arkından geçerek sinyalleri etkili bir şekilde kapatan yüksek geçiş filtreleri olarak işlev görürler (Frerking ve Ohliger-Frerking, 2006). Bu internöronların aktivitesi postsinaptik transmitter salınımını indirek olarak azaltır ve bu nedenle alfa motor nöron yolunun 1a afferent yolundan aldığı sinyalleri etkiler. 2 tip Presinaptik inhibisyon vardır. 1) Ekstrinsik presinaptik İnhibisyon. 2) İnstrinsik presinaptik İnhibisyon. İnstrinsik presinaptik inhibisyon; nörotransmitterlere bağlı olarak sinaptik iletimin verimliliğini temsil ederken Ekstrinsik presinaptik İnhibisyon; sinaptik seviyede duyusal bilginin geçmesinin ölçümüdür (Earles ve ark., 2002).

2.4. Motor Ünite Sayısı İndeksi (MUNIX) ve Motor Ünite Büyüklük İndeksi (MUSIX)

Motor Ünite, bir motor nöron ve onun innerve ettiği kas fibrilleri toplamından oluşur (Sherrington, 1925). İnsanlarda motor nöron sayımı çok zordur fakat EMG teknikleri kullanılarak motor ünite sayıları tahmin edilebilir. Motor ünite sayısının tespit edilmesi uzun zamandır nöroloji bilim dalının çalışma alanları arasında yer almaktadır (Milner-Brown ve Brown, 1976; Stein ve Yang, 1990). Motor ünite sayısının tahmini (MUNE) ilk olarak 1971 yılında tanımlanmıştır (McComas ve ark., 1971). Orijinal tanımı sonrasında bu yöntem temel alınarak hem insan hem de hayvan modelleri üzerinde bir çok araştırma yapılmış ve yöntem geliştirilmiştir. 2003 yılında Nandedkar ve arkadaşları tarafından öne sürülen MUNIX yöntemi kabul gören bir yöntemdir. MUNIX, motor ünite sayısını tahmin eden matematiksel bir modeldir (Nandedkar ve ark., 2010; Drey ve ark., 2013; Kaya ve ark., 2014,).

MUNIX tekniğinde, bileşik kas aksiyon potansiyellerinden elde edilen sinyalin gücü ve alanının, farklı seviyelerdeki, istemli kasılmalar sırasında kaydedilen yüzeyel interferans paterninin alan ve gücünün karşılaştırılmasıdır (Piasecki ve ark, 2016; Nandedkar ve ark. 2004; Nandedkar ve ark., 2010). Bu teknik non-invasiv, kolay ve hızlı uygulanabilir bir yöntem olduğundan kullanışlıdır. Motor ünite sayısının ölçümü hem bilimsel olarak hem de klinikte hastalığın teşhisi ve sürecin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. MUNIX yöntemi proksimal kaslarda çalışma imkanı sunduğundan klinikte sıklıkla kullanılmaktadır ve özellikle son yıllarda ALS'de motor nöron kaybının belirlenmesinde bir çok araştırmada bu yöntem tercih edilmiştir (Kaya ve ark., 2014; Li ve ark., 2015; Piasecki ve ark., 2016). Nöromuskuler hastalıkların tanısında kullanılan MUNIX yönteminin geçerlik ve güvenilirliği yapılmış ve bir çok çalışmada gösterilmiştir. (Neuwirth ve ark., 2011; Boekestein ve ark., 2012; Furtula ve ark., 2013). Sağlıklı bireylerde çeşitli kaslarda MUNIX ve MUSIX değerleri için referans çalışmalar literatürde mevcuttur. Örneğin; Drey ve ark. Tarafından hipotenar kasında normal değerlerin MUNIX>80, MUSIX <100 mikrovolt olduğu belirtilirken Neuwirth ve arkadaşları tarafından 6 farklı kasın normal değerleri tanımlanmıştır (Neuwirth ve ark. 2010; Neuwirth ve ark., 2011; Drey ve ark, 2013).

Ancak rectus femoris kasında sağlıklı bireylere ait norm değerlerinin tanımlandığı bir araştırmaya rastlanmamıştır. Motor Ünite Büyüklük İndeksi (MUSIX) ölçümü spinal motor nöron veya motor nöron havuzunun derinlemesine incelemek için kullanılır ve motor ünite büyüklüğü, innervasyon oranı veya aksonal çap olarak tanımlanabilir. Ayrıca MUSIX, maksimal CMAP amplitüdünün MUNIX'e bölümü ile elde edilen bir değerdir (Kaya ve ark., 2014).

Motor ünitelerin kuvvet üretebilme kapasitesi farklıdır. İstemli kasılmalarda kuvvet, olaya katılan motor ünite sayısına (recruitment), motor nöronların ateşleme frekanslarındaki senkronizasyonuna (firing rate) ve motor ünitelerin aksiyon potansiyellerine bağlıdır. Kas kuvvetinin sergilenmesi sırasındaki kuvvet üretme seviyesi recruitment ve ateşleme oranının katkıda bulunmasına göre değişir (Duchateau ve ark., 2006). Düzenli olarak yapılan kuvvet antrenmanlarının sonucunda iskelet kasında bir çok morfolojik ve nöromuskuler adaptasyonlar gelişir. İskelet kasında motor ünite ateşleme oranının arttığı, motor ünite senkronizasyonunun arttığı ve agonist kas aktivasyonunun geliştiğini gösteren araştırmalar mevcuttur (Aagard 2003; Folland ve Williams, 2007). Aynı zamanda düşük fiziksel aktivitenin ileri yaşlarda sarkopeniye neden olduğu, fiziksel egzersizin nöromuskuler sistem üzerine pozitif etkileri olduğu gösterilmiştir (Drey ve ark., 2016). Kuvvet üretimi sırasında motor üniteler hayati öneme sahiptir, Kaya ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptığı araştırmada yaşa bağlı olarak ortaya çıkan kas zayıflığı ile kuvvet ve motor ünite sayısı arasındaki ilişki araştırılmış ve yaşlılarda MUSIX ve kuvvet arasında ilişki bulunmazken gençlerde MUSIX ve kuvvet arasında pozitif lineer bir ilişki saptanmıştır (Kaya ve ark., 2013).

2.5. Kas Yorgunluğu

Kas yorgunluğuna neden olabilen fizyolojik bozukluklar hakkında çok şey bilinmektedir. Yorgunluğun, kas lifleri içindeki metabolitlerin birikmesinden, yetersiz bir motor komutunun üretilmesine kadar birçok farklı mekanizmadan kaynaklanabileceği bilinmektedir. Motor korteks ve kas yorgunluğundan sorumlu küresel bir mekanizma yoktur. Aksine, yorgunluğa neden olan mekanizmalar, gerçekleştirilmekte olan göreve özgüdür. Kas yorgunluğunun gelişimi tipik olarak maksimum güçte veya güç

kapasitesinde bir azalma olarak ölçülür. Submaksimal kasılmalar kas yorgunluğunun başlangıcından sonra sürdürülebileceği görülürken, bazı uzun süreli motor görevlerin süresinin kasların yorgunluğuyla sınırlı olmadığını gösteren bulgular vardır (Enoka ve Duchateau, 2008).

Bir çok araştırmacı tarafından yorgunluğun tanımı yapılmıştır. Bir çalışmada; kasların yoğun aktivitesi performansta düşüşe neden olur ifadesiyle yorgunluğu tanımlarken (Allen ve Westerblad, 2001) başka bir araştırmada, uzun süreli uygulanan motor görevlerin motor yorgunluğa neden olduğunu, kişinin güç kullanma yeteneğindeki azalma olarak tanımlamıştır (Lorist ve ark., 2002). Kallenberg ise yorgunluğu EMG sinyal genliğinin artması ve bu amplitüdlere spektral frekans karakteristiklerindeki azalması olarak tanımlamıştır (Kallenberg ve ark., 2007). Yorgunluk, aktif motor ünitelerin ateşleme frekanslarının azalması sonucu kuvvetin azalması olarak ifade edilmiştir (Duchateau ve ark., 2006). Yorgunluk, kasılma kuvvetinin veya gücünün azalmasıdır (Billat, 2001).

Yorgunluğu etkileyen bir faktör vardır ve kişinin performansını doğrudan etkilemektedir (Bigland ve ark., 1986). Yorgunluğun ne zaman olduğunu bilmek zor olmasa da, bu durumdan sorumlu fizyolojik mekanizmaları tanımlayabilmek tamamen farklı bir konudur. 1891'de Angelo Mosso'nun La Fatica (Yorgunluk) eserinde kas yorgunluğu olgusunu tanımlamak için birkaç ilke ortaya çıkmıştır. Her ne kadar kas yorgunluğu çalışmalarında ilerleme kaydedilmiş olsa da, bir bireyin neden çeşitli koşullarda yorulduğu kesin olarak belirlenmemektedir (Enoka ve Duchateau, 2008).

Yorgunluk sırasında sarcolemmal Na⁺ / K⁺ pompa fonksiyonunun bozulması, kuvvet üretimi için fibril uyarılabilirliği ve rekrutman stratejileri değişir (Grassi ve ark., 2015). İstemli veya elektriksel olarak ortaya çıkan kas kasılmaları sırasında, kas lif membranı ve miyoelektrik sinyallerin elektrofizyolojik özelliklerinde değişimler görülür. Yorgunluk sırasında kas fibrillerinin iletim hızının azalması, ortalama frekans, medyan frekans veya diğer spektral parametrelerde görülen azalmalar araştırmalarda gösterilmiştir. Yorgunluk sırasında motor nöronların ateşleme frekanslarının azalmasıyla birlikte kasta biriken metabolitlerin sonucu olarak grup 3-4 afferentlerin etkili olduğu belirtilmektedir. Yapılan

araştırmalarda uzun süreli egzersizler sonrasında görülen yorgunluğun refleks inhibisyona yol açtığı ve renshaw hücrelerini baskıladığı gösterilmiştir (Gandevia, 1997; Gandevia 2001).

Yorgunluk sırasında motor sinir ucundan salınan asetilkolin salınımının azalması, kas lifi membran potansiyelinde meydana gelen değişimler ve iyon dengesindeki bozulmalar kasın kuvvet üretme kapasitesini doğrudan etkilemektedir (Westerblad ve ark., 1991; Guyton ve Hall, 2007).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

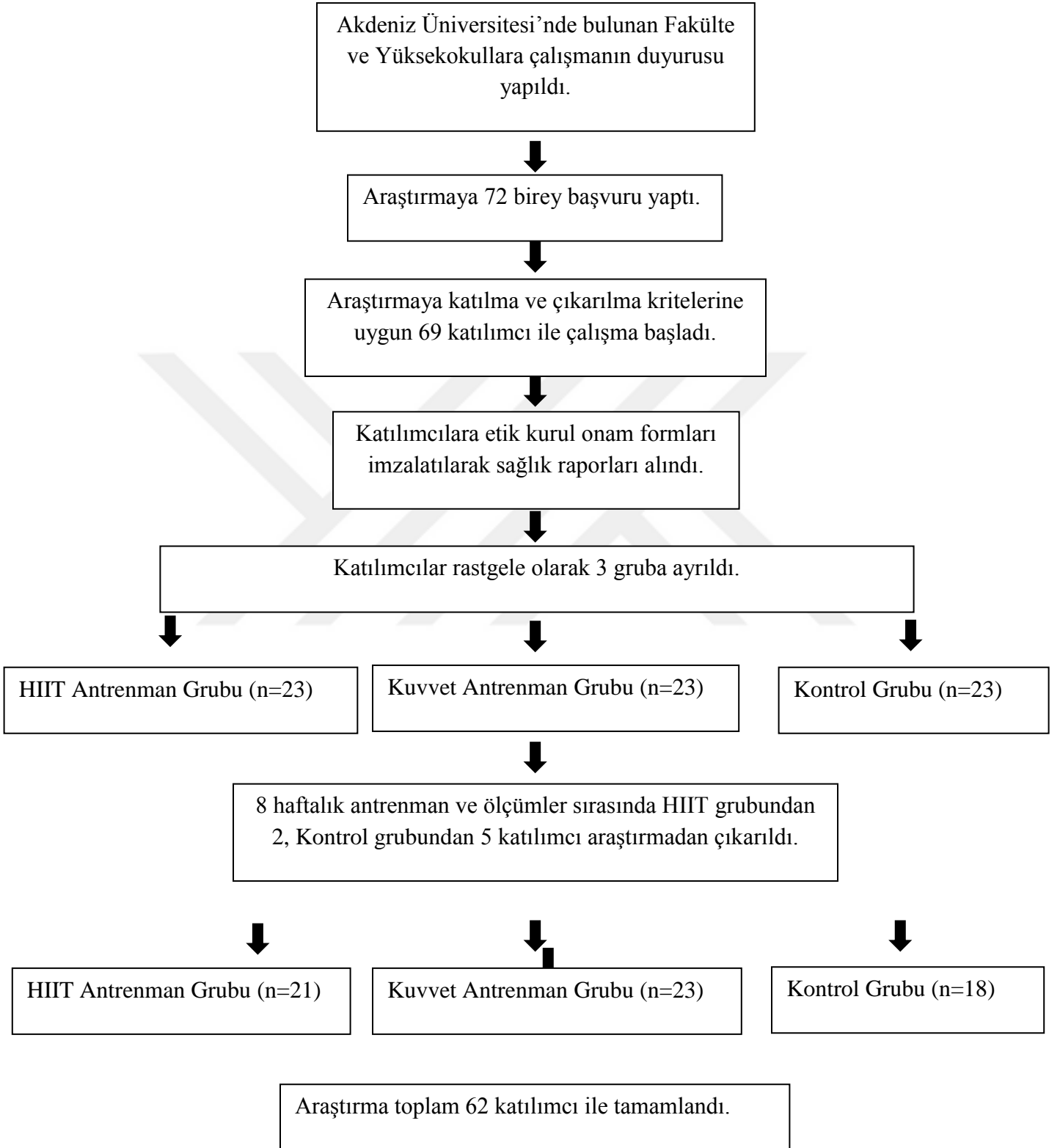
Araştırmaya, Akdeniz Üniversitesi'nde öğrenim gören 18-30 yaş arası, son 2 yıldır düzenli olarak antrenman yapmayan, gönüllü olarak katılmayı kabul eden, erkek bireyler dahil edilmiştir. Araştırmaya başlamadan 3 hafta önce tanıtım afişi ile duyuru yapılmış, başvuru yapanlar arasından araştırmaya katılma ve çıkarılma kriterlerine uygun bireyler seçilmiştir. Araştırmaya katılan bireylere, çalışmanın içeriği ve antrenman programları ile ilgili bilgi verilerek Aydınlatılmış Onam Formunu imzalatılmıştır. Daha sonra katılımcılar, Antalya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Spor Hekimliği bölümüne götürülerek genel sağlık değerlendirmesi ve EKG çekimleri yapılarak araştırmaya dahil edilebileceğini gösteren sağlık raporu almıştır.

Araştırmaya Katılma Kriterleri:

- Gönüllü olmak,
- Sağlıklı olmak,
- Yaşları 18-30 yıl arasında olmak,
- Erkek olmak,
- Sağlık Raporu Onayı almak,
- Son 2 yıldır düzenli antrenman yapmamak,

Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri:

- Yaş sınırları dışında olmak,
- Düzenli olarak antrenman yapmak,
- Bayan olmak,
- Toplam antrenman programının %20'sine katılmamak,
- Yoğun migren hastalığı ve kardiyovasküler hastalık geçmişi olması,



Şekil 3.1. Katılımcı sayısının belirlenmesi ve grupların oluşturulması

3.1.1. Katılımcıların Gruplandırılması

Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi için yapılan Power analiz (G Power 3.1.3) sonuçlarına göre araştırmanın gücünün %95 olabilmesi için araştırmaya dahil edilmesi gereken örneklem sayısının 16 olması gerektiği bulunarak (Alfa hata katsayısı 0.05, H1 correlation $p=0.71$) ve süreç içerisinde katılımcının araştırmadan ayrılmak isteyebileceği de göz önünde bulundurularak, toplamda çalışmaya 69 erkek dahil edilmiştir. 8 haftalık süreç içerisinde 2 katılımcı sakatlık ve yorgunluk sebebiyle, 5 katılımcı ise ders ve iş yoğunluklarından dolayı araştırmadan çıkarılmıştır. Araştırma toplamda 62 katılımcı ile tamamlanmıştır.

Katılımcılar tam randomizasyon yöntemi ile rastgele bir şekilde Kuvvet Antrenman Grubu (n=23), HIIT Antrenman Grubu (n=21) ve Kontrol Grubu (n=18) olarak 3 gruba ayrılmıştır (Kanık ve ark. 2011). Antrenman grupları haftada 3 gün kendi günlük yaşantılarına göre düzenlenen antrenman programına katılarak, günde en az 20dk. En fazla 60 dk. olacak şekilde 8 hafta boyunca antrenman yapmıştır. Kontrol grubu ise herhangi bir antrenman protokolüne katılmamıştır, fiziksel olarak aktif bireylerdir. Çalışma için Akdeniz Üniversitesi/Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 20.01.2016 tarihli 48 numaralı toplantı kararı ile etik kurul onayı alınmıştır.

3.2. Kuvvet Antrenmanı Programı

Kuvvet antrenmanı protokolünde 6 farklı hareket (Squat, Leg Press, Leg Extension, Prone Leg Curl, Lunge, Side Lunge) kullanılmıştır. Kuvvet antrenmanları 8 hafta boyunca haftada 3 gün, birim antrenman süresi 45-60dk. arasında olacak şekilde katılımcıya özel düzenlenmiştir. İlk hafta adaptasyon haftası olarak belirlenerek katılımcıların hareketlere alışması için teknik antrenman yaptırılmıştır. Ayrıca adaptasyon haftası içerisinde katılımcıların maksimum kuvvetleri (1RM) belirlenmiştir. İkinci haftadan itibaren antrenmanın yüklenme yoğunluğu giderek artırılmıştır. Tüm yüklenmelerde tekrarlar arası 30 sn. ve setler arasında 60 sn. dinlenme verilmiştir. Üçüncü hafta, %50 1RM (1 Repetition Maksimum), 3 set x 6 tekrar olarak birim antrenman planlaması yapılmıştır. Dördüncü hafta, %50-60 1RM 3set x 6-10 tekrar olacak şekilde düzenlenmiştir. 5 ve 8. Haftalar arasında %60-80 1RM ile 3 set x 6-12 tekrar olacak şekilde birim antrenman

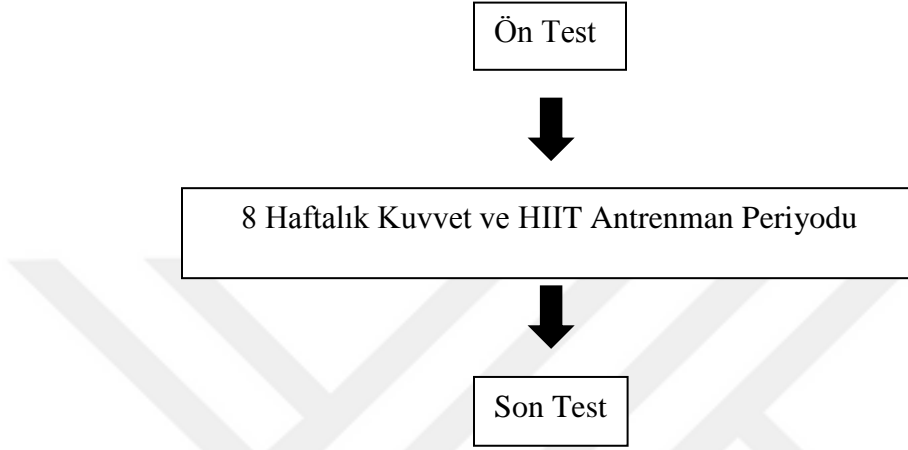
planlaması yapılmıştır (Kraemer ve Ratamess, 2004; Haff ve Triplett, 2016). İlk 8 haftada gerçekleşen kuvvet artışının hipertorfi faktörlerinden çok nöral faktörlerin etkili olduğu bilinmektedir (Kraemer ve ark., 1996). Bu nedenle araştırmada 8 haftalık antrenman süreci seçilmiştir. Katılımcıların kuvvet artışına göre 1RM modifikasyonları yapılmıştır. Antrenmanlardan önce ve sonra ısınma ve soğuma yapmasına özen gösterilmiş ayrıca DOM's (gecikmiş kas ağrısı) ve geri dönüşümleri takip edilerek programları düzenlenmiştir. Antrenmanlar sırasında katılımcıların kalp atım hızları polar saat (Polar FT1, Polar Electro Oy, Finland) ile takip edilmiştir. Kalp atım hızının %95'e ulaşması durumunda antrenman sonlandırılmış ve katılımcı takibe alınmıştır.

3.3. HIIT Antrenmanı Programı

HIIT antrenmanlarına başlamadan önce 1 haftalık hazırlık ve adaptasyon antrenmanı yaptırılmıştır. Adaptasyon antrenmanlarında, HIIT antrenmanları için belirlenen yüklenme şiddetlerinde, intervaller ile sprint koşuları yaptırılmıştır. Ayrıca HIIT antrenmanlarında kullanılacak olan hareketlerin (Squat, squat jump, push up, mountain climbers, burpees, bicycle crunch, plank, lunge) teknikleri öğretilmiştir. Yüklenme ve dinlenme sırasında kalp atım hızı Polar Saat ile takip edilmiştir. Adaptasyon haftasında 30 sn. yüklenme, max. kalp atım hızı %70-85 arasında tutularak, 30 saniye yüklenme 30 saniye dinlenme protokolü uygulanmıştır. Birim antrenman süresi 40 dakikayı geçmemiştir. Antrenmandan önce ve sonra 10 dakika aktif ve kaliteli ısınma ve soğuma yaptırılmıştır. Katılımcılar, adaptasyon haftasından sonra 8 hafta boyunca haftada 3 gün HIIT antrenmanına katılmıştır. HIIT antrenmanlarında giderek artan yüklenme prensibi ile yüklenme yoğunluğu maksimal kalp atım hızının %80-85'i olacak şekilde 30 saniye yüklenme ve 20 saniye dinlenme yaptırılmıştır. Tüm yüklenmeler 4-8 set arasında olacak şekilde düzenlenerek, katılımcının her yüklenmeye adaptasyonu sağlandıktan sonra bir sonraki yüklenme yoğunluğuna geçilmiştir. Setler arasında 2-4 dakika arası dinlenme verilmiştir. Kalp atım hızı tüm antrenman boyunca polar saat ile takip edilerek ve maksimal kalp atım hızı %95'in üzerine çıkmaması sağlanmıştır. Dinlenme sonlarında kalp atım hızı yüksek seyreden katılımcılar takibe alınmıştır. Kalp atım hızının anlık olarak monitörize edilmesi oluşabilecek herhangi bir riski önlemek için aynı zamanda

antrenman yoğunluğunu belirlemede temel bir araç olarak kullanılmıştır. (Sloth ve ark., 2013; Herodek ve ark., 2014; Foster ve ark., 2015).

3.4. Uygulama Periyodu



Şekil 3.2. Uygulama periyodu

Test protokollerinin güvenilirliği açısından oluşabilecek risk faktörlerinin kontrol altına alınabilmesi için, birbirini etkileyebilecek testler göz önünde bulundurularak ölçüm programı yapılmıştır. Araştırmada ön test son test randomize kontrollü deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın uygulama süreci 13 hafta sürmüştür.

3.5. Test Dönemlerinde Uygulanan Ölçümler

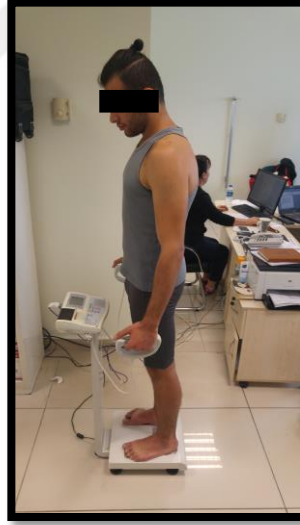
Ölçümlerin ilk haftasında boy ve ağırlık, Hoffmann refleksi, rekürren inhibisyon, presinaptik inhibisyon, MUNIX ve yorgunluk ölçümleri yapılmıştır. İkinci haftasında ise, her bir katılımcı için ölçümler arasında en az 48 saat ara olmak üzere izokinetik kuvvet ve izokinetik dayanıklılık ölçümleri yapılmıştır. 2 test döneminde de yapılan ölçümler aşağıdaki sıraya bağlı kalarak uygulanmıştır.

- 1) Boy ve Ağırlık Ölçümü
- 2) Hoffmann Refleks Ölçümü
- 3) Rekürren İnhibisyon Ölçümü
- 4) Presinaptik İnhibisyon Ölçümü
- 5) Motor Ünite Sayısı İndeksi Testi (MUNIX)

- 6) Yüzeysel EMG ile Yorgunluk Ölçümü
- 7) İzokinetik Kuvvet Ölçümü
- 8) İzokinetik Dayanıklılık Ölçümü

3.5.1.Boy ve Ağırlık Ölçümü

Tüm katılımcıların boy ve ağırlık ölçümleri, Antalya Eğitim Araştırma Hastanesi'nde aynı hemşire tarafından yapılmıştır. Katılımcıların boy ölçümleri ayakkabısız ve çorapsız olarak yapılmıştır. Katılımcılar, vücut ağırlığı iki ayağına eşit dağılmış bir şekilde, topuklar birleşik ve baş Frankfort düzleminde dururken ölçüm alınmıştır. Kollar yanlara sarkıtılmış durumda iken başın verteksi ile ayak arasındaki mesafe stadiyometre (Holtain Ltd. UK) kullanılarak santimetre cinsinden boy uzunluğu kayıt edilmiştir. Katılımcıların vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi ve BKİ değerleri TANİTA vücut kompozisyon analizöründen elde edilmiştir.



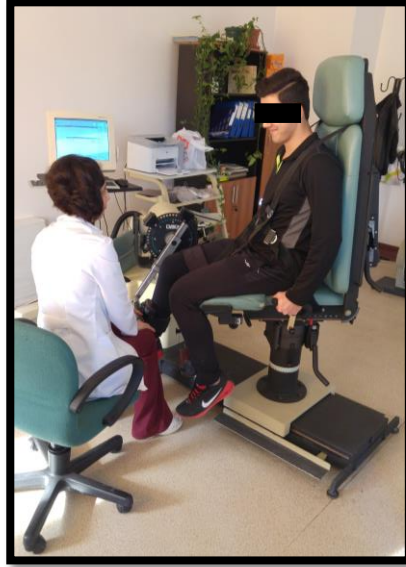
Şekil 3.3. Vücut ağırlığı ve yağ yüzdesi ölçümü

Katılımcılar, ayakkabısız ve çorapsız hafif ağırlıkta kıyafetleri ile TANİTA vücut kompozisyon analizörü (Tanita BC-418, Japan) ile vücut ağırlıkları, beden kütle indeksi, vücut yüzde yağ miktarı ölçülmüştür. Ölçümden önce katılımcılardan 2 saat süreyle aç kalmaları ve boşaltım gereksinimlerini karşılamaları istenmiştir.

3.5.2. İzokinetik Kuvvet Ölçümü Protokolü

İzokinetik kuvvet ölçümü, Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler aynı uzman tarafından yapılmıştır. Katılımcılar teste girmeden önce 5 dakika boyunca 60 RPM (dakikadaki devir hızı) hızında bisiklet ergometresinde ısınma yapmışlardır. Daha sonra katılımcılar CYBEX Norm bilgisayarlı izokinetik dinamometre (Hamac Norm Testing Rehabilitation system, CSMI Medikal Solutions, USA) test cihazına alınmıştır.

Test, oturma pozisyonunda gerçekleştirilerek katılımcılar gövde ve uyluk bantları ile koltuğa sabitlenmişlerdir. Test sırasında koltuğun her iki tarafında bulunan kolları tutarak kolların serbestliği engellenmiş ve destek almaları sağlanmıştır. Katılımcıların dominant bacaklarından ölçüm yapılmıştır. Öncelikle katılımcılara testin yapılışı hakkında bilgi verilmiş ardından test başlangıç pozisyonundaki eklem hareket açıklığı 100° olacak şekilde sabitlenmiştir. Katılımcılar $60^{\circ}/sn$ açısal hızda 5 maksimal tekrar olacak şekilde diz fleksiyon ve ekstansiyonu yapmışlardır (Pincivero ve ark., 1997a; Brown ve ark.,2014; de Araujo Ribeiro Alvares ve ark., 2015). Yapılan test sonucunda fleksör ve ekstansör zirve torkları kaydedilmiştir.



Şekil 3.4. İzokinetik kuvvet ölçümü

3.5.3. İzokinetik Dayanıklılık Ölçümü Protokolü

İzokinetik dayanıklılık ölçümü, Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler aynı uzman tarafından yapılmıştır. Katılımcılar teste girmeden önce 5 dakika boyunca 60 RPM (dakikadaki devir hızı) hızında bisiklet ergometresinde ısınma yapmışlardır. Daha sonra katılımcılar CYBEX Norm bilgisayarlı izokinetik dinamometre (Humac Norm Testing Rehabilitation system, CSMI Medikal Solutions, USA) test cihazına alınmıştır.

Test, oturma pozisyonunda gerçekleştirilerek katılımcılar gövde ve uyluk bantları ile koltuğa sabitlenmişlerdir. Test sırasında koltuğun her iki tarafında bulunan kolları tutarak kolların serbestliği engellenmiş ve destek almaları sağlanmıştır. Katılımcıların dominant bacaklarından ölçüm yapılmıştır. Öncelikle katılımcılara testin yapılışı hakkında bilgi verilmiş ardından test başlangıç pozisyonundaki eklem hareket açıklığı 100° olacak şekilde sabitlenmiştir. Katılımcılar 180°/sn açısal hızda 25 tekrar olacak şekilde diz fleksiyon ve ekstansiyonu yapmışlardır (Burdett ve van Swearingen,1987; Pincivero ve ark., 1997a, Seo ve ark., 2015, Ikeda ve Ryushi, 2018). Yapılan test sonucunda fleksör ve ekstansör dayanıklılık zirve torkları, fleksör ve ekstansör yorgunluk indeksleri kaydedilmiştir. CYBEX cihazında yorgunluk indeksi; dayanıklılık testi sırasındaki zirve tork yüzdelerinin azalmasıdır. İlk zirve torkundan son zirve torkuna yüzde değişimi olarak hesaplanır. Negatif yorgunluk indeksi kişinin başlangıçta daha fazla tork ürettiğini gösterir (Humac Norm, User's Guide).

3.5.4. Hoffmann Refleks Ölçümü Protokolü

Hoffmann Refleks ölçümü Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı EMG-EEG Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Nihon Kohden Neuropack 8 marka EMG cihazı kullanılmıştır. Kayıtlar, katılımcı fizik tedavi masasının üzerine sırt üstü (supine pozisyon) uzanma durumunda iken femoral sinir uyarımı ile Rectus Femoris kasından kayıt alınmıştır. Katılımcıların dominant bacakları ölçüme alınmadan önce tıraşlanıp alkolle temizlenmiştir.

Ölçümlerde kayıt elektrotları Gümüş/Gümüş Klorür disk elektrotlar ve stimülatör elektrodu olarak keçe elektrot kullanılmıştır. Analiz zamanı (display resolution)

2mV/div., stimulus frekansı 1Hz, Stimulus süresi 1 ms., filtre aralığı 2Hz-2KHz olarak belirlenmiştir. Stimülatör elektrot inguinal ligamentin medialine femoral sinir üzerine, aktif elektrot Rectus Femoris kas karnı üzerine, referans elektrot patellanın proksimaline ve toprak elektrot aktif elektrot ile referans elektrot arasına yerleştirilmiştir. Tekrarlı ölçümler yapılacağı için her katılımcıya ait elektrotların mesafeleri ve yerleri metre yardımı ile ölçülerek kayıt edilerek ikinci ölçümlerde aynı yerlerden kayıt alınmıştır. Femoral sinire düşük şiddette (0-5 mV) elektrik uyarısı verilerek ölçüme başlanmıştır ve uyarı şiddeti 5mV'luk dalgalarla kademe kademe artırılarak H yanıtı amplitüdünün maksimum olduğu nokta (Hmax) kayıt edilmiştir. Uyarı şiddeti artırılarak supramaksimal şiddette M yanıtı stabil duruma gelene kadar uyarıya devam edilmiştir. M yanıtı amplitüdü stabil duruma geldiği nokta (Mmax) kayıt edilmiştir. Yanıtlar peak to peak olarak değerlendirilmiştir. Uyarımlar arası süre post sinaptik depresyonu engellemek amacı ile 3 saniye olarak belirlenmiştir (Alrowayeh ve ark. 2005; Pierrot-Desellingly ve Burke, 2005; Doguet ve ark. 2014).

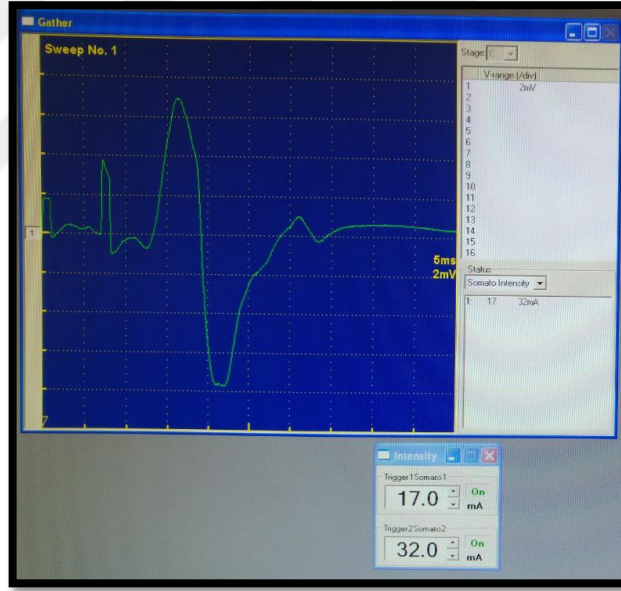


Şekil 3.5. Hoffmann refleksi ölçümü

3.5.5. Rekürren İnhibisyon Ölçümü Protokolü

Rekürren inhibisyon ölçümü Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı EMG-EEG Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Nihon Kohden Neuropack 8 marka EMG cihazı kullanılmıştır. Kayıtlar, katılımcı fizik tedavi masasının üzerine sırt üstü (supine pozisyon) uzanma durumunda iken femoral sinir uyarımı ile Rectus Femoris kasından kayıt alınmıştır. Katılımcıların dominant bacakları ölçüme alınmadan önce tıraşlanıp alkolle temizlenmiştir.

Ölçümlerde kayıt elektrotları Gümüş/Gümüş Klorür disk elektrotlar ve stimülatör elektrot olarak keçe elektrot kullanılmıştır. Analiz zamanı (display resolution) 2mV/div., stimulus frekansı 1Hz, Stimulus süresi 1 ms., Filtre aralığı 2Hz-2KHz olarak belirlenmiştir. Stimülatör elektrot inguinal ligamentin medialine femoral sinir üzerine, aktif elektrot Rectus Femoris kas karnı üzerine, referans elektrot patellanın proksimaline ve toprak elektrot aktif elektrot ile referans elektrot arasına yerleştirilmiştir. H Refleks protokolünden sonra rekürren inhibisyon protokolü uygulanmıştır. Submaksimal uyarımla elde edilen Hmax amplitüdünü ortaya çıkaran stimulus (S1) ile supramaksimal uyarımla elde edilen Mmax amplitüdünü ortaya çıkaran stimulus (SM) arasında 10ms. olacak şekilde art arda verilerek elde edilen H' yanıtın amplitüdü (peak to peak) kayıt edilmiştir (Katz ve Pierrot-Deseilligny, 1999; Pierrot-Deseilligny ve Burke, 2005).



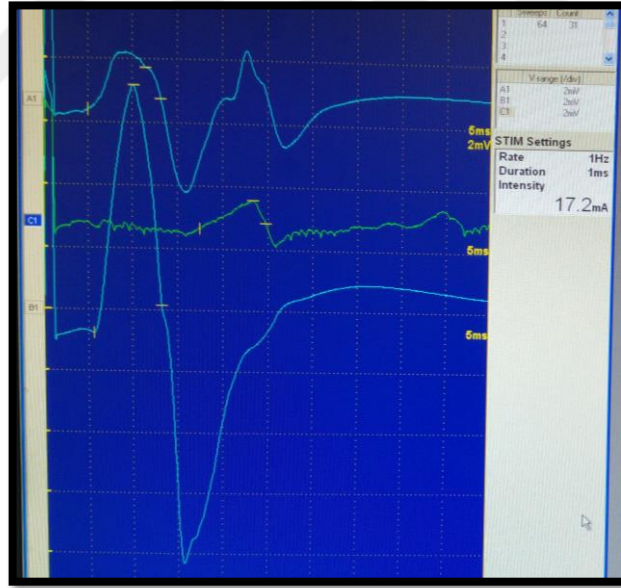
Şekil 3.6. Rekürren inhibisyon trasesi

3.5.6. Presinaptik İnhibisyon Ölçümü Protokolü

Presinaptik İnhibisyon ölçümü Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı EMG-EEG Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Nihon Kohden Neuropack 8 marka EMG cihazı kullanılmıştır. Kayıtlar, katılımcı fizik tedavi masasının üzerine sırt üstü (supine pozisyon) uzanma durumunda iken femoral sinir uyarımı ile Rectus Femoris kasından

kayıt alınmıştır. Katılımcıların dominant bacakları ölçüme alınmadan önce tıraşlanıp alkolle temizlenmiştir.

Ölçümlerde kayıt elektrotları Gümüş/Gümüş Klorür disk elektrotlar ve stimülatör elektrodu olarak keçe elektrot kullanılmıştır. Analiz zamanı (display resolution) 2mV/div., stimulus frekansı 1Hz, Stimulus süresi 1 msn., Filtre aralığı 2Hz-2KHz olarak belirlenmiştir. Stimülatör elektrot inguinal ligamentin medialine femoral sinir üzerine, aktif elektrot Rectus Femoris kas karnı üzerine, referans elektrot patellanın proksimaline ve toprak elektrot aktif elektrot ile referans elektrot arasına yerleştirilmiştir. Rekürren inhibisyon protokolünden sonra presinaptik inhibisyon protokolü uygulanmıştır. Presinaptik inhibisyon protokolünde patellar tendona kısa süreli vibrasyon uygulanarak femoral sinir uyarımı yapılmış ve yanıt Rectus femoris kasından kayıt edilmiştir. Yanıtın peak to peak amplitüdü kaydedilmiştir (Stein, 1995; Pierrot-Deseilligny ve Burke, 2005).



Şekil 3.7. Presinaptik inhibisyon trasesi

3.5.7. Motor Ünite Sayısı İndeksi Ölçümü Protokolü (MUNIX)

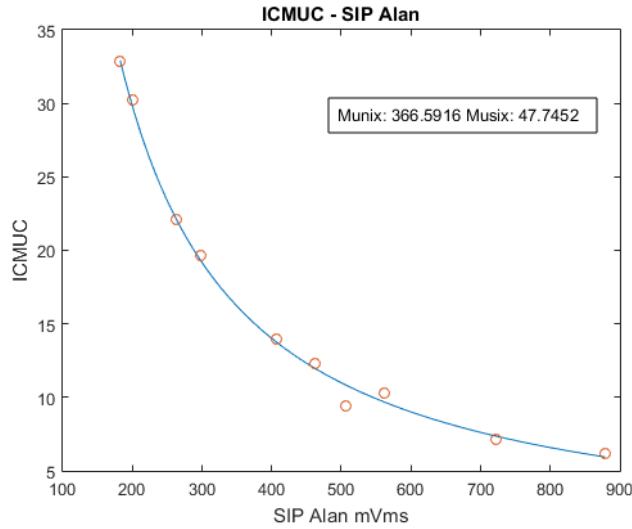
Motor Ünite Sayısı İndeksi ölçümü Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı EMG-EEG Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Synergy marka EMG cihazı kullanılmıştır. Kayıtlar, katılımcı oturur durumda iken femoral sinir uyarımı ile Rectus Femoris kasından kayıt

alınmıştır. Katılımcıların dominant bacakları ölçüme alınmadan önce tıraşlanıp alkolle temizlenmiştir.

MUNIX Protokolü Uygulaması;Supramaksimal uyarım ile elde edilen M yanıtları ile hafif kas gücü, yaklaşık tam kasının %25, %50, %75 ve %100 olacak şekilde istemli kası sırasındaki interferans örneğinin dönüştürülmesi ile elde edilen motor ünite sayı indeksi (MUNIX) değeri her olgu için değerlendirilir. Üç aşamadan oluşmaktadır:

1. CMAP Kaydı: Supramaksimal Uyarım ile M yanıtının elde edilmesidir.
2. İstemli Kası Sırasındaki İnterferans paternlerinin alınması (2 tekrarlı 5 farklı seviyede istemli kasılma sonucu EMG kaydı alınır. 300 ms' lik trase ile kayıt yapılır.)
3. Matematiksel dönüşüm ve hesaplamalar

MUNIX yönteminde gerekli ölçümlerin yapılmasının ardından matematiksel işlem kısmı başlamaktadır. Matematiksel formül ile MUSIX (Motor Unit Size Index) değeri elde edilir. MUSIX değeri motor ünitelerin innervasyon büyüklüklerini gösterir. MUNIX yöntemi hem motor ünite sayısını hem de sayı ve büyüklük oranını açıklamaktadır. (Li ve ark., 2015; Power ve ark., 2010; Nandedkar ve ark.,2004). Ölçümden sonra matematiksel dönüşüm ve hesaplamalar sonucunda MUNIX, MUSIX ve CMAPamp (bileşik kas aksiyon potansiyeli) değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 3.8. Dönüşüm ve hesaplamalar sonucunda elde edilen MUNIX ve MUSIX kaydı

3.5.8. Yüzeysel EMG ile Yorgunluk Ölçümü Protokolü

Yüzeysel EMG ile Yorgunluk ölçümü protokolünde iki cihaz eş zamanlı olarak kullanılmıştır. CYBEX İzokinetik dinamometrede yorgunluk ölçümü protokolü uygulanırken, EMG kas aktivasyonları Biograph Infinity / Flexcomp System T7555M (Thought Technology, Canada) cihazı kullanılarak kayıt edilmiştir.

Teorik olarak Kritik Tork (CT) ve EMG yorgunluk eşiği (EMG_{FT}) testleri farklı metodolojiye sahiptir. EMG_{FT} testi nöromuskuler aktiviteyi test ederkeni CT testi tork ile süre ilişkisini tanımlar. Yorgunluk seviyesinin başladığı tork seviyesi yorgunluk eşiği olarak tanımlanır. CT testi; farklı tork seviyelerindeki yorgunluğu içerir. CT testi W_{lim} olarak adlandırılan mekanik çalışmanın izometrik analogudur. T_{lim} ise belirli torklardaki tükenme zamanıdır (Hendrix ve ark., 2009a; Hendrix ve ark., 2009b).

$$W_{lim} = \text{İzometrik Tork} \times T_{lim}$$

Regresyon analizi sonucunda elde edilen denklem :

$$\text{Slope coefficient: } y = 25.7x + 3232, \text{ Negative Slope Coefficient: } y = -88.8x + 20.7$$

İlk gün katılımcının ortalama yüzde maksimal istemli kasılma torkunu belirlemek için 6 saniyelik maksimal istemli kasılmaları kayıt edildi. Katılımcılar teste girmeden önce 5 dakika boyunca 60 RPM (dakikadaki devir hızı) hızında bisiklet ergometresinde ısınma yapmışlardır. SENIAM kriterlerine uygun bir şekilde elektrot yerleşimi ve hazırlanması yapıldı. Katılımcı CYBEX bilgisayarlı İzokinetik dinamometrede uyluk ve bacak açısı 120 derece olacak şekilde oturdu. 6 saniyelik diz ekstansiyonu sırasında Rektus Femoris kasında maksimal istemli kas aktivasyonları kayıt edildi. Aynı zamanda izokinetik dinamometreden diz ekstansiyon zirve tork değerleri kayıt edildi. Her katılımcıya 2 deneme yaptırıldı ve en iyi değerlendirmeye alındı. İkinci gün katılımcı 5'er dakika ara ile maksimal istemli kasılmasının %30, %45, %60 ve %75'i kadar kasılmayı tükenene kadar uyguladı. İzokinetik dinamometre bilgisayar ekranından görsel, kasılma seviyesini düzenlemesi için ise sözel dönüt verildi. Her kasılmanın tork limiti (W_{lim}) ile tükenme zaman limiti (T_{lim}) kritik torku (CT) belirlemek için kayıt edildi (Hendrix ve ark., 2009a; Hendrix ve ark., 2009b).



Şekil 3.9. Yüzeyel EMG ile Yorgunluk Ölçümü

EMG sinyalleri bipolar yüzeyel elektrot ile RF kasından SENIAM kriterleri doğrultusunda kayıt edildi. EMG sinyallerinin kazancı 1000x, bandwidth 10-500Hz olarak kayıt yapıldı ve Fast Fourier Transform kullanılarak filtre edildi. 5 tane (1-40, 41-80, 81-120, 121-160, 161-200) 40 saniyelik epokların EMG güç yoğunluğu spectrumunu temsil etmek için ortalama güç frekansı (mean power frequency) ve medyan frekansı hesaplandı. EMG ortalama güç frekansının düşüşü negatif eğim katsayısı olarak hesaplandı. Her katılımcıya ait sinyallerin maksimal istemli kasılma normalizasyonu yapıldıktan sonra frekans analizleri yapılmıştır. Her kasılma ve her katılımcı için ayrı ayrı hesaplanmıştır. CT ve EMG_{FT} değerlerini belirlemek için regresyon analizi kullanılmıştır (Hendrix ve ark.,2009a; Hendrix ve ark., 2009b). Son testte Yüzeyel EMG ile yorgunluk ölçümü protokolü HIIT grubu (n=8), Kuvvet grubu (n=8), Kontrol grubu (n=8) olmak üzere 24 katılımcıya uygulanmıştır.

3.6. Verilerin İstatistiksel Analizi

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 18.0 paket programı kullanılmıştır. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri yapıldıktan sonra her grubun gözlem sayısı 50'nin altında olması nedeniyle Shapiro-Wilk testi kullanılarak dağılım özellikleri belirlenmiştir. Shapiro-Wilk testinin sonuçlarına göre Hoffmann Refleks, Rekürren inhibisyon, Presinaptik İnhibisyon, Motor Ünite Sayısı indeksi değişkenleri, Yüzeyel EMG ile yorgunluk ölçümü verileri, İzokinetik kuvvet ve dayanıklılık ölçümü verilerinin normal dağılım gösterdiği, Yorgunluk İndeksi verilerinin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Normal

dağılım gösteren değişkenler için her grubun kendi içerisindeki değişim ve etkileşimini incelemede Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. İstatistiksel analizde grup ve zaman farkı elde edilen verilerde ikişerli karşılaştırmaların elde edilebilmesi için Post-Hoc Bonferonni düzeltmesi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon analizi kullanılmıştır. 1 değişkene hem randomizasyonun sürmesi hem de antrenman etkisinin gerçekçi olarak değerlendirilmesi için intention to treat yapılmıştır. Sonuçların Aritmetik Ortalama (A.O), Standart Sapma (S.S), Anlamlılık Düzeyi (p) ve Etki Büyüklüğü (η^2) değerleri yazılmıştır. Normal dağılım göstermeyen verilerde ise Mann Whitney U testi ile Wilcoxon Testi kullanılmıştır. Uygulanan tüm analizlerde $p<0.05$, $p<0.01$ düzeyleri kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Kuvvet ve HIIT antrenmanlarına bağı olarak değişen nöral adaptasyon ve motor ünite büyüklük indeksi ile yorgunluk seviyeleri arasındaki ilişkiyi inceleme amacıyla yapılan çalışmaya ortalama yaşları 21.05 ± 0.36 yıl, ağırlıkları 75.59 ± 1.17 kg., boyları 177.76 ± 6.06 cm, vücut yağ yüzdeleri 12.61 ± 0.63 , beden kütle indeksleri 23.5 ± 0.38 olan toplamda 62 sağlıklı erkek katılımcı dahil edilmiştir.

4.1. Demografik Özellikler

Tablo 4.1. Çalışmaya katılan bireylerin fiziksel özellikleri

	HIIT	KUVVET	KONTROL
	(n=21)	(n=23)	(n=18)
	A.O \pm S.S	A.O \pm S.S	A.O \pm S.S
Yaş (Yıl)	22.16 \pm 0.55	19.74 \pm 0.27	21.44 \pm 0.91
Boy (cm)	179.95 \pm 7.09	174.70 \pm 4.59	178.61 \pm 5.08
Ağırlık (kg)	77.60 \pm 10.09	74.45 \pm 10.27	74.69 \pm 6.58
BKI (kg/m²)	23.57 \pm 2.68	23.02 \pm 3.46	24.02 \pm 2.87
VYY (%)	11.70 \pm 3.71	11.41 \pm 4.35	15.18 \pm 6.14

Tablo 4.1.'de çalışmaya katılan bireylerin fiziksel özellikleri dahil oldukları gruplar halinde ele alınmıştır.

Tablo 4.2. Çalışmaya katılan bireylerin tanımlayıcı istatistikleri

	p
Yaş (Yıl)	0.110
Boy (cm)	0.111
Ağırlık (kg)	0.414
BKI (kg/m ²)	0.078
VYY (%)	0.225

*p<0.05, **p<0.01

Tablo 4.2'de çalışmaya katılan bireylerin gruplararası tanımlayıcı istatistikleri bulunmaktadır. HIIT, kuvvet ve kontrol grupları arasında yaş, boy, ağırlık, beden kütle indeksi ve vücut yağ yüzdesi özelliklerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05).

4.2. İzokinetik Kuvvet

Çalışmaya katılan bireylere CYBEX izokinetik dinamometre kullanılarak izokinetik kuvvet protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. İzokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvveti değişkenlerinin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

4.2.1. İzokinetik Diz Ekstansiyon Kuvveti

Tablo 4.3. Grupların diz ekstansiyon kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Nm	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	253.67±91.29	270.77±75.38	287.83±100.18
Son Test	342.24±71.02	361.74±83.91	289.61±104.35
Zaman	$F_{(1,59)}= 62.788$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.516$		
Grup x Zaman	$F_{(2,59)}= 13.877$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.320$		
Grup	$F_{(2,59)}= 0.606$ $p=0.549$ $\eta^2=0.020$		
* $p<0.05$, ** $p<0.01$			

Diz ekstansiyon kuvveti değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Diz ekstansiyon kuvveti değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.4. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	$F_{1,59}= 46.142$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.439$
Kuvvet	$F_{1,59}= 53.309$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.475$
Kontrol	$F_{1,59}= 0.016$ $p=0.900$ $\eta^2=0.000$
* $p<0.05$, ** $p<0.01$	

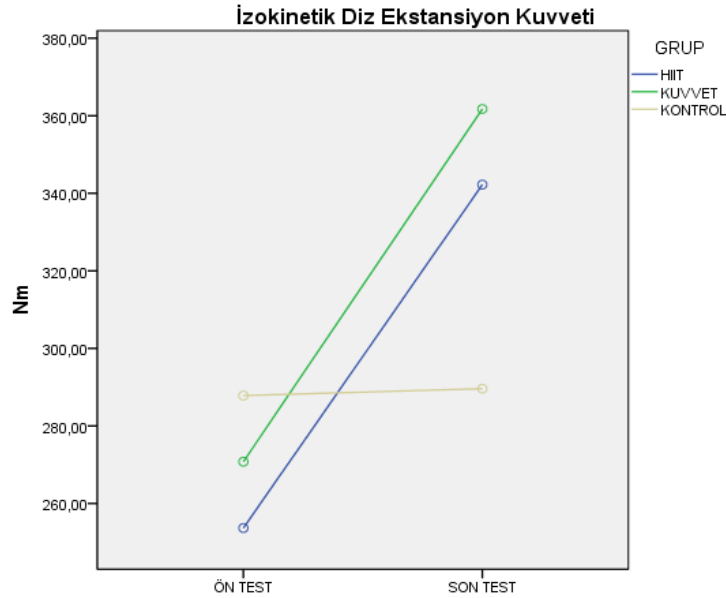
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, diz ekstansiyon kuvveti değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$).

Kontrol grubunun zamana bağılı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.5. Diz ekstansiyon kuvveti değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.99	0.99
HIIT-Kontrol	0.70	0.18
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.03*
* $p<0.05$, ** $p<0.01$		

Diz ekstansiyon kuvveti değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken, 8 haftalık antrenman sürecinden sonra yapılan son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). Kuvvet grubunun diz ekstansiyon kuvveti kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$).



Şekil 4.1. Grupların ön test ve son test izokinetik diz ekstansiyon kuvveti değişimi

4.2.2. İzokinetik Diz Fleksiyon Kuvveti

Tablo 4.6. Grupların diz fleksiyon kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Nm	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	154.81±55.48	153.80±53.77	169.0±68.16
Son Test	230.57±58.53	230.83±56.61	177.06±65.88
Zaman	F _(1,59) = 77.170 p=0.000** η ² =0.567		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 13.063 p=0.000** η ² =0.307		
Grup	F _(2,59) = 0.817 p=0.446 η ² =0.027		
*p<0.05, **p<0.01			

Diz fleksiyon kuvveti değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). Diz fleksiyon kuvveti değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05).

Tablo 4.7. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

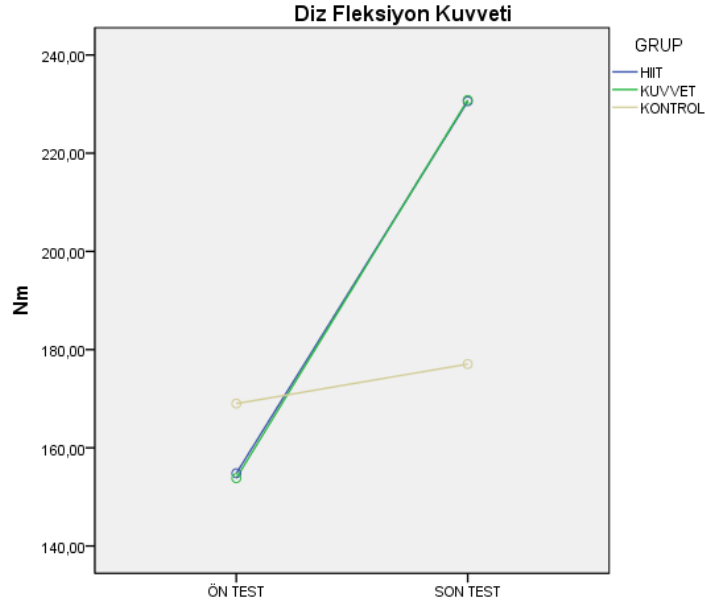
HIIT	F _{1,59} = 52.730 p=0.000** η ² =0.472
Kuvvet	F _{1,59} = 59.694 p=0.000** η ² =0.503
Kontrol	F _{1,59} = 0.511 p=0.478 η ² =0.009
*p<0.05, **p<0.01	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, diz fleksiyon kuvveti değişkeninde, grupların kendi içerisinde zaman bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kontrol grubunun zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05).

Tablo 4.8. Diz fleksiyon kuvveti değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.99	0.99
HIIT-Kontrol	0.99	0.02*
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.01*
*p<0.05, **p<0.01		

Diz fleksiyon kuvveti değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), 8 haftalık antrenman sürecinden sonra yapılan son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). HIIT ve Kuvvet grubunun diz fleksiyon kuvveti kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$).



Şekil 4.2.Grupların ön test ve son test izokinetik diz fleksiyon kuvveti değişimi

4.3. İzokinetik Dayanıklılık

Çalışmaya katılan bireylere CYBEX izokinetik dinamometre kullanılarak izokinetik dayanıklılık protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. İzokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon dayanıklılığı değişkenlerinin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

4.3.1. İzokinetik Diz Ekstansiyon Dayanıklılığı

Tablo 4.9. Grupların diz ekstansiyon dayanıklılıklarının zamana bağlı değişimi

Nm	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	117.14±53.05	138.03±61.89	144.05±70.19
Son Test	208.90±47.93	193.63±59.02	151.22±72.40
Zaman	$F_{(1,59)}= 94.535$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.616$		
Grup x Zaman	$F_{(2,59)}= 20.170$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.406$		
Grup	$F_{(2,59)}= 0.569$ $p=0.569$ $\eta^2=0.019$		
* $p<0.05$, ** $p<0.01$			

Diz ekstansiyon dayanıklılığı değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Diz ekstansiyon dayanıklılığı değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.10. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	$F_{1,59}= 102.663$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.635$
Kuvvet	$F_{1,59}= 41.280$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.412$
Kontrol	$F_{1,59}= 0.537$ $p=0.467$ $\eta^2=0.009$
* $p<0.05$, ** $p<0.01$	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, diz ekstansiyon dayanıklılığı değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır

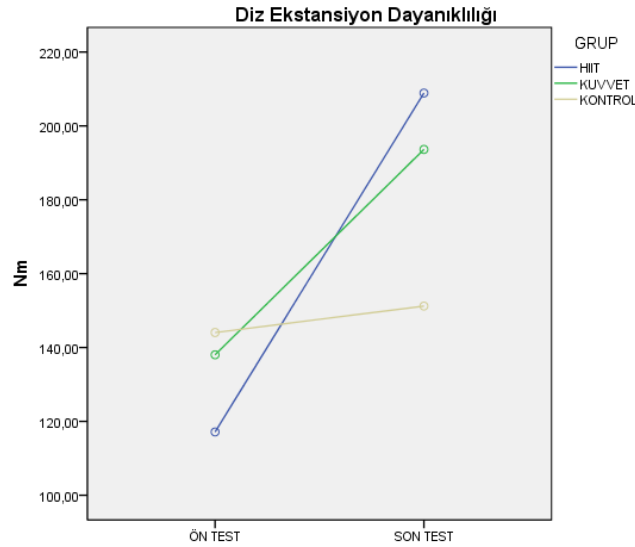
($p<0.01$). Kontrol grubunun zamana bağılı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.11. Diz ekstansiyon dayanıklılığı değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.79	0.99
HIIT-Kontrol	0.53	0.01*
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.08

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Diz ekstansiyon dayanıklılığı değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). 8 haftalık antrenmandan sonra HIIT grubunun diz ekstansiyon dayanıklılığı kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.3. Grupların ön test ve son test izokinetik diz ekstansiyon dayanıklılığı değişimi

4.3.2. İzokinetik Diz Fleksiyon Dayanıklılığı

Tablo 4.12. Grupların diz fleksiyon dayanıklılıklarının zamana bağlı değişimi

Nm	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	91.66±43.35	97.48±39.74	106.73±47.27
Son Test	159.42±44.07	143.58±45.87	118.08±46.43
Zaman	F _(1,59) = 73.981 p=0.000** η ² =0.556		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 10.766 p=0.000** η ² =0.267		
Grup	F _(2,59) = 0.526 p=0.594 η ² =0.018		
*p<0.05, **p<0.01			

Diz fleksiyon dayanıklılığı değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). Diz fleksiyon dayanıklılığı değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05).

Tablo 4.13. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

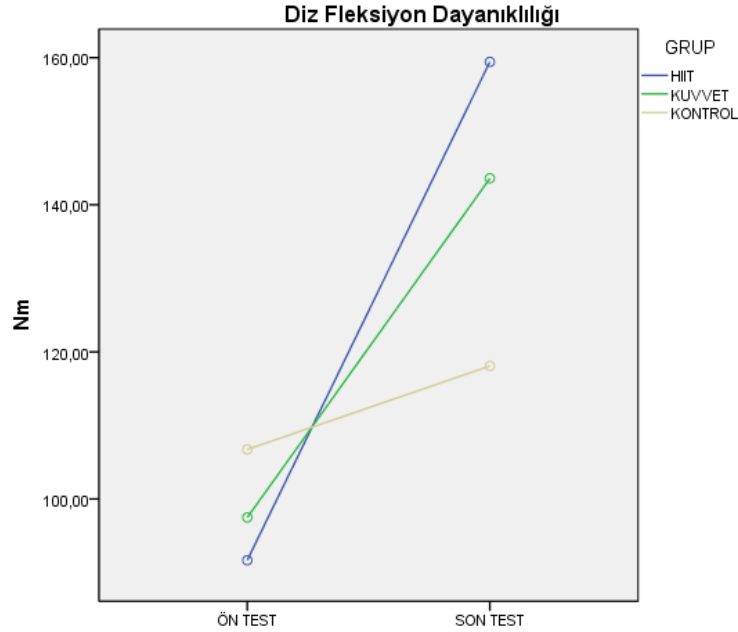
HIIT	F _{1,59} = 66.723 p=0.000** η ² =0.531
Kuvvet	F _{1,59} = 33.827 p=0.000** η ² =0.364
Kontrol	F _{1,59} = 1.605 p=0.210 η ² =0.026
*p<0.05, **p<0.01	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, diz fleksiyon dayanıklılığı değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kontrol grubunun zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Tablo 4.14. Diz fleksiyon dayanıklılığı değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.99	0.75
HIIT-Kontrol	0.84	0.01*
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.23
*p<0.05, **p<0.01		

Diz fleksiyon dayanıklılığı değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun diz fleksiyon dayanıklılığı kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.4. Grupların ön test ve son test izokinetik diz fleksiyon dayanıklılığı değişimi

4.4. Hoffmann Refleks

Çalışmaya katılan bireylere Nihon Kohden Neuropack 8 marka EMG cihazı kullanılarak Hoffman Refleks protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. Hmax, Mmax, H/Mmax değişkenlerinin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

4.4.1. Hmax

Tablo 4.15. Grupların Hmax değişkeninin zamana bağlı değişimi

mV	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	3.64±1.49	3.13±1.47	3.35±1.38
Son Test	4.80±1.75	4.11±1.34	3.21±1.18
Zaman	$F_{(1,59)}= 25.078$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.298$		
Grup x Zaman	$F_{(2,59)}= 8.830$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.230$		
Grup	$F_{(2,59)}= 2.427$ $p=0.097$ $\eta^2=0.076$		
* $p<0.05$, ** $p<0.01$			

Hmax değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Hmax değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.16. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	$F_{1,59}= 26.173$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.307$
Kuvvet	$F_{1,59}= 20.372$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.257$
Kontrol	$F_{1,59}= 0.352$ $p=0.555$ $\eta^2=0.006$
* $p<0.05$, ** $p<0.01$	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, Hmax değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). Kontrol grubunun

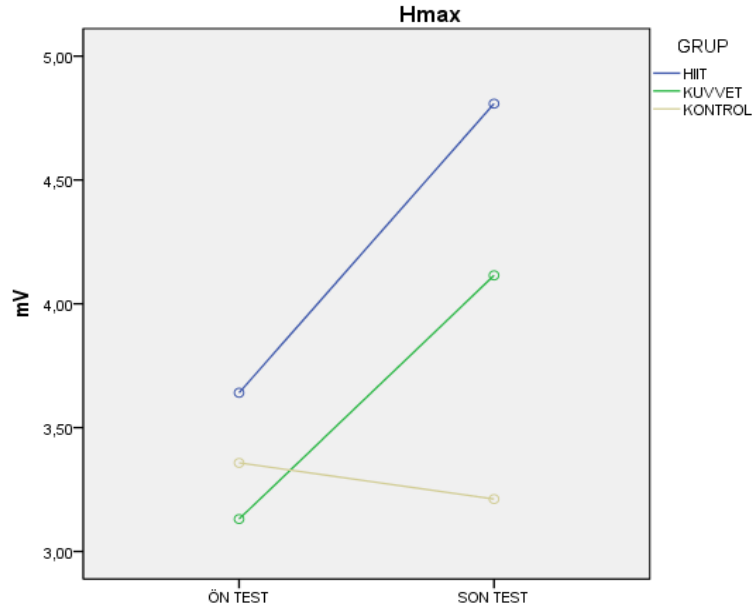
zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.17. Hmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.75	0.36
HIIT-Kontrol	0.99	0.00**
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.16

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Hmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.00$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun Hmax amplitüdü kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.5. Grupların ön test ve son test hmax amplitüdü değişimi

4.4.2. Mmax

Tablo 4.18. Grupların Mmax değişkeninin zamana bağlı değişimi

mV	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	17.80±1.93	17.53±2.00	17.60±1.87
Son Test	19.22±1.43	18.82±1.08	17.78±2.13
Zaman	F _(1,59) = 25.078 p=0.000** η ² =0.298		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 8.830 p=0.000** η ² =0.230		
Grup	F _(2,59) = 2.427 p=0.097 η ² =0.076		
*p<0.05, **p<0.01			

Mmax değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). Mmax değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05).

Tablo 4.19. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	F _{1,59} = 26.173 p=0.000** η ² =0.307
Kuvvet	F _{1,59} = 20.372 p=0.000** η ² =0.257
Kontrol	F _{1,59} = 0.352 p=0.555 η ² =0.006
*p<0.05, **p<0.01	

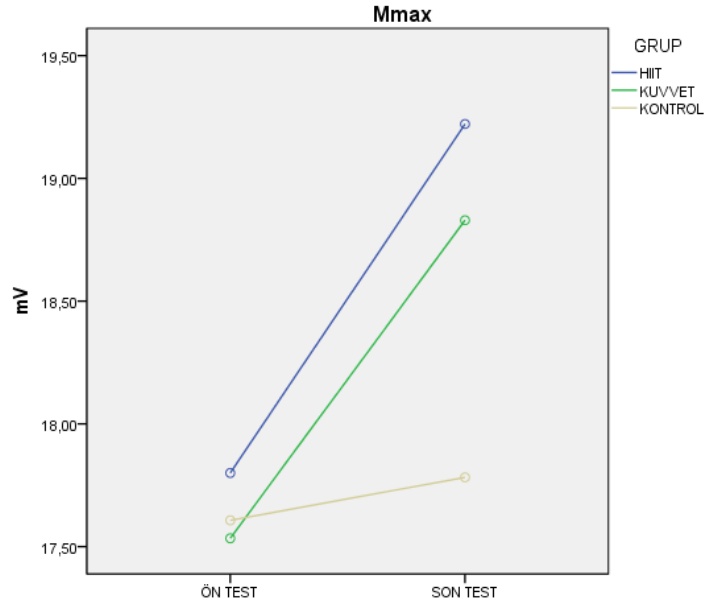
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, Mmax değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kontrol grubunun zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Tablo 4.20. Mmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.75	0.36
HIIT-Kontrol	0.99	0.00**
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.16

*p<0.05, **p<0.01

Mmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmada, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmada ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmada ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.00$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun Mmax amplitüdü kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.6. Grupların ön test ve son test mmax amplitüdü değişimi

4.4.3. H/Mmax

Tablo 4.21. Grupların H/Mmax değişkeninin zamana bağlı değişimi

	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	0.20±0.08	0.17±0.07	0.18±0.06
Son Test	0.24±0.08	0.21±0.06	0.17±0.05
Zaman	F _(1,59) = 13.707 p=0.000** η ² =0.189		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 5.960 p=0.004** η ² =0.168		
Grup	F _(2,59) = 1.993 p=0.145 η ² =0.063		
*p<0.05, **p<0.01			

H/Mmax değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). H/Mmax değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05).

Tablo 4.22. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

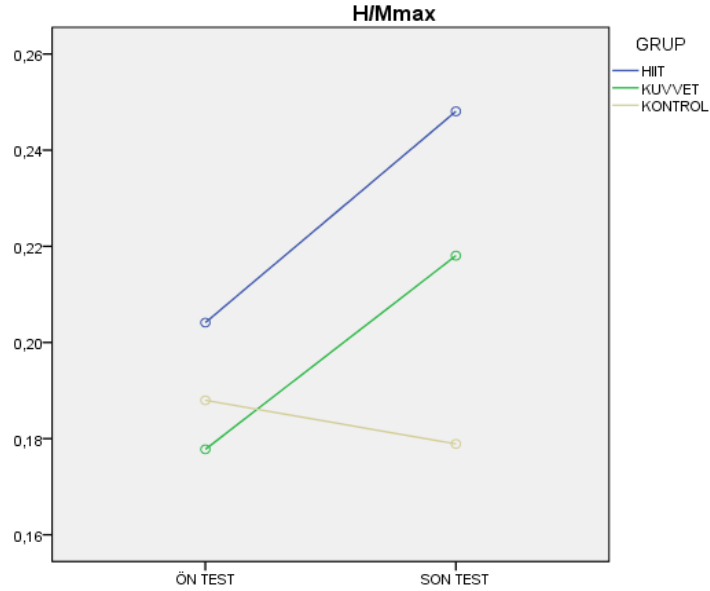
HIIT	F _{1,59} = 14.431 p=0.000** η ² =0.197
Kuvvet	F _{1,59} = 13.283 p=0.001** η ² =0.184
Kontrol	F _{1,59} = 0.527 p=0.471 η ² =0.009
*p<0.05, **p<0.01	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, H/Mmax değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kontrol grubunun zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Tablo 4.23. H/Mmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.77	0.02*
HIIT-Kontrol	0.99	0.02*
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.02*
*p<0.05, **p<0.01		

H/Mmax değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun H/Mmax değeri kuvvet grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun H/Mmax değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), 8 haftalık antrenman sürecinden sonra Kuvvet grubunun H/Mmax değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$).



Şekil 4.7.Grupların ön test ve son test H/Mmax değişimi

4.5. Rekürren İnhibisyon

Çalışmaya katılan bireylere Nihon Kohden Neuropack 8 marka EMG cihazı kullanılarak Rekürren inhibisyon protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. Rekürren İnhibisyon değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.24. Grupların rekürren inhibisyon değişkeninin zamana bağlı değişimi

mV	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	2.32±1.12	1.79±0.97	2.20±1.07
Son Test	1.11±0.60	1.29±0.81	2.09±1.08
Zaman	F _(1,59) = 35.912 p=0.000** $\eta^2=0.378$		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 3.095 p=0.000** $\eta^2=0.248$		
Grup	F _(2,59) = 2.524 p=0.089 $\eta^2=0.079$		
*p<0.05, **p<0.01			

Rekürren İnhibisyon değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Rekürren İnhibisyon değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.25. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	F _{1,59} = 48.675 p=0.000** $\eta^2=0.452$
Kuvvet	F _{1,59} = 9.182 p=0.004** $\eta^2=0.135$
Kontrol	F _{1,59} = 0.356 p=0.553 $\eta^2=0.006$
*p<0.05, **p<0.01	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, Rekürren inhibisyon değişkeninde, HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır

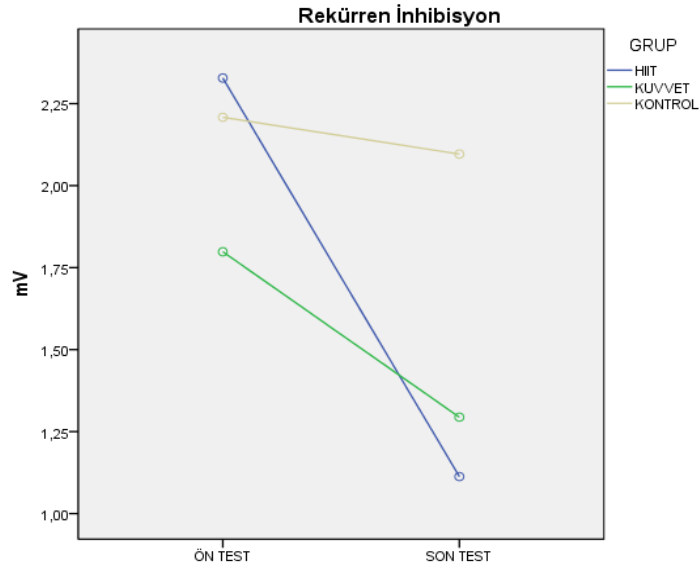
($p < 0.01$). Kontrol grubunun zamana bağılı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Tablo 4.26. Rekürren inhibisyon değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.31	0.99
HIIT-Kontrol	0.99	0.00**
Kuvvet-Kontrol	0.67	0.01*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Rekürren İnhibisyon değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırmasında, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmasında ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmasında ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p > 0.05$), 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun Rekürren İnhibisyon değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha azdır ($p < 0.01$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p > 0.05$), 8 haftalık antrenman sürecinden sonra kuvvet grubunun rekürren İnhibisyon değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha azdır ($p < 0.05$).



Şekil 4.8. Grupların ön test ve son test rekürren inhibisyon değişimi

4.6. Presinaptik İnhibisyon

Çalışmaya katılan bireylere Nihon Kohden Neuropack 8 marka EMG cihazı kullanılarak Presinaptik İnhibisyon protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. Presinaptik inhibisyon değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.27. Grupların presinaptik inhibisyon değişkeninin zamana bağlı değişimi

mV	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	2.52±1.26	2.18±1.40	2.44±1.14
Son Test	1.61±0.70	1.70±0.93	2.25±0.98
Zaman	$F_{(1,59)}= 21.897$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.271$		
Grup x Zaman	$F_{(2,59)}= 3.405$ $p=0.040^*$ $\eta^2=0.103$		
Grup	$F_{(2,59)}= 0.820$ $p=0.445$ $\eta^2=0.027$		
* $p<0.05$, ** $p<0.01$			

Presinaptik inhibisyon değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Rekürren İnhibisyon değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.28. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	$F_{1,59}= 22.611$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.277$
Kuvvet	$F_{1,59}= 6.799$ $p=0.012^*$ $\eta^2=0.103$
Kontrol	$F_{1,59}= 0.799$ $p=0.375$ $\eta^2=0.013$
* $p<0.05$, ** $p<0.01$	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, Presinaptik inhibisyon değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8

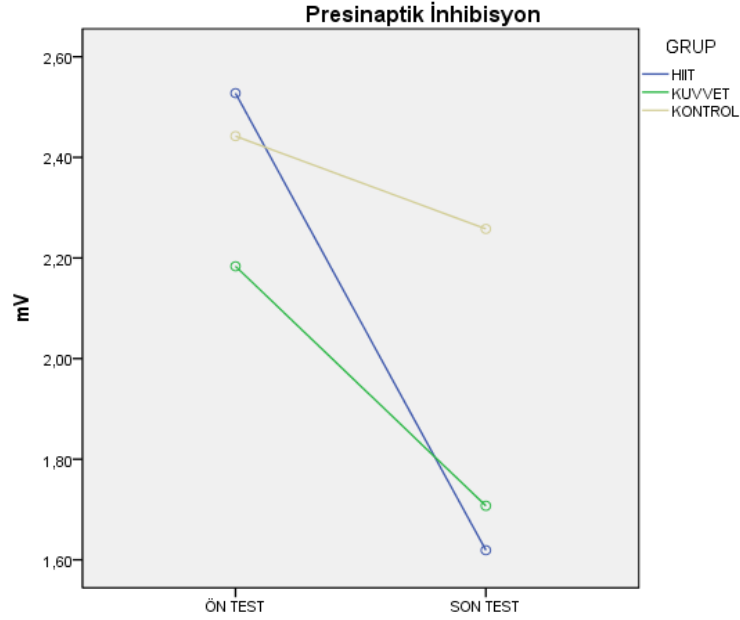
haftalık zamana bağılı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$). Kontrol grubunun zamana bağılı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Tablo 4.29. Presinaptik inhibisyon değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.99	0.99
HIIT-Kontrol	0.99	0.08
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.15

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Presinaptik inhibisyon değişkeninin zamana bağılı gruplar arası karşılaştırmasında, grupların kendi aralarında ön test ve son test değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0.05$).



Şekil 4.9. Grupların ön test ve son test presinaptik inhibisyon değişimi

4.7. Motor Ünite Sayısı İndeksi (MUNIX)

Çalışmaya katılan bireylere Synergy marka EMG cihazı kullanılarak MUNIX protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. MUNIX, MUSIX ve CMAP değişkenlerinin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

4.7.1. MUNIX

Tablo 4.30. Grupların MUNIX değişkeninin zamana bağlı değişimi

	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	381.90±59.71	341.43±97.64	338.06±76.47
Son Test	382±57.64	348.43±73.96	336.72±85.25
Zaman	F _(1,59) = 113.191 p=0.709 $\eta^2=0.000$		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 211.890 p=0.770 $\eta^2=0.009$		
Grup	F _(2,59) = 2.125 p=0.129 $\eta^2=0.067$		
*p<0.05, **p<0.01			

MUNIX değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). MUNIX değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.31. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	F _{1,59} = 0.000 p=0.991 $\eta^2=0.000$
Kuvvet	F _{1,59} = 0.698 p=0.407 $\eta^2=0.012$
Kontrol	F _{1,59} = 0.020 p=0.889 $\eta^2=0.000$
*p<0.05, **p<0.01	

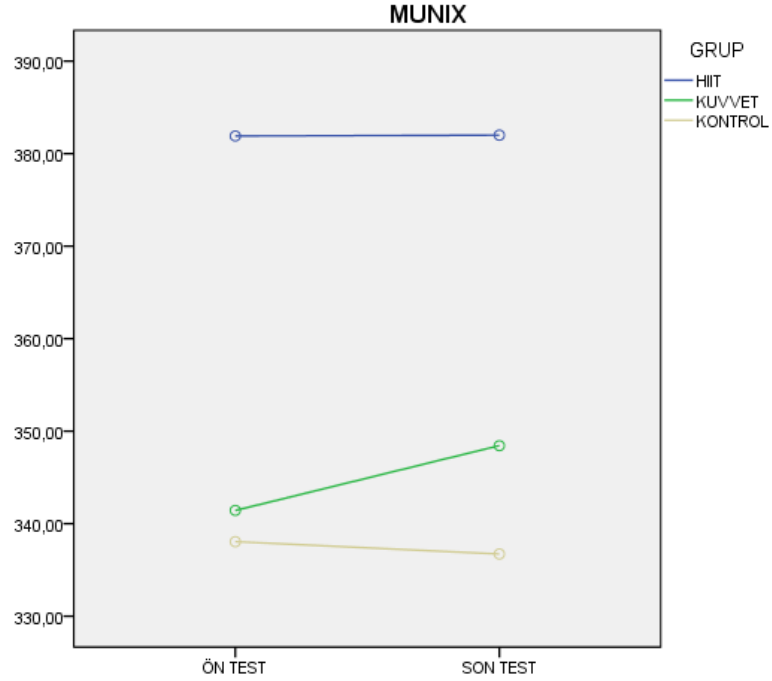
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, MUNIX değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT, Kuvvet ve Kontrol gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.32. MUNIX değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.31	0.39
HIIT-Kontrol	0.28	0.08
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.15

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

MUNIX değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmasında, grupların kendi aralarında ön test ve son test değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).



Şekil 4.10.Grupların ön test ve son test MUNIX değişimi

4.7.2. MUSIX

Tablo 4.33. Grupların MUSIX değişkeninin zamana bağlı değişimi

	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	43.95±6.19	42.39±8.66	41.06±8.65
Son Test	52.71±7.10	48.91±8.86	42.56±11.13
Zaman	F _(1,59) = 76.364 p=0.000** $\eta^2=0.564$		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 10.515 p=0.000** $\eta^2=0.263$		
Grup	F _(2,59) = 3.209 p=0.048* $\eta^2=0.098$		
*p<0.05, **p<0.01			

MUSIX değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). MUSIX değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

Tablo 4.34. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

HIIT	F _{1,59} = 64.094 p=0.000** $\eta^2=0.521$
Kuvvet	F _{1,59} = 38.892 p=0.000** $\eta^2=0.397$
Kontrol	F _{1,59} = 1.610 p=0.209 $\eta^2=0.027$
*p<0.05, **p<0.01	

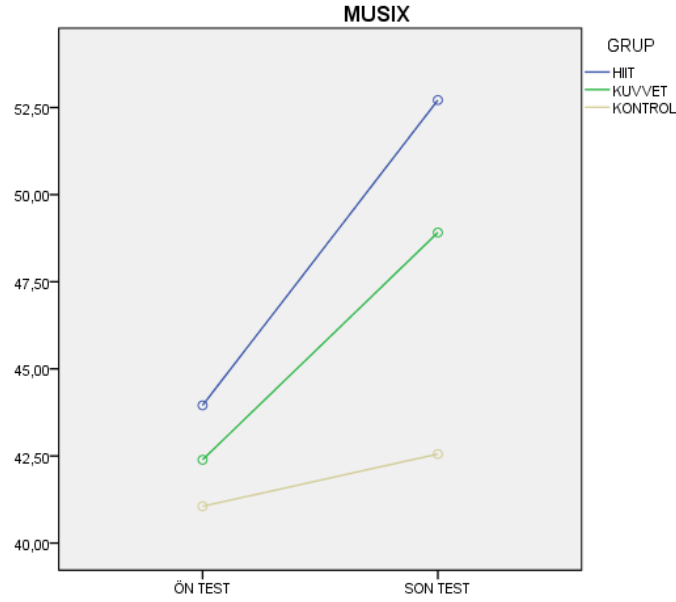
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, MUSIX değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kontrol grubunun zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Tablo 4.35. MUSIX değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.99	0.50
HIIT-Kontrol	0.74	0.00**
Kuvvet-Kontrol	0.99	0.08

*p<0.05, **p<0.01

MUSIX değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmada, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmada ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmada ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun MUSIX değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.05$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).



Şekil 4.11. Grupların ön test ve son test MUSIX değişimi

4.7.3. CMAPamp

Tablo 4.36. Grupların CMAPamp değişkeninin zamana bağlı değişimi

mV	HIIT (A.O±S.S)	Kuvvet (A.O±S.S)	Kontrol (A.O±S.S)
Ön Test	15.92±1.41	16.19±1.91	15.63±2.01
Son Test	17.63±1.2	17.98±1.37	15.99±1.99
Zaman	F _(1,59) = 80.511 p=0.000** $\eta^2=0.577$		
Grup x Zaman	F _(2,59) = 9.811 p=0.000** $\eta^2=0.250$		
Grup	F _(2,59) = 3.509 p=0.036* $\eta^2=0.106$		
*p<0.05, **p<0.01			

CMAP amplitüdü değişkeninin zaman etkileşimi incelendiğinde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). CMAP amplitüdü değişkeninde grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

Tablo 4.37. Grupların kendi içinde zamana bağlı değişimleri

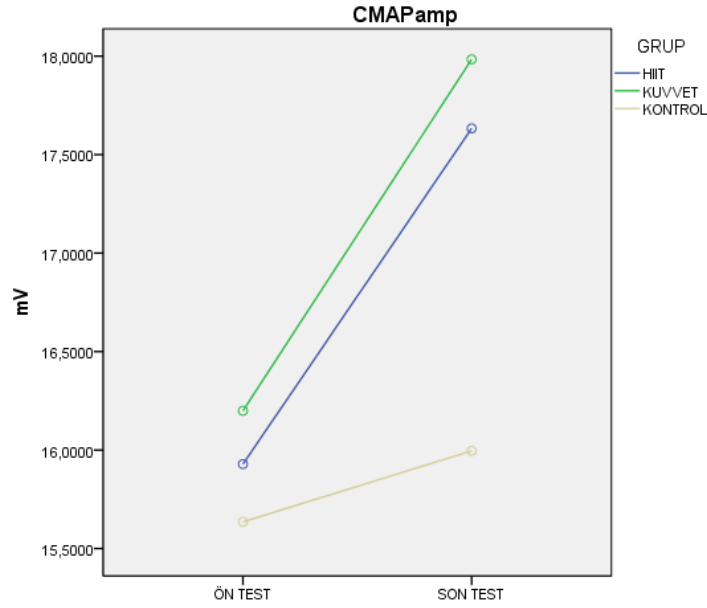
HIIT	F _{1,59} = 48.638 p=0.000** $\eta^2=0.452$
Kuvvet	F _{1,59} = 58.360 p=0.000** $\eta^2=0.497$
Kontrol	F _{1,59} = 1.859 p=0.178 $\eta^2=0.031$
*p<0.05, **p<0.01	

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, CMAPamp değişkeninde, grupların kendi içerisinde zamana bağlı değişimleri incelendiğinde; HIIT ve Kuvvet gruplarının 8 haftalık zamana bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kontrol grubunun zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Tablo 4.38. CMAP değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırması

	Ön Test	Son Test
HIIT-Kuvvet	0.99	0.99
HIIT-Kontrol	0.99	0.00**
Kuvvet-Kontrol	0.96	0.00**
*p<0.05, **p<0.01		

CMAPamp değişkeninin zamana bağlı gruplar arası karşılaştırmada, HIIT ve kuvvet grubu karşılaştırmada ön testte ve son testte istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). HIIT ve kontrol grubu karşılaştırmada ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT grubunun CMAP amplitüd değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.01$). Kuvvet ve kontrol grubu karşılaştırılmasında ise ön testte istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), son testte istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). 8 haftalık antrenman sürecinden sonra Kuvvet grubunun CMAP amplitüd değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha fazladır ($p<0.01$).



Şekil 4.12. Grupların ön test ve son test CMAPamp değişimi

4.8. Yorgunluk İndeksi

Çalışmaya katılan bireylere CYBEX izokinetik dinamometre kullanılarak izokinetik dayanıklılık protokolü uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. Diz ekstansiyon ve fleksiyon Yorgunluk İndeksi değişkenlerinin istatistiksel analizinde normal dağılım göstermediği saptanmıştır ($p<0.05$).

4.8.1. Diz Ekstansiyon Yorgunluk İndeksi

Tablo 4.39. Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin grup içi karşılaştırması

%		HIIT (AO±SS)	Kuvvet (AO±SS)	Kontrol (AO±SS)
Diz Ekstansiyon Yİ	Ön Test	-16.57±51.01	-11.91±64.17	-4.65±65.96
	p	0.00**	0.00**	0.09
	Son Test	36.95±13.61	33.55±16.89	11.71±42.29

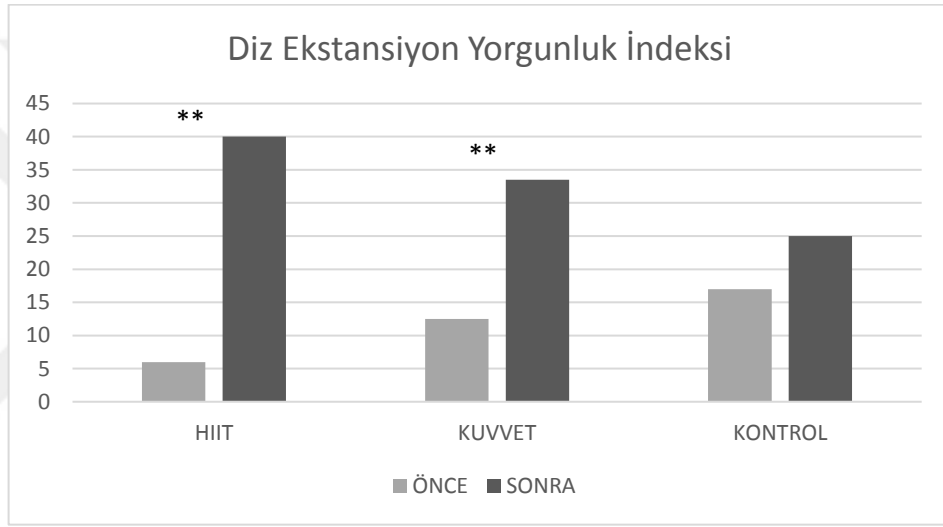
Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değişkeninde HIIT ve Kuvvet gruplarının ön test ve son test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). HIIT ve Kuvvet grubunun 8 haftalık antrenman sürecinden sonra diz ekstansiyon yorgunluk indeksi anlamlı olarak artmıştır ($p<0.01$). Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değişkeninde kontrol grubunun ön test ve son test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.40. Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin gruplar arası karşılaştırması

	Grup	Medyan	1.çeyrek	3.çeyrek	P _{1,2}	P _{1,3}	P _{2,3}
Diz Ekstansiyon Yİ Ön Test	HIIT	6	-39.5	16	0.21	0.20	0.72
	Kuvvet	12.5	-25.5	34.5			
	Kontrol	17	-38	40.5			
Diz Ekstansiyon Yİ Son Test	HIIT (1)	40	28.5	48.5	0.43	0.01*	0.08
	Kuvvet(2)	33.5	20.5	46			
	Kontrol (3)	25	-2	39			

* $p<0.05$, ** $p<0.01$ p_{1,2} HIIT ve Kuvvet grubunun karşılaştırması, p_{1,3} HIIT ve Kontrol grubu karşılaştırması, p_{2,3} Kuvvet ve Kontrol grubu karşılaştırması. (Mann Whitney U Testi)

Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değişkeninin ön testinde gruplar arasında yapılan karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). Diz ekstansiyon yorgunluk indeksinin son testinde gruplar arasında yapılan karşılaştırmada ise HIIT ve Kuvvet ile Kuvvet ve Kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), HIIT ve Kontrol grubu karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). HIIT grubunun diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değerleri kontrol grubuna kıyasla anlamlı olarak daha fazladır ($p<0.05$).



Şekil 4.13. Grupların ön test ve son test diz ekstansiyon Yİ değişimi

4.8.2. Diz Fleksiyon Yorgunluk İndeksi

Tablo 4.41. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin grup içi karşılaştırması

%		HIIT (AO±SS)	Kuvvet (AO±SS)	Kontrol (AO±SS)
Diz Fleksiyon Yİ	Ön	-23.71±67.09	-4.23±37.46	-32.29±85.36
	p	0.00**	0.00**	0.07
	Son	32.29±17.19	26.27±15.97	2.88±44.18
* $p<0.05$, ** $p<0.01$ wilcoxon test				

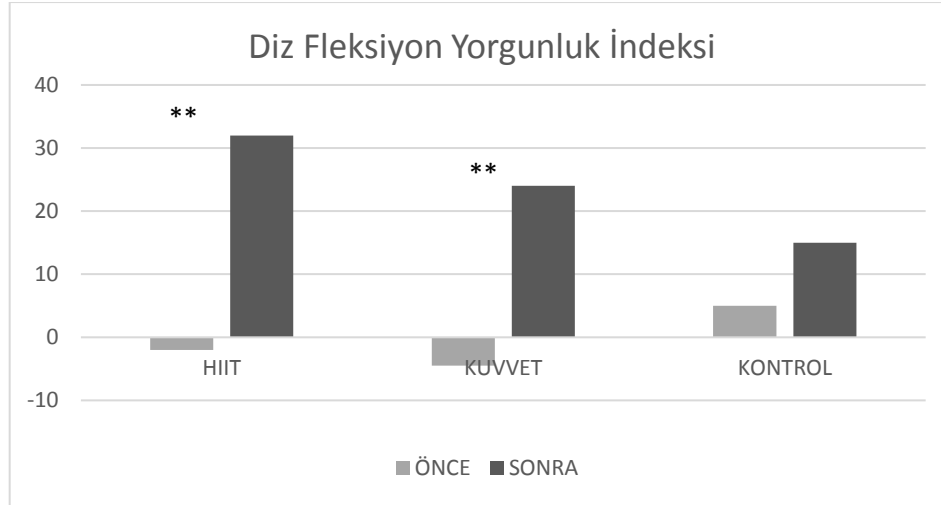
Diz fleksiyon yorgunluk indeksi değişkeninde HIIT ve Kuvvet gruplarının ön test ve son test karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). HIIT grubunun 8

haftalık antrenman sürecinden sonra diz fleksiyon yorgunluk indeksi anlamlı olarak artmıştır ($p<0.01$). Kuvvet grubunun 8 haftalık antrenman sürecinden sonra diz fleksiyon yorgunluk indeksi anlamlı olarak artmıştır ($p<0.01$). Diz fleksiyon yorgunluk indeksi değişkeninde kontrol grubunun ön test ve son test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.42. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi (Yİ) değişkeninin gruplar arası karşılaştırması

	Grup	Medyan	1.çeyrek	3.çeyrek	P_{1,2}	P_{1,3}	P_{2,3}
Diz Fleksiyon Yİ Ön Test	HIIT	-2	-37	13	0.44	0.97	0.76
	Kuvvet	-4.5	-14.5	21			
	Kontrol	5	-74.5	26			
Diz Fleksiyon Yİ Son Test	HIIT (1)	32	20.5	44.5	0.24	0.00**	0.05
	Kuvvet(2)	24	12.75	42.5			
	Kontrol (3)	15	-7	26			
* $p<0.05$, ** $p<0.01$ p _{1,2} HIIT ve Kuvvet grubunun karşılaştırması, p _{1,3} HIIT ve Kontrol grubu karşılaştırması, p _{2,3} Kuvvet ve Kontrol grubu karşılaştırması. (Mann Whitney U Testi)							

Diz fleksiyon yorgunluk indeksi değişkeninin ön testinde gruplar arasında yapılan karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). Diz fleksiyon yorgunluk indeksinin son testinde gruplar arasında yapılan karşılaştırmasında ise HIIT ve Kuvvet ile Kuvvet ve Kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yokken ($p>0.05$), HIIT ve Kontrol grubu karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). HIIT grubunun diz ekstansiyon yorgunluk indeksi değerleri kontrol grubuna kıyasla anlamlı olarak daha fazladır ($p<0.05$).



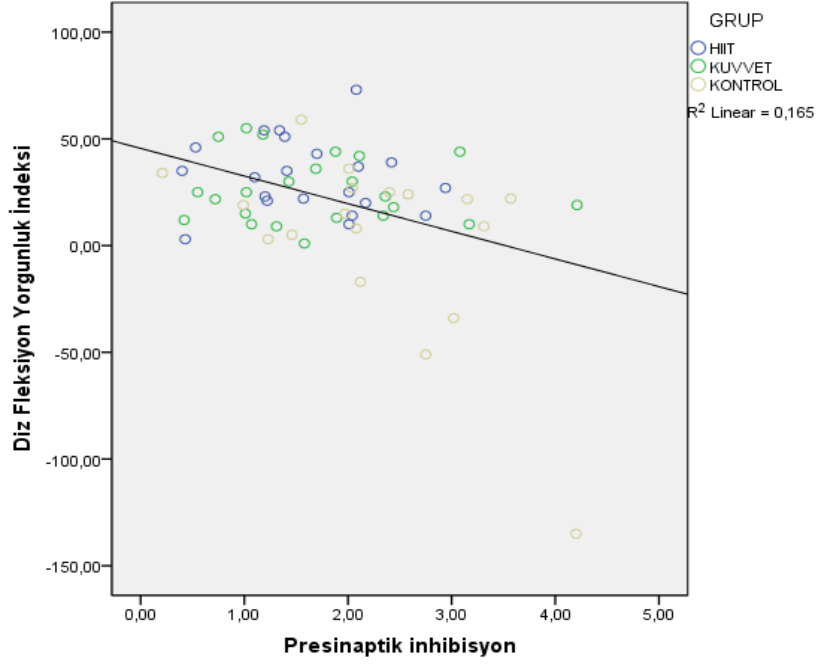
Şekil 4.14. Grupların ön test ve son test diz fleksiyon Yİ değişimi

4.9. Yorgunluk İndeksi ve Nöral Adaptasyon Değişkenleri Arasındaki İlişki

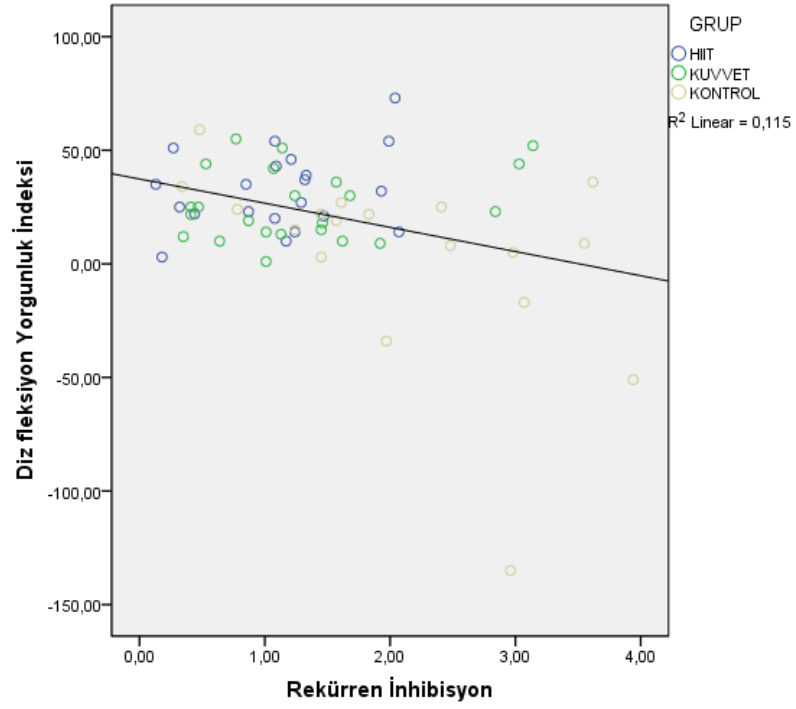
Tablo 4.43. Yorgunluk indeksi ve nöral adaptasyon değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısı

	Hmax	Mmax	H/Mmax	Presinaptik İnhibisyon	Rekürren İnhibisyon
Diz Ekstansiyon Yorgunluk İndeksi	0.012	0.010	0.004	-0.379**	-0.330**
Diz Fleksiyon Yorgunluk İndeksi	0.044	0.012	0.033	-0.406**	-0.340**
**p<0.01					

Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi ile Hmax, Mmax ve H/Mmax arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$). Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi ile Presinaptik inhibisyon ve Rekürren İnhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde ve zayıf düzeyde ilişki vardır ($p<0.01$). Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile Hmax, Mmax ve H/Mmax arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$). Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile presinaptik inhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde ve orta seviyede ilişki vardır ($p<0.01$). Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile Rekürren inhibisyon değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde ve zayıf düzeyde ilişki vardır ($p<0.01$).



Şekil 4.15. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile presinaptik inhibisyon arasındaki ilişki grafiği



Şekil 4.16. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile rekürren inhibisyon arasındaki ilişki grafiği

4.10. Yorgunluk İndeksi ile MUNIX Değişkenleri Arasındaki İlişki

Tablo 4.44. Yorgunluk indeksi ile MUNIX, MUSIX ve CMAPamp değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısı

r	MUNIX	MUSIX	CMAPamp
Diz Ekstansiyon Yorgunluk İndeksi	-0.155	-0.157	0.033
Diz Fleksiyon Yorgunluk İndeksi	-0.096	-0.058	0.033
*p<0.05, **p<0.01			

Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi ile MUNIX, MUSIX ve CMAPamp arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$). Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile MUNIX, MUSIX ve CMAPamp arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$).

4.11. MUNIX Değişkenleri ile Nöral Adaptasyon Değişkenleri Arasındaki İlişki

Tablo 4.45. MUNIX, MUSIX ve CMAPamp değişkenleri ile nöral adaptasyon değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısı

r	Hmax	Mmax	H/Mmax	Presinaptik İnhibisyon	Rekürren İnhibisyon
MUNIX	0.235	0.095	0.263	0.030	-0.025
MUSIX	0.418**	0.251*	0.406**	0.025	-0.085
CMAPamp	0.371**	0.849**	0.211	-0.047	0.099
*p<0.05, **p<0.01					

MUNIX ile Hmax, Mmax, H/Mmax Presinaptik inhibisyon ve Rekürren inhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$). MUSIX ile Hmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde ve orta seviyede ilişki vardır ($p<0.01$). MUSIX ile Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki vardır ($p<0.05$). MUSIX ile H/Mmax değişkenleri arasında istatistiksel

olarak anlamlı pozitif yönde orta seviyede ilişki vardır ($p<0.01$). MUSIX ile Presinaptik inhibisyon ve Rekürren inhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$). CMAPamp ile Hmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde zayıf ilişki vardır ($p<0.01$). CMAPamp ile Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde çok güçlü ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$).

4.12. EMG Yorgunluk Eşiği

Her gruptan rastgele yöntemle belirlenen 8'er katılımcıya son testte (HIIT n=8, Kuvvet n=8, Kontrol n=8) Biograph Infiniti EMG cihazı ile CYBEX izokinetik dinamometre kullanılarak Yorgunluk Protokolü ölçümü uygulanmış, grup ve ölçüm zamanına bağlı değişimler analiz edilmiştir. Yorgunluk eşiği değerlerinin normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.46. Grupların yorgunluk eşiği değişkeninin zamana bağlı değişimi

Nm	HIIT (n=8) (A.O±S.S)	Kuvvet (n=8) (A.O±S.S)	Kontrol (n=8) (A.O±S.S)
1.EPOK	269.68±21.68	408.51±86.22	180.75±22.27
2.EPOK	216.46±18.91	305.73±59.74	138.67±8.8
3.EPOK	166.49±13.42	246.69±52.97	103.2±5.31
4.EPOK	112.97±10.69	190.62±32.73	69.52±4.85
5.EPOK	96.70±5.90	104.40±17.03	52.6±4.45
Zaman	$F_{4,18}=402.876$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.950$		
Grup x Zaman	$F_{8,18}=23.981$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.695$		
Grup	$F_{4,18}=909.231$ $p=0.000^{**}$ $\eta^2=0.977$		
* $p<0.05$, ** $p<0.01$			

Yorgunluk eşiği değişkeninin zaman etkileşiminde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Yorgunluk eşiğinin grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$).

Tablo 4.47. Grupların yüzde maksimal istemli kasılmalarının zamana bağlı değişimi

%	HIIT (n=8) (A.O±S.S)	Kuvvet (n=8) (A.O±S.S)	Kontrol (n=8) (A.O±S.S)
1.EPOK	85.11±4.43	91.2±3.15	80.28±3.83
2.EPOK	74.17±2.13	81.41±4.68	71.6±4.24
3.EPOK	61.93±3.72	73.67±2.81	53.01±3.77
4.EPOK	41.32±2.34	54.41±5.15	38.49±4.48
5.EPOK	32.57±2.21	41.97±4.4	23.97±3.28
Zaman	F _{4,18} =313.945 p=0.000** η ² =0.993		
Grup x Zaman	F _{8,18} =14.653 p=0.000** η ² =0.583		
Grup	F _{4,18} =41.185 p=0.000** η ² =0.797		
*p<0.05, **p<0.01			

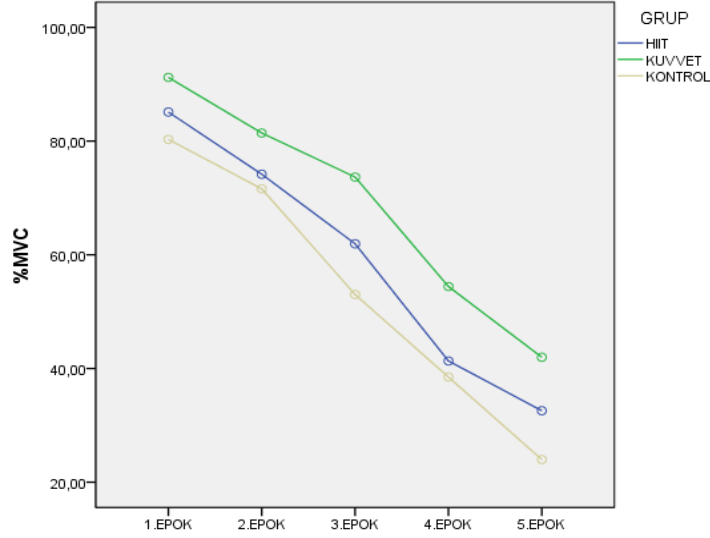
Yüzde maksimal istemli kasılmanın zaman etkileşiminde gruplar arası zamana bağlı istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.01). %MVC'nin grup ve zaman etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Grup etkileşiminde ise istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01).

Tablo 4.48. EPOK'ların gruplar arası değişimi

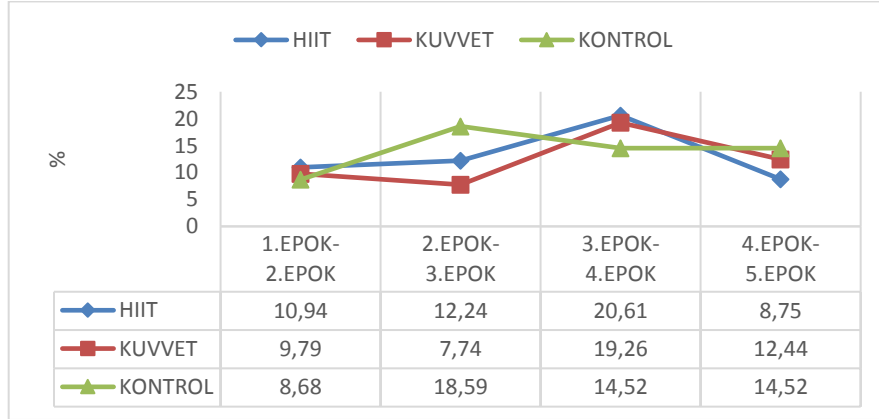
	HIIT-KUVVET	HIIT-KONTROL	KUVVET-KONTROL
1.EPOK	0.01*	0.06	0.00**
2.EPOK	0.00**	0.59	0.00**
3.EPOK	0.00**	0.00**	0.00**
4.EPOK	0.00**	0.56	0.00**
5.EPOK	0.00**	0.00**	0.00**
*p<0.05, **p<0.01			

HIIT ve Kuvvet grubunun karşılaştırmasında tüm EPOK'larda istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.01). Kuvvet grubunun yüzde maksimal istemli kasılmaları HIIT grubuna kıyasla daha fazladır (p<0.01). HIIT ve Kontrol grubunun karşılaştırmasında 1. EPOK, 2.EPOK ve 4.EPOK'larda istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0.05). 3.EPOK ve

5.EPOK'ta HIIT grubunun yüzde maksimal istemli kasılmaları kontrol grubuna kıyasla daha fazladır ($p<0.01$). Kuvvet ve Kontrol grubunun karşılaştırmasında ise tüm EPOK'larda istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$).Kuvvet grubunun yüzde maksimal istemli kasılma değerleri kontrol grubuna kıyasla anlamlı olarak daha fazladır ($p<0.01$).



Şekil.4.17.Zamana bağlı %MVC değişimi



Şekil 4.18. Yüzde değişim grafiği

Yüzde değişim grafiği incelendiğinde HIIT grubunun en fazla 3.EPOK ile 4.EPOK karşılaştırmasında yüzde değişimlerinde en fazla değişimin olduğu görülmektedir. Bu değişim HIIT grubunda 4. EPOK'ta daha fazla düşüş olduğunu göstermektedir. Kuvvet grubunda ise HIIT grubuna benzer şekilde en fazla 3.EPOK ile 4.EPOK karşılaştırmasında

yüzde değişimlerinde en fazla değişimin olduğu görölmektedir. Bu değişim Kuvvet grubunda 4. EPOK'ta daha fazla düşüş olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda ise en fazla yüzde değişim 2.EPOK ile 3.EPOK karşılaştırmasında görölmektedir. Kontrol grubunda 3.EPOK'ta en fazla düşüş olduğunu göstermektedir. Bu bulgular grupların zamana bağlı yorgunluk eğiği değerleriyle paralellik göstermektedir.



5. TARTIŞMA

İzokinetik Kuvvet

Araştırmada uygulanan Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının etkilerini doğru bir çerçevede yorumlayabilmek için yapılan antrenmanın performans çıktıları olarak İzokinetik kuvvet ve dayanıklılık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinde 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT ve kuvvet antrenmanı gruplarında artış belirlenirken kontrol grubunun kuvvet ortalamasında değişim olmamıştır. Kuvvet grubu, kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterirken, HIIT ve Kuvvet grubunun izokinetik kuvvet kazanımı birbirine benzerdir.

İzokinetik diz fleksiyon kuvvetinde ise; antrenman sürecinden sonra HIIT ve Kuvvet antrenmanı gruplarının kuvvetleri artmıştır. Kontrol grubunun kuvveti zamana bağlı olarak değişmemiştir. Antrenman gruplarının kontrol grubuna kıyasla diz fleksiyon kuvveti daha fazladır. Ancak HIIT ve Kuvvet antrenmanı gruplarının diz fleksiyon kuvvetleri arasında antrenmandan sonra fark olmamıştır.

Araştırmanın protokolüne benzer çalışmalar incelendiğinde; 7 haftalık optimal seviyede düzenlenen HIIT antrenmanının izokinetik diz ekstansiyon kuvvetini artırdığı belirlenmiştir (Tabata ve ark., 1990). Başka bir araştırmada ise 8 haftalık kuvvet antrenmanının izokinetik kas kuvvetini artırdığı saptanmıştır (Seo ve ark., 2015). Ayrıca 8 haftalık interval ve sprint interval antrenmanlarının sonucunda 60°/sn açısal hızda izokinetik diz ekstansiyon kuvvetlerinin benzer şekilde artış gösterdiği ortaya koyulmuştur (Robineau ve ark., 2017).

Literatürde uzun süreli uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının izokinetik kuvvet gelişimini sağladığı araştırmalarda belirtilirken kısa süreli uygulanan HIIT antrenmanın da diz ekstansiyon kas kuvvetini artırdığı gösteren araştırmalar mevcuttur (Pincivero ve ark., 1997b). Bu araştırmanın bulguları literatürle paralellik göstermektedir.

İzokinetik Dayanıklılık

Kuvvet ve HIIT antrenmanlarının performans çıktısı olarak değerlendirildiği diğer bir ölçüm olan izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon dayanıklılığında 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT ve Kuvvet grubunda artış olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunda zamana bağlı değişim yoktur. HIIT grubunun kontrol grubuna kıyasla daha fazla izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon dayanıklılıklarının olduğu tespit edilmiştir. Ancak antrenman sürecinden sonra HIIT ve kuvvet grubu arasında fark yoktur, iki antrenman grubunun da diz ekstansiyon ve fleksiyon dayanıklılıkları birbirine benzerdir. Yapılan iki antrenman metodunda izokinetik dayanıklılığı artırdığı söylenebilir.

Literatür incelendiğinde; bu araştırmanın protokolüne benzer çalışmalarda; 12 hafta yapılan kuvvet antrenmanının izokinetik kas dayanıklılığını kontrol grubuna kıyasla %31 artırdığı çalışmada belirtilirken (Marcinik ve ark., 1991), başka bir çalışmada 8 hafta yapılan kuvvet antrenmanı sonrasında 180°/sn açısal hızda ölçülen izokinetik diz ekstansiyon kas dayanıklılığını artırdığı tespit edilmiştir (Seo ve ark., 2015). Ayrıca kısa süreli HIIT antrenmanının da izokinetik kas dayanıklılığını artırdığı literatürde mevcuttur (Pincivero ve ark., 1997a). Bu çalışmada elde edilen HIIT ve kuvvet antrenmanı gruplarına ait izokinetik dayanıklılığın artması literatürle paralellik göstermektedir.

Hoffmann Refleks

HIIT ve kuvvet antrenmanlarına olan nöral adaptasyon değişikliğini incelemek için yapılan Hoffmann Refleks bulgularına göre çalışmada, Hmax ve Mmax değişkenlerinde 8 haftalık antrenman süreci sonrasında HIIT ve Kuvvet antrenman gruplarının amplitüdüleri artmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir değişim yoktur. Bununla birlikte HIIT ve kuvvet gruplarının karşılaştırmasında ise iki grubunda Hmax ve Mmax amplitüdülerinin artışı birbirine benzerdir. HIIT grubunun Hmax ve Mmax amplitüd değeri kontrol grubuna kıyasla daha fazladır. Bu bulgulara dayanarak yapılan antrenmanların Hmax ve Mmax değerleri üzerine etkileri benzerdir. Hmax ve Mmax değerlerinin kontrol grubuna kıyasla iki antrenman grubunda da artış göstermesi antrenman etkisinin sonucu olarak düşünülebilir.

Uzun süreli antrenman nöromuskuler sistem üzerinde bir çok spesifik adaptasyona neden olur. Bu etkiler aktivitenin miktar ve şekline bağlıdır. Yapılan bir araştırmada kuvvet antrenmanı yapan sporcuların dayanıklılık sporcularına göre Hmax amplitüdü daha düşük bulunmuştur. Fakat kuvvet antrenmanı yapan sporcuların daha fazla kuvvete sahip olduğu ve daha fazla kuvvet sergilemesi için daha fazla motor ünite aktivitesi üretilmesi gerektiği çalışmada belirtilmiştir. Dayanıklılık sporcuları ise daha düşük kuvvete sahipken daha fazla motor nöron havuzu uyarılabilirliği aktivitesi göstermişlerdir. Farklı antrenman protokollerine göre nöral organizasyon ve kas fibril tiplerinin transformasyonu ile bu verilerin değişebileceğini göstermiştir (Koceja ve ark., 2004).

Araştırmada elde edilen H/Mmax değerinde ise antrenmandan sonra HIIT ve kuvvet gruplarında artış görülmüştür. Kontrol grubunda ise değişim yoktur. Son testte HIIT ve kuvvet antrenman gruplarının H/Mmax değeri birbirinden farklıdır. HIIT grubunun H/Mmax değeri kuvvet grubuna kıyasla daha fazladır. İki grubunda kontrol grubuna kıyasla son testte daha H/Mmax değeri daha fazladır. Bu bulgulara dayanarak; H/Mmax değişkeninin motor nöron havuzunun uyarılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanıldığı (Knikou, 2008) göz önüne alındığında, antrenman sürecinden sonra görülen gruplar arası fark, HIIT ve Kuvvet antrenmanlarının motor nöron uyarılabilirliğini artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte 8 haftalık kuvvet ve HIIT antrenmanı sonucunda kuvvet antrenman grubuna kıyasla, HIIT antrenman grubunun daha fazla motor nöron uyarılabilirliğine sahip olduğu söylenebilir.

Antrenmana olan nöral adaptasyonu belirlemede kullanılan H refleks çalışmalarında çoğunlukla soleus kasından kayıt alınmıştır (Aagaard ve ark., 2002; Casabona ve ark., 1990; Holtermann ve ark., 2007). Bu araştırmada femoral sinir uyarımı ile Rectus femoris kasından kayıt alınmıştır. Bu kapsamda, literatürde çalışmamızda kullandığımız protokole benzer bir tane araştırmaya rastlanmıştır. 8 haftalık Pliometrik antrenman önce ve sonra femoral sinirden uyarım ile vastus medialis H refleks ve Mmax kaydı yapılmıştır. CYBEX izokinetik dinamometre cihazına oturma pozisyonunda iken kayıt alınarak, antrenmandan önce ve sonra karşılaştırma yapılmıştır. 8 haftalık pliometrik antrenman sonrasında kuvvet artışı görülmesine rağmen Hmax, Mmax ve H/Mmax değerlerinde değişim olmadığı

belirlenmiştir (Behrens ve ark., 2014). Araştırmamızın bulguları bu çalışmanın bulgularıyla paralellik göstermemektedir. Bunun bir çok nedeni olabilir. Birincil nedeni yapılan antrenman yönteminin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. İkincil nedeni ise uyarım pozisyonlarının farklılığından kaynaklanmış olabilir. Behrens ve arkadaşları oturma pozisyonunu kullanırken araştırmamızda sırt üstü yatar pozisyonda femoral sinir uyarımı yapılmıştır. Hmax amplitüdü bir çok faktörden etkilenebildiği gibi kişinin postürü ve diz açısından da (incelenen kasın hafif gerilmesi) etkilenebilir (Ertekin, 2006).

Bir diğer araştırmada, 3 haftalık kuvvet antrenmanı sonrasında güç gelişim oranı ve Hmax amplitüdünde artış bulunurken Mmax'ta değişim olmadığı, ayrıca güç gelişim oranı ile Hrefleks arasında pozitif korelasyon ($r=0.59$) olduğunu belirtmiştir. Bu bulguların değişen motor nöron uyarılabilirliğini ve presinaptik inhibisyonun ortaya çıktığını gösterir bulgular olduğu söylenmiştir (Holtermann ve ark., 2007).

Araştırmamızda benzer antrenman protokolünün kullanıldığı bir araştırmada 4 hafta uygulanan HIIT antrenmanından sonra Hmax, Mmax ve H/Mmax değişkenlerinde artış olduğu gösterilmiştir (Vera-Ibanez ve ark., 2017). Başka bir araştırma da ise 8 haftalık dayanıklılık antrenmanından sonra H/Mmax artmıştır (Perot ve ark., 1991). Bu bulgular çalışmamızda elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

Kuvvet ve dayanıklılık sporcularına ait Hoffmann refleksinin karşılaştığı bir araştırmada Hmax'ın kuvvet sporcularına kıyasla dayanıklılık sporcularında daha fazla olduğu gösterilmiştir. (Maffioletti ve ark., 2001). Ayrıca 14 haftalık dayanıklılık antrenmanından sonra Hmax'ta %20 artış görüldüğü başka bir araştırmada da belirlenmiştir (Aagaard ve ark., 2002) Araştırmamızda Hmax amplitüdünün, kuvvet grubuna kıyasla, HIIT sporcularında daha fazla olduğu görülmüştür ancak görülen bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Rekürren İnhibisyon

Çalışmada 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT ve kuvvet gruplarında rekürren inhibisyon amplitüdlerinin azaldığı bulunmuştur. HIIT ve kuvvet grubunun amplitüdlerinin son testte kontrol grubuna göre daha az olduğu tespit edilmiştir. HIIT ve kuvvet grubunun antrenman sonra rekürren inhibisyonlarında fark yoktur. Araştırmada, antrenman sürecinden sonra görülen antrenman gruplarındaki inhibisyonda rekürren inhibisyondaki azalma rensaw hücrelerinin modülasyonun antrenmanla birlikte değiştiğini göstermektedir. Ancak bu değişimin HIIT ve kuvvet antrenmanı yapan gruplarda birbirine benzediği görülmüştür. HIIT ve kuvvet grubunun kontrol grubu ile kıyaslanması sonucunda ön testte fark görülmezken son testte fark olması HIIT ve kuvvet grubunun antrenmana bağlı olarak rekürren inhibisyonunun azaldığını göstermektedir.

Earles ve arkadaşları dayanıklılık ve kuvvet sporcularında motor nöron uyarılabilirliğinin presinaptik ve postsinaptik kontrolünü belirlemek amacıyla sporculara ve kontrol grubuna rekürren inhibisyon protokolünü %10 ve %30 farklı uyarım şiddetlerinde stimuluslar vererek H⁺ amplitüdünü değerlendirmiştir. Sonuç olarak her iki protokol için uyarın yoğunluğundaki artışlar önemli ölçüde daha fazla inhibisyona neden olmuştur. Dayanıklılık ve kuvvet sporcuları kontrol grubuna kıyasla önemli farklılıklar göstermiştir. Dayanıklılık sporcuları hem kuvvet sporcularından hemde kontrol grubundan daha az rekürren inhibisyon değerleri göstermiştir. Farklı antrenman geçmişine sahip sporcuların segmental refleks yollarının değişiminin sonucu olarak bu bulguların gözlenebileceğini belirtmiştir (Earles ve ark., 2002).

Rekürren inhibisyon motor nöron havuzu çıktısının post sinaptik modülatörüdür. Earles'in 2002 yılında dayanıklılık sporcularına kıyasla patlayıcı kuvvet sporcularında daha fazla rekürren inhibisyon olduğunu bulması, ve kendi çalışmasında da güç gelişim oranıyla rekürren inhibisyonun regresyon analizi sonucunda kuvvet gelişiminin spinal ve supraspinal mekanizmalarda tahmin edilebileceğinin bir kanıtı olduğunu belirtmiştir (Johnson ve ark., 2014). Araştırmamızın bulgularıyla paralellik gösteren bu araştırmada kuvvet gelişimin spinal mekanizmalarda tahmin edilebileceği vurgulanmıştır.

Maksimal istemli kasılma sırasında kas kasılması şeklinin rekürren inhibisyon etkisinin araştırıldığı çalışmada izometrik konsantrik ve eksantrik kasılmalar sırasında rekürren

inhibisyon değişimi incelenmiştir. Eksantrik maksimal istemli kasılma sırasında rekürren inhibisyon amplitüdünün azaldığını tespit etmiştir. Motor nöron havuzunun uyarılabilirliği, rensaw hücreleri aracılığıyla modüle edilmektedir. Daha fazla H' yanıtın azalması daha fazla antagonist koaktivasyonundan kaynaklanabilir ifadesi kullanılmıştır (Barrue-Belau ve ark., 2018).

Barrue-Belau ve arkadaşları, kasılma sırasında H' refleksinin azaldığını bulmuştur. Eğer otojenik inhibitör yol uzun süreli kuvvet antrenmanına göre değişebiliyorsa, bu tür antrenman ptorokolleri göz önüne alındığında maksimalde belirgin kazançlar elde edildiğini söylemiştir (Aagard, 2018).

Presinaptik İnhibisyon

Araştırmamızda 8 hafta sonra antrenman sürecinden sonra HIIT ve kuvvet antrenmanı gruplarında Presinaptik inhibisyon amplitüdüleri azalmıştır. Kontrol grubunda değişim olmamıştır. HIIT grubu, kuvvet antrenmanı yapan gruptan daha fazla azalmış ancak bu azalma anlamlı değildir. HIIT ve kuvvet grubunun antrenmana bağlı olarak presinaptik inhibisyonları azalmıştır.

Araştırmamızın sonuçlarıyla paralel iki çalışmaya rastlanmıştır. Aagard, araştırmasında bazı antrenman yöntemlerine bağlı olarak nöromuskuler sistemde değişiklikler görülebileceğini buna dayanarak maksimal kuvvetin ve güç gelişim oranının sadece kas morfolojisindeki değişikliklerle değil aynı zamanda sinir sistemindeki adaptasyonların bir sonucu ortaya çıktığını belirtmiştir. Bu adaptasyonlar, motor ünite aktivitesinin artışı ile birlikte nöral döngüde değişikliğe yol açar. Direnç antrenmanları maksimal kuvvette ve güç gelişim oranında artışa neden olur. Bu artışla birlikte hem motor ünite ateşleme oranında artış görülürken hem de motor nöron uyarılabilirliğinde artış olduğu, aynı zamanda presinaptik inhibisyonun da azaldığını belirtmiştir. Antrenmana bağlı nöral faktörlerin ve mekanizmaların daha fazla çalışma yapılarak incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır (Aagaard, 2000; Aagaard, 2003).

Son yıllarda yapılan araştırmalarla oluşturulan derlemede ise uzun süre yapılan eksantrik kuvvet antrenmanı sonucunda motor nöron uyarılabilirliğinde artışla birlikte presinaptik inhibisyonun azaldığını belirtmiştir. (Aagaard, 2018).

MUNIX

Çalışmada 8 hafta sonra yapılan MUNIX ölçümlerinde gruplar arasında veya zamana bağlı bir değişim yoktur. Sağlıklı ve normal zamanında doğan bebeklerin motor ünite sayıları erişkinlerle aynı düzeydedir. Motor ünite sayısı 55-60 yaşlarından sonra azalmaya başlar (Yerdelen, 2005). Çalışmamızda Rectus Femoris kası için elde edilen MUNIX sonuçlarını karşılaştırma yapılabilecek literatürde bir araştırmaya rastlanmıştır. 21-56 yaş aralığında, yaş ortalamaları 40.64 ± 7.77 yıl olan 12 erkek 8 kadın olmak üzere toplamda 20 sağlıklı katılımcının (kontrol grubu) dahil edildiği araştırmada Rektus Femoris kasına ait MUNIX ortalamaları 274.42 ± 55.33 , MUSIX ortalamaları ise 43.28 ± 6.62 μV olarak hesaplanmıştır (Uslu ve ark., 2018). Araştırmamıza dahil edilen kontrol grubuna ait veriler yaş ortalamaları 21.44 ± 0.91 yıl olan 18 sağlıklı erkek katılımcıya ait MUNIX ve MUSIX ortalamaları 338.06 ± 76.47 , 41.06 ± 8.65 μV 'tur.

Bu çalışmada 8 hafta antrenman sürecinden sonra HIIT ve Kuvvet gruplarının motor ünite büyüklükleri ve CMAP amplitüdlerinde artış görülmüştür. HIIT ve Kuvvet grubu arasında motor ünite büyüklük indekslerinde fark olmamıştır. Literatürde araştırmamızın dizaynına benzeyen veya MUSIX üzerinde antrenman etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak literatürde kuvvet ile MUSIX ve antrenman yaşı ile MUNIX ilişkisini inceleyen iki tane araştırmaya rastlanmıştır.

Kaya ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada yaşı ve genç bireylerin abduktor pollicis brevis kasının kuvvet üretimleri ile motor ünite sayı ve büyüklük indeksi arasındaki ilişkisi incelenmiştir. Yaşı ve genç bireylerin katıldığı bu araştırmada, MUNIX ve MUSIX değişkenlerinin yaş ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Kuvvet ile motor ünite büyüklük indeksi arasında anlamlı bir etkileşim bulunmasına rağmen kuvvet motor ünite büyüklük indeksi arasında gençlerde anlamlı bir ilişki saptanırken, yaşlılarda anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p=0.18$) (Kaya ve ark., 2013). Araştırmamızda, kontrol grubuna kıyasla antrenman gruplarında diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetlerinde fark olmasına rağmen

MUSIX ve kuvvet arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p>0.05$). Ancak antrenman gruplarının motor ünite büyüklük indeksi ve bileşik kas aksiyon potansiyellerinin kontrol grubuna kıyasla daha fazla olması antrenman faktörünün sonucunda görülmüş olabilir.

Başka bir araştırma da ise ortalama 38 yıllık antrenman geçmişi olan yaşlı master koşucular (ortalama 64 yaş) ile fiziksel olarak aktif sağlıklı genç (ortalama 27 yaş) ve yaşlı (ortalama 66 yaş) bireylerin tibialis anterior kaslarından motor ünite sayıları karşılaştırılmıştır. Master koşucular (ortalama 140) ile genç bireylerin (ortalama 150) motor ünite sayıları arasında fark olmadığı, yaşlı bireylerin motor ünite sayıları ise ortalama 91 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, yaşam boyu yüksek yoğunlukta yapılan fiziksel aktivitenin, yaklaşık 70 yaşından sonra görülebilecek motor ünite kayıplarını potansiyel olarak azaltabileceğini göstermektedir (Power ve ark., 2010).

Farklı cihazlarla ve farklı protokollerde fakat aynı teknikle elde edilen CMAPamp ile M yanıtının benzer olması ölçümlerin doğru ve güvenilir olarak yapıldığının göstergesi olabilir.

Yorgunluk İndeksi

Araştırmamızda 8 haftalık antrenman sürecinden sonra HIIT ve Kuvvet gruplarının yorgunluk indeksleri arttığı bulgularda gösterilmiştir. Yorgunluk indeksinde artış olması yorgunluk seviyelerinin düştüğü anlamına gelmektedir (Martyn-Stevens ve ark., 2012). Bu sonuca dayanarak HIIT ve kuvvet gruplarının antrenmandan sonra Yorgunluk seviyelerinin azaldığı söylenebilir. Ancak HIIT ve kuvvet gruplarının yorgunluk indeksleri arasında fark olmaması gelişimin benzer olduğunu anlamına gelebilir.

HIIT grubunun kontrol grubuyla ön test karşılaştırmasında fark görülmezken, son test karşılaştırmasında fark olması HIIT grubunun yorgunluk indeksinin kontrol grubuna kıyasla daha fazla artmış olduğunu göstermektedir. HIIT antrenmanlarının yorgunluk üzerindeki etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kuvvet antrenman grubunun son testinde bir fark olduğu görülmesine rağmen bu fark anlamlı değildir.

Araştırmamızın protokolüne benzer araştırmalar incelendiğinde literatürde iki araştırmaya rastlanmıştır. Bir araştırmada, Proprioseptif nöromuskuler fasilasyon ile izokinetik

kuvvet antrenmanının karşılaştırılmıştır. Araştırmada 8 hafta boyunca antrenman yaptırılmış ve antrenmandan önce ve sonra izokinetik dayanıklılıkları değerlendirilmiştir. Sadece izokinetik kuvvet antrenmanı yapan katılımcıların yorgunluk indekslerinde artış görülmüştür (Kofotolis ve ark., 2002). Bu araştırmanın sonuçları araştırmamızda elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Diğer araştırmada ise dans sezonu öncesi ve sonrasında modern dansçılarda kuvvet artışı ile birlikte yorgunluk indeksinde de artış görülmüştür. (Martyn-Stevens ve ark., 2012). Futbolcularda kısa süreli detrainingin egzersiz performansı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada kısa süreli aradan önce ve sonra yapılan ölçümlerde yorgunluk indeksinin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı saptanmıştır. Futbolcularda, kısa süreli antrenmana ara vermenin yorgunluğun %5 azaldığını bulmuşlardır (Joo, 2016).

EMG Yorgunluk Eşiği

Araştırmada sadece son testte yapılan EMG ile yorgunluk analizi bulgularına göre HIIT ve kuvvet antrenmanı yapan gruplar karşılaştırıldığında tüm epoklarda fark olduğu görülmekte ve bu farkın kuvvet grubunun daha fazla yorgunluk eşiği değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Frekans ve zaman alanında yapılan EMG analizleri aktivite sırasındaki kuvvet veya yorgunluk miktarı gibi kas aktivasyonlarının analiz edilmesine yardımcı olur (Ertl ve ark. 2016). Yorgunluk analizinde elde edilen diğer bir veri olan maksimal istemli kasılmanın yüzdesi verilerinde; grup ve zaman etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Frekans bandında ayrılan epokların karşılaştırılmasında ise zamansal olarak grupların %MVC sinde anlamlı azalma olduğu belirlenmiştir. Kuvvet grubunun yüzde maksimal istemli kasılmaları HIIT grubuna kıyasla daha fazladır ($p<0.01$). Bu sonucun elde edilmesi kuvvet antrenmanı yapan grubun kuvvet değerlerinin daha fazla olması sebebiyle açıklanabilir. HIIT grubunun kontrol grubuna kıyasla 3. epokta daha fazla istemli kasılma göstermesi HIIT grubunun yorulma etkilerini 3. Epokta göstermediği anlamını taşımaktadır.

Üç grupta da görülen kasılma yüzdelerin düşüşü yüzde değişimle ifade edildiğinde değerlerin daha anlaşılır olmasını sağlamaktadır. Yüzde değişim grafiklerinde HIIT ve

Kuvvet grubunda benzer şekilde en fazla düşüşün 4.EPOK'ta gerçekleştiği, kontrol grubunda ise düşüşün 3. Epokta gerçekleştiği görülmektedir.

10 haftalık dayanıklılık ve kuvvet antrenmanlarının kas morfolojisi ve nöral aktivasyon adaptasyonlarının incelendiği araştırmada kuvvet antrenman grubunda Tip 1 ve Tip2 miyofibril alanının arttığı, dayanıklılık antrenman grubunda ise Tip1 ve Tip 2 miyofibril alanında değişim olmadığı belirlenmiştir. Vastus medialis kasının farklı kasılma şiddetlerinde kaydedilen EMG RMS amplitüdlerinde ise, değerlerin linner artışları, kuvvet dayanıklılık grupları arasında fark olmadığı belirlenmiştir. (McCarthy ve ark., 2002). Bu çalışmanın bulguları araştırmamızın bulgularıyla paralellik göstermektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuçlar

1. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetini anlamlı olarak artırdığı belirlenmiştir ($p<0.01$).
2. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon dayanıklılığını anlamlı olarak artırdığı saptanmıştır ($p<0.01$).
3. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının Hmax, Mmax ve motor nöron uyarılabilirliğini (H/Mmax) anlamlı olarak artırdığı bulunmuştur ($p<0.01$).
4. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının rekürren inhibisyon değerlerini anlamlı olarak azalttığı tespit edilmiştir ($p<0.01$).
5. 8 hafta uygulanan HIIT antrenmanlarının presinaptik inhibisyon değerlerini anlamlı olarak azalttığı tespit edilmiştir ($p<0.01$).
6. 8 hafta uygulanan kuvvet antrenmanlarının presinaptik inhibisyon değerlerini anlamlı olarak azalttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$).
7. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanları sonucunda MUNIX değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).
8. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının motor ünite büyüklük indeksini (MUSIX) anlamlı olarak artırdığı belirlenmiştir ($p<0.01$).
9. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüdünü (CMAPamp) anlamlı olarak artırdığı saptanmıştır ($p<0.01$).
10. 8 hafta uygulanan kuvvet ve HIIT antrenmanlarının diz ekstansiyon ve fleksiyon yorgunluk indeksi değerlerini anlamlı olarak artırdığı görülmüştür ($p<0.01$).
11. Kuvvet ve HIIT antrenman gruplarında Yorgunluk eşiği değeri zamana bağlı anlamlı olarak azalmıştır ($p<0.01$).
12. Diz ekstansiyon ve fleksiyon yorgunluk indeksi ile Hmax, Mmax ve H/Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

13. Diz ekstansiyon yorgunluk indeksi ile Presinaptik inhibisyon ve Rekürren İnhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde ve zayıf düzeyde ilişki vardır ($p<0.01$).
14. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile presinaptik inhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde ve orta seviyede ilişkinin olduğu saptanmıştır ($p<0.01$).
15. Diz fleksiyon yorgunluk indeksi ile Rekürren İnhibisyon değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde ve zayıf düzeyde ilişki vardır ($p<0.01$).
16. Diz ekstansiyon ve fleksiyon yorgunluk indeksi ile MUNIX, MUSIX ve CMAPamp değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$).
17. MUNIX ile Hmax, Mmax, Presinaptik İnhibisyon ve Rekürren İnhibisyon değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).
18. MUNIX ile H/Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde ve zayıf düzeyde ilişkinin olduğu görülmüştür ($p<0.05$).
19. MUSIX ile Hmax ve H/Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde ve orta seviyede ilişki vardır ($p<0.01$).
20. MUSIX ile Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki vardır ($p<0.05$).
21. MUSIX ile Presinaptik inhibisyon ve Rekürren inhibisyon arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p>0.05$).
22. CMAPamp ile Hmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde zayıf ilişki vardır ($p<0.01$).
23. CMAPamp ile Mmax değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde çok güçlü ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$).

Öneriler

1. Daha fazla araştırma yapılarak antrenmanın spinal seviyedeki nöral adaptasyonu ile kasın morfolojik yapısındaki değişikliklerin eş zamanlı incelenmesi adaptasyonunun açıklanmasını destekleyebilir.
2. Araştırmada kullanılan iki antrenman yöntemi de antrenörler ve uygulayıcılar tarafından hem elit sporculara hem de spor yapmayan bireylere uygulanabilir.
3. Antrenmana olan nöral adaptasyonun özellikle motor ünite büyüklük indeksi üzerine olan etkileri farklı sürelerde incelenebilir.
4. Araştırmada kullanılan değişkenler üzerinde daha fazla çalışma yapılarak sportif performansın spinal seviyedeki adaptasyonunu belirlemede regresyon analizleri kullanılarak uygulayıcı ve antrenörlere kolaylık sağlanabilir.
5. Farklı antrenman yöntemlerinin EMG yorgunluk eşliğini ne yönde ve ne kadar değiştirdiği incelenebilir.

KAYNAKLAR

Aagaard P, Simonsen EB, Andersen L, Magnusson SP, Halkjaer-Kristensen J, DyhrePoulsen P. Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *J Appl Physiol.* 2000; 89, 2249-2257.

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

Aagaard P. Spinal and supraspinal control of motor function during maximal eccentric muscle contraction: effects of resistance training. *J Sport Healt Sci.* 2018;7(3), 282-293.

Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H reflex responses. *J Appl Physiol.* 2002; 92 (8), 2309-2318.

Akgül MŞ, Koz M, Gürses VV, Kürkçü R. Yüksek Şiddetli İnterval Antrenman. *Spormetre.* 2017;15(2), 39-46.

Alrowayeh HN, Sabbahi MA, Etnyre B. Soleus and vastus medialis H-reflexes: Similarities and differences while standing or lying during varied knee flexion angles. *Journal of Neuroscience Methods.* 2005; 144, 215-225.

Allen DG, Westerblad H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *J Physiol.* 2001;536, 657-665.

Barrue-Belau S, Marque P, Duclay J. Recurrent inhibition is higher in eccentric compared to isometric and concentric maximal voluntary contractions. *Acta Physiologica.* 2018; e 13064.

Behrens M, Mau-Moeller A, Bruhn S. Effect of Plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles. *Int J Sports Med.* 2014;35-101-109.

Bigland-Ritchie B, Cafarelli E, Vollestad NK. Fatigue of Submaximal Static Contractions. *Acta Physiol Scand Suppl*, 1986; 556, 137-148.

Billat LV. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice. *Sports Med*. 2001; 31(1), 13-31.

Boekestein WA, Schelhaas HJ, Putten MJ, Stegeman DF, Zwarts MJ, van Dijk JP. Motor Unit Number Index (MUNIX) versus motor unit number estimation (MUNE): A direct comparison in a longitudinal study of ALS patients. *Clinical Neurophysiology*. 2012; 123(8), 1644-9.

Bompa TO, Antrenman Kuramı ve Yöntemi Sporsal Verimin Anahtarı. Bağırgan Yayınevi. 2. Baskı Ankara. 2001.

Brown SR, Brughelli M, Griffiths PC, Cronin JB. Lower-Extremity isokinetic strength profiling in professional rugby league and rugby union. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9, 358-361.

Burdett RG, van Swearingen J. Reliability of Isokinetic Muscle Endurance Tests. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*. 1987; 8(10), 484-488.

Bülow PM, Norregaard J, Mehlsen J, Danneskiold-Samsøe B. The Twitch Interpolation technique for study of fatigue of human quadriceps muscle. *Journal of Neuroscience Methods*. 1995;62,103-109.

Casabona A, Polizzi MC, Percivallev V. Differences in H reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur J Appl Physiol*. 1990; 61,26-32.

de Araujo Ribeiro Alvares JB, Rodrigues R, Azavedo Franke R, Silva BG, Pinto RS, Vaz MA, Brani BM, Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Phys Ther Sport*. 2015;16(1), 59-65.

Doguet V, Jubeau M. Reliability of H-reflex in vastus lateralis and vastus medialis muscles during passive and active isometric conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114, 2509-2519.

Drey MC, Grösch C, Neuwirth C, Bauer JM, Sieber CC. The motor unit number index (MUNIX) in sarcopenic patients. *Experimental Gerontology.* 2013; 48(4), 381-84.

Drey M, Sieber CC, Degens H, McPhee J, Korhonen MT, Müller K, Ganse B, Rittweger J. Relation between muscle mass, motor units and type of training in master athletes. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016; 36(1), 10-76.

Duchateau J, Semmler JG, Enoka RM. Training Adaptations in The Behavior of Human Motor Units. *J Appl Physiol.* 2006;101, 1766-1775.

Earles DR, Dierking JT, Robertson CT, Kocejka DM. Pre and Post Synaptic Control of Motoneuron Excitability in Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002; 34(11), 1766-1772.

Enoka RM. Neural adaptations with chronic physical activity. *J Biomechanics.* 1990; 30, 447-455.

Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol.* 2008; 586 (1), 11-23.

Ertekin C. Sentral ve Periferik EMG. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. 2006.

Ertl P, Kruse A, Tilp M. Detecting fatigue thresholds from electromyographic signals: A systematic review on approaches and methodologies. *J Electromyogr.* 2016; 30, 216-230.

Folland JP, Williams AG. The Adaptations to Strength Training Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Med.* 2007; 37 (2), 145-168.

Foster C, Farland CV, Guidotti F, Harbin M, Roberts B, Schuette J, Tuuri A, Dobertstein ST, Porcari J. The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2015; 14, 747-755.

Fox-Bowers-Foss, Çeviren: Mesut Cerit. *Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri*. Ankara: Spor Yayınevi 2012.

Frerking M, Ohliger-Frerking P. Functional consequences of presynaptic inhibition during behaviorally relevant activity. *J Neurophysiol*. 2006;96 (4), 2139-2143.

Furtula J, Johnsen B, Christensen PB, Pugdahl K, Bisgaard C, Christensen MK, Arentsen J, Frydenberg M, Frederiksen A. MUNIX and incremental stimulation MUNE in ALS patients and control subjects. *Clinical Neurophysiology*. 2013; 124, 610-618.

Gandevia SC. *Mind over Muscle: The Role of the CNS in Human Muscle Performance*. Human Kinetics. 1997.

Gandevia SC. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiol Rev*. 2001; 81, 1725-1789.

Ganong WF. *Review of Medical Physiology*. San Francisco: McGraw-Hill. 2001.

Gibala MJ, McGee SL. Metabolic Adaptations to Short Term High Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *Exerc. Sport. Sci. Rev*. 2008; 36(2), 58-63.

Grassi B, Rossiter HB, Zoladz JA. Skeletal muscle fatigue and decreased efficiency: two sides of the same coin?. *Exerc. Sport Sci. Rev*. 2015;43(2), 75-83.

Guyton AC, Hall JE, Çeviri: Çavuşoğlu H, Çağlayan Yeğen B. *Tıbbi Fizyoloji*. Nobel Tıp Kitabevi. 11. Basım.2007.

Haff GG, Triplett NT. *Essentials of strength training and conditioning*. Fourth edition. Human Kinetics. USA. 2016; 443- 467.

Hakkinen K, Komi PV. Training induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1986; 55(2), 147-155.

Hazır T, Açıkada C. Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde biyoelektrik impedans analizinin güvenilirliği: karşılaştırma çalışması. Spor Bilimleri Dergisi. 2002; 13(2), 2-18.

Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonseni T, Helgesen C, Hjørth N, Bach R, Hoff J. Aerobic High-Intensity Intervals Improve Vo2max More Than Moderate Training. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(4), 665.

Hendrix CR, Housh TJ, Johnson GO, Mielke M, Camic CL. A new EMG frequency-based fatigue threshold test. Journal of Neuroscience Methods. 2009; 181, 45-51 (a)

Hendrix CR, Housh TJ, Johnson GO, Mielke M, Camic CL, Zuniga M, Schmidt RJ. Comparison of Critical Force to EMG Fatigue Thresholds during Isometric Leg Extension. Med. Sci. Sports Exerc. 2009; 41(4), 956-965. (b)

Herodek K, Simonovic C, Pavlovic V, Stankovic R. High Intensity Interval Training. Activities in Physical Education and Sport. 2014; 4(2), 205-207.

Holtermann A, Roeleveld K, Engstrom M, Sand T. Enhanced H- reflex with resistance training is related to increase rate of force development. Eur J Appl Physiol. 2007; 101, 301-312.

Hultborn H, Meunier S, Pierrot-Deseilligny E. Assessing Changes in Presynaptic Inhibition of 1a Fibres: A Study in man and cat. J. Physiol. 1987; 389, 729-756.

Ikeda N, Ryushi T. T. Effects of 6-week static stretching of knee extensors on flexibility, muscle strength, jump performance, and muscle endurance. J Strength Con Res. 2018 Doi: 10.1519/JSC.0000000000002819.

Iles JF. Reciprocal Inhibition during agonist and antagonist contraction. Experimental Brain Research. 1986; 62, 212-214.

Joo CH. The effects of short term detraining on exercise performance in soccer players. J Exerc Rehab. 2016;12(1),54-59.

Johnson ST, Kipp K, Norcross MF, Hoffmann MA. Spinal and supraspinal motor predictors of rate of torque development. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; 1-7.

Kallenberg LAC, Schulte E, Disselhorst-Klug C, Hermens HJ. Myoelectric manifestations of fatigue at low contraction levels in subjects with and without chronic pain. *J Electromogr Kinesiol*. 2007; 17, 26-274.

Kanık EA, Taşdelen B, Erdoğan S. Klinik Denemelerde Randomizasyon. *Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 2011;24, 149-155.

Katz R, Pierrot-Deseilligny E. Recurrent Inhibition in Humans. *Progress in Neurobiology*. 1999; 57 (3), 325-355.

Kaya RD, Nakazawa M, Hoffmann RL, Clark BC. Interrelationship between muscle strength, motor units, and aging. *Exp Gerontology*. 2013; 48, 920- 925.

Kaya RD, Hoffmann RL, Clark BC. Reliability of a modified motor unit number index (MUNIX) technique. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014; 24(1), 18-24.

Kidgell DJ, Bonanno DR, Frazer AK, Howatson G, Pearce AJ. Corticospinal responses following strength training: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Neurosci*. 2017;46(11), 2648-2661.

Knikou M. The H Reflex as a probe pathways and pitfalls. *Journal of Neuroscience Methods*. 2008; 171(1), 1-12.

Koceja DM, Davison E, Robertson CT. Neuromuscular characteristics of endurance and power trained athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2004; 75,1.

Koceja DM, Kamen G. Segmental reflex organization in endurance trained athletes and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(2), 235-241.

Komi PV. *Strength and Power in Sport*. London: Blackwell Science Ltd.1992.

Kofotolis N, Vrabas IS, Kalogeropoulou E, Sambanis M, Papadopoulos C. Proprioceptive neuromuscular facilitation versus isokinetic training for strength, endurance and jumping performance. *J Human Mov Studies*. 2002;42, 155-165.

Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(4), 674-88.

Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exerc Sports Sci Rev*. 1996; 24, 363-397.

Laursen PB, Jenkins DG. The Scientific Basis for High Intensity Interval Training: optimizing training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002; 32(1), 53-73.

Li X, He W, Wang Y, Slavens BA, Zhou P. Motor unit number index examination in dominant and non-dominant hand muscles. *Brain and Cognition*. 2015; 20(6), 699-710.

Lorist MM, Kernell D, Meijman TF, Zijdwind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *J Physiol*. 2002;545, 313-319.

McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Sci. Sports Exerc*. 2002;34 (3), 511-519.

Maffiuletti NA, Martin A, Nicolas B, Pensini M, Lucas B, Schieppati M. Electrical and mechanical Hmax to Mmax ratio in power and endurance-trained athletes. *J Appl Physiol*. 2001; 90, 3-9.

Marcinik EJ, Potts J, Schlaboeh G, Will S, Dawson P and Hurley BF. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1991; 23(6), 739-743.

Martinez-Valdes E, Falla D, Negro F, Mayer F, Farina D. Differential Motor Unit changes after endurance or high-intensity interval training. *Med Sci. Sports Exerc*. 2017; 49 (6), 1126-1136.

Martyn-Stevens BE, Brown LE, Beam WC, Wiersma LD. Effects of a dance season on the physiological profile of collegiate female modern dancers. *Med Sport*.2012;16(1),1-5.

McComas A, Fawcett W, Campbell MJ, Sica REP. Electrophysiological estimation of the number of motor units within a human muscle. *Journal of Neurology*. 1971; 34(2), 121-131.

McComas A, Galea V, Bruin H. Motor Unit Populations in Healthy and Diseased Muscles. *Journal of the American Physical Therapy Association*. 1993; 73, 868-877.

Meunier S, Pierrot-Deseilligny E. Gating of the afferent volley of the monosynaptic stretch reflex during movement in man. *The Journal of Physiology*. 1989; 419, 753-763.

Milner-Brown HS, Brown WF. New Methods of estimating the number of motor units in a muscle. *J Neurosurg Psychiarty*. 1976; 39 (3), 258-265.

Muratlı S, Şahin G, Kalyoncu O. *Antrenman ve Müsabaka*. Yayılım Yayıncılık.2005.

Naimo MA, De Souza, EO, Wilson JM., Carpenter AL, Gilchrist P, Lowery RP, Joy J. High-Intensity Interval Training Has Positive Effects On Performance In Ice Hockey Players. *International Journal Of Sports Medicine*. 2015; 36(1), 61-66.

Nandedkar SD, Nandedkar DS, Barkhaus PE, Stalberg EV. Motor Unit Number Index. *IEEE Trans on Biomed Enginee*.2004; 51(12), 2209-2212.

Nandedkar SD, Barkhaus PE, Erik Stalberg EV. Motor Unit Number Index (MUNIX): Principle, Method, And Findings In Healthy Subjects And In Patients With Motor Neuron Disease. *Muscle Nerve*. 2010;42, 798-807.

Neuwirth C, Nandedkar S, Stalberg E, and Weber M. Motor Unit Number Index (MUNIX): a novel neurophysiological technique to follow disease progression in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve*. 2010; 42(3), 379-84.

Neuwirth C, Nandedkar S, Stalberg E, Barkhaus PE, Carvalho M, Furtula J, van Dijk JP et.al. Motor unit Number Index (MUNIX): A Novel Neurophysiological Marker for

Neuromuscular Disorders; Test–retest Reliability in Healthy Volunteers. 2011; 122 (9), 1867- 72.

Neuwirth C, Barkhaus PE, Burkhardt C, Castro J, Czell D, de Carvalho M, Nandedkar S, Stalberg E, Weber M. Motor Unit Number Index (MUNIX) detects motor neuron loss in pre-symptomatic muscles in Amyotrophic lateral sclerosis. *Clin Neurophysiol.* 2017; 128(3), 495-500.

Okajiyama Y, Tomita Y, Saşa H, Tanaka N, Kimura A, Chino N. The Size Index as a Motor Unit Identifier in Electromyography Examined by Numerical Calculation. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 1999; 9, 201-208.

Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffmann MA. The Hoffmann Reflex: Methodologic Considerations and Applications for Use in Sports Medicine and Athletic Training Research. *Journal of Athletic Training.* 2004; 39(3), 268-277.

Paercy GE, Murphy JR, Behm DG, Hay DC, Power KE, Button DC. Neuromuscular Fatigue of The Knee Extensors During Repeated Maximal Intensity Intermittent Sprints on a Cycle Ergometer. *Muscle Nerve.* 2015; 51, 569-579.

Perot C, Goubel F, Mora I. Quantification of T and H responses before and after a period of endurance training. *Eur J Appl Phys OCC Physiol.* 1991;63,368-375.

Piasecki M, Ireland A, Jones DA, McPhee JS. Age dependent motor unit remodeling in human limb muscles. *Biogerontology.* 2016; 17(3), 485-96.

Pierrot-Deseillingly E, Burke D. *The Circuitry of The Human Spinal Cord: Its Role in Motor Control and Movement Disorders.* Cambridge University Press, UK. 2005.

Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Reliability and Precision of Isokinetic Strength and Muscular Endurance for the Quadriceps and Hamstrings. *Int. J. Sports Med.* 1997; 18(2), 113-117 (a).

Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. *Br J Sports Med.* 1997; 31, 229-234.(b)

Power GA, Dalton BH, Behm DG, Vandervoort AA, Doherty TJ, Rice CL. Motor Unit Number Estimates in Masters Runners: Use It or Lose It? *Med. Sci. Sports Exerc.* 2010; 42(9), 1644–1650.

Power GA, Dalton BH, Doherty TJ, Rice CL. If you don't use it you'll likely lose it. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016; 36(6), 497-498.

Robineau J, Lacombe M, Piscione J, Bigard X. Concurrent Training in Rugby Sevens: Effects of high intensity interval exercises. *Int J Sports Phy Perf.* 2017; 12(3), 603-12.

Seo M, Jung H, Song J, Kim H. Effect of 8 weeks of pre season training on body composition, physical fitness, anaerobic capacity, and isokinetic muscle strength in male and female collegiate taekwondo athletes. *J Exerc Rehab.* 2015; 11(2), 101-107.

Sherrington CS. Remarks on some aspects of reflex inhibition. *Proceeding of the Royal Society of London. Series B.* 1925; 686, 519-45.

Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U. Effects of sprint interval training on VO₂max and aerobic exercise performance: A Systematic review and meta-analysis. *Scan J Med Sci Sports.* 2013; 23, 341-352.

Stein RB. Presynaptic Inhibition in Humans. *Progress in Neurobiology.* 1995;47,533-44.

Stein RB, Yang JF. Methods for estimating the number of motor units in human muscle. *Ann Neurol.* 1990; 28(4), 487-95.

Şimşek D, Ertan H. Motor beceri öğreniminde kas ko-aktivasyon ve rekürrent inhibisyon aktivitesinin fonksiyonel önemi. *Ankara Üniv Spor Bil Fak.* 2014; 12(1), 51-57.

Tabata I, Atomi Y, Kanehisa H, Miyashita M. Effect of high- intensity endurance training on isokinetic muscle power. *Eur J Appl Physiol.* 1990; 60, 254-258.

Uslu S, Nüzket T, Uysal H. Modified motor unit number index (MUNIX) algorithm for assessing excitability of alpha motor neuron in spasticity. *Clin Neurophysiol.* 2018; 3, 127-133.

Vera-Ibanez A, Colomer-Poveda D, Romero-Arenas S, Vinuela- Garcia M, Marquez G. Neural adaptations after short-term wingate-based high-intensity interval training. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2017; 17(4), 275-282.

Weiss L, Silver JK, and Weiss J. Çeviren: Beyazova M. Kolay EMG: Sinir İletim Çalışmaları ve Elektromiyografi için Uygulama Rehberi. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri. 2010.

Westerblad H, Lee JA, Lannergren J, Allen DG. Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *Am J Physiol.* 1991; 261, 195-209.

Wolpaw JR, Chen XY. The cerebellum in maintenance of a motor skill: a hierarchy of brain and spinal cord plasticity underlies H reflex conditioning. *Learn Mem.* 2006;13,208-215.

Yerdelen VD. Motor ünite sayısı tahmini yönteminde uygulayıcıdan kaynaklanabilecek farklılıkların incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi. Adana. 2005.

Yorgancıoğlu ZR, Yorgancıoğlu O. Düünden bugüne spastisite kavramı ve tedavisi. *Fiziksel Tıp Dergisi.* 2003; 6(3), 45-54.

Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. *Science and Practice of Strength Training.* (Second Edition). USA: Human Kinetics. 2006.

Zhou S. Cross education and neuromuscular adaptations during early stage of strength training. *Journal of Exercise Science and Fitness.* 2003; 1(1), 54-60.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Gözde	Uyruğu	T.C.
Soyadı	KOÇ ALADEMİR	Tel no	5055548253
Doğum tarihi	25.11.1987	e-posta	gozdekoc@hotmail.com

Eğitim Bilgileri

	Mezun olduğu kurum	Mezuniyet yılı
Lise	Özel Çağfen Lisesi/Eskişehir	2005
Lisans	Anadolu Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi	2013
Doktora	Akdeniz Üniversitesi	2018

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Beden Eğitimi ve Spor Öğretmeni	Taşlıca Ahmet Hamdi Akseki Ortaokulu	2011-2017
Beden Eğitimi ve Spor Öğretmeni	Şerife Tufan Ortaokulu	2017-
Masa Tenisi milli takımlar performans ölçüm ve analiz sorumlusu	Türkiye Masa Tenisi Federasyonu	2013-2016

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	KPDS	71

Burslar-Ödüller:

1. Spor-Sağlık Bilimleri Alanında En İyi Sözel Bildiri Ödülü; 5. Uluslararası Spor Bilimleri Öğrenci Kongresi, Muğla, 2012

Yayımlar ve Bildiriler:

2. Koç G., Gültekinler M., Seferoğlu F., Erman K.A., Şahan A., Darendelioğlu R., Basketbolda Set Oyun Performansının Antrenmandan Müsabakaya Transferi, Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 2011(3);1
3. Koç G., Erman K.A., Akut Tüm Beden Vibrasyon Uygulamasının H Refleks Üzerine Etkisinin İncelenmesi, 5. Uluslararası Spor Bilimleri Öğrenci Kongresi, Muğla, 2012
4. Koç G., Erman K.A., The Neurophysiological Effects of Whole Body Vibration Training, Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 2012(6);2
5. Koç G., Gültekinler M., Erman K.A., Şahan A., Aksoy D., Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Spinal Refleks Uyarılabilirlik Eşiği Üzerine olan Akut ve Kronik Süreçlerdeki Etkisi, 12. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Denizli, 2012
6. Gültekinler M., Koç G., Erman K.A., Şahan A., İki Farklı Tüm Vücut Vibrasyon Uygulamasının Görsel Ayak Reaksiyon Sürati üzerine Akut Etkisinin İncelenmesi, 12. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Denizli, 2012
7. Aksoy D., Erman A., Bektaş F., Koç G., Gültekinler M., Şahan A., Tüm Vücut Titreşim Antrenmanının Çeviklik Üzerine Etkisi, 12. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Denizli, 2012
8. Gözde Koç, K.Alparslan Erman, Asuman Şahan, Hayri Ertan, Yalçın Albayrak, Duygu Aksoy, Merve Gültekinler, Changes in electromyography activity of long term whole body vibration training, Uluslararası Sporda Bilgisayar Bilimleri Kongresi, İstanbul,2013
9. Gözde Koç, Timur Yılmaz, Hilmi Uysal, Hayri Ertan, K. Alparslan Erman, Differences in recurrent inhibition during voluntary flexor carpi radialis contractions in athletes, Uluslararası Sporda Bilgisayar Bilimleri Kongresi, İstanbul,2013
10. Gözde Koç, Asuman Şahan, K.Alparslan Erman, Hayri Ertan , Yalçın Albayrak, Merve Gültekinler, Duygu Aksoy, A comparision of muscle activity in physical education students with recreationally active students, Uluslararası Sporda Bilgisayar Bilimleri Kongresi, İstanbul, 2013.

11. Aksoy D., Erman A., Çakır A., Koç G., Gültekinler M., Tüm Vücut Titreşiminin Denge Üzerine Etkisinin İncelenmesi, 2. Uluslararası Herkes için Spor ve Spor Turizmi Kongresi, Antalya, Türkiye, 8-11 Kasım 2012.
12. Koç G., K.A.Erman, Uysal H., Sağlıklı Bireylerde Fleksör Karpi Radialis Kasında H Refleks ve Rekürren İnhibisyonun İncelenmesi, 13. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Konya, 2014, Türkiye, Sözel Bildiri
13. Koç G., Masa Tenisinde 3 Farklı Vuruş Tekniği Sırasında Kaydedilen Kas Aktivasyon Değişimleri, Korkut Yaltkaya X. Klinik Nörofizyoloji Sempozyumu, Davetli Konuşmacı, 2015.
14. Eraslan A., Türk A., Akyol Tunç S., Koç G., Elit Sporcularda Postür Analizi Bulguları, 15. Ulusal Spor Hekimliği Kongresi, 20-22 Kasım 2015, Ankara, Türkiye.
15. Koç G., El Hareketi Baskın Sporlarda Hareketin Çözümlemesi ve Spinal Uyarılabilirlik Bağlantısı, X. Klinik Nörofizyoloji Sempozyumu, Hareketin Nöromekanik Çözümlemesi, 18-20 Aralık 2015, Antalya- Davetli Konuşmacı
16. Koç G., Geçmişten Günümüze Milli Takım Oyuncuları İle Söyleşi, Davetli Konuşmacı, 5. Masa Tenisi Federasyonu Çalıştayı, 07-10/01/2016 Antalya.
17. Koç G., Uslu S., Nüzket T., Uysal H., A comparison of motor unit size index and muscle strength in elite athletes, 10th International Motoneuron Meeting Istanbul 20-23/09/2016, İstanbul, Turkey
18. Koç G., Uslu S., Nüzket T., Erman K.A., Uysal H., Elit Sporcularda MUNIX, MUSIX ve Kas Kuvvetinin İncelenmesi, 14. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Aysha Papillon Hotel 1-4Kasım 2016, Antalya, Turkey
19. Ülker P., Koç G., Özen N., Telli E., Tenis Oyuncularında Maksimal Elongasyon İndeksinin Farklı Kayma Kuvvetlerinde Değişimin İncelenmesi, 14. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Aysha Papillon Hotel 1-4Kasım 2016, Antalya, Turkey