

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**FUTBOLCULARA UYGULANAN GELENEKSEL
KUVVET ANTRENMANLARI İLE MODERN GÜÇ
ANTRENMANLARININ KAS HİPERTROFİSİ, ŞUT ATMA
PERFORMANSI VE EMG AKTİVİTESİNE ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Abdullah KILCI

**SPOR BİLİMLERİ DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMANI
Prof. Dr. S. Sadi KURDAK**

ADANA- 2024

KABUL ONAY



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgi, birikim ve deneyimleriyle her zaman destek olan Doç. Dr. G. Selcen Korkmaz Eryılmaz, Doç. Dr. Çiğdem Özdemir, Doç. Dr. Kerem Tuncay Özgünen, Dr. Özgür Günaştı'ya teşekkür ederim.

Tez sürecinde yanımda olan Arş. Gör. Ö. Cumhur Boyraz, Arş. Gör. Ertuğrul Gezgin, Shahriar Nazari Radgiglou', Muhammed Ay, Ercan Çıtak, Öğr. Nuri Yıldız, Öğr. Gör. Ercan Yeldan, Öğr. Gör. Dr. Erkan Tiyekli, Ümüt Adaş ve tüm Spor Bilimleri Fakültesi öğretim üyelerine ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim.

Ultrasonografik ölçümlerinin yapılması konusunda yardımcı olan Prof. Dr. Medih Çeliktaş'a teşekkür ederim. Kas elektromiyografik analizlerin yapılmasında yardımcı olan Deniz Kurdak'a teşekkür ederim. Tez çalışmama katılan bütün sporculara çalışmaya gösterdikleri ciddiyet, verdikleri önem ve yaptıkları fedakârlıklar için teşekkür ederim.

Son olarak desteklerini ve bana olan inançlarını her zaman hissettiğim aileme, eşim Özgenur Kılıcı'ya sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. *“Küçük kızım Defne'ye, beni her zaman destekleyen ve ilham veren sevgi dolu varlığı için teşekkür ederim.”*

İÇİNDEKİLER

KABUL ONAY	i
ETİK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİ.....	3
2.1. Kas Fizyolojisi	4
2.2. Kas Kasılması.....	6
2.3. Kas Kasılması Türleri	7
2.4. Kas Fibril Tipleri.....	8
2.5. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi.....	10
2.5.1. 1 Tekrar Maksimum Yöntemi.....	10
2.5.2. İzokinetik Dinamometre Ölçümleri	11
2.6. Direnç Antrenmanları.....	13
2.6.1. Antrenmanın Şiddeti	15
2.6.2. Antrenmanın Kapsamı	16
2.6.3. Birim Antrenman	17
2.6.4. Direnç Antrenman Bölgeleri (Zonları)	18
2.6.5. Direnç Antrenmanlarına Kas Adaptasyonu	21
2.6.6. Direnç Antrenmanlarına Nöromusküler Adaptasyon	22
2.6.6.1. Uzun Dönem Antrenman ve Nöral Değişiklikler	24
2.6.7. Direnç Antrenmanına Kasların Morfolojik Adaptasyonu.....	27
2.7. Kuvvet Geliştirme Hızı (RFD).....	30
2.7.1. RFD verisinin yorumlanması	31
2.7.2. RFD'yi Etkileyen Fizyolojik Faktörler	32

2.7.3. RFD'nin Ölçülmesinde Metodolojik Yaklaşımlar	34
2.8. Hız Temelli Antrenman.....	35
2.8.1. Yük – Hız İlişkisi	36
2.8.2. İki Nokta Metodu	37
2.8.3. Lineer Konum Sensörleri	37
2.8.4. Antrenmanda Geri Bildirim	38
2.8.5. Antrenman ve Test Esnasında Hızın İzlenmesi	38
2.8.6. Hız Temelli Ölçümlerin Yorumlanması	39
2.9. Şut Atma Performansı	39
2.9.1. Şut Aktivitesi Esnasında Gerçekleşen Kasal Aktivasyon	39
2.9.2. Şut Atma Hızını Etkileyen Faktörler	41
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	44
3.1. Çalışma Dizaynı	44
3.2. Katılımcılar.....	44
3.3. Deney Protokolü.....	45
3.4. Uygulanan Ölçümler	46
3.4.1. Vücut Ağırlığı, Boy Uzunluğu ve Beden Kitle İndeksi	46
3.4.2. Çap ve Çevre Ölçümleri.....	47
3.4.3. Deri Kıvrım Kalınlığı Ölçümü	49
3.4.4. Hızlı Büyüme Döneminin Belirlenmesi.....	52
3.4.5. Kas Kuvveti Ölçümü.....	54
3.4.6. Kuvvet Geliştirme Hızı (RFD).....	58
3.4.7. Saha Performans Testleri	60
3.4.7.1. Sürat Performansının Ölçümü	60
3.4.7.2. Çeviklik Performansının Ölçümü (Pro-Agility Test)	61
3.4.7.3. Dikey sıçrama testi	61
3.4.8. EMG Ölçümü ve Analizi	62
3.4.9. Şut Atma Performansı Testi	68
3.4.10. Ultrasonografi (USG) Ölçümü.....	71
3.4.11. On Tekrarda Kaldırılabilir Maksimum Ağırlığın Belirlenmesi (10 TM)	72
3.4.12. Optimum Güç Zonunun Belirlenmesi.....	73

3.5. Antrenman Programı	74
3.6. İstatistiksel Analiz	76
4. BULGULAR.....	77
4.1. Demografik Özellikler	77
4.2. 1MT ölçümleri	77
4.3. Antrenman Programının Kapsam Yük ve Şiddete Etkisi.....	79
4.4. Antropometrik Ölçümler	83
4.5. Kas kesit alanın Ultrasonografik Değerlendirilmesi	85
4.6. Diz Ekstansör ve Fleksör Kaslarına ait İzokinetik Test Verilerinin Değerlendirilmesi.....	88
4.7. Kalça Ekstansör ve Fleksör Kaslarına ait İzokinetik Test Verilerinin Değerlendirilmesi.....	93
4.8. Diz Ekstansör ve Fleksör Kaslarına ait İzometrik Test Verilerinin Değerlendirilmesi.....	97
4.9. İzometrik Kasılma Sırasında Kaydedilen Kuvvet Geliştirme Kapasitesi Verilerinin Zamana Bağlı Değişimi.....	99
4.10. EMG Ölçümlerinin Analizi.....	105
4.11. Squat Hareketi Normalize Edilmiş EMG Değerleri.....	111
4.12. Şut Atma Performansı	119
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	122
5.1. Direnç Antrenman Programı	123
5.2. İzokinetik Diz ve Kalça Kuvvetine Etkisi.....	127
5.3. Diz İzometrik Kas Kuvveti ve RFD'ye Etkisi	129
5.4. Kas EMG Aktivitesine Etkisi.....	132
5.5. Kas Morfolojisine Etkisi	137
5.6. Demografik ve Antropometrik Özelliklere Etkisi.....	138
5.7. Saha Performans Testlerine Etkisi	140
5.8. Şut Atma Performansına Etkisi	143
5.8.1. Top Hızına Etkisi	143
5.8.2. Şut İsabet Skoru	145
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	147
7. KAYNAKLAR.....	148

ÖZGEÇMİŞ.....	162
EKLER.....	163



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.-A. İskelet kas hücresinin şematik gösterimi.....	5
Şekil 2.1-B. İskelet kas dokusunu çevreleyen, perimisyum, epimisyum ve endomisyum.	5
Şekil 2.2. Aktin ve Miyozin filamentleri.....	6
Şekil 2.3. Bir kas lifinin kasılı ve gevşek durumları	8
Şekil 2.4. İzokinetik kasılma içeren bir tekrarda görülen üç faz	12
Şekil 2.5. Optimum güç zone	21
Şekil 2 6. Kısa ve uzun dönem antrenman periyoduna nöral ve hipertrofik yanıtlar	25
Şekil 2.7. Bench press egzersizinde 1 MT metodu ile maksimum RFD arasında ilişkinin gösterilmesi.	32
Şekil 2.8. Şut aktivitesi esnasında görülen fazlar	40
Şekil 3.1. Deney akış şeması	45
Şekil 3.2-A. Kurdağlar elektronik baskül.....	47
Şekil 3.2-B. Elektronik Stadiyometre.....	47
Şekil 3.3. Mezura Resim.....	48
Şekil 3.4. Antropometri seti.....	48
Şekil 3.5. Biceps çevre ölçümü	49
Şekil 3.6. Kaliper	50
Şekil 3.7. Subskapular skinfold ölçümü	51
Şekil 3.8. Uyluk skinfold ölçümü.....	51
Şekil 3.9. Bacak Uzunluğunun Belirlenmesi.....	53
Şekil 3.10. Oturma Yüksekliğinin Belirlenmesi.....	54
Şekil 3.11. Diz izokinetik kas kuvvetinin ölçülmesi	55
Şekil 3.12. Kalça izokinetik kas kuvvetinin ölçülmesi.....	56
Şekil 3.13. Hız-ROM ve Türev-ROM eğrileri	57
Şekil 3.14-A. Türev-ROM eğrisinin izokinetik yüklenme aralığı.	58
Şekil 3.14-B. Hız-ROM eğrisinde izokinetik yüklenme aralığına karşılık gelen açısal hızlar	58
Şekil 3.15. Futbolcuların sürat performansının ölçülmesi.....	60
Şekil 3.16. Pro-agility çeviklik testi	61
Şekil 3.17. Dikey sıçrama performans testi	62

Şekil 3.18. Yüzeysel EMG ölçümleri ME3000P8 marka cihazı (Mega Electronics, Finland) yapılmıştır.....	63
Şekil 3.19. Bakır elektrotlar.....	64
Şekil 3.20. Vastus lateralis kasının maksimal izometrik kasılma sırasında EMG kaydı alımı.....	65
Şekil 3.21. Biceps femoris kasının maksimum izometrik kasılma sırasında EMG kaydı alımı.....	65
Şekil 3.22. Gluteus maksimus kasının maksimal izometrik kasılma sırasında EMG kaydı alımı	65
Şekil 3.23. Goniometre	66
Şekil 3 24. Vastus lateralis, biceps femoris ve gluteus maksimus kaslarının maksimum izometrik kasılma sırasında ölçülen EMG kaydı örneği	68
Şekil 3 25. Şut atma performans testi	69
Şekil 3.26. Şut isabetinin hesaplanmasında kullanılan yöntem.....	71
Şekil 3.27. Vastus lateralis ve Biceps Femoris kaslarının kas kesit alanları USG ölçümü.....	72
Şekil 3.28-A. İvme Ölçer.....	73
Şekil 3.28.B. Mat.....	73
Şekil 3.28.C. İvme ölçer aparatı	73
Şekil 4 1-A. Squat hareketine ait kapsam yükü.....	81
Şekil 4.1-B. Leg ekstansiyon hareketine ait kapsam yükü.....	81
Şekil 4.2-A. Squat hareketine ait antrenman şiddeti	82
Şekil 4.2-B. Leg ekstansiyon hareketine ait antrenman şiddeti.....	82
Şekil 4.3. Sporcuların kas kesit alanlarının ön ve son test verilerinin karşılaştırılması.	85
Şekil 4.4. Sporcuların diz 60 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.....	92
Şekil 4.5. Sporcuların diz 180 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.....	92

Şekil 4.6. Sporcuların diz 240 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.....	92
Şekil 4.7. Sporcuların kalça 60 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.....	96
Şekil 4.8. Sporcuların kalça 180 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.....	96
Şekil 4.9. Sporcuların dominant ve nondominant izometrik ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test verilerinin farklarının karşılaştırılması.....	97
Şekil 4.10-A. Dominant ekstansiyon	100
Şekil 4.10-B. Dominant Fleksiyon	100
Şekil 4.10-C. Nondominant Ekstansiyon	100
Şekil 4.10-D. Nondominant Fleksiyon	100
Şekil 4. 11. VL kası iEMG RMS Regresyon Analizi	105
Şekil 4.12. BF kası iEMG RMS Regresyon Analizi	105
Şekil 4 13. GM kası iEMG RMS Regresyon Analizi.....	106
Şekil 4 14. GM kası iEMG RMS Regresyon Analizi.....	106
Şekil 4.15. Radar ve kamera ile ölçülen şut atma hızları arasında korelasyon değeri..	119
Şekil 4.16. Sporcuların dominant ve nondominant şut atma hızı ön ve son test verilerinin farklarının karşılaştırılması.....	120
Şekil 4.17. Sporcuların dominant ve nondominant isabet skoru ön ve son test verilerinin karşılaştırılması	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. İzokinetik kuvvet-hız değişkeni	13
Çizelge 2.2. Genel hazırlık dönemi ve geç hazırlık dönemi.....	17
Çizelge 3.1. Sporculara uygulanan laboratuvar ve saha testleri	46
Çizelge 3.2. İzokinetik diz ve kalça deney protokolü.....	56
Çizelge 3.3. Diz ve Kalça Ekstansiyon/Fleksiyon Test Protokolü	59
Çizelge 3.4. İzometrik kasılma kuvveti ve RFD performansını ölçmek için uygulanan protokol.....	59
Çizelge 3.5. 10 haftalık Antrenman Programı	75
Çizelge 4.1. Sporculara ait bazı demografik özellikler	77
Çizelge 4.2. Çalışmamıza katılan gruplara ait 1MT değerleri.....	78
Çizelge 4.3. Sporcuların antropometrik değerlerine ait gruplar arası ve grup içi ön ve son test değerleri.....	84
Çizelge 4.4. Sporcuların dikey sıçrama, çeviklik, sprint (0-10m, 0-20m, 0-30m) performanslarının gruplar arası ve grup içi ön ve son test değerleri karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.5. Sporcuların kas kesit alanlarının ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması	87
Çizelge 4.6. Sporcuların dominant bacaklarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması	89
Çizelge 4.7. Sporcuların nondominant bacaklarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması.....	91
Çizelge 4.8. Sporcuların dominant kalçalarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması	94
Çizelge 4.9. Sporcuların nondominant kalçalarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması.....	95
Çizelge 4.10. Sporcuların normalize izometrik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması	98
Çizelge 4.11. Dominant ekstansiyon bacağı ait RFD değerleri	101
Çizelge 4.12. Dominant fleksiyon bacağı ait RFD değerleri	102
Çizelge 4.13. Nondominant ekstansiyon bacağı ait RFD değerleri	103

Çizelge 4.14. Nondominant fleksiyon bacağa ait RFD değerleri	104
Çizelge 4.15. Çalışmamıza katılan gruplarda yer alan sporculara ait vastus lateralis kası maksimum istemli kasılma değerleri (MVIC).....	107
Çizelge 4.16. Çalışmamıza katılan gruplarda yer alan sporculara ait biceps femoris kası maksimum istemli kasılma değerleri (MVIC).....	109
Çizelge 4.17. Çalışmamıza katılan gruplarda yer alan sporculara ait gluteus maksimus kası maksimum istemli kasılma değerleri (MVIC)	110
Çizelge 4.18. Çalışmaya katılan sporcuların 1MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin kalkma fazında vastus lateralis kasına ait normalize EMG değerleri	112
Çizelge 4.19. Çalışmaya katılan sporcuların 1MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin kalkma fazında biceps femoris kasına ait normalize EMG değerleri	113
Çizelge 4.20. Çalışmaya katılan sporcuların 1MT'nin farklı şiddetiyle squat hareketinin kalkma fazında gluteus maksimus kasına ait normalize EMG değerleri.	114
Çizelge 4.21. Çalışmaya katılan sporcuların 1 MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin inme fazında vastus lateralis kasına ait normalize EMG değerleri	116
Çizelge 4.22. Çalışmaya katılan sporcuların 1 MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin inme fazında biceps femoris kasına ait normalize EMG değerleri	117
Çizelge 4.23. Çalışmaya katılan sporcuların 1 MT'nin farklı şiddetliyle yaptıkları squat hareketinin inme fazında gluteus maksimus kasına ait normalize EMG değerleri	118
Çizelge 4.24. Sporcuların şut atma hızı ve şut isabeti skoru (SİS) verilerinin incelendiği istatistiksel analiz.....	121

KISALTMALAR DİZİNİ

1MT:	Bir tekrar maksimum
BF:	Biceps Femoris
BKİ:	Beden Kütle İndeksi
EMG:	Elektromiyografi
GA:	Güç antrenman grubu
GDA:	Geleneksel Direnç Antrenman Grubu
KA:	Karma Antrenman Grubu
LC:	Leg Curl
LE:	Leg Ekstansiyon
MUAP:	Motor Ünite Aksiyon Potansiyeli
RFD:	Kuvvet Geliştirme Hızı
SQ:	Squat
USG:	Ultrasonografi
VA:	Vücut Ağırlığı
VL:	Vastus Lateralis

ÖZET

Futbolculara Uygulanan Geleneksel Kuvvet Antrenmanları ile Modern Güç Antrenmanlarının Kas Hipertrofisi, Şut Atma Performansı ve EMG Aktivitesine Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmanın amacı genç yaşta futbolculara uygulanan geleneksel kuvvet antrenmanları ve modern güç antrenmanlarının kas hipertrofisi, şut atma performansı ve elektromiyografi (EMG) aktivitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır. Bu araştırma, futbol antrenmanında kullanılan farklı metotların etkinliğini değerlendirerek, antrenman programlarının optimize edilmesi ve futbolcuların performanslarını artırması için bilimsel temellere dayalı rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır.

Çalışmamıza aktif olarak futbol oynayan toplamda 36 sporcu, Geleneksel Antrenman Grubu (GDA grubu (n=11), Yaş: 17.2 ± 0.9 yıl, Boy: 176 ± 7.5 cm, VA: 65.3 ± 7.6 kg), Modern Güç Antrenman Grubu (GA grubu (n=12), 16.7 ± 0.7 yıl, Boy: 174 ± 5.6 cm, VA: 64.9 ± 7.9 kg) ve Karma Antrenman Grubu (KA grubu (n=13), 16.9 ± 0.7 yıl, 174 ± 6.2 cm, VA: 62.3 ± 6.2 kg) katılmıştır. Sporculara haftada iki gün, ilk iki hafta adaptasyon periyodu olmak üzere 10 hafta sürmüş toplamda 20 birim antrenman uygulanmıştır. Direnç antrenmanı squat, leg ekstansiyon ve leg curl egzersizlerini içermiştir. GDA grubunda yer alan sporculara 1MT'nin %70-85'i şiddetinde 3-5 set, 10 tekrar; GA grubunda yer alan sporculara, optimum güç üretme zonunda denk gelen şiddette 5-8 set, 5 tekrar uygulanmıştır. Çalışmamıza dahil ettiğimiz KA grubu sporcularına ise her iki antrenman yöntemi bir arada uygulanmıştır. Çalışma periyodu öncesinde ve sonrasında tüm sporculara, antropometri ölçümleri, saha performansı, diz ve kalça kuvvet ölçüm testleri, kuvvet geliştirme hızları (RFD), kas EMG aktiviteleri ve ultrasonografik ölçümleri uygulanmıştır.

Farklı yöntemlerle uygulanan direnç antrenman programı sonrasında, her üç grupta da yer alan sporcuların vücut ağırlıkları, %kas ve uyluk çevre ölçüm değerleri, diz izometrik, RFD ve düşük açısız hızlardaki diz izokinetik normalize pik tork değerleri istatistiksel olarak artış göstermiştir ($p < 0,05$). Vastus lateralis ve biceps femoris kas kesit alanları ve maksimum izometrik kasılma esnasında ölçülen EMG aktivitelerinde de anlamlı düzeyde artış görülmüştür ($p < 0,05$). SQ hareketi esnasında ölçülen normalize EMG aktivitelerinde VL ve BF kaslarında bir istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir azalma görülmüştür ($p < 0,05$). Kalça izokinetik normalize pik tork değerleri, sprint (0-30m), çeviklik, sıçrama ve şut atma performanslarında istatistiksel olarak anlamlı düzede farklılığa rastlanılmamıştır ($p > 0,05$). Kalça kasına ait maksimum istemli kas kasılması esnasında ölçülen EMG aktivitelerinde farklılık görülmezken ($p > 0,05$), SQ normalize elektirksel aktivite düzeylerinde bir artış görülmüştür ($p < 0,05$). Çalışma periyodunda ölçülen performans değişkenleri irdelendiğinde, gruplar arası fark yaratacak bir etkiye rastlanılmamıştır ($p > 0,05$).

Sonuç olarak, direnç antrenman deneyimi olmayan genç sporculara kapsam ve şiddeti farklı, bireyselleştirilmiş antrenman programının benzer etkiler yarattığı

tespit edilmiştir. Odaklanması gereken konu ise bütünsel bir yaklaşımla saha performans testlerinin de geliştirilmesini sağlayacak antrenmanların programa dahil edilmesidir. Ayrıca ortaya çıkan değişikliklerin altında yatan fizyolojik mekanizmaların açığa kavuşturulması ise daha kapsamlı çalışmalarla mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Kuvvet, Güç Üretme Hızı, Sprint, Çeviklik, Sıçrama, Squat



ABSTRACT

The Comparison of Traditional Strength Training and Modern Power Training Effects on Muscle Hypertrophy, Kicking Performance, and EMG Activity in Soccer Players

The aim of this study is to comparison the effects of traditional strength training and modern power training applied to young football players on muscle hypertrophy, kicking performance, and electromyography (EMG) activity. On the other hand, this study aims to evaluate the effectiveness of various methods performed in soccer training, with the objective of optimizing training programs and providing scientifically-based support to enhance the performance of soccer players. Our study participated 36 active soccer players, divided into three groups: Traditional Strength training group (GDA (n=11, Age: 17.2±0.9 years, Height: 176±7.5 cm, Weight: 65.3±7.6 kg), Modern Power Training Group (GA (n=12, Age: 16.7±0.7 years, Height: 174±5.6 cm, Weight: 64.9±7.9 kg), and Mixed Training Group (KA (n=13, Age: 16.9±0.7 years, Height: 174±6.2 cm, Weight: 62.3±6.2 kg). Twenty training sessions were performed, with a frequency of two sessions per week, including the first two weeks as an adaptation period. The resistance training comprised squat, leg extension, and leg curl exercises. The GDA group performed 3-5 sets of 10 repetitions at an intensity of 1RM-70-85%, while the GA group executed 5-8 sets of 5 repetitions in the optimal power load zone. On the other hand, the KA group performed a combined of GDA and GA training methods simultaneously. The soccer players were applied anthropometric measurements, field performance, and knee and hip strength tests, rate of force development (RFD), muscle EMG activities, and ultrasonographic measurements pre and post training period.

After the resistance training program applied through various methods, soccer players in all three groups showed statistically significant increases in body weighth, %muscle mass and, thigh circumference, isometric, RFD, and isokinetic normalized peak torque values ($p<0.05$). There was a significant increase observed in the cross-sectional areas of the vastus lateralis and biceps femoris muscles, as well as in the EMG activities measured during maximum isometric contraction ($p<0.05$). A statistically significant decrease was observed in the normalized EMG activities measured during the squat (SQ) in the vastus lateralis (VL) and biceps femoris (BF) muscles ($p<0.05$). There were no statistically significant differences found in hip isokinetic normalized peak torque, sprint (0-30m), agility, jumping, and kick performance ($p>0.05$). While no difference was observed in the EMG activities measured during maximum voluntary muscle isometric contraction of the hip muscles ($p>0.05$), there was an increase in normalized electrical activity levels during the squat (SQ) ($p<0.05$). Analysis of the performance variables measured in the study shown no significant differences among the groups ($p>0.05$).

As a result, similar effects of individualized training programs with different volume and intensity have been shown to youth soccer players without resistance training experience. The critical point is to include training in the program with a

integrated approach, aimed at enhancing the on-field performance of soccer players. Furthermore, understanding the physiological mechanisms behind the observed changes may be possible through more comprehensive studies.

Key Words: Rate of Force Development, Sprint, Agility, Jump, Squat Exercise



1. GİRİŞ

Dünyadaki tüm spor branşlarının toplam popülasyonunun büyük kısmını futbolcular oluşturmaktadır. Futbola ilginin bu düzeyde olması sektöre olan yatırımın da artmasına neden olmuştur. Yapılan yatırımların karşılığını bulması için futbolcu kalitesinin artırılması hedeflenmeli ve bu bağlamda sporcunun yetiştirilme sürecinde yeni nesil genç futbolcuların yetenek tanımlanmasının yapılması ve antrenman kurgusunun doğru planlanması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle genç futbolcuların potansiyellerini ortaya çıkarmak ve geliştirmek için uygun antrenman planlamaları futbol akademilerinin çalışma konularının odak noktası haline gelmiştir. Bu bağlamda antrenörler ve konuyla ilgilenen spor bilimciler sporcunun performans bileşenlerinin mevcut durumlarını tespit etmek ve geliştirmek için; biyolojik olgunluk, biyolojik karakteristik ve antrenman etkilerini de göz önüne alarak farklı çalışma modelleri geliştirmeyi hedeflemektedir (1).

Genç sporcuların fiziksel performans ölçümleri sayesinde atletik gelişimleri objektif olarak değerlendirilebilmektedir (2). Biyolojik olgunluğun genç futbolcuların sprint ve sıçrama performansına etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, ergenliğin ilk dönemlerinde 10 ve 30m sprint performanslarının %1, sıçrama performanslarının ise %1,8 oranında arttığını gözlemlemişlerdir (3). Benzer şekilde 11-14 yaş arasında akademi gruplarında yer alan futbolcuların patlayıcı güç, çeviklik ve koordinatif yeteneklerin kronolojik yaşla güçlü bir korelasyona sahip olduğunu tespit edilmiştir (4). Bu bilgiler akademilerde yer alan genç futbolcuların, büyümesiyle beraber fiziksel performanslarının da artacağını göstermektedir. Çocukların fiziksel performanslarında, büyümeleriyle orantılı artıştan farklı olarak uygulanacak antrenman metotlarının yapacağı olası etkinin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Doğru ve uygun antrenman yöntemleri, futbolcuların hem fiziksel hem de teknik becerilerini gelişimlerini sağlayarak performanslarını artırmakta ve sakatlanma riskini azaltmaktadır (5).

Futbolcuların kas gücü ve kuvveti, sıçrama, şut atma, sürat, çeviklik ve denge gibi performans gerektiren hareketleri gerçekleştirmelerine yardımcı olmakta (6) ve başarıyı etkileyen en önemli fiziksel değişkenler arasında kabul edilmektedir. Özellikle genç

yaştaki futbolcuların, kuvvet ve gücünü geliştirmenin, spor kariyerlerinin şekillenmesinde büyük önem arz ettiği bilinmektedir. Ancak kuvvet ve güç gelişimi için direnç antrenmanları planlaması yapılırken, genç futbolcuların büyüme çağına olduğu unutulmamalıdır. Antrene edilecek sporcuların büyüme ve gelişme çağına hangi döneminde olduğu, uygulanacak programının hazırlanışında dikkate alınmalıdır. Fiziksel ve kas gelişimi devam eden sporcularda, direnç egzersizinin büyüme plaklarına zarar vermemesi ve olası olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için bazı özel önlemlerin alınması gerekir (5). Antrenman programlarında, sporcuların fiziksel kapasiteleri ve yetenekleri göz önünde bulundurulmalı ve gerektiğinde değişiklikler yapılarak bireyselleştirilmelidir. Sonuçta direnç antrenmanları her sporcunun kapasitesine göre programlanmalıdır. Nitekim sporcu için ağır gelecek direnç antrenmanlarının fiziksel gelişime zarar verebileceği unutulmamalıdır. Kontrolsüz yükleme ve yetersiz dinlenmelerle devam eden antrenman programlarının, uzun dönemde performansı olumsuz etkileyecek aşırı antrenman sendromuna yol açabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle direnç antrenmanlarında uygun yük ve dinlenme dengesinin doğru kurgulanması gelişim sürecindeki çocuklar için ayrı bir özellik arz eder (8).

Günümüzde bilimsel çalışmaların artması ve teknolojinin gelişmesiyle beraber yeni antrenman modellerinin de antrenman programlarına dahil edildiği görülmektedir. Bu antrenman modelleri arasında geleneksel direnç, güç, pliyometrik, balistik, kombine, kompleks, fonksiyonel kuvvet, elektrostimulasyon vb gibi birçok yöntem yer almaktadır. Son yıllarda hız temelli uygulamaların antrenman programlarında yer almaya başladığı görülmektedir. Bu uygulama sayesinde performans takibi daha kolay olabilmekte, sporcunun motivasyonu artmakta, hedef odaklı antrenman programları uygulanabilmekte ve veri tabanlı kararlar alınabilmektedir. Hız temelli antrenman modellerinin en önemli faydalarından bir tanesi de yorgunluğun antrenman öncesi ve sırasında hız ölçümleri sayesinde anlık olarak düzenlenebilmesidir. Bu uygulama ile sporcuların optimal performans seviyeleri korunurken, aşırı yorgunluk riski de azaltılabilmektedir.

2. GENEL BİLGİ

Birçok spor branşında olduğu gibi futbolda da, başarılı olabilmek için fiziksel olarak kuvvetli ve güçlü olmak gerekmektedir. Kuvvetin ve gücün artırılmasına yönelik direnç antrenmanlarının yanlış kurgulanması genç yaştaki sporcularda sakatlıkları arttırdığı gösterilmiş ve sonrasında bu tip çalışmaların genç popülasyon için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. İlerleyen dönemlerde yapılan araştırmalarda direnç antrenmanının sakatlıklarla olan ilgisinin biyolojik olgunluk yerine yanlış kaldırma tekniği, aşırı yükleme ve/veya antrenörün yetersizliğinden kaynaklanabileceği gösterilmiş ve söz konusu yanlış algı tartışmaya açılmıştır. Devamında direnç antrenmanlarının genç popülasyon için hem güvenilir hem de ilerleyen dönemde elit performansa ulaşabilmek için yarar sağladığı konusunda fikir birliğine varılmıştır (9).

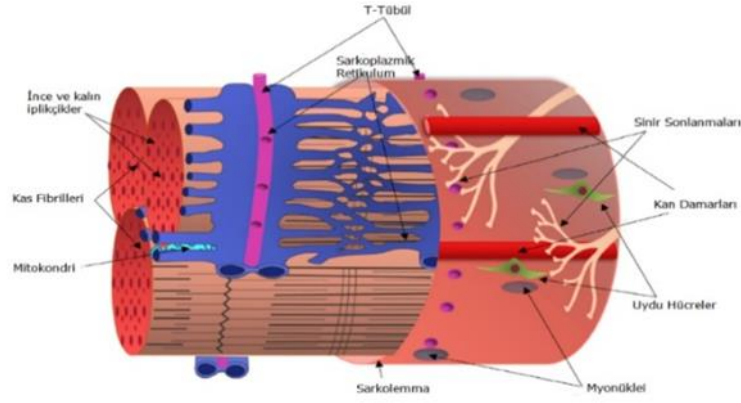
Çocuklarda adolesan dönemin kızlarda 9-12 yaş, erkeklerde ise 12-14 yaşında başlaması beklenmektedir. Biyolojik olgunlaşma boy uzama hızının zirveye ulaştığı dönemden 1,5 yıl önce başlamaktadır. Bu süreçte kuvvet her iki cinsiyette de hızlı bir şekilde artarken, erkeklerde testislerden salgılanan testosteron hormonu nedeniyle gelişim daha fazla olmaktadır (9). Bu hormon kas protein sentezi için güçlü bir uyarıcı, kas protein yıkımı içinde güçlü bir inhibitör etki yapmaktadır (10). Kuvvet ve güç artışının en fazla olduğu dönem ise zirve uzama hızının görüldüğü dönemden altı ay sonra başlayan zirve kilo artış dönemidir (11).

Bu fizyolojik süreci göz önünde bulundurarak hazırlanan uzun dönem atletik performans gelişim modelleri, genç sporcuların antrenman programlarının yapılandırılmasında büyük yararlar sağlamaktadır. Bu modellerin öncüllerinden Cote (12), sporcuları seçim dönemi (6-12 yaş), özelleşme dönemi (13-15 yaş), yatırım dönemi (>16 yaş) olmak üzere kronolojik olarak üç ayrı kategoriye ayırmıştır. Günümüzde ülke genelinde yapılan spor yarışmalarında sporcular, kronolojik yaşa göre kategorize edilip yarışdırılmaktadır. Ancak sporcuları kronolojik olarak sınıflandırmak, biyolojik olgunlukları göz önüne alındığında, bazı problemlere yol açabilmektedir (9). Nitekim aynı kronolojik yaştaki sporcuların bir kısmı biyolojik yaşa göre değerlendirildiğinde, akranlarından daha büyük ve/veya küçük olabilmektedir. Olgunlaşma dönemi boyunca birçok fiziksel özellik farklı adaptif mekanizmalarla fizyolojik olarak zaten

gelişebilmektedir. Bu süreç Balyi and Hamilton (13),’un geliştirdiği uzun dönem atletik performans gelişim modelinde bu özellik göz önüne alınmış ve somatik değişiklikler irdelenerek biyolojik yaşta değerlendirilmeye alınmıştır. Bu modelde antrenman planlamaları hazırlanırken, sporcuların pik boy uzama ve pik kilo artış dönemleri referans olarak kullanılmıştır. Pik uzama dönemi öncesinde yapılan direnç antrenmanlarının kas kuvvet ve gücünü artmasının nedeni nöromusküler aktivasyondaki değişikliklerle açıklanmaktadır. Bu dönemde görece olarak dolaşımdaki testosteron ve büyüme hormonları gibi anabolizanların miktarı düşüktür. Buna karşın pik uzama dönemi sırası ve sonrası uygulanan kuvvet antrenmanlarının pik uzama dönemi öncesinden daha yararlı olacağı da belirtilmiştir (14).

2.1. Kas Fizyolojisi

İnsan vücudunun yaklaşık olarak yüzde 40’ı iskelet kası, yüzde 10’u ise düz kas ve kalp kasından oluşmaktadır. İstemli olarak uyarılan iskelet kasları, çapı 10-80m mikrometre arasında değişim gösteren liflerden oluşur. Her bir lif genelde kasın orta bölgesinde yerleşmiş tek bir motor nöron ile uyarılır. Her kas lifi birkaç yüz ile birkaç bin arasında miyofibrilden oluşurken, yapısında kas kasılmasından doğrudan sorumlu olan ve birbirlerine paralel olarak yerleşmiş 1500 miyozin, 3000 aktin filamanı bulunur (15). Miyofibril demetleri bir araya gelerek fasiküller; fasiküller ise kas dokusunu oluşturmaktadır. Her tabaka hücre dışı matriks tarafından ardışık bir şekilde kapsüllenir ve iskelet ağları tarafından desteklenir. İskelet kası yüksek oranda damar ağına ve kasılmasını sağlayan sinir hücrelerine sahiptir (Şekil 2.1-A.). Her kas fibrili *endomisyum* ile çevrelenir. Kas fibrillerinin bir araya gelerek oluşturduğu yapı *perimisyum* ile çevrilidir. Tüm kas ise *epimisyum* adı verilen bir konnektif doku tarafından çevrelenir. Bu konnektif doku hem kasları birbirinden ayırır hem de çevresinde bulunan organlardan ayırmaktadır (Şekil 2.1-B.) (16).



Şekil 2.1.-A. İskelet kas hücresinin şematik gösterimi.

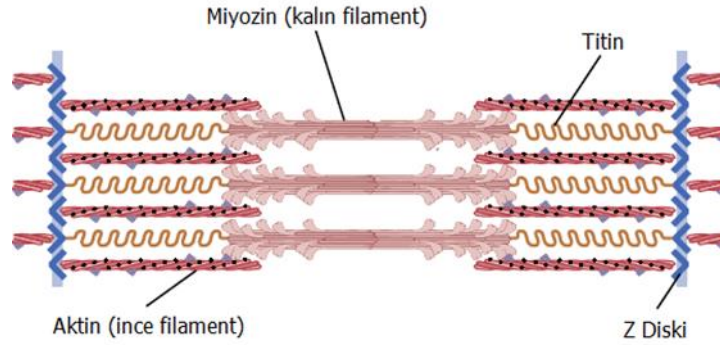
Resimde tek bir olgunlaşmış kas lifi sarkolemma ile kaplanmış bir miyofibril demeti olarak gösterilmiştir. T-Tübülleri miyofibrilleri enlemesine geçerler. Kas fibrili demetleri, kas dokusunu oluşturmak için birlikte grup halinde fasikülleri oluşturur. Uydu hücreler sarkolemma'nın üzerinde bazal laminanın altında çekirdeğe yakın bir yerde bulunur. Kasları uyaran sinir lif uzantıları ve lokal kılcal damarlar kas lifinin uzunluğu boyunca uzanmaktadır. Her katman burada gösterilmeyen hücre dışı matris ile art arda kaplanmaktadır.



Şekil 2.1.-B. İskelet kas dokusunu çevreleyen, perimisyum, epimisyum ve endomisyum (16).

İskelet kaslarının şematik gösteriminde kalın filamanlar miyozini, ince filamanlar ise aktini temsil etmektedir (Şekil 2.2.). Ayrıca miyozin ve aktin filamanlarının kısmen kesişmesi, dokunun elektron mikroskopik değerlendirilmesinde açık ve koyu bantlar halinde bir görünüme neden olur. Açık renkteki bant sadece aktin filamanlarının bulunduğu yere karşılık gelir ve *I bandı* olarak adlandırılır. *A bandı* olarak adlandırılan koyu renkteki görüntü ise miyozin ve aktinin kesişim noktalarına karşılık gelir. Miyozin filamanlarından kaynaklanan küçük uzantılar miyozin başını oluşturur ve aktine bağlanan çapraz köprüleri meydana getirir. Miyozin başı ile aktin arasındaki bağlantı ise kas

kasılmasının gerçekleşmesini sağlar. Kasın kasılabilen ve iki Z diski arasında kalan bölümde de *sarkomer* adı verilir (15).



Şekil 2.2. Aktin ve Miyozin filamentleri (15).

Kas yapısında görülen ve kasın rejenerasyonunu sağlayan bir diğer hücre grubu da olgunlaşmış kök hücrelerden farklılaşan *uydu hücreleridir*. Bu hücreler PAX3⁺/PAX7⁺ embriyonik öncül hücrelerden kaynaklanır ve postnatal dönemde olgun kas liflerinin yapısına katılarak kas gelişiminde görev alır. Uydu hücreler inaktif oldukları dönemde bazal lamina ve sarkolemma arasındaki “niş” adı verilen belirli bir mikro ortamda bulunurlar. Normal şartlarda inaktif olan bu hücreler kas dokusunun gelişmesi ve rejenerasyonunun söz konusu olduğu durumlarda aktive olur, hipertrofiye uğrar ve diferansiyasyon göstererek anabolik sürece katılır (16).

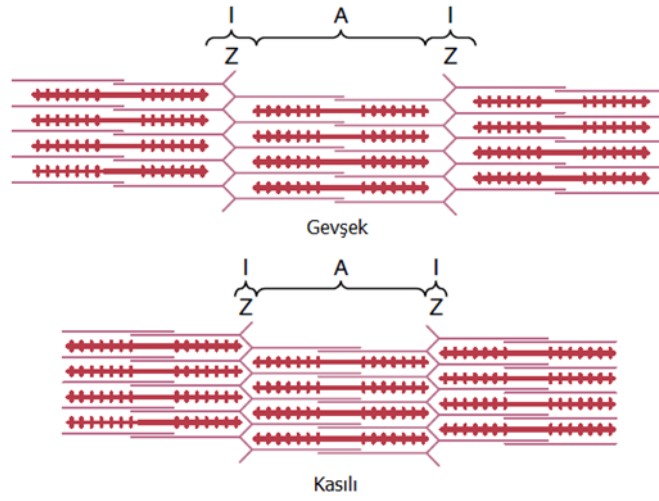
2.2. Kas Kasılması

Motor nöron aksonunun kas dokusu ile komşuluk yaptığı bölgeye sinir kas kavşağı adı verilir. Sinapsın nöral ucuna presinaptik alan denilirken, kas dokusunun sinire en yakın olduğu bölgeye postsinaptik alan adı verilir. Anatomik olarak birbirlerine temas etmeyen bu iki doku arasındaki boşluk ise sinaps aralığı olarak adlandırılır. Presinaptik uçtan salgılanan asetilkolinin postsinaptik reseptörüne bağlanması kas hücresinin aktivasyonunu başlatır. Asetilkolinin kas dokusu üzerindeki reseptörüne bağlanması bu dokuda postsinaptik voltaj kanallarını aktive eder. Sürecin devamında etkinleşen sodyum kanalları hücre içinde çok hızlı bir potansiyel değişikliği yaratır ve kas dokusunda aksiyon potansiyeli oluşur. Kas dokusunun yüzeyinde oluşan bu aksiyon potansiyelinin yapının

bütününe ulaşması hücre zarından köken alan T-tübül sistemi ile mümkün olur. Bu yapı sayesinde uyarının dokunun derin tabakalarına hızla iletilmesi sağlanır. Kas hücresinde meydana gelen potansiyel değişikliği T-tübül sisteminde iletilirken sarkoplazmik retikuluma komşu olan bölgelerde dihidropiridin- ryanodin reseptör bileşkesini etkinleştirerek bir miktar kalsiyumun hücre içine girişini tetikler (16). Sürecin izleyen aşamasında sarkoplazmik retikulumdan salgılanan kalsiyum troponin c'ye bağlanması aktin ve miyozin arasındaki etkileşimi başlatır. Aktin ve miyozin arasındaki ilişkinin kurulması ise miyozin ATPaz enzimini aktive eder ve kayan filamanlar teorisinde açıklanan esaslar çerçevesinde kas kasılması gerçekleşir. Uyarıların sona ermesini izleyen dönemde kalsiyumun troponin c'den ayrılıp sarkoplazmik retikuluma geri dönmesi gevşeme sürecinin başlamasına neden olur. Bu esnada ortamda bulunan ATP miyozin başına bağlanarak aktin ve miyozin filamanını birbirinden ayırır (15).

2.3. Kas Kasılması Türleri

İskelet kaslarında, hareketin karakteristik özelliğine, eklem açısına ve gereksinime göre üç farklı kasılma türü görülmektedir. Bunlar, izometrik, izokinetik, izotonik kas kasılmalarıdır. İzotonik kasılma kendi içerisinde konsantrik ve eksantrik olmak üzere ikiye ayrılır (17). *İzometrik kasılma*, izo (sabit), metrik (boy) anlamlarını taşımaktadır. İzometrik kasılmalarda aktin ve miyozin filamanları arasındaki etkileşim aynı sarkomer boyunda ardışık olarak devam ettiğinden, kas gerimi artarken sarkomer boyu sabit kalır. İskelet kasının üretebildiği maksimum gerim değerleri bu türdeki kasılmalar sırasında kaydedilir. *İzotonik-konsantrik kas kasılmasında*, kasta gerim sabitken, aktin ve miyozin filamanlarının birbirine yaklaşması sonucu sarkomer boyu kısalır. Buna karşın sarkomer boyunun uzadığı *izotonik-eksantrik* kasılmalarda ise kasa yüklenen yükün kuvvet vektörü yönündeki hareket kontrollü olarak yapıldığından kas gerim üretmekle beraber sarkomer boyu uzar. İzotonik kasılmalarda hareketin hızı sabit değildir. Bu nedenle kasın gerimi de hızla ilişkili olarak sürekli değişkenlik gösterir. Bu özelliği nedeniyle kas kuvvetinin ölçülmesi, sadece kaldırılan ağırlık referans alınarak yapıldığında yanlış çıkarımlara neden olabilir. *İzokinetik kasılmalarda ise* hareketin hızı eklem açısı boyunca sabit kaldığından, iskelet kasının kuvvetini hareket hızındaki değişikliklerden bağımsız olarak yorumlamak mümkün olabilir (18).



Şekil 2.3. Bir kas lifinin kasılı ve gevşek durumları

2.4. Kas Fibril Tipleri

Kas fibril tipleri yapısal ve işlevsel olarak değerlendirildiğinde en temel ayrımında Tip1-yavaş kasılan ve Tip-2 hızlı kasılan kas lifleri olarak sınıflandırılır. Yapılan ileri değerlendirilmelerde hızlı kasılan Tip-2 lifleri pek çok alt gruba ayrılmakta ve en genel şekli ile hızlı oksidatif (Tip-2a) ve hızlı glikolitik (Tip-2b) olmak üzere ikiye grupta irdelenmektedir (19, 20). Kas fibrillerinin söz konusu sınıflaması morfolojik ve metabolik farklılıklarına göre yapılmaktadır. ATP'nin hidrolizinden sorumlu olan miyozin ATPaz enzim aktivitesinin hızı kas kontraksiyon hızını doğrudan belirler. Nitekim hızlı kasılan kas liflerinde bu enzimin aktivitesi yavaş kasılan kas liflerine oranla daha fazla bulunmaktadır. Kas liflerinin metabolik özellikleri göz önüne alındığında ise yavaş kasılan Tip1 liflerinin aerobik metabolik süreçte etkinleşen enzim miktarının hızlı kasılan kas liflerine oranla daha yüksek, beraberinde hücre içi mitokondri sayı ve hacminin daha fazla, kapillarizasyonu ise gelişmiş olduğu görülmüştür. Kanlanması fazla olan bu kas lifleri makroskobik olarak daha koyu görüldüğünden kırmızı kas lifleri olarak da adlandırılır. Bu özellikleri esas alındığında Tip-2 kas liflerine oranla aerobik metabolik süreci daha etkin kullanabildikleri bilinmektedir. Tip-2 kas liflerinin yapısındaki en önemli özellik miyozin ATPaz enzim aktivitesinin yüksek ve enine kesit alanının büyük olmasıdır (19). İki kas lifi arasındaki bir diğer önemli fark T-tübülleri ve sarkoplazmik retikulum miktarındadır. Tip2 fibrillerindeki oran Tip-1 fibrillerinden yaklaşık iki kat

daha fazladır. Z-disklerinin arasındaki mesafe Tip-1 kas liflerinde yaklaşık 150nm, Tip2 kas liflerinde ise yaklaşık 60nm'dir (19). Bu özellikler Tip-2 kas liflerinin daha hızlı ve güçlü kasılma kapasitesine sahip olmalarını sağlar ve yapılan değerlendirmelerde her bir kas ünitesine düşen kuvvet geliştirme miktarı yaklaşık $22\text{N}/\text{cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer Tip-1 kas fibrillerinde $10\text{-}15\text{N}/\text{cm}^2$ 'dir (15). Etkinleşmeleri durumunda ATP gereksinimi anaerobik metabolik yolakla sağlayan bu kas lifleri büyük kuvvet üretmekle beraber çok çabuk yorulabilmektedir. Tip-2 kas liflerinin sınıflandırılmasında ise miyozin ATPaz aktivitesinden farklı olarak metabolik özellikleri değerlendirilir. Bu bağlamda Tip-2a lifleri hızlı kasılma özelliği yanında oksidatif metabolizmayı da etkin olarak kullanabilme kapasitesine sahiptir. Tip-2b liflerinde ise glikolitik özellikleriyle ön plana çıkar. Kapillarizasyonu görece daha az olan bu kas liflerini de beyaz kas lifi adı da verilmektedir (19).

Tüm vücuttaki iskelet kas dokusu değerlendirildiğinde, yavaş kasılan kas fibril oranının hızlı kasılan kas fibril tiplerinden daha fazla olduğu görülür. Erkekler, kadınlar ve çocukların üst ve alt ekstremitelerindeki yavaş kasılan kas liflerinin oranı sırasıyla ortalama %45 ve 55'tir. Hızlı kasılan kas liflerinin alt kümesi olan dağılımı ise Tip-2a ve Tip-2b birbirlerine yaklaşık olarak eşittir. Cinsiyetler arası kas fibril dağılımları arasında fark bulunmamasına karşın, arasında fibril dağılım oranı bireyler arasında farklılık gösterebilmektedir. Nitekim başarılı bir dayanıklılık sporcusunda yavaş kasılan kas fibril tipi baskınken, sürat sporcularında hızlı kasılan kas fibril tipi daha fazla bulunmaktadır. Uzun mesafe ve kuzey disiplini kayak sporcularının gastrokinemius kaslarında yavaş kasılan kas lifleri %90-95 oranına ulaşabilmektedir. Halterciler, buz hokeyi sporcuları, sprinterler daha düşük endurans kapasitesine sahiptirler, dolayısıyla iskelet kaslarındaki yavaş kasılan kas fibrillerinin oranı da düşüktür. Diğer taraftan orta mesafe koşucuları iki fibril tipini neredeyse eşit oranda bulundururlar (18).

Alt ekstremitede kalça, uyluk, bacak ve ayak olmak üzere dört ana kas grupları bulunmaktadır. Kalça grubu kasları kendi içerisinde de ön ve arka olmak üzere iki gruba ayrılır. Kalçanın ön tarafında m.psoas majör, minör ve illiacus (illiopsoas kas grubu) bulunmaktadır. İlliopsoas kas grubu uyluğa fleksiyon hareketi yaptırır. Kalçanın arka kısmında bulunan m.gluteus maximus, m.gluteus minimus ve tensör fascia latae kasları uyluk ekleminin ekstansiyonuna yardımcı olur. Ayrıca gluteus medius kası, yine kalçanın arka kısmında yer alan bir diğer kastır ancak bu kas uyluğun en güçlü addüktörü olarak

görev alır. Uyluk kasları kendi içerisinde ön, arka ve iç yüzeyinde olmak üzere üç gruba ayrılır. Ön tarafında m. sartorius, m.quadriceps femoris ve m.articularis genus, arka tarafında m.biceps femoris, m.semmitendinosus ve m.semimembranosus (hamstring kasları) yer alır. Uyluğun iç tarafında bulunan kaslar m.pectineus, m.gracilis, m.adductor longus, m.adductor brevis ve m.adductor magnus bulunur. Uyluk ön bölge kasları, diz eklemine ekstansiyon; arka tarafında bulunan kaslar diz eklemine fleksiyon yaptırmaktadır. Uyluk iç bölge kasları ise adduksiyon ve fleksiyon hareketlerinde rol oynamaktadırlar (20).

2.5. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Kas kuvveti pek çok spor branşında, sporcuların atletik performansını belirleyen ana değişkenlerden bir tanesidir. Konu ile ilgili çalışmalar yapan araştırmacılar ile performans hedefli antrenman kurgulayan antrenörler kas kuvveti ölçümü konusunda farklı yöntemler kullanmaktadır. Bu bağlamda kablo tensiometreleri, dinamometreler, serbest ağırlıklar yanında bilgisayar destekli elektromekanik ve izokinetik cihazlar kullanılmaktadır. Bu ölçümler arasında farklı yollarla tespit edilen ve bir defada kaldırılabilen maksimum ağırlığın bulunmasını hedefleyen (1MT) yöntemlerle, izokinetik dinamometrelerle yapılan ölçümler en yaygın olarak kullanılanlardır (18).

2.5.1.1 Tekrar Maksimum Yöntemi

1 tekrar maksimum yöntemi (1MT); sporcunun bir tekrarda doğru teknikte kaldırabileceği maksimum ağırlığın belirlenmesi ilkesine dayanır ve orta ya da üst düzey sporcularda sıklıkla tercih edilmektedir. Ölçümlerde çoğu kez yüksek ağırlıklar kullanıldığından, sporcuların deneyimli ve hareket tekniğini doğru bir şekilde uygulayabiliyor olması gerekir. Antrenörler ve konuyla ilgilenen spor bilimciler bu metodu büyük kas gruplarının etkinleştiği ve çoklu eklemlerin katıldığı hareketlerde kullanılması önerilir. Tek bir eklem tarafından gerçekleştirilen hareketlerde yüksek ağırlık kullanılması eklem sakatlık riskini arttırırken, küçük kas gruplarının değerlendirilmesi de mümkün olmayabilir (22).

Tahmini 1MT yöntemi; çocuk, yaşlı ile kardiyovasküler sistem hastalığı bulunan insanlarda, yüksek ağırlıkları kullanarak 1MT ölçümü yapmak riskli olabilir. Olası olumsuzlukların önüne geçebilmek için 1MT'nin belirlenebilmesi daha hafif ağırlıkların kullanıldığı farklı ölçüm ve hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar antrenmanlı bir sporcunun 7-10 TM'de kaldırabileceği ağırlığın 1 MT'nin %68'ine, antrenmansız sporcularda ise %79'una karşılık geldiğini göstermektedir. Antrenmanlı ve antrenmansız sporcuların 1MT'sini hesaplamada kullanılan formül Denklem 2.1.'de verilmiştir. Formülde 10 kez kaldırılabilen birim ağırlık değerlendirmeye alınmıştır (18).

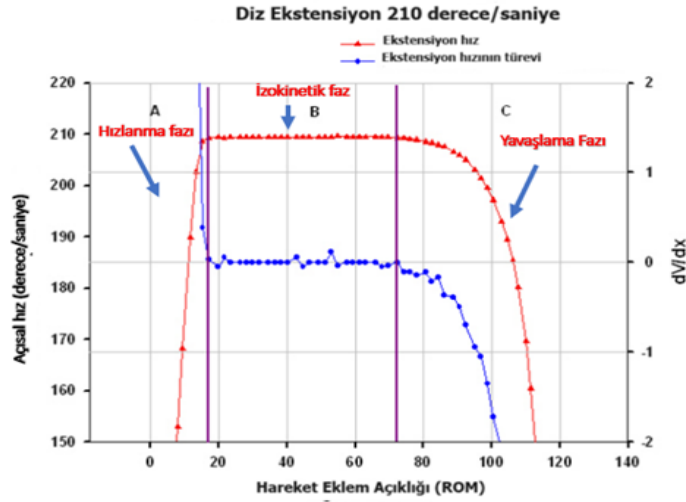
Denklem 2.1. 1 MT=1.554 x 10 Tekrarda kaldırılan birim ağırlık(kg)–5.181
(Antrenman deneyimi olmayan sporcu

1 MT=1.172 x 10 Tekrarda kaldırılan birim ağırlık(kg) + 7.704(Antrenman deneyimi olan sporcu) (18).

2.5.2. İzokinetik Dinamometre Ölçümleri

İzokinetik dinamometreler bilgisayar tabanlı ve tek eklemlili kas kuvveti değerlendirmelerinde kullanılan cihazlardır. İzokinetik cihazlarda hareket üç bölümde incelenmektedir. Bunlar sırasıyla hızlanma, sabit hız ve yavaşlama fazlarıdır (Şekil 2.4.) (22). Hızlanma fazı, izokinetik fazı yakalamak için geçirilen fazdır ve bu evrede hareket belirlenen hız yakalanıncaya kadar cihaz herhangi bir direnç uygulamaz. Hızlanma sonrasında hareket hızının sabit kaldığı ve dış direncin tam olarak hissedildiği faz izokinetik faz olarak tanımlanırken, bu evrede kasılmanın hızı sabit kalır (23). Açısal hızın artışı izokinetik fazı kısaltırken, tam tersine hızın azalması izokinetik fazın artışına neden olur. Yapılan çalışmada 450°/sn'lik açısal hızda yapılan diz ekstansiyonunda ortaya çıkan izokinetik fazın 60 °/sn'ye oranla daha kısa sürdüğü bildirilmiştir. Bu nedenle izokinetik dinamometre ile yapılan değerlendirmelerde doğru tespitlerin yapılabilmesi için izokinetik aralığın tespit edilmesi gerekir. Yavaşlama fazı ise kontraksiyonun sonunda cihazın hareketin bitiminden hemen önce direnci arttırması ve hareketi yavaşlatmasından kaynaklanır. Bu aşamada da hareket hızı yavaşladığından sonuçların hatalı olabileceği bilinmektedir (24). Bu bilgilerin ışığı altında izokinetik dinamometreye

ait veriler analiz edilirken, doğru yorum yapabilmek için hızlanma ve yavaşlama fazının değerlendirmeye alınmaması gerekir.



Şekil 2.4. İzokinetik kasılma içeren bir tekrarda görülen üç faz (23).

İzokinetik dinamometre ile yapılan kuvvet ölçümlerinde seçilecek açısal hızlar araştırmanın hedefleriyle uyumlu olmalıdır. Sporcunun maksimal kuvvetini değerlendirmeye yönelik ölçümlerde düşük açısal hızlar (yaklaşık $60^\circ/\text{sn}$), kassal dayanıklılığın ve gücün değerlendirilmesinde ise yüksek açısal hızlar ($240^\circ/\text{sn}$) tercih edilmelidir. Kas gücünün belirlenmesinin hedeflendiği ölçümlerde açısal hız $400^\circ/\text{sn}$ 'ye kadar arttırılabilmektedir. Bu iki değer arasındaki açısal hızlar ise yapılacak ölçümün amaçlarına göre daha kapsamlı kurgulanabilir (Çizelge 2.1.). Açısal hız yanında önemli olan diğer değişkenler set sayısı, tekrar sayısı ve dinlenme aralığı olup bunlar da uygulanacak testin amacına göre değişiklik gösterebilir. Kas gücünün test edildiği ölçümlerde tekrar sayısı çoğunlukla <10 iken, dayanıklılığın test edildiği ölçümlerde tekrar sayısı >20 'den fazla olabilmektedir. Anaerobik yüklenme olarak kabul edilebilecek bu uygulamalarda, toparlanmanın bir sonraki set için gerçekleşmiş olabilmesi amacıyla dinlenme süresinin 60 saniyenin altında olmaması önemlidir. Bazı uygulamalarda bu süre 3 dakikaya kadar uzatılabilmektedir (24). İzokinetik cihazların anlık veri aktarım özelliği sayesinde hareketin gerçekleştiği her bir açıda kasılmanın hızı, tork değeri ayrı ayrı analiz

edilebilmektedir. Kasılmaya ait ham verilerin işlenmesi sayesinde yazılımın verdiği veriler daha ayrıntılı hesaplamalarda kullanılabilir.

Çizelge 2. 1. İzokinetik kuvvet-hız değişkeni (24).

Kuvvet	Güç/Dayanıklılık	Güç
0<.....90°/sn.....180°/sn.....240°/sn.....>400°/sn		

İzokinetik test verisinin analizinde kullanılan değişkenler

Zirve Tork: İzokinetik testte, tork eğrisinde görülen en yüksek noktadır.

Ortalama Tork: Her bir tekrarda üretilen en yüksek tork değerlerinin ortalamasını ifade eder.

Normalize Zirve Tork: Sporcunun testte ürettiği en yüksek tork değerinin vücut ağırlığına bölünmesi ile bulunur (Nm/kg).

İş: Kuvvet ve yer değiştirme vektörlerinin çarpımına denir (Nm=joule).

Güç: Birim zamanda üretilen iş miktarıdır (Watt).

Ortalama Güç: Her bir tekrarda üretilen gücün ortalamasını ifade eder (24).

2.6. Direnç Antrenmanları

Günümüzde spor bilimleri araştırmacıları sporcular üzerinde en uygun adaptasyon yanıtlarını alabilmek için farklı antrenman metotları geliştirmiştir. Uygulanan antrenman metotlarının değişkenleri sporcular için en uygun adaptif yanıtların oluşturulmasında önem arz etmektedir. Direnç antrenmanı, günümüzde kuvvet ya da ağırlık antrenmanları olarak da bilinmektedir. Bu antrenmanlar; sporcuların belirli bir yük altında tekrarlayan ardışık hareketleri yapması sonrası kas kuvvetlerini arttırmaya yönelik uygulamaların bütünü olarak tanımlanabilir. Direnç antrenmanları, genel kas kuvvetini, lokal kas dayanıklılığını, kas kesit alanını, gücü, hızı, motor performansı, dengeyi ve koordinasyonu arttırarak sporcu performansını geliştiren en popüler antrenman modelleri arasında yer almaktadır (17). Bu antrenmanlarda kaldırılan ağırlık, tekrar ve set sayısı

antrenmanın kapsamını belirlemektedir. Öte yandan antrenmanın sıklığı ve kasılmanın hızı da antrenmanın kurgusuna etki etmektedir. Bu değişkenler sporcularda akut ya da kronik olarak metabolik, hormonal, nöral ve kardiyovasküler yanıtları etkilemektedir (25).

Bu değişkenleri ayrıntılı şekilde tartışmadan önce direnç antrenmanlarının temel terimlerini tanımlamak gerekmektedir. Kütle kimi zaman insan vücudu kimi zaman ise dış direnç olarak karşımıza çıkar (26).

İş, Kuvvet ve yer değiştirme vektörlerinin çarpımına denir (kuvvet X mesafe (Nm=joule). İvme, bir hareket esnasında birim zamanda hızda meydana gelen değişimi ifade eder ($Hız \left(\frac{m}{sn}\right) \div Zaman(sn)$). Kuvvet, bir objeyi çekmek ya da itmek için uygulanan direnç miktarıdır ($Kütle (kg) \times İvme\left(\frac{m}{sn^2}\right)$). Maksimum kuvvet, bir kas veya kas grubunun belirli bir hızda ve hareket modelinde üretebileceği en yüksek kuvvet miktarıdır (30). Güç ise birim zamanda üretilen iş miktarıdır (Denklem 2.2.) (27).

$$\begin{aligned} \textbf{Denklem 2.2.} \quad & \text{Güç} = \text{İş} \div \text{Zaman} \\ & = \text{Kuvvet} \times \text{Mesafe} \div \text{Zaman} \\ & = \text{Kuvvet} \times \text{Hız} \end{aligned}$$

Yüksek ağırlıkla yapılan (1MT'nin>%80) antrenmanlarda kaslar, kısa bir zaman diliminde yüksek şiddette iş yapmak durumunda kalır. Diğer antrenman modellerinden farklı olarak kas, tendon, eklem ve kemik yapı görece daha ağır bir stresle iş yapar. Bu nedenle sporcuların direnç antrenmanına girmesi sakatlık riskini arttırdığı düşünülür ve çoğu kez bu tip antrenmanlardan uzak durulur. Temel sorun ise direnç antrenmanından çok kurgusunun hatalı yapılmış olmasıdır.

Direnç egzersizlerine aslında başlangıç için tanımlanmış bir yaş bulunmamaktadır. Sporcuların uğraştıkları spor branşlarına göre değişmekle beraber, yapılan çalışmalarda rekabetin gerektirdiği fiziksel ve mental hazırlık evresini doğru geçirebilmek için özel kurgulanmış direnç egzersizi programlarına erken yaşlarda başlanabileceği bildirilmektedir. Unutulmaması gereken konu çocukların takvim yaşından öte biyolojik yaşına göre antrenman programlarının uygulanması ve antrenman planlarının uygunlukları göz önüne alınarak kurgulanmasının gerekliliğidir (9). Biyolojik

yaş kuvvet, hız ve güç üretme kapasitesini etkilemektedir. Pik uzama hızı dönemi öncesi ve sırasında bulunan sporcuların hareket sırasındaki sürat artışı ile beraber güç üretebilme kapasitesinin arttığı, pik boy uzama dönemi sonrasında ise sporcuların güç üretme kapasitesindeki hem sürat hem de kuvvetin artışından kaynaklandığı bildirilmiştir (28). Bu bilgiler biyolojik yaşın erken evrelerinde yapılan direnç antrenmanlarında sürati arttırmaya yönelik düşük ağırlıklı uygulamaların yapılmasının önemini göstermektedir. Büyüme ile beraber direnç antrenmanları sürat ve kuvvet bileşenlerini kapsayabilir. İyi bir antrenman planlamasında şiddet, kapsam ve birim antrenman göz önüne alınmalıdır (29).

2.6.1. Antrenmanın Şiddeti

Şiddet, egzersiz programlarında hareketin hızı, iş ve harcanan enerji miktarı ile ilişkili bileşenidir ve antrenman şiddeti ve egzersiz şiddeti olmak üzere iki farklı başlık altında tartışılır. Antrenman şiddeti bir birim antrenman ya da uzun dönem antrenmanlarında uygulanan toplam şiddetle ilişkilidir. Hesaplamasında her bir birimde, haftada ya da daha uzun süreli antrenmanda kaldırılan yükün ortalaması kullanılır. Birim antrenmanda kaldırılan ortalama yük, egzersizi tamamlamak için gereken süreyle doğrudan ilişkilidir. Nitekim, antrenmanda ağırlık arttıkça süre de doğru orantılı olarak artar. Tekrar sayısının artması da süreyi uzatır (29).

Uygun kaldırma tekniği ile gerçekleştirilebilen uygulamada bir kez kaldırılabilen en yüksek en yüksek ağırlık 1MT'yi tanımlar (30). Uygulama kolaylığı bakımından kaldırılabilen en yüksek ağırlık yerine dolaylı yöntemlerle de 1MT'yi hesaplamak mümkündür. Bu yöntemle, sporcu submaksimal yüklerde belirli bir ağırlığı maksimal tekrarda uygular ve 1TM'de kaldırabileceği maksimal ağırlık dolaylı yöntemle belirlenir. Egzersiz şiddetinde, antrenman şiddetinden farklı olarak, yüklemenin miktarı bir tekrar maksimum ve maksimum tekrar yöntemi kullanılarak belirlenmiş ağırlıklar ayarlanmaktadır (31; 32). Uygulama esnasında 1MT yöntemi ile belirlenmiş ağırlıklardan hareket ederek antrenman planlanması yapmak, sporcunun günlük performans kapasitesindeki dalgalanmalar göz ardı edildiğinden hatalı sonuçlar verebilir. Buna karşın maksimum tekrar yönteminin kullanılması, antrenman dozunun daha doğru ayarlamasına olanak sağlar (33). Direnç antrenman uygulamalarında hareketin tekrar sayısı ile yük

arasında ters ilişki vardır; yükün arttırıldığı durumlarda sporcunun uygulayacağı tekrar sayısı düşer (32). Bununla birlikte sporcunun form durumu ve çalıştırılan kas grubu da set içinde kaldırılacak ağırlığı etkileyen faktörlerdendir. Antrenmanlı sporcular antrenmansız sporculara oranla daha fazla yük kaldırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca daha büyük kas gruplarıyla, küçük kas gruplarına oranla daha büyük yükler kaldırılabilir (30).

Endurans antrenmanlarının aksine, direnç antrenman planlamalarında kalp atım sayısını göz önünde bulundurmak doğru değildir. Nitekim kalp atım sayısındaki artış egzersiz şiddetiyle orantılı olmayabilir (30). On TM’de üç set ve setler arası 90 saniye dinlenme verilen bacak egzersizi ve sonrasında yapılan kol egzersizi uygulanan bir antrenman modelinde maksimal kalp atımının %60’ına ulaştığı görülmüştür (117 bpm). Diğer taraftan aynı set, tekrar ve dinlenme sürelerinde aynı hareketlerin tam tersi sırayla uygulandığı (önce kol sonra bacak egzersizleri) egzersiz modelinde maksimal kalp atım sayısının maksimalin %67’sine çıktığı belirlenmiştir (126 bpm) (34). Bu veriler aynı egzersiz şiddeti, kapsamı ve dinlenme aralıklarında uygulanan antrenman modellerinde bile egzersiz sırasında kalp atım sayısında farklı sonuçlar çıkarabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla sporcuların antrenman sırasındaki performanslarının yakın takibi antrenman dozu ayarlama esas gösterge olarak kabul edilmektedir.

2.6.2. Antrenmanın Kapsamı

Antrenman kapsamı, her birim antrenmanda uygulanan toplam işin miktarıdır ve harcanan enerjiyle doğru orantılıdır (35). Direnç antrenmanlarında kapsamı yük miktarı, set ve tekrar sayısı, yaptırılan egzersizin istasyon sayısı ve tipi, dinlenme periyotları ile antrenman sıklığının bileşkesi belirler. Hem araştırmacı hem de antrenörler antrenman sırasında gerçekleştirilen iş miktarının belirlenmesinde her sette uygulanan tekrar sayısının kaldırılan yüke çarpımıyla hesaplanan “kapsam yük” değeri kullanılır ($Kapsam\ yük = Kaldırılan\ ağırlık\ (kg) \times tekrar\ sayısı(adet)$).

Yaptırılan antrenmanın kapsamı her egzersiz için ayrı ayrı hesaplanabildiği gibi benzer değerler kullanılarak günlük, haftalık kapsam hesaplamaları da yapılabilir (29).

2.6.3. Birim Antrenman

Antrenman şiddet veya kapsamının toplamını uygulanan tek bir birim antrenman için ifade etmek mümkün olmakla beraber, aynı hesaplama birim antrenman içerisinde yaptırılan her bir egzersiz için de ayrı ayrı yapılabilir. Antrenmanda yaptırılan egzersizin uygulanma hızı, tekrar-set sayısı ve tipi yüklenme faktörünü etkileyerek şiddetini belirler. Bu bilgi egzersizin program hazırlarken antrenman ve egzersiz şiddetinin hesaplamasında kullanılır.

Konunun daha iyi açıklanabilmesi amacıyla örnek olarak verilen antrenman programında 1. gün genel hazırlık fazı; 2.gün ise geç hazırlık fazından oluşmaktadır (Çizelge 2.2.). Her bir egzersiz sırasında yapılan tekrar sayısı ve tekrar başına kaldırılan yük miktarının çarpımı ile bulunan antrenman kapsamı 1. gündeki antrenmanda 7000kg iken; 2. günde 4700 kg'ye düşmektedir. Diğer taraftan yük kaldırma süresinin bir fonksiyonu olan antrenman şiddeti (kg/sn) hesaplandığında 2.gün yapılan uygulamanın şiddeti 1.güne oranla daha yüksektir (134,3'e kıyasla 116,7 (kg/sn)). Bu örnekte de görüldüğü üzere antrenman kapsamı ve antrenman şiddeti kavramları uygulamada birbirleriyle ters orantılıdır (29).

Çizelge 2.2. Genel hazırlık dönemi ve geç hazırlık dönemi (29)

	<i>Set</i>	<i>Tekrar</i>	<i>Yük (kg)</i>	<i>Antrenman kapsamı</i>	<i>Antrenman şiddeti</i>	<i>Set süresi (sn)</i>	<i>Çalışma oranı (kg/s)</i>
Genel Hazırlık Dönemi	1	10	60,0	600,0		30,0	20,0
	2	10	100,0	1000,0		35,0	28,6
	3	10	120,0	1200,0		40,0	30,0
	4	10	140,0	1400,0		45,0	31,1
	5	10	140,0	1400,0		47,0	28,8
	6	10	140,0	1400,0		48,0	29,2
Toplam	6	60	700,0	7000,0		245,0	167,7
Ortalama/set		10	116,7	1167,0	116,7	40,8	28,0

Geç Hazırlık Fazı	1	5	60,0	300,0		15,0	20,0
	2	5	100,0	500,0		17,5	28,6
	3	5	140,0	700,0		20,0	35,0
	4	5	180,0	900,0		25,0	36,0
	5	5	180,0	900,0		26,0	34,6
	6	5	180,0	900,0		27,0	33,3
	7	5	100,0	500,0		15,0	33,3
Toplam	7	35	940,0	4700,0		145,5	220,8
Ortalama/set		5	134,3	671,4		20,8	31,5
Ortalama/set		5	134,2	700,0	134,3	21,8	32,1
(Düşen set dahil değil)							

2.6.4. Direnç Antrenman Bölgeleri (Zonları)

Antrenman programları hazırlanırken en önemli kurallardan bir tanesi de yüklerin sporcunun kapasitesine göre özel olarak belirlenmiş olmasıdır. Sporcu için TM yöntemi ile belirlenen ağırlığın kullanılmasının ana amacı da budur (29). TM yöntemi ile yapılacak hesaplamalarda kullanılan en geçerli yöntem, doğru teknikle 8 kez kaldırabildiği ağırlığın tespiti esasına dayanır (36). Antrenman planlamaları da bu göreceli yüke göre yapılmakta ve şiddet zonları bu hesaplama göre sınıflandırılmaktadır. Nitekim TM'nin %100 çok ağır, %90-95 ağır, %90-85 orta derece ağır, %85-80 orta, %80-75 orta derece hafif, %75-70 hafif, %70-65 çok hafif olarak kabul edilmektedir (29).

Lokal kas dayanıklılığı; submaksimal ağırlıklarla yapılan antrenmanlarda kasların yorgunluğa karşı direnebilme yeteneğini ifade etmektedir (37). Lokal kas dayanıklılığı, mutlak ya da görece olmak üzere iki ayrı başlıkta değerlendirilir. Mutlak kas dayanıklılığı, sabit bir yük ile yapılan maksimal tekrar sayısını gösterir. Görece kas dayanıklılığında ise kaldırılan ağırlığın bir tekrar maksimumunda belirlenmiş ağırlığa oranı değerlendirilir. Sporcuların belirli bir ağırlığı kaldırmaları istendiği mutlak kas

dayanıklılığı antrenmanlarında bireyler arasındaki fark göz ardı edilir. Göreceli kas dayanıklılığı antrenmanlarda ise yüklemeler sporcunun kapasitesine göre belirlenir (25).

Görece yüksek tekrar sayısı ve hafif yüklerle (<15 tekrar sayısı ve $<60\%$ 1MT) yapılan antrenmanlar lokal kas dayanıklılığını geliştirmede optimum uyum yanıtlarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu uygulamalarda ana amaç, kas dokusunun kapillarizasyonu, mitokondriyal yoğunluğu ve metabolik enzim aktivitesi artırarak, kas tampon sistemi ve oksidatif kapasitenin geliştirilmesidir (21).

Sporcuların *maksimal kuvvetini* geliştirmek için yüksek şiddet ($1MT \geq 80\%$), düşük tekrar sayısı (≤ 6 tekrar) ile yapılan 2-4 set arasındaki direnç antrenmanları önerilmektedir (9). Maksimal kuvvet zonu bölgesinde yapılan antrenmanlar nöromüsküler yapıda oluşturacağı adaptif yanıtlar yoluyla sporcunun kuvvet üretim kapasitesini artırmaktadır (32). Maksimal kuvvetin üretilmesi etkinleşen motor ünite sayısının artışı ile sağlanabilir. Antrenman seviyesi üst düzey olan sporcularda, hafif-orta şiddette yapılan direnç antrenmanları sırasında etkinleştirilemeyen yüksek eşiğe sahip motor üniteler, yüksek şiddetlerde yapılan yüklenmelerle etkinleşmeye başlar.

Kuvvet artışını sağlayabilecek optimal yükün belirlenmesine yönelik araştırmalarda; 1MT'nin $70-85\%$ arasına denk gelen yüklerin yeterli olduğu ancak üst düzey atletlerde yüklemenin daha şiddetli olması gerektiği ve bu oranın 1 MT'nin $<85\%$ 'ine karşılık geldiği gösterilmiştir (17).

Diğer taraftan Jenkins ve ark (38), kapsamı aynı ancak şiddeti farklı iki antrenman modelini değerlendirdiği 6 haftalık çalışma sonrasında 1MT'nin 80% şiddetine denk gelen antrenmanların 1MT'nin 30% 'una denk gelen antrenmanlara oranla kas aktivasyonunda daha büyük artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Eldeki veriler antrenman kapsamının eşit olduğu durumlarda bile daha ağır yüklerle çalışmanın, daha hafif yüklerle çalışmaya oranla kuvvet artışında avantaj sağlayacağını destekler niteliktedir (39).

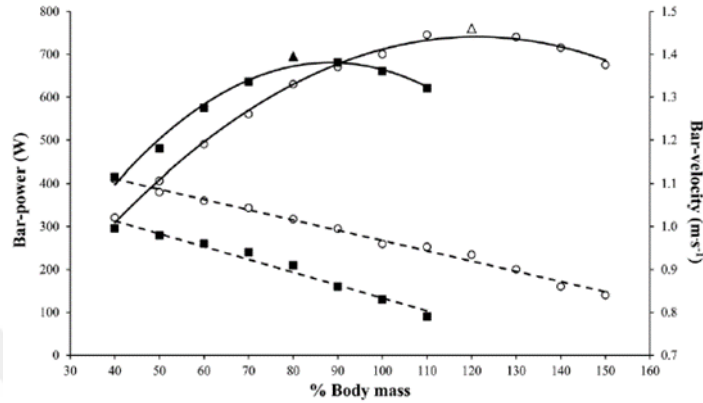
Kas gücü, harekete katılan kas ya da kas gruplarının birim zamanda ürettiği işi ifade etmektedir. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere kas kuvveti ve kasılma hızı kas gücünü belirleyen değişkenlerdir. Kuvvet ve hız arasındaki ilişkinin ters orantılı olması, konuyla ilgili yorumların yapılmasında özenli olmayı gerektirir. Nitekim yüksek ağırlıklarla çalışıldığında hareketin hızı düşerken, yüksek hızla çalışmak istendiğinde kaldırılan ağırlığın azaltılması gerekir (37). Gücü arttırmaya yönelik antrenmanlarda kas kuvveti ve

kasılma hızının yanında RFD’de değerlendirmeye alınır (40). Sporcunun hızlanması ile beraber kuvvet uygulama süresi de ters orantılı olarak azaldığından RFD anlam kazanmaya başlar (41). Patlayıcı gücün ön planda olduğu direnç egzersizlerinde maksimal güç çıktısını elde edebilmek için, hareketin her evresini yüksek hızda yapmaya özen gösterilmelidir. Bu tip antrenmanlarda hareketin yavaşlama fazının minimize edilmesi ve ağırlığın olabilecek en yüksek hızda kaldırılmasının kritik önemi bulunmaktadır (17). Jump squat, balistik jump squat, ballistic bench press gibi patlayıcı direnç egzersizlerinde hızı yüksek tutabilmek için ağırlık azaltılır ve çoğu kez yüklemeler 1MT’nin %30-60 aralığına denk gelecek şekilde ayarlanır. Sporcunun daha hafif yüklerle ve hızlı tekrarlarla gerçekleştirdiği kasılmalar sayesinde kaslarının patlayıcı gücünün ve hızının artırılması amaçlanır. Konu ile ilgili araştırmalarda 1MT’nin %40-60 aralığında yapılan bench press ile 1MT’nin %50-70 aralığında yapılan squat hareketinin maksimal güç üretim kapasitesini geliştirebileceği bildirilmiştir (42). Ayrıca 1MT’nin %30’u ile yapılan jump squat antrenmanlarının sporcunun maksimal gücünü artırma konusunda 1MT’nin %80’inde yapılan antrenmanlara oranla daha etkili olduğu bildirilmiştir (43; 44).

Maksimum güç gelişimi için en uygun egzersiz şiddeti yapılan harekete bağlı olarak farklılık gösterebilir. Günümüzde çalışmalar söz konusu özelliği geliştirme amaçlı antrenmanlarda optimum güç zonu olarak tanımlanan yükleme oranının belirlenmesi konusunda yoğunlaşmaya başlamış ve bu amaca yönelik hareket hızını ölçen özel cihazlar geliştirilmiştir.

Optimum güç çıktısı zonunun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlere göre; teste üst ekstremité için vücut ağırlığının %30’una, alt ekstremité içinse vücut ağırlığının %40’ına denk gelecek şekilde ağırlıklarla 2-3 tekrar ile başlanır. Optimum güç güç aralığının belirlenmesi için izleyen aşamada her sette yük üst ekstremité için vücut ağırlığının %5’i, alt ekstremité için ise %10’u oranında artırılır ve hareketin benzer şekilde hızla yapılması istenir. Setler arasında 3-5 dakika dinlenme verilir. Güç çıktısı en az %5 oranında azalınca kadar teste devam edilir. Bu şekilde kaldırılan ağırlık ile hareket hızı ayrı ayrı kayda alınır ve güç çıktılarının hesaplamasını yapmak mümkün olur. Ağırlık ve hızın çarpımı ile elde edilen güç değeri belirli bir yüke kadar artış gösterirken, hareketin yavaşlaması ile orantılı olarak yükün ağır geldiği durumlarda azalma eğilimi

göstermeye başlar. Söz konusu ilişkinin en yüksek değeri optimum güç zonu olarak tanımlanır (Şekil 2.5.) (45).



Şekil 2.5. Optimum güç zonu: Gücün azalmaya başladığı noktadan hemen önceki alan optimum güç zonu olarak tanımlanır. Yükler vücut ağırlığına göre belirlenir ve şiddeti kademeli olarak arttırılır. Polinom çizgileri bar-güç ilişkisini, düz çizgiler ise bar-hız ilişkisini temsil etmektedir (ortalama güç-ortalama hız değerleri hip trust egzersizi esnasında üretilen gerçek değerlerden toplanmıştır). Beyaz içi boş semboller elit atletizm sporcusunu, siyah içi dolu semboller rugby oyuncusunu temsil etmektedir. Her iki sporcu için de üçgenle belirlenen nokta optimum güç zonuna denk gelmektedir (45).

2.6.5. Direnç Antrenmanlarına Kas Adaptasyonu

İskelet kas dokusunun, insan vücudunun akut ya da kronik uygun yüklemelere karşı adaptasyon gösterebilme kapasitesi en yüksek dokulardan olduğu kabul edilmektedir. İskelet kasının fibril dağılımı, fibril çapı, fibril uzunluğu, miyozin yapısı, mitokondriyal dağılım, kapiller yoğunluk, motor nöron entegrasyonu, oksidatif ve glikolitik enzim aktivite ve miktarı, tendon uzunluğu gibi özellikler uyum yanıtları sonrasında, yaratılan stresle ilişkili olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bütün bu süreç karşımıza antrenmana uyum başlığı altında tartışılan geniş bir konunun açılımını ifade eder (19). Antrenmanlardan beklenen kazanımların ortaya çıkabilmesi için, stres bileşenini tanımlayan değişkenler olan egzersizin türü, şiddeti ve sıklığının doğru ayarlanmış olması gerekir. Yapılan çalışmalar farklı antrenman modalitelerinin farklı hücresel mekanizmaları tetikleyerek uyum sürecinde ortaya çıkacak değişiklikleri anlamamızı sağlamıştır (46).

2.6.6. Direnç Antrenmanlarına Nöromüsküler Adaptasyon

Periyodik olarak uygulanan direnç antrenmanları ile beraber maksimal kas kuvvetinde bir artış meydana gelir (47). Ancak erken dönemde kas morfolojisi değerlendirildiğinde ortaya çıkan değişiklikler söz konusu kas kuvvet artışını açıklamada yetersiz kalır. Bu bilgi kas kuvvet artışının altında yatan mekanizmanın kasın nöral faktörlerden kaynaklandığını düşündürmektedir (<2-4 hafta) (48). Nöromüsküler yapı, santral sinir sisteminden çıkan motor nöronlarla aktive olur. Motor kortekste başlayan uyarı motor yol üzerinde yer alan ilgili merkezlere uğradıktan sonra medulla spinalis üzerinden motor nöronlarla nöromüsküler kavşağa kadar iletilir ve bu yol efferent nöral ağını oluşturur. Kas ile motor nöronun oluşturduğu anatomik komşuluğa sinaps, kontrakte olan oluşuma ise motor birim adı verilir. Kas yapısının nöral entegrasyonu değerlendirildiğinde kontraktıl öğelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili olarak santral sinir sistemine afferent nöronlarla geri bildirim iletildiği görülmektedir. Bu kurgu sayesinde santral sinir sistemi kontraksiyon için gerekli uyarıları gönderirken, bir yandan da kontraktıl öğenin anlık durumu ile ilgili bilgi toplamaktadır. Sonuç olarak iskelet kasının performansı ile ilgili bir değerlendirme, aslında santral sinir sisteminin kas dokusunun kontraktilesi üzerindeki etkisinin dolaylı irdemesidir. Afferent ve efferent sinirlerin etkileşimi tek başına kas dokusu üzerindeki değişikliklerle de sınırlı değildir. İnsan vücudu gibi çok hücreli canlılarda kas kasılmasının belirlenen hedef doğrultusunda devam edebilmesi için ilgili ve bir anlamda kasın lojistik desteğini sağlayacak organ sistemlerinin devreye girmesi gerekir. Bu bağlamda belirlenen hedef doğrultusunda kardiyovasküler ve solunum sistemleri başta olmak üzere endokrinolojik değişikliklerle diğer organ sistemleri yeni bir homeostatik ortama uyum göstermek üzere yanıt verir (30). Performans bir bütün olarak yorumlandığında kas dokusunu tek başına değerlendirmek yerine insan vücudunun bütünsel olarak irdelenmesinin de zorunluluğu ortaya çıkar. Buna karşın direnç antrenmanlarında dayanıklılık antrenmanlarından farklı olarak ön planda olan özne iskelet kasıdır ve bu tip antrenmanlarda adaptasyon temelde iskelet kas yapısında görülür.

Motor birim yapısı irdelendiğinde iskelet kas üzerinde uniform karakter taşımadığı görülür. Bu farklılığın nedeni uyardığı kas liflerinin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermesidir. Nitekim hızlı kasılan kas liflerindeki motor birimlerin boyutu, yavaş kasılan kas liflerine oranla daha büyüktür. Motor birimler etkinleşme

etkinleşmeleri yönünden irdelendiğinde ise kontraksiyonun kuvvetinin süreci belirlediği tespit edilmiştir. Düşük şiddette yapılan kontraksiyonlarda etkinleşen motor birimlerin görece daha yüksek şiddetle yapılan kontraksiyonlara oranla daha küçük olduğu bilinmektedir. Motor birimlerde uyarı örüntüsünü gösteren bir diğer değişken ise uyarıların frekansına aittir. Düşük şiddetle yapılan kontraksiyonlarda uyarı frekansı düşük kalırken, kasılma şiddetinin artmasıyla beraber uyarı frekansı da artış gösterir (19).

Direnç antrenmanları esnasında etkinleşen motor birim miktarı oluşan toplam aksiyon potansiyellerinin genliğiyle nesnelleştirilebilir. Kasın kaldırdığı ağırlıkla aksiyon potansiyellerinin genliği arasında doğrusal bir ilişki beklenmekle beraber (etkinliğe katılan motor birim sayısının artışı) belirli kuvvet değerlerinden sonra bu doğrusal ilişkinin olmayabileceği de gösterilmiştir. Bir başka ifadeyle motor birimlerin uyarı örüntüsü direnç arttıkça maksimuma ulaşırken, yapılan fazladan yükleme plato seviyesini değiştirmez. Bu durum kuvvet üretimi ve MU arasındaki ilişkinin yorumlanmasında bir çelişki yaratmasına rağmen antrenmanlarla artan MU adaptasyonunun kasların kuvvet üretebilme potansiyelini olumlu yönde etkileyeceği kabul edilmektedir (49).

Antrenmanlı ve antrenmansız bireylerin istemli kas kasılması sırasında etkinleştirdikleri motor birim örüntüsü birbirlerinden farklılık gösterir. Bunun temel nedeninin yüksek eşişge sahip motor birimleri aktive edebilme yeteneğinin antrenmanlarla geliştirilebilmesidir. Konu spor bilimleri literatüründe nöral adaptasyon başlığı altında tartışılmaktadır. Yapılan direnç antrenmanlarının şiddetine ve hareketin hızına bağlı olarak, yüksek eşişge sahip motor birimlerin aktive olabilmesi sağlamak direnç antrenmanlarına uyumun bir bileşeni olarak kabul edilir. Bu süreçte hareketin kurgulanan istençle uyumlu olabilmesi için antagonist kasların da agonist kaslarla eş güdümlü kontrol ediliyor olması gerekir. Nitekim agonist kasların hareketine izin verecek şekilde kontrolü yitirmeden kasılabilmesi için antagonist kaslarında belirli oranlarda kasılıp gevşemesi ve bu süreci çok kısa zaman aralıklarında kesintisiz gerçekleştirmesi gerekir. Dolayısıyla nöral uyum tartışılırken tek başına agonist kasları değerlendirmek yeterli olmayabilir. Agonist ve antagonist kas gruplarının nöral entegrasyonunda görülen uyum yanıtları hareketin koordinasyonunu olumlu yönde etkilerken bir anlamda verimliliği de artırarak kuvvet çıktısını yukarıya taşıyabilir. Sonuçta antrenman periyodu öncesinde belirli bir ağırlığı kaldırmak için aktive olması gereken motor birim sayısı, antrenman dönemi sonrasında azalmaya başlar. Kas kuvvetini belirleyen unsurlardan bir tanesi de

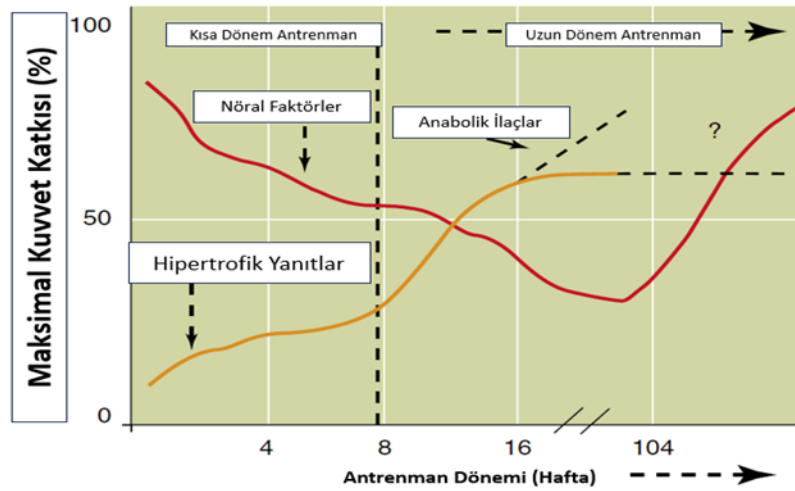
Golgi Tendon organları (GTO) gibi yapı bütünlüğünü koruyan reseptör gruplarının etkinliğidir. Tendondaki gerimin artışıyla beraber etkinleşen bu reseptörlerin uyarılması kas kuvvet üretimini sınırlarken, maksimal efor ve yavaş tempoyla yapılan direnç antrenmanlarıyla GTO'nun kuvvet üretimini sınırlayıcı etkisi azaltılmaktadır (30).

Tek ekstremitayla yapılan direnç antrenmanların sonucunda, diğer ekstremitelerde hem kuvvet hem de EMG genliğinde bir artış görülmektedir. Bu da bizlere nöral mekanizmanın direnç antrenmanlarının erken dönemlerinde kuvvetteki artışta potansiyel etkisini göstermektedir (49).

2.6.6.1. Uzun Dönem Antrenman ve Nöral Değişiklikler

Antrenman periyoduna başladıktan kısa bir süre sonra kuvvette meydana gelen artış nöromüsküler adaptasyon kaynaklıdır. Uzun bir antrenman dönemi geçiren sporcularda da nöral adaptasyonun performans artışına olan etkisi tartışılmaktadır. İki yıl boyunca antrenman yapan ve kas kuvvetlerinde ciddi artışlar görülen üst düzey halter sporcularının performans gelişimini, kas kütlesindeki değişikliğin belirgin olmaması nedeniyle, tek başına kas kütlesindeki artışla açıklamak mümkün olmamıştır. Bu sporcuların yüzeyel EMG kayıtları değerlendirildiğinde ise kaldırılan ağırlıktaki artışla beraber EMG kayıtlarında da bu artışı açıklayabilecek değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta nöral uyumun uzun antrenman dönemleri sonrasında da kuvvet artışında etkili olabileceğini düşündürmektedir (30).

Klasik direnç antrenmanlarının ilk haftalarında nöral uyum kuvvet kazanımının ana sorumlusu iken, izleyen dönemde hipertrofinin gözlemlenmeye başladığı bilinmektedir (Şekil 2.6.). Hipertrofinin üst sınıra ulaşmasından sonra nöral mekanizma tekrar baskın şekilde devreye girmektedir. Tüm uyum yanıtlarının, antrenmanın türüne ve sporcunun performans durumuna bağlı olduğunun da unutulmaması gerekir. Özellikle siklet sporcularında kuvvet artışının kas kütlesi beraber olması kilo dolayısıyla da siklet değişimine neden olacağından sıkıntı yaratır. Buna karşın hipertrofinin belirli bir doygunlukta kalması ve kas kuvvetinin artışı nöral uyumun önemini göstermektedir (30).



Şekil 2 6. Kısa ve uzun dönem antrenman periyoduna nöral ve hipertrofik yanıtlar (30).

Kas Elektriksel Aktivitesinin Değerlendirilmesi (EMG)

Yüzeyel elektromiyografi (EMG), kas kasılması esnasında oluşan toplam aksiyon potansiyelinin elektrotlarla ölçme yöntemine dayanmaktadır (50). Bu laboratuvar yöntemi sayesinde kasa gelen motor uyarıların tetiklediği elektriksel aktivitenin yorumlanması mümkün olabilmektedir ve bu yöntem kinesiyojik EMG adı verilir. Spor bilimleri alanında da sıklıkla kullanılan bu yöntem sayesinde istemli kas kasılmalarıyla postüral aktiviteleri ve hareket sırasında elektriksel aktiviteleri ölçmek mümkün olabilmektedir (51).

Kas kasılması esnasında EMG ile yapılan ölçümde görülen potansiyele motor ünite aksiyon potansiyeli (MUAP) denir. MUAP, motor sinir ve sinir-kas kavşağı ile kaslarda meydana gelen motor birimdeki tüm aktiviteler hakkında bilgi verir (52). α motor nöronlar yoluyla kaslara gelen aksiyon potansiyelinin depolarizasyon eşikini aşması durumunda kasta bir kasılma ortaya çıkar. Bu esnada ölçülen elektriksel potansiyel tek bir motor birimdeki kas fibrillerinin tümüne ait aksiyon potansiyellerinin uzaysal ve uzamsal cebirsel toplamıdır. EMG kaydı esnasında sinyal büyüklüğü kas liflerinin çapına, adipoz doku miktarına, elektrot ve amplifikatörün özelliğine, elektrot arası mesafeye, filtreleme özelliklerine ve gürültüye bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (53).

İskelet kas kasılmasının kesintisiz bir şekilde devam edebilmesi için motor ünitelerin ardışık bir şekilde uyarı göndermesi gerekir. Kasılmayı sağlayan uyarı bütünü

literatürde motor ünite aksiyon potansiyeli treni olarak adlandırılır. Uyarı bütününe ölçülüp yorumlanabilmesi için EMG kayıtlarından elde edilen ham verilerle bazı hesaplamaların yapılması gerekir. Bu işlemlerden ilki hızlı Fourier dönüşümüdür (FFT). FFT kullanılarak kas kasılması sürecinde uyarıların frekans dağılımını zamana bağlı olarak hesaplamak mümkün olabilir. Elde edilen EMG datasının altındaki alanının hesaplamasında ise integral kullanılır (iEMG) ve bu veri elektriksel aktivitenin amplitüdü (büyüklüğü) hakkında bilgi verir. Uyarı şiddetinin artmasıyla beraber büyük motor birimlerin aksiyon potansiyeli oluşturmaya başlaması bir yandan uyarı frekansını değiştirirken bir yandan da iEMG'nin değerini artırır (54).

Ham EMG verisinde potansiyelin vektörüne göre bazen pozitif bazen de negatif değerler elde edilir. Vektörel farklılıktan kaynaklanan potansiyel verisini doğru hesaplayabilmek için negatif ve pozitif dalgaların genliğine ait verilerin karelerinin karekökleri alınarak yapılan hesaplamaya karelerin ortalaması (RMS) adı verilir ve bu veri de EMG analizinde ayrıca kullanılır (51).

Maksimal İstemli İzometrik Kasılma (MVIC) ve Normalizasyon

Maksimal istemli izometrik kasılma (MVIC) sırasında kas kontraksiyon yaparken kas boyunda herhangi bir değişiklik olmaz ve bu esnada ölçülen gerim değeri kasın maksimal kuvvetine karşılık gelir. Bu değer kas performansını yorumlamada, özellikle sarkomer boyunun değiştiği kasılmalarda referans olarak kullanılırken; ulaşılan veriler MVIC verisine göre normalize edilir. Sonuçta mutlak değer yerine bu analizin kullanılması olası yorum hatalarını da ortadan kaldıracığından daha nesnel hesaplamaların yapılmasına olanak tanır (55). MVIC ölçümlerinin doğru yapılabilmesi için seçilen kas grubunun bulunduğu ekstremitenin hareketsiz bir şekilde stabilizasyonu sağlanmış olmalıdır (51).

EMG normalizasyonunda da aynı prensip kullanılır ve belirli bir hareket sırasında kaydedilen EMG verisi maksimal kontraksiyon sırasında elde edilen veriye göre normalize edilir. Herhangi bir EMG kaydı sırasında standardizasyonu sağlayabilmek için elektrotların yerleşimi, ter ve doku sıcaklığı, kas uzunluğu ve kasılma hızı, komşu kasların birbirleriyle etkileşimi (cross-talk), sinerjist ve antagonist kasların aktivitesi, deri

altı yağ kıvrım kalınlıkları ile aktiviteye ait değişkenler EMG kaydını etkileyen faktörleri göz önünde bulundurmak gerekir (50).

2.6.7. Direnç Antrenmanına Kasların Morfolojik Adaptasyonu

Kasların morfolojik adaptasyonu, uzun dönem direnç antrenmanlarına uyum başlığı altında tartışılır. Kas kuvvetinin artışından sorumlu bir diğer bileşen kasların morfolojik özellikleridir. 4-6 haftalık (en az 16 birim) düzenli bir antrenman döneminden sonra kas morfolojisinde bir takım uyum yanıtları gelişmektedir. Bu bağlamda kas hipertrofisi ile beraber kas fibril tiplerinin oranlardaki değişim ve transformasyon, miyogloblin, kapiller ve mitokondri yoğunluğunda farklılıklar tartışılan konu başlıkları arasında yer almaktadır (30).

Takım ve bireysel spor branşlarının önemli bir kısmında antrenmanların temel beklentilerinden bir tanesi de kas kütlelerinin arttırılmasıdır. Nitekim kütledeki değişiklikle beraber kas kesit alanında görülen artış kasın kuvvet üretebilme kapasitesinde orantılı olarak arttırır. Antrenmanın başlangıç döneminde nöral entegrasyonun ön planda olması nedeniyle kuvvet artışının hipertrofidan bağımsız olarak düşünmek mümkündür. Bu nedenle antrenmanların başlangıç döneminde planlamalar nöral adaptasyonu optimize edecek şekilde kurgulanır. Direnç antrenmanlarının ilerleyen aşamalarında yapılacak programlamalarda yüklemeler kas hipertrofisini tetikleyecek şekilde yapılandırılır. Süreçte hipertrofik yanıtların oluşmasında belirleyici olan genetik yapı, yaş, cinsiyet gibi faktörlerde belirleyici olabilmektedir (56).

Antrenmana uyum sırasında ortaya çıkan değişiklikler kas hipertrofisi ile kas hiperplazisi başlıklarında tartışılır. Kas hipertrofisinde kontraktıl proteinler büyürken, hücre dışı matriks de büyümekte olan dokuyu desteklemek amacıyla genişler. Kas hiperplazisi ise kas fibril sayısında bir artışın meydana gelmesidir ve bu uyum yanıtları insanda kolay kolay oluşmaz. İnsan kas yapısında meydana gelen değişiklik kontraktıl proteinlerde görülen hipertrofi, sarkomer yapıya seri ya da paralel yeni proteinlerin eklenmesi sonucu ortaya çıkar (56). Geleneksel direnç antrenman programlarından sonra egzersize bağlı ortaya çıkan hipertrofinin çoğu, paralel olarak eklenen sarkomerlerin ve miyofibrillerin artmasından kaynaklanmaktadır (57).

Direnç antrenmanlarından sonra iskelet kasının aşırı yüklenme sonrası miyofibril yapısı ile hücre dışı matriksinde bozulmalar ortaya çıkar. Bu durum, miyofibiler proteinlerin miktarında, hacminde ve sarkomer sayısında artışa neden olacak miyojenik olaylar zincirinin başlamasına yol açar. Sonuç olarak kas liflerinin çapı artar ve kas kesit alanında büyüme gerçekleşir (58). Sarkomer yapısındaki kontraktıl proteinlerin seri bağlantı yönündeki artışı ise kas boyunun uzamasına neden olur. Bu yöndeki hipertrofik yanıtlar, sarkomer boyunun uzamadığı eksantrik kasılmalar sonrasında görülen uyum yanıtları arasında belirginleşir (56).

Kas hipertrofisi başlığı altında tartışılan bir diğer konu da kontraktıl olamayan elemanlar ve sıvı artışıyla sonuçlanan adaptif yanıtlardır. Sarkoplazmik hipertrofi adı verilen bu hipertrofinin kas kuvvetine bir etkisi yoktur. Fonksiyonel olmayan bu hipertrofi daha çok vücut geliştiricilerde görülür. Ancak yapılan araştırmalarda sarkoplazmik hipertrofinin, kontraktıl hipertrofiyi olumlu yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (56).

Uydu Hücre ve Kas Hipertrofisi

Kas hücrelerinin anabolik ve katabolik dengesinin korunabilmesi için kendine özgü bazı temel özellikleri bulunmaktadır (58). Kas hipertrofisi de protein sentezinin, katabolizmayı aştığı durumlarda meydana gelir ve süreçte uydu hücreleri önemli rol üstlenir (56). Sessiz vaziyette bazal lamina ve sarkolemma arasında konumlanan "miyojenik kök hücreler" iskelet kasının stresle (mekanik ve metabolik) karşılaşması durumunda aktif hale geçer (59; 60). Etkinleşen miyojenik kök hücreler olgun hücre ile füzyona uğradıktan sonra yeni kontraktıl elemanlar sentezleyecek özelliği kazanır ve sürecin sonunda kas dokusunda büyüme meydana gelir (58). Hipertrofik süreçte yeni kontraktıl proteinlerin sentezlenmesine ek olarak kas dokusunda, rejenerasyon ve hipertrofide rol alan miyojenik faktör5 (MyF5), miyoblast tayin proteini (MyoD), miyojenin ve miyojenik faktör4 (MRF4) miyojenik düzenleyici faktörlerin sentezlenmesine aracılık eder. Bu faktörlerin hedefinde süreçten sorumlu DNA dizgesi bulunmaktadır (56).

Kas Hipertrofisinde Miyonejik Yolaklar

Kas hipertrofisinde etkin olan miyonejik sürecin düzenlenmesinde akt/ rapamisin protein kompleksinin memeli hedefi (mTOR), mitojen aktive edici protein kinaz (MAPK), kalsiyum (Ca²⁺) bağımlı yolaklarla anaerobik sinyal yolaklarının önemli işlevler yüklendiği gösterilmiştir (56). İskelet kas hipertrofisini düzenleyen en önemli faktörün Akt/mTOR olduğu düşünülmektedir (61). Özgün mekanizmaları tam olarak açıklanmamış olmasına karşın, AKT'ın hem anabolik sinyali tetikleyen hem de katabolik sinyalleri inhibe eden bir transkripsiyon faktörüdür. Süreçte rol alan MAPK ise redox potansiyeli ve metabolik yüklenmeyi referans alarak gen ekspresyonunun düzenler ve etkinleşmesi durumunda hücrelerde hipertrofi ve diferensiasyonu gerçekleştirir. Ca²⁺ tarafından düzenlenen bir fosfataz olan kalsinörininde (Cn), hipertrofik süreçte önemli rolü olduğu gösterilmiştir (56).

Egzersize Bağlı Kas Hipertrofisi

Egzersize bağlı kas hipertrofisinden sorumlu üç temel mekanizmanın mekanik gerim, metabolik stres ve kas hasarı olduğu düşünülmektedir (62). Bu faktörler direnç antrenmanın istenilen etkiyi yaratabilmesi için bu üç temel unsurun gözetilmesi gerektiği ileri sürülmektedir (63). Mekanik stresin, direnç egzersizine bağlı görülen kas hipertrofisinin temel uyararı olduğu bilinmektedir ve uygulanan yüklerle doğrudan ilişkilidir (62; 64). Mekanik stresin artışının etki gösterebilmesi için mTOR yolağının aktive edilmesi gerekir (62). Mekanik gerilmenin olmadığı durumlarda kas artrofisinin oluşmasının nedeni mTOR yolağının istenilen seviyede etkinleşmemesidir (56). Gerimin kas hipertrofisi üzerine yarattığı etki kas fibril tiplerine göre de değişiklik gösterir. Pasif gerim yavaş kasılan kas fibril tipinde ciddi bir hipertrofik yanıt oluşturmazken, aynı süreçte hızlı kasılan kas liflerinde belirgin bir hipertrofiye neden olabilir (Prado ve ark 2005).

Yapılan çalışmalarda, egzersizle ilişkili mekanik gerimin, hipertrofi yanında nöral yolakta da adaptif yanıtları tetiklediği gösterilmiştir (56). Direnç antrenmanları sırasında ortaya çıkan kas hasarı; sarkolemma yanında bazal lamina, destekleyici bağ doku ve kontraktıl elemanlarda destrüksiyona yol açar. Aslında söz konusu hasar sonrası serbestleşen büyüme faktörleri uydu hücrelerinin aktivasyonunu başlatır (60).

Metabolik strese ise ATP üretiminin kesintisiz devam edebilmesi bağlamında etkinleşen metabolik yolların oluşturduğu değişiklikler tartışılır. Yüksek şiddette yapılan egzersizlerde devreye giren anaerobik glikoliz sonucu laktat, H^+ iyonu, inorganik fosfat (P_i) derişimi artarken ve kaslarda görülen akut hipoksinin de hipertrofik yanıtı tetiklediği belirtilmiştir. Metabolik stresin belirginleşebilmesi için yapılan uygulamalardan bir tanesi dinlenme sürelerinin değiştirilmesi olup, orta şiddet olarak tanımlanan yüklemelerle (%60-80 TM, <1 set, ve 6-12 tekrar), yapılan antrenmanlarda kısa dinlenme süreleri kas hipertrofisini indüklemiştir. Aynı şekilde düşük şiddetlerde <%40 kan akımını kısıtlayıcı egzersizlerle de (Kaatsu egzersizleri) metabolik strese bağlı kas hipertrofisinin sağlanabileceği bildirilmiştir (64).

Antrenmanlarda kas hipertrofisinin ortaya çıkabilmesi için belirtilen stres unsurlarının antrenman seansı boyunca optimum seviyede oluşturulması hedeflenir. Konuyla ilgili tartışmalar literatürde devam etmekte ve kesin bir fikir birliği oluşturulamamıştır. Bununla birlikte, birçok araştırma %70-85 1MT, 8-12 tekrar şiddetinde en az 16 birim antrenman uygulanmasının optimuma en yakın sonuçları sağlayabileceğini belirtmektedir (30).

2.7. Kuvvet Geliştirme Hızı (RFD)

Kuvvet geliştirme hızı insan iskelet kasının önemli bir fonksiyonu olarak kabul edilmektedir. RFD, kasların dinlenim halinden hızlı bir şekilde kasılma ve sonrasında da kuvvet üretebilme kabiliyetinin göstergesi olarak yorumlanmaktadır. Bazı spor bilimciler patlayıcı kuvvet üretimi olarak tanımlamak isteseler de en doğru ve kapsamlı tanımın RFD olduğu kabul edilmiştir (65). Patlayıcı kuvvet teriminde sadece dinamik hareketler kullanılırken, RFD’de hem izometrik hem dinamik aksiyonlar için sıklıkla tercih edilmektedir (6). Veriler kasılmanın başladığı andan itibaren belirli zaman aralıklarında ölçülüp hesaplanırken, sonuçlar mutlak (Ns^{-1}) veya vücut ağırlığı ile kas kesit alanına normalize ederek değerlendirilir (67). Hesaplama kasılmanın başladığı andan itibaren belirli zaman aralıkları için yapılır. Bu değişken sayesinde kasların kasılma hızı ile kuvvet veya tork üretim kapasiteleri bir arada değerlendirilmektedir ($RFD = \Delta Kuvvet / \Delta Zaman$). Nitekim RFD’nin yorumlandığı çalışmalarda kuvvet-zaman, tork-zaman eğrilerinin hem dinamik hem de izometrik kasılmalar esnasında değerlendirildiği görülmektedir (68, 69).

Özellikle 100-300ms gibi çok kısa süren sportif aktivitelerde (sıçrama, fırlatma, sprint vb) performansı belirleme bağlamında önemli olduğu belirtilmektedir (70).

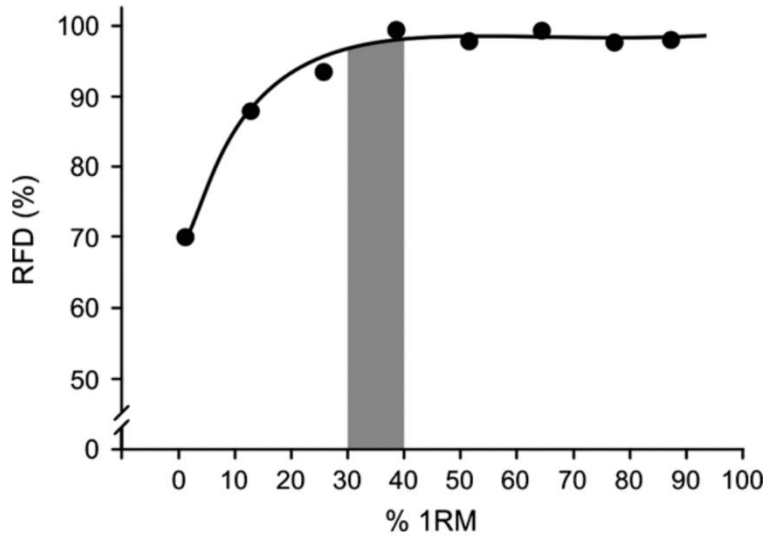
Seçilmiş herhangi bir zaman aralığına karşılık gelen değerler, iki farklı amaçla kullanılabilir. Bunlar;

1) Farklı sportif etkinlikler sırasında gerçekleştirilen hareketlerin RFD örüntüsü birbirlerinden farklıdır. Söz konusu değişikliğin yorumlanması performansın daha iyi anlaşılmasına olanak tanır,

2) RFD'ye etki eden faktörlerin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu bağlamda yanıtlar farklı dirençlere ve/veya yorgunluğa bağlı değişebilmektedir. RFD'nin analizi sporcunun anlık durumu hakkında bilgi verir ve antrenman kurgusunun düzenlenmesini mümkün kılar (71).

2.7.1. RFD verisinin yorumlanması

Yapılan bilimsel çalışmalarda, kas kasılmasının başladığı andan itibaren RFD'nin erken fazının <100ms, buna karşın geç fazının ise >100ms olduğu bildirilmiştir (72). Yapılan değerlendirmelerde maksimum RFD değeri kasılmanın başladığı andan sonra 2 ms ile 60ms'lik zaman dilimlerinde ortaya çıktığı gösterilmiştir (73). Diğer taraftan izometrik kasımlarda tespit edilen maksimum kuvvet üretimi, kasılmanın ilk 400-600 ms'lik süresi içerisinde ortaya çıkarken; (67) bu süre dinamik kasımlarda 150-400 ms'ye düşmektedir (70). Maksimum RFD değerlerine ulaşmayı etkileyen unsurlardan bir tanesi de kaldırılan yüküdür. Nitekim 1MT'nin %25-30'unun üzerindeki yüklerde maksimum RFD değerlerine ulaşılırken daha düşük yüklerde anlamlı bir veri görülmemektedir (Şekil 2.7.) (71). Bunun nedeni düşük yüklerde hızdaki artışın kuvvet üretiminin önüne geçmesidir.



Şekil 2.7. Bench press egzersizinde 1 MT metodu ile maksimum RFD arasında ilişkinin gösterilmesi (71).

2.7.2. RDF'yi Etkileyen Fizyolojik Faktörler

Kas kasılması nöral ve yapısal faktörleri içinde barındıran karmaşık bir süreçtir (74). Kasların gerim miktarı ve kontraksiyon hızı hem kasılma kuvvetini hem de RFD'yi etkilemektedir (68).

Nöral Faktörler

Motor Ünite Uyarım Miktarı

Motor birim uyarı miktarı, RFD'yi etkileyen en önemli değişkenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Konuyla ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda, RFD miktarı kasa farklı frekanslarda dışarıdan elektriksel uyarı verilerek ölçülmüştür. Kasın yüksek (~200Hz) ve düşük (~15-35Hz) frekanslarla uyarıldığı koşullarda RFD miktarının yüksek frekanslı uyarılarda arttığı bildirilmiştir (75). RFD'yi etkileyen bir diğer faktör ise dışarıdan verilen elektriksel uyarının miktarıdır. Yapılan farklı çalışmalarda elektriksel uyarının büyüklüğü ile RFD arasında lineer bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (76).

Motor Birim Senkronizasyonu

Motor birimlerinin senkronizasyonu, eşzamanlı olarak aktif olan motor birimler tarafından tetiklenen aksiyon potansiyellerinin zamanlaması arasındaki korelasyon seviyesini ifade eder (74). Kuvvet antrenmanlarına uzun süre maruz kalan sporcular, dayanıklılık sporcularına ya da sedanterlere oranla kasılmaların daha senkron olduğu tespit edilmiştir. Ancak konuyla ilgili literatür bilgisi değerlendirildiğinde RFD ile senkronizasyon arasında çelişkili sonuçlar yayınlanmış olduğundan aralarındaki ilişki ile ilgili kesin bir yoruma gidilememiştir (77).

Yapısal Faktörler

Kas Fibril Tipleri ve Miyozin Ağır Zinciri (MHC)

RFD'nin tartışılmaya başlandığı ilk dönemlerde çapraz köprü oluşum hızının, maksimum RFD 'yi üretmede sınırlayıcı faktör olduğu kabul edilmekteydi. Kasların kontraksiyon hızı Tip-2a ve -2x fibrillerinde, Tip-1 liflerinden çok daha hızlıdır. Kasların kısalma hızı, mekanik olarak kasılmanın başlangıç fazındaki kuvvet üretim hızını belirlemede büyük önem arz eder (71). Ayrıca yapılan çalışmalarda miyozin ağır zincir - 2x ve -2a (MHC-2x, -2a) miktarının daha fazla olduğu kaslarda RFD'nin de daha yüksek ölçüldüğü belirtilmiştir (78). Yapılan bir diğer çalışmada ise maksimum RFD ile Tip-2x yüzdesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu gözlemlenmiştir (79).

Kas kesit alanı (CSA)

Kas fibril tipi ve MHC izoformu yanında, RFD'yi kas kesit alanı da etkilemektedir (80). Yapılan çalışmada quadriceps kas grubunun kesit alanı ile aynı kas grubuna ait ölçülen maksimum RFD oranının ilişkili olduğu (81), diğer bir çalışmada ise 12-21 hafta boyunca uygulanan diz ekstansiyon egzersizinin quadriceps kas grubunun CSA ve RFD'sini benzer şekilde arttırdığı belirtilmiştir (82).

Tendon Yapısı

Kas tendonlarının genel anlamda işlevi kasılma sırasında üretilen kuvvetin kastan kemiğe iletimini sağlamaktır. Kasılabilir bir doku olmamasına karşın boyu değişebildiğinden uzayıp ya da kısalabilmektedir. Özellikle tendonun sertliği kuvvet aktarımını etkileyen bir değişken olduğundan RFD'yi de doğrudan etkileyebilmektedir (83, 84).

Kas Geometrisi

Penasyon açısı ve fasikül uzunluğunun belirlediği kas fibril yapısı, kasın mekanik fonksiyonunun temel belirleyicilerinden bir tanesidir (85). Penasyon açısı, kas fasiküllerinin tendona ve aponevröz yapıya göre dizilim açısı olarak tanımlanmaktadır. Bu açının büyük olması üretilen kuvveti artırır (86). Maksimum RFD ile ilişkisinin araştırıldığı çalışmalarda ise çelişkili sonuçlar bulunmuştur (85). Bu nedenle konuyla ilgili daha ayrıntılı analizlerin yapılacağı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bir diğer değişken olan fasikül uzunluğu ise seri bağlanmış toplam sarkomer sayısı ile orantılıdır. Öte yandan sarkomer uzunluğunda meydana gelen artışın kasların gerilme hızını olumlu yönde etkileyeceği bilinmektedir. Bu durum RFD ölçümlerinin karşımıza çıkan erken fazında artışa yol açması beklenirken (87), bazı çalışmalarda bu korelasyonu destekleyen sonuçlara ulaşılmadığı da görülmüştür (85).

2.7.3. RFD'nin Ölçülmesinde Metodolojik Yaklaşımlar

Yapılan çalışmaların önemli bir kısmında RFD'nin mutlak ya da göreceli değerlerini elde etmede, kuvvet-zaman eğrisi kullanılmaktadır. Araştırmalarda 0-30, 0-50, 0-100, 0-200 ve hatta 0-400ms'lik aralara karşılık gelen ortalama kuvvet-zaman eğrisi üzerinden RFD mutlak değer olarak yorumlarken (73, 84), maksimum RFD ise kuvvet-zaman eğrisinin pik noktası alınarak hesaplanmaktadır (67, 73,80). Yükün RFD değerleri oluşturma üzerine etkisi göz önüne alındığında ise maksimumum %25-50-75'ine karşılık gelen yüklemelerdeki değerlerde yorumlanır (71).

RFD izometrik bir kasılma esnasında ölçülebildiği gibi dinamik bir hareket esnasında da ölçülebilmektedir. Bu tip kontraksiyonlarda eksantrik ve konsantrik fazlar

ayrı ayrı değerlendirilir (88). Ayrıca diz ekstansiyon (89), kalça ekstansiyon (90), squat (91), dirsek fleksiyon ve ekstansiyon (92), bench press (93), halter kaldırış (94) ve farklı sıçrama (Counter movement jump, Squat jump, Drop jump) gibi farklı eklem hareketlerinde RFD ölçümleri yapılmıştır (69). RFD verilerinin normalize edilerek bireye özgü anlamlandırılması yönünde de çalışmalar yapılmaktadır. Normalizasyonda kullanılan yöntemlerden birincisinde maksimum kuvvet-zaman eğrisinin altında kalan değer kullanılarak veriler anlamlandırılır (67). Diğer taraftan maksimum kuvvet değerinin referans alınıp ölçülen kuvvete oranı hesaplanılabildiği gibi ($MDY \times MF^{-1}$), RFD vücut ağırlığına ($MRFD \times VA^{-1}$) ve/veya kas kesit alanına göre de normalize edilebilir ($MRFD \times CSA^{-1}$) (84). Hızdaki değişim belirli zaman aralıkları içerisinde yapılan karşılaştırmalarla da yorumlanabilir (1/2, 1/3, 2/3) (67; 80).

2.8. Hız Temelli Antrenman

Sporcuların atletik performansının artması için kuvvet ve güç değişkenlerinin sürekli şekilde gelişmesi gerekmektedir. Kuvvet ve güç gelişimi için farklı antrenman metotları (ağırlık, pliometrik, eksantrik ve balistik antrenmanı) uygulanmaktadır (95). Spor bilimcileri ve antrenörler antrenman planlamasında nöromüsküler adaptasyon yanında kas dokusunda beklenen değişiklikleri ortaya çıkaracak antrenman sürecini optimize edilmek için yük, tekrar ve set sayısı ile antrenman sıklığı gibi değişkenlerin etkileri üzerinde çalışmaktadırlar. Bu tip antrenmanlarda çoğu kez hareketin hızı göz ardı edilmektedir. Ancak kuvvet üretim hızının artırılması birçok spor branşında büyük önem taşımaktadır (96). Kinetik ve kinematik çıktılarına ek olarak (güç vb gibi) hızın da üçüncü bir değişken olarak değerlendirilmeye alınması önemlidir. Hız değişkeni antrenmanda kullanılırken, bazı temel özelliklerin akılda tutulması gerekir. Bunların başında; dış yükteki artışın hareketin hızını yavaşlatacak olmasıdır. Hızdaki azalma 1MT'ye kadar devam eder ve bunu aşan yüklerde kasılma sırasında maksimum kuvvet üretilirken hareket gerçekleştirilemez ve izometrik kontraksiyonlar ortaya çıkar. İkinci konu hız ile antrenman şiddeti arasında ilişkinin doğrusal olmasıdır. Bu ilişki özellikle submaksimal yüklemelerle yapılan hareketlerde belirginleşir. Son olarak; egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında oluşan yorgunluğun tanımlanmasında hız değişkeni de kullanılabilir.

Yorgunlukla birlikte kasların kasılma ve gevşeme hızında bir azalma meydana gelmektedir (97).

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin de katkısıyla hız temelli antrenmanların (Velocity based training-VBT) ortaya çıkmıştır. VBT, egzersiz esnasında hareketi doğrusal ekseninde izleyen konum sensörleri ile takip edilmesi esasına dayanmaktadır (98). VBT, 1MT ile belirlenen ve sporcuların kaldırabilecekleri ağırlığın farklı zonları ile uygulanan yüzde temelli antrenmanlara (YTA) alternatif bir yöntem olarak tercih edilmekte (95) ve elit atletlerde YTA'ya oranla daha avantajlı kabul edilmektedir. Zira YTA 1MT ölçümü esnasında sporcuların sakatlık riski olduğundan ölçüm bazı durumlarda doğru yapılamaya bilmektedir. Ayrıca büyük kas gruplarına uygulama çok zaman almakta ve elde edilen değerler günlük varyasyon gösterdiğinden hatalı sonuçlar doğurabilmektedir. Nitekim günlük uyku, stres, beslenme gibi yaşam tarzı ile ilgili değişkenler, 1MT değerlerini etkileyebilmektedir. Ayrıca 1MT ölçümü esnasında kuvvet/hız ilişkisi de değerlendirilmemektedir (99).

Hız temelli antrenmanlarda en sık kullanılan değişkenler; ortalama hız, ortalama itici hız ve zirve hız, minimum hız eşliğidir. *Ortalama hız* kavramı, hareketin konsantrik fazı boyunca kaydedilen hızın ortalamasıdır. *Ortalama itme hızı*, hareketin başlangıcında ivmelenme esnasında hızlanmanın yerçekimi ivmesinin üzerine çıktığı noktadan ($\geq 9.81 \text{ m.s}^{-2}$) sonra başladığı ve ivmenin yer çekimi ivmesinden daha küçük olduğu noktaya ($\leq 9.81 \text{ m.s}^{-2}$) kadar olan yer değiştirmeyi dolayısıyla da hızı içinde barındırır. Bu iki uç nokta arasındaki hızın anlık değişimlerinin ölçülmesi ve zamana oranlanması ile elde edilen veri ortalama hız olarak tanımlanır. Hareket sırasında kaydedilen en yüksek hıza *zirve hız* adı verilir. Maksimum bir efor esnasında yapılan bir setin son tekrarına ait ortalama hız değerine *minimum hız eşliği* denilmektedir (100). Ortalama hız ile ortalama itme hız arasındaki en temel fark, ortalama hızda frenleme fazının değerlendirmeye alınmamasıdır (97). Bu ölçümlerin temel özelliği hareketi gerçekleştiren kasların konsantrik kontraksiyonlarının değerlendirilmeye alınmasıdır.

2.8.1. Yük – Hız İlişkisi

Kasın performansını değerlendirmede kullanılan değişkenlerden bir tanesinin de kasılma hızı olduğu bilinmektedir ve bu ilişki ilk kez 1938 yılında A. V. Hill tarafından

tanımlanmıştır. Hareket ettirilen ağırlığın azalması kasılma hızını arttırırken tam tersine hareketin olmadığı izometrik kasılmalarda kuvvet en yüksek değerine çıkar (101).

Her bir sporcunun belirli bir yük altında gerçekleştirebildiği hareketin hızı kendi özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Antrenman kurgularında bu profilin belirlenmesi doğru yüklemelerin yapılabilmesi bağlamında önemlidir. Bu nedenle yapılan ön değerlendirmelerde ilk hedef 1MT yoluyla bir tekrarda maksimum düzeyde kaldırabileceği yükün belirlenmesidir. Sporcu dinlendirildikten sonra teste devam edilir ve daha düşük ağırlıklarda hareket tekrarlanırken eş zamanlı olarak hız kaydı da yapılır. Dinlenmesini izleyen aşamada ölçülen 1MT yükünün %20-40-60 şiddetine denk gelen ağırlıklarda 3 tekrar, %80-90'ına denk gelen ağırlıklarda ise birer tekrar yapılır. Hız-yük profilinin oluşturulması antrenmanlar öncesi-esnası ve sonrasında sporcuya uygulanacak olan yükün takibi için büyük avantaj sağlar. Elde edilen veriler ile belirlenen hız aralıklar antrenman programlaması yapılır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber bu tip antrenmanların uygulamaya girmesi de kolaylaşmıştır (102).

2.8.2. İki Nokta Metodu

Bireyselleştirilmiş yük-hız protokolleri genellikle zaman alıcı ve sporcuyu yormakta ve kalabalık sporcu gruplarıyla çalışıldığında da pratik olmamaktadır (103). Uygulanabilirliği daha kolay olan iki nokta metodunda ise yüklemeler belirlenen 1MT'nin %20 ile %70'inde gerçekleştirilir (103,104). Yapılan çalışmalarda bu yöntemle de uygun yük aralıklarının belirlenebileceği ($r^2 = 0,98$; Değişim katsayısı (CV) = % 5,5) ve geleneksel yöntemle yapılan direkt ölçümlere kıyasla daha tutarlı sonuçlar verdiği de belirtilmektedir (103).

2.8.3. Lineer Konum Sensörleri

Direnç egzersizinin kinematik değişkenleri ölçmek için ivme ölçerler, kuvvet platformları, pliyometrik güç sistemleri ve lineer konum sensörleri kullanılmaktadır. Bu yöndeki değerlendirmelerde yapılan kinetik ve kinematik ölçümlerin pratik olabilmesi için kuvvet platformlarının kullanılması önerilmektedir. Bu yöntem oldukça pahalı

olduğundan uygulamada geçerliliği ve güvenilirliği de ispatlanmış lineer konum sensörleri kullanılmaktadır (105). Lineer konum sensörleri yatay eksen ve asimetrik yer değişimlerinde doğru ölçümler yapamamakta buna karşın dikey eksenindeki hareketin mesafesini, hızını (mesafe/zaman) ve ivmeyi (hız/zaman) ölçmektedir. Testler sırasında sporcularda her tekrarda hareketi maksimum hızla yapması istenir ve ölçülen değişkenlere ait veriler kayda alınır (100).

2.8.4. Antrenmanda Geri Bildirim

Antrenman esnasında geri bildirim sağlanması performans artırıcı bir etken olarak kabul edilmektedir. Geri bildirim birçok yolla gerçekleşmesine rağmen en sık kullanılanı görsel ve sözel olanıdır. Yetişkin kadınlarda ve erkeklerde, adolesanlarda, amatör ve profesyonel seviye atletlerde geri bildirimin performansı arttırdığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Performansta meydana gelen gelişim motivasyon ve rekabet gücü gibi psikolojik etkenlerle de paralellik göstermektedir (97,106,107). Sözel ve görsel geri bildirimin kıyaslandığı çalışmada, içsel ve dışsal motivasyon durumlarının farklılığından dolayı sözel geri bildirimin uzun dönem performans gelişiminde daha etkin olduğu da bildirilmektedir (107, 108).

2.8.5. Antrenman ve Test Esnasında Hızın İzlenmesi

Antrenman esnasında hız izlenerek 1MT'nin ölçülmesi, hız kaybının büyüklüğüne göre antrenman hacmini ve göreceli yoğunluğunu reçetelendirmek ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayarak sporcunun motivasyonunu ve yarışma performansını arttırmak hedeflenir (97). Geleneksel (göğüs itiş ya da squat) veya balistik bir egzersiz (göğüs itiş fırlatma ya da dikey sıçrama) esnasında hız ölçümü yapılarak nöromüsküler işlerge değerlendirilebilir (103,109). Balistik egzersizlerde ölçümler 1MT'nin $\leq 70\%$ 'inde bir yükü yapılırken hareketin frenleme fazı olmadığından, hareketin uçuş fazında oluşan ortalama hız ve ortalama itme hızı değerlendirilir. 1MT'nin $> 70\%$ şiddetlerindeki yüklemeler ise balistik olmayan egzersizlerde (göğüs itme egzersizi vb gibi) kullanılır ve test sırasında yine ortalama hız ve ortalama itme hızı değerlendirmeye alınır (97).

2.8.6. Hız Temelli Ölçümlerin Yorumlanması

Antrenman esnasında hızda meydana gelen değişim antrenörler için sporcunun yorgunluk durumunun yorumlanmasında önemli bir bilgi sağlamaktadır. Zira sporcu için daha önceden ağırlığı tayin edilmiş bir direnci kaldırma esnasında hızda görülen düşüş, sporcunun nöromüsküler yapısında meydana gelen değişimi gösterir (97). Hızda meydana gelen azalma, akut yorgunluk, sürantrenman, maladaptasyon gibi semptomların olduğunu göstermektedir (110). Öte yandan VBT'nin fonksiyonel kuvvet çalışmalarına esas oluşturacak bilgiyi de içerisinde oluşturuyor olması bağlamında anlam taşıyor olduğu düşünülebilir.

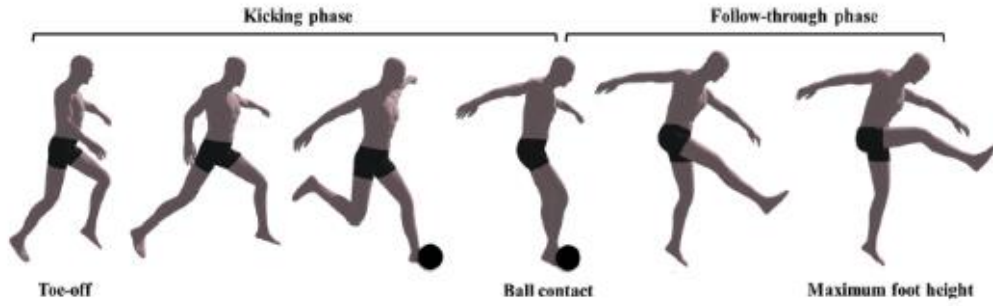
2.9. Şut Atma Performansı

Şut atma aktivitesi futbolcular tarafından en sık kullanılan temel beceriler arasında yer almaktadır. Oyun esnasında şut sayısının artması oyunu kazanma olasılığını arttırabilmektedir. Şut atma performansını şut atma hızı ve isabeti oluşturmaktadır. Şut atma hızının artması, isabetin sağlandığı durumlarda kalecinin topa yönelik reaksiyon süresini azalttığı için gol olma olasılığını arttırmaktadır (111). Şut atma eylemi kuvvetlerin toplamı veya kırbaç benzeri bir sırayla bacağın en proksimalinden ayağa kadar iletilir. Yapılan hareket açık kinetik zincir bir hareket olarak tanımlanmaktadır. Ayaktaki kuvvet momentinin topa aktarımı şut hızını belirleyeceğinden, açık kinetik zincirinde etkinleşen tüm kasların kontraksiyon sırası yanında ürettikleri hızlı kuvvetin miktarı özellikle anlam taşır. Bu bağlamda hareketin başladığı proksimal kas grubunda distale kadarki kasların tümünün belirli bir uyum içerisinde ve doğru sırayla aktive olması performans açısından belirleyicidir (112).

2.9.1. Şut Aktivitesi Esnasında Gerçekleşen Kassal Aktivasyon

Literatürde bacak hareketinin başlayıp distalde sonlanmasına kadar geçen şut aktivasyonu beş fazda incelenir. Bunlardan *hazırlık fazı*, şutu atan bacağın topuğunun yerden kalktığı anda başlar ve parmak uçlarının yer teması kesildiği an arasında geçen süreci kapsar. Hazırlık fazının bittiği anda *geri çekme fazı* başlar ve bu evre maksimum

kalça ekstansiyonunda sonlanır. Şut atma hareketinin üçüncü fazı olan *bacağın hazırlanması fazında*, kalça ekstansiyondayken dizin fleksiyonu gerçekleşir. Bu üç fazın sonrasında bacağın topa yönelimi başlar ve hızlanma fazı olarak tanımlanan bu evre ayacağın topa temas ettiği ana kadar devam etmektedir. Topla temasın sonlandığı andan itibaren bacağın salınımı yavaşlarken bu aşamada takip etme fazını oluşturur. Kinetik değerlendirildiğinde sırasıyla bacak ekstansiyonu diz fleksiyonu, kalça fleksiyonu, diz ekstansiyonu ve ayak bileğinin plantar fleksiyonu gerçekleştirilen kasılmaların genel örüntüsünü oluşturur (113; 114) (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. Şut aktivitesi esnasında görülen fazlar (114).

Şut atma performansına katılan kasların değerlendirilmesinde ise eklemlerin hareketinden sorumlu olan birden fazla kasın konsantrik, izometrik ve eksantrik kasılmaları belirli bir uyum içinde doğru zamanlamayla gerçekleştirdiği görülür. Hazırlık fazında parmak ucunun yerden kesilmesi sırasında gastrokinemius ve soleus kasının konsantrik kasılması süreçte önemli rol oynar. İzleyen aşama olan geri çekme fazında bacağın ekstansiyonundan sorumlu olan en önemli kas m.gluteus maksimus olup, uyluğun fleksör kasları da kasılma sırasında etkinleşir. Hareketin antagonisti olarak görev yapan illiopsoas kası ise bu fazda eksantrik olarak kasılır. İzleyen hazırlık fazında dizin fleksiyonundan sorumlu olan fleksör kas grupları olarak sınıflandırılan m.semitendinosus, m.semimembranosus, biceps femorisin uzun ve kısa başını oluşturan kaslar konsantrik olarak kasılırken, vastus medialis, vastus lateralis, vastus intermedius ve rektus femuris kasları eksantrik kontraksiyon gerçekleştirir. Bacağın ileri savurma fazında ise ekstremitenin proksimal ve distalini ileri doğru hareket ettirecek kontraksiyon

örüntüsü etkinleşmeye başlar. Bu bağlamda kalçanın fleksiyonundan sorumlu olan illiopsoas kası ile dizin ekstansiyonunu sağlayan femurun ön yüzüne yerleşmiş eksantrik adele grubu konsantrik kasılma gerçekleştirirken antagonist kas grupları eksantrik olarak kasılır (111, 112). Bacağın fleksiyonu ile dizin ekstansiyonundan sorumlu olan kasların hızlı ve güçlü kasılması sonuçta ayağa aktarılan kuvveti ile katettiği mesafe momenti, bu momentin topa aktarılması da şut hızını belirler. Öte yandan ekstremitenin hareketi sırasında eklemlerin salınım anındaki açıları ve buna bağlı ayağın topla temas anındaki konumu isabet performansını etkiler. Uzun bir ekstremitenin pivot noktasından itibaren uzaysal konumu ile ilgili ufak değişiklikler ekstremitenin ucunda belirgin farklılıklara neden olur. Bu nedenle kontraksiyona katılan kasların kasılma sırası, kasılma tipi, kasılma hızı, kasılma kuvveti yanında hareketin üç boyutlu algılanıp konumlandırılması olağanüstü motor beceri gerektirir. Dolayısıyla şut atma aktivitesi sırasında santral sinir sistemi yanında medulla spinalis düzeyinde kazanılmış bir takım motor nöron kurguları ve sürecin geri besleme devresini oluşturan afferent nörol yolağı ayrı ayrı irdelenmesi gereken konu başlıklarını oluşturur (115,116).

2.9.2. Şut Atma Hızını Etkileyen Faktörler

Literatürde şut atma hızını etkileyen faktörlerin incelendiği birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Bu faktörler arasında yaş, cinsiyet, dominant bacak, spor yaşı, pozisyon, isabet kaygısı, yaklaşma mesafesi, açısı ve hızı, bacak hızı ve kuvveti gibi değişkenler yer almaktadır (111);

-Yaş ve Cinsiyet: Şut futbolda uygulanan temel teknik beceriler arasında yer almaktadır. Küçük yaşlardan itibaren gelişim gösterir ve şut hızının yaşla beraber arttığı bildirilmiştir. Bir futbolcunun şut hızı ortalama 11,2 yaşlarında maksimumun %80'ine ulaşmaktadır. Yaşla birlikte şut hızında meydana gelen artış sadece yetenek gelişiminden öte büyümeyle birlikte meydana gelen vücut kütlesi ve kas kuvvetinde meydana gelen artışla ilişkilendirilmektedir (111). Konu cinsiyet açısından irdelendiğinde kadın futbolcuların erkek futbolculara oranla şut hızlarının daha yavaş olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular futbola yeni başlayan ve elit futbolcular içinde benzerlik göstermektedir (117). Barfield ve ark (118) yapmış oldukları çalışmada, kadın ve erkekler arasındaki

farkın hem baskın hem de baskın olmayan ekstremitenin şut performansında da gözlemlendiği belirtilmiştir. Her iki cins için şut performansının görsel analizinde tespit edilen ve erkeklerin topun ayakta çıktığı andan sonra bir sıçrama hareketi yaparken, kadınların farklı olarak üst ekstremitenin fleksiyonu ile momentuma karşı koymaya çalıştıklarının gösterilmiş olması şut performansında tek değişkenin kas kuvveti olmayabileceğini düşündürmektedir (117).

-Spor yaşı: Spor yaşı bir diğer söyleyişle deneyim, futbolda şut atma hızını etkileyen değişkenler arasında yer almaktadır. Deneyim süresi daha fazla olan sporcuların nöromüsküler koordinasyon kazanımlarına bağlı olarak daha hızlı şut atabildikleri bildirilmiştir. Nitekim yapılan bir çalışmada ölçülen top hızı değerlerinin deneyimli oyuncuların lehine olduğu bulunmuştur (111).

-Pozisyon: Yapılan birçok çalışmada pozisyonlara göre hem baskın olan hem de baskın olmayan bacakta şut hızlarının farklılık göstermediği bulunmuştur (111). Ancak yapılan bir çalışmada da orta sahanın ortasında ve hücum bölgesinde oynayan oyuncuların defans oyuncularına oranla daha yüksek hızda şut attıkları bildirilmiştir (119). Konunun daha ayrıntılı olarak araştırılması gerekir.

-Baskın ve Baskın Olmayan Bacak: Hem amatör hem de profesyonel futbolcularda baskın olarak kullanılan bacakla hedef gözetmeksizin atılan şutların diğer bacağına oranla daha hızlı olduğu bildirilmektedir (118,120). Şut aktivitesi esnasında baskın olan bacakta harekete katılan unsurların da etkin kullanıldığı ve bacadan topa daha yüksek miktarda kuvvetin transfer edildiği bulunmuştur (111). Ayrıca baskın olan bacağın diğerine oranla daha hızlı bir moment yakaladığı da bildirilmiştir (121). Bu özelliği ile baskın olan bacakla atılan şutun daha hızlı olduğu düşünülmektedir (111).

-İsabet Kaygısı: Yapılan birçok çalışmada isabet kaygısı gözeterek atılan şutların, isabet kaygısı gözetmeden atılan şutlara oranla daha yavaş olduğu tespit edilmiştir (122, 123). Bu motor koordinasyonun hareketin hızlanmasıyla beraber kontrolün zorlaşması isabet oranındaki azalmanın açıklaması olabilir.

Yaklaşma açısı ve hızı: Koşarak topa vurmanın, durarak topa vurmaya kıyasla şut hızının artırılabilmesi beklenilmektedir (124). Futbolcuların önemli bir kısmı topa vurmadan önce yaklaşmak amacıyla 2-3 adım atmaktadır. Ancak yapılan bir çalışmada 2-3 adım atarak vurulan top hızıyla tek adım atarak vurulan topun ölçülen hız değerleri arasında fark bulunamamıştır. Bizim yaptığımız bir araştırmada ise adım sayısındaki

artışla top hızı arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (125). Diğer taraftan yapılan bir araştırmada futbolcuların 30 ile 60° arasında bir açıyla topa yaklaştıkları, ancak maksimum top hızına ise yaklaşık 45° açıyla yaklaşarak vurdukları tespit edilmiştir (111).

Bacak hızı ve kütlesi: Kinetik enerjinin tanımı gereği ($1/2mv^2$), herhangi bir cisme etki eden kütlenin hızı sonuçta temas ettiği diğer kütlenin hareket hızını belirler. Bu noktadan hareketle topun hızını belirleyen en temel unsur bacak savurma hızıdır (115). Ayrıca diğer tüm koşulların sabit olduğu durumlarda kinetik enerjiyi belirleyen bir diğer değişken olan kütlenin karşılığı olan bacak kütlesinin artması top hızının artmasına neden olmaktadır (126).

Bacak Kuvveti: Sahada uygulanan temel beceriler üzerinde kas fonksiyonlarının önemini belirlemenin temel yollarından biri de birbirleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaktır. Nitekim günümüz literatüründe şut atma performansı ile bacak kuvvet, hızı gibi değişkenlerin incelendiği birçok çalışma yer almaktadır. Quadriceps kas grubu ve şut atma performansı arasında pozitif bir korelasyon göstermişken (125,127), aralarında elit seviye futbolcularında değerlendirildiği bazı çalışmalarda benzer cihazlarla yapılan kuvvet ölçümlerinde anlamlı bir ilişkiye rastlanılmamıştır (128). Bu tutarsızlığın quadriceps kas grubunun izokinetik dinamometre ile kuvvet ölçümü sırasındaki kasılma örüntüsünün şut aksiyonu esnasında gerçekleşen kontraksiyon örüntüsünden farklı olmasından kaynaklandığı bildirmiştir. Nitekim izokinetik ölçüm esnasında izole bir eklemin hareketine katılan belirli bir kas grubunun performansı yorumlanırken şut atma sırasında hareketin zincirine katılan tüm kasların harmonik performansı değerlendirilmektedir (125).

Bu bilgiler ışığı altında bu çalışmanın amacı, futbolculara uygulanan kapsam ve şiddetleri birbirlerinden farklı olan geleneksel kuvvet antrenmanları ve modern güç antrenmanlarının kas hipertrofisi, şut atma performansı ve elektromiyografi (EMG) aktivitesi üzerindeki etkileri açıkça ortaya koymaktır. Bu araştırma, futbol antrenmanında kullanılan farklı metotların etkinliğini değerlendirerek, antrenman programlarının optimize edilmesi ve futbolcuların performanslarını artırması için bilimsel temellere dayalı rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, futbolcularda fiziksel performansı iyileştirmek için antrenman yöntemlerinin seçiminde ve tasarımında önemli bir kaynak olmayı hedeflemektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1.Çalışma Dizaynı

Çalışmamıza, Adana Bölgesinde yer alan amatör düzeyde toplam üç takımın alt yapılarında mücadele eden 39 erkek sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmaya katılan sporculara ve ailelerine çalışmamızda yapılacak ölçümlerle ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca ailelerin tamamına “Sporculara Uygulanan Geleneksel Kuvvet Antrenmanları ile Modern Güç Antrenmanlarının Kas Hipertrofisi, Şut Atma Performansı ve EMG Aktivitesine Etkilerinin Karşılaştırılması” başlıklı “Aydınlatma ve Onam Formu” (EK-1) imzalatılmıştır. Yapılan bu çalışma, T.C. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Tarafından, 13.05.2022 tarihinde yapılan 122 numaralı toplantı ile uygun bulunmuş (EK-2) ve Helsinki Deklarasyonunda belirtilen esaslara uygun yürütülmüştür.

3.2.Katılımcılar

Araştırmaya katılan sporcular rastgele atama yöntemi ile geleneksel direnç antrenmanı grubu (GDA) (n=13), güç antrenman grubu (GA) (n=13), ve her ikisinin uygulandığı karma antrenman grubu (KA) (n=13) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Çalışmanın genel kurgusuna ait bilgiler Şekil 3.1.’deki deney akış şemasında verilmiştir.

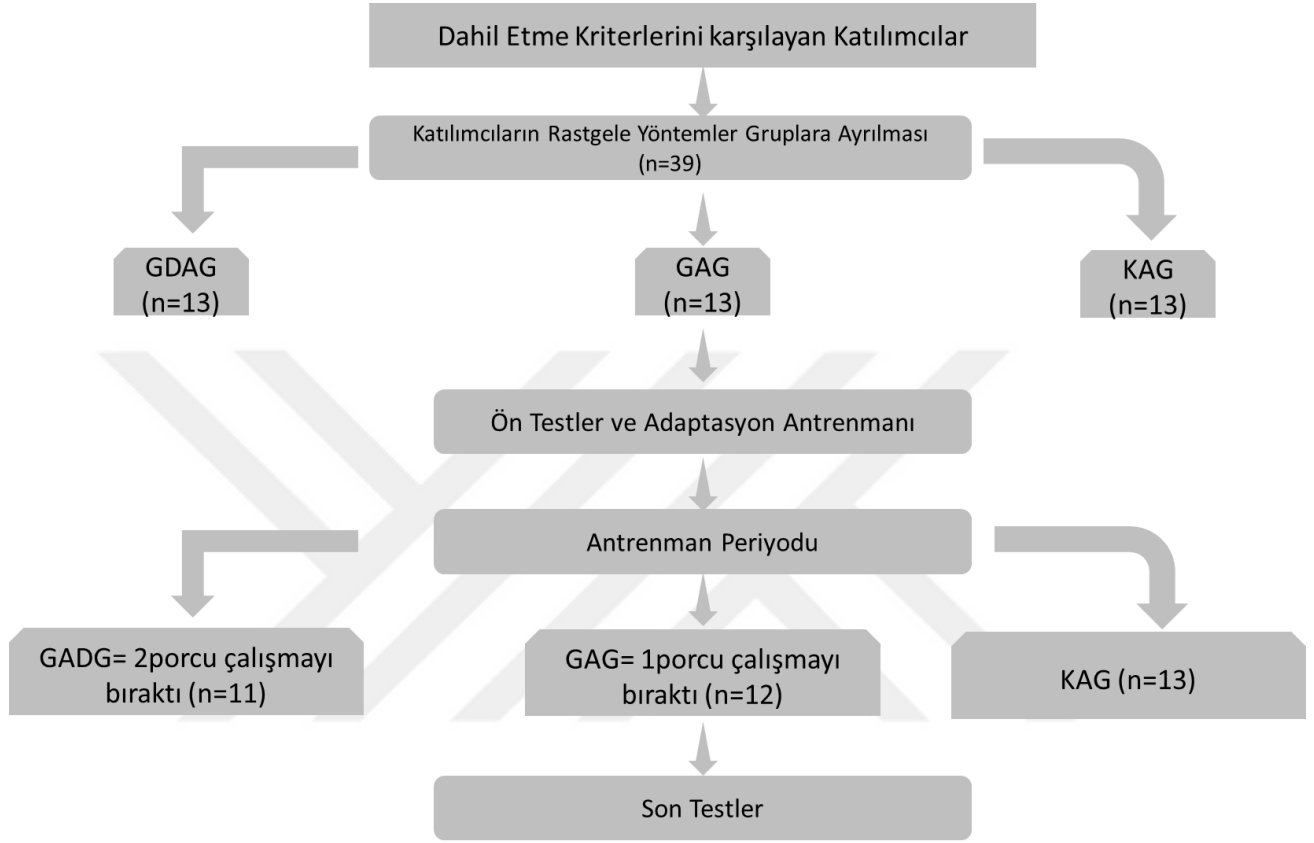
Katılımcı sporcuların araştırmaya dahil edilme kriterleri;

- En az 2 yıldır lisanslı futbol oynuyor olmak,
- Son 6 aydır herhangi bir kas-iskelet rahatsızlığı geçirmemiş olmak,
- Kalp-Solunum rahatsızlığına sahip olmamak,
- 16-18 yaş arasında olmak,
- Antrenman dönemi boyunca ekstra direnç antrenmanı yapmamak

Katılımcıları araştırmadan çıkarma kriterleri

- Testlerde ve/veya antrenman döneminde çalışmaya katılmasını engelleyecek hastalık ya da sakatlığın olması,

-8 hafta boyunca uygulanan antrenman döneminde üst üste üç antrenmana katılmamak.



Şekil 3.1. Deney akış şeması

3.3. Deney Protokolü

Çalışmamıza katılan sporcuların tamamı yer aldıkları takımların 16-18 yaş arası kategorilerinde 2021-2022 sezonunda aktif olarak futbol oynamıştır. Sporcuların antrenman periyodu başlamadan önceki ölçümleri 19.05.2022-03.06.2022 tarihleri arasında, antrenman periyodu bittikten sonraki ölçümleri ise 08.08.2022-23.08.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Sporculara antrenman protokolü 05.05.2022-04.08.2022 tarihleri arasında uygulanmıştır. Vücut kompozisyonu, maksimal kuvvet çıktısı ölçümü, EMG ölçüm testleri ve antrenman protokolü Çukurova Üniversitesi Sağlıklı Yaşam ve Spor Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında ve

aynı merkezin Fitness salonunda, saha ve şut performans testleri ise Çukurova Üniversitesi Çim Futbol sahasında uygulanmıştır. Sporcuların kas kesit alanlarının belirlenmesi için yapılan ultrasonografik analizler Adana Özel Güzelyalı Hastanesi ile Özel Algomed hastanesinde görev yapan aynı radyoloji uzmanı tarafından gerçekleştirilmiştir. Sporculara uygulanan laboratuvar ve saha testleri Çizelge 3.1.' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sporculara uygulanan laboratuvar ve saha testleri

Test Türü		1. gün	2. gün	3. gün	4. gün	5. gün	6. gün	7. gün
Laboratuvar testleri	Vücut Analizi	X						
	Kas kesit alanının ölçülmesi		X					
	İzokinetik diz kuvvet ölçümü			X				
	İzokinetik kalça kuvvet ölçümü			X				
	İzometrik diz kuvvet ölçümü				X			
	Elektromiyografik ölçüm					X		
Saha Testleri	Sprint testi						X	
	Çeviklik testi						X	
	Sıçrama Performansı						X	
	Şut atma performansı testi							X

3.4. Uygulanan Ölçümler

3.4.1. Vücut Ağırlığı, Boy Uzunluğu ve Beden Kitle İndeksi

Araştırmaya katılan sporcuların vücut ağırlığı (kg) ölçümleri hassasiyeti 0,01kg olan ve ağırlıkları bilinen standart kalibrasyon ağırlıkları ile kalibre edilmiş elektronik baskül (Kurdaklar) (Şekil 3.2-A) kullanılarak yapılmıştır. Sporcuların vücut ağırlığı ölçümlerinde ayaklarının çıplak olmasına, üzerlerinde sadece kuru şort ve tişört bulunmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3.2-B.). Sporcuların vücut ağırlığı ölçümlerinden en

az iki saat öncesine kadar besin alımını durdurmaları, varsa tuvalet ihtiyaçlarını gidermeleri istenmiştir.



Şekil 3.2-A. Kurdaklar elektronik baskül



Şekil 3.2-B. Elektronik Stadiyometre

Boy ölçümleri ise, elektronik stadyometre (Professional Sport Technologies, Sport Expert) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, sporcular çıplak ayaklıyken yapılmıştır (Şekil 3.3.). Sporcuların beden kitle indeksleri (BKİ) ölçülen vücut ağırlığının, (kg) boy uzunluğunun (m) karesine bölünmesi ile elde edilmiştir (Denklem 3.1.).

$$\text{Denklem 3.1. BKİ} = \text{Vücut Ağırlığı(kg)} / (\text{boy uzunluğu}^2 \text{ (m)})$$

3.4.2. Çap ve Çevre Ölçümleri

Araştırmamıza katılan sporcuların çevre ve uzunluk ölçümleri esnek olmayan 7mm kalınlığında Aptamil marka mezura (Şekil 3.3.) kullanılarak, çap ölçümleri ise Holtain marka antropometri seti (Şekil 3.4.) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler sporcular ayakta ve anatomik pozisyonda dururken dominant olarak kullandıkları ekstremitelerden yapılmıştır. Bunun tek istisnası diz çevre ölçümü olup bu sırada futbolcunun değerlendirilmesi oturur pozisyonda yapılmıştır. Ölçümler en az iki defa tekrar edilerek rakamlar arasında fark olmadığı durumlar kabul edilerek değerlendirmeye alınmıştır. Fark olması durumunda üçüncü ölçüm yapılmış ve ölçüm sonuçlarının ortalaması

değerlendirmeye alınmıştır. Ölçümler esnasında mezura ekstremitenin transvers kesitinde yerleştirilmiş ve ilgili bölgenin sıkılaştırılmamasına dikkat edilmiştir (129).



Şekil 3.3. Mezura Resim



Şekil 3.4. Antropometri seti

a) Biceps Brachii Kası Çevre Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda, m.biceps brachii kasının tam orta noktasına denk gelecek şekilde yapılmıştır (Şekil 3.5.)

b) Biceps Brachii Kası Fleksiyon Çevre Ölçümü: Sporcuların omuz eklemini 90 derece abduksiyon, dirsek eklemini ise fleksiyon pozisyonunda dururken m.biceps brachii kasının tam kasmaları sağlanarak kasın en geniş yerinden yapılmıştır.

c) Önkol Çevre Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, önkol proksimale yakın yerin en geniş bölgesinden yapılmıştır.

d) Uyluk Çevre Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, kalçanın hemen altından kasığa ise en yakın ve en geniş bölgesinden yapılmıştır.

e) Baldır Çevre Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, m.gastro kinemius kasının en geniş bölgesinden yapılmıştır.

f) Omuz Çapı Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, iki akromial çıkıntısı arasında yer alan mesafe ölçülerek yapılmıştır.

g) Pelvis Çapı Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, her iki iliak çıkıntısının arasında yer alan mesafe ölçülerek yapılmıştır.

h) Dirsek Çapı Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, humerusun lateraldeki ve medialdeki çıkıntıları arasında yer alan mesafe ölçülerek yapılmıştır.

ı) El Bileği Çapı Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, ulnanın medial radial stiloidin lateral çıkıntısı arasında yer alan mesafe ölçülerek yapılmıştır.

i) Diz Çapı Ölçümü: Sporcuların ayakları yüksekçe bir yerden sarkıtılmış şekilde oturur pozisyona getirilerek, femoral kondilitin lateral ve medial çıkıntısı arasında yer alan mesafe ölçülerek yapılmıştır.

j) Ayak Bileği Çapı Ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, ayak bileği bimalleolar çıkıntıları arasında yer alan mesafe ölçülerek yapılmıştır (EK-3).



Şekil 3.5. Biceps çevre ölçümü

3.4.3. Deri Kıvrım Kalınlığı Ölçümü

Sporcuların deri kıvrım kalınlıkları ölçümü, sporcular ayakta ve anatomik pozisyonda dururken dominant olarak kullandıkları ekstremitelerden yapılmıştır. Öte yandan uyluk ve baldır deri kıvrım kalınlığı değerleri futbolcunun oturur pozisyonda ayaklarını serbestçe yere sarkıtırken alınmıştır. 1mm² alana 10gr basınç uygulayan Holtain marka kaliper ile yapılmıştır (Şekil 3.6.). Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri, biceps, triseps, önkol, subskapular, abdominal, pektoral, suprailiak, uyluk ve baldır olmak üzere vücudun farklı bölgelerinden, herhangi bir fiziksel aktivite yapılmadan önce gerçekleştirilmiştir. Doğru ölçüm yapılabilmesi amacıyla, sol elin baş ve işaret parmakları ile yağ katmanının kastan ayrılması sağlanmıştır. Kaliperin ağız kısmı deri katmanını

tutan sol el parmaklarının yaklaşık olarak 1 cm üzerine yerleştirilirken, değer okumadan yaklaşık olarak 2 saniye beklenmiştir. Ölçümler en az iki defa tekrar edilerek rakamlar arasında fark olmadığı durumlar kabul edilerek değerlendirmeye alınmıştır. Fark olması durumunda üçüncü ölçüm yapılmış ve ölçüm sonuçlarının ortalaması değerlendirmeye alınmıştır (129).



Şekil 3.6. Kaliper

a) Subskapular deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda ayakta dururken, skapulanın inferior kıvrımının alt kısmından, skapula kemik uzantısına paralel olarak 45 derecelik açı ile deri katlantısı tutularak yapılmıştır (Şekil 3.7.)

b) Triseps deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, kolun m. Triseps kasının orta kısmından dikey düzlemde deri katlantısı tutularak yapılmıştır.

c) Biceps deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, m.biceps kasının orta kısmından dikey düzlemde deri katlantısı tutularak yapılmıştır.

d) Önkol deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, ön kolun en geniş alanın medial kısmından deri katlantısı tutularak yapılmıştır.

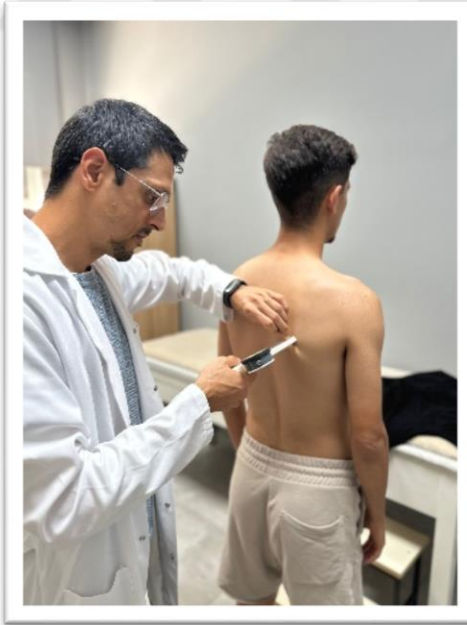
e) Abdominal deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, umbilikus (göbek deliği)'un yaklaşık olarak 1cm inferior 3 cm lateral kısmına gelecek şekilde kaliper dikey pozisyonda yapılmıştır.

f) Pektoral deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, pektoralis major kasının omuz kısmından ayrıldığı en belirgin yerinin yaklaşık olarak 1 cm inferior kısmından deri katlantısı tutularak yapılmıştır.

g) Suprailiak deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular anatomik pozisyonda dururken, midaksiller ekseninde iliak krestin hemen üzerinde 45 derecelik açı ile deri katlantısı tutularak yapılmıştır.

h) Uyluk deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular ayakta eller yana sarkıtılmış durumda iken, patella proksimal sınırı ile kasık arasındaki mesafenin tam orta noktasından deri kıvrımı tutulup yapılmıştır. Ölçüm sırasında vücut ağırlığı diğer bacağa aktarılması sağlanmıştır. (Şekil 3.8.)

i) Baldır deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Futbolcular ayakta eller yana sarkıtılmış durumda iken, sağ baldırın en geniş bölgesinden medial kısmına gelecek şekilde kaliper yere paralel tutularak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sırasında vücut ağırlığının diğer tarafa aktarılması ve diz ekleminin hafif fleksiyonda olmasına özen gösterilmiştir (129).



Şekil 3.7. Subskapular skinfold ölçümü



Şekil 3.8. Uyluk skinfold ölçümü

Sporcuların kas (% kas) ve yağ oranları (% yağ) sırasıyla Matiegka Formülü (Denklem 3.2.) ve Siri Formülü (Denklem 3.3.) kullanılarak hesaplanmıştır. Siri formülüne eklenecek olan bir değişken olan vücut yoğunluğu verisinin hesaplanmasında ise Durnin-Womersley Formülü (Denklem 3.4.) kullanılmıştır (129).

Denklem 3.2. Matiegka Formülü

$$\%Kas = 0.65 * Boy * 100(Biseps \text{ çere} + \text{Önkol çevre} + \text{Uyluk çevre} + \text{Baldır Çevre}) / 251,2 - (Biseps + \text{Önkol} + \text{Suprailiak} + \text{Uyluk}) / 800)^2$$

Denklem 3.3. Siri Formülü

$$\%Yağ = (4.95 / VY - 4.50) \times 100$$

Denklem 3.4. Durnin Womersley Vücut Yoğunluğu Formülü

- Vücut Yoğunluğu (VY);

- $1.1620 - 0.0630 * X$ (Erkek 17-19 yaş)

$\log X = (Biseps + Triseps + Subskapular + Suprailiak)$ (129).

3.4.4. Hızlı Büyüme Döneminin Belirlenmesi

Sporcuların oturma yüksekliği ve bacak uzunluğu ölçümleri 7mm kalınlığında esnek olmayan mezura (Aptamil) kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.9.). Sporcuların pik uzama hızı yaşları; vücut kütlesi, oturma yüksekliği, bacak uzunluğu ve boy uzunluğu olmak üzere somatik değişkenleri göz önüne alan ve Helgerud ve ark. (130) tarafından oluşturulan erkek cinsiyete özgü olgunluk tahmin denklemi kullanılarak hesaplanmıştır (Denklem 3.5.).

Denklem 3.5. Pik Uzama Hızı Yaşının Belirlenmesi

$$\text{Pik Uzama Hızı Yaşı} = -29.769 + 0.0003007 \times (\text{Bacak Uzunluğu} \times \text{Oturma Yüksekliği}) - 0.01177 \times (\text{Yaş} \times \text{Bacak Uzunluğu}) + 0.01639 \times (\text{Yaş} \times \text{Oturma yüksekliği}) + 0.445 \times (\text{Bacak Uzunluğu} / \text{Boy Uzunluğu}) \quad (130).$$

- a) **Bacak Uzunluğu Ölçümü:** Sporcular anatomik pozisyonda dururken ölçüm mezura kullanılarak ön süperior iliak omurganın en belirgin noktası (ASIS) ile medial malleolusun tam orta noktası arasındaki mesafenin belirlenmesi ile yapılmıştır (Şekil 3.9.). Ölçümler iki defa yapılmış ve ortalama değeri hesaplamalarda kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Bacak Uzunluğunun Belirlenmesi

- b) **Oturma Yüksekliğinin Ölçümleri:** Ölçüm sırasında sporcular düz bir sehpayı dik olacak oturtulmuş ve ölçüm öncesinde derin bir inspirasyon yapmaları istenmiştir. Oturma yüksekliği; sıfır noktası olarak kabul edilen sehpa tabanı ile başın orta kısmındaki en yüksek nokta arasındaki mesafe ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 3.10.). Ölçümler iki defa yapılmış ve ortalama değeri hesaplamalarda kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Oturma Yüksekliğinin Belirlenmesi

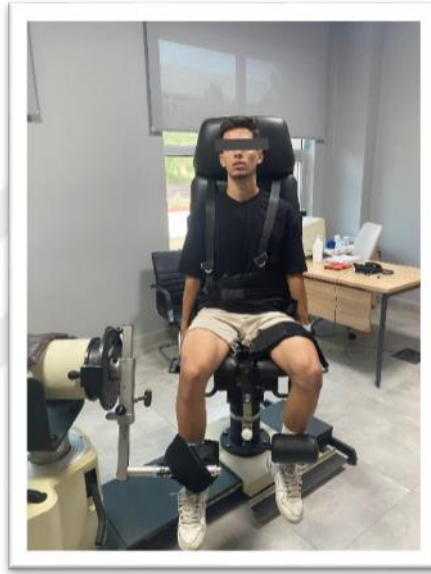
İzokinetik Dinamometre ile Yapılan Ölçümler Öncesi Yaptırılan Isınma Protokolü

Sporculara kalça/diz ekstansiyon ve fleksiyon ile diz izometrik kuvvet ölçümlerinden önce aynı ısınma protokolü uygulanmıştır. Sporculardan 10 dk boyunca bisiklette 60 devir/dakika hızla pedal çevirmeleri istenmiştir. Sporcular bu sürenin ilk 3 dakikasında herhangi bir yük olmaksızın, 3-10 dk arasında ise vücut ağırlıklarının %2'sine denk gelen bir dirençle pedal çevirmiştir. Ayrıca ısınma protokolünün 6-7 ve 8. dakikalarının son 10 saniyesinde sporculardan ulaşabilecekleri maksimum pedal çevirme hızına çıkmaları istenmiştir. Bu aşamadan sonra ağırlıklı olarak alt ekstremita kas gruplarına yönelik 5 dakika süreyle esneme egzersizleri yaptırılmıştır.

3.4.5. Kas Kuvveti Ölçümü

Diz ve kalça ekstansiyon/fleksiyon kas kuvvetlerini ölçmek amacı ile CSMI Cybex NORM 6000 marka izokinetik dinamometrenin konsantrik modülü, izometrik kas kuvvetlerinin ölçümü için ise izometrik ölçüm modülü kullanılmıştır. Diz ekstansiyon/fleksiyon ve izometrik kasılma kuvveti ve RFD'nin ölçümleri öncesinde futbolcular, 90° oturur pozisyonda bel ve göğüs kemerleri ile koltuğa sabitlenmiştir. Diz

eklemi, kas kuvveti ölçümünün yapılabilmesi için uygun konuma getirildikten sonra, dinamometrenin ayarları bacak uzunluğu dikkate alınarak düzenlenmiştir. Her sporcu için düzenleme yapılırken özellikle, diz eklemleri ile dinamometre pivot noktasının aynı doğrultuda ve eksende olması sağlanmıştır. Bu aşamadan hemen sonra futbolcunun ayak bileği dinamometre koluna sabitlenmiştir. Diz ekstansiyonuna eklemının hareket açıklığı 90° olarak ayarlanmıştır. Testler esnasında sporcuların motivasyonunu arttırabilmek amacıyla sözel uyarılarda bulunulmuştur (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Diz izokinetik kas kuvvetinin ölçülmesi

Kalça ekstansiyon/fleksiyon kasılma kuvvetlerinin ölçümleri için, dinamometre sandalyesinin sırt açısı 0°'ye ayarlanarak sporcu sırt üstü yatırılmıştır. Kalça ekleminde gerçekleşecek rotasyonun ekseni ile dinamometre şaftının rotasyon ekseni birbirleriyle uyumlu hale getirilmiştir. Sporcunun pelvisinin üzerinden, göğsünde ve ölçüm yapılmayan dizinin alt kısmından kemerler ile bağlanarak stabilizasyonu sağlanmıştır. Dinamometrede yer alan kalça adaptörü bağlantı noktası, ölçüm yapılacak ekstremitenin patellasına yaklaşık 5 cm proksimalinden bağlanmıştır. Her sporcu için eklem hareket açısı 90° olarak belirlenmiştir. Sporçudan dizini karnına doğru bükerek yukarı çekmesi daha sonra düz bir şekilde uzanması istenmiştir (Şekil 3.12.)



Şekil 3.12. Kalça izokinetik kas kuvvetinin ölçülmesi

İzokinetik diz ve kalça kuvvet ölçüm protokolü

İzokinetik diz ve kalça ölçümlerine ait ayrıntılı protokol Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Isınma sonrası sporcular dinamometreye bağlanmış ve önce diz eklemine ait ölçümler gerçekleştirilmiştir. Test öncesi sporcuların yapılacak olan aktivite ayrıntılı olarak anlatılmış, kendilerine ölçümler sırasında uygulayıcının talimatlarına uyması gerektiği bildirilmiştir. Ölçümlerin başında 240 °/sn'lik açısal hızda 10 tekrarlı ısınma seti yaptırılmış ve kendilerinden kontraksiyonları submaksimal şiddette gerçekleştirmeleri istenmiştir. İzleyen setlerde sırasıyla 60-180-240 °/sn'lik açısal hızlarda test ölçümleri yapılmıştır. Tekrar sayıları 60 °/sn'de 5, 180 °/sn'de 10, 240 °/sn'de 25 olarak belirlenmiş, setler arasında sporculara toparlanma için 60 saniye süre verilmiştir.

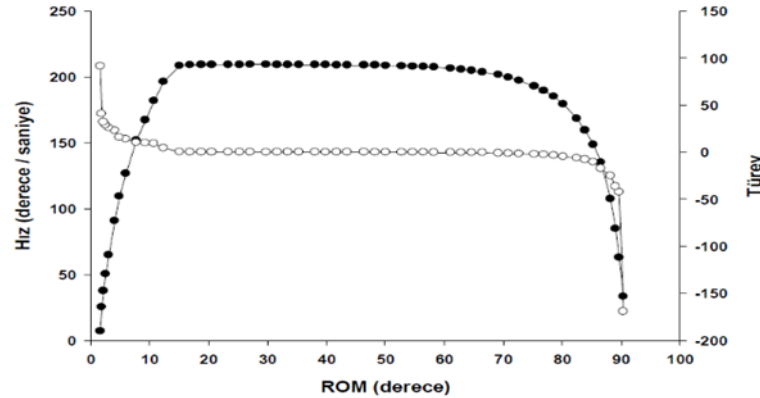
Çizelge 3.2. İzokinetik diz ve kalça deney protokolü

Açısal hız	Tekrar sayısı	Dinlenme süresi
240 °/sn (ısınma)	10	1 dakika
60 °/sn	5	1 dakika
180 °/sn	10	1 dakika
240 °/sn	25	-

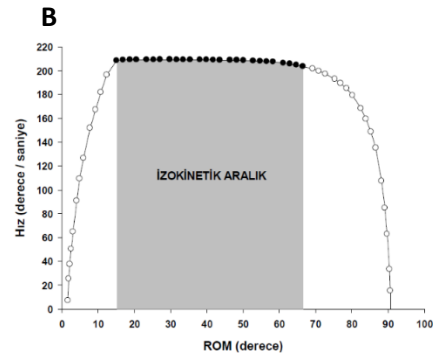
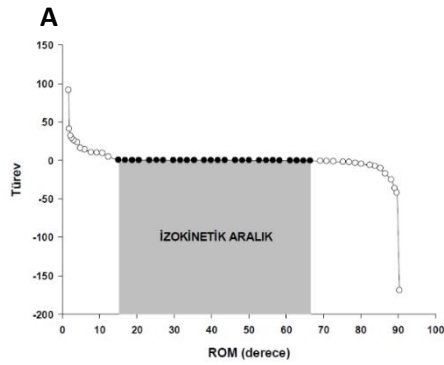
İzokinetik test verisinin ölçüm sonrası elde edilen izokinetik test verisi ayrıntılı değerlendirme amacıyla ham şekle dönüştürülmüş ve verinin işlenmesi ilerleyen aşamada Microsoft Office Excel programı kullanılarak aşağıdaki sıra ile yapılmıştır. Bu sayede pozisyon, tork ve hız değerleri 10ms'lik zaman dilimlerinde değerlendirilmesi mümkün olmuştur.

Ham verilerden izokinetik aralığa ait veriyi bulmak için Şekil 3.13.'te görüldüğü gibi, hızın eklem hareket açıklığı boyunda değişimi izlendi. Yavaşlama ve hızlanma fazlarından farklı olarak izokinetik aralıkta hızın sabit olması beklendiğinden hız-ROM eğrisinin türevi, izokinetik aralığı belirlemede kullanıldı. Nitekim türev sonuçlarının eklem hareket açıklığına ait değerlerle bir arada çizilmesi izokinetik aralığı gösterdi. Türev değerlerinin 0.5'den daha az değiştiği aralık izokinetik hat olarak kabul edildi. İzokinetik hattın öncesine ve sonrasına karşılık gelen ivmelenme ve yavaşlama fazları değerlendirmenin dışına alındı. Geriye kalan izokinetik veri grubu kullanılarak torkun açılara göre değişimi değerlendirildi. Eğrinin altında kalan alanın hesaplanması ile işi, işin zamana oranıyla da güç tespit edildi (Şekil 3.14-A, B, C, D).

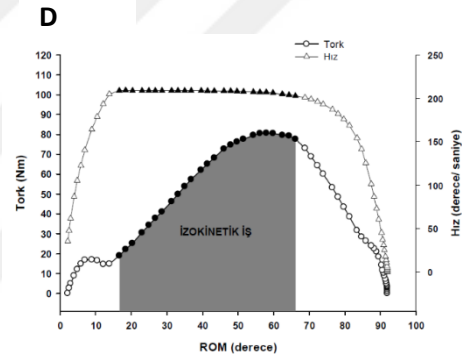
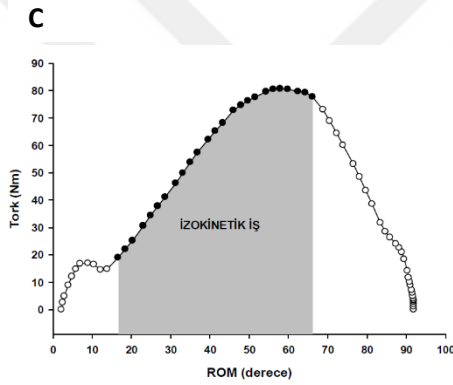
Bireyler arasındaki farkı ortadan kaldırmak amacıyla, söz konusu değişkenlere ait değerlerin istatistiksel analizlerinde vücut ağırlığına göre normalize edilmiş şekli kullanıldı.



Şekil 3.13. Hız-ROM ve Türev-ROM eğrileri



Şekil 3.14-A. Türev-ROM eğrisinin izokinetik yüklenme aralığı. **Şekil 3.14-B.** Hız-ROM eğrisinde izokinetik yüklenme aralığına karşılık gelen açısal hızlar



Şekil 3.14-C. Tork-ROM eğrisi ve bu eğrinin izokinetik tork aralığı. **Şekil 3.14-D.** Tork-ROM ve Hız-ROM eğrisinin bir arada gösterilmesi, bu eğrilerdeki izokinetik aralıklar.

3.4.6. Kuvvet Geliştirme Hızı (RFD)

Diz ekleminin RFD performansı 60°'lik (0°= Full ekstansiyon) açıda yapılan maksimal izometrik kasılma sırasında ölçüldü. Ölçümden hemen önce yer çekimi etkisinin ortadan kalkması için sporcuya bacağına serbest bırakması ve bilgisayar ekranına bakması söylendi. Maksimal izometrik kontraksiyonlara başlamadan önce deneklerden 5'er saniye süreyle hem ekstansiyonda hem fleksiyonda submaksimal şiddette izometrik kasılmaları gerçekleştirmeleri istendi. Sporcuyu ölçüme hazırlamak ve kasılma anını belirlemek amacıyla 3-2-1 diye sözel geri sayım yapıldı. Ölçüm anında ise sporcunun en kısa sürede üretebildiği maksimum kuvvete ulaşması istendi (73,131). Hemen arkasından aynı eklem açısında ve benzer sözel uyarılarla bu kez fleksör kas

gruplarının izometrik kasılması kayda alındı. Ekstansiyon hareketinden sonra fleksiyona geçmeden 30 saniye, ikinci seti tanımlayan ekstansiyon hareketine başlamadan önce de 60 saniye dinlenme süresi verildi. Hem ekstansiyonda hem de fleksiyonda sporculardan maksimal izometrik kontraksiyonu 10 saniye süreyle aynı motivasyonla kesintisiz devam etmeleri istendi. Ölçümler üç set uygulandı ve kaydedilen en yüksek pik tork değeri maksimum izometrik kasılma kuvveti olarak değerlendirmeye alındı.

RFD analizinde kasılmanın başlangıcında “0” olan tork değerinin 8 Nm’yi geçtiği an kasılmanın başlangıç anı olarak kabul edildi ve bu değer altındaki veriler değerlendirmeye alınmadı. Tüm kasılma boyunca üretilen tork ve zaman verileri işlenerek zamana bağlı torkun değişim sonuçlarına ulaşıldı (Δ Tork / Δ Zaman). Maksimum kuvvet üretim hızı söz konusu eğrinin tepe noktası olarak kabul edilirken, 50-100-150-200 ms’lik değerler ayrı ayrı hesaplandı (72). Sporcuların diz ekstansiyon/fleksiyon kasılma kuvvetlerini ölçmek amacıyla uygulanan test protokolü Çizelge 3.3., izometrik kasılma kuvveti ve RFD’sini ölçmek için uygulanan protokol ise Çizelge 3.4. verilmiştir.

Çizelge 3.3. Diz ve Kalça Ekstansiyon/Fleksiyon Test Protokolü

Açısal hız	Tekrar sayısı	Dinlenme süresi
240 °/sn (ısınma)	10	1 dakika
60 °/sn	3	1 dakika
180 °/sn	10	1 dakika
240 °/sn	15	-

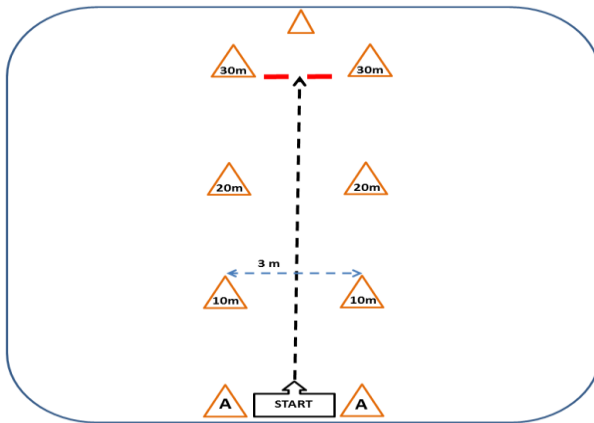
Çizelge 3.4. İzometrik kasılma kuvveti ve RFD performansını ölçmek için uygulanan protokol

Kasılma Türü	Kasılma Süresi	Dinlenme süresi
Ekstansiyon (ısınma)	5 saniye	30 saniye
Fleksiyon (ısınma)	5 saniye	1 dakika
Ekstansiyon	10 saniye	30 saniye
Fleksiyon	10 saniye	1 dakika
Ekstansiyon	10 saniye	30 saniye
Fleksiyon	10 saniye	1 dakika
Ekstansiyon	10 saniye	30 saniye
Fleksiyon	10 saniye	-

3.4.7. Saha Performans Testleri

3.4.7.1. Sürat Performansının Ölçümü

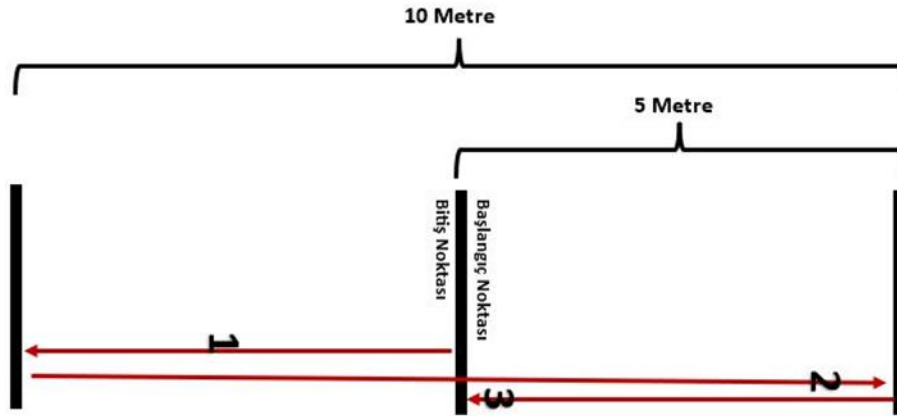
Sporcuların sürat performansları, 30 metrelik düz bir parkurun başlangıç (0m), 10m-20m ve bitiş noktalarına (30m) yerleştirilen fotoselli kronometreler kullanılarak ölçülmüştür (133). Ölçüm sporcuların maçlarının oynandığı çim sahada yapılmış ve oyuncular sahaya uygun maç kramponlarını giymiştir. Optik okuyucular arasındaki genişlik 3 metre olarak ayarlanmış ve böylece sporcuların herhangi bir engelle karşılaşmadan rahatlıkla koşabileceği bir alan yaratılmıştır. Öte yandan fotosellerin sporcuların yaklaşık bel hizasına karşılık gelen 120 cm' lik bir yükseltiye yerleştirilmesi sayesinde, sporcunun gövdesinin fotoseller arasından geçtiği anın net olarak tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Sporcuların 10-20-30 m koşu performansı, fotosellere bağlı bir elektronik cihaz tarafından anlık veri olarak milisaniye hassasiyetinde kaydedilmiştir. Sporcuların koşu başlangıcı sırasında uygunsuz hareketlerinden kaynaklanabilecek olası yanlış ölçümlerin önüne geçebilmek için başlangıç çizgisi fotosel sisteminden 1 metre öne alınmıştır. Bu sayede koşunun ilk 1 metresinde olabilecek aksaklıkların önüne geçilmesine çalışılmıştır. Performans ölçümlerinde sporculardan, en iyi 10-20-30 m derecelerinin alınabilmesi amacıyla, testi 3 defa tekrarlamaları istenmiş ve en kısa sprint süresi değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Futbolcuların sürat performansının ölçülmesi

3.4.7.2. Çeviklik Performansının Ölçümü (Pro-Agility Test)

Sporcuların çeviklik performansının değerlendirilmesi için pro-agility test bataryası kullanılmıştır. Yapılacak olan test öncesi sporcuların çim sahaya uygun ayakkabı giymeleri sağlanmıştır. Sporculardan test için kurulan alanın merkezinden ilk olarak sol tarafa (5m), daha sonra sağ tarafa (10m) ve daha sonra tekrar sol tarafa (5m) koşabileceği en yüksek koşu hızıyla koşmaları istenmiştir. Test 3 kez tekrarlanmış ve en iyi zamanları değerlendirmeye alınmıştır. Testler arası 3 dk pasif şekilde dinlenmeleri istenmiştir. Teste başlamadan önce başlangıç fotoselinin 30 cm gerisinde durmaları sağlanmıştır. Yön değiştirme noktalarının belirlenmesi için sağ ve sol tarafa kapaklarla işaret konulmuş ve sporcuların bu kapaklara temas ederek dönmeleri istenmiştir. Test esnasında sporcuların bu kapaklara temas edememesi ya da herhangi bir nedenden dolayı kayıp düşmeleri durumunda sporculara birer hak daha verilmiştir (134) (Şekil 3.16.).

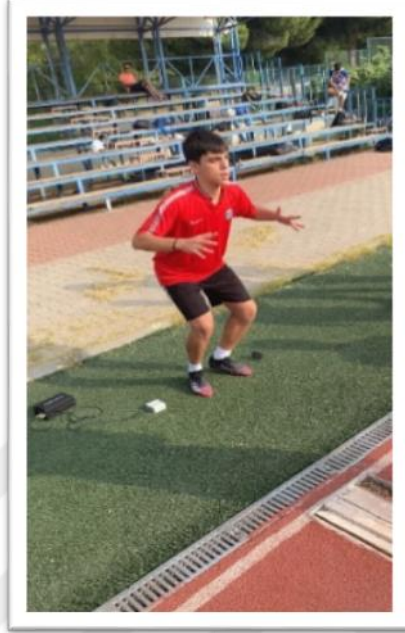


Şekil 3 16. Pro-agility çeviklik testi

3.4.7.3. Dikey sıçrama testi

Sporcuların dikey sıçrama testinde, ayaklar omuz genişliğinde açık ve dik şekilde durmaları istenmiştir. Futbolcular diz eklemlerinin yaklaşık 90°'lik açıyla fleksiyon yapmış, sonrasında yukarıya doğru en yüksek hızla sıçramışlardır. Test esnasında sporculardan ellerini beline koymaları istenmiştir. Dikey sıçrama yüksekliğini tespit etmek için yapılan bu testte dijital fotoselli sıçrama tahtası kullanılmıştır (Seven

Elektronik). Sporculara yaklaşık 90-120 saniye ara ile 3 deneme yaptırılmış ve en yüksek derece cm cinsinden ölçülerek değerlendirilmeye alınmıştır (135) (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Dikey sıçrama performans testi

3.4.8. EMG Ölçümü ve Analizi

Çalışma kapsamında antrenman periyodunun başında ve sonunda kas elektriksel aktivitesinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi için yüzeyel EMG (ME3000P8, Mega Electronics, Finland) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.18.)



Şekil 3.18. Yüzeysel EMG ölçümleri ME3000P8 marka cihazı (Mega Electronics, Finland) yapılmıştır.

Elektrot Yerleşimi

Sporcuların kas elektriksel aktivitelerinin ölçümünde, 4cm uzunluğunda, 3,3cm genişliğinde, sıvıya karşı dirençli, bakır elektrotlar (3M™ Red Dot™ Monitorizasyon Elektrodu 2228) kullanılmıştır (Şekil 3.19.). Ölçümler sporcuların baskın olarak kullandıkları bacağın vastus lateralis, biceps femoris ve gluteus maksimus kaslarına yerleştirilmiştir. Ön ve son testlerde yapılan ölçümlerde elektrot yerleşimi SENIAM protokolüne göre yapılmıştır. Vastus lateralis kasına yerleştirilen elektrotun konumu, patellanın lateralinin süperiorundan, anterior spina iliaca arasındaki mesafenin 2/3'ü olarak belirlenmiştir. Biceps femoris kası, iskiyal tuberozite ile tibianın lateral epikondili arasındaki mesafenin tam ortasına elektrotlar yapıştırılmıştır. Glutues maksimus kası için ise büyük trokhanter çıkıntı ile sakral vertebra arasındaki mesafenin tam ortası belirlenerek elektrot yerleşimi yapılmıştır. Bu noktalar kasın en belirgin olduğu anatomik yerleşkelere karşılık gelmiştir. Ölçümlere başlamadan önce sporcuların uyluk ve kalça bölgeleri tıraş edilmiş ve daha sonra deri yüzeyi alkol ile temizlenmiştir. Referans EMG elektrotlarının yerleşiminde ise en yakın eklem, kemik bölge ya da kassal yapının olmadığı, ölçüm yapılan elektrotlardan en az 2cm uzak bölge seçilmiştir (136).



Şekil 3.19. Bakır elektrotlar

Maksimum istemli izometrik kasılma (MVIC) Ölçümü ve Normalizasyon

Sporcuların her kas için ayrı ayrı maksimum istemli izometrik kasılmalarının (MVIC) değerlendirilmesinde SENIAM (51) protokolü uygulanmıştır. Önceden belirlenmiş ve değerlendirmelerin yapılacağı pozisyonlarda sporcuya ekstremitelerini hareket ettiremeyeceği bir ağırlık bağlanmış ve kendisinden maksimum kuvvetle kaslarını kasma istenmiştir (Şekil 3.20). Hareketin gerçekleşmemesi nedeniyle ölçülen kuvvet maksimal izometrik istemli kasılma olarak kabul edilmiş ve bu esnada kaydedilen EMG verisi de ilgili kas grubuna yönelik maksimal EMG kaydı olarak değerlendirmeye alınmıştır. İzleyen aşamada yapılan her türlü EMG ölçümünde bu veri maksimalle karşılaştırılarak normalize edilmiş ve analizlere kullanılmıştır.

Değerlendirilen kas gruplarından vastus lateralis kası için, sporcu oturur pozisyonda iken sırt açısı 90° diz eklemi açısı ise $70-90^\circ$ arasın getirilmiş ve gövdesi bir kemer ile sabitlenmiştir ve izometrik kasılmalar bu pozisyonda kaydedilmiştir. Biceps femoris kasının maksimal EMG kaydının alınabilmesi için, sporcudan yüzüstü yatar pozisyondayken, kalçası bir kemerle sabitlenerek $\sim 20-30^\circ$ diz fleksiyon konumuna getirildikten sonra, maksimum diz fleksiyon hareketi yapması istenmiştir (Şekil 3.21.) EMG kaydı yapılan üçünü kas olan gluteus maksimus kasının ölçümü için sporcu yüz üstü yatar durumda kalça eklem $\sim 20^\circ$ hiperekstansiyon pozisyonuna getirildi. Sonrasında sporcudan maksimum kuvvetle kalça ekstansiyon hareketi yapması istenmiştir (Şekil 3.22.) (51). Üç farklı kasın MVIC testleri için 2 deneme uygulanmıştır. Denemelerde kas kasılma süreleri 10 saniye olarak belirlenmiştir. Denemeler arası dinlenme süresi 3 dakika verilmiştir. Değerlendirme esnasında 2 denemeden büyük olan seçilmiş ve analiz edilmiştir.



Şekil 3.20. Vastus lateralis kasının maksimal izometrik kasılma sırasında EMG kaydı alımı



Şekil 3.21. Biceps femoris kasının maksimum izometrik kasılma sırasında EMG kaydı alımı



Şekil 3.22. Gluteus maximus kasının maksimal izometrik kasılma sırasında EMG kaydı alımı

Squat Egzersizinde EMG analizi

EMG aktivitesinin test öncesi yapılan MVIC kontraksiyonlar sırasında elde edilen verilerin ölçülen bütün kasların squat egzersizindeki EMG kaydına göre normalize edilmiştir. Bu ölçümler çalışma öncesi ve sonrası tekrarlanmıştır. Squat hareketi futbolcular için uygulamanın daha uygun olması nedeniyle 1MT yerine 10TM yöntemiyle belirlenen ağırlıklara göre sporcunun %20-40-60-80 şiddetine denk gelecek yüklerde 2 tekrar şeklinde yaptırılmıştır. Tekrarlar arasında 3 dakika dinlenme uygulanmıştır. Sporculardan ölçüm sırasında olimpik barı doğru teknikte, tam trapezlerin üstüne eşit bir şekilde oturtulması istendi. Kollar omuz genişliğinden biraz daha açık olarak bar kavrandı. Uygulamada denekten, dizlerini fleksiyona getirirken, başın ve gövdenin dik durması, ayakların omuz genişliğinden biraz daha açık olması istendi. Diz fleksiyonuna eklem açısı 90° 'nin altına ininceye kadar devam edildi ve bu esnada eklem hareket açıklığı elektronik goniometre kullanılarak kayda alındı (Şekil 3.23.). Diz fleksiyon ve ekstansiyonu esnasında katılımcılardan gözlerini karşıda sabit bir noktada tutmaları ve bu esnada ayak tabanlarını yerden kesmemeleri istendi. Bir tekrarın tamamlanması için bar kaldırılırken vücut dengesini bozmadan başlangıç pozisyonuna gelinceye kadar üst gövde ve bacaklardan kuvvet alınarak harekete devam etmesi beklendi. Ayrıca sporcuların tempoyu ayarlayabilmesi için metronom (eksantrik faz için 20 atım/dk; konsatrik faz için 30 atım /dk) kullanıldı (137).



Şekil 3.23. Goniometre

EMG Analizi

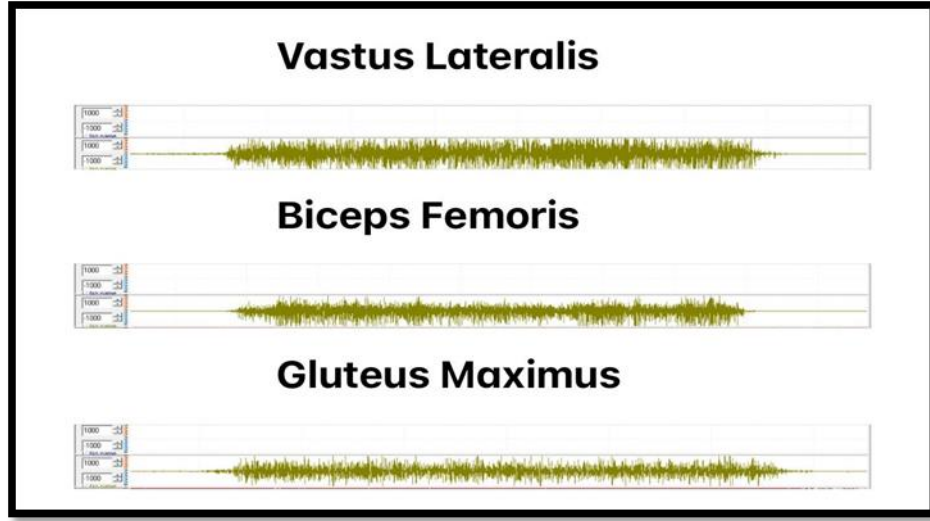
EMG ölçümlerinde kayıt hızı 1kHz olarak ayarlanmıştır. Sinyallerin filtrelenmesinde 50 Hz lik bir Notch Filter (yumuşatma filtresi) ve 4. dereceden 20-450 Hz frekans aralığını geçiren bir Butterworth filter (sıklık tepkisi filtresi) kullanılmıştır. Gürültü kaydı olup olmadığı ön ölçümlerle değerlendirilmiş, herhangi bir parazitin olmadığı görüldükten sonra test ölçümlerine başlanmıştır. Kasılma süresince alınan kayıttan bu kaslara ait ham sinyaller filtrelendikten sonra entegre EMG’de genlik hesaplaması için karelerinin kareköklerinin ortalaması (Root Mean Square (RMS)) bulunmuştur (Denklem 3.6.). iEMG analizi için, düzeltilmiş EMG genliklerinin mutlak değerlerinin toplamı hesaplanarak sinyalin altında kalan alan belirlenmiştir (54) (Denklem 3.7.).

Vastus lateralis, biceps femoris ve gluteus maximus kaslarının maksimum izometrik kasılma sırasında ölçülen EMG kaydı örneği Şekil 3.24.’te verilmiştir. Kasın göstermiş olduğu spektral yoğunluğun belirlenmesi için işlenmemiş sinyal 20 Hz yüksek geçiren Butterworth filtreden geçirilmiştir. Bu işlemten sonra kasılma periyodunu iki eşit parçaya bölen medyan frekans analizi hesaplanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen eğim (slope) ve y kesim noktası (intercept) değerleri kullanılarak median frekansı Hz olarak analiz edildi ($y = mx + b$, $m = \text{slope}$ ve $b = \text{intercept}$) (138).

$$\text{Denklem 3.6. } \text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i|^2}$$

$$\text{Denklem 3.7. } \text{iEMG} = \sum_{i=1}^N |x_i|$$

Burada N sinyalin süresini, x_i ise EMG verisinin i noktasındaki genlik değerini ifade etmektedir. Squat egzersizi ölçümü sonrasında eksantrik ve konsantrik fazlar MATLAB (Version, R2021b) programı üzerinden goniometre verileri incelenerek birbirinden ayrılmıştır. İşlem esnasında diz eklem açısının en yüksek olduğu nokta hareketin konsantrik fazının bittiği yer; diz eklem açısının en düşük olduğu nokta ise hareketin eksantrik fazının bittiği yer olarak kabul edilmiştir ve değerlendirmeye alınmıştır. SQ hareketinde filtrelenmiş sinyaller en yüksek MVC değerlerine bölünerek yüzde cinsinden yorumlanmıştır (139).



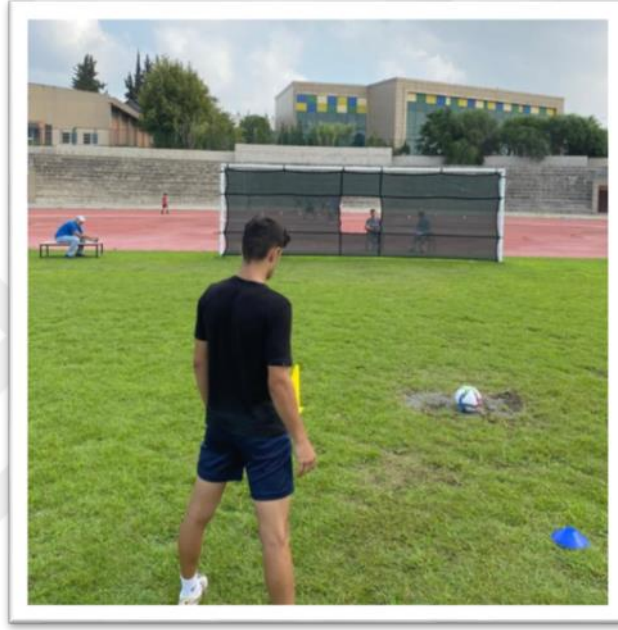
Şekil 3 24. Vastus lateralis, biceps femoris ve gluteus maksimus kaslarının maksimum izometrik kasılma sırasında ölçülen EMG kaydı örneği

3.4.9. Şut Atma Performansı Testi

Uygulama FIFA standartlarına uygun 100mX70m doğal çim sahada yapılmıştır. Ön ve son testler sabah saat 09:00-10:30 ile öğleden sonra 16:00-17:30 saatleri arasında yapılmıştır. Tüm oyuncular futbol müsabakasına benzer şort, tişört ve kramponla uygulamaya katılmıştır. Isınma protokolünde, futbolculardan 10 dk orta şiddette koşmaları daha sonra alt ekstremiteye yönelik belirlenen balistik hareketler yapmaları sağlandı.

Şut atma performansı testinde sporcuların şut atma hızı ve isabeti eş zamanlı değerlendirilmiştir. Isınma egzersizi sonrası futbolculardan kaleye (7,32 m x 2,44 m), 11 m uzaklıktan (penaltı noktası) şut atmaları istenmiştir. Kale çizgisine kalenin içini kapsayacak şekilde futbol kalesiyle aynı ölçülere sahip bir file gerilmiştir. Filenin köşegenlerinin kesişim noktası merkez olacak şekilde, ebatları 1m x 1m olan bir kare çizilmiş, futbolculardan şut atma esnasında bu kareyi hedef alması istenmiştir (Şekil 3.25.) Şut atma testinde futbolcular dominant ve nondominant bacakla ayak iç üstü vuruş tekniğiyle hem isabetli hem de en yüksek şiddette 3'er şut atmışlardır. Topa yaklaşma mesafesi ise 1m olarak belirlenmiştir. Çalışmada FIFA standartlarına uygun 5 numara, 14 Psi basınca sahip çevresi 70 cm ve ağırlığı 430gr top kullanılmıştır (140). Şut atma performansının analizi için üç ayrı kamera ile görüntü kaydı yapılmıştır (Go-pro-3 240 fps). Kameraların birincisi kalenin karşıdan bakıldığı zaman sol tarafına denk gelecek

şekilde kale direğiyle aynı hizada olmak koşuluyla 3m uzağa yerleştirilmiştir. İkinci kamera ise penaltı noktasını ortalayacak şekilde 3m arkasına konulmuştur. Son kamera ise diyagonal bir görüntü almak amacıyla penaltı noktasının 5m arkasına sagittal ekseninde 45derece olacak şekilde konumlandırılmıştır. Her üç kameranın da transvers düzlemdeki açısı zeminle 90 derece sabit tutulmuştur (Şekil 3.25.)



Şekil 3 25. Şut atma performans testi

Şut Atma Hızı

Sporcuların şut atma hızını ölçebilmek için Bushnell Radar Speed Gun ile sahaya yerleştirilen kameralar eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Görüntü analizinde Kinovea (Kinovea-0.9.5, GNU General Public License, Version 2) görüntü analiz programı kullanılmıştır. Şut atma hızının ölçülmesi için futbolcunun topa temas ettiği an ile topun kale çizgisi hizasında bulunan fileye temas etme anı arasındaki süre belirlenmiştir. Futbolcunun arkasındaki kamera kullanılarak ayağın topa temas ettiği ve topun hareketinin başladığı an, kalenin lateraline yerleştirilen kamera ile topun kaleye ulaştığı anın tespiti yapılmıştır ve şut süresi ölçülmüştür. Şut süresi ile katedilen mesafe

değerlerinin hesaplanmasıyla şut hızını belirlemek mümkün olmuştur. Kamera kayıtları eş zamanlı başlatılmış ve bu sayede senkronizasyon probleminin önüne geçilmiştir.

Topun hareketinin üç boyutlu olması nedeniyle katettiği mesafenin belirlenmesi için kameraların kalibrasyonu yapılmış ve topun toplam katettiği mesafe üç boyutlu vektör analizinin yapıldığı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Zaman bileşeninin denklige katılması sayesinde topun hızını da hesaplamak mümkün olmuştur (Denklem 3.8.).

$$\text{Denklik 3.8. Toplam mesafe} = \sqrt{x^2} \times y^2 \times z^2$$

$$\text{Hız: toplam mesafe (km)} \div \text{zaman (s)}$$

Şut isabet oranı

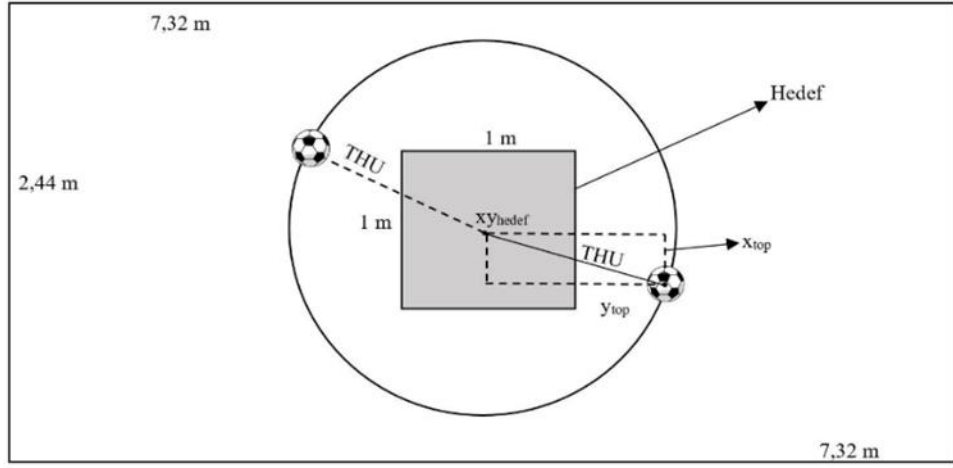
Sporcuların şut isabet oranının hesaplanması için Kinovea Programı kullanılmıştır. Şut isabet analizinde topun kaleye temas ettiği anda görüntü durdurulmuş ve topun merkez noktası ile hedefin merkezine olan doğrusal uzaklığın, dikey ve yatay eksenlerdeki iz düşümleri (x ve y noktaları) iki boyutta belirlenmiş ve topun hedefe olan uzaklığı (THU) aşağıdaki denklilerde belirtilen Denklem 3.9-A. kullanılarak hesaplanmıştır. İstatistikte atılan 3 şuta ait verilerin ortalaması (THUO) kullanılmıştır. Ölçülen verilerin x ve y eksenlerindeki merkezden sapma değerleri (İHO) Denklem 3.9-C. göre hesaplanmıştır. İsbet skoru (İSK), THUO ve İHO değerleri kullanılarak bulunmuştur (Denklem 3.9-B, C, D,) (Şekil 3.26.) (140).

$$\text{Denklem 3.9-A. } THU = \sqrt{(x_{hedef} - x_{top})^2 + (y_{hedef} - y_{top})^2}$$

$$\text{Denklem 3.9-B } THUO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |THU|$$

$$\text{Denklem 3.9-C } İHO = \sqrt{(standart\ sapma_{x_{top}})^2 + (standart\ sapma_{y_{top}})^2}$$

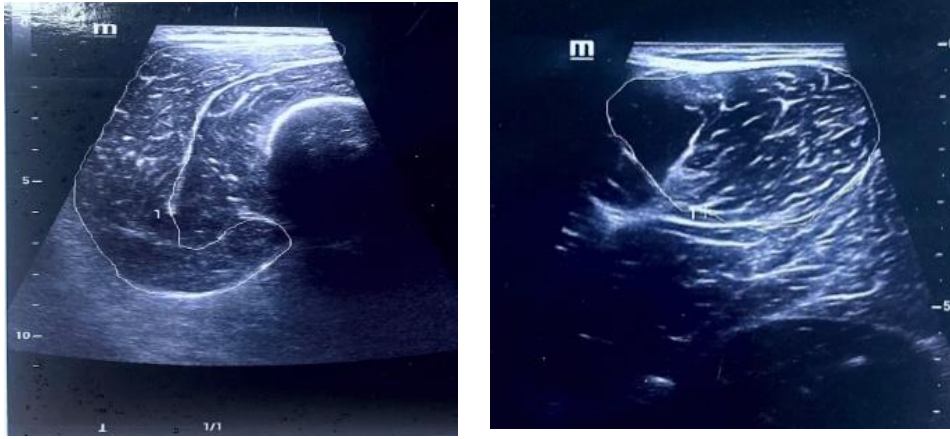
$$\text{Denklem 3.9-D } İSK = \sqrt{(ORH)^2 + (İDH)^2} \quad (140).$$



Şekil 3.26. Şut isabetinin hesaplanmasında kullanılan yöntem

3.4.10. Ultrasonografi (USG) Ölçümü

Sporcuların Vastus lateralis ve Biceps Femoris kaslarının kas kesit alanları ölçümü için 50 mm, 5-12 MHz lineer probu B-Mod Ultrasonografi (MINDRAY RESONA 7 USG) yapılmıştır (Şekil 3.27.). Görüntülerin toplanmasından önce, denekler 15 dakika boyunca sırtüstü yatar pozisyonda dinlendirilmiştir. Ölçüm öncesi sporcuların ölçüm yapılacak bacak bölgeleri tıraş edilmiştir. Vastus lateralis kası popliteal çıkıntı ile büyük trokhanter arası yani uyluğun tam orta noktası belirlenerek ölçülmüştür. Biceps femoris ölçümü ise femurun tam orta noktasına denk gelecek şekilde kasın medial ve lateral sınırlarının ortasından alınmıştır (142). Ölçümler iki defa alınmış ve iki ölçüm arasında %5'ten büyük fark görülmesi halinde üçüncü defa tekrar edilmiştir (Şekil 3.27.). Ölçümlerde elde edilen en büyük değer kullanılmıştır (141).



Şekil 3.27. Vastus lateralis ve Biceps Femoris kaslarının kas kesit alanları USG ölçümü

3.4.11. On Tekrarda Kaldırılabilir Maksimum Ağırlığın Belirlenmesi (10 TM)

Futbolculara çalışma boyunca uygulanacak antrenmanlardaki yüklerin belirlenmesi için 10 tekrarda kaldırabilecekleri maksimum ağırlıklar (10 TM) Squat (SQ), Leg ekstansiyon (LEH) ve Leg Curl (LCH) hareketleri için ayrı ayrı belirlendi. Ölçülen 10 TM değerlerinin güvenilirliğinin test edilmesi için ölçümler en az 48 saat arayla tekrarlandı. Ölçümler arası %5’den daha büyük fark çıkması durumunda üçüncü ölçüm için sporcu davet edilmiştir. Birbirleri arasındaki farkın %5’ten küçük olan verilerin olduğu grupta ikinci ölçüm değerleri çalışmada referans olarak kullanılmıştır. Üçüncü ölçümün yapılması zorunda kalınan bir denekte de üç ölçümün ortalaması kullanılmıştır.

10TM ölçümü öncesinde denekler yukarıda belirtilen izokinetik ölçümler öncesi yapılan ısınma protokolüyle ölçümlere hazırlanmıştır. Ölçüm yöntemi sporculara önce sözel olarak anlatılmış ve ölçümlerde sporculara uzman kişi eşlik etmiştir. Sporcu hazır duruma getirildikten sonra, önce kendisinden hareketi herhangi bir yük olmadan yapması istenmiştir. Bu yöntemle sporcunun harekete özel ısınma evresinin tamamlanmasının yanında adaptasyonu da sağlanmıştır. Sporcuya dinlenmesi için 1 dakika süre verildikten sonra 10 TM hesaplama testine geçilmiştir. Her sporcuya tüm hareketleri ayrı ayrı üç defa uygulama hakkı verilmiştir (143). Her hareket için 10 TM yöntemiyle kaldırılan ağırlıklar belirlenmiş ve Brzycki formülü kullanılarak dolaylı yöntemle 1MT’leri hesaplanmıştır (144).

Denklem 3.10. 1RM dolaylı hesaplanması: Kaldırılan ağırlık / (1,0278 - (0.278xTekrar Sayısı)) (144).

3.4.12. Optimum Güç Zonunun Belirlenmesi

GA'da ve KA'da (güç ile ilgili kısmı) yer alan futbolcuların antrenman periyodu boyunca yük tespiti için optimum güç zonları belirlenmiştir. Bu yöntem için ivme ölçmek amacıyla tasarlanmış özel bir cihaz kullanılmıştır (FLEX Kinetic, Canberra, Australia) kullanılmıştır (Şekil 3.28-A.) İvme ölçer cihazı SQ hareketi için ağırlık takılan barların (Türkei Werksan, Ankara) sağ tarafına yerleştirilmiştir. Diz ekstansiyon ve diz fleksiyon hareketleri için ise cihazı hareket eden ağırlıklara monte edebilmek için özel bir aparat yapılmıştır (Şekil 3.28-B.). Cihazın üzerinde yer alan yansıtıcı ampüllere denk gelecek şekilde yere, ışığı takip etmek amacıyla özel mat yerleştirilmiştir (Şekil 3.28-C.).



Şekil 3.28-A. İvme Ölçer



Şekil 3.28.B. Mat



Şekil 3.28.C. İvme ölçer aparatı

Hareketler esnasında yer değişim hızlarının hesaplanması için iphone marka telefonla FLEX Stronger uygulamasına (Kinetic, Canberra, Australia; firmware version: A714), bluetooth ile bağlandı. Hareketin konsantrik fazında sporcunun yapabildiği en yüksek hızda hareketi uygulaması, eksantrik fazında ise kendisinden görece daha yavaş bir şekilde yapması istendi. Sporcular testin ilk aşamasında yükleri vücut ağırlıklarının %40'ına karşılık gelen bir ağırlıkla üç tekrarlı bir set yapmışlardır. İzleyen yüklemelerde direnç her defasında vücut ağırlığının %10'una denk gelecek şekilde arttırılmıştır. Bu

esnada yapılan hız ölçümler sayesinde güç çıktısını da belirlemek mümkün olmuştur. Ardışık yüklemelerin her birinde güç ayrı ayrı hesaplanmış ve maksimum güç çıktısının ortaya çıktığı hız ve ağırlık bulunmuştur. Teste maksimum güç çıktısında %5 ve daha fazla azalma görülene kadar teste devam edilmiştir. Sporcuların bu ölçümü ortalama 5-6 set sürmüş, setler arası 5 dakika dinlenme verilmiştir (145). Squat hareketinde sporcudan diz eklemine 90 derece fleksiyona getirmesi istenmiştir. Diz ekstansiyon hareketinde (Insignia Series Leg Extension Machine, SS-LE) ise sporcuların kalça eklemi 70° fleksiyonda, diz eklemi ise 90° olarak ayarlanmış ve göğüz ile pelvis yapısı bir kemerle cihaza sabitlenmiştir. Hareket sporcunun dizini tam ekstansiyon (0° ekstansiyon) açısına getirmesine kadar devam etmiştir (146). Diz fleksiyon egzersizi için ise sporcular leg curl makinesine (Insignia Series Leg Curl Machine, SS-LC) kalça eklemi 15° olacak şekilde sırtüstü yatar pozisyona getirildi. Sporcunun ayakları dorsifleksiyon pozisyonunda makinenin kaldırma koluna yerleştirildi. Gövdesi ve kalçası hareketi minimize etmek amacıyla bir kemer kullanılarak makineye sabitlendi. Fleksiyon hareketi diz eklemi yaklaşık olarak 90°'ye kadar devam etti (147).

3.5. Antrenman Programı

Çalışmamızda her üç gruba da 10 hafta boyunca (ilk iki hafta adaptasyon), haftada 2 birim olmak üzere toplam 20 birim SQ, LEH ve LCH'den oluşan direnç egzersiz antrenmanı yaptırılmıştır. Antrenman dönemi boyunca üç grup içinde hafta başı yapılan ilk antrenmanlarda yeni yükler hesaplanmış ve antrenman uygulanmıştır. GDA grubu set içindeki tekrar sayıları 10 olarak sabit tutulmuş ve her hafta belirlenen 1MT'nin %70-85'i şiddetinde ilk iki hafta 2 set, 3-6. haftalar arası 3 set, 7-8. haftalar arası 4 set, 9-10. haftalarda ise 5 set uygulanmıştır. Hareket hızı orta düzeyde tutulmuştur. Setler arasında dinlenme 60-90 saniye arasında, hareketler arasında ise 120 saniye tutulmuştur. GA, her antrenman haftasının başında belirlenen bireysel optimum güç zonunda 5 tekrardan oluşan setlerle, 1-2. hafta 4 set, 3-4. hafta 5 set, 5-6. haftalarda 6 set, 7-8. haftalar arasında 7 set, 9-10. haftalarda 8 setlik antrenman yaptırılmıştır. Sporculardan hareketi maksimal hızda uygulamaları istenmiştir. Setler arasında dinlenme 60-120 saniye arasında, hareketler arasında ise 120 saniye tutulmuştur. KA' da yer alan sporcuların da yine her hafta başında hem 1MT hem de optimum güç zonları belirlenmiş ve 10 haftalık antrenman

programına alınmışlardır. Bu dönem içerisinde sporculara aynı seans içerisinde hem geleneksel hem de modern güç antrenmanları yaptırılmıştır. Geleneksel antrenmanların set içerisindeki tekrar sayısı 10 olmak üzere haftalar içerisinde 1MT'nin %70-85'i şiddetinde ilk iki hafta 1 set, 3-6. haftalar arası 2 set, 7-10. haftalar arası ise 3 set uygulanmıştır. Bu antrenman periyodunda set içerisindeki tekrar sayısı 5 olmak üzere yaptırılan modern güç antrenmanlarının set sayıları; 1-4. hafta 2 set, 5-8. hafta 3 set, 9-10. haftalarda 4 set olarak ayarlanmıştır. Setler arasında dinlenme 60-120 saniye arasında, hareketler arasında ise 120 saniye tutulmuştur. Detaylı antrenman programı Çizelge 3.5.'da verilmiştir. Antrenman periyodu boyunca hareket hızları KA grubu için maksimal (GA ile benzer) ve orta düzeyde (GDA ile benzer) tutulmuştur. Sporculara antrenman periyodu boyunca uygulanan direnç egzersizlerinin set süreleri kaydedilmiş ve bu sayede antrenmanın kapsam yükü ve şiddeti de belirlenmiştir (Denklem 3.11).

Denklem 3.11. Kapsam yükü (kg) = set sayısı × tekrar sayısı × kaldırılan ağırlık (kg)

Şiddet = Kaldırılan toplam yük / toplam süre

Çizelge 3.5. 10 haftalık Antrenman Programı

HAFTA	Geleneksel Direnç Antrenman Grubu	Güç Antrenman Grubu	Karma Antrenman Grubu
	<i>Set X Tekrar sayısı</i>	<i>Set X Tekrar sayısı</i>	<i>Set X Tekrar sayısı</i>
1	2 × 10	4 × 5	2 × 5 1 × 10
2	2 × 10	4 × 5	2 × 5 1 × 10
3	3 × 10	5 × 5	2 × 5 2 × 10
4	3 × 10	5 × 5	2 × 5 2 × 10
5	3 × 10	6 × 5	3 × 5 2 × 10
6	3 × 10	6 × 5	3 × 5 2 × 10
7	4 × 10	7 × 5	3 × 5 3 × 10
8	4 × 10	7 × 5	3 × 5 3 × 10
9	5 × 10	8 × 5	4 × 5 3 × 10
10	5 × 10	8 × 5	4 × 5 3 × 10

3.6. İstatistiksel Analiz

Sayısal ölçümler ortalama ve standart sapma olarak özetlendi. Normal dağılım testi için Kolmogorov-Smirnov, varyansların homojenliğinin test edilmesi için ise Levene testi kullanılmıştır. Bağımlı sayısal ölçümlerin karşılaştırılmasında varsayımların sağlanması durumunda Bağımlı Gruplarda T testi, varsayımların sağlanmaması durumunda ise Wilcoxon Signed Rank testi kullanıldı. İki'den fazla grubun sayısal ölçümlerinin genel karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanıldı. Grupların ikili karşılaştırılmalarında grup içi varyansların homojen olup olmamasına göre Tukey, Games & Howell testleri kullanıldı.

Gruplar arasındaki son test ve ön test ortalamaları arasındaki farklarının etki büyüklüğü hesaplanırken “Eta (η^2)” kullanılmıştır. Grup içi kıyaslamada ise ön test ve son test ortalamasının standart sapma değerine bölünmesiyle etki büyüklüğü hesaplandı (Cohen d). EB değerleri; <0.2 önemsiz etki, 0.2-0.49 küçük etki, 0.5-0.79 orta etki ve >0.8 büyük etki olarak sınıflandırıldı. Güven aralığı %95 olarak seçildi ve $p<0.05$ in altındaki değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS Statistics Versiyon 20.0 paket programı kullanıldı. Tüm testlerde istatistiksel önem düzeyi 0.05 olarak alındı.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Özellikler

Araştırmamıza katılan sporculara ait bazı demografik özellikler çizelge 4.1.'de verilmiştir. Gruplar arasında yaş, boy, vücut ağırlığı, spor yaşı, pik uzama dönemlerine olan uzaklıkları ve beden kitle indeksleri değerlendirildiğinde istatistiksel anlamda bir fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.1. Sporculara ait bazı demografik özellikler

	Yaş (yıl)	Boy (cm)	VA (kg)	Spor yaşı (yıl)	PUDU (yıl)	BKİ (kg/m ²)
Gruplar	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$
GDA (n=11)	17,2±0,9	176±7,5	65,3±7,6	5,4±1,6	2,7±1,3	20,9±2,6
GA (n=12)	16,7±0,7	174±5,6	64,9±7,9	4,7±2	2,5±0,7	21,4±2,1
KA (n=13)	16,9±0,7	174±5,2	62,3±6,2	4,9±2,2	2,7±0,4	20,5±1,9

PUDU: Hızlı Uzaman Dönemine olan Uzaklık; VA: Vücut Ağırlığı; BKİ: Beden Kitle İndeksi;
GDA: Geleneksel Direnç Antrenman Grubu; GA: Güç Antrenman Grubu; KA: Karma Antrenman Grubu

4.2. 1MT ölçümleri

Çalışmamıza katılan gruplara ait 1MT değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan üç grubun ön ve son test değerleri arasında SQ, LE ve LC hareketleriyle 1MT ile kaldırdıkları yükler değerlendirildiğinde gruplar arasında GA ve KA grubu SQ son test 1RM değeri dışında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak her üç grubun da son test SQ, LE, LC hareketlerinde sporcuların 1MT'de kaldırabildikleri son test ağırlık değerleri ön test değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artmıştır. Bu veri yaptırılan antrenmanın türünden bağımsız olarak her bir uygulamanın kendi içerisinde kas kuvvet gelişimi açısından benzer özellikler gösterdiğini düşündürmüştür.

Çizelge 4 2. Çalışmamıza katılan gruplara ait 1MT değerleri

	GDA (n=10)		GA (n=12)		KA (n=13)		EB (Cohen's d)	P
	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test		
	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)		
SQ (kg)	73,25±16,06	94,41±14,6*	76,08±12,06	91,67±9,05*	74,3±7,54	102,46±9,1* ^{\$}		
<i>Fark</i>	21,17±8,35		15,58±8,28		28,15±12,45		0,532	0,022
<i>p</i>	0,002		0,002		0,001			
<i>EB</i>	2,535		1,882		2,260			
LE (kg)	103,17±19,4	120,67±18,1*	100,75±16,83	112,08±16,5*	97,85±15,23	113,46±16,16*		
<i>Fark</i>	17,50±17,93		11,33±11,72		15,62±12,07		0,195	0,510
<i>p</i>	0,002		0,015		0,001			
<i>EB</i>	0,975		0,967		1,294			
LC (kg)	74±7,77	89,67±13,32*	72,25±11,02	82±8,64*	71,23±10,16	84,07±7,44*		
<i>Fark</i>	15,67±11,41		9,75±6,08		12,85±7,70		0,293	0,313
<i>p</i>	0,002		0,002		0,001			
<i>EB</i>	1,372		1,605		1,668			

*Grup içi ön ve son test arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder. ^{\$} GA ve KA grupları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder.
 SQ= Squat, LE= Diz ekstansiyon, LC= Diz fleksiyon

4.3.Antrenman Programının Kapsam Yük ve Şiddete Etkisi

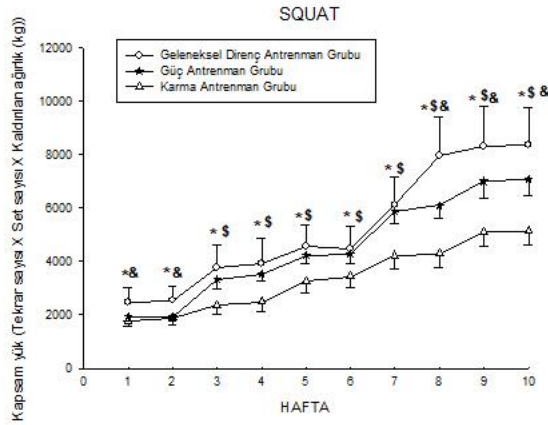
Gruplarımıza uygulanan 10 haftalık antrenman programımızda, haftalık antrenman yükleri Şekil 4.1-A, B, C ve 4.2-A, B, C’de verilmiştir. Squat, LE, LC hareketlerinde haftalık kapsam yük ortalamasına bakıldığında GDA, GA grupları arasında tüm antrenman periyodu boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüş ve GA grubundaki sporcuların yük kapsamı daha düşük bulunmuştur. GDA ile KA grupları arasında squat egzersizinde 1.-2.-8.-9. ve 10. haftalarda, LE hareketinde 1.-2.-4.-9. ve 10. haftalarda, leg curl hareketinde 1.-2.-3.-4.-5.-9. ve 10. haftalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüş ve elde edilen değerlerin GDA grubunda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan GA grubu ile KA’nın kapsam yükleri değerlendirildiğinde, beklendiği üzere KA grubunun kapsam yükü 3-10. haftalar arasında, leg ekstansiyon ve leg curl hareketlerinde ise 2-10. haftalar arasında GA’dan istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlılık göstermiştir ($p<0,05$).

Yaptırılan 10 haftalık antrenman programı şiddet yönünden değerlendirildiğinde kapsamla uyumlu olarak şiddetinde de anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1.). Squat egzersizinde uygulanan şiddet değerlendirildiğinde GA grubunun şiddet değerlerinin GDA ve KA gruplarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Verilerin ayrıntılı analizinde ise GA grubu değerlerinin 5-10. haftalar arasında GDA’dan, 1-8 haftalar arasında ise KA’dan istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Öte yandan GDA grubuna ait şiddet değerlerinin antrenmanın 1. ve 2. haftasında KA grubundan daha yüksek olduğu ve bu farkın anlamlılık gösterdiği gözlemlenmişken ilerleyen haftalarda GDA grubu değerleri KA’dan daha yüksek olmakla beraber aralarındaki farkın anlamlı olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

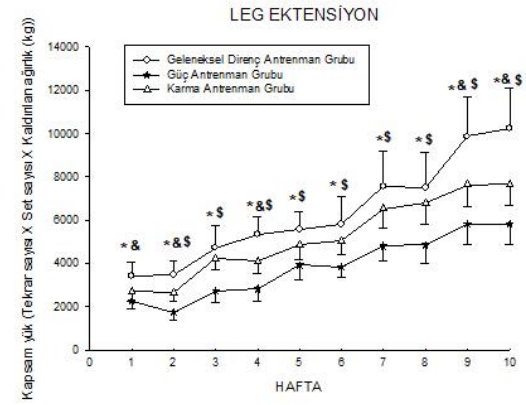
Çalışmanın diğer bir hareketi olan LE hareketinin şiddeti irdelendiğinde ise KA grubunun diğer iki antrenman grubu olan GDA ve GA’ya oranla daha düşük değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın GDA ve GA grubunun şiddet değerleri özellikle antrenmanın 3 ve 4. haftasında birbirine yaklaşıırken, antrenmanın ilerleyen sürecinde GDA grubuna ait veriler GA grubundan daha yüksek seyretmeye başlamıştır. Verilerin ayrıntılı analizinde GDA ile GA arasındaki şiddet farkı sadece 2. haftada istatistiksel olarak anlamlılık göstermiş ve GDA değerinin GA’dan daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Antrenman süreci boyunca bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak

anlamlılık göstermemiştir. Öte yandan GA ile KA arasındaki şiddet değerleri farkının 1-9. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. KA değerlerinin tüm çalışma boyunca diğer iki antrenman uygulamasına oranla düşük olduğu gözlenmiş olmakla birlikte GDA ile karşılaştırıldığında her iki grup arasındaki farkın 1-6. haftalar arasında anlamlılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$).

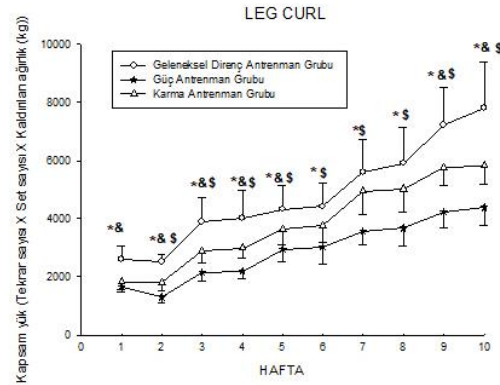
Çalışmanın son hareketi olan LC hareketinin şiddet verileri irdelendiğinde ise diğer iki harekete kıyasla antrenmanın bu hareketteki gelişmenin haftalar içerisinde daha stabil seyrettiği göze batmıştır. Diğer hareketlerle uyumlu olarak KA grubuna ait şiddet değerleri diğer gruplardan daha düşük bulunmuştur. Verilerin ayrıntılı analizinde ise GDA'ya ait şiddet değerlerinin 2. haftada GA'dan istatistiksel olarak anlamlılık gösteren bir yüksekliği olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca KA grubuna ait şiddet değerlerinin GDA'ya oranla 1.-2.-3.-4.-5.-9. ve 10. haftalarda, GA grubuna oranla ise 1.-2.4. ve 5. Haftalarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterecek şekilde daha düşük olduğu gösterilmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4 1-A. Squat hareketine ait kapsam yükü

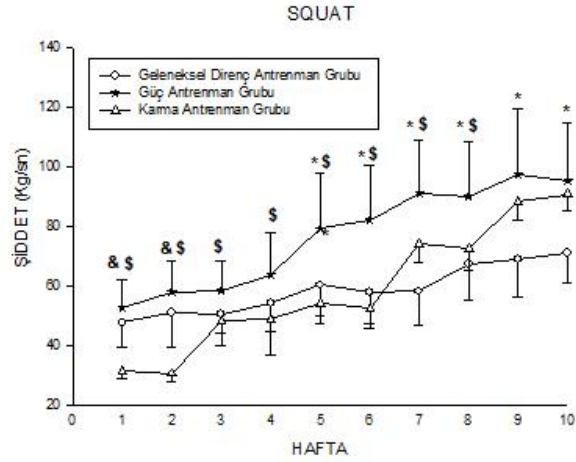


Şekil 4.1-B. Leg ekstansiyon hareketine ait kapsam yükü

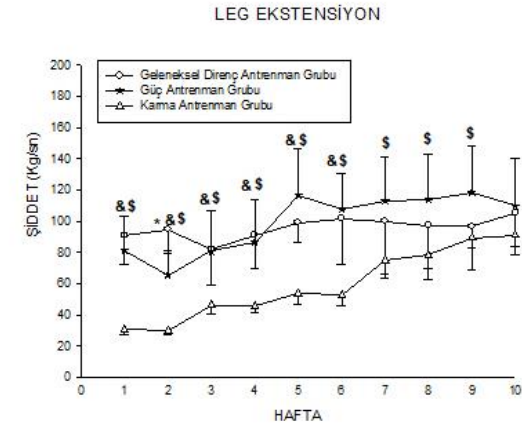


Şekil 4.1-C. Leg curl hareketine ait kapsam yükü

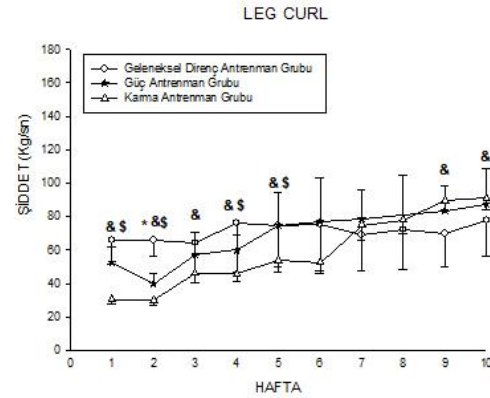
*GDA ile GA arasındaki istatistiksel farkı ifade etmektedir. &GDA ile KA arasındaki istatistiksel farkı ifade etmektedir. \$GA ile KA arasındaki istatistiksel farkı ifade etmektedir.



Şekil 4.2-A. Squat hareketine ait antrenman şiddeti



Şekil 4.2-B. Leg ekstansiyon hareketine ait antrenman şiddeti



Şekil 4.2-C. Leg curl hareketine ait antrenman şiddeti

*GDA ile GA arasındaki istatistiksel farkı ifade etmektedir. &GDA ile KA arasındaki istatistiksel farkı ifade etmektedir. \$GA ile KA arasındaki istatistiksel farkı ifade etmektedir.

4.4. Antropometrik Ölçümler

Çalışmaya katılan sporcuların gruplar arası, grup içi ön ve son test antropometrik ölçümlerine ait veriler Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel analizde her bir grupta vücut ağırlığı, %kas değeri ve uyluk çevre ölçümlerinin son test ortalama değerleri ön test ortalama değerlerinden daha yüksek çıkmış ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Buna karşın her üç antrenman grupları arasındaki fark irdelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ayrıca yaptırılan antrenmanın ön test ve son test verileri irdelendiğinde VKİ, %yağ, %kemik ve uyluk deri altı kıvrım kalınlıklarının hem gruplar arasında hem de grup içi değerlendirmede istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.3. Sporcuların antropometrik değerlerine ait gruplar arası ve grup içi ön ve son test değerleri

	GDA (n=11)		GA (n=12)		KA (n=13)		EB (Cohen' s d)	p
	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
Vücut Ağırlığı (kg)	65,3±7,6	66,3±8,1*	64,9±7,9	66,3±8,4*	62,3±6,2	63,8±5,8*	0,21	0,966
Fark	1 ± 1,3		1,4 ± 1,8		1,5 ± 2,2			
p	0,034*		0,022*		0,030*			
EB (η^2)	0,82		0,79		0,67			
VKİ (kg/m²)	20,9±2,6	21,1±2,8	21,4±2,1	21,7±2,4	20,5±1,9	20,8±1,8	0,09	0,880
Fark	0,2±0,4		0,3 ± 0,7		0,3 ± 0,8			
p	0,155		0,193		0,220			
EB	0,56		0,45		0,37			
% Yağ	11±3,8	9,8±2,9	11,3±3,7	10,4±3,3	10,2±2,8	10,3±2,7	0,28	0,244
Fark	-1,13 ± 2,7		-0,9 ± 2		0,12 ± 0,9			
p	0,189		0,155		0,628			
EB	0,45		0,44		0,11			
% Kemik	18,3±1,6	18,2±1,6	17,8±1,5	16,9±2,3	18,1±1,5	17,3±2,3	0,45	0,821
Fark	-0,2 ± 0,6		-0,9 ± 2,1		0,8 ± 2,3			
p	0,362		0,142		0,266			
EB	0,16		0,43		0,35			
% Kas	37,7±2,4	41,5±2,8*	39,1±2,7	42,8±2,3*	38,1±2,2	40,8±3*	0,18	0,918
Fark	3,8 ± 2,6		3,6 ± 2,1		2,7 ± 3,8			
p	0,001		<0,001*		0,028*			
EB	1,48		1,75		0,7			
Uyluk deri kıvrım kalınlığı(mm)	12,8±5,1	10,8±2,9	11,2±4,8	10,9±4,9	11,8±4,5	11,9±4,1	0,36	0,477
Fark	-2 ± 4,4		-0,3 ± 1,7		0,1 ± 1,6			
p	0,157		0,522		0,815			
EB	0,46		0,18		0,06			
Uyluk çevre ölçümü (cm)	48,7±3,3	51,1±3,6*	49,5±2,7	51,8±3,5*	47,2±3	50,3±2,7*	0,24	0,401
Fark	2,43 ± 1,3		2,3 ± 1,2		3,1 ± 1,8			
p	<0,001*		<0,001*		<0,001*			
EB	1,86		1,88		1,7			

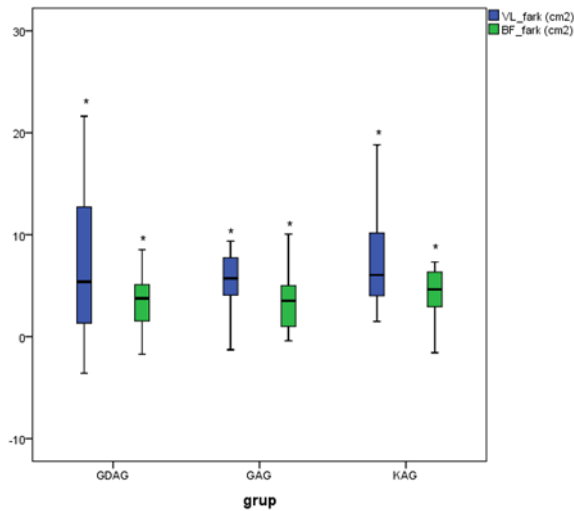
* Grup içi ön ve son test arasındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir.

4.4. Saha Performans Testleri

Yaptırılan özel antrenman modelinin sporcuların dikey sıçrama, çeviklik, sprint (0-10m, 0-20m, 0-30m) performansları irdelenerek değerlendirilmiş ve ön test ile son teste ait veriler Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Ön test ve son test verileri arasındaki fark yorumlandığında dikey sıçrama performansının grup içinde GDA ve KA gruplarında artmış olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buna ek olarak GDA grubunun sprint performansında istatistiksel olarak anlamlı etki yaptığı ve sporcuların 0-10m ile 0-20m sprint performanslarının geliştiği bulunmuştur ($p<0,05$). Saha performansının diğer değişkenleri ile belirtilen anlamlı farklılıklar dışında kalan hesaplamalarda gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratmadığı, yapılan özel antrenman uygulamasının söz konusu performans kriterlerini etkilemediği tespit edilmiştir ($p>0,05$).

4.5. Kas kesit alanının Ultrasonografik Değerlendirilmesi

Kas kesit alanında meydana gelen değişikliklere ait ön test ve son test verileri Şekil 4.3. ve Çizelge 4.5.'te verilmiştir. Vastus lateralis ve biceps femoris kaslarına ait veriler irdelendiğinde her üç antrenman grubunun da kas kesit alanını arttırdığı görülmüş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Öte yandan antrenman gruplarına ait veriler birbiri ile kıyaslandığında ortaya çıkan farkın istatistiksel olarak anlamlılık göstermediği de tespit edilmiştir ($p>0,05$).



Şekil 4.3. Sporcuların kas kesit alanlarının ön ve son test verilerinin karşılaştırılması.

* Grup içi ön ve son test arasındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.4. Sporcuların dikey sıçrama, çeviklik, sprint (0-10m, 0-20m, 0-30m) performanslarının gruplar arası ve grup içi ön ve son test değerleri karşılaştırılması

	GDA (n=10)		GA (n=12)		KA (n=13)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
Dikey Sıçrama(cm)	47,9±8,13	50,79±7,8*	48,01±6,5	47,18±5,18	47,01±4,3	48,62±4,66*		
<i>Fark</i>	2,85 ± 3,34		-0,83 ± 4,73		1,61 ± 2,18		0,45	0,149
<i>p</i>	0,024*		0,553		0,021*			
<i>EB</i>	0,87		0,18		0,74			
Çeviklik testi(sn)	5,07±0,33	4,97±0,21	5,14±0,24	5,08±0,17	5,1±0,31	5,03±0,27		
<i>Fark</i>	-0,10 ± 0,44		-0,05 ± 0,26		-0,07 ± 0,16		0,07	0,35
<i>p</i>	0,488		0,520		0,152			
<i>EB</i>	0,23		0,23		0,42			
0-10 m(sn)	1,68±0,04	1,62±0,06*	1,65±0,06	1,66±0,11	1,64±0,08	1,61±0,1		
<i>Fark</i>	- 0,06 ± 0,1		0,01 ± 0,1		0,03 ± 0,1		0,37	0,197
<i>p</i>	0,007*		0,718		0,337			
<i>EB</i>	1,02		0,09		0,31			
0-20 m(sn)	2,95±0,07	2,92±0,08*	2,92±0,08	2,95±0,15	2,88±0,12	2,88±0,17		
<i>Fark</i>	-0,58 ± 0,73		0,02 ± 0,14		-0,01 ± 0,13		0,76	0,412
<i>p</i>	0,034*		0,535		0,803			
<i>EB</i>	0,49		0,21		0			
0-30 m(sn)	4,15±0,10	4,09±0,13	4,19±0,14	4,18±0,18	4,08±0,16	4,08±0,24		
<i>Fark</i>	-0,06 ± 0,09		-0,01 ± 0,15		0,00 ± 0,14		0,25	0,478
<i>p</i>	0,070		0,816		>0,999			
<i>EB</i>	0,67		0,06		0			

* Grup içi ön ve son test arasındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.5. Sporcuların kas kesit alanlarının ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması

	GDA (n=11)		GA(n=12)		KA (n=13)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
Vastus Lateralis kası(cm²)	26,53±5,29	33,91±5,87*	28,63±5,28	34,63±6,3*	26,76±3,61	33,35±5,33*	0,09	0,951
<i>Fark</i>	7,39 ± 8,2		6 ± 4,18		6,59 ± 6,41			
<i>p</i>	0,014		<0,001		0,003			
<i>EB</i>	0,9		1,44		1,03			
Biceps Femoris kası(cm²)	14,8±3,2	18,2±2,1*	15,6±2,6	20,1±4,1*	14,9±2,8	18,5±3,3*	0,11	0,844
<i>Fark</i>	3,41 ± 3,18		4,46 ± 5,2		3,65 ± 3,56			
<i>p</i>	0,005		0,013		0,003			
<i>EB</i>	1,06		0,86		1,01			

*Grup içi istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

4.6. Diz Ekstansör ve Fleksör Kaslarına ait İzokinetik Test Verilerinin Değerlendirilmesi

Sporculara yaptırılan üç ayrı antrenman uygulamasının diz ekstansör ve fleksör kas grupları üzerine olan izokinetik değerlendirmeleri dominant ve nondominant ekstremitelerde yapılan 60-180 ve 240°/sn'lik açısal hızla yaptırılan hareketlerle gerçekleştirilmiştir Şekil 4.4., 4.5. ve 4.6'da verilmiştir. Çalışmanın başında yapılan ön test verileri irdelendiğinde her üç gruba ait ortalama değerler arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Sonuçların ayrıntılı analizinde her üç antrenman uygulamasında da 60°/sn ve 180°/sn açısal hız dominant bacak ekstansiyon normalize pik tork değerleri her üç grupta da istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,05$), 240°/sn açısal hızda anlamlı bir değişim görülmemiştir ($p>0,05$). Ekstansiyondan farklı olarak fleksiyon hareketinde ise gelişme tüm gruplarda paralellik göstermemiştir. GA'ya ait normalize pik tork değerleri 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlarda, istatistiksel olarak anlamlılık gösterecek şekilde yüksek bulunmuşken, KA grubundaki artış sadece 60°/sn'de anlamlılık göstermiştir ($p<0,05$). GDA'ya ait fleksiyon normalize pik tork değerlerinde bir miktar gelişim görülmüş olmakla beraber, ön test son test arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Son test verileri her üç gruba ait son test verileri arasındaki fark da anlamlılık göstermemiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. Sporcuların dominant bacaklarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması

		GDA (n=11)		GA (n=12)		KA (n=12)		EB (Cohen's d)	p
		Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
60°/sn	Ekst.	3,15±0,41	3,38±0,46*	2,98±0,28	3,3±0,45*	2,89±0,31	3,2±0,46*	0,14	0,849
	Fark	0,22 ± 0,26		0,34 ± 0,31		0,3 ± 0,43			
	p	0,018		0,003		0,028			
	EB	0,87		1,02		0,72			
	Fleks.	1,89±0,24	1,99±0,25	1,76±0,23	1,99±0,3*	1,82±0,23	2,01±0,24*	0,21	0,389
	Fark	0,1 ± 0,27		0,22 ± 0,19		0,19 ± 0,27			
	p	0,256		0,002		0,024*			
	EB	0,38		1,19		0,71			
180°/sn	Ekst.	2,19±0,28	2,37±0,29*	2,11±0,21	2,35±0,31*	2,05±0,13	2,29±0,22*	0,14	0,897
	Fark	0,17 ± 0,17		0,24 ± 0,29		0,24 ± 0,22			
	p	0,008		0,017		0,002			
	EB	1,05		0,81		1,11			
	Fleks.	1,33±0,14	1,48±0,21	1,37±0,2	1,47±0,22*	1,43±0,16	1,48±0,14	0,2	0,601
	Fark	0,15 ± 0,24		0,1 ± 0,13		0,05 ± 0,15			
	p	0,062		0,022		0,210			
	EB	0,61		0,78		0,34			
240°/sn	Ekst.	1,59±0,28	1,43±0,33	1,34±0,18	1,39±0,22	1,48±0,19	1,57±0,2	0,39	0,262
	Fark	-0,15 ± 0,32		0,05 ± 0,25		0,09 ± 0,24			
	p	0,136		0,497		0,196			
	EB	0,51		0,20		0,36			
	Fleks.	1,16±0,14	1,12±0,17	1,13±0,16	1,09±0,18	1,15±0,17	1,16±0,18	0,14	0,485
	Fark	-0,04 ± 0,22		-0,04 ± 0,14		0,01 ± 0,13			
	p	0,600		0,383		0,707			
	EB	0,18		0,28		0,07			

* Grup içi istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

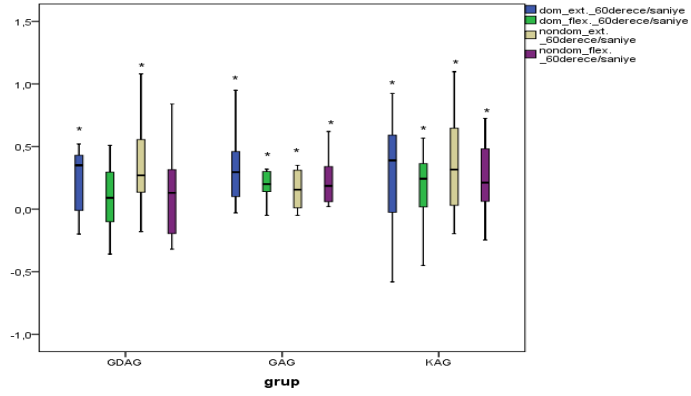
Sporcuların nondominant bacağına diz ekstansör ve fleksör kaslarının normalize pik tork ön ve son test ortalamalarına ait değerler Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Nondominant bacağına ait ön test verilerinin her üç grupta da birbirinden farklılık göstermemiştir. Dominant ekstremite verilerine benzer şekilde yaptırılan farklı antrenman modelleri sonrasında elde edilen test verileri irdelendiğinde, uygulanan antrenmanların normalize pik tork verilerinde anlamlı bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Grup içi gelişim değerlendirildiğinde ise 60°/sn açısal hız

ekstansiyona ait normalize pik tork ortalamaları her üç grupta da kendi içerisinde anlamlı düzeyde artış göstermiştir ($p<0,05$). Öte yandan $180^\circ/\text{sn}$ açısal hız ekstansiyona ait normalize pik tork değerleri GDA ve GA'da artış gösterirken ($p<0,05$), KA'daki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). $180^\circ/\text{sn}$ açısal hızdan farklı olarak $240^\circ/\text{sn}$ açısal hızda bu kez KA'daki normalize pik tork değer artışı istatistiksel olarak anlamlılık göstermiş ($p<0,05$), GDA ve GA'da gelişim ise anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Nondominant diz fleksör kaslarının ön test ve son test ortalama pik tork değerleri irdelendiğinde gruplar arasında herhangi bir farklılığın olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Kas normalize pik tork gelişimi değerlendirildiğinde ise son test sonrasında GA ve KA'da sadece $60^\circ/\text{sn}$ 'lik açısal hızda istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Çalışmada değerlendirmeye alınan diğer açısal hızlara ait fleksiyon ortalama pik tork değerlerinin nondominant ekstremitede yapılan antrenmanların anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.7. Sporcuların nondominant bacaklarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması

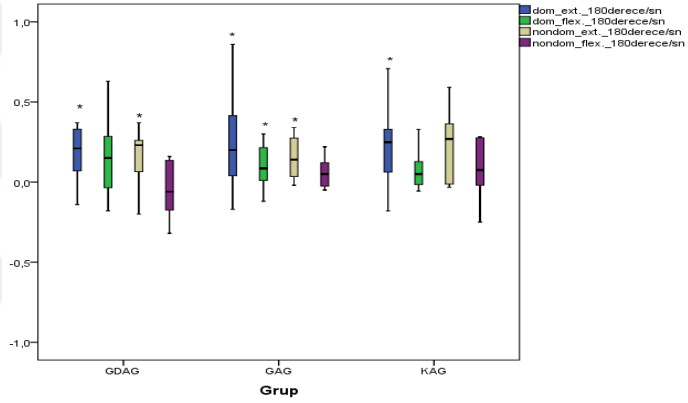
		GDA (n=11)		GA (n=12)		KA (n=12)		EB (Cohen's d)	P
		Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
60°/sn	Ekst.	2,97±0,36	3,34±0,45*	2,8±0,22	3,08±0,4*	2,73±0,36	3,1±0,34*	0,34	0,643
	Fark	0,04 ± 0,38		0,28 ± 0,41		0,37 ± 0,41			
	p	0,011		0,036*		0,011*			
	EB	0,95		0,68		0,9			
	Fleks.	1,73±0,23	1,86±0,25	1,59±0,12	1,81±0,23*	1,63±0,27	1,88±0,23*	0,18	0,66
	Fark	0,12 ± 0,37		0,22 ± 0,19		0,25 ± 0,28*			
	p	0,294		0,002		0,011			
	EB	0,36		1,16		0,9			
180°/sn	Ekst.	2,14±0,23	2,33±0,26*	2,05±0,21	2,21±0,23*	2,01±0,2	2,19±0,3	0,05	0,517
	Fark	0,19 ± 0,25		0,16 ± 0,13		0,18 ± 0,39			
	p	0,03		0,001		0,116			
	EB	0,74		1,24		0,54			
	Fleks.	1,34±0,11	1,35±0,19	1,29±0,14	1,34±0,15	1,32±0,18	1,46±0,27	0,28	0,419
	Fark	0,01 ± 0,26		0,05 ± 0,09		0,13 ± 0,29			
	p	0,902		0,059		0,125			
	EB	0,04		0,56		0,48			
240°/sn	Ekst.	1,46±0,25	1,56±0,41	1,26±0,22	1,42±0,3	1,39±0,2	1,58±0,33*	0,12	0,776
	Fark	0,10 ± 0,34		0,16 ± 0,4		0,19 ± 0,28			
	p	0,333		0,179		0,034			
	EB	0,3		0,4		0,67			
	Fleks.	1,09±0,11	1,05±0,27	1,08±0,11	0,98±0,31	1,15±0,24	1,13±0,13	0,26	0,659
	Fark	-0,04 ± 0,28		-0,11 ± 0,32		-0,19 ± 0,21			
	p	0,622		0,291		0,749			
	EB	0,14		0,32		0,1			

*Grup içi istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.



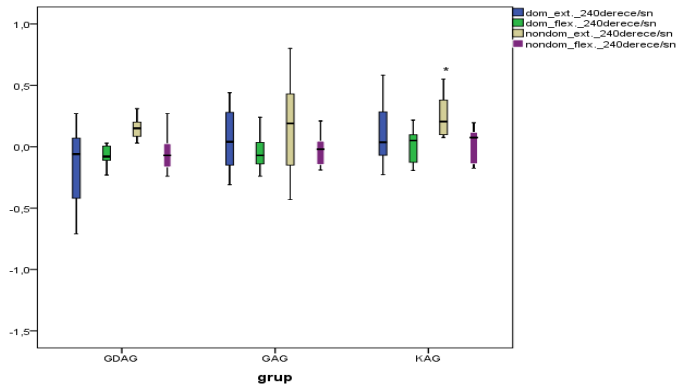
Şekil 4.4. Sporcuların diz 60 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.

*Grup içi istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.5. Sporcuların diz 180 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.

*Grup içi istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4. 6. Sporcuların diz 240 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması.

* Grup içi istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.7. Kalça Ekstansör ve Fleksör Kaslarına ait İzokinetik Test Verilerinin Değerlendirilmesi

Sporculara yaptırılan üç ayrı antrenman uygulamasının kalça ekstansör ve fleksör kas grupları üzerine olan izokinetik değerlendirmeleri dominant ve nondominant ekstremitelerde yapılan 60-180 ve 240°/sn'lik açısal hızla yaptırılan hareketlerle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ham veriler yük aralığı belirlendikten sonra değerlendirilmeye alınmış ve normalize pik tork ön ve son test verileri Şekil 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.

Gruplar arasındaki ön test değerleri irdelendiğinde 180°/sn açısal hız ekstansiyon kalça kuvveti KA ve GA'ya ait ön test değerleri arasında anlamlı bir fark görülmüştür ($p<0,05$). Çalışmanın başında yapılan ön test verileri irdelendiğinde diğer açısal hızlarda yapılan hareketlerde gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Yapılan ölçümlerde çalışmamıza katılan tüm sporcular ön ve son testlerde 240°/sn açısal hızı yakalayamamıştır. Bu nedenle yapılan istatistiksel analizlerde 240°/sn açısal hıza ait veriler değerlendirmeye alınmamıştır. 60 ve 180°/sn'lik açısal hızlarda tüm grupların dominant kalça hem ekstansör hem de fleksör kaslarına ait normalize pik tork ön test ve son test ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.8.).

Sporcuların nondominant kalça ekstansiyon ve fleksiyondan sorumlu kasların normalize pik tork ön ve son test ortalamalarına ait değerler Çizelge 4.9. ve Şekil 4.8.'de verilmiştir. Yapılan detaylı istatistiksel değerlendirme sonucunda ön test ve son test verileri irdelendiğinde gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ve uygulanan antrenman modellerinin özelde herhangi bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Grup içi veriler irdelendiğinde ise GA'nın 60-180°/sn açısal hızlarda yapılan ekstansiyonda normalize pik tork değerini anlamlı olarak arttırdığı, KA grubunda ise 60°/sn'lik açısal hızdaki gelişmenin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun dışındaki verilerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.8. Sporcuların dominant kalçalarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması

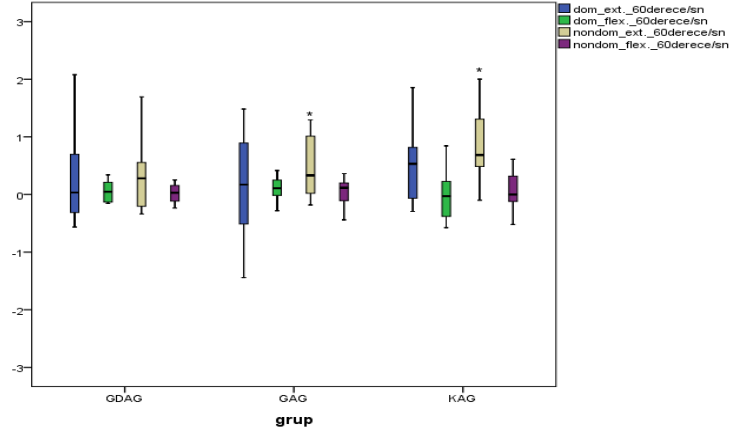
		GDA (n=11)		GA (n=11)		KA (n=13)		EB (Cohen's d)	P
		Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X}\pm S.S$)	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X}\pm S.S$)		
60°/sn	Ekst.	3,97±0,88	4,11±0,66	3,92±0,77	4,03±0,69	3,82±0,84	4,23±1,02	0,125	0,424
	Fark	0,15 ± 1,05		0,11 ± 1		0,41 ± 1,13			
	p	0,664		0,715		0,219			
	EB	0,346		0,277		0,385			
	Fleks.	2,2±0,30	2,25±0,31	2,07±0,22	2,23±0,33	2,1±0,27	2,06±0,39	0,212	0,345
	Fark	0,05 ± 0,36		0,16 ± 0,33		-0,04 ± 0,41			
	p	0,645		0,131		0,755			
	EB	0,145		0,483		0,106			
180°/sn	Ekst.	2,84±0,47	2,61±1,01	2,29±0,97	2,61±1,11 ^s	3,02±0,38	2,26±1,46	0,368	0,039
	Fark	-0,23 ± 0,85		0,31 ± 0,98		-0,76 ± 1,48			
	p	0,390		0,315		0,089			
	EB	0,272		0,325		0,513			
	Fleks.	1,19±0,2	1,11±0,45	1,07±0,19	1,14±0,21	1,15±0,19	1,11±0,18	1,469	0,401
	Fark	-0,78 ± 0,36		0,06 ± 0,18		-0,04 ± 0,23			
	p	0,491		0,272		0,578			
	EB	0,223		0,377		0,178			

*Grup içi istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. ^{\$}KA ile GA arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

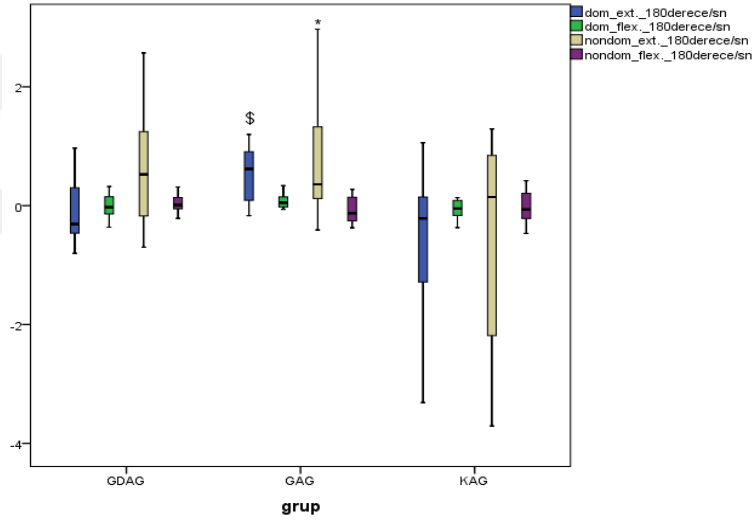
Çizelge 4.9. Sporcuların nondominant kalçalarına ait normalize izokinetik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması

		GDA (n=11)		GA (n=11)		KA (n=13)		EB (Cohen's d)	p
		Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
60°/sn	Ekst.	3,7±0,91	3,9±0,5	3,35±0,74	3,85±0,54*	3,72±0,77	4,56±0,62*	0,359	0,186
	Fark	0,19 ± 1		0,49 ± 0,55		0,84 ± 0,66			
	p	0,538		0,014		0,001			
	EB	0,198		0,910		1,288			
	Fleks.	2,02±0,27	2,02±0,39	1,9±0,23	1,98±0,3	1,85±0,27	1,9±0,3	0,094	0,869
	Fark	0,00 ± 0,34		0,08 ± 0,32		0,05 ± 0,38			
	p	0,989		0,415		0,618			
	EB	0		0,246		0,133			
180°/sn	Ekst.	2,18±1,11	2,85±0,49	1,66±1,3	2,41±1,03*	2,63±0,62	2,11±1,49	0,410	0,274
	Fark	0,67 ± 1,11		0,75 ± 1		-0,52 ± 1,71			
	p	0,074		0,033		0,293			
	EB	0,601		0,752		0,304			
	Fleks.	1,05±0,19	1,08±0,19	1,22±0,35	1±0,21	1±0,25	0,97±0,2	0,297	0,445
	Fark	0,03 ± 0,16		-0,22 ± 0,61		-0,03 ± 0,29			
	p	0,507		0,256		0,681			
	EB	0,184		0,651		0,105			

* Grup içi istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.



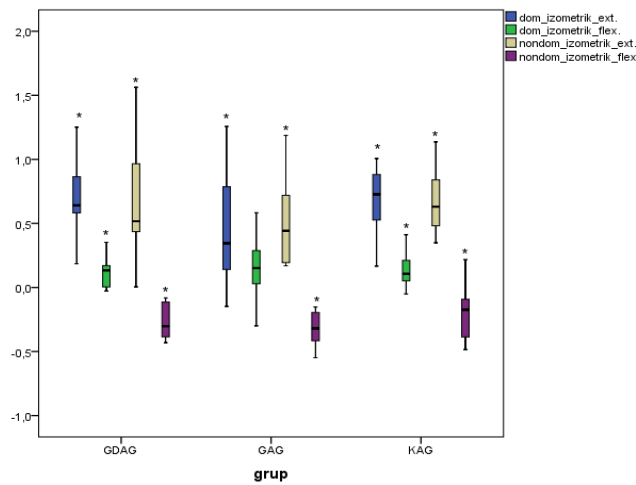
Şekil 4.7. Sporcuların kalça 60 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması. (* Grup içi istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).)



Şekil 4.8. Sporcuların kalça 180 derece/saniye açısal hız dominant-nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test farklarının karşılaştırılması. (* Grup içi istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. *KA ile GA arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.)

4.8. Diz Ekstansör ve Fleksör Kaslarına ait İzometrik Test Verilerinin Değerlendirilmesi

Sporcuların dominant ve nondominant bacaklarına ait 60°'lik diz açısında yapılan 10 saniyelik maksimal izometrik ekstansiyon ve fleksiyon kontraksiyonlarına ait normalize pik tork ön test ve son test ortalama değerleri ile istatistiksel analiz sonuçları Şekil 4.9.'da verilmiştir. Dominant bacağın ekstansör kas gruplarına ait normalize pik tork verileri irdelendiğinde her üç antrenman grubunda da anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak aynı hareket sırasında ortaya çıkan ortalama normalize pik tork değerlerindeki gelişimin gruplar arasında anlamlı bir fark göstermediği görülmüştür ($p>0,05$). Diz ekstansörlerinin izokinetik kasılması sırasında kaydedilen normalize pik tork verileri nondominant ekstremité bağlamında irdelendiğinde benzer şekilde grup içinde istatistiksel olarak anlamlı gelişimin olduğu, buna karşın gruplar arasındaki farkın anlamlı olmadığı görülmüştür. Diz ekstremitésinin dominant fleksör kas grubuna ait izometrik kas kasılması sırasında ise GDA ve KA grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu ($p<0,05$), buna karşın GA grubundaki artışın anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Öte yandan nondominant fleksör kas grubunun izometrik değerlendirilmesinde beklenilenin tersine son test sonrasında bir izometrik pik tork değerinde bir azalma olduğu ve bu azalmanın her üç antrenman grubunda da istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Gruplar arası ön ve son test normalize pik tork değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.10.).



Şekil 4.9. Sporcuların dominant ve nondominant izometrik ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork ön ve son test verilerinin farklarının karşılaştırılması.

*Grup içi istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.10. Sporcuların normalize izometrik kuvvet ön test verilerinin son test verilerine göre istatistiksel kıyaslanması

		GDA (n=10)		GA (n=10)		KA (n=13)		EB (Cohen's d)	p
		Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
Dominant Bacak	Eks.	3,43±0,32	4,11±0,4*	3,34±0,41	3,89±0,76*	3,41±0,34	4,05±0,44*	0,15	0,568
	Fark	0,68 ± 0,4		0,55 ± 0,59		0,64 ± 0,28			
	p	<0,001		0,016		<0,001			
	EB	1,72		0,93		2,33			
	Fleks.	1,88±0,18	2,03±0,25*	1,69±0,18	1,92±0,41	1,9±0,28	2,03±0,36*	0,16	0,943
	Fark	0,15 ± 0,18		0,22 ± 0,37		0,13 ± 0,19			
	p	0,025		0,092		0,043			
	EB	0,83		0,62		0,69			
Nondominant Bacak	Eks.	3,28±0,39	3,9±0,46*	3,15±0,39	3,66±0,49*	3,27±0,37	3,93±0,37*	0,19	0,507
	Fark	0,62 ± 0,47		0,5 ± 0,34		0,67 ± 0,33			
	p	0,002		0,001		<0,001			
	EB	1,33		1,51		1,98			
	Fleks.	1,72±0,14	1,49±0,19*	1,68±0,34	1,39±0,23*	1,67±0,22	1,45±0,19*	0,12	0,738
	Fark	-0,23 ± 0,23		-0,28 ± 0,22		-0,22 ± 0,23			
	p	0,011*		0,002*		0,005*			
	EB	1,02		1,33		0,97			

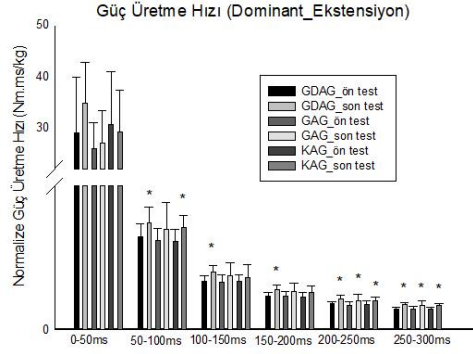
* Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

4.9. İzometrik Kasılma Sırasında Kaydedilen Kuvvet Geliştirme Kapasitesi Verilerinin Zamana Bağlı Değişimi

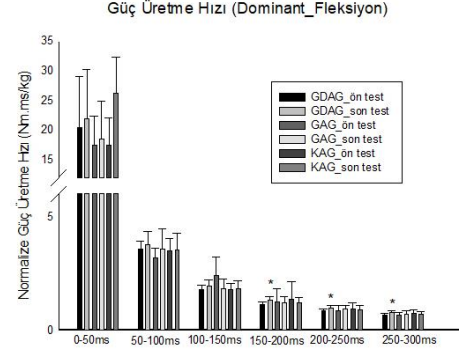
Sporcuların dominant ve nondominant diz ekstremitelerinin izometrik kas kontraksiyonları sırasında ölçülen normalize RFD kapasitesi değerlerinin istatistiksel analizi Şekil 4.10-A., B., C., ve D.'de verilmiştir. Ön test sonuçları irdelendiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Dominant ekstremitte için ekstansör kasılmalara ait ön test ve son test verileri değerlendirildiğinde ise GDA grubunun 50-100ms, 100-150ms, 150-200ms, 200-250ms, 250-300ms'ye ait son test verileri ön test verilerine oranla daha yüksek bulunmuş ve fark istatistiksel olarak anlamlılık göstermiştir ($p<0,05$). Benzer kasılmanın GA grubu için yapılan değerlendirilmesinde son test sırasında 200-250ms ve 250-300ms aralığında, KA grubunda ise 50-100ms, 200-250ms ve 250-300ms zaman aralıklarında anlamlı olarak artış gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.11.). Aynı değerlendirmenin fleksör kas grubu için yapıldığı durumlarda dominant bacak normalize fleksiyon güç üretme hızı 150-200ms, 200-250ms, 250-300ms'ye ait son test verileri ön test verilerine oranla GDA grubunda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği görülmüştür ($p>0,05$). Buna karşın fleksör kasların diğer gruplara ait RFD kapasiteleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.12.).

Benzer değişkenlerin nondominant diz ekstansör ve fleksör kaslarının normalize RFD bağlamında değerlendirilmesi yapıldığında, gruplar arasında ön ve son test sonrası istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Ekstansör kaslarının normalize RFD kapasitesi antrenman modelleri özelinde irdelendiğinde ise GDA 100-150ms, 150-200ms, 250-300ms; GA 50-100ms, 100-150ms, 150-200ms, 250-300ms'lik zaman aralıkları ile KA'nın 50-100ms, 150-200ms, 200-250ms, 250-300ms'lik zaman aralıklarına ait son test değerlerinin ön test değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu ve arttığı bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.13.). Aynı açıda yapılan izometrik fleksiyon kasılmalarında da ön test ve son test değerleri arasında gruplar arasında bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Antrenman modellerinin özeline inildiğinde ise GDA grubunda diz fleksiyonundan sorumlu kasların normalize kuvvet geliştirme kapasitesi 150-200ms, 200-250ms; GA, 250-300ms'lik zaman aralığında, KA grubunda ise 200-250ms ve 250-300ms'lik zaman aralıklarında

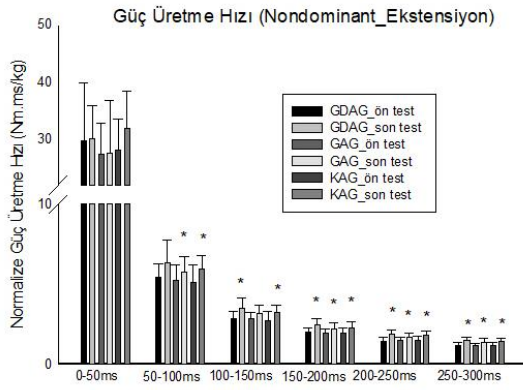
son test değerleri ön test değerlerine oranla istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklılık göstermiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.14.).



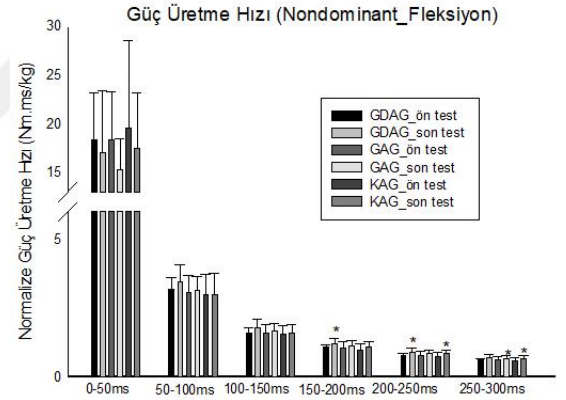
Şekil 4.10-A. Dominant ekstansiyon



Şekil 4.10-B. Dominant Fleksiyon



Şekil 4.10-C. Nondominant Ekstansiyon



Şekil 4.10-D. Nondominant Fleksiyon

* Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.11. Dominant ekstansiyon bacağı ait RFD değerleri

	GDA (n=10)		GA (n=10)		KA(n=13)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
0-50ms	28,9 $\pm$ 10,89	34,65 $\pm$ 8,14	25,97 $\pm$ 4,91	26,92 $\pm$ 6,45	30,63 $\pm$ 10,3	29,1 $\pm$ 8,11		
<i>Fark</i>	5,74 $\pm$ 13,44		0,96 $\pm$ 5,71		-1,53 $\pm$ 11,86		0,432	0,130
<i>P</i>	0,210		0,608		0,650			
<i>EB</i>	0,427		0,166		0,129			
50-100ms	5,81 $\pm$ 0,82	6,67 $\pm$ 0,98*	5,56 $\pm$ 0,78	6,23 $\pm$ 1,68	5,54 $\pm$ 0,72	6,37 $\pm$ 0,38*		
<i>Fark</i>	0,87 $\pm$ 0,88		0,72 $\pm$ 1,4		0,83 $\pm$ 0,72		0,061	0,939
<i>P</i>	0,013		0,139		0,001			
<i>EB</i>	0,979		0,48		1,373			
100-150ms	3,03 $\pm$ 0,32	3,62 $\pm$ 0,4*	2,95 $\pm$ 0,47	3,39 $\pm$ 0,79	3 $\pm$ 0,4	3,38 $\pm$ 0,78		
<i>Fark</i>	0,59 $\pm$ 0,36		0,44 $\pm$ 0,63		0,28 $\pm$ 0,95		0,215	0,778
<i>P</i>	0,001		0,055		0,308			
<i>EB</i>	1,633		0,692		0,402			
150-200ms	2,11 $\pm$ 0,21	2,51 $\pm$ 0,26*	2,07 $\pm$ 0,3	2,37 $\pm$ 0,55	2,06 $\pm$ 0,25	2,32 $\pm$ 0,4		
<i>Fark</i>	0,4 $\pm$ 0,25		0,3 $\pm$ 0,47		0,26 $\pm$ 0,51		0,168	0,627
<i>P</i>	0,001		0,075		0,089			
<i>EB</i>	1,563		0,634		0,514			
200-250ms	1,61 $\pm$ 0,15	1,93 $\pm$ 0,22*	1,53 $\pm$ 0,21	1,82 $\pm$ 0,4*	1,58 $\pm$ 0,2	1,83 $\pm$ 0,22*		
<i>Fark</i>	0,32 $\pm$ 0,22		0,29 $\pm$ 0,3		0,25 $\pm$ 0,27		0,117	0,666
<i>P</i>	0,001		0,015		0,007			
<i>EB</i>	1,454		0,953		0,906			
250-300ms	1,27 $\pm$ 0,14	1,56 $\pm$ 0,15*	1,27 $\pm$ 0,17	1,49 $\pm$ 0,33*	1,28 $\pm$ 0,14	1,5 $\pm$ 0,16*		
<i>Fark</i>	0,30 $\pm$ 0,15		0,22 $\pm$ 0,25		0,21 $\pm$ 0,14		0,220	0,341
<i>P</i>	<0,001		0,022		<0,001			
<i>EB</i>	1,913		0,855		1,564			

* Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

Çizelge 4.12. Dominant fleksiyon bacağı ait RFD değerleri

	GDA (n=10)		GA (n=10)		KA(n=11)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test		
	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)		
0-50ms	20,37±8,59	21,83±8,33	17,48±4,8	18,49±6,43	17,81±4,89	26,23±20,06	0,229	0,53
<i>Fark</i>	1,46 ± 8,22		1,01 ± 6,98		8,41 ± 21,26			
<i>P</i>	0,588		0,657		0,219			
<i>EB</i>	0,178		0,145		0,396			
50-100ms	3,58±0,34	3,74±0,6	3,19±0,42	3,55±0,88	3,53±0,55	3,54±0,71	0,222	0,676
<i>Fark</i>	0,16 ± 0,52		0,36 ± 0,78		0,01 ± 0,82			
<i>P</i>	0,353		0,177		0,96			
<i>EB</i>	0,310		0,465		0,012			
100-150ms	1,78±0,19	1,94±0,27*	2,42±2,58	1,81±0,43	1,81±0,29	1,81±0,35	0,296	0,686
<i>Fark</i>	0,16 ± 0,22		-0,61 ± 2,73		-0,01 ± 0,42			
<i>P</i>	0,044		0,499		0,951			
<i>EB</i>	0,713		0,223		0			
150-200ms	1,14±0,09	1,3±0,17*	1,22±0,61	1,22±0,26	1,19±0,2	1,2±0,22	0,192	0,584
<i>Fark</i>	0,16 ± 0,14		-0,01 ± 0,69		0,01 ± 0,3			
<i>P</i>	0,006		0,979		0,897			
<i>EB</i>	1,120		0		0,034			
200-250ms	0,85±0,09	0,96±0,11*	0,84±0,26	0,91±0,18	0,88±0,15	0,88±0,19	0,230	0,6
<i>Fark</i>	0,11 ± 0,13		0,07 ± 0,033		0 ± 0,25			
<i>P</i>	0,024		0,499		0,939			
<i>EB</i>	0,873		0,214		0			
250-300ms	0,67±0,08	0,77±0,08*	0,65± 0,14	0,71±0,15	0,7±0,12	0,7±0,13	0,424	0,264
<i>Fark</i>	0,1 ± 0,09		0,07 ± 0,21		0 ± 0,15			
<i>P</i>	0,009		0,348		0,948			
<i>EB</i>	1,044		0,287		0			

* Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

Çizelge 4.13. Nondominant ekstansiyon bacağı ait RFD değerleri

GDA (n=10)		GA (n=10)		KA(n=13)		EB (Cohen's d)	p	
Ön test	Son Test	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test			
($\bar{X}\pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X}\pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X}\pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)			
0-50ms	29,68±10,17	29,98±5,83	27,31±5,5	27,54±9,11	28,03±5,37	31,95±6,42	0,179	0,713
Fark	0,29 ± 11,42		0,24 ± 10,4		3,92 ± 9,79			
P	0,937		0,944		0,174			
EB	0,026		0,022		0,400			
50-100ms	5,45±0,8	6,36±1,41	5,21±0,96	5,76±0,97*	5,13±1,05	5,9±0,9*	0,154	0,815
Fark	0,9 ± 1,4		0,55 ± 0,76		0,78 ± 0,8			
P	0,072		0,047		0,004			
EB	0,651		0,730		0,961			
100-150ms	2,86±0,43	3,51±0,65*	2,84±0,42	3,14±0,54	2,75±0,53	3,21±0,48*	0,303	0,234
Fark	0,65 ± 0,57		0,3 ± 0,46		0,47 ± 0,4			
P	0,006		0,069		0,001			
EB	1,130		0,643		1,160			
150-200ms	2±0,23	2,45±0,39*	1,94±0,28	2,21±0,41*	1,91±0,32	2,29±0,34	0,228	0,447
Fark	0,45 ± 0,34		0,27 ± 0,35		0,38 ± 0,24			
P	0,002		0,040		<0,001			
EB	1,337		0,765		1,611			
200-250ms	1,44±0,22	1,85±0,29	1,46±0,21	1,7±0,26	1,47±0,26	1,78±0,26	0,284	0,263
Fark	0,4 ± 0,29		0,24 ± 0,17		0,31 ± 0,18			
P	0,002		0,001		<0,000			
EB	1,420		1,430		1,703			
250-300ms	1,17±0,16	1,48±0,19*	1,17±0,15	1,39±0,23*	1,2±0,18	1,45±0,19*	0,236	0,578
Fark	0,32 ± 0,2		0,22 ± 0,15		0,25 ± 0,15			
P	0,001		0,001		<0,001			
EB	1,564		1,467		1,678			

*Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

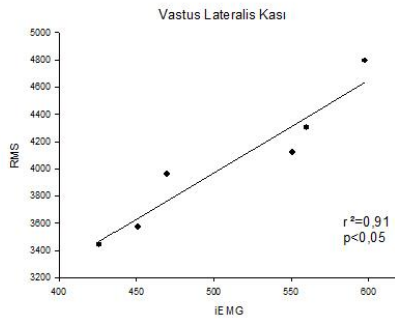
Çizelge 4.14. Nondominant fleksiyon bacağı ait RFD değerleri

	GDA (n=10)		GA (n=10)		KA(n=13)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test		
	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)		
0-50ms	18,32±4,84	17,03±6,3	18,31±4,96	15,3±3,17	19,54±9,03	17,41±5,78	0,122	0,821
<i>Fark</i>	-1,28 ± 6,99		-3,01 ± 4,65		-2,13 ± 7,58			
<i>P</i>	0,575		0,071		0,331			
<i>EB</i>	0,229		0,646		0,281			
50-100ms	3,16±0,42	3,45±0,61	3,05±0,63	3,12±0,53	3±0,71	2,99±0,77	0,230	0,538
<i>Fark</i>	0,29 ± 0,56		0,07 ± 0,49		-0,01 ± 0,69			
<i>P</i>	0,135		0,655		0,953			
<i>EB</i>	0,523		0,143		0,014			
100-150ms	1,61±0,17	1,79±0,29	1,59±0,31	1,65±0,28	1,54±0,31	1,6±0,32	0,184	0,523
<i>Fark</i>	0,18 ± 0,32		0,06 ± 0,22		0,06 ± 0,35			
<i>P</i>	0,101		0,395		0,572			
<i>EB</i>	0,561		0,268		0,170			
150-200ms	1,08±0,9	1,19±0,2*	1,05±0,22	1,13±0,20	0,99±0,2	1,1±0,18	0,077	0,869
<i>Fark</i>	0,11 ± 0,16		0,08 ± 0,16		0,11 ± 0,23			
<i>P</i>	0,045		0,127		0,111			
<i>EB</i>	0,140		0,515		0,498			
200-250ms	0,79±0,08	0,89±0,14*	0,79±0,15	0,85±0,14	0,74±0,16	0,85±0,12*	0,259	0,821
<i>Fark</i>	0,1 ± 0,12		0,05 ± 0,09		0,11 ± 0,17			
<i>P</i>	0,027		0,105		0,043			
<i>EB</i>	0,837		0,644		0,620			
250-300ms	0,62±0,05	0,71±0,12	0,61±0,12	0,66±0,09*	0,6±0,12	0,68±0,08*	0,119	0,798
<i>Fark</i>	0,09 ± 0,12		0,06 ± 0,08		0,08 ± 0,12			
<i>P</i>	0,056		0,044		0,029			
<i>EB</i>	0,705		0,613		0,680			

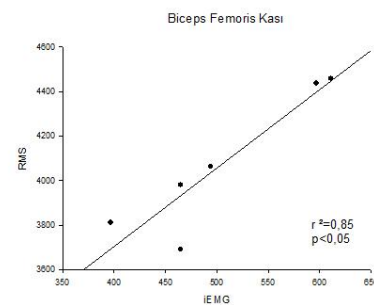
*Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

4.10. EMG Ölçümlerinin Analizi

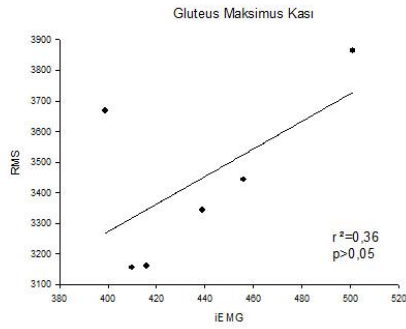
Çalışmamıza katılan sporcuların, maksimum istemli kas kasılması ile ölçülen vastus lateralis kasına ait RMS, iEMG ve median frekans değerleri Çizelge 4.15.'te verilmiştir. Yapılan regresyon analizinde vastus lateralis kasına ait maksimal istemli kas kasılması sırasında kaydedilen RMS değerlerinin ortalamaları ile iEMG değerlerinin ortalamalarına ait verilerin irdelenmesinde aralarında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r^2:0,91$) (Şekil 4.11.). Aynı analiz biceps femoris kasının antrenman öncesi ve sonrası gerçekleştirilen maksimal istemli kasılma sırasında elde edilen RMS ve iEMG verilerinin ortalamaları kullanılarak yapıldığında yine anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir ($r^2:0,85$) (Şekil 4.12.) Gluteus maksimus kasının maksimal istemli kontraksiyonuna ait veriler değerlendirildiğinde ise iEMG verisinin GDA grubunun antrenman sonrası yapılan ölçümlerinde RMS ile uyumlu olmayan sonuçlara ulaşılmış ve iki değişken arasındaki ilişkinin $r^2:0,36$ olduğu görülmüştür (Şekil 4.13.). Nedeni tarafımızdan açıklanamayan bu bulgu ilgili değişken olan GDA antrenman grubuna ait antrenman periyodu sonrası verisi ($3668,1 \pm 2070,9$; varyasyon katsayısı= 0,564) değerlendirmeye alınmadan yapılan regresyon analizinde bu kez $r^2:0,99$ 'a çıktığı hesaplanmıştır (Şekil 4.14.). Olası metodolojik hatanın önüne geçebilmek için kendi içinde daha tutarlı olan RMS değerlerinin kullanılmasına ve yorumun bu değişken üzerinden yapılmasına karar verilmiştir.



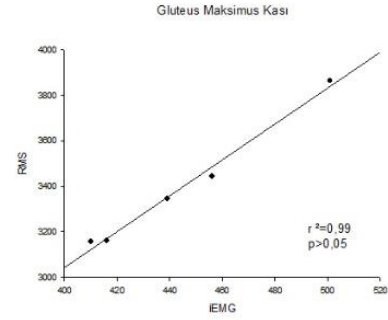
Şekil 4. 11. VL kası iEMG RMS Regresyon Analizi



Şekil 4.12. BF kası iEMG RMS Regresyon Analizi



Şekil 4 13. GM kası iEMG RMS Regresyon Analizi



Şekil 4 14. GM kası iEMG RMS Regresyon Analizi

Her üç antrenman grubunda da VL kasına ait RMS değerleri antrenman öncesi değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$). Çalışma sonrasında tekrarlanan ölçümlerde bu değişkenin ilgili kas grubunda, antrenman modelinden bağımsız olarak her üç grupta da anlamlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buna karşın gruplar arasındaki farklılık anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). VL kasının maksimal istemli kontraksiyonları sırasında motor nöron deşarj frekansını analiz etmek amacıyla uygulanan median frekans sonuçlarında antrenman periyodu öncesinde gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Antrenman periyodu sonrasında yapılan analizlerde de her üç grubun median frekans değerleri birbiriyle karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir değişiklik bulunmamıştır. Grup içi değerlendirmede hem GDA hem de KA antrenman gruplarının verileri antrenman öncesi ve sonrası dönemde anlamlı bir değişiklik göstermezken, GA grubunun antrenman sonrası değeri azalmış ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Çalışmamıza katılan gruplarda yer alan sporculara ait vastus lateralis kası maksimum istemli kasılma değerleri (MVIC)

GDA (n=9)			GA (n=12)		KA(n=11)		EB (Cohen's d)	p
Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)			
RMS (μv)	470,72 $\pm$ 101,1	589,8 $\pm$ 143,8*	426,3 $\pm$ 49,2	551,5 $\pm$ 112,4*	451,3 $\pm$ 78,7	560,8 $\pm$ 94,5*		
<i>Fark</i>	119 $\pm$ 133,3		125,2 $\pm$ 110,8		109,5 $\pm$ 82		0,13	0,758
<i>P</i>	0,028		0,002		0,001			
<i>EB</i>	0,22		0,57		0,66			
Median Frekans	60 $\pm$ 4	60,4 $\pm$ 4,4	60,8 $\pm$ 4,3	57,6 $\pm$ 4*	62,1 $\pm$ 4,5	59,6 $\pm$ 2,8	0,30	0,151
<i>Fark</i>	0,42 $\pm$ 4,7		-3,25 $\pm$ 4		-2,5 $\pm$ 4,3			
<i>P</i>	0,793		0,016		0,082			
<i>EB</i>	0,001		0,53		0,67			

*Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Çalışmamıza katılan sporcuların biceps femoris kasına ait, antrenman öncesi ve sonrası maksimum istemli kas kasılması sırasında yapılan EMG analizi sonrasında hesaplanan RMS, ve median frekans değerleri Çizelge 4.16.'da verilmiştir. Çalışmanın başında RMS ve median frekans değerleri gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$). Aynı değerlendirme çalışma sonrasında yapıldığında RMS değerlerinin her üç antrenman grubunda da kendi içinde istatistiksel olarak anlamlı artış gösterdiği görülmüştür ($p<0,05$). Grupların karşılaştırılmasında ise ortalama değerler kullanıldığında her üç antrenman grubunun da benzer etki yaptığı ve gruplar arası farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Median frekans değerlerinin ortalamasına bakıldığında çalışmanın başlangıcında her üç gruba ait değer arasındaki farkın anlamlı olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Öte yandan antrenman periyodu sonrasında KA grubunun median frekansının istatistiksel olarak anlamlı azalma gösterdiği ($p<0,05$), buna karşın diğer gruplarda herhangi bir değişikliğin olmadığı bulunmuştur. Antrenman gruplarının karşılaştırılmasında ise KA grubu ile GDA grubu arasındaki farkın uygulama sonrası dönemde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik gösterdiği ve KA grubunun median frekans değerinin GDA grubundan daha düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.16.).

Çalışmamızda değerlendirilen üçüncü kas grubu olan gluteus maximusun RMS ve median frekans değerleri hem antrenman öncesinde hem de sonrasında gruplar arasında herhangi bir farklılığa neden olmamıştır. Çalışma sonrasında her üç grup arasında da bir farklılık görülmediği tespit edilmiştir. Antrenmanın kasların RMS değerleri üzerine yaptığı etki irdelendiğinde her üç grupta da bir azalma olduğu ancak bu değişikliğin anlamlılık göstermediği görülmüştür ($p>0,05$). Median frekans verilerinin irdelenmesinde ise yaptırılan antrenmandan neredeyse hiç etkilenmediği tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.16. Çalışmamıza katılan gruplarda yer alan sporculara ait biceps femoris kası maksimum istemli kasılma değerleri (MVIC)

	GDA (n=10)		GA (n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test	Ön test	Son Test		
	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)	($\bar{X} \pm S.S$)		
RMS(μv)	397,45 $\pm$ 106,8	494,1 $\pm$ 144*	465,4 $\pm$ 118,6	597,2 $\pm$ 167,2*	465 $\pm$ 93	611,6 $\pm$ 187,4*		
<i>Fark</i>	96,7 $\pm$ 84,7		131,83 $\pm$ 134,9		146,6 $\pm$ 126		0,19	0,583
<i>P</i>	0,006		0,006		0,002			
<i>EB</i>	0,13		0,39		0,08			
Median	64,7 $\pm$ 5	64,5 $\pm$ 11,5	69,2 $\pm$ 11,1	66,9 $\pm$ 7	71,6 $\pm$ 15,4	61,2 $\pm$ 8 ^{&*}		
Frekans								
<i>Fark</i>	0,8 $\pm$ 9,7		-2,3 $\pm$ 11,5		-10,3 $\pm$ 9,1		0,48	0,04
<i>P</i>	0,801		0,498		0,002*			
<i>EB</i>	0,24		0,23		0,58			

*Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

&KA ile GDA arasında istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

Çizelge 4.17. Çalışmamıza katılan gruplarda yer alan sporculara ait gluteus maksimus kası maksimum istemli kasılma değerleri (MVIC)

GDA (n=10)			GA (n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	p
Ön test ($\bar{X}\pm$ S.S)	Son Test ($\bar{X} \pm$ S.S)	Ön test ($\bar{X}\pm$ S.S)	Son Test ($\bar{X} \pm$ S.S)	Ön test ($\bar{X}\pm$ S.S)	Son Test ($\bar{X} \pm$ S.S)			
RMS(μv)	438,7±177,8	399,6±107,6	501,4±181,7	410,2±184,4	456,5±170,9	416,9±169,3		
<i>Fark</i>	-39±167,6		-91,2±156,8		-39,6±209,4		0,14	0,727
<i>P</i>	0,480		0,069		0,526			
<i>EB</i>	0,18		0,35		0,16			
Median	53,1±9,2	51,8±6,8	55,3±6,1	54,1±53,5	53,5±7,1	54,6±7,2		
Frekans								
<i>Fark</i>	-1,3±5,9		-1,2±5,4		1,2±3,9		0,23	0,421
<i>P</i>	0,505		0,441		0,326			
<i>EB</i>	0,145		0,617		0,681			

*Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

4.11. Squat Hareketi Normalize Edilmiş EMG Değerleri

Çalışmamıza katılan sporcuların EMG verilerinin normalizasyonu için SQ hareketinin inme ve kalkma fazında 1MT'de kaldırabildikleri ağırlığın %20-40-60-80'ine karşılık gelen yüklerde yapılan EMG analizine ait veriler kullanılmıştır. Bu karşılaştırmada RMS verileri istatistiksel analiz için değerlendirmeye alınmıştır. Squat hareketinin kalkma fazında 1MT'nin %20'si ile yapılan hareket sırasında vastus lateralisin RMS değeri her üç grupta da azalmış bulunurken bu azalmanın GA ve KA gruplarında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Aynı kasın 1MT'nin %40'ında yaptığı hareket sırasında yine her üç antrenman grubunda da başlangıç değerine oranla azalma olduğu ve bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 1MT'nin %60'ına karşılık gelen yükte yapılan kalkma hareketinde vastus lateralis kasının RMS değerinin yine antrenman sonrasında azalma eğiliminde olduğu ve bu azalmanın GDA ve GA gruplarında istatistiksel anlamlılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$). Hareketin 1MT'nin %80'ine karşılık gelen ağırlıkla gerçekleştirildiğinde yapılan ölçümlerde de benzer örüntünün devam ettiği ancak bu kez antrenman sonrası gözlemlenen azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Bu analizin önemli bir diğer çıktısı ise kaldırılan yüklerin tümüne ait RMS değerlerinin gruplar arasında herhangi bir farklılık göstermemiş olmasıdır ($p>0,05$) (Çizelge 4.18.). Aynı analiz biceps femoris kasının squat kalkma hareketi sırasında 1MT'nin %20-40-60-80'lik yüklerde gerçekleştirilen kasılmaları sırasında yapıldığında %20'sine karşılık gelen yükte azalma eğiliminin devam ettiği gözlenmiştir. İstatistiksel analizde GA grubunda anlamlı azalma olduğu ($p<0,05$), GDA ve KA gruplarında ise azalmanın anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Hareketin 1MT'nin %40, %60, %80'ine karşılık gelen kalkma hareketi sırasında kaydedilen EMG'den hesaplanan RMS değerleri karşılaştırıldığında antrenman uygulamasının her üç grupta da istatistiksel olarak azaltıcı yönde etki yaptığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Vastus lateralis kasıyla benzer şekilde gruplar arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.19.). Kalkma fazı sırasında irdelenen bir diğer kas olan gluteus maksimus kası RMS değerleri ise vastus lateralis ve biceps femoristen tamamen farklı bir örüntü göstermiştir. Daha önce ifade edilen her iki kastan farklı olarak gluteus maksimus kasının RMS değerleri %20, %40, %60 ve %80'lik yükte yapılan kalkma hareketi sırasında antrenman öncesine göre her üç grupta da istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.18.Çalışmaya katılan sporcuların 1MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin kalkma fazında vastus lateralis kasına ait normalize EMG değerleri

	GDA (n=10)		GA(n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	p
	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
%20	45,9 $\pm$ 20	27,5 $\pm$ 14,7	49,4 $\pm$ 12,5	33 $\pm$ 8,4	34,2 $\pm$ 8,6	23,2 $\pm$ 11,4		
<i>Fark</i>	-18,3 $\pm$ 26,9		-16,3 $\pm$ 16,3		-11 $\pm$ 15,9		0,163	0,668
<i>P</i>	0,060		0,005*		0,035*			
<i>EB</i>	0,73		1,109		0,808			
%40	57,5 $\pm$ 10,9	34 $\pm$ 14,3	55,5 $\pm$ 8,3	41 $\pm$ 9,9	44,4 $\pm$ 9,4	32,4 $\pm$ 13,5		
<i>Fark</i>	-23,5 $\pm$ 18,6		-14,4 $\pm$ 10,8		-12 $\pm$ 18,3		0,331	0,239
<i>P</i>	0,003*		0,001*		0,044*			
<i>EB</i>	1,336		1,163		0,759			
%60	66,5 $\pm$ 13,5	48,4 $\pm$ 15,4	66,8 $\pm$ 10,5	50,5 $\pm$ 13,2	50,4 $\pm$ 11	43,5 $\pm$ 12,6		
<i>Fark</i>	-18,1 $\pm$ 21,8		-15,3 $\pm$ 17,9		-6,8 $\pm$ 18,6		0,283	0,364
<i>P</i>	0,027*		0,013*		0,230			
<i>EB</i>	0,907		0,976		0,430			
%80	69,4 $\pm$ 17	54,9 $\pm$ 23,6	70,9 $\pm$ 15,6	65,3 $\pm$ 20,1	62,9 $\pm$ 11,7	55,65 $\pm$ 20,3		
<i>Fark</i>	-14,7 $\pm$ 26,3		-5,6 $\pm$ 22,3		-7,3 $\pm$ 21,2		0,182	0,635
<i>P</i>	0,112		0,406		0,258			
<i>EB</i>	0,559		0,251		0,344			

* Grup içi ön ve son testler arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.19.Çalışmaya katılan sporcuların 1MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin kalkma fazında biceps femoris kasına ait normalize EMG değerleri

	GDA (n=10)		GA(n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	P
	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
%20	10,5 $\pm$ 3,2	7,9 $\pm$ 3,3	9,7 $\pm$ 3,5	7,2 $\pm$ 2	8 $\pm$ 3,3	6,4 $\pm$ 2,1		
<i>Fark</i>	-2,6 $\pm$ 4,1		-2,6 $\pm$ 3,4		-1,5 $\pm$ 3,3		0,159	0,717
<i>P</i>	0,069		0,023*		0,136			
<i>EB</i>	0,707		0,554		0,555			
%40	15,6 $\pm$ 8	11,1 $\pm$ 4,9	15,6 $\pm$ 5,8	8,4 $\pm$ 3,5	13,3 $\pm$ 6,8	8,1 $\pm$ 3,3		
<i>Fark</i>	-4,5 $\pm$ 6		-7,3 $\pm$ 6,5		-5,2 $\pm$ 6,9		0,207	0,586
<i>P</i>	0,042*		0,003*		0,023*			
<i>EB</i>	0,447		1,200		0,745			
%60	25,2 $\pm$ 10,6	9,2 $\pm$ 8,9	23,1 $\pm$ 8,8	9,8 $\pm$ 4,8	18,2 $\pm$ 8,1	8,5 $\pm$ 3,8		
<i>Fark</i>	-16 $\pm$ 10,6		-13,3 $\pm$ 9,6		-9,7 $\pm$ 9,2		0,315	0,330
<i>P</i>	0,001*		0,001*		0,004*			
<i>EB</i>	1,249		1,565		1,170			
%80	42,2 $\pm$ 21,8	9,7 $\pm$ 4,4	33,2 $\pm$ 12,1	8,9 $\pm$ 4,4	31,7 $\pm$ 15,9	8,6 $\pm$ 2		
<i>Fark</i>	-32,5 $\pm$ 23,1		-24,4 $\pm$ 12,8		-23,1 $\pm$ 15,8		0,237	0,413
<i>P</i>	0,002*		0,000*		0,000*			
<i>EB</i>	1,411		1,898		1,460			

* Grup içi ön ve son testler arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.20. Çalışmaya katılan sporcuların 1MT'nin farklı şiddetiyle squat hareketinin kalkma fazında gluteus maksimus kasına ait normalize EMG değerleri

	GDA (n=10)		GA(n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	P
	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
%20	8,8±2,9	16,1±5,9	8,5±3,5	14,2±7,3	9±4	20,4±8,1		
<i>Fark</i>	7,9±7		5,7±7,3		11,4±8,7		0,366	0,213
<i>P</i>	0,006*		0,020*		0,001*			
<i>EB</i>	1,485		0,787		1,229			
%40	10,9±3,5	20,8±8,4	9,1±4,1	21,6±12,1	10,1±4,2	29,7±10,5		
<i>Fark</i>	9,9±9,2		12,5±11		19,6±11,5		0,417	0,134
<i>P</i>	0,013*		0,002*		0,002*			
<i>EB</i>	1,170		0,949		1,764			
%60	10,4±3,7	29,7±6,8	9,1±3	29,3±12,3	10±5,2	37±8,7		
<i>Fark</i>	19,3±9,1		20,2±11,3		27,1±6,8		0,512	0,104
<i>P</i>	0,000*		0,000*		0,000*			
<i>EB</i>	2,832		1,617		2,862			
%80	11,3±5,7	41,9±11,2	9,3±4,6	35,4±17,4	9,5±3,4	46,9±10,9		
<i>Fark</i>	30,6±13		26,1±18		37,3±9,7		0,364	0,159
<i>P</i>	0,000*		0,000*		0,000*			
<i>EB</i>	2,349		1,449		3,858			

* Grup içi ön ve son testler arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Squat hareketinin inme fazında ise 1MT'nin %20'si ile yapılan hareket sırasında vastus lateralis kasının RMS değerin her üç grupta da kalkma fazında olduğu gibi, azalma eğilimi gösterdiği ve bu azalmanın GDA ve GA gruplarında istatistiksel olarak anlamlı olduğu hesaplanmıştır ($p<0,05$). Hareketin 1MT'nin %40'ına karşılık gelen ağırlıkla yapıldığı durumda azalmanın devam ettiği ancak sadece GDA grubundaki değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 1MT'nin %60'ına karşılık gelen ağırlıkta yapılan inme hareketi sırasında antrenman öncesi ve sonrası ortalama değerler arasındaki farkın azalmaya devam ettiği ancak istatistiksel olarak her üç grupta da anlamlı bir değişikliğin olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Hareketin 1MT'nin %80'ine karşılık gelen yük ile yapıldığı durumda antrenman öncesi ve sonrası herhangi bir istatistiksel farklılık görülmemiş olmakla beraber GA ve KA antrenman gruplarındaki değerlerin antrenman sonrası artış gösterdiği de bulunmuştur ($p>0,05$). Çalışmanın bütününde vastus lateralisin inme hareketi sırasında hesaplanan RMS değerlerinin gruplar arasında herhangi bir farklılık göstermediği de tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.21.). İnme hareketi sırasında biceps femorise ait EMG kaydından hesaplanan RMS değerleri değerlendirildiğinde, 1MT'nin %20'si ile %40 ile yapılan harekette her üç grupta da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Buna karşın hareketin 1MT'nin %60'ına karşılık gelen yük ile yapıldığı durumda GA grubunda ortalama RMS değerinin azaldığı ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Hareketin 1MT'nin %80'ine karşılık gelen yük ile tekrarlandığı durumda her üç antrenman grubunda da RMS değerinin antrenman öncesine oranla anlamlı azalma gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$). Biceps femorisin inme hareketi esnasında oluşturduğu RMS değerlerinin değerlendirilen bütün ağırlıklarda gruplar arasında herhangi bir farklılığa neden olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.22.).

Gluteus maksimus kasının SQ inme hareketindeki EMG kaydından hesaplanan RMS değerleri irdelendiğinde ise 1MT'nin %20 ve %40'ında istatistiksel olarak hiçbir grupta anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Buna karşın 1MT'nin %60'ına karşılık gelen yüklemelerde GA ve KA gruplarında antrenman sonrası değerleri antrenman öncesine oranla artış gösterdiği, 1MT'nin %80'ine karşılık gelen yüklerde ise artışın GDA, GA, KA gruplarının her üçünde de istatistiksel olarak anlamlılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$). Gluteus maksimus kası RMS değerleri gruplar arasında bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.23.).

Çizelge 4.21. Çalışmaya katılan sporcuların 1 MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin inme fazında vastus lateralis kasına ait normalize EMG değerleri

	GDA (n=10)		GA(n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	P
	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
%20	38,3±9	25,4±9	35,9±9,8	26,6±9	31±9,7	22,3±9,1		
<i>Fark</i>	-12,9±14,7		-9,3±9		-8,7±14,7		0,138	0,718
<i>P</i>	0,021*		0,004*		0,065			
<i>EB</i>	0,879		1,037		0,594			
%40	43,6±10,4	30,9±11,4	38,8±7,2	35,5±13,6	38,4±9	31,8±8,7		
<i>Fark</i>	-12,7±10,8		-3,3±11,6		-6,5±13,5		0,317	0,204
<i>P</i>	0,005*		0,343		0,120			
<i>EB</i>	1,173		0,286		0,490			
%60	49,9±10,9	41,4±16,8	49±11,7	43,3±9	45,8±9,2	44,6±12,9		
<i>Fark</i>	-7,5±15,2		-5,7±15,1		-1,1±14,4		0,187	0,584
<i>P</i>	0,152		0,216		0,786			
<i>EB</i>	0,558		0,377		0,083			
%80	56,7±14,1	51,8±17,8	54±15,5	61,2±21,7	51,3±13,5	55,8±11,5		
<i>Fark</i>	-4,9±12		7,2±19,8		4,6±14,2		0,407	0,198
<i>P</i>	0,227		0,234		0,291			
<i>EB</i>	0,410		0,364		0,316			

* Grup içi ön ve son testler arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.22. Çalışmaya katılan sporcuların 1 MT'nin farklı şiddetleriyle yaptıkları squat hareketinin inme fazında biceps femoris kasına ait normalize EMG değerleri

	GDA (n=10)		GA(n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	P
	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
%20	6,9 $\pm$ 2,7	7,2 $\pm$ 1,8	6,5 $\pm$ 3	8,3 $\pm$ 1,9	5,6 $\pm$ 2,1	7 $\pm$ 3,2		
<i>Fark</i>	0,3 $\pm$ 4		1,7 $\pm$ 3,3		1,4 $\pm$ 4,5		0,146	0,717
<i>P</i>	0,792		0,096		0,303			
<i>EB</i>	0,076		0,544		0,305			
%40	7,2 $\pm$ 2	8,1 $\pm$ 7,7	8,3 $\pm$ 3,4	7 $\pm$ 2	8,2 $\pm$ 3,5	7,4 $\pm$ 2,9		
<i>Fark</i>	0,9 $\pm$ 3,3		-1,2 $\pm$ 2,6		0,8 $\pm$ 4,1		0,326	0,327
<i>P</i>	0,422		0,130		0,504			
<i>EB</i>	0,117		0,497		0,196			
%60	13,2 $\pm$ 5,5	9,6 $\pm$ 2,2	13,1 $\pm$ 3,2	8,5 $\pm$ 1,8	11,5 $\pm$ 5,3	8,1 $\pm$ 2,5		
<i>Fark</i>	-3,6 $\pm$ 5,6		-4,6 $\pm$ 3,1		-3,4 $\pm$ 5,8		0,119	0,822
<i>P</i>	0,073		0,000*		0,065			
<i>EB</i>	0,643		1,484		0,586			
%80	22,9 $\pm$ 12,4	8,2 $\pm$ 4,3	20,1 $\pm$ 6,9	7,4 $\pm$ 2,5	15,3 $\pm$ 6,4	8,3 $\pm$ 3,7		
<i>Fark</i>	-14,8 $\pm$ 10,6		-12,7 $\pm$ 5,9		-7 $\pm$ 7,5		0,484	0,074
<i>P</i>	0,002*		0,000*		0,008*			
<i>EB</i>	1,396		2,149		0,930			

* Grup içi ön ve son testler arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

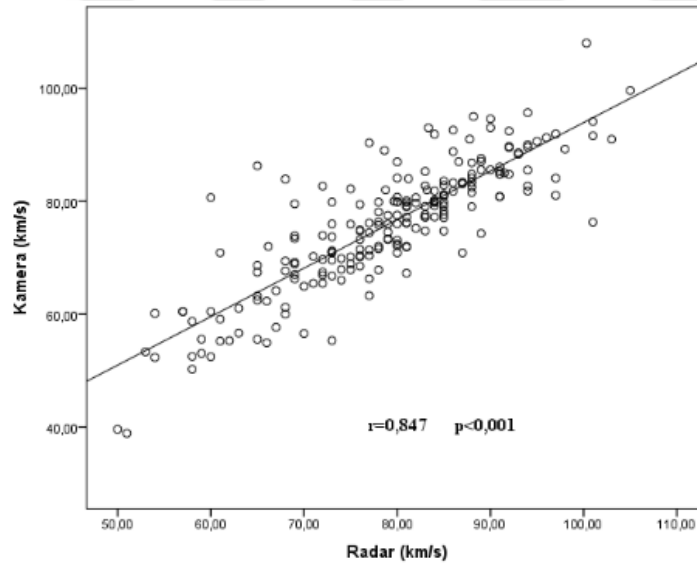
Çizelge 4.23. Çalışmaya katılan sporcuların 1 MT'nin farklı şiddetliyle yaptıkları squat hareketinin inme fazında gluteus maksimus kasına ait normalize EMG değerleri

	GDA (n=10)		GA(n=12)		KA(n=12)		EB (Cohen's d)	P
	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
%20	7,7 $\pm$ 7,6	5,8 $\pm$ 3,5	7 $\pm$ 2,1	6,1 $\pm$ 3,5	6,8 $\pm$ 2,2	5,8 $\pm$ 2,1		
<i>Fark</i>	-1,9 $\pm$ 3,1		0,9 $\pm$ 3,7		1 $\pm$ 2,9		0,591	0,356
<i>P</i>	0,079		0,412		0,268			
<i>EB</i>	0,283		0,237		0,355			
%40	8,9 $\pm$ 4,2	9,1 $\pm$ 3,9	7,4 $\pm$ 2,1	8,3 $\pm$ 4,5	7,1 $\pm$ 2,3	9,3 $\pm$ 4,7		
<i>Fark</i>	0,2 $\pm$ 6,3		0,9 $\pm$ 5		2,2 $\pm$ 4,1		0,206	0,655
<i>P</i>	0,914		0,537		0,087			
<i>EB</i>	0,032		0,180		0,541			
%60	9,5 $\pm$ 3,5	12,1 $\pm$ 5,5	7,5 $\pm$ 3,1	12 $\pm$ 3,5	7,8 $\pm$ 2,8	14,6 $\pm$ 6,1		
<i>Fark</i>	2,5 $\pm$ 6,2		4,5 $\pm$ 3,5		6,8 $\pm$ 5,9		0,298	0,187
<i>P</i>	0,225		0,001*		0,002*			
<i>EB</i>	0,421		1,313		1,150			
%80	9,5 $\pm$ 3,6	21,8 $\pm$ 9,9	7,2 $\pm$ 2,9	19,2 $\pm$ 7	9,4 $\pm$ 4	25 $\pm$ 8,3		
<i>Fark</i>	12,3 $\pm$ 10,8		12 $\pm$ 8		15,6 $\pm$ 6,9		0,237	0,529
<i>P</i>	0,006*		0,000*		0,000*			
<i>EB</i>	1,141		1,496		2,278			

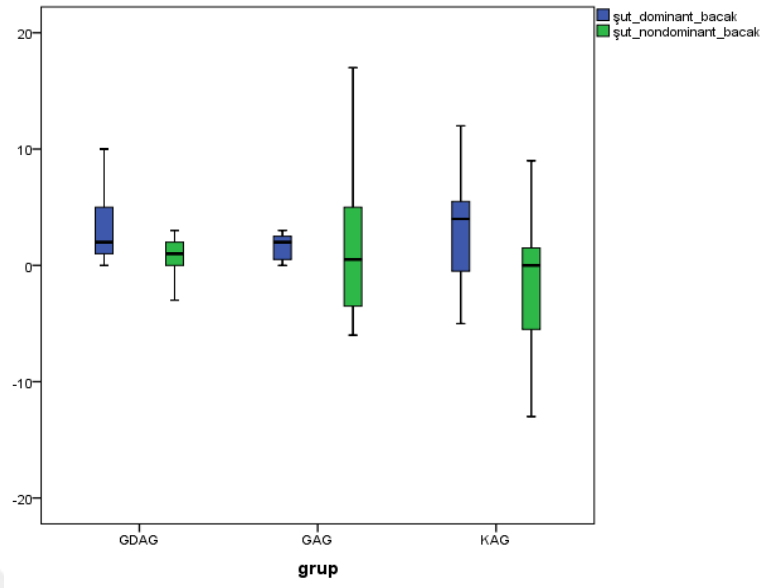
* Grup içi ön ve son testler arasında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

4.12. Şut Atma Performansı

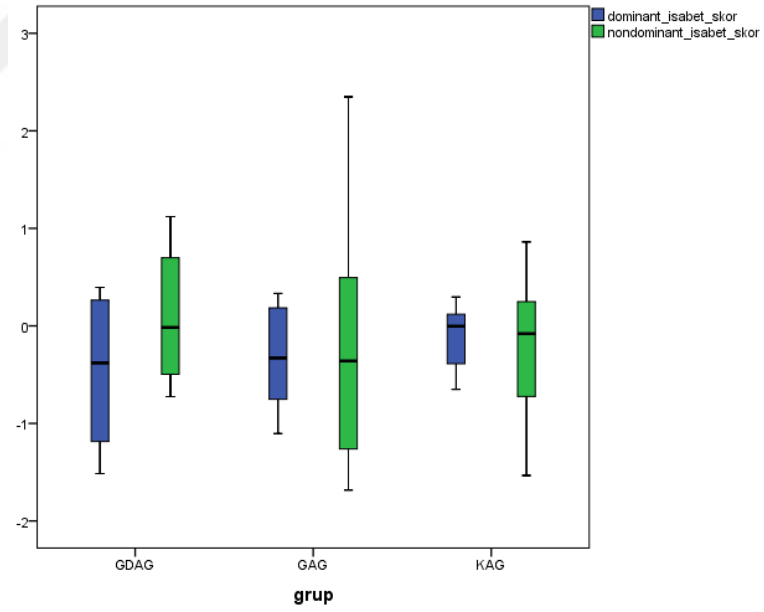
Futbolcuların şut atma hızı radar ve kamera ile eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Radar ve kamera ile ölçülen şut atma hızları arasında yüksek bir korelasyon gözlemlenmiştir ($n=201$, $r=0,847$ $p<0,001$) (Şekil 4.15.). Çalışmanın veri analizinde radar cihazı ile elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Sporcuların dominant ve nondominant bacaklarına ait şut atma hızı ve şut isabeti skoru verileri ve Şekil 4.16 ve 4.17’de verilmiştir. Bacağın her ikisinde de ortalama şut atma hızı nondominant KA antrenman grubu hariç bütün gruplarda artma eğilimi göstermiş olmakla beraber antrenman öncesi ve sonrası değerler hiçbir grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir ($p<0,05$). Şut isabet oranı değerlendirildiğinde ise dominant bacakta isabet oranının geliştiği ancak farklılığın hiçbir grupta anlamlılık göstermediği bulunmuştur ($p>0,05$). Nondominant bacakta da GDA grubunda isabet skorunun olumsuz yönde değiştiği GA ve KA gruplarında ise olumlu değişiklik olduğu tespit edilmiş ancak farkın hiçbir grupta istatistiksel olarak anlamlılık göstermediği bulunmuştur ($p>0,05$) (Çizelge 4.24.).



Şekil 4.15. Radar ve kamera ile ölçülen şut atma hızları arasında korelasyon değeri ($p<0,001$).



Şekil 4.16. Sporcuların dominant ve nondominant şut atma hızı ön ve son test verilerinin farklarının karşılaştırılması



Şekil 4.17. Sporcuların dominant ve nondominant isabet skoru ön ve son test verilerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.24. Sporcuların şut atma hızı ve şut isabeti skoru (SİS) verilerinin incelendiği istatistiksel analiz

	GDA (n=10)		GA (n=12)		KA(n=11)		EB (Cohen's d)	p
	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)	Ön test ($\bar{X}\pm S.S$)	Son Test ($\bar{X} \pm S.S$)		
Şut Atma hızı (km/s) (Dominant)	88,60±6,65	90,9±4,41	90,92±4,54	92,83±5,22	92,36±7,43	95,36±6,02		
Fark	2,3 ± 4,42		1,92 ± 3,78		3,00 ± 5,10		0,101	0,750
P	0,135		0,107		0,080			
EB	0,520		0,506		0,589			
Şut Atma hızı (km/s)(NonDom.)	76,90±7,34	78,20±7,48	76,25±8,37	77,83±7,61	81,64±8,43	80,55±6,27	0,204	0,630
Fark	1,30 ± 4,19		1,58 ± 6,57		-1,09 ± 6,55			
P	0,352		0,422		0,593			
EB	0,310		0,241		0,166		0,180	0,806
SİS (Dominant)	1,87±0,65	1,38±0,44	1,85±0,46	1,53±0,42	1,75±0,64	1,54±0,50		
Fark	-0,48 ± 0,72		-0,32 ± 0,53		-0,21 ± 0,52			
P	0,093		0,060		0,424		0,164	0,495
EB	0,681		0,609		0,401			
SİS (NonDom.)	1,81±0,57	1,90±0,71	2,15±0,76	1,89±0,64	1,94±0,55	1,71±0,43		
Fark	0,08 ± 0,65		-0,25 ± 1,20		-0,23 ± 0,75		0,164	0,495
P	0,799		0,388		0,248			
EB	0,139		0,218		0,307			

*Grup içi ön ve son testlere ait istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın en önemli bulgusu, direnç antrenmanı deneyimi olmayan genç futbolculara 10 hafta boyunca uygulanan şiddet ve kapsamı birbirlerinden farklı olmakla beraber (bireyin kapasitesine göre) bireyselleştirilmiş ağırlık antrenman modellerinin kas hipertrofisi, kas kuvveti, kasın nöral aktivitesinde anlamlı değişikliklere neden olmasıdır. Buna karşın antrenman modaliteleri arasındaki farklılık irdelendiğinde söz konusu değişkenler üzerinde farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir. Öte yandan kasın kesit alanındaki artış yanında izole kuvvet ölçümleri sonrası gözlemlenen olumlu yöndeki gelişimin saha performans testlerine olan yansımasının kısıtlı olduğu da bulunmuştur.

Günümüz modern futbolunda, elit seviyedeki futbolcuların teknik, taktik ve fiziksel kapasitelerinin geçmişe göre önemli ölçüde gelişmiş oldukları açıkça görülmektedir. Oyunculardan beklenen performans değerleri gün geçtikçe ulaşılması zor bir seviyeye gelmektedir. Maç analiz verileri irdelendiğinde en temel değişkenlerden olan koşu mesafesi, hızı gibi değişkenlerin artmış olduğu ve buna bağlı olarak maç içerisinde karşılaşılan fizyolojik stresin fizik kapasiteyi daha fazla zorladığı görülmektedir (148). Alt yapı seviyesinden itibaren üst düzey sporculuğa kadar geçen süre içerisinde yaptırılan antrenmanların bütününe ortak amacı futbolcuların elit seviyede müsabık olabilmeleri için gerekli fizik kapasiteyi kazandırmak olmalıdır. Genç futbolculara erken dönemlerde sıklıkla yaptırılan çeviklik, sürat, çabukluk, dayanıklılık antrenmanları yanında iyi programlanmış direnç antrenmanlarına alınması, ilerleyen dönemlerde günümüz modern futbolun gerektirdiği maç parametrelerine ulaşmalarını kolaylaştırabilir.

Bu bağlamda futbolcuların maç performansını doğrudan etkileyen kuvvet, dayanıklılık, teknik, çabukluk, çeviklik ve taktiksel kapasitelerini geliştirmeye yönelik farklı ve programlı antrenman modellerinin uygulanması zorunluluktur. Konuyla ilgili araştırmalar yapan bilim insanları yanında sahada görev yapan uygulayıcılar her geçen gün değişik yöntemleri araştırmakta ve sonrasında da uygulamaya geçirerek sporcularının gelişimi yönünde girişimlerde bulunmaktadır. Ancak futbol gibi çok sayıda sporcunun oldukça farklı fizyolojik, fiziksel, psikolojik değişkenin performansı doğrudan etkilediği bir spor dalında takımın bütününe yaptırılacak tek bir antrenman uygulamasının bütün

sporcularda benzer gelişimi yaratacağını ifade etmekte mümkün değildir. Söz konusu özelliğinden dolayı takımdaki futbolcuların her birinin ayrı ayrı irdelenerek bireyselleştirilmiş özel antrenman modelleriyle çalıştırılması, etkin ve çağdaş antrenman biliminin temel hedeflerinden bir tanesi olmuştur.

5.1.Direnç Antrenman Programı

Futbolcuların saha içerisinde maç performansını belirleyen ana değişkenlerden bir tanesi de kuvvettir (149). Antrenman bilimleri konusundaki bilgilerimiz, kuvveti arttırmaya yönelik farklı direnç antrenman modellerinin geliştirilmiş olduğunu göstermektedir (150, 151). Bu antrenmanların ana hedefi sporcuların kas kuvvetini artırmak ve bu sayede saha içi çeviklik, sürat, çabukluk, dayanıklılık gibi motorik özellikleri geliştirerek daha üst düzeyde performans göstermesini sağlamaktır. Yapılan değerlendirmelerde direnç antrenmanlarının farklı uygulamaları olduğu görülmektedir. Bu yöndeki arayışlarda ise ana amaç en etkin antrenman programının uygulanmaya alınmasıdır.

Klasik anlamda yaptırılan doğru kurgulanmış direnç antrenmanlarında dolaylı yollarla ölçülen 1MT'nin farklı yüzdelerinde sporcular antrenmanın hedefine göre çalıştırılmaktadır. Bu yöntemde hipertrofiye yönelik girişimlerde yük submaksimal ağırlıkta (1MT %70-85), 8-12 tekrardan oluşan en az 3-4 setlik programlar uygulanmaktadır (17). Deneyimsiz sporcularda uygulanan bir diğer klasik direnç antrenman programında da kaldırılan ağırlık 1MT'nin %30-40 aralığına düşürülmekte ve sporcudan yoruluncaya kadar harekete devam etmesi istenmektedir. Uygulama sonucunda elde edilen veriler bu sporcuların kas kütlelerini arttırırken sporcuların kaldırabileceği maksimum ağırlığı etkilemediğini ortaya koymaktadır (152). Klasik direnç antrenman programlarında kullanılan yükleme protokollerini piramidal, drop, süper set, inter-set gibi başlıklar altında zenginleştirmek mümkündür (17). Yapılan çalışmalar bu uygulamaların birçoğunun kasta nöral ve morfolojik değişikliklere neden olduğunu ortaya koymuştur (153,154;155). Ancak söz konusu klasik direnç antrenmanının uygulaması sırasındaki temel amaç hareketin tekniğini koruyarak önceden belirlenmiş ağırlığı planlanmış tekrar sayısında kaldırmasını sağlamaktır. Ağırlık kaldırmanın hız bileşeni değerlendirmeye alınmadığından sporcuların gücü hakkında bir

gözlem yapılmamakta, bu ise gerçek sportif performans sırasında başarıyı belirleyen ana unsurlardan olan güç kavramını irdelemeyi mümkün kılamamaktadır (96). Bu konunun ayırımında olan uygulayıcılar antrenmanlarda ağırlık kaldırma hızını arttırarak gücü geliştirme yönünde bazı uyarılarda bulunmakla beraber hız ölçümü olmaksızın yapılan antrenmanların etkinliği de her zaman tartışmaya açıktır.

Direnç antrenman uygulamalarının bir diğer yönteminde ise aynı prensiple değişik ağırlıklarda yapılan tekrarlar sırasında anlık olarak hareket hızının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bu uygulamada öncelikli olarak kuvvet ve hız 1 MT'ye yaklaşacak şekilde belirlenmiş farklı aralıklarda ayrı ayrı ölçülerek en etkin güç oluşturan ağırlığın belirlenmesi hedeflenir (45). Bu yöntem sayesinde düzenli aralarla yapılan güç testleriyle sporcuların hareket hızının kontrol edilmesi kasılma performansı ile vücudun form durumunun yakinen takibi mümkün olmakta ve sporcular gereksiz yüklemelere maruz bırakılmamaktadır. Kasılma hızını koruyabilmenin hedeflendiği bu antrenman modelinde set içi tekrar sayıları da yukarıda tanımlanan klasik hipertrofik direnç antrenmanlarına oranla genellikle daha düşük olmaktadır. Uygulayıcılar antrenman yükünü yukarıda tutabilmek için çalışma sırasında set sayısını arttırmak gibi bir strateji uygulamaktadır. Bu sayede sporcu görece daha düşük ağırlıkla az tekrarlı ancak hızlı hareket içeren setler yapmakta ve kas gelişimi sakatlıklar açısından güvenli bir yükleme aralığında gerçekleştirilmektedir. Özellikle gelişme çağındaki genç sporcularda aşırı yüklemekten kaynaklanabilecek iskelet sistemi probleminin (156) önüne geçmek için güç antrenman zonunda yapılan antrenmanların anlamlı olacağı da düşünülmektedir. Bu antrenman modelinin klasik direnç antrenmanlarından önemli bir farkı da nöral entegrasyonun kasılma hızını da kapsayacak şekilde etkinleşmesinin beklenmesidir (157). Teorik olarak kas kuvvetini ve kas gelişimini belirleyen nöral entegrasyonun işlevindeki farklılıklar sporcunun saha performansında da fark yaratabilecektir.

Bu çalışmada futbolcuların alt ekstremita kas kuvvetini arttırmak amacıyla antrenman periyodu boyunca SQ, LE, LC hareketleri uygulanmıştır. Ayrıca genç sporculardan oluşan bir yaş grubunu hedef aldığımız için direnç antrenmanı düşük ve orta şiddetlerde gerçekleştirilmiştir. GDA grubuna hipertrofi zonunda (%70-85 şiddetinde 8-12 tekrar), GA grubuna optimum güç zonunda (5 tekrar) ve KA grubuna ise her iki antrenman modeli birlikte uygulatılmıştır. Antrenman kapsamı değerlendirildiğinde, üç harekette de GDA'nın diğer gruplara oranla kapsamın daha yüksek olduğu görülmektedir.

GDA antrenman modelinde, antrenmanda kaldırılan ağırlığın ve tekrar sayısının toplamda diğerlerinden daha yüksek olması kapsamdaki farklılığı açıklamaktadır. Diz ekstansiyon ve leg curl hareketlerinde KA modelinde antrenmanın bir kısmını GDA antrenmanı oluşturduğundan, bu uygulamanın kapsamının KA grubunda GA grubundan daha yüksek çıkması beklenilendir. Ancak beklenilenden farklı olarak GA antrenman grubunun SQ egzersizi sırasındaki kapsamı KA gruptan daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni SQ hareketin optimum güç zonunun diğer iki harekete oranla da 1 MT'nin daha yüksek aralıklarına karşılık gelmesidir. Hareket sırasında birden fazla kas grubunun katılmasının, bu durumun oluşmasının temel sebebi olduğu düşünülmektedir.

Antrenman sırasında gözlemlenen bir diğer değişkende antrenmanın şiddeti (kg/sn) başlığı altında tartışılmıştır. GA grubundaki sporcular, hareketi daha hızlı yaptıklarından dolayı beklendiği üzere diğer gruplara kıyasla SQ hareketini daha yüksek şiddetle gerçekleştirmiştir. Leg ekstansiyon ve leg curl hareketlerinde ise özellikle son haftalarda antrenman şiddeti açısından gruplar arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Her iki harekette de eklem hareket açıklığının düşük olması, hareketin hızının artırılmasında engel olmuştur. Her üç antrenman modelinde de söz konusu hareketler sırasında kullanılan ağırlıkların yüzde değerleri birbirlerinden farklı olmakla beraber mutlak değerleri arasında belirgin bir değişikliğin olmaması kaldırma hızlarını birbirine yaklaştırmıştır. GDA antrenman modelinde maksimal kuvvet zonu daha yüksek yüklerle (>1MT %85, 1-6 tekrar) uygulanması durumunda hareket hızı yavaşlayabilecek ve sonrasında da gruplar arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkabilecekti.

Ağırlık antrenmanlarında çıktıya etki edebilecek değişkenlerden bir tanesi de çalıştırılan kas grubudur. Vücudun bütünü bir arada değerlendirildiğinde üst ekstremité, alt ekstremité ve gövdeyi oluşturan iskelet kas yapısı birbirlerinden farklılıklar göstermektedir (158). Vücudun stabilitesinden sorumlu gövde kas grupları temelde yavaş kasılan kas liflerinden oluşurken, alt ekstremitenin yapısından bulunan kas lifleri de kendi içerisinde farklılıklar göstermektedir. Uyluk yapısına katılan diz ekstansör kası olan vastus lateralisin %61 ± 6 oranında hızlı kas liflerinden oluştuğu gösterilmiştir (159). Biceps femoris kasının uzun başı irdelendiğinde ise Tip-1 ve -2 kas lif içeriklerinin birbirlerine yakın dağılım gösterdiği bulunmuştur (%51-53 Tip-2 kas fibriline sahip) (160). Çalışmamızda irdelediğimiz gluteus maksimus kası ise temel olarak postür kas grubunda tartışılmakta olup, bu kasın lif içeriğinin biceps femoris gibi Tip-1 ve -2 kas

liflerinden zengin olduğu gösterilmiştir (%52 yavaş kasılan kas fibril tipine sahip) (161). Araştırmamızda alıştırdığımız bu üç kas grubu, futbolda performansı belirlemede önemli olan alt ekstremite kaslarından sadece bir bölümüne karşılık gelmektedir. Bu konu literatürde kapsamlı olarak irdelenmiş ve futbolcuların alt ekstremite kas kuvveti ve gücü ile sahada uygulanan performans bileşenleri arasında ilişki değerlendirilmiştir (162,163, 164, 165). Kalça fleksör ve uyluk ekstansör kas grupları (illiopsoas ve quadriceps kas grupları), şut atma aktivitesi esnasında bacağın ileri savrulması fazında önemli rol oynamaktadır. Bu kaslardan uyluk ekstansiyonunda etkinleşen quadriceps kas grubu bizim araştırmamızda değerlendirmeye aldığımız kaslardan bir tanesidir. Özellikle kalça fleksiyonunda etkin olan iliopsoas kası ise anatomik konumu nedeniyle değerlendirilememiştir. Yaptırdığımız antrenman modellerinde, ağırlıklı olarak ekstansiyon hareketinde quadriceps kas grubu etkin olarak antrene edilmiştir (137). Buna karşın yaptırdığımız antrenmanda SQ hareketi dışında LE ve LC sırasında iliopsoasın belirgin bir kontraksiyon yaparak harekete katılması beklenmemektedir. Squat hareketi esnasında da iliopsoas kası gluteal kaslara karşı pelvis kontrolünün sağlanması için antagonist bir kasılma örüntüsü göstermektedir (166). Bu nedenle iliopsoas kasının gelişmesine yol açacak bir fizyolojik stresin yeterli olamayabileceği de düşünölmektedir. Özellikle şut atma performansında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın bulunmamış olmasının nedeni (tüm antrenman modellerinde şut atma hızı artmış olmasına karşın) alışmada illiopsoas kasının gelişim göstermemiş olması ile açıklanabilir. Bu kas ile ilgili değerlendirmeler daha kapsamlı araştırmalarla nesnelleştirilmelidir. Nitekim illiopsoas kasının da etkin olarak antrene edildiğinin düşünöldüğu şut simölasyon çalışmalarında şut atma hızının artmış olduğu da gösterilmiştir (167). Bu bağlamda ağırlık antrenmanlarının şut performansına etki edebilmesi için tek başına quadriceps kasını hedef alan uyluk ekstansörlerinin çalıştırılmasının yeterli olmayabileceği vurgulanırken, ilgili kas gruplarının bütünün kapsama alınması gerektiği anlaşılmıştır.

Kalça ekstansör ve uyluk fleksör kasları ise topa temas etmeden önce agonist kas grubunun aşırı aktivasyonu sonucu ortaya çıkabilecek istenmeyen kontrolsüz salınımları engelleyen antagonistler olarak görev almaktadır (168). Tüm hareket boyunca kalça ekleminin kontrollü şekilde hareket etmesini sağlarlar. Bu özellikleri ile şut isabetine de katkı sağladıkları bildirilmektedir (111,116). Çalışmamızda yapılan antropometrik, ultrasonografik, EMG ve kas kuvveti ile gücüne ait değerlendirmelerde uygulanan

antrenman sonrası biceps femorisin gelişmiş olduğu görülmüştür. Antrenman modelinde kullanılan her üç harekette de belirli oranlarda uyluk ekstansörleri etkinleşirken özellikle LC hareketinde hem konsantrik hem de eksantrik kasılma sırasında yoğun bir strese maruz kaldığı da düşünülmektedir (137). Değerlendirilen değişkenlerde gözlenen farklılıklar bize bu kas grubunu geliştirmeye yönelik antrenmanlarda çalıştığımız modellerin etkin olarak kullanılabileceğini de ortaya koymaktadır.

Gluteus maksimus kası ise özellikle derin squat egzersizinde etkin kasılmalar göstermektedir (169). Bizim çalışmamızda uygulanan SQ hareketi olası sakatlıkların önüne geçmek için 90 derece diz fleksiyonunda sınırlandırılmış ve daha yüksek açılara girilmemiştir. Direnç egzersizi deneyimi olmayan katılımcıların SQ egzersizini derin açılarda çalıştırılması özellikle istenmemiştir. Hareketin bu açıda sınırlandırılmış olması gluteus maksimus kasının etkinleştiği fleksiyon açılarında kasılmasını kısıtlamıştır. Sonuçta gluteus maksimus kası SQ hareketinin diz fleksiyonu aşamasında belirli oranda eksantrik kasıldığı düşünülürken, diz ekstansiyonunda ise konsantrik kasılmasının sınırlı olduğu anlaşılmaktadır (169). Diğer hareketlerden LC sırasında ise diz fleksiyon ve ekstansiyonunda gluteus maksimus kası stabilizan olarak izometrik kasılmalar yapmıştır (137). Çalışmanın son hareketi olan LE’de ise harekete katkısı diğer iki uygulamaya oranla daha azdır. Bu kısıtlılıklara rağmen gluteus maksimus kas grubunun özellikle güç ve karma antrenman modellerinin uygulaması sonrasında yapılan izokinetik kuvvet değerlendirmesinde normalize pik tork değerlerinde kuvvet artışının görülmesi (60°/sn, nondominant ekstansiyon sırasında anlamlı olmak üzere) antrenman modelinin bu kas grubunu da belirli oranda etkilediğine işaret etmektedir.

5.2. İzokinetik Diz ve Kalça Kuvvetine Etkisi

Uygulanan 10 haftalık üç farklı direnç antrenman modellerinin futbolcuların diz ve kalça dinamik kas kuvvetlerine olan etkisinin araştırılması için izokinetik dinamometre ile düşük-orta-yüksek olmak üzere üç farklı açısal hızda (60 - 180 - 240°/sn, sırasıyla) test uygulanmıştır. Yapılan değerlendirmede diz ekstansiyon/fleksiyon hareketi sırasında futbolcuların her üç açısal hızda hedeflenen hızlara ulaştığı görülürken kalça ekstansiyon/fleksiyonunda 240°/sn’lik açısal hıza ulaşamadığı tespit edilmiştir. Bu bilgi, değerlendirmeye katılan kasların kontraktıl özellikleri yanında ölçüm sırasında

gerçekleştirilen hareketin makinayla sınırlandırılmış olmasından kaynaklanabilir. Nitekim kalçanın serbest salınımı sırasında hem fleksiyon hem de ekstansiyonuna katılan kas gruplarının etkinliği izole kontraksiyonlar sırasında belirli oranda kısıtlanmış olabilir.

Çalışmamızın sonucunda her üç antrenman grubunda da dominant bacağın 60 ve 180°/sn'lik hızda yapılan diz ekstansiyon hareketi sırasında anlamlı gelişmenin olması yaptırdığımız antrenmanın kuvvet bileşeninde etkin olduğuna işaret etmektedir. Dizin nondominant ekstansiyon hareketindeki gelişme değerlendirildiğinde ise 60°/sn'de her üç grupta, 180 °/sn'lik açısal hızda ise KA grubu hariç diğer iki grupta anlamlı değişikliğin tespit edilmiş olması (KA grubunda gelişme görülmüş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır) dominant bacakta yaratılan etkinin nondominant bacak içinde geçerli olduğuna işaret etmektedir. Öte yandan 240°/sn'lik kasılmalara ait ölçümlerde her iki bacakta da istatistiksel anlamda herhangi bir değişikliğin bulunmamış olması kasılma hızı ile uyumlu kuvvet artışının düşük açısal hızlardaki kuvvet artışından tamamen farklı yollarla gerçekleştiğini akla getirmektedir.

Yaptırdığımız antrenmanda da özellikle diz ekstansörlerinde görülen gelişme GDA ile GA'nın kuvvet arttırmada yeterli olabileceğini göstermiştir ve bulgularımız literatürle uyumludur. Antrenman grupları arasında bir farklılığın görülmemiş olması ise bize uyguladığımız antrenman modaliteleri sırasında yarattığımız stresin tetiklediği gelişimsel yanıtların birbirlerinden çok da farklı olmadığını düşündürmüştür. Çalışma sonuçlarımızı etkileyebilecek bir diğer faktör de kuvvetini arttırmayı hedeflediğimiz diz ekstansör ve fleksör kaslarının kas lifi dağılımından kaynaklanabilir (158). Özellikle çocuklarda Tip-2 kas fibrillerinin ve egzersiz esnasında glikolitik metabolizmaya olan ihtiyaçlarının daha az olması, kas hipertrofi antrenmanlarına verilen yanıtın erişkinlerden daha farklı olmasına neden olmuş olabilir (170). Bu sebeple çocuk yaştaki sporcuların antrenman planlanmasında gelişimsel sürecin özellik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmamıza katılan sporcuların hepsinin çocukluk dönemini bitirmiş hızlı büyüme dönemi sonrası adolesan yaş grubundan seçildiği anımsandığında verilerimizin kapsadığı grubu göz önünde bulundurarak antrenman metotlarının uygulamasında özellikle dikkatli olunması gerektiği unutulmamalıdır.

Literatürde genç futbolcularda, kuvveti geliştirmeye yönelik farklı antrenman uygulamalarının izokinetik dinamometre ile ölçülen kuvvet ve güç verilerini değerlendirmeye yönelik sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır (171, 172, 173).

Chaouachi et al. (170) tarafından yapılan araştırmada çocuklara uygulanan olimpik kaldırırş, pliometrik ve geleneksel direnç antrenmanın izokinetik kuvvete olan etkisinin kıyaslanmırş ve sonuçta antrenmanların belirli oranda gelişim sağladığı, buna karşın pliometrik antrenmanların kuvvet antrenmanlarına kıyasla 60 ve 300°/sn açısal hız diz ekstansör kuvvetlerinde daha büyük artış sağladığı bildirilmiştir. Konuyla ilgili olarak ‘‘Ulusal Kuvvet ve Kondisyon Birliği (NSCA)’’ çocuk yaşta sporcuların kuvvet ve güç kazanımları için geleneksel kuvvet antrenmanları yerine olimpik kaldırırş ve pliometrik antrenmanların daha büyük avantaja sağladığı bildirmiştir (174).

Yaptırdığımız antrenmanda uygulanan hareketlerden SQ ve LC çalışmamızda değerlendirdiğimiz bir diğer kas grubu olan gluteus maximus kasının özellikle fleksiyon yönündeki hareketlerini etkinleştirmiştir (137, 169). İzokinetik dinamometrede yaptırdığımız kalça ekstansiyon hareketi söz konusu kasın kuvvet gelişimini değerlendirme açısından önemlidir. Kalçanın fleksiyon hareketi ise başka kas gruplarını devreye girmesiyle yapılmaktadır. Ölçümlerimizde GDA grubunun izokinetik dinamometrede yapılan kuvvet ölçümlerinde 60 ve 180°/sn’lik açısal hızlarda yapılan ekstansiyon hareketinde gelişmenin görölmüş olması ve özellikle nondominant ekstremitede bu gelişmenin istatistiksel olarak anlamlı bulunması yaptırdığımız antrenmanların belirli oranda kuvvet artışına neden olduğunu göstermektedir. Nondominant ekstremitedeki gelişimin dominant ekstremiteye oranla daha belirgin olmasının nedeni, antrenmanın başlangıç döneminde bu ekstremitenin ilgili kas grubuna ait başlangıç değerlerinin istatistiksel olarak anlamlılık göstermese de dominant ekstremiteden daha düşük olmasıyla açıklamak mümkündür. Yapılan literatür bilgili değerlendirildiğinde uyguladığımız antrenman modellerinin gluteus maximus kasının kuvveti üzerine olan etkileri konusunda yayınlar bulunmakla beraber izokinetik dinamometre ile yapılan değerlendirmelerle ilgili herhangi bir yayına rastlanılmamıştır (175, 176).

5.3. Diz İzometrik Kas Kuvveti ve RFD’ye Etkisi

Çalışmamızda değerlendirdiğimiz bir diğer değişkende dizin 60°’lik eklem açısında yaptığı ekstansiyon ve fleksiyonuna ait izometrik kuvvetinin tespiti olmuştur. Yaklaşık 10 saniye süren bu kontraksiyonlar sırasında kasın üretebildiğı maksimum kuvvet belirlenmiştir. Ayrıca makinadaki veri akış hızının 10 ms’lik aralıklarla

kaydediliyor olması bize kuvvet gelişim profilini de ayrıntılı analiz etme olanağı sağlamıştır. Uygulanan antrenmanların tümünde hem dominant hem de nondominant ekstansiyon ve fleksiyon normalize pik tork değerleri (GA grubunun dominant fleksiyon değerindeki gelişme anlamlı bulunmamıştır) anlamlı düzeyde artış görülmüştür. Bu bulgular izokinetik dinamometre ile yaptığımız konsantrik ölçümlere ait verilerle de uyumludur ve ilgili kas gruplarında da belirgin bir gelişimin olduğunu desteklemektedir.

Kas kuvvetini belirleyen unsurlardan bir tanesi kas kütlesinde meydana gelen değişiklikler olmakla beraber bir diğer belirleyen etken ise etkinleşen kasın elektriksel aktivitesinden ve sinaptogenetik değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Hem ekstansiyon hem de fleksiyon hareketi sırasında RFD'nin irdelenmesi elektriksel aktivite hakkında dolaylı da olsa bilgi vermesi açısından önemlidir. RFD literatürde erken (100ms'den daha kısa zaman aralığında gerçekleşen kuvvet üretim hızı) ve geç faz (100ms'den daha uzun sürelerde gerçekleşen kuvvet üretim hızı) olmak üzere iki başlık altında tartışılmaktadır (72). Erken faz RFD, kasın nöral ve intrinsik özelliklerinden etkilenmektedir. Öte yandan geç faz RFD'nin ise kasın yapısına ek olarak nöral yollar ve kas yapısına destek dokuların özellikleri belirlemektedir. Geç faz RFD maksimal kas kuvvetiyle yakın bir ilişkiye sahiptir (71). Bulgularımız değerlendirildiğinde RFD'nin geç fazda her iki bacak ekstansiyonu sırasında da artış gösterdiği görülmektedir. Nondominant bacak ekstansiyonunda da erken faza ait veri grubunda özellikle GA ve KA gruplarında anlamlı gelişmeyi göstermesi fizyolojik açıdan önem taşıyabilir. Nitekim GA antrenman grubundaki sporculara GDA grubundan farklı olarak hareketi yüksek hızda yapmaları istendiğinden, antrenmanlar sırasında uyarının aslında motor yolağı etkinleştirerek gerçekleştirmesi amaçlanmıştır (177). Nondominant ekstremitenin daha az kullanılıyor olması belki de bu tip uygulamaların sinaptogenetik etkinin daha belirgin gözlenmesi ile açıklanabilir. GDA'da hız bileşeninin antrenmanın kapsamı içerisinde tartışılmıyor olması erken fazda bir yanıtın görülmesini de engellemiş olabilir. Yetişkin futbolcularda düzenli olarak yaptırılan izometrik diz ekstansiyon egzersiz programı özellikle erken faz RFD'yi arttırmış olması özgün antrenmanların yarattığı sinyal yolağının sonuçta etkisini yapılan egzersizle uyumlu olarak göstereceğinin güzel bir örneğidir (72). Antrenman periyodu boyunca uyguladığımız farklı hızlardaki kontraksiyonların gruplar arasındaki karşılaştırılmasında, RFD'nin etkilenmemiş olması, yaptırdığımız antrenmanın genelde

faydalı ancak özelde gruplar arasında fark yaratacak etkinlikte olmadığını düşündürmüştür.

Fleksiyon fazı değerlendirildiğinde dominant ekstremitedeki gelişmenin sadece GDA'da olduğu ancak zaman aralığı olarak da geç faza karşılık geldiği görülmüştür. Nondominant ekstremitede de yine geç fazı kapsayan gelişmeler görülmüş özellikle 200ms'den sonraki zaman aralığında her üç antrenman grubunun da farklı oranlarda hız gelişimine etki ettiği bulunmuştur. Yaptırdığımız antrenmanlarda fleksör kas grupları özellikle LC hareketinde çalıştırılmış olup RFD'deki gelişmenin erken fazda olmaması bize yaptırdığımız antrenmanın fleksör kas gruplarının ekstansörlerden farklı olarak özellikle erken fazda çok da etkilenmediğini düşündürmektedir. Özellikle eylemin 250ms'den daha uzun sürdüğü sportif aktivitelerde maksimal kuvvetin, maksimal gücü belirleyen en önemli faktör olduğu belirtilmektedir. Nitekim maksimal kuvvetteki artışın güce olan yansıması: i) Maksimum kuvvet arttıkça, düşük şiddet zonlarına denk gelen ağırlıkların pozitif ivmelenmesi daha kolay olmakta, ii) Maksimum kuvvet artışından ise çoğu kez Tip-2 kas fibrillerinin kesit alanının artmasıyla ilişkilendirilmektedir (178). Tip-2 kas liflerinin kontraktıl özellikleri anımsandığında Tip-1 liflerine oranla daha hızlı kasıldıkları ve bu özellikleri nedeniyle RFD'nin de daha fazla olabileceği bilinmektedir. Konuyla ilgili değerlendirmelerde özellikle Tip-2x kas liflerinin oranındaki artışın kuvvetle beraber kasılma hızını da arttırabileceği ve özellikle geç faz RFD'de etkin olabileceği gösterilmiştir (179). Egzersiz esnasında hareket uygulama hızının yüksek olduğu antrenman modellerinde özellikle erken faz RFD'nin artacağı geç faz RFD'nin ise bir değişiklik olmayacağı belirtilmiştir (180). Bu bağlamda zirve güç çıktısını arttıran ve Tip-2 kas fibrillerini uyaran motor ünitelerin etkinliğindeki artış RFD'yi etkileyebilecektir (178). Sonuçta kuvvette meydana gelen değişikliklerle beraber antropometrik değerlendirmelere RFD'nin eklenmesi kas performansını yorumlamada yeni açılımların önünü açar ve değerlidir. Ayrıca söz konusu kuvvet ölçümleri sırasında eş zamanlı EMG kaydının yapılmamış olması (teknik olarak mümkün değildi) bir eksiklik olarak değerlendirilebilir ve önümüzdeki süreçte yapılacak farklı çalışmalarla bu konu ayrıca araştırılabilir.

5.4. Kas EMG Aktivitesine Etkisi

Çalışmada uyguladığımız üç farklı antrenmanın, yapılan USG ve antropometrik değerlendirmeler ışığında, diz ekstansör ve fleksör kas kütlesi üzerinde anabolizan bir etki yaptığı bulunmuştur. Devamında yaptığımız kuvvet ölçümleri de ilgili kasların kuvvetinde de artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular sonuçta kasın elektiriksel aktivitesinde de değişikliklere neden olmuş ve EMG analiziyle bu farklılıkların yorumlanmasının yolu açılmıştır.

Kas yüzeyel EMG aktivitesinin kaydı sırasında elde edilen verilerden yapılan RMS hesaplamaları sayesinde etkinleşen motor nöron miktarı hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür (51). Kas kütlesi ve kuvvetine ait verilerle uyumlu olarak RMS değerinin de yükselmiş olması maksimal kasılma sırasında aktifleşen motor nöron miktarının da artmış olduğunun işareti olarak kabul edilebilir. Kasın kuvveti ile ilgili yorumlarda ilgili yapının yüzey alanı belirleyici unsurlardan bir tanesidir (181). Ancak kas kütlesinin artışı motor yolağın kontraktıl sürece koyduğu katkıyı açıklamada tek başına yeterli olmaz. Buna karşın kas hücrelerinin motor nöronlarla uyarılması ve sonrasında EMG aktivitesinde meydana gelen değişiklik anabolizan sürece sinaptogenetik işlergelerinde katkı koyduğunu göstermesi açısından önemlidir. Konu bu bağlamda yorumlandığında artan kas kütlesini uyaran motor nöronlarda da nörosinaptik işlergeyle ilgili bir sürecin de etkinleşmeye başladığı sonucuna ulaşmak mümkündür. Yapılan çalışmalarda sinaptik işlergedeki etkinleşmenin de kas üzerinde anabolizan etki yaptığı gösterilmiştir (19). Literatürde kas gelişimi ile beraber sinaptogenetik yolaklarında tetiklendiğini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (38, 182, 183). Araştırmamızda söz konusu yolakların hangilerinin belirlemiş olduğumuz değişikliklere hangi oranda katkı koyduğunu ortaya koyacak bir veri değerlendirilmemiştir. Ancak yaptırdığımız üç antrenman modelinin olası farklı motor nöron etkinleştirme örüntülerinin olabileceği düşünüldüğünde, sonuçta benzer RMS değerlerine ulaşmış olmakla beraber, ayrıntılı değerlendirmede farklı moleküler mekanizmalarında devreye girmiş olabileceğini düşünmek mümkündür. Konuyla ilgili ayrıntılı bilgi için daha kapsamlı çalışmaların yapılması gerekir.

Çalışmamızda kas elektriksel aktivitesine etkisini araştırmak amacıyla antrenman periyodu öncesi ve sonrasında yapılan maksimum istemli kas kasılması esnasında ürettikleri elektiriksel aktivite (MVC) ölçülmüştür. Çalışmada değerlendirdiğimiz GM,

VL ve BF kaslarının MVC sırasında yapılan EMG kaydı SENIAM protokolüne göre belirlenmiş pozisyonlarda yaptırılmıştır. Bu veriler bize MVC'ye ait RMS değerlerinin, her üç antrenman grubunda da VL (%20, %22 ve %19; GDA, GA ve KA, sırasıyla) ve BF (%20, %22 ve %24; GDA, GA ve KA; sırasıyla) kas gruplarında artmış olduğunu göstermiştir ve bu bulgular literatürle uyumludur (184, 185, 186). Sonuçlar bu iki kas grubunun kütlesindeki artışın RMS değerlerindeki artışla uyumlu olduğunu düşündürmektedir. Antrenman protokolleri sırasında yaptırdığımız hareketler sonuçta gelişim kaydettiğimiz bu kasların etkin olarak çalıştığı hareket örüntülerini kapsamaktadır. Sonuçta hareket hızından, kapsamından ve şiddetinden bağımsız olarak yapılan yüklemelerin 10 haftalık uygulamanın yarattığı kümülatif stres sonrasında EMG örüntüsünü de etkileyebileceğini göstermesi açısından önemlidir.

Vastus lateralis ve BF kasından farklı olarak GM kasının elektriksel aktivitesi irdelendiğinde antrenmana vermiş olduğu yanıtın anlamlı olmadığı hatta belirli oranda da azalmış olduğu görülmüştür değerlerinde (-%9, -%18 ve -%9; GDA, GA ve KA; sırasıyla). Teknik yetersizliklerden dolayı GM kasının kütlesinde meydana gelen değişiklikler irdelenememiştir. Bu nedenle kasın RMS değerindeki azalmayı kasın kütlesindeki değişikliklerle açıklamak mümkün olamamaktadır. Yaptırdığımız antrenmanda yukarıda da açıklandığı üzere GM kası hareketlere VL ve BF kasları gibi yoğun katkı koymamış olabilir. Bu durumda geliştiğini gösterdiğimiz diğer iki kas grubundan farklı olarak GM kasının antrenmanlar sırasında hedeflenen anabolik strese yeteri oranda maruz kalmadığını da düşünmek mümkündür. Sonuçta GM kasını hedef alan direnç antrenmanlarında yapılması gereken hareketlerin çeşitliliği konusunda da araştırmalar yapılması önemli olacaktır (176).

GM kasının bizim antrenmanlarımızda etkin olarak kontraksiyona katıldığı hareketlerden bir tanesi SQ hareketidir (166). Bu hareketin kalkma fazında quadriceps kas grubu ile GM kası sinerjist olarak etkinleşmektedir. Antrenmana uyum süreci içerisinde kasların gelişimi ile orantılı olarak harekete koydukları katkının oranı da değişebilir. Başlangıç anında her iki kas grubunun da arasında bir denge olduğundan bahsetmek mümkündür. İlerleyen aşamada SQ hareketinin kalkma fazının bütününe yakın etkin katkı koyan VL kası beklendiği üzere kuvvet artışı göstermiştir. SQ hareketinin dizin 90 derece fleksiyonuna kadar kısıtlanmış inme fazından sonra başlayan kalkma fazı sırasında GM fazlada etkinlik göstermemiştir. Bu durumda GM kasının

sinerjik olarak kalkma fazına koyduğu katkıda bir oranda azalmıştır. Sonuçta belki de yükün quadriceps femoris kas grubuna aktarılması GM kasının gelişimini de olumsuz etkilemiştir. Dominant bacakta yapılan izokinetik kuvvet ölçümlerinde anlamlı bir artışın görülmemiş olması ile beraber RMS değerleri bir araya getirildiğinde verilerin kendi içinde uyumlu olduğunu da söylemek mümkündür.

Çalışmamızda yaptırdığımız GA modelinin sporculara daha düşük ağırlıkla hızlı tekrarlardan oluşan ancak tekrar sayısı az olması nedeniyle özellik arz eden bir uygulama olduğu bilinmektedir. Bu girişimin kas kütlesini artırıyor olması yanında elektriksel aktivite üzerine etki gösterdiğinin bulunması önemlidir. Jenkins et al. (38) ile Schoenfeld ve ark (187), kasın elektriksel aktivite ve hipertrofik yanıtı değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, 1MT'nin %80'ine karşılık %30'una denk gelen yüklerle tükenene kadar sporculara tek egzersiz (LE ve Leg press; sırasıyla) yaptırılmıştır. Araştırmacılar görece yüksek ağırlıkta yapılan kaldırımların daha etkin olduğunu göstermişlerdir. Bu araştırmalarda kullanılan yüklerin oranları bizim çalışmamızla benzerlik göstermekle beraber gerek düşük gerek yüksek ağırlıkta hareket hızı sabit tutulmuştur ve düşük ağırlıkla yapılan tekrarlarda güç düşük tutulmuştur. Bizim araştırmamızda ise GA grubunda, antrenmanın güç bileşeni öncelenmiş ve hareketin sabit hızda yapılması yerine mümkün olan en yüksek hızda yapılması istenmiştir. Tekrar sayısı ise diğerlerinden farklı olarak tükeninceye kadar sürdürülmemiş beş tekrarda sonlandırılmıştır. Önceki çalışma gruplarına benzer şekilde hem kas kütlesinde hem de kasın elektriksel aktivitesinde belirtilen değişikliklerle paralel sonuçlara ulaşılmış olması antrenman modellemesinde tükeninceye kadar ağırlık kaldırmak yerine daha az sayıda ama doğru hızda yapılan yüklemelerinde yeterli olabileceğine işaret etmektedir. Egzersiz şiddetinin artması sinaptik girdinin büyümesine ve motor ünite uyarısında da artışa neden olacağı hatırlandığında (187), antrenman modelimizdeki hız artışının düşük ağırlıklarda bile kas dokusunda etki yaratmada yeterli olduğunu ve bu yolları tetikleyebileceğini göstermiştir. GDA grubu, klasik olarak yaptırılan direnç antrenman modeline karşılık geldiği anımsandığında bu yöndeki uygulamalarında halen en etkin modellerden birisi olduğunu unutmamak gerekir. Çalışmamızda değerlendirdiğimiz üçüncü antrenman modeli olan KA modelinde de GDA ve GA grupları benzer sonuçlara ulaşılmıştır. KA modeline benzer ve yine genç futbolculara uygulanan kontrast antrenman ile pliyometrik antrenman modellerinin kıyaslandığı bir araştırmanın sonucunda uyluk ön bölgesindeki

kasların EMG aktivitesindeki değişikliğin bizim çalışmamıza uyumlu olarak kontrast antrenmanda daha belirgin olduğu gösterilmiştir (188).

Çalışmamızda SQ egzersizi sırasında katılımcılardan 1MT'nin %20-40-60-80 şiddetlerinde kaldırılabildikleri ağırlıklara karşılık gelen yüklerle hareketi uygulamaları istenmiş ve elde edilen veriler MVC sırasında kaydedilen EMG verisi esas alınarak normalize edilmiştir. Böylece, elektrot yerleşimi yanında bireyin günlük nöromüsküler etkinliğini değiştirebilecek günlük farklılıklardan kaynaklanan olası varyasyonların etkisi bertaraf edilerek verilerin objektif bir şekilde yorumlanabilmesi sağlanmıştır (189). SQ hareketi esnasında, araştırmayı amaçladığımız VL, BF ve GM kasların etkinliğinin analizi hareketin inme ve kalkma fazında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu sayede ilgili kas gruplarının hem konsantrik hem de eksantrik kasılmaları sırasında oluşan EMG dalgalarının yorumlanması mümkün olabilmemiştir. Maksimum istemli kas kasılmaları SQ hareketinde alınmamıştır. Bunun nedeni söz konusu hareket sırasında ortaya çıkabilecek ağır yüklenmenin, ağırlık antrenman deneyimi olmayan sporcularda tolere edilmesinin mümkün olamayabileceğidir.

SQ hareketinin kalkma ve inme fazında, daha önce de belirtildiği üzere etkinleşen kas gruplarının izole MVC'si sırasında kaydedilen EMG verileri 1MT'nin %20, %40, %60 ve %80'ine karşılık gelen yüklemelerde elde edilen EMG verisinden hesaplanan RMS ile karşılaştırılması yapılmıştır. Eldeki veriler %20 şiddeti ile yapılan kasılmalarda, BF kasının GDA ve KA antrenman gruplarında herhangi bir değişikliğe neden olmadığını göstermiştir. Bunun dışında her üç antrenman grubunda yapılan tüm yüklemelerde RMS değeri bu kas grubu için maksimal kasılma verisine göre normalize edildiğinde azalma eğilimi göstermiştir. Yaptırdığımız her üç antrenman modeli sonrasında ortaya çıkan uyum yanıtı BF kasının kalkma fazında (eksantrik olarak kasılmaktadır), daha düşük elektriksel aktivite ile etkinleştiğini düşündürmektedir. Hareketin inme fazı değerlendirildiğinde ise düşük ağırlıklarda BF kasının normalize EMG verisinde bir farklılık olmadığı buna karşın %80'e karşılık gelen yüksek ağırlıkta hareketin daha düşük bir EMG aktivitesiyle gerçekleştirildiği bulunmuştur. Çalışmamızda da özellikle düşük ağırlıklarla yapılan inme hareketinde BF kası muhtemelen harekete zaten çok katılmamakta ve bir anlamda fazla etkinleşmesi de beklenmemektedir. Konu literatür bilgisi anlamında değerlendirildiğinde özellikle antrenmana gösterilen motor uyum yanıtları sonrasında kasların daha düşük elektriksel aktiviteyle hareketi yapabilme

yönünde bir değişim gösterdiği belirtilmektedir (190). Sinirsel ekonominin olumlu yönde etkilendiği ve hareket için harcanan nöral bedelin azalması bu bağlamda tartışılan konulardır (38).

SQ hareketine katılan VL kası benzer özellikler esas alınarak irdelendiğinde her üç antrenman grubunda da kalkma hareketi sırasında %80 ağırlık hariç (KA grubunda %80, GDA grubunda %20 ağırlıkla yapılan hareketlerde de fark bulunmamıştır) BF kasına benzer şekilde daha düşük elektriksel aktiviteyle hareketi gerçekleştirmiştir. SQ hareketinin bu fazında konsantrik olarak kasılan VL kasının eylemi görece daha düşük elektriksel aktiviteyle gerçekleştirmesi nöral uyumun bir göstergesi olarak yorumlanabilir. İnme fazında ise özellikle GDA grubunun düşük ağırlıklarla gerçekleştirdiği (1MT'nin %20-40 şiddetiyle) aktivitelerdeki RMS değerleri düşüşü bu kasın eksantrik kontraksiyonlarını da olumlu etkilemiştir. Söz konusu ağırlıklarda BF kasının inme hareketi sırasında RMS değerinin değişmemiş olması özellikle GDA grubunda süreci frenleyen etkinin VL kasının eksantrik kontraksiyonlarında kaynaklandığı ve hızlı hareketlerde bu uyum yanıtının düzenleyici olabileceğini düşündürmektedir. Temel olarak agonist ve antagonist işlev görev bu iki kas grubu ile ilgili değerlendirmeleri daha sağlıklı yapabilmek için konuya özel daha ayrıntılı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

SQ hareketi sırasında değerlendirdiğimiz üçüncü kas grubu olan GM kasının kuvvet ölçümleri sinerjik etki gösterdiği VL kasıyla bir arada düşünüldüğünde, VL kasındaki gelişmenin GM kasında gözlemlenmediği tespit edilmiştir. Kalkma fazı sırasında VL kasının her üç antrenman grubunda da özellikle düşük ağırlıklarla yapılan eylemlerde nöral adaptasyon ile uyumlu değişiklikler olduğu da tespit edilmiştir. Buna karşın beklenen değişimleri göstermeyen GM kasında zorlanmalar sırasında nöral aktivitenin diğer kaslarda gözlemlenen değişikliklerin tam tersine artış göstermiş olması antrenmanlarda yaptırdığımız hareketlerin bu kasın nöral aktivitesini de etkilemediğini işaret etmektedir. Hareketin inme fazında ise eksantrik olarak kasılan GM kası antrenmanlarda yaptırdığımız üç antrenman modelinde de düşük ağırlıklarla yapılan hareketlerde RMS dalgasını etkileyecek herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Buna karşın maksimumun %80'inde yapılan inme hareketinde RMS dalgasının maksimuma göre normalize edilmiş değerinin yüksek çıkmış olması yine bu kas grubunun nöral uyum göstermediğine işaret ediyor olabilir. Kas kuvvetindeki değişikliklerle beraber EMG verisi

bir arada yorumlandığında ise yaptırdığımız hareketlerin GM kasını çalıştırmada yeterli kalmamış olabileceğini de akla getirmektedir. GM kasının antrenmana uyumu bağlamında yapılacak değerlendirmelerde farklı hareket örüntülerinin kullanılması anlamlı olacaktır.

5.5. Kas Morfolojisine Etkisi

Çalışmamızda uygulanan antrenman modellerinin sporcuların VL ve BF kaslarına etkisinin araştırılması için ultrasonografi ölçümleri yapılmıştır. Yapılan USG analizlerle en temel antropometrik değerlendirme olan çevre ölçümleri üst bacak kas grubunda gelişim olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmamıza katılan grupların VL kaslarına ait son testlerinde (%21.8-%17.3-%19.5; sırasıyla GDA-GA-KA) artış görülmüştür. Diğer taraftan BF kasına ait son testler incelendiğinde (%18.7 - %22.4 - %19.5; sırasıyla GDA-GA-KA) artış gösterdiği tespit edilmiştir. Gruplar arası kıyaslama yapıldığında herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Bu bulgu, daha önce direnç antrenmanı deneyimi olmayan sporculara uygulanacak olan antrenmanların kapsam ve şiddet değişkenlerinin kas morfolojine olan etkileri hakkında literatüre katkı sağlayacaktır.

Kas gelişimi, antrenmanda tekrar sayısının ve kapsamının görece daha çok olduğu GDA grubu ile tekrar sayısının ve kapsamının daha düşük olduğu buna karşın hareket hızının ve antrenman şiddetinin daha yüksek tutulduğu GA grubu ile benzerlik göstermiştir. Bu bulgu kombine antrenman uygulamasında da kendisini göstermiştir. Gruplar arasında herhangi bir farklılığın olmaması ise kas yapısı üzerindeki anabolik etki anlamında antrenman modellerinin birbirine üstünlük sağlamadığına işaret etmektedir. Literatürde, hipertrofik sinyal yollarının doğrudan etkinleşmesini sağlayan pek çok olası mekanizma ayrıntılarıyla çalışılmış olmakla beraber (64), elimizdeki verilerle yaptırdığımız antrenman modelinde hangi özgün tepkimenin tetiklendiğini söylemek mümkün değildir. Konunun açıklığa kavuşturulabilmesi için daha ileri çalışmaların yapılmasına gereksinim vardır.

Antrenman döneminin erken fazlarında kas hasarı kaynaklı kas kütlesinde artış tespit edilmesine rağmen (184, 185, 186, 191), uzun dönem antrenman adaptasyon yanıtlarıyla beraber kas hipertrofi yanıtları daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (17, 192). Literatürde, 2-4 set, 8-10 egzersiz, 3-12 tekrar, setler arası 2-5 dakika dinlenme ve

haftada 2-4 defa uygulama tipi geleneksel direnç antrenmanı ya da hipertrofi antrenmanı olarak tanımlanmaktadır (193). Ancak farklı form seviyesi ve yaş gruplarında kas hipertrofisi sağlamak amacıyla uygulanan birçok antrenman yöntemi vardır. Uygulanan antrenman yöntemlerinde araştırılması amaçlanan değişkenler arasında hareketin hızı, tekrar sayısı da yer almaktadır (177; 193). Hareketin hızı değerlendirildiğinde, her kas grubunun, antrenmanda uygulanacak hareket hızına aynı uyum yanıtını vermeyeceği düşünülmektedir. Zira çalışmada geliştirilmesini amaçladığımız quadriceps kas grubunda yer alan rektus femurisin (Tip-2 kas fibrilinden zengin) hızlı kas kasılmalarıyla, vastus lateralis ise yavaş ve orta hızla uygulanan kas kasılmalarıyla daha büyük hipertrofik yanıt verecekleri bildirilmiştir (177, 194). Tekrar sayısı irdelendiğinde ise literatürde tekrar metoduyla belirlenen yöntemle 6-12 tekrarın uygulandığı antrenman modifikasyonlarıyla daha düşük şiddetlere denk gelen (1MT'nin %30'u) ve daha fazla tekrarın uygulandığı antrenman yöntemlerin kıyaslandığı görülmektedir (195). Çalışmamızda GA grubuna uyguladığımız tekrar sayısına benzer yüklerin hipertrofiye etkisinin incelendiği çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak görece daha düşük ağırlıklarla güç çıktısı gözetilerek yapılan antrenmanların kas hipertrofisi yaratma anlamında yeterli olması önemli bir bulgudur.

5.6. Demografik ve Antropometrik Özelliklere Etkisi

Çalıştığımız yaş grubundaki çocukların performans gelişimine etki edebilecek unsurlardan bir tanesi de bulundukları gelişim evresinin bir sonucu olarak da ortaya çıkabilir. Sporcuların pik büyüme hızına olan uzaklığını değerlendirmek antrenman etkisini tartışabilmek açısından önemlidir. Pik uzama hızı, tahmini olarak ergenlik atağı sırasında maksimum büyüme hızının yaşandığı kronolojik yaşla ilişkilidir (196). Erkek çocuklarda pik uzama hızı dönemi yaklaşık 10–14,4 (yıl) aralığına denk gelmektedir (197). Bu dönemin hemen ardından çocuklar yetişkinlikteki boylarının %92'sine ulaşabilmektedirler (198). Bu dönem sonrasında büyüme gelişme yavaşlayarak devam eder. Pik büyüme döneminde olan çocuklarda hormonal aktiviteyle birlikte boy uzamasının yanı sıra vücut ağırlığı, kemik kütlesi ve kas kütlesi de artması beklenmektedir (199). Yaptığımız antropometrik değerlendirmelerde çalışmamıza katılan sporcuların hepsi pik büyüme dönemini en az 2 yıl geride bıraktığı hesaplanmıştır. Bu

nedenle gözlemlediğimiz kas gelişimini fizyolojik gelişmelerin süreci ile açıklamak mümkün görülmemektedir.

Çalışmamız sonucunda genç futbolcuların vücut ağırlıkları, %kas kütlesi ve uyluk çevre ölçüm ortalamaları tüm gruplarda artma eğilimi göstermiştir. Diğer taraftan VKİ, %yağ, %kemik ve uyluk deri kıvrım kalınlıklarında bir farklılık görülmemiştir. Literatürde yapılan araştırmalar arasında, çalışmamızla benzer şekilde üç antrenman modelinin vücut kompozisyonuna olan etkilerini karşılaştıran bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak Montalvo-Pérez et al. (200), 6 hafta boyunca geleneksel direnç antrenmanlarına (%80-90 1MT, 3 set X 8 tekrar) kıyasla güç antrenmanlarının (OPL şiddetinde, 3 set X 8 tekrar) vücut kompozisyonuna olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmada sporculara squat, hip thrust, ve lunge hareketleri uygulanmış ve sporcularda direnç antrenmanı vücut ağırlıklarını arttırırken (%2), artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca iki farklı antrenman modelinin kas ve yağ kütlelerine olan etkileri arasında farka rastlanılmamıştır. Sezon içinde 26 hafta boyunca haftanın iki günü futbol antrenmanlarına ek sahada ve fitness salonunda tüm vücudun çalıştırıldığı direnç egzersizleri sonucunda, 16 yaş futbolcularda, yağ kütlesinde değişim gözlemlenmezken, vücut ağırlığı ve kas kütlesinde ise artış görüldüğü tespit edilmiştir (Suarez-Arrones ve ark 2019). Benzer şekilde yapılan diğer bir çalışmada ise 16-19 yaş arası futbolcularda, %yağ kütlesinde azalma görüldüğü de tespit edilmiştir (201). Farklı bir çalışmada, 12 hafta boyunca kuvvet antrenmanlarına (%60-75 1MT) ek uygulanan güç antrenmanlarının (plyometrik) %yağ kütlesinin (%16,4), uyluk deri altı kıvrım kalınlığını (%27,7) azalttığı bildirilmiştir (202). Bizim yaptığımız çalışma sonucunda da GA ve KA gruplarındaki sporcuların vücut ağırlıkları literatürdeki bulgulara benzer şekilde artış göstermesine rağmen (%2.1 ve %2.3 sırasıyla), GDA grubunda daha az bir artışa rastlanılmıştır (%1.15). Bu artış kasların antrenmana uyum sonrasında gerçekleştirmiş olduğu gelişimden kaynaklanabilir. Çalışmamızda GDA grubu sporcularının %yağ ortalamaları yaklaşık %11, GA grubunun %8 ise KA grubunun ise %0,1 oranında düştüğü görülmüştür. Çalışmamıza katılan sporcuların uyluk deri altı kıvrım kalınlığı ise GDA grubu için %16, GA grubu için %3, KA grubu için ise %1 oranında azaldığı tespit edilmiştir. GDA ve GA gruplarında görülen belirgin vücut %yağ oranındaki azalmayla beraber uyluk deri kıvrım kalınlığındaki azalmanın GDA grubunda ön plana çıkmasını açıklamak eldeki verilerle mümkün değildir. Ölçümlerin ardışık

yapılması ve aynı kişi tarafından tekrarlanması metodolojik bir hatadan kaynaklanma olasılığını azaltmaktadır.

5.7. Saha Performans Testlerine Etkisi

Çalışmamızda genç futbolculara farklı modellerle uygulanan antrenmanların saha performanslarına etkisini incelemek amacıyla dikey sıçrama, çeviklik, sprint (0-10m, 0-20m ve 0-30m) ve şut atma performans testleri (şut isabeti ve hızı) uygulanmıştır. GDA ve KA grubunun sıçrama performansı anlamlı düzeyde artış göstermiştir (%5.77 ve %3.33 sırasıyla). GA grubunda bir değişiklik görülmemiştir (% -1.71), ayrıca gruplar arasında bir farklılık görülmemiştir. GDA ve KA grubundaki sporculara yaptırılan antrenmanda ağırlıklı olarak gücün kuvvet bileşeni antrene edilmişken, GA grubunda ise hız bileşeni çalıştırılmıştır. Eldeki veriler sıçrama performansında kuvvetin hızdan daha ön planda olduğunu düşündürmektedir. Çalışmamıza paralel olarak kuvvet ve güç bileşenlerinin kombine uygulandığı 12 haftalık bir antrenman periyodu sonrası sıçrama performansının %5.9 arttığı bildirilmiştir (203). Diğer taraftan 14-16 yaş arası hentbolculara 6 hafta boyunca 1MT'nin %80-90 şiddetinde yavaş ya da normal kontraksiyon hızı ile uygulanan bir antrenman modeli sonrasında sıçrama performansında bir değişim gözlemlenmediği bildirilmiştir (204). Bu çalışma, henüz antrenman deneyimi olmayan çocukların yüksek şiddetli antrenmanlara tabi tutulmasının, kas gücünde istenilen hedeflere ulaşmasında etkili olamayacağını göstermektedir. Çalışmamızda GDA grubuna ait yüklemelerde her üç antrenman modelinde de 1MT'nin %70-85'i aralığındaki ağırlıklarla antrenman yaptırıldığı göz önüne alındığında, bunu üstünde yapılacak yüklemeler konusunda özellikle dikkatli olunması gerektiği de anlaşılmaktadır. KA grubundaki sporcuların antrenmanlarının bir kısmında GDA bileşeni olduğu anımsandığında sıçrama performansındaki gelişmenin antrenmanın kuvvet unsurundan etkilenebileceğini düşündürmektedir. Sadece hız bileşenin olduğu antrenman modelinde ise sıçramanın gelişmemiş olması, sıçramayı arttırmayı hedefleyen antrenman uygulamalarında hız yerine kuvvetin daha fazla düşünülmesi gerektiğini de akla getirmektedir.

Çalışmamızda GDA grubuna uyguladığımız antrenmanların 0-10m performansını %3.57, 0-20m sprint performansını ise %1 oranında olumlu yönde etkilemiş olması, aynı

sıçramada olduğu gibi direnç antrenmanlarındaki gücün kuvvet bileşeninin sprint performansında antrenmanlardaki hız bileşeninden daha önemli olduğunu düşündürmektedir. Ardışık adımlar sırasında birim kas dokusunun ürettiği kuvvetin sprint hızına yansımalarının performans belirlemede ön plana çıktığını da düşündürmektedir. Literatürde 0-10 ve 0-20m gibi kısa mesafe sprint koşularını pozitif ivmelenme olarak tanımlamaktadır (28). Ayrıca kuvvet ölçümü ile pozitif ivmelenme arasında orta ve yüksek düzeyde pozitif korelasyonun tespit edildiği çalışmalara da rastlanılmaktadır (205, 206). Pozitif ivmelenmenin geliştirilmesi için maksimal şiddetle uygulanan antrenmanın yerinde daha düşük şiddetle uygulanan antrenmanın uygun olabileceği bildirilmiştir. Diğer taraftan maksimal şiddetle uygulanan antrenmanların ise sporcuyla yüksek eksantrik yüke maruz bırakacağından dolayı negatif ivmelenmeyi geliştireceği belirtilmiştir (93). Çalışmamızda kullandığımız submaksimal yüklemelerin yarattığı kuvvet gelişimi bu bağlamda literatürle uyum göstermektedir. Öte yandan yüksek şiddetle uygulanan antrenmanların daha düşük tekrar sayısı ve yorgunluk sebebiyle daha düşük hareket hızına yol açacağından sprint performansını da olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (71).

Literatürde sprint performansını artırmaya yönelik uygulamaları değerlendiren çok sayıda çalışma olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda direnç antrenmanlarında ek olarak farklı saha içi antrenman modellerinin kullanıldığı da görülmektedir. Franco-Márquez ve ark (207), 6 hafta boyunca direnç antrenmanlarına kombine olarak uyguladığı plyometrik antrenmanların sprint performansına etkisini araştırmıştır. Yapmış oldukları çalışmada direnç antrenmanlarını düşük şiddet ve düşük kapsamda (1MT %45-60, 2-3 set X 4-8 tekrar), plyometrik antrenmanlarını ise sıçrama ve sprint egzersizleri ile uygulamış ve sonuçta sprint performansının %5.8 oranında arttığı bildirilmiştir. Bu yükleme temelde bizim GA grubu direnç antrenman gruplarıyla benzerlik göstermektedir. Ancak bizim uyguladığımız direnç antrenman modelinde sahada yapılabilecek egzersizlerle ilgili herhangi bir girişimde bulunulmamıştır. Sonuçta antrenmanın kapsamında hız bileşenini ön plana alan direnç antrenmanlarının tek başına uygulanmasının sprint performansını arttırmada yeterli olmayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Wong et al. (203), sprint performansında ayak bileği, diz ve kalça ekstansiyon (üçlü ekstansiyon) gücünün öneminin altını çizmiştir. Yapmış oldukları çalışmada “high pull, power clean ve squat jump” hareketlerini egzersiz programlarına eklemiştir. Bu

egzersizlerle bir antrenman biriminde üçlü ekstansiyon hareketlerini birlikte geliştirmeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak 0-10m ve 0-30m sprint performansları istatistiksel olarak anlamlı düzeyde gelişmiştir (%4,9 ve %2,3 sırasıyla 0-10, 0-30m). Muhtemelen, takım sporlarında, nöromüsküler adaptasyonların direnç egzersizlerinde sürat ve çeviklik ile ilgili motorik özelliklere olumlu aktarımlarını ortaya çıkarmak için özel olarak tasarlanmış egzersizleri dahil edilmesi gerekebilir (145).

Sprint performansını yorumlarken değerlendirilmesi gereken unsurlardan bir tanesi de sporcuların pik uzama hızının gerçekleştiği dönemde sprint performansında önemli ölçüde artışın beklenmesidir. Bu dönemden sonra ise performansta görülen artış giderek azalır ve plato eğilimi gösterir (208). Araştırmamıza katılan çocukların pik boy uzama hızını yaklaşık 2 yıl geçmiş oldukları hesaplandığında, fizyolojik gelişim evrelerinin hızı belirleyen yaş dönemini geride bıraktıkları düşünülebilir. Bu durumda hızı geliştirmek bağlamında sadece kuvveti arttırarak yapılan yüklemeler, hıza etki eden diğer değişkenlerin antrene edilmediği durumlarda pek de yarar sağlamayabilir. Hız bileşeninin geliştirebilmek için sporcuların direnç antrenmanları ile beraber sahada amaca yönelik antrenmanları da dahil etmesi anlamlı olacaktır.

Antrenman periyodu boyunca uygulanan üç farklı antrenman yönteminin sporcuların çeviklik performansına olan etkileri incelendiğinde her üç grupta da bir gelişme olmasına rağmen istatistiksel düzeyde anlamlı bir farklılık görülmemiştir (%2.16, 1.17, ve 1.33; GDA, GA, KA grupları sırasıyla). Bulgularımıza paralel olarak, farklı çalışmalarda futbolculara kuvvet-güç antrenmanlarının kombine uygulanması sonucunda sıçrama performansını ve kuvveti geliştirmesine rağmen çeviklik performansına bir etkisinin olmadığı bulunmuştur (209, 210). Yaptırdığımız her üç antrenman grubunda da futbolcuların kas kütlelerinde, kasın elektriksel aktivitesinde, kas kuvvetinde artış olduğu görülmüştür. Ek olarak GDA grubunda kısa mesafe sprint dereceleri de ilerlemiş olmasına karşın tüm antrenman gruplarında çeviklik performansının anlamlı değişiklik göstermeden olumlu yönde değişmiş olması, yaptırdığımız antrenmanların çeviklik üzerinde anlamlı etki yaratmada yeterli olmadığı düşünülmektedir. Çeviklik yukarıda bahsedilen değişkenlerle birlikte motorik bazı özelliklerden de etkilenmektedir. Vücudun bütününün belirli bir koordinasyon ve hızla eyleme katıldığı çeviklik gerektiren hareketlerde kas yapısında meydana gelen değişikliklerden etkilenebilmesi için salt ağırlık antrenmanlarının yeterli olamayabileceği

düşünülmektedir. Nitekim konuyla ilgili çalışmalarda çevikliği geliştirebilmek için eklenecek özgün antrenman modellerine gereksinim olduğu da vurgulanmaktadır.

5.8. Şut Atma Performansına Etkisi

Çalışmamızın önemli bulgularından biri de futbolculara uygulanan farklı antrenman modellerinin şut atma performansına olan etkisinin incelenmesidir. Şut atma performansı, dominant ve dominant olmayan bacakla atılan şut sonrası ölçülen en yüksek top hızı ve isabet oranı olmak üzere iki başlık altında tartışılmıştır.

5.8.1. Top Hızına Etkisi

Yapmış olduğumuz çalışmada temel amacımız futbolcuların uyluk ve kalça bölgesi kas gruplarında sağlanacak artışın, şut eylemi esnasında topa aktarımını sağlayarak performansı geliştirmektir. Yapılan antrenmanların şut atma hızına etkisinin incelendiği test sonuçları değerlendirildiğinde, dominant bacakla atılan şut sonrası ölçülen top hızının GDA, GA ve KA gruplarında sırasıyla ortalama %2.54, %2.06 ve %3.15 oranlarında artış sağlandığı belirlenmiş ancak bu fark istatistiksel anlamlılık göstermemiştir. Benzer şekilde nondominant bacakla yapılan şut atma hızı ölçümlerinde de GDA ve GA gruplarında istatistiksel olarak anlamlılık göstermemekle beraber gelişme olduğu tespit edilmiştir (%1.67 ve %2.04 sırasıyla). KA grubunda ise beklenilenin tersine %1.29 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Futbolcuların kalça ve uyluk bölgesi kas gruplarının kasılma kuvvetleri ve hızı, futbolda şut atma performansını etkileyen unsurlar arasında yer aldığından dolayı (115, 211), değerlendirdiğimiz kas gruplarında gördüğümüz temel değişiklikler bize yaptırdığımız antrenman sonrası söz konusu kas gruplarında belirli oranda gelişme olduğunu düşündürmektedir.

Daha önce yaptığımız çalışmada ve literatürdeki benzer araştırmada simüle şut antrenmanının şut atma hızını istatistiksel olarak anlamlı arttırdığı bulunmuştur (167, 212). Önceki uygulamada bacak, sunulan çalışmadan farklı olarak antrene edilirken uyluğun fleksör kaslarının bütünün belirli bir dirençle kasılması sağlanmıştır. Öte yandan şimdiki çalışmamızda kullandığımız antrenman modellerinde şut atma hızına doğrudan katkı yapabilecek uyluk fleksörlerinden iliopsoas kasının önceki çalışmaya benzer şekilde

etkinleşmesini sağlayacak hareketler yaptırılmamıştır (167). Bu durumda diz ekstansörlerinde görülen kuvvet artışının şut atma hızına olan katkısının sınırlı kaldığı düşünülmektedir. Sporcuların diz ekstremite kas kuvvetlerinin ölçümlerinde kullanılan hareket paterni ile şut aktivitesinde gerçekleşen hareket örüntüsündeki farklılık çalışma bulgularımızı etkilediğini akla getirmiştir.

Literatürde farklı form seviyesindeki değişik yaş gruplarındaki futbolcuların şut atma hızını artırmaya yönelik yapılan birçok sayıda bilimsel çalışmanın yer aldığı görülmektedir. Şut atma aktivitesinin balistik bir hareket olması nedeniyle (213), yapısında balistik hareket örüntüsü içeren egzersizler (balistik hamstring curl / jump squat/ balistik leg extension) bu bağlamda önemli olabilir. Nitekim izometrik ve pliyometrik antrenmanların kombine uygulandığı çalışmalarla, sprint ve pliyometrik antrenman kombinasyonu ya da tek başına pliyometrik antrenman uygulanmasının şut atma performansını geliştirmiş olması izole kuvvet antrenmanlarından farklı yüklemelerin şut performansını geliştirmek için gerekli olduğunu göstermektedir (214, 215, 216, 217). Bu bilgilerin ışığı altında şut atma esnasında aktif olan kaslarda gerçekleştirilen uzama kısılma döngüsü top hızını etkilerken, kas kasılması sırasında etkinleşen motor birimlerin artışı ve beraberinde gerim refleksi ile nöromusküler adaptasyonları sağlayacak antrenman uygulaması olan pliyometrik çalışmalar, kuvvet antrenmanlarına ek olarak antrenman programlarına eklenmesi faydalı olabilir. Araştırmamızda değerlendirmeye almadığımız bir diğer bileşen olan dengenin de şut atma hızına etki edebileceği hatırlandığından antrenman programı hazırlamada tek başına kuvvet antrenmanının yeterli olmayabileceği de düşünülmektedir (218, 219, 220, 221). Ek olarak futbola özgü teknik becerilerin çalıştırılması da şut atma hızına etki edebilmektedir (203, 222). Bütün bu bilgiler bir araya getirildiğinde salt kuvvet antrenmanının, antrenman programının sadece bir bileşeni olarak düşünülmesi gerektiği futbola özgü performans için kas yapısındaki değişiklikler yanında diğer performans bileşenlerinin de göz ardı edilmemesi gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Dominant ve nondominant bacak şut atma hızları birbiri ile karşılaştırıldığında nondominant bacakta beklendiği üzere şut atma hızının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yavaş olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yaş grupları kategorisinde olduğu bilinen bu genç futbolcuların söz konusu eksikliği, uygun antrenman yaptırılmaması durumunda, uzun dönemde kendilerinin olası profesyonel kariyerlerinde de bir

olumsuzluk olarak karşlarına çıkabilecektir. Bu bağlamda yaptığımız ölçümler genç sporcuların söz konusu eksikliklerini gidermeye yönelik özel bir uygulamanın zorunlu olduğu görülmektedir.

5.8.2. Şut İsabet Skoru

Çalışma periyodu sonucunda her üç grupta bulunan sporcuların şut isabet skorlarında artış sağlanmıştır (GDA= %26.1 - GA=%17.3 - KA= %22). Nondominant bacakta KA ve GA gruplarında bir artış gözlemlenirken (%12.1 ve %11.7; sırasıyla), GDA grubunda ise bir azalma görülmüştür (%4.74). Yaptığımız değerlendirmede futbolculardan maksimal şut atma hızı ile kalenin merkezindeki hedefe topu isabet ettirmeleri istenmiştir. Elbette futbolculardan istenilen iş farklı motorik beceriler gerektirmektedir. Kas kuvvetindeki artış belirli bir oranda isabet yüzdesini arttırmış olsa da hedeflenen anlamlı düzeyde farklılık ortaya çıkmamıştır. Literatürde şut atma hızı ile beraber isabetinin dikkate alındığı çok sayıda çalışma bulunmamakta ve yapılan araştırmalarda iki değişkenin birbirinden bağımsız olarak ayrı ayrı analiz edildiği görülmektedir (116; 203).

Çalışmamızda uyguladığımız antrenman programı sonucunda bacak kaslarının güçlendirmiş olmasına karşın, şut isabet skorunda istenilen gelişimin görülmemiş olması motorik özellikleri geliştirmek için farklı antrenman kurgularının gerekliliğini düşündürmektedir. Literatürde çalışmamıza benzer şekilde üç farklı antrenman metodunun şut isabet oranına etkisinin kıyaslandığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Öte yandan şut atma hızını etkilediği gösterilen pliyometrik antrenmanların şut isabet skorunu değiştirmede bulunmuştur (223). Buna karşın farklı bir çalışmada, deney grubuna 3 ay boyunca haftada 4 gün patlayıcı kuvvet, esneklik egzersizlerine ek olarak şut isabetini arttırmaya yönelik spesifik şut antrenmanı uygulanmasının isabet sağlama oranının yaklaşık %25 oranında arttırdığını göstermişlerdir (224). Özellikle agonist-antagonist nöromüsküler koordinasyonun ön plana çıkarıldığı hareketlerde yapılan değerlendirmelerde, şut isabet oranıyla harekete katılan kas gruplarının aktivasyon sırasının ve miktarının önemli olduğunu vurgulamışlardır (116, 213). Motorik becerinin ince ayarını gerektiren bu performans bileşenini geliştirebilmek için tek başına kuvvet antrenmanının yeterli olamayabileceği, kuvvet yanında antrenman programı

hazırlanırken, tekniğin de çalıştırılması gerektiği düşünülmektedir. İnce ve koordine hareketleri gerektiren çeviklik performansı anımsandığında özel antrenmanların futbolcunun gelişiminde ne oranda önemli olduğu da ortaya çıkmaktadır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucunda; direnç antrenman deneyimi olmayan genç futbolculara uygulanan 10 haftalık bireyselleştirilmiş farklı ağırlık antrenman modellerinin, kas hipertrofisi, kas kuvveti ve nöral aktivite üzerinde anlamlı değişikliklere neden olduğu bulunmuştur. Ayrıca, uygulanan farklı ağırlık antrenman yöntemlerinin benzer etkiler sergilediği, ancak bu etkilerin saha performansına yansımalarının kısıtlı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda uyguladığımız SQ, LE ve LC hareketleri, özelde futbolcuların alt ekstremitelerde kas kuvveti ve gücünü geliştirmeyi hedef almıştır. Çalışma sonucunda yaptırdığımız antrenmana bağlı olarak, futbolcuların diz ekleminden sorumlu kas gruplarının maksimal izokinetik ve izometrik kuvvet ile güç üretebilme kapasitesi artmıştır. Yapılan antropometrik ölçümler yanında USG değerlendirmelerde, VL ve BF kaslarında hipertrofinin ortaya çıktığını destekleyen bulgulara ulaşılmıştır. Sonuçta kasın güç ve kuvvetindeki artış hipertrofik yanıtın bir sonucu olarak yorumlanmıştır. Ayrıca kas kuvvet ve gücündeki gelişmeye nöral uyum yanıtlarının da eşlik ettiğini düşündüren bulgular tespit edilmiştir. Nitekim yapılan yüzeysel EMG ölçümleri sonucunda VL ve BF kaslarına ait MVIC esnasında ölçülen RMS değerlerinde bir artış görülmesi bu yöndeki uyum yanıtını destekleyen bir bulgu olarak kabul edilmiştir. Öte yandan GM kasında gözlenen kuvvet azalması yanında elektriksel aktivite örüntüsündeki değişiklikler, sinerjik kas gruplarının antrenmana vermiş olduğu uyum yanıtları konusunda farklılıklar olabileceğine işaret etmektedir. Çalışmamızın bir diğer dikkat çekici sonucu ise yaptırdığımız antrenmanların saha performansına yansımalarının sınırlı olduğudur.

Bu bilgilerin ışığı altında; direnç antrenman deneyimi olmayan genç yaşta sporculara, kapsam ve şiddetin gözetildiği bireyselleştirilmiş ağırlık antrenman planlaması yapılabileceğini söylemek mümkün olabilmektedir. Odaklanılması gereken bir sonraki konu ise bütünsel bir yaklaşımla, sahadaki performansın artırılmasını sağlayacak antrenmanların programlarının geliştirilmesi olmalıdır. Ayrıca ortaya çıkan bu değişikliklerin altında yatan fizyolojik mekanizmaların aydınlatılması ise yapılacak daha kapsamlı çalışmalarla mümkün olabilecektir.

7. KAYNAKLAR

1. **Abarghouejinejad M, Baxter-Jones ADG, Gomes TN, Barreira D, Maia J.** Motor Performance in Male Youth Soccer Players: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports (Basel)*. **2021**; 19;9(4):53.
2. **Kelly AL, Williams, CA.** Physical Characteristics and the Talent Identification and Development Processes in Male Youth Soccer: A Narrative Review. *Strength and Conditioning Journal*, **2020**;42(6): 15-34.
3. **Williams CA, Oliver JL, Faulkner J.** Seasonal monitoring of sprint and jump performance in a youth soccer academy. *Int J Sport Physiol*, **2011**;6: 264–275.
4. **Mirkov DM, Nedeljkovic A, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S.** Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *J StrengthCond Res*, **2008**; 22: 1046–1050.
5. **Lloyd RS., Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, Myer GD.** Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British journal of sports medicine*, **2013**.
6. **Krustrup P, Aagaard P, Nybo L, Petersen J, Mohr M, Bangsbo J.** Recreational football as a health promoting activity: a topical review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, **2010**;(20):1-13.
7. **Helge, HEW, Aagaard P, Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB, Karlsson MK, Krustrup P.** Recreational football training decreases risk factors for bone fractures in untrained premenopausal women. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, **2010**;(20):31-39.
8. **De Souza RWA, Aguiar AF, Carani FR, Campos GER, Padovani CR, Silva MDP.** High-intensity resistance training with insufficient recovery time between bouts induce atrophy and alterations in myosin heavy chain content in rat skeletal muscle. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, **2011**;294(8):1393-1400.
9. **McQuilliam SJ, Clark DR, Erskine RM, Brownlee TE.** Free-Weight Resistance Training in Youth Athletes: A Narrative Review. *Sports Med*. **2020**;50(9):1567-1580.
10. **Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM.** Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements. *Sports medicine*, **2010**; (40): 1037-1053.
11. **Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O.** Growth, maturation, and physical activity. Champaign: Human kinetics; **2004**.
12. **Côté J.** The influence of the family in the development of talent in sport. *The sport psychologist*, **1999**;13(4):395-417.
13. **Balyi, Istvan, and Ann Hamilton.** "Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence." *Olympic coach*, **2004**;(16): 4-9.
14. **Moran J, Sandercock GR, Ramírez-Campillo R, Meylan C, Collison J, Parry DA.** A meta-analysis of maturation-related variation in adolescent boy athletes' adaptations to short-term Resistance training. *J Sports Sci*, **2017**;35(11):1041–51.

15. **Hall JE, Michael EH.** *Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book*. Elsevier Health Sciences, **2020**.
16. **Mukund K, Subramaniam S.** Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med*, **2020**;12(1):1462.
17. **Kraemer WJ, Nicholas AR.** "Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription." *Medicine & science in sports & exercise*, **2004**;(36)4: 674-688.
18. **McArdle WD Katch F, Katch V.** *Exercise Physiology*. 8.th.Ed., Philadelphia: *Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins*, **2015**.
19. **Lieber RL.** *Skeletal Muscle Structure and Function: Implications for Rehabilitation and Sport Medicine*. *Williams & Wilkins, First Edition*, **1992**; (1): 49-108.
19. **Matthews GG.** *Cellular Physiology of Nerve and Muscle*, Blackwell Publishing, Fourt Edition, Australia **2006**; 177-206.
20. **Paulsen F, Waschke J.** *Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy*, One volume, English. *Elsevier Health Sciences*, **2019**.
21. **Haff GG, Tiptlett NT.** *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Fourth Edition. NSCA: *Human Kinetics*, Australia. **2016**; 450-470.
22. **Brown LE, Whitehurst M, Findley BW.** Reliability of rate of velocity development and phase measures on an isokinetic device. *J Strength Cond Res*. **2005**;19(1):189-92
23. **Kurdak SS, Ozgüven K, Adas U, Zeren C, Aslangiray B, Yazıcı Z, Korkmaz S.** Analysis of isokinetic knee extension / flexion in male elite adolescent wrestlers. *J Sports Sci Med*. **2005**;4(4):489-98.
24. **Brown LE, Whitehurst M.** Load range. In: *Isokinetics in human performance*. Ed: Brown, L.E. The United States of America: *Human Kinetics*. **2000**: 97-121.
25. **Schoenfeld B, Fisher J, Grgic J, Haun C, Helms E, Phillips S, Vigotsky A.** Resistance training recommendations to maximize muscle hypertrophy in an athletic population: Position stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, **2021**: 1(1).
26. **Lynn SK, Guillermo JN, Derek NP.** "Biomechanics of resistance training." *Conditioning for Strength and Human Performance*. Routledge, **2018**; 96-123.
27. **Kawamori N, Haff GG.** The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res*, **2004**;18(3):675-84.
28. **Meylan C, Malatesta D.** Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res*, **2009**; 23(9): 2605–2613.
29. **DeWeese BH, Hornsby G, Stone M, Stone MH.** The training process: Planning for strength–power training in track and field. Part 1: Theoretical aspects. *Journal of sport and health science*, **2015**; 4(4), 308-317.
30. **Fleck SJ, Kraemer WJ.** *Designing Resistance Training Programs*. Fourth Edition. Human Kinetics. United States of America **2014**.
31. **Carroll KM, Bernards JR, Bazylar CD, Taber CB, Stuart CA, DeWeese BH, Stone MH.** Divergent performance outcomes following resistance training using repetition maximums or relative intensity. *International journal of sports physiology and performance*, **2019**; 14(1), 46-54.

32. **Haff GG, Triplett NT.** (Eds.). Essentials of strength training and conditioning 4th edition. Human kinetics; **2015**.
33. **Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA.** Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Med.* **2001**; 31: 953-964.
34. **Piirainen JM, Tanskanen M, Nissila J, Kaarela J, Vaarala A, Sippola N, Linnamo V.** Effects of a heart rate-based recovery period on hormonal, neuromuscular, and aerobic performance responses during 7 weeks of strength training in men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **2011**; 25: 2265-2273.
35. **McCaulley GO, McBride JM, Cormie P, Hudson MB, Nuzzo JL, Quindt JC, Travis TN.** Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy strength and power type resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*, **2009**; 105: 695–704.
36. **Suchomel TJ, Comfort P, Lake JP.** Enhancing the force-velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. *Strength Cond J*, **2017**;39(1):10-20.
37. **Deschenes MR, Kraemer WJ.** Performance and physiologic adaptations to resistance training. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*, **2002**;81: (11), 3-16.
38. **Jenkins, ND, Miramonti AA, Hill EC, Smith CM, Cochrane-Snyman KC, Housh TJ, Cramer JT.** Greater neural adaptations following high-vs. low-load resistance training. *Frontiers in physiology*, **2017**; 8: 331.
39. **Mattocks KT, Buckner SL, Jessee MB, Dankel SJ, Mouser JG, Loenneke JP.** Practicing the Test Produces Strength Equivalent to Higher Volume Training. *Med. Sci. Sports Exerc*, **2017**; 49: 1945–1954.
40. **Haff GG, Nimphius S.** Training principles for power. *Strength & Conditioning Journal*, **2012**; 34(6), 2-12.
41. **Eryılmaz SK.** Power Development and Training Principles in Athletes. Sporcularda Güç Gelişimi ve Antrenman Prensipleri. *Sivas Cumhuriyet University Journal of Sport Sciences*, **2022**;3(3):99-106.
42. **Siegel, JA, Gilders RM, Staron RS, Hagerman FC.** Human muscle power output during upper-and lower-body exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **2002**;16(2):173-178.
43. **McBride, JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU.** The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **2002**;16(1), 75-82.
44. **Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ.** The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, **1993**; 25(11):1279-1286.
45. **Loturco I, Dello Iacono A, Nakamura FY, Freitas TT, Boulosa D, Valenzuela PL, Pereira LA, McGuigan MR.** The Optimum Power Load: A Simple and Powerful Tool for Testing and Training. *Int J Sports Physiol Perform.* **2022**;17(2):151-159.
46. **Ünal M.** *Egzersiz Fizyolojisi*. 1. baskı İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi, 2019.
47. **Gardiner PF.** Advanced Neuromuscular Exercise Physiology; Advanced Exercise Physiology Series, *Human Kinetic*, United Kingdom: **2011**: 195-220.
48. **Škarabot J, Brownstein CG, Casolo A, Del Vecchio A, Ansdell P.** The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 2021; 121; 675-685:

49. **Herda TJ.** Resistance exercise training and the motor unit. *European Journal of Applied Physiology*, **2022**; 122(9): 2019-2035.
50. **Lehman, Gregory J, Stuart MM.** "The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: a proof of principle." *Journal of manipulative and physiological therapeutic*, **1999**;22(7): 444-446.
51. **Konrad P.** "The abc of emg." A practical introduction to kinesiological electromyography, **2005**;1: 30-5.
52. **Eydoux N, Py Guillaume, Lambert K, Dubouchaud H, Prefaut C, Mercier J.** Training Does not Protect Against Exhaustive Exercise-Induced Lactate Transport Capacity Alterations, *Am J Physiol Endocrinol Metab*, **2000**; 278:1045-1052.
53. **Basmajian JV, De Luca CJ.** Muscles Alive Their Functions Revealed by Electromyography, Williams& Wilkins,**1985**.
54. **Spiewak C.** A comprehensive study on EMG feature extraction and classifiers. *Open Access Journal of Biomedical Engineering and Biosciences* **2018**: **1(1)**.
55. **Roman-Liu, Danuta, and Pawel Bartuzi.** "Influence of type of MVC test on electromyography measures of biceps brachii and triceps brachii." *International journal of occupational safety and ergonomics*, **2018**;24(2): 200-206.
56. **Schoenfeld BJ.** The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res*, **2010**; 24(10): 2857-2872.
57. **Paul AC, Rosenthal N.** Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. *J Cell Biol*, **2002**; 18: 156: 751–760.
58. **Toigo M, Boutellier U.** New fundamental resistance Exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol*, **2006**; 97: 643–663.
59. **Hawke TJ, Garry DJ.** Myogenic satellite cells: Physiology to molecular biology. *J Appl Physiol*, **2001**; 91: 534–551.
60. **Vierck JO, Hossner BK, Antonio J, Byrne K, Bucci L, Dodson M.** Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biol Int*, **2000**; 24: 263–272.
61. **Bodine SC, Stitt TN, Gonzalez M, Kline WO, Stover GL, Bauerlein R, Zlotchenko E, Scrimgeour A, Lawrence JC, Glass DJ, Yancopoulos GD.** Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nat Cell Biol*, **2001**; 3: 1014–1019.
62. **Howe LP, Read P, Waldron M.** Muscle hypertrophy: A narrative review on training principles for increasing muscle mass. *Strength Conditioning Journal*, **2017**; 39(5): 72-81.
63. **Krzysztofik M, Wilk M, Wojdala G, Golaś A.** Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *Int J Environ Res Public Health*. **2019**; 4;16(24):4897.
64. **Schoenfeld, BJ.** Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports medicine*, **2013**;43: 179-194.
65. **Mirkov DM, Nedeljkovic A, Milanovic S.** Muscle strength testing: evaluation of tests of explosive force production. *Eur J Appl Physiol*, **2004**; 91: 147–154.

66. Nicola AM, Aagaard P, Anthony JB, Jonathan F, Neale T, Jacques D. Rate of force development: physiological and methodological considerations, *Eur J Appl Physiol*, **2016**; 116:1091–1116
67. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*, **2002**; 93: 1318–1326.
68. Folland JP, Buckthorpe MW, Hannah R. Human capacity for explosive force production: neural and contractile determinants. *Scand J Med Sci Sports*, **2014**; 24: 894–906.
69. Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB. The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch shortening cycle muscle performance during countermovement jumping. *Hum Mov Sci*, **2012**; 31: 970–986.
70. Jimenez-Reyes P, Pareja-Blanco F, Rodriguez-Rosell DD, Marques MC, González-Badillo JJ. Maximal velocity as a discriminating factor in the performance of loaded squat jumps. *Int J Sports Physiol Perform*, **2016**; 11: 227–234.
71. Rodriguez-Rosell D, Pareja-Blanco F, Aagaard P, González-Badillo JJ. Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical physiology and functional imaging*, **2018**; 38(5): 743-762.
72. Oliveira FBD, Rizzato GF, Denadai BS. Are early and late rate of force development differently influenced by fast velocity resistance training? *Clinical Physiology Function Imaging*, in press, 2013; 33(4): 282-287.
73. Haff GG, Ruben RP, Lider J, Twine C, Cormie PA. comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midhigh clean pulls. *J Strength Cond Res*, **2015**; 29(2): 386–395,
74. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, **2007**; 37: 145–168.
75. Duchateau J, Baudry S. Maximal discharge rate of motor units determines the maximal rate of force development during ballistic contractions in human. *Front Hum Neurosci*, **2014**; 8: 234.
76. Duchateau J, Semmler JG, Enoka RM. Training adaptations in the behavior of human motor units. *J Appl Physiol*, **2006**; 101: 1766–1775.
77. Andersen LL, Larsson B, Overgaard H, Aagaard, P. Torque – velocity characteristics and contractile rate of force development in elite badminton players. *Eur J Sport Sci*, **2007**; 7: 127–134.
78. Harridge SD. Plasticity of human skeletal muscle: gene expression to in vivo function. *Exp Physiol* **2007**; 92: 783–797.
79. Farup J, Sorensen H, Kjolhede T. Similar changes in muscle fiber phenotype with differentiated consequences for rate of force development: endurance versus Resistance training. *Hum Mov Sci*, **2014**; 34: 109–119.
80. Suetta C, Aagaard P, Rosted A, Jakobsen, AK, Duus B, Kjaer M, Magnusson SP. Training induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *J Appl Physiol*, **2004**; 97: 1954–1961.
81. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez RR, Lopez, JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol*, **1999**; 79: 260–267.

82. **Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T.** High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. *European journal of applied physiology*, **2012**; 112: 1457-1466.
83. **Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV.** Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *J Physiol*, **2003**; 548: 971–981.
84. **Waugh CM, Korff T, Fath F, Blazeovich AJ.** Rapid force production in children and adults: mechanical and neural contributions. *Med Sci Sports Exerc*, **2013**; 45: 762–771.
85. **Earp JE, Kraemer WJ, Cormie P, Volek JS, Maresh CM, Joseph M, Newton RU.** Influence of muscle-tendon unit structure on rate of force development during the squat, countermovement, and drop jumps, *J Strength Cond Res*, **2011**; 25: 340–347.
86. **Blazeovich AJ, Gill ND, Zhou S.** Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. *J Anat*, **2006**; 209: 289–310.
87. **Blazeovich AJ, Cannavan D, Horne S, Coleman DR, Aagaard P.** Changes in muscle force-length properties affect the early rise of force in vivo. *Muscle Nerve*, **2009**; 39: 512–520.
88. **Hori N, Newton RU, Kawamori N, McGuigan MR, Kraemer WJ, Nosaka K.** Reliability of performance measurements derived from ground reaction force data during countermovement jump and the influence of sampling frequency. *J Strength Cond Res*, **2009**; 23: 874–882.
89. **Dewhurst S, Macaluso A, Gizzi L, Felici, F, Farina D, De Vito G.** Effects of altered muscle temperature on neuromuscular properties in young and older women. *Eur J Appl Physiol*, **2010**; 108: 451–458.
90. **LaRoche DP, Lussier MV, Roy SJ.** Chronic stretching and voluntary muscle force. *J Strength Cond Res* **2008**; 22: 589–596.
91. **Sleivert G, Taingahue M.** The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol*, **2004**; 91: 46–52.
92. **Ingebrigtsen J, Holtermann A, Roeleveld K.** Effects of load and contraction Velocity during three-week biceps curls training on isometric and isokinetic performance. *J Strength Cond Res*, **2009**; 23: 1670– 1676.
93. **Wilson GJ, Murphy AJ, Giorgi A.** Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Can J Appl Physiol*, **1996**; 21: 301–315.
94. **Comfort P.** Within- and between-session reliability of power, force, and rate of force development during the power clean. *J Strength Cond Res*, **2013**; 27: 1210–1214.
95. **Włodarczyk M, Adamus P, Zieliński J, Kantanista A.** Effects of velocity-based training on strength and power in elite athletes—a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, **2021**; 18(10): 5257.
96. **Guerriero A, Varalda C, Piacentini MF.** The role of velocity based training in the strength periodization for modern athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, **2018**;3(4): 55.
97. **Weakley JJ, Till K, Read DB, Leduc C, Roe GA, Phibbs PJ, Jones B.** Jump training in rugby union players: barbell or hexagonal bar?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **2021**;35(3), 754-761.
98. **González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L.** Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, **2010**: 347-352.

99. **Jovanović M, Flanagan EP.** Researched applications of velocity based strength training. *J Aust Strength Cond*, **2014**; 22(2), 58-69.
100. **McBurnie AJ, Allen KP, Garry M, Martin M, Jones PA, Comfort P, McMahon, JJ.** The benefits and limitations of predicting one repetition maximum using the load-velocity relationship. *Strength & Conditioning Journal*, **2019**; 41(6): 28-40.
101. **Seow CY.** Hill's equation of muscle performance and its hidden insight on molecular mechanisms. *Journal of General Physiology*, **2013**;142(6): 561-573.
102. **Çetin O, Kaya S, Sungur Y, Demirtaş B.** Direnç Antrenmanlarına Güncel Yaklaşım: Hız Temelli Antrenman: Geleneksel Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, **2022**: 14(1).
103. **Perez-Castilla A, Jaric S, Feriche B, Padial P, Garcí'a-Ramos A.** Evaluation of muscle mechanical capacities through the two-load method. *J Strength Cond Res*, **2018**;32:1245–1253.
104. **Jaric S.** Two-load method for distinguishing between muscle force, velocity, and power producing capacities. *Sports Med*, **2016**;46:1585–1589.
105. **Garnacho-Castaño MV, López-Lastra S, Maté-Muñoz JL.** Reliability and validity assessment of a linear position transducer. *J Sports Sci Med*. **2015**;14(1):128-36.
106. **Argus CK, Gill ND, Keogh JWL, Hopkins WG.** Acute Effects of Verbal Feedback on Upper-Body Performance in Elite Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **2011**;25(12): 3282-3287.
107. **Nagata A, Doma K, Yamashita D, Hasegawa H, Mori S.** The effect of augmented feedback type and frequency on velocity-based training-induced adaptation and retention. *J Strength Cond Res*, **2018**;34(11), 3110-3117.
108. **Wilson KM, Helton WS, DeJoux NR, Head JR, Weakley JJ.** Real-time quantitative performance feedback during Strength exercise improves motivation, competitiveness, mood, and performance. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*, **2017**; 61: 1546–1550.
109. **Cormie P, McGuigan MR, Newton RU.** Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc*, **2010**; 42: 1582–1598.
110. **Cunanan AJ, DeWeese BH, Wagle JP, Carroll KM, Sausaman R, Hornsby WG, Stone MH.** The general adaptation syndrome: a foundation for the concept of periodization. *Sports Medicine*, **2018**;48: 787-797.
111. **Rodríguez-Lorenzo L, Fernandez-del-Olmo M, Martín-Acero R.** Strength and kicking performance in soccer: A review. *Strength and conditioning Journal*, **2016**; 38(3): 106-116.
112. **Dorge HC, Bull A, Sorensen T, Simonsen EB, Aagaard H, Dyhre-Poulsen P, Klausen K.** EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scand J Med Sci Sports*, **1999**; 9: 195–200.
113. **Brophy RH, Backus S, Kraszewski AP, Steele BC, Ma Y, Osei D, Williams RJ.** Differences between sexes in lower extremity alignment and muscle activation during soccer kick. *J Bone Joint Surg Am*. **2010** 1;92(11):2050-8.
114. **Rabello R, Bertozzi F, Galli M, Zago M, Sforza C.** Lower limbs muscle activation during instep kick in soccer: effects of dominance and ball condition. *Sci Med Footb*. **2022**; 6(1):40-48.
115. **Young, WB, Rath DA.** Enhancing foot velocity in football kicking: the role of strength training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **2011**;25(2): 561-566.

116. **Katis A, Giannadakis E, Kannas T, Amiridis I, Kellis E, Lees A.** Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. *J Electromyogr Kinesiol.* **2013**;23(1):125-31.
117. **Shan G.** Influence of gender and experience on the maximal instep soccer kick. *Eur J Sport Sci,* **2009**;9(9): 107–114.
118. **Barfield W, Kirkendall D, Yu B.** Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. *J Sports Sci Med* , **2002**;(1):72–79.
119. **Khorasani M, Osman N, Yusof A.** Biomechanical responds of instep kick between different positions in Professional soccer players. *J Hum Kinet,* **2009**;22: 21–27.
120. **Mognoni P, Narici M, Sirtori M, Lorenzelli F.** Isokinetic torques and kicking maximal ball velocity in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness,* **1994** 34: 357–361.
121. **Nunome H, Ikegami Y, Kozakai R, Apriantono T, Sano S.** Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *J Sports Sci,* **2006**;24:529–541.
122. **Andersen TB, Dorge HC.** The influence of speed of approach and accuracy constraint on the maximal speed of the ball in soccer kicking. *Scand J Med Sci Sports,* **2011**;21:79–84.
123. **Teixeira LA.** Kinematics of kicking as a function of different sources of constraint on accuracy. *Percept Mot Skills,* **1999**;88:785–789.
124. **Markovic G, Dizdar D, Jaric S.** Evaluation of tests of maximum kicking performance. *J Sports Med Phys Fitness,* **2006**;46:215–220.
125. **Kellis E, Katis A.** Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *J Sports Sci Med,* **2007**;6:154–165.
126. **Ball K.** Biomechanical considerations of distance kicking in Australian Rules football. *Sports Biomech,* **2008**; 7: 10–23.
127. **Anthrakidis, N, Skoufas, D, Lazaridis, S, Zaggelidis, G.** Relationship between muscular strength and kicking performance. *Physical Training,* **2008**;10: 2.
128. **Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Maffulli N.** Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med,* **2001**;22: 45–51.
129. **Norton K, Olds T.** Anthropometrica. 1.Baskı, Australia: III. Australian Sports Commission, **1996**: 14-200.
130. **Helgerud J, Rodas G, Kemi OJ, Hoff J.** Strength and endurance in elite football players. *International journal of sports medicine,* **2011**; 32(9): 677-682.
131. **Mirwald, RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP.** An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise,* **2002**; 34(4): 689-694.
132. **Zebis MK, Andersen LL, Ellingsgaard H, Aagaard P.** Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. *J Strength Cond Res,* **2011**; 25(7): 1989–1993.
133. **Diker G, Müniroğlu S, Ön S, Özkamçı H, Darendeli A.** The relationship between sprint performance and both lower and upper extremity explosive strength in young soccer players. *Pedagogy of Physical Culture and Sports,* **2021**;25(1): 10-14.
134. **Forster James WD, Rumpf MC, Cronin JB.** Advancing the pro-agility test to provide better change of direction speed diagnostics. *The Journal of Sport and Exercise Science,* **2021**; 5(2): 101-106.

135. **Fischetti F, Cataldi S, Greco, G.** Lower-limb plyometric training improves vertical jump and agility abilities in adult female soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, **2019**; 19(2): 1254-1261.
136. http://seniam.org/sensor_location.htm.
- 137- **Ebben WP, Feldmann CR, Dayne A, Mitsche D, Alexander P, Knetzger KJ.** Muscle Activation during Lower Body Resistance Training. *Int J Sports Med*, **2008**; 30: 1–8.
- 138- **Cifrek M, Medved V, Tonković S, Ostojić S.** Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. **2009**;24(4):327-40.
139. **Mok, NW, Yeung EW, Cho JC, Hui SC, Liu KC, Pang, CH.** Core muscle activity during suspension exercises. *Journal of science and medicine in sport*, **2015**;18(2): 189-194.
140. **Vieira LH, Cunha SA, Moraes R, Barbieri FA, Aquino R, Oliveira LDP, Santiago PR.** Kicking performance in young U9 to U20 soccer players: Assessment of velocity and accuracy simultaneously. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **2018**; 89(2): 210-220.
141. **Pareja-Blanco F, Alcazar J, Cornejo-Daza PJ, Sánchez-Valdepeñas J, Rodríguez-Lopez C, Hidalgo-de Mora J, Sánchez-Moreno M, Bachero-Mena B, Alegre LM, Ortega-Becerra M.** Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports*, **2020**;30(11):2154-2166.
142. **Lima KM, Carneiro SP, Alves DDS, Peixinho CC, De-Oliveira LF.** Assessment of muscle architecture of the biceps femoris and vastus lateralis by ultrasound after a chronic stretching program. *Clinical Journal of Sport Medicine*, **2015**;25(1): 55-60.
143. **Claudio MB, Roberto S, Travis B, Matthew RR, Humberto M, Thiago MG, Jefferson SN.** Acute Effects of Drop sets Among Different Resistance Training Methods in Upper Body Performance, *Journal of Human Kinetics volūme*, **2012**; 34:105-111.
144. **Bryzcki M.** Strength testing-predicticting a one-rep max from reps to fatigue. *The Journal of Physical Education, Recreation& Dance.*, **1993**; 64(1):88-92.
145. **Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Zanetti V, Kitamura K, Cal Abad CC, Nakamura FY.** Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *J Sports Sci*, **2015**; 33: 2182–2191.
146. **Kanada Y, Sakurai H, Sugiura Y, Arai T, Koyama S, Tanabe S.** Estimation of 1RM for knee extension based on the maximal isometric muscle strength and body composition. *Journal of Physical Therapy Science*, **2017**;29(11): 2013-2017.
147. **Marchetti PH, Magalhaes RA, Gomes WA, Da Silva JJ, Stecyk SD, Whiting WC.** Different knee and ankle positions affect force and muscle activation during prone leg curl in trained subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **2021**; 35(12): 3322-3326.
148. **Saeidi A, Khodamoradi A.** Physical and physiological demand of soccer player based on scientific research. *Int. J. App. Sci. Physic. Edu*, **2017**; 1(2): 1-12.
149. **Wing CE, Turner AN, Bishop Chris J.** Importance of Strength and Power on Key Performance Indicators in Elite Youth Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **2020**; 34(7): 2006-2014.
150. **Ioannides C, Apostolidis A, Hadjicharalambous M, Zaras N.** Effect of a 6-week plyometric training on power, muscle strength, and rate of force development in young competitive karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, **2020**; 20(4): 1740-1746.

151. **Ferley DD, Scholten S, Vukovich MD.** Combined Sprint Interval, Plyometric, and Strength Training in Adolescent Soccer Players: Effects on Measures of Speed, Strength, Power, Change of Direction, and Anaerobic Capacity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **2020**; 34(4): 957-968.
152. **Terada K, Kikuchi N, Burt D, Voisin S, Nakazato K.** Low-Load Resistance Training to Volitional Failure Induces Muscle Hypertrophy Similar to Volume-Matched, Fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research Velocity*, **2022**; 36(6):1576-158.
153. **Cherni Y, Hammami M, Jelid MC, Aloui G, Suzuki K, Shephard RJ, Chelly MS.** Neuromuscular adaptations and enhancement of physical performance in female basketball players after 8 weeks of plyometric training. *Frontiers in physiology*, **2021**; 11: 588-787.
154. **González-Hernández, JM, Jimenez-Reyes P, Janicijevic D, Tufano JJ, Marquez G, Garcia-Ramos A.** Effect of different interset rest intervals on mean velocity during the squat and bench press exercises. *Sports biomechanics*, **2023**; 22(7), 834-847.
155. **Garcia-Orea GP, Rodríguez-Rosell D, Ballester-Sánchez Á, Da Silva-Grigoletto ME, Belando-Pedreño N.** Upper-lower body super-sets vs. traditional sets for inducing chronic athletic performance improvements. *PeerJ*, **2023**;11: 14636.
156. **DiFiori JP, Benjamin HJ, Brenner J, Gregory A, Jayanthi N, Landry GL, Luke A.** Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine *Clinical Journal of Sport Medicine*, **2014**; 24(1): 3-20.
157. **Loturco I, Nakamura FY, Kobal R, Gil S, Pivetti B, Pereira LA, Roschel H.** Traditional periodization versus optimum training load applied to soccer players: effects on neuromuscular abilities. *International journal of sports medicine*, **2016**; 37(13), 1051-1059.
158. **Schiaffino S, Reggiani C.** Fiber types in mammalian skeletal muscles. *Physiological reviews*, **2011**; 91(4), 1447-1531.
159. **Horwath O, Envall H, Röja J, Emanuelsson EB, Sanz G, Ekblom B, Moberg M.** Variability in vastus lateralis fiber type distribution, fiber size, and myonuclear content along and between the legs. *Journal of Applied Physiology*, **2021**; 131(1), 158-173.
160. **Evangelidis PE, Massey GJ, Ferguson RA, Wheeler PC, Pain MT, Folland JP.** The functional significance of hamstrings composition: is it really a “fast” muscle group?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, **2017**;27(11), 1181-1189.
161. **McAndrew D, Gorelick M, Brown JMM.** Muscles within muscles: a mechanomyographic analysis of muscle segment contractile properties within human gluteus maximus. *Journal of musculoskeletal research*, **2006**;10(01): 23-35.
162. **Kabacinski J, Szozda PM, Mackala K, Murawa M, Rzepnicka A, Szewczyk P, Dworak LB.** Relationship between Isokinetic Knee Strength and Speed, Agility, and Explosive Power in Elite Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*, **2022**; 7: 19(2):671
163. **Cossich VRA, Gavilão UF, Goes RA, Perini JA, Laett CT, Maffiuletti NA.** Maximal vs. explosive knee extensor strength in professional soccer players: inter-limb asymmetries and relationship with knee function. *Eur J Sport Sci*. **2023**;23(6):877-884.
164. **Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B.** Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*, **2014**;28(1):173-7.
165. **Masuda K, Kikuhara N, Demura S, Katsuta S, Yamanaka K.** Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, **2005**;45(1):44-52.

166. **Decker M, Krong J, Peterson D, Anstett T, Torry M, Giphart E, Philippon, M.** (2009). Deep hip muscle activation during a squat exercise. *In Conference Proceedings of the Annual Meeting of the American Society of Biomechanics*, **2009**; (1).
167. **Kılıcı A.** Futbolda Şut Simulasyon Antrenmanlarının Genç Futbolcularda Şut Atma Performansına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, **2017**.
168. **Cerrah AO, Gungor EO, Soylu AR, Ertan H, Lees A, Bayrak C.** Muscular activation patterns during the soccer in-step kick. *Isokinetics and Exercise Science*, **2011**; 19(3): 181-190.
169. **Caterisano A, Moss RE, Pellingier TK, Woodruff K, Lewis VC, Booth W, Khadra T.** The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **2002**; 16(3), 428-432.
170. **Chaouachi A, Hammami R, Kaabi S, Chamari K, Drinkwater EJ, Behm DG.** Olympic weightlifting and plyometric training with children provides similar or greater performance improvements than traditional resistance training. *J Strength Cond Res*, **2014**; 28(6): 1483–1496.
171. **Miranda C, Rago V, Silva JR, Rebelo A.** Effects of traditional vs. complex strength training added to regular football training on physical capacities in U19 football players: a team study. *Sport Sciences for Health*, **2021**:1-10.
172. **Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K.** Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiol Scand.* **1996**;156(2):123-9.
173. **Enright K, Morton J, Iga J, Drust B.** The effect of concurrent training organisation in youth elite soccer players. *Eur J Appl Physiol*, **2015**; 115:2367–2381
174. **Faigenbaum, AD, Kraemer, WJ, Blimkie, CJ, Jeffreys, I, Micheli, LJ, Nitka, M, and Rowland, TW.** Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res*, **2009**; 23: 60–79.
175. **Kohavi B, Beato M, Laver L, Freitas TT, Chung LH, Iacono AD.** Effectiveness of field-based resistance training protocols on hip muscle strength among young elite football players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, **2020**; 30(5), 470-477.
176. **Barbalho M, Coswig V, Souza D, Serrao JC, Campos MH, Gentil P.** Back squat vs. hip thrust resistance-training programs in well-trained women. *International journal of sports medicine*, **2020**; 41(5): 306-310
177. **Hackett DA, Davies TB, Orr R, Kuang K, Halaki M.** Effect of movement velocity during resistance training on muscle-specific hypertrophy: A systematic review. *European journal of sport science*, **2018**; 18(4): 473-482.
178. **Rønnestad BR, Kvamme NH, Sunde A, Raastad T.** Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res.*, **2008**;22(3):773-80.
179. **Andersen LL, Andersen JL, Zebis MK, Aagaard P.** Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training? *Scand J Med Sci Sports*, **2010**; 201:162-169.
180. **Blazevich AJ, Horne S, Cannavan D, Coleman DR, Aagaard P.** Effect of contraction mode of slow-speed Resistance training on the maximum rate of force development in the human quadriceps. *Muscle & Nerve*, **2008**; 38(3): 1133-1146.
181. **Masuda K, Kikuhara N, Takahashi H, Yamanaka K.** The relationship between muscle cross-sectional area and strength in various isokinetic movements among soccer players. *Journal of sports sciences*, **2003**; 21(10): 851-858.

182. **Rodriguez-Lopez C, Alcazar J, Sanchez-Martin C, Baltasar-Fernandez I, Ara I, Csapo R, Alegre LM.** Neuromuscular adaptations after 12 weeks of light-vs. heavy-load power-oriented resistance training in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **2022**;32(2): 324-337.
183. **Refalo, MC, Hamilton DL, Pavai DR, Gallagher IJ, Feros SA, Fyfe JJ.** Influence of resistance training load on measures of skeletal muscle hypertrophy and improvements in maximal strength and neuromuscular task performance: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, **2021**; 39(15): 1723-1745.
184. **Damas F, Phillips SM, Lixandrão ME, Vechin FC, Libardi CA, Roschel H, Tricoli V, Ugrinowitsch C.** Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. *Eur J Appl Physiol*. **2016**;116(1):49-56.
185. **Ogasawara R, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T.** Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *International Journal of Clinical Medicine*, **2013**; 4(02), 114-121.
186. **DeFreitas JM, Beck TW, Stock MS, Dillon MA, Kasishke PR.** An examination of the time course of training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol*. **2011**;111(11):2785-90.
187. **Schoenfeld BJ, Contreras B, Willardson JM, Fontana F, Tiriyaki-Sonmez G.** Muscle activation during low-versus high-load resistance training in well-trained men. *European journal of applied physiology*, **2014**; 114(12): 2491-2497.
188. **Hammami M, Gaamouri N, Shephard RJ, Chelly MS.** Effects of contrast strength vs. plyometric training on lower-limb explosive performance, ability to change direction and neuromuscular adaptation in soccer players. *J Strength Cond Res*, **2019**; 33(8): 2094–2103.
189. **Halaki M, Ginn K.** Normalization of EMG signals: to normalize or not to normalize and what to normalize to. Computational intelligence in electromyography analysis-a perspective on current applications and future challenges, **2012**; 10: 499-557.
190. **Falvo, MJ, Sirevaag EJ, Rohrbaugh, JW, Earhart GM.** Resistance training induces supraspinal adaptations: evidence from movement-related cortical potentials. *European journal of applied physiology*, **2010**; 109: 923-933.
191. **Gabriel DA, Gary K, Gail F.** Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports medicine*, **2006**;36: 133-149.
192. **Baechle TR, Earle RW.** Essentials of Strength Training and Conditioning. 2.th.Ed. Hong Kong: *National Strength and Conditioning Association*, **2000**; 137-168.
193. **Iversen VM, Norum M, Schoenfeld, BJ, Finland MS.** No time to lift? Designing time-efficient training programs for strength and hypertrophy: a narrative review. *Sports Medicine*, **2021**; 51(10): 2079-2095.
194. **Mitchell WK, Atherton PJ, Williams J, Larvin M, Lund JN, Narici M.** Sarcopenia, Dynapenia, and the Impact of Advancing Age on Human Skeletal Muscle Size and Strength; a Quantitative Review. *Frontiers in Physiology*, **2012**;3: 1-18
195. **Grgic J, Schoenfeld BJ, Latella C.** Resistance training frequency and skeletal muscle hypertrophy: A review of available evidence. *Journal of science and medicine in sport*, **2019**;22(3): 361-370.
196. **Barnes KR, Kilding AE.** Strategies to improve running economy. *Sports medicine*, **2015**; 45(1): 37-56.
197. **Tanner JM.** Foetus into man: Physical growth from conception to maturity. Ware:Castlemead, **1989**.

198. **Armstrong, N., & Van Mechelen, W. (Eds.).** Oxford textbook of children's sport and exercise medicine. Oxford University Press, 2017.
199. **Farr JN, Laddu DR, Going SB.** Exercise, hormones and skeletal adaptations during childhood and adolescence. *Pediatr Exerc Sci*, 2014;26(4):384-91.
200. **Montalvo-Pérez A, Alejo LB, Valenzuela PL, Gil-Cabrera J, Talavera E, Luia A, Barranco-Gil D.** Traditional Versus Velocity-Based Resistance Training in Competitive Female Cyclists: A Randomized Controlled Trial. *Front Physiol.*, 2021; 25(12):586113.
201. **Suarez-Arrones, L, de Villarreal ES, Núñez FJ, Di Salvo V, Petri C, Buccolini A, Maldonado RA, Torreno, N, Mendez-Villanueva A.** In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLoS ONE* 2018;13(10).
202. **Carvalho A, Mourão P, Abade E.** "Effects of Strength Training Combined with Specific Plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study" *Journal of Human Kinetics*, 2014; 41(1):125-132.
203. **Wong PL, Chamari K, Wisløff U.** Effects of 12-week on field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *J Strength Cond Res*, 2010; 24(3): 644–652.
204. **Gorostiaga EM, Izquierdo M, Iturralde P, Ruesta M, Ibáñez J.** Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999; 80: 485-493.
205. **Lockie RG, Knight TJ, Janse de Jonge XAK.** Factors that differentiate acceleration ability in field sport athletes. *J Strength Cond Res*, 2011; 25: 2704–2714.
206. **McBride J, Blow D, Kirby TJ, Haines TL, Dayne AM, Triplett NT.** Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *J Strength Cond Res*, 2009; 23: 1633–1636.
207. **Franco-Márquez F, Rodríguez-Rosell D, González-Suárez JM, Pareja-Blanco F, Mora-Custodio R, Yañez-García JM, González-Badillo JJ.** Effects of combined resistance training and plyometrics on physical performance in young soccer players. *International journal of sports medicine*, 2015: 906-914.
208. **Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, Malina RM.** The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of sports sciences*, 2006; 24(3), 221-230
209. **Kobal R, Loturco I, Barroso R, Gil S, Cuniyochi R, Ugrinowitsch C, Roschel H, Tricoli V.** Effects of different combinations of strength, power, and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players. *J Strength Cond Res*, 2017; 31(6): 1468–1476.
210. **Faude O, Schnitzler R, Schulte-Zurhausen R, Muller F, Meyer T.** High intensity interval training vs. high-volume running training during pre-season conditioning in high-level youth football: A cross-over trial. *J Sports Sci*, 2013; 31: 1441–1450.
211. **Noguchi T, Demura S, Nagasawa Y.** Relationship between ball kick velocity and leg strength: A comparison between soccer players and other athletes. *Advances in Physical Education*, 2012; 2(3): 95-98.
212. **Manolopoulos E, Papadopoulos C, Salonikidis K, Katartzi E, Poluha S.** Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in young amateur soccer players during preseason. *Percept Mot Skills.*, 2004;99(2):701-10.

213. **Cordeiro N, Cortes N, Fernandes O, Diniz A, Pezarat-Correia P.** Dynamic knee stability and ballistic knee movement after ACL reconstruction: an application on instep soccer kick. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*, **2015**;23(4):1100-6.
214. **Garcia-Pinillos F, Martinez-Amat A, Hita-Contreras F, Martinez-Lopez EJ, Latorre-Roman PA.** Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *J Strength Cond Res*, **2014**;28(9): 2452–2460.
215. **Sedano-Campos S, Vaeyens R, Philippaerts RM, Redondo JC, De Benito AM, Cuadrado C.** Effects of lower-limb plyometric training on body composition, explosive strength, and kicking speed in female soccer players. *J Strength Cond Res*, **2009**; 23(6): 1714–1722.
216. **Marques MC, Pereira A, Reis IG, van den Tillaar R.** Does an in-Season 6-Week Combined Sprint and Jump Training Program Improve Strength-Speed Abilities and Kicking Performance in Young Soccer Players? *J Hum Kinet.* **2013**;31(39):157-66.
217. **Saez de Villarreal E, Suarez-Arrones L, Requena B, Haff GG, Ferrete C.** Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J Strength Cond Res*, **2015**; 29(7): 1894–1903.
218. **Cerrah AO., Bayram İ, Yildizer G, Uğurlu O, Şimşek D, Ertan H.** Effects of functional balance training on static and dynamic balance performance of adolescent soccer players. *Int. J. Sport Exerc. Train. Sci.*, **2016**;2(2):73–81.
219. **Prieske OT, Muehlbauer RB, Gube MS, Bruhn DG, Behm UG.** Neuromuscular and athletic performance following core Strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scand J Med Sci Sports*, **2016**; 26: 48–56.
220. **Ramírez-Campillo R, Burgos CH, Henríquez-Olguín C, Andrade DC, Martínez C, Álvarez C, Izquierdo M.** Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, **2015**; 29 (5), 1317–1328.
221. **Panagoulis, C, Chatzinikolaou, A, Avloniti, A, Leontsini, D, Deli, CK, Draganidis, D, Stampoulis, T, Oikonomou, T, Papanikolaou, K, Rafailakis, L, Kambas, A, Jamurtas, AZ, and Fatouros, IG.** In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res*, **2020**; 34(2): 516–526.
222. **Manolopoulos E, Papadopoulos C, Kellis E.** Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scand J Med Sci Sports.* **2006**;16(2):102-10.
223. **Haghighi A, Moghadasi M, Nikeseresh A, Torkfar A, Haghighi M.** Effects of plyometric versus resistance training on sprint and skill performance in young soccer players. *European Journal of Experimental Biology*, **2012**; 2(6):2348-2351.
224. **Hadi IFA, Ali HAA.** Effect of the development of explosive power, shooting accuracy and flexible thighs joint, spine on penalty kick accuracy for the students majoring in soccer in faculty of physical education. *World Journal of Sport Sciences*, **2012**; 6 (3): 228-236.

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah KILCI, İlk, orta ve lise eğitimini Antakya’da tamamladı. 2012 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu’ndan mezun oldu. 2014 yılında Adana Çukurova Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Spor ve Sağlık Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2014-2017 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Doktora Programında doktora eğitimine başladı.

EKLER

EK 1: AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

Adana bölgesinde aktif futbol oynayan, 16-19 yaş arası erkek futbolcular

Futbolculara Uygulanan Geleneksel Kuvvet Antrenmanları ile Modern Güç Antrenmanlarının Kas Hipertrofisi, Şut Atma Performansı ve EMG Aktivitesine Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılacak olan çalışma, Çukurova Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi tarafından gerçekleştirilecektir. Çalışma dahilinde, davet edileceğiniz ilk gün fizik muayeneden sonra, vücut yüzde yağ ve kas oranlarının tespiti için manuel yöntemlerle vücudunuzun belirli bölgelerinden çap ve çevre ölçümleri yapılacaktır. Aynı gün ve takip edecek diğer randevu günlerinde İzokinetik Dinamometre ile diz/kalça kas kuvvetleri ölçümü yapılacaktır. Laboratuvarda bacak kaslarınızın elektriksel akımının ölçümü için EMG ölçümü uygulanacaktır. Takip eden günlerde saha testleri için futbol antrenmanlarında giydiğiniz eşyalarınızla Çukurova Üniversitesi Futbol sahasına davet edileceksiniz. Burada şut atma performansı, sprint, çeviklik ve sıçrama testleriniz yapılacaktır. Ölçümün son aşamasında ise bacak kaslarınızın kesit alanları Ultrason ile ölçülecektir. Yapılan ilk ölçümlerin ardından 10 haftalık bir süreyle Çukurova Üniversitesi Sağlıklı Yaşam ve Spor Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Fitness Salonunda haftanın iki günü antrenmana davet edileceksiniz. Antrenman periyodu sonrasında ise ilk ölçümlerin aynısı tekrar edilecektir.

Sonuçlar öncelikle bilimsel amaçla kullanılacak, kişisel bilgileriniz gizli tutulacak, sorun saptanması halinde durum size bildirilecek ve alınması gereken önlemler konusunda ayrıntılı bilgilendirme yapılacaktır. Parasal bir bedel ödemenizi gerektirmeyen ve size de bir ödeme yapılması söz konusu olmayan bu çalışmaya katılmama ve katıldıktan sonra çekilme hakkınız bulunmaktadır. Ek bilgi talebiniz olursa sözlü olarak karşılanacaktır.

Araştırmamıza katılmayı kabul ediyorsanız, lütfen aşağıdaki bölüme adınızı-soyadınızı yazıp tarih ve imza atınız. Teşekkür ederiz.

Katılımcı ile görüşen hekim

SÖZ KONUSU ARAŞTIRMAYA, YUKARIDA BELİRTİLEN KOŞULLAR
ÇERÇEVESİNDE HİÇBİR BASKI VE ZORLAMA OLMASIZIN KENDİ
RIZAMLA KATILMAYI KABUL EDİYORUM.

TARİH

Vasisi:

Anne Adı, soyadı:

İmza:

Baba Adı, soyadı:

İmza:

Adres:

Tel:

[illegible]

EK 3: EMG Testi Pozisyonlandırma									
İsim	Vastus lateralis			Gluteus Maksimus			Biceps Femoris		
	Diz Açısı	Diz Açısı	Koltuk Seviye	Bacak Açısı	Koltuk Seviye	Koltuk Kolu	Bacak Açısı	Koltuk Seviye	Koltuk Kolu

EK 5: Antrenman Takip Formu											
Sporcu ADI			Squat			Leg Ex			Leg Curl		
	tarih		ağırlık	tekrar	Set süresi	ağırlık	tekrar	Set süresi	ağırlık	tekrar	Set süresi
1. Hafta		Gün 1									
		Gün 2									
2. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
3. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
4. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
5. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
6. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
7. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
8. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
9. hafta		Gün 1									
		Gün 2									
10. hafta		Gün 1									
		Gün 2									

EK6: ISINMA PROTOKOLLERİ		
10 DK BİSİKLET		
KUVVET	POWER	MİX
SQUAT 2 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 10 TEKRAR 1 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %50'Sİ KADAR 10 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI ORTA ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)	SQUAT 3 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 6 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI YÜKSEK ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)	SQUAT 2 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 6 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI YÜKSEK ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE) 1 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 10 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI ORTA ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)
LEG EXTENSİYON 2 SET VÜCUT AĞIRLIĞINIZIN %40'I KADAR AĞIRLIKTA 10 TEKRAR 1 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %50'Sİ KADAR 10 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI ORTA ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)	LEG EXTENSİYON 3 SET VÜCUT AĞIRLIĞINIZIN %50'Sİ KADAR AĞIRLIKTA 6 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI YÜKSEK ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)	LEG EXTENSİYON 2 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 6 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI YÜKSEK ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE) 1 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 10 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI ORTA ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)
LEG CURL 2 SET VÜCUT AĞIRLIĞINIZIN %40'I KADAR AĞIRLIKTA 10 TEKRAR 1 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %50'Sİ KADAR 10 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI ORTA ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)	LEG CURL 3 SET VÜCUT AĞIRLIĞINIZIN %50'Sİ KADAR AĞIRLIKTA 6 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI YÜKSEK ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)	LEG CURL 2 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 6 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI YÜKSEK ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE) 1 SET ANTRENMANDA KALDIRACAGINIZ AĞIRLIĞIN %40'I KADAR 10 TEKRAR (HAREKETLERİN HIZI ORTA ŞİDDETE OLACAK ŞEKİLDE)

EK: 6		Antropometri Testi	
Çap Çevre Ölçümleri			
Doğum Tarihi			
Spor Yaşı			
Boy			
Vücut Ağırlığı			
Biceps Çevre			
Biceps Fleks. Çevre			
Ön Kol Çevresi			
Üst Bacak Çevre			
Uyluk Çevre			
Baldır Çevre			
Omuz Çapı			
Pelvis Çapı			
Dirsek Çapı			
Diz Çapı			
Ayak Bileği Çapı			
Üst Gövde Uzunluğu			
Bacak Uzunluğu			
Derialtı Yağ Ölçümleri			
Subskapular Skinfold			
Triseps Skinfold			
Biseps Skinfold			
Önkol Skinfold			
Abdominal Skinfold			
Pektoral Skinfold			
Suprailiak Skinfold			
Uyluk Skinfold			
Baldır Skinfold			

EK: 7**EMG KOD****Maksimum İstemli Kas Kasılması Esnasında Ölçülen Elektromiyografi (EMG) Ölçümünde RMS, iEMG ve FrekansDeğerlerinin Hesaplanması için Matlab'da (Version, R2021B) Kullanılan Kod**

```
classdef Sporcu

    % Bu Dosya Sporcu classını oluşturuyor.

    properties

        % Her sporcunun özellikleri var

        Filename % Sporcu Dosyasının Adı

        StMarkers % Ölçümlerin Başlangıç Noktası

        RawData % Ölçümün filtrelenmiş Datası

    end

    % Sporcu objesi oluşturmak için Matlab'ın Command Window'undan

    % sporcu1 = Sporcu(dosya adı)

    % Yani örnek olarak: sporcu1 = Sporcu('1_VL_MVC.mat')

    methods

        % Methodlar Sporcu classına özel yazılmış fonksiyonlardır. Bunları

        % kullanarak data analizi yapılabilir.

        % Sporcu fonksiyonu bu class ilk çağırıldığında kullanılır.

        % Datayı matlaba işlendikten sonra aktaran fonksiyon olarak

        % düşünülebilir.

        function obj = Sporcu(filename)

            % Sampling Frequency (Hz)

            fSamp = 1000;

            % Nyquist Frequency - Bu Frekansdan daha yüksek frekanslar dijital domainde

            % analiz edilemez

            fNyq = fSamp/2;

            % Ölçüm süresi

            tmeas = 10; % (s)

            indMeas = fSamp*10; % (ölçüm sayısı);

            obj.Filename = filename; % Sporcunun dosyasını sporcu classına yaz

            load(filename); %Dosyayı Aç

            markers = markers*1000; % Markerları index haline getir

            RawDataTemp = zeros(length(markers),10000); % Zaman serisinin yazılacağı boş bir matrix

            oluştur

            for i=1:length(markers) % Markerları sıra ile işle
```

```

markertemp = markers(i)

fTemp = figure;
%set(fTemp,'Position',[500 500 800 600])
plot(mwdata(:,6)); % Datayı göster
title(append('Dosya Adı: ', filename),append('Ölçüm Sayısı: ',string(i)), 'interpreter', 'none')
xlim([markertemp-2000,markertemp+indMeas-1+2000]); % Markerin belirttiği noktaya zoomla
xline(markertemp,'LineWidth',2);
xline(markertemp+indMeas-1,'LineWidth',2);

[markerTempNew,~] = ginput(1); % Başlangıç noktasını kullanıcıdan iste, markerTempNew
değişkenine yaz
xline(markerTempNew,'LineWidth',2,'color','red');
markers(i) = round(markerTempNew);
% Yeni belirlenin başlangıç noktasında 10 saniye sonrasına
% kadar olan datayı 20,300 Hz bandında filtreleme yaptıktan
% sonra kaydet
RawDataTemp(i,:) =
bandpass(transpose(mwdata(round(markerTempNew):round(markerTempNew)+indMeas-1,6)), [20,
450], 1000);
pause(1)
close(fTemp); % Figürü kaydet
end

obj.StMarkers = markers; % Yeni belirlenen markerları Sporcu classına kaydet
obj.RawData = RawDataTemp; % Kesilmiş, filtrelenmiş datayı Sporcu classına kaydet
% obj.maxFreqs = zeros(1,length(markers));
% obj.medFreqs = zeros(1,length(markers));
end

% Aşağıdaki fonksiyonlar data analizi için yazılmıştır
function rmsDat = RMSAnalizi(obj,ind,start,finish)

% Kullanım örneği sporcu1 = Sporcu('1_VL_MVC.mat') ile sporcu1'i
% oluşturduktan sonra:
% sporcu1.RMSAnalizi(1,0,10)
% Burada ind = 1; start = 0; finish = 10
% ind Sporcunun kaçınıcı ölçümünün analizinin yapılacağı
% start RMS hesabının yapılacağı başlangıç saniyesi
% finish RMS hesabının yapılacağı bitiş saniyesi
startInd = start*1000+1; % Başlangıç index'i

```

```

finishInd = finish*1000; % Bitiş index'i

% Matlab'ın kendi RMS fonksiyonunu kullanıyorum
rmsDat = rms(obj.RawData(ind,startInd:finishInd));

end

function integOut = Integral(obj,ind,start,finish)

% Kullanım örneği sporcu1 = Sporcu('1_VL_MVC.mat') ile sporcu1'i
% oluşturduktan sonra:
% sporcu1.Integral(1,0,10)
% Burada ind = 1; start = 0; finish = 10
% ind Sporcunun kaçınıcı ölçümünün analizinin yapılacağı
% start Integral hesabının yapılacağı başlangıç saniyesi
% finish Integral hesabının yapılacağı bitiş saniyesi
% Sampling Frequency (Hz)
fSamp = 1000;
startInd = start*1000+1;
finishInd = finish*1000;
% istenilen data aralığındaki zaman serisini seç ve mutlak
% değerini al.
tempData = abs(obj.RawData(ind,startInd:finishInd));
% Bu serinin zaman karşılığı
timeTemp = (1:length(tempData))./fSamp;
% Matlab'ın trapz fonksiyonunu kullanarak toplam alan hesapla
integOut = trapz(timeTemp,tempData);

end

function [medFreq] = FFTanaliziMed(obj,ind,start,finish)

% Kullanım örneği sporcu1 = Sporcu('1_VL_MVC.mat') ile sporcu1'i
% oluşturduktan sonra:
% sporcu1.FFTanaliziMed(1,0,10)
% Burada ind = 1; start = 0; finish = 10
% ind Sporcunun kaçınıcı ölçümünün analizinin yapılacağı
% start FFT hesabının yapılacağı başlangıç saniyesi
% finish FFT hesabının yapılacağı bitiş saniyesi

```

```

% Sampling Frequency (Hz)
fSamp = 1000;

% Nyquist Frequency - Bu Frekansdan daha yüksek frekanslar dijital domainde
% analiz edilemez
fNyq = fSamp/2;

startInd = start*1000+1;
finishInd = finish*1000;

% İstenilen datayı seç
tempData = obj.RawData(ind,startInd:finishInd);

indMeas = finishInd - startInd + 1;

% Datanın FFT'sini al. Toplam ölçüm sayısına böl
fftTemp = fft(tempData)./indMeas;

% Frekans vektörünü oluştur. Frekansların alt yarısını
% kullanabiliriz. Arda kalan üst yarım ilk yarımın aynalanmış
% versiyonudur.
freqsTemp = linspace(0, 1, fix(indMeas/2)+1)*fNyq;
indicesTemp = 1:length(freqsTemp);

% FFT'nin yarısını seç, mutlak değerini al.
% Çarpı iki Çift-Taraflı FFT'nin yarattığı 1/2'lik farkı
% düzeltmek için
fftHalf = abs(fftTemp(indicesTemp))*2;

figure;

plot(freqsTemp, fftHalf)

hold on;

% medfreq bir matlab fonksiyonu. İlk değişken zaman serisi,
% ikincisi ise örneklem hızı (1000 Hz)
medianFreq = medfreq(tempData,fSamp);

xline(medianFreq,'-',{'Medyan Frekans'},'LineWidth',2);

hold off

grid

xlabel('Frequency (Hz)')
ylabel('Voltage (\mu V)')
xlim([min(freqsTemp)+1 200])

title(append('FFT Sonuçları - Dosya Adı: ', obj.FileName),append('Ölçüm Sayısı: ',string(ind)), 'interpreter', 'none')

```

```

        medFreq = medianFreq;
end

function [maxFreq,medFreq] = FFTanaliziMedMax(obj,ind,start,finish)

    % Kullanım örneği sporcu1 = Sporcu('1_VL_MVC.mat') ile sporcu1'i
    % oluşturduktan sonra:
    % sporcu1.FFTanaliziMedMax(1,0,10)
    % Burada ind = 1; start = 0; finish = 10
    % ind Sporcunun kaçınıcı ölçümünün analizinin yapılacağı
    % start FFT hesabının yapılacağı başlangıç saniyesi
    % finish FFT hesabının yapılacağı bitiş saniyesi
    %FFTanaliziMedMax ile neredeyse aynı. Fark sadece maksimum
    %hesabında
    % Sampling Frequency (Hz)
    fSamp = 1000;
    % Nyquist Frequency - Bu Frekansdan daha yüksek frekanslar dijital domainde
    % analiz edilemez
    fNyq = fSamp/2;
    startInd = start*1000+1;
    finishInd = finish*1000;
    tempData = obj.RawData(ind,startInd:finishInd)
    indMeas = finishInd - startInd + 1;
    fftTemp = fft(tempData)./indMeas;
    freqsTemp = linspace(0, 1, fix(indMeas/2)+1)*fNyq;
    indicesTemp = 1:length(freqsTemp);
    fftHalf = abs(fftTemp(indicesTemp))*2;
    figure;
    plot(freqsTemp, fftHalf)
    hold on;
    % FFT hesabını ortalama yoluyla yumuşat
    frame_length = min(51, length(fftHalf));
    if mod(frame_length, 2) == 0
        frame_length = frame_length - 1;
    end
    degree = min(20, frame_length - 1); % Dereceyi çerçeve uzunluğundan 1 birim daha küçük yap

```

```

smoothData = sgolayfilt(fftHalf, degree, frame_length);
[~,maxIndex] = max(smoothData(5:end));

xline(freqsTemp(maxIndex),'-',{'Maksimum Frekans'},'LineWidth',2);

plot(freqsTemp, smoothData,'LineWidth',2)

medianFreq = medfreq(tempData,fSamp);

% maxIndex'in doğru hesaplandığından emin olun.

if isempty(freqsTemp)

error('freqsTemp is empty. Check the previous calculations. ');

end

maxIndex = find(abs(smoothData) == max(abs(smoothData)), 1); % Burada mutlak değer olarak
maksimum değerin indeksini buluyoruz.

% xline fonksiyonunu çağırmadan önce kontrol edin

if isempty(maxIndex) || maxIndex > length(freqsTemp) || maxIndex < 1

error('Invalid maxIndex value. ');

else

xline(freqsTemp(maxIndex), '-', {'Maksimum Frekans'}, 'LineWidth', 2);

end

hold off

grid

xlabel('Frequency (Hz)')

ylabel('Voltage (\mu V)')

xlim([min(freqsTemp)+1 200])

title(append('FFT Sonuçları - Dosya Adı: ', obj.FileName),append('Ölçüm Sayısı:
',string(ind)), 'interpreter', 'none')

legend('FFT Datası',append('Medyan: ',string(round(medianFreq,1))),append('Maksimum:
',string(freqsTemp(maxIndex))))

maxFreq = freqsTemp(maxIndex);

medFreq = medianFreq;

end

end

end

```

EK 8: ETİK KURUL ONAY FORMU

T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Toplantı Sayısı		Tarih
122		13 Mayıs 2022

KARAR NO 38- Çukurova Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde, Prof. Dr. Sanlı Sadi Kurdak yönetiminde, Araş. Gör. Dr. Abdullah Kılıcı tarafından yürütülmesi öngörülen, "Futbolculara Uygulanan Geleneksel Kuvvet Antrenmanları ile Modern Güç Antrenmanlarının Kas Hipertrofisi, Şut Atma Performansı ve EMG Aktivitesine Etkilerinin Karşılaştırılması" başlıklı doktora tez projesi araştırma etiği yönünden değerlendirildi. Toplantıya katılan üyelerin oybirliğiyle uygun olduğuna karar verildi.

BAŞKAN	Prof Dr Selim Kadioğlu Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı	
ÜYELER	Prof Dr Davut Alptekin Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı	
	Prof Dr Dinçer Yıldızdaş Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	
	Prof Dr Gülşah Seydaoğlu Biyostatistik Anabilim Dalı	
	Prof Dr Gürhan Sakman Genel Cerrahi Anabilim Dalı	
	Doç Dr Zehra Hatipoğlu Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı	
	Doç Dr Yasemin Saygıdeğer Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı	Toplantıya Katılmadı
	Av Simay Sönmezates Hukukçu Üye	Toplantıya Katılmadı
	Dr Neşe Kayrın Kurum Dışı Üye	Toplantıya Katılmadı

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlık Binası, Balcalı 01330 Adana
Telefon: 0322 338 60 60 dahili 3465, Faks: 0322 338 67 22