



**ELİT SPORCULARIN FARKLI AÇISAL
HIZLARDA KAS FONKSİYONLARININ FİZİKSEL
VE FİZYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Hasan Hüseyin YILMAZ

Doktora Tezi

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı

2021

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
KİŞİ SPORLARI VE SPOR BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BİLİM DALI

**ELİT SPORCULARIN FARKLI AÇISAL HIZLARDA KAS FONKSİYONLARININ
FİZİKSEL VE FİZYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Physical and Physiological Analysis of Muscle Functions in Elite Athletes on Different
Angular Velocities

DOKTORA TEZİ

Hasan Hüseyin YILMAZ

Danışman: Prof. Dr. Murat KALDIRIMCI

Erzurum
Ekim, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Hasan Hüseyin Yılmaz tarafından hazırlanan “Elit Sporcuların Farklı Açısal Hızlarda Kas Fonksiyonlarının Fiziksel ve Fizyolojik Olarak İncelenmesi” başlıklı çalışması .. / .. / 202.. tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı, Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Akın ÇELİK <i>Trabzon Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Murat KALDIRIMCI <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Cemil Tuğrulhan ŞAM <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Orcan MIZRAK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Ali Kerim YILMAZ <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım. 12 / 10 / 2021

Aslı ıslak imzalıdır

Prof. Dr. Fatih KIYICI

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Doktora Tezi olarak sunduğum “Elit Sporcuların Farklı Açısal Hızlarda Kas Fonksiyonlarının Fiziksel ve Fizyolojik Olarak İncelenmesi” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim. 12 / 10 / 2021

Arş. Gör. Hasan Hüseyin YILMAZ

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Akademik ve sosyal hayatımın her noktasında her zaman desteklerini, bilgisini ve yardımlarını tereddütsüz olarak paylaşan değerli büyüğüm, danışmanım Prof. Dr. Murat KALDIRIMCI'ya,

Çalışmanın gerçekleşmesinde maddi destek ve katkılarından dolayı; Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon (BAP) birimine,

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca tecrübe, bilgi ve birikimlerini her zaman paylaşan, Prof. Dr. Fatih KIYICI, Doç. Dr. C. Tuğrulhan ŞAM, Doç. Dr. Özgür BOSTANCI'ya,

Tez çalışmamın ölçümlerinde ve yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Gör. Kemalettin SEREN, Arş. Gör. Gökhan ATASEVER, Arş. Gör. Gökhan AYDIN, Arş. Gör. Levent ÖNAL, Arş. Gör. Cebrail GENÇOĞLU, Arş. Gör. Sonay Serpil ALPDOĞAN ve kardeşim Oğuzhan YILMAZ'a,

Tez çalışmamın ölçüm sonuçlarının istatistiksel analiz, değerlendirme ve tablolaştırma aşamalarında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Abdülkerim DARENDELİ'ye,

Bugünlere gelmemde hiç bir fedakarlıktan kaçınmayan, hayatımın her döneminde yanımda olan, dualarını hep hissettiğim annem Seda YILMAZ ve babam Kemal YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Arş. Gör. Hasan Hüseyin YILMAZ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ELİT SPORCULARIN FARKLI AÇISAL HIZLARDA KAS FONKSİYONLARININ FİZİKSEL VE FİZYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ

Hasan Hüseyin YILMAZ

Ekim 2021, 106 Sayfa

Amaç: Elit sporcuların farklı açısall hızlarda kas fonksiyonlarının fiziksel ve fizyolojik olarak incelenmesidir.

Yöntem: Araştırmaya 20,18±2,05 yıl yaş ortalaması, 179,85±7,80 cm boy ortalaması, 73,60±12,30 kg vücut ağırlığı ortalaması, 12,62±6,65 vücut yağ yüzdesi ortalaması ve 22,72±3,36 beden kütle indeksi ortalaması olan 49 elit sporcu katılmıştır. Denekler 60 °/sn açısall hızda 5 tekrar, 120 °/sn açısall hızda 10 tekrar, 180 °/sn açısall hızda 15 tekrar ve 240 °/sn açısall hızda 25 tekrar diz fleksiyon/ekstansiyon hareketini uygulamıştır. Denekler izokinetik kuvvet cihazında hareketi uygularken sağ ve sol ekstansör kaslar olan Rectus Femoris, Vastus Lateralis ve Vastus Medialis kaslarından kas aktivasyon düzeylerini belirlemek için elektromiyografi ölçümleri eş zamanlı olarak alınmıştır. Elde edilen verilerin görselleştirilmesinde MATLAB 20b kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS v26 kullanılmış ve anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak alınmıştır.

Bulgular: Deneklerden elde edilen verilere göre, farklı açısall hızlar arasında zirve tork, relatif tork, total iş ve zirve güç değerleri arasında anlamlı farklılıklar vardır. Deneklerin H/Q oranları normal değerler içerisindedir. Deneklerin sağ/sol farkları riskli değerlerdedir. Maksimum kas aktivasyon düzeylerine ulaşma açısında sağ ve sol ekstremiteler ve farklı açısall hızlar için anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Kas aktivasyon düzeylerinde VL ve VM kaslarında açısall hızlar arasında anlamlı bir farklılık yokken, RF kasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Farklı yüklenme şiddetlerinde THb ve Smo2 değerlerinde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir.

Sonuç: Elit düzeyde sporcuların farklı açısall hızlarda zirve tork, zirve güç, relatif tork, total iş, kas aktivasyon ve maksimum tork-aktivasyona ulaşma açılarında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Sporcuların ölçüm parametrelerinin sağ ve sol ekstremitelerde anlamlı düzeylerde farklılıklar belirlenmiştir. Farklı yüklenme şiddetlerinde sporcuların kas THb ve Smo2 değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İzokinetik kuvvet, H/Q oranı, Farklı açısall hız, Elektromiyografi, MVC

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL ANALYSIS OF MUSCLE FUNCTIONS IN ELITE ATHLETES ON DIFFERENT ANGULAR VELOCITIES

Hasan Hüseyin YILMAZ

October 2021, 106 Pages

Purpose: The purpose of this study is to analyze physical and physiological muscle functions of elite athletes at different angular speeds.

Method: 49 athletes whose average age is 20.18 ± 2.05 , average height is 179.85 ± 7.80 , average body weight is 73.60 ± 12.3 , average body fat mass is 12.62 ± 6.65 , and average body mass index is 22.72 ± 3.36 participated in the study. Subjects performed knee flexion/extension movements for five repeats at 60 °/sec angular speed, ten repeats at 120 °/sec angular speed, fifteen repeats at 180 °/sec angular speed, and twenty-five repeats at 240 °/sec angular speed. Electromyography measurements were taken simultaneously to determine the muscle activation levels from the right and left extensor muscles, Rectus Femoris, Vastus Lateralis, and Vastus Medialis, while the subjects performed the movement in the isokinetic force device. MATLAB 20b was used to visualize the obtained data. SPSS v26 was used in the analysis of the data and the significance level was taken as $p < 0.05$.

Findings: Results indicate that there are significant differences among peak torque, relative torque, total work and peak power values among different angular speeds. H/Q ratios of subjects are within normal values. The bilateral differences of the subjects are at risky values. There are significant differences in the angle of maximum muscle activation levels for the right and left extremities and for different angular velocities. While there is no significant difference among angular velocities in VL and VM muscles in muscle activation levels, there is a significant difference in RF muscle. There are significant differences in THb and SmO₂ values at different intensities.

Result: Subjects' peak torque, peak power, relative torque, total work, muscle activation, maximum torque, and activation angles were found significant differences among different angular velocities. In the measurement parameters of the subjects, significant differences were detected between right and left extremities. It was determined that there were significant differences in the muscle THb and Smo₂ values of the subjects at different intensities.

Keywords: Isokinetic force, H/Q ratio, Different angular velocity, Electromyography, MVC

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	x
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
Giriş.....	1
İKİNCİ BÖLÜM.....	4
Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar.....	4
Kas Sistemi.....	4
İskelet Kasının Yapısı ve Fizyolojisi.....	6
Kas Lifi.....	6
Sarkoplazmik Retikulum ve T Tübülleri.....	8
Miyofibril ve Miyofilamentler.....	8
Sarkomer.....	9
Kalın ve İnce Filamentler.....	10
Kas Kasılması.....	11
Uyarılma-Kasılma Döngüsü ve Gevşeme.....	12
Kayan Filamentler Teorisi.....	14
Ya Hep Ya Hiç Prensibi.....	15
Kas Fibril Tipleri.....	15
Kasılma Özelliklerine Göre Kas Fibril Tipleri.....	16
Metabolik Özelliklerine Göre Kas Tipleri.....	17
Kasılma Tipleri.....	18
İzometrik (Statik) Kas Kasılması.....	18

İzotonik (Dinamik) Kas Kasılması.....	18
İzokinetik Kasılmalar	20
Diz Eklemi Anatomisi.....	20
Diz Eklemi Kasları, Anatomisi ve Kinesiyolojisi	21
Diz Fleksör Kasları	22
Diz Ekstansör Kasları.....	23
Elektromiyografi (EMG).....	23
EMG Sinyallerini Etkileyen Faktörler	23
Elektromiyografik Sinyalin Kaynağı	25
Elektrotların Deri Yüzeyine Yerleştirilmesi ve Hazırlığı	25
EMG Elektrot Yerleştirme Bölgeleri	26
İzokinetik Kuvvet Ölçümleri.....	27
İzokinetik Kuvvet Testlerinin Uygulanmasında Dikkat Edilmesi Gerekenler	28
İzokinetik Kuvvet Testlerinin Yorumlanması.....	29
Kas Aktivasyonu ve Kuvvet Üretimi İlişkisi	30
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	32
Yöntem	32
Çalışmanın Modeli ve Kapsamı	32
Çalışmanın Yöntemi	32
Isınma Prosedürü.....	32
Vücut Kompozisyon Ölçümü.....	32
Kas Aktivasyon Ölçümü	33
Kas Oksidasyon ve Kapillarizasyon Ölçümü.....	35
İzokinetik Ölçümler	35
İstatiksel Analiz ve Değerlendirme	36
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	37
Bulgular	37
BEŞİNCİ BÖLÜM	52
Tartışma ve Sonuç	52
Öneriler.....	72
KAYNAKÇA	73
EKLER	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZGEÇMİŞ.....	93

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2. 1. Kasların Yapısal Olarak Sınıflandırılması.....	7
Tablo 2. 2. Kas Tipleri ve Özellikleri	17
Tablo 3. 1. EMG Ölçümleri İçin Elektrot Özellikleri ve Yerleştirme Bölgeleri	33
Tablo 3. 2. İzokinetik Diz Fleksiyon/Ekstansiyon Ölçümleri için Referans Değerler	35
Tablo 4. 1. Deneklere Ait Tanımlayıcı Özellikler	37
Tablo 4. 2. Sağ/Sol Zirve Tork ve Relatif Tork Değerlerinin Açısal Hızlara Göre Farkları ...	38
Tablo 4. 3. Sağ/Sol Total İş ve Zirve Güç Değerlerinin Açısal Hızlara Göre Farkları	39
Tablo 4. 4. 240°/sn Açısal Hızda İlk 5 ve Son 5 Tekrar arasındaki Total İş, Ortalama Güç, Ortalama Tork Değerleri Arasındaki Fark	38
Tablo 4. 5. İzokinetik Kuvvet Değerlerine Göre Sağ/Sol Farkı ve H/Q Oranı.....	41
Tablo 4. 6. Maksimum Kas Aktivasyonuna Ulaşma Açılarının Sağ/Sol Farkı	41
Tablo 4. 7. Maksimum Kas Aktivasyonunda Üretilen Tork Değerlerinin Sağ/Sol Farkı	43
Tablo 4. 8. Ekstansör Kaslar Arasındaki Kas Aktivasyon Düzeylerinin Sağ/Sol Farkı.....	44
Tablo 4. 9. Maksimum Kas Aktivasyonuna Ulaşma Açılarının Açısal Hızlara Göre Farkı....	45
Tablo 4. 10. Maksimum Kas Aktivasyonunda Ulaşılan Tork Değerlerinin Farklı Açısal Hızlara Göre Farkı	46
Tablo 4. 11. Farklı Açısal Hızlarda Ulaşılan Maksimum Kas Aktivasyonu Değerlerinin Farkı	48
Tablo 4. 12. Farklı Açısal Hızlarda Üretilen Tork ve Ulaşılan Maksimal Aktivasyon Arasındaki Fark.....	49
Tablo 4. 13. Farklı Yüklenme Şiddetlerinde Kas Hemoglobin ve Oksijen Saturasyonu Düzeyleri Farkı	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Kas Çeşitleri; (A)İskelet Kası, (B)Düz Kaslar, (C)Kalp (Kardiyak) Kası.....	5
Şekil 2. 2. İskelet Kasının Mikroskopik Görünümü.....	6
Şekil 2. 3. Kas Fibrilinin Mikroskopik Görünümü	8
Şekil 2. 4. Sarkomer	10
Şekil 2. 5. Diz Eklemine Hareketini Sağlayan Kaslar	22
Şekil 2. 6. EMG Elektrot Yerleşimi-Quardiceps Kası	26
Şekil 2. 7. EMG Elektrot Konumları Önden Görünüm.....	26
Şekil 2. 8. EMG Elektrot Konumları Arkadan Görünüm	27
Şekil 3. 1. Kas Aktivasyonu, Açık ve Tork Değerlendirme.....	34
Şekil 4. 1. Maksimum Kas Aktivasyonuna Ulaşma Açılarının Sağ/Sol Farkı.....	42
Şekil 4. 2. Maksimum Kas Aktivasyonunda Üretilen Tork Değerlerinin Sağ/Sol Farkı	43
Şekil 4. 3. Ekstansör Kaslar Arasındaki Kas Aktivasyon Düzeylerinin Sağ/Sol Farkı	45
Şekil 4. 4. Maksimum Kas Aktivasyonunda Ulaşılan Tork Değerlerinin Farklı Açısız Hızlara Göre Farkı	47
Şekil 4. 5. Farklı Açısız Hızlarda Maksimum Kas Aktivasyonu Değerlerinin Farkı.....	48
Şekil 4. 6. Farklı Açısız Hızlarda Üretilen Tork ve Maksimal Aktivasyon İlişkisi	50

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

µm	: mikrometre
TnC	: Troponin C
TnI	: Troponin I
TnT	: Troponin T
ATP	: Adenosin Tri Fosfat
ADP	: Adenosin Di Fosfat
SO	: Slow Oksidative
FG	: Fast Glycolytic
FOG	: Fast Oksidative/Glycolytic
EMG	: Elektromiyografi
yEMG	: Yüzeysel Elektromiyografi
H/Q	: Hamstring/Quardiceps
VM	: Vastus Medialis
RF	: Rectus Femoris
VL	: Vastus Lateralis
MVC	: Maksimum Voluntary Contraction
THb	: Total Hemoglobin
SmO2	: Muscle Oxygen Saturation
ROM	: Range of Motion

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Sporcuların temel amaçları, sportif performanslarını en üst düzeye çıkarmak ve performans sürekliliğini sağlamaktır. Sporcular için büyük öneme sahip olan sportif performansı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında ise fiziksel ve fizyolojik faktörler yer almaktadır. Motor bir hareketin ortaya çıkarılması ve uygulanmasında biyomotor yetilerin gelişmiş olması gerekmektedir. Biyomotor yetilerin içerisinde hareketin oluşması ve uygulanabilmesi için gerekli olan özellik ise kuvvettir. Kuvvet, kas-iskelet sisteminin koordineli olarak çalışması ile bir direnci yenebilme yeteneğidir ve büyük oranda kas sistemi ile ilişkilidir. Kas sistemi, sinir ve iskelet sistemiyle birlikte çalışarak, organizmanın tüm hareketlerini gerçekleştirmektedir. Günlük yaşam aktiviteleri ve sportif aktiviteler gözlemlendiğinde en temel ihtiyacın kas sistemi ve hareket olduğu görülmektedir (Frontera ve Ochala, 2015; Pion vd., 2015). Bu açıdan düşünüldüğünde, günlük işlerin gerçekleştirilmesi, fiziksel uygunluk düzeylerinin korunması ve sportif performansın geliştirilmesi için kas sisteminin etkin işlevselliği ve sağlığı önemlidir.

Sportif hareketler branşlar açısından değerlendirildiğinde branşa özgü bir karakteristik özelliğe sahiptir (Pion vd., 2015). Sporcuların kas performansları değerlendirildiğinde bu karakteristik özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Her spor branşı, hareket modelleri içerisinde unilateral ve bilateral özellikler barındırmaktadır (Maloney, 2019). Ancak çoğu spor branşında unilateral hareketler daha çok ön plana çıkmaktadır. Sporcular, branşın barındırdığı sportif hareketleri uygulayabilmek ve performansa dönüştürebilmek için vücutlarının bir tarafını uzun antrenman sezonları boyunca aşırı derecede kullanmakta ve her iki tarafı eşit oranda kullanmadığından vücut dengesizlikleri ve asimetrisi ortaya çıkmaktadır (Havolli vd., 2020). Bu dengesizliklere bağlı olarak hareketlerin sistematik olarak gerçekleşmesi, stabil ve doğru bir postürün sağlanması, spinal kolonun sağlamlığı, sportif hareketlerde acı ve ağrının eksik olmaması durumları ortaya çıkmakta ve bu durumlar fiziksel uygunluk parametrelerini ve sağlıklı yaşam aktivitelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Brenner, 2016; Hart vd., 2016). İzokinetik kuvvet değerlendirmeleriyle başta hareket sisteminde yer alan kasların kuvvet, güç, tork ve iş gibi özelliklerine doğrudan ulaşılabilmektedir (Cvjetkovic vd., 2015). İzokinetik değerlendirmelerden elde edilen bu veriler ile spor sakatlık risklerinin değerlendirilmesi, unilateral ve bilateral kuvvet farklılıklarının ortaya konulması, kuvvet düzeylerinin

karşılaştırılması, kassal dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi ve antrenman programlarının düzenlenmesi mümkün olmaktadır (Edouard vd., 2011; Şahin, 2010). Bu değerlendirmeler neticesinde sonuç odaklı rehabilitasyon ve düzeltici egzersizler ile günlük yaşam için gerekli olan fiziksel uygunluk seviyesi sağlanırken sportif olarak da performans, sakatlıkların önlenmesi ve daha uzun süreli bir sportif yaşam sağlanabilmektedir.

Kas aktivasyonu, kasların elektriksel uyarıları gözlemlenerek fonksiyonel çalışma sistemleri hakkında bilgiler sağlamaktadır (Koley, 2020). Kasların kasılabilmesi ve kuvvet üreterek hareket sağlaması için uyarıların istenilen yoğunlukta ve düzeyde olması kas sisteminin görevini yerine getirebilmesi için önemlidir (Kuo ve Ehrlich, 2015). Kas sisteminin üretkenliği, kaslara gelen nöronların kalitesi ve seviyesine bağlıdır (Powers vd., 2018). Motor hareketlerin gerçekleşmesinde ve yüksek performans ile uygulanabilmesi için kas aktivasyonunun yüksek olması ve koordineli olması gerekmektedir. Kas aktivasyonunun belirlenmesi için en nesnel ve doğru değerlendirme elektromiyografi ile gerçekleştirilmektedir (Criswell, 2010). Kas aktivasyonu; kasın ürettiği kuvvet, güç, tork ve işin seviyesini doğrudan etkilemektedir (Hegyı vd., 2019). Kas aktivasyon düzeyinin belirlenmesiyle kasta meydana gelen nörolojik ve fizyolojik etmenler değerlendirilebilmekte ve izokinetik değerlendirmede elde edilen verilerin değerlendirmesi ve yorumlanması kolaylaşmaktadır (Lynn vd., 2018; Zouita vd., 2018). Kasın çalışması esnasında gözlemlenen fiziksel farklılıkların, fizyolojik ve nörolojik olarak altında yatan nedenlere bu sayede ulaşılabilir. Diğer taraftan kas aktivasyon ölçümleri ile sportif hareketler sırasında meydana gelen aktivasyon düzeyleri gözlemlenerek motor hareketler sırasında hangi kas ve kas gruplarının daha fazla çalıştığı belirlenmektedir (Garcia ve Vieira, 2011). Bu sayede özel kuvvet çalışmalarında branşa özgü farklılıklar anlaşılabilir ve branşa uygun antrenmanlar düzenlenebilmektedir. Bu anlamda kas aktivasyonunu değerlendirmek hem spora özgü kuvvet antrenmanlarının tasarımı hem de kassal farklılıkları fizyolojik olarak ön plana çıkarmakta önem kazanmaktadır.

Sporcuların kas aktivasyonları ve izokinetik kas kuvvetleri beraber değerlendirildiğinde, yüksek performansa ulaşmak için gerekli antrenman sürelerinin kısaltılabilmesine; spor sakatlıkları risklerinin önceden belirlenerek tedbirlerinin alınabilmesine; dengeli, stabil bir postür ve fiziksel yapının sağlanmasına; verimli ve dengeli enerji sarfiyatına fırsat yaratmaktadır. Farklı branşlardaki sporcuların kassal fonksiyonlarının değerlendirilmesi branşa özgü gereklilikleri ve özellikleri belirlemek için de güçlü bir kaynak olmaktadır.

Ulusal ve uluslararası literatür incelendiğinde, izokinetik dinamometre ve elektromiyografinin birlikte kullanıldığı farklı branş sporcuları ile ilgili çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; farklı branşlarda aktif olarak sportif hayatlarına devam eden elit sporcuların, kassal kuvvet, güç, tork, iş, dayanıklılık, bilateral ve unilateral dengesizliklerinin karşılaştırılması; farklı açısal hızlarda kas aktivasyon düzeylerinde meydana gelen farklılıkların incelenmesi ve farklı açısal hızlarda izokinetik parametreler ile kas aktivasyonu arasındaki ilişkinin ortaya konulmasıdır.



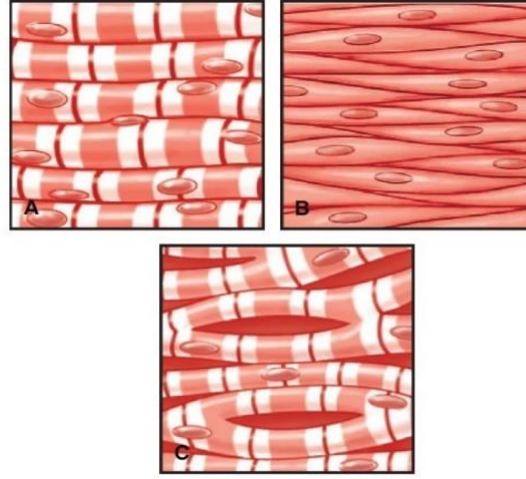
İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Kas Sistemi

Organizmanın iskelet sistemiyle birlikte çalışarak hareket etmesini sağlayan kas sistemidir. Organizmada 400 çiftten fazla iskelet kası yer almaktadır (Günay vd., 2019; Iannotti ve Parker, 2012; Lieber, 2002). Organizmanın yaklaşık olarak erkeklerde %35-45'i, kadınlarda ise %25-30'u kaslardan oluşmaktadır. Bu oran sportif etkinliklere katılma ve spor branşlarına göre değişiklik göstermektedir. Kas sistemi vücudun diğer sistemleriyle de etkileşim içerisinde (Murray ve Kenney, 2016; Plowman ve Smith, 2013).

Kas dokusu, temel kasılma elementi proteinlerin başlıca bileşenleri olan miyofilamentlerin etkileşimleri ile kuvvet üretmektedir (Powers vd., 2018; Zoladz, 2018). Kas sistemi; iskelet, düz ve kardiyak olmak üzere üç farklı yapıdadır (Porcari vd., 2015). Her kas dokusu farklı amaçlara hizmet etmektedir. Kardiyak kası, kalbin yapısını oluşturan bir yapıdır ve otonom sinir sistemi ile çalışmaktadır. Düz kaslar, iç organları ve dokuları korumakla görevli olan ve otonom sinir sistemi ile kontrol edilen kas yapısıdır. İskelet kasları ise organizmanın hareket etmesini sağlayan kas yapısıdır. İskelet kasları somatik olarak kasılırlar (Günay vd., 2019; Kraemer vd., 2011; McArdle vd., 2010; Murray ve Kenney, 2016; Porcari vd., 2015; Powers vd., 2018). Kas dokusunun temel özelliği kasılmalarla kuvvet üretebilmeleridir. İskelet kasları farklı yapılara sahip olduklarından genellikle farklı şekilde isimlendirilmektedir. İskelet kasları, istemli olarak kasılan bir yapıda olduğundan genellikle bilinçli uyarılar sonucunda kuvvet oluşturmaktadır (Kraemer vd., 2011; McArdle vd., 2010; Porcari vd., 2015; Powers vd., 2018). İskelet kasları mikroskobik boyutta yapılarında bulunan açık ve koyu renkli bantlardan dolayı çizgili kaslar olarak ifade edilmektedir. Kas çeşitleri Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.



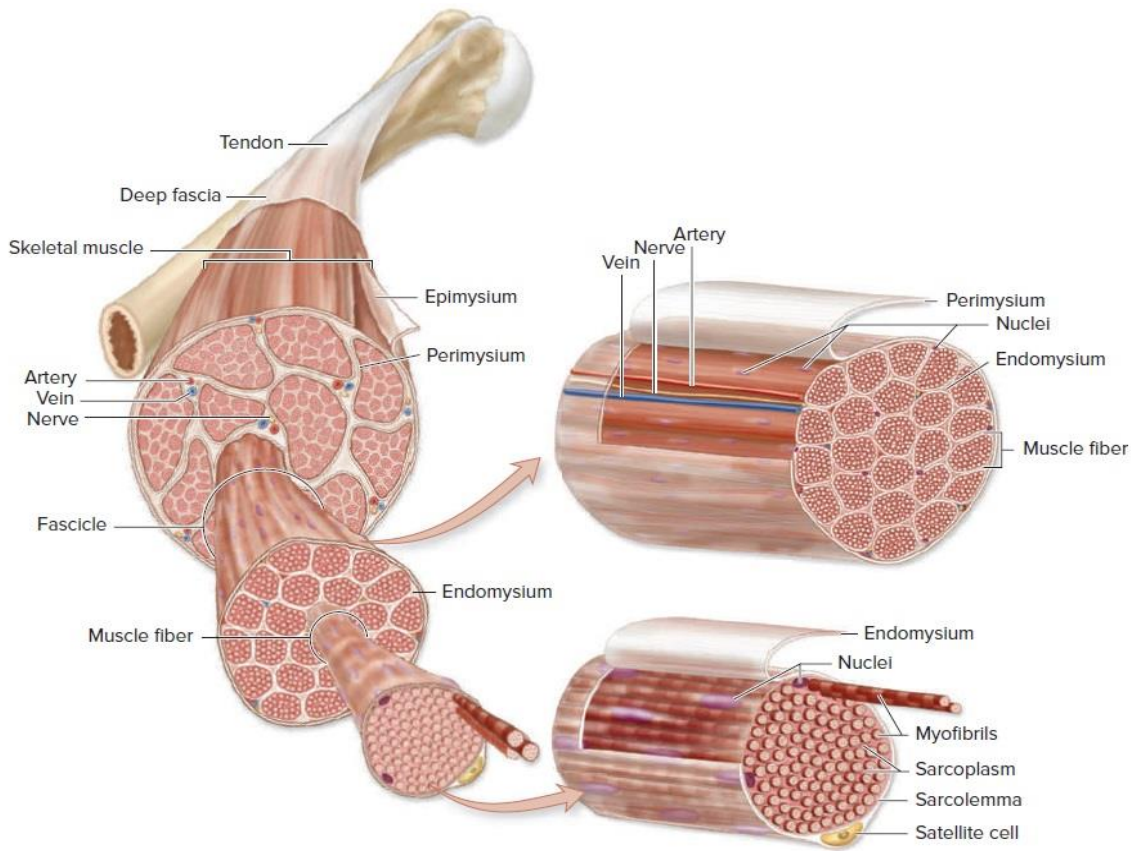
Şekil 2. 1. Kas Çeşitleri; (A)İskelet Kası, (B)Düz Kaslar, (C)Kalp (Kardiyak) Kası (Porcari vd., 2015)

Kas dokusunun birincil amacı hareketi sağlamaktır; ancak buna ek olarak farklı önemli görevleri de gerçekleştirmektedir. Kas dokusu lokomotor ve manipulatif hareketlere ek olarak, vücut postürünü oluşturmada, kanın kalbe venöz dönüşüne katkı sağlamada ve vücut için ısı üretebilmektedir (Draper ve Marshall, 2014; Saghiv ve Sagiv, 2020a). Kas dokusu hareketi gerçekleştirebilmek için büyük oranda enerji kullanmaktadır. Bu enerji tüketimi sırasında da ısı açığa çıkmaktadır. Kas dokusu aynı zamanda dışarıdan alınan besinlerden elde edilen biyokimyasal enerjinin mekanik ve termal enerjiye dönüştürülmesinde görev almaktadır (Ehrman vd., 2018; Kenney vd., 2015; Tortora ve Derrickson, 2018). İskelet kaslarının, önemli görevlerinden biri de iç organları dışarıdan gelebilecek olan darbe gibi durumlara karşı korumaktır (Saghiv ve Sagiv, 2020b).

Kas dokusunun karakteristiği farklı özellikleri barındırmaktadır. Bu karakteristik özellikler; uyarılabilme, iletilebilme, kasılabilme, uzayabilme özelliklerini içermektedir (Boone, 2014; Ehrman vd., 2018; Solomon, 2015; Zatsiorsky ve Prilutsky, 2012). Uyarılabilme, bir kas dokusunun nörotransmitterler tarafından getirilen sinir uyarılarını algılayabilmesi ve algılama sonucunda hücre membranı boyunca üretilen aksiyon potansiyeli ile yanıtlar oluşturabilmesi olarak ifade edilmektedir. Kasılma, uyarılma ile elde edilen bilgilere yanıt olarak kasın boyunda meydana gelen kısalma olarak tanımlanmaktadır. Kasılmayla birlikte vücutta kuvvet üretebilen tek mekanizma olan kas dokusu aktif olmakta ve kuvvet üretmektedir. Uzayabilme, kas dokusunun başka bir kuvvet ile manipüle edilmesiyle oluşan genişleme veya uzama yeteneği olarak ifade edilmektedir. İletilebilme ise kas hareketine de olanak sağlayan kas dokusunda meydana gelen uzama sonrasında başlangıç seviyesindeki boyuta geri dönebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Ehrman vd., 2018; Murray ve Kenney, 2016; Plowman ve Smith, 2013; Saghiv ve Sagiv, 2020c; Zatsiorsky ve Prilutsky, 2012).

İskelet Kasının Yapısı ve Fizyolojisi

Kas hücresi veya kas fibrilleri olarak adlandırılan yapılar fasya denilen yapılar ile bir arada tutulmaktadır (Powers vd., 2018). Kasın en dış kısmında yer alan ve kasın tamamını çevreleyen epimisyum, epimisyumun daha iç katmanında yer alan ve kas fibrillerini çevreleyen perimisyum ve son olarak perimisyumun daha derininde yer alan ve kas fibrillerinden bir kısmını çevreleyen endomisyum olarak adlandırılan yapılar bulunmaktadır (Biga vd., 2020; Saghiv ve Sagiv, 2020c; Solomon, 2015). Bu üç katman (epimisyum, perimisyum ve endomisyum) kası bir arada tutan bir çerçeve oluşturmaktadır (Lieber, 2002; Powers vd., 2018; Tortora ve Derrickson, 2018). İskelet kasının mikroskopik görüntüsü Şekil 2.2.'de gösterilmektedir.








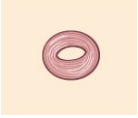
Şekil 2. 2. İskelet Kasının Mikroskopik Görünümü (Powers vd., 2018)

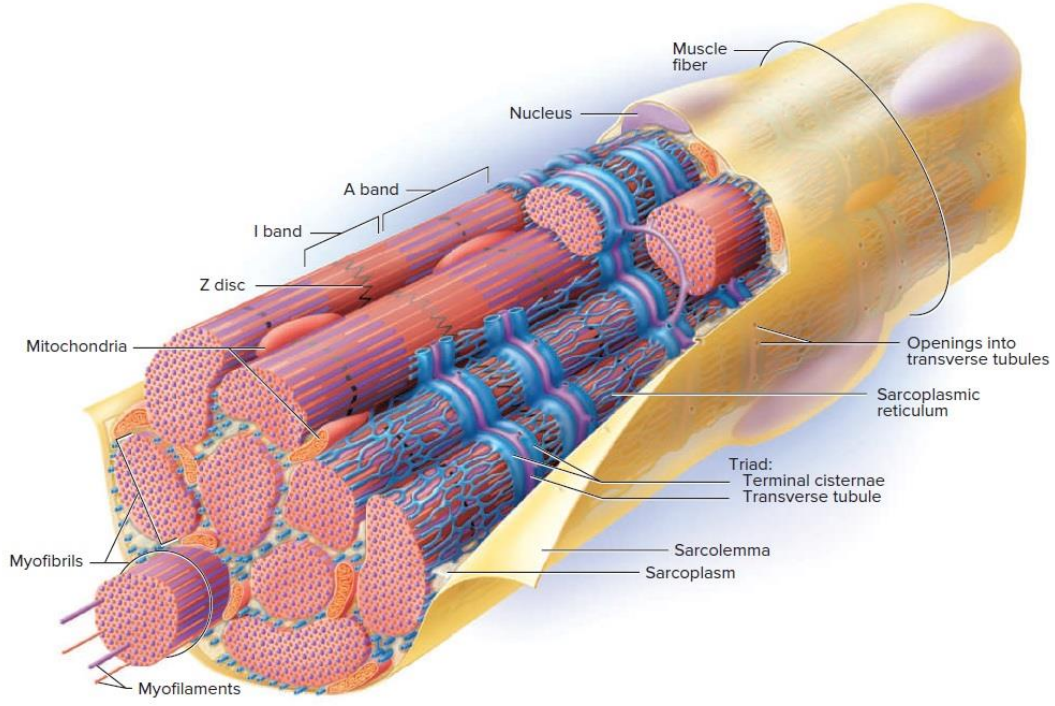
Kas Lifi

Kas hücreleri olarak da adlandırılan kas lifleri uzun ve silindirik bir yapı halindedir. Kas hücresinin çapı 10 ile 100 µm; uzunluğu ise 1 ile 400 mm arasında değişmektedir (Powers vd., 2018). Bir iskelet kası hücre zarının hemen altında yer alan birçok çekirdek barındırmaktadır (Porcari vd., 2015). Sarkolemma, bir kas hücresinin polarize edilmiş plazma zarıdır. Bu yapı kasın uyarılmasına etki etmektedir. Bir kas hücresinin sarkoplazması da diğer hücrelerin

stoplazmasına benzer şekildedir. Ancak kas hücresinin sarkoplazması, bu hücrenin fonksiyonlarını yerine getirebilmek için özel adaptasyonlara sahiptir (Kraemer vd., 2011; McArdle vd., 2010). Bunlar temel olarak artan glikojen, mitokondri ve miyoglobin miktarıdır. Bir kas lifi, diğer hücrelerde bulunan organellere benzer yapıda organeller içermektedir. Kas hücresine özgü olan organelleri; enine T tübülleri, sarkoplazmik retikulum ve miyofibriller oluşturmaktadır (Saghiv ve Sagiv, 2020c; Zoladz, 2018). Miyofibriller temel olarak miyofilamentlerden oluşmaktadır ve kasların kasılabilir yapılarından sorumludurlar (Kenney vd., 2015). Kas fibrilinin mikroskopik görünümü Şekil 2.3.'de gösterilmektedir. Aynı zamanda iskelet kasları organellerin bir arada kalmasına olanak sağlayan kompleks bir hücre iskeletine sahiptirler ve kas hücresinde oluşan kuvvetin iskelet sistemine aktarılmasında görev üstlenmektedirler. Kas fibrilleri yapısına göre farklı şekilde sınıflandırılmaktadır (Plowman ve Smith, 2013). Bu sınıflandırma Tablo 2.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 2. 1. Kasların Yapısal Olarak Sınıflandırılması (Plowman ve Smith, 2013)

Kas Yapısı Sınıfı	Örnek Kası	Örnek Kas Görüntüsü
Uzun (Longitudinal)	Sartorius Kası	
İğ Biçimli (Fusiform)	Biceps Brachii Kası	
Yaygın/Yassı (Radiate)	Gluteus Medius Kası	
Tek kanatlı (Unipennate)	Tibialis Anterior Kası	
Çift Kanatlı (Bipennate)	Gastrocnemius Kası	
Sarmal (Circular)	Orbicular Oculi ve Sphincters Kası	



Şekil 2. 3. Kas Fibrilinin Mikroskopik Görünümü (Powers vd., 2018)

Sarkoplazmik Retikulum ve T Tübülleri

Sarkoplazmik retikulum, kalsiyumun depolanmasını ve serbest bırakılmasını sağlayan özel bir kas lifi organelidir (Powers vd., 2018). Sarkoplazmik retikulum tübüllerin etrafına sarılı ve t tübülleri ile paralel olarak çalışan bir yapıdır (Plowman ve Smith, 2013). Sarkoplazmik retikulumun kas hücreesindeki en önemli görevi kalsiyumu depo etmek, açığa çıkarmak ve salınımı sağlamaktır. Temel olarak kas kasılmasını kontrol etmektedir. Kalsiyum, sarkoplazmik retikulumun bir parçası olan yan keselerde depo edilmektedir (Porcari vd., 2015; Saghiv ve Sagiv, 2020c).

T tübülleri, elektriksel sinyalleri sarkolemmandan hücre içine taşımakla görevli olan organellerdir (Kraemer vd., 2011). T tübülleri sarkolemma ile sürekli olarak iletişim halindedir ve kas hücresinin sarkoplazmasına çıkıntı yapmaktadır. Her T tübülü, sarkoplazmik retikulumların iki yan kesesi arasında yer almaktadır (Draper ve Marshall, 2014; McArdle vd., 2010). Bu konumuyla, t tübülleri gelen elektriksel sinyallerin (aksiyon potansiyelinin) yan keseciklere ulaşarak kalsiyumun salınmasını tetiklemektedir (Buckworth, 2013; Kenney vd., 2015; Zoladz, 2018).

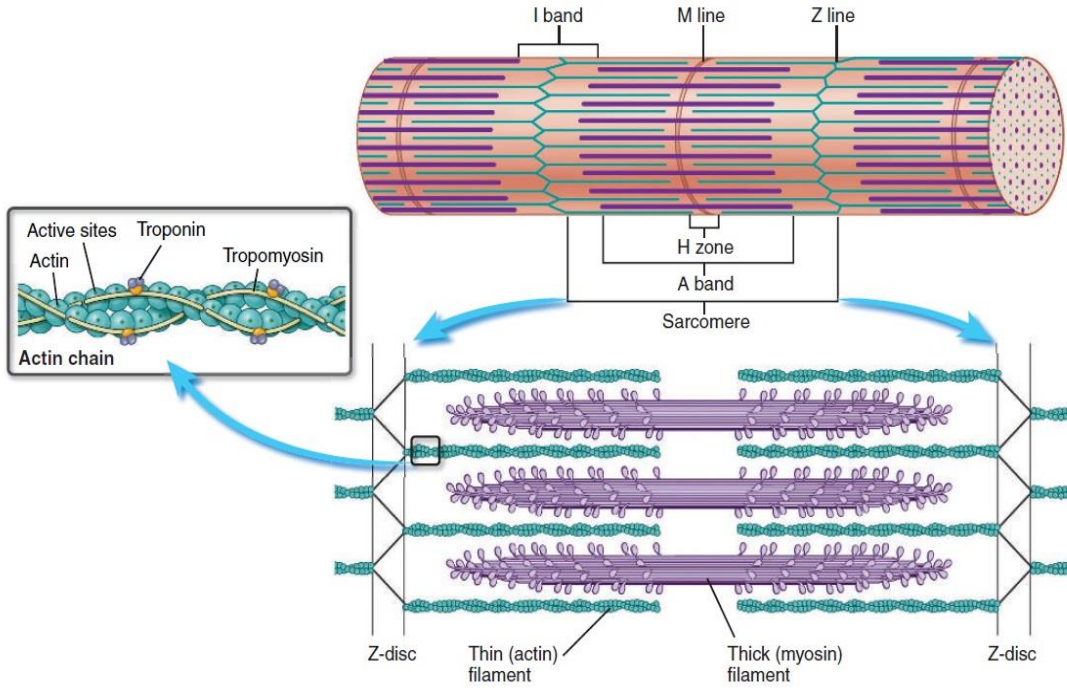
Miyofibril ve Miyofilamentler

Her kas lifi, hücre boyunca yan yana uzanan ve sayıları birkaç yüz ile birkaç bin arasında değişebilen miyofibrillerden oluşmaktadır (Ehrman vd., 2018; Plowman ve Smith, 2013). Miyofibriller, miyofilamentlerden oluşan özel kasılma organelleridir (Powers vd., 2018; Saghiv

ve Sagiv, 2020a, 2020c). Miyofibriller kas hücresinin uzun eksenine paralel olarak konumlanmaktadır ve hücre boyunca bu sistemle yer almaktadırlar. Miyofibriller, kas hücresinin yaklaşık olarak %80'ini oluşturmaktadır (Porcari vd., 2015). Her miyofibril, miyofibrilin uzunluğu boyunca aynı düzenle yerleşmiş olan daha küçük miyofilamentlerden oluşmaktadır (Draper ve Marshall, 2014; Zoladz, 2018). Miyofilamentler, kas kasılmasından sorumlu olan (kalın ve ince filamentler) kasılma proteinleridir. Kas proteininin çoğunu oluşturan miyofilament yapılarıdır. Her tekrar eden birim yeni bir sarkomer olarak adlandırılmaktadır (Porcari vd., 2015; Powers vd., 2018).

Sarkomer

Tek bir kas lifi, içerisinde kasılmayı sağlayan organeller ve yapıları birbirine bağlayan bir ağı içermektedir. Kasta kasılmayı sağlayan en küçük yapı sarkomer olarak adlandırılmaktadır. Sarkomer, uyarıldığında hareket üretmeyi sağlayan kas yapısının temel unsurlarını içerisinde barındırmaktadır (Zatsiorsky ve Prilutsky, 2012). Her kas lifi, hücre boyunca yan yana uzanan miyofibrillerden oluşmaktadır. Her bir miyofibril ise seri halinde dizilmiş olan birçok sarkomerden oluşmaktadır (McArdle vd., 2010; Porcari vd., 2015). Sarkomer ise içinde birbiri üzerine denk gelen birçok miyofilament bulundurmaktadır. Miyofilamentlerin bu düzenli yapısı iskelet kaslarının çizgili görünümünün temel nedenidir. Bu çizgili görünüm, hücre içinde yer alan koyu ve açık renkli bantların sistematik bir düzen içerisinde olmasından kaynaklanmaktadır (Iannotti ve Parker, 2012; Plowman ve Smith, 2013). A bandı olarak adlandırılan koyu bantlar, miyozin proteininden oluşan kalın filamentleri içermektedir. I bandı olarak adlandırılan açık bantlar ise aktin proteininden oluşan ince filamentleri içermektedir. İnce filamentler, A bandında kalın filamentler ile örtüşmektedir. H bandı, A bandının sadece kalın filamentlerinden oluşan daha açık bir merkez bölgesini oluşturmaktadır. Bu bölgeye ince filamentler uzanmadığından dolayı renkleri daha açık olmaktadır. H bandının merkezinde ise miyozin kuyruklarını içeride tutan M çizgisi yer almaktadır. H bandı sadece kas kasılmasının olmadığı durumlarda görüntülenebilmektedir. Her bir I bandının içerisinde ise sarkomerlerin içerisinde miyofibrilleri bölen Z çizgisi yer almaktadır. İnce filamentler doğrudan Z çizgisine bağlanmaktadır. Sonuç olarak, sarkomer iki Z çizgisi arasında yer alan kısım olarak bilinmektedir. Şekil 2.4.'de sarkomerin görüntüsü ve yapısı gösterilmektedir (Kraemer vd., 2011; Plowman ve Smith, 2013; Porcari vd., 2015; Sagiv ve Sagiv, 2020c).



Şekil 2. 4. Sarkomer (Porcari vd., 2015)

Kalın ve İnce Filamentler

Kalın filamentler temel olarak, kasılmanın oluşmasını sağlayan miyozin ağır zinciri kapsayan moleküllerinden oluşmaktadır. Kalın filamentler kasılmanın derecesini belirlemeye yardımcı olan miyozin hafif zincir molekülleri de barındırmaktadır (Herzog vd., 2012). Her miyozin molekülünün çubuk benzeri düz bir kuyruğu ve küresel bir yapıda iki tane başı bulunmaktadır (Porcari vd., 2015). Bir kalın filament yaklaşık olarak 200-300 adet miyozin molekülü içermektedir (Plowman ve Smith, 2013). Bu moleküller, filamentin merkezinde düz bir yapı oluşturmak için farklı konumlarda ancak aynı yönde yerleşmektedir. Kalın filamentlerin baş kısımları dışa doğru uzanmaktadır. Bu sayede ince filamentler ile etkileşime girdiklerinde çapraz köprüler oluşturabilmektedir (Porcari vd., 2015; Powers vd., 2018). Bu iki baştan birisi aktin ile bağlantı kurarken birisi de adenosin trifosfata (ATP) bağlanmaktadır. Kasılması ancak miyozin başlarının aktin aktif bölgelerine bağlanması ile mümkün olmaktadır. Filamentler boyunca miyozinin alt üniteleri zıt yönlerde konumlanmaktadır (Ehrman vd., 2018; Tortora ve Derrickson, 2018). Buna bağlı olarak miyozin merkez bölgelerinde çıkıntı yapan başlar bulunmamaktadır (Porcari vd., 2015).

İnce filamentler de temel olarak kasılmanın oluşmasına yardımcı olan aktin moleküllerinden oluşmaktadır. Aktin molekülleri, ipliksi yapıdaki fibroz (F Aktin) aktinleri oluşturan glabular (G aktin) aktinlerden oluşmaktadır (Powers vd., 2018). Bir aktin filamanı, çift sarmal bir yapı oluşturmak için 2 F aktin yapısının birbirine sarılması ile oluşmaktadır (Porcari vd., 2015). Bu yapı sarmal bobin olarak adlandırılmaktadır. Aktin molekülleri, kasılma

sırasında miyozin başları onlara bağlanabilsin diye aktif bölgeler barındırmaktadır. Aktin filamanları aynı zamanda aktin ve miyozinin etkileşiminin gerçekleşmesi için düzenleyici görev üstlenen tropomiyozin ve troponin proteinlerini içermektedir (Plowman ve Smith, 2013; Porcari vd., 2015; Powers vd., 2018). Tropomiyozin aktin filamanlarının aktif bölgeleri boyunca uzun ve sarmal bir yapıda uzanmaktadır. Tropomiyozinler kas kasılması yokken aktin aktif bölgelerini kapatarak miyozin başlarının bağlanmalarını ve çapraz köprü oluşturmalarını engellemektedir. Troponin ise küçük ve küresel bir protein kompleksidir. Troponin, tropomiyozinin kontrolünü sağlayan üç alt üniteden oluşmaktadır. Bu alt üniteler; Troponin C (TnC), Troponin I (TnI) ve Troponin T (TnT)'den oluşmaktadır. TnC, kalsiyum bağlanma bölgelerini; TnI, dinlenik durumda aktin ve miyozin bağlanmasını inhibe etmeyi ve TnT, troponini tropomiyozine bağlamayı sağlamaktadır (Ehrman vd., 2018; Kenney vd., 2015; McArdle vd., 2010). TnC alt ünitesine kalsiyum bağlandığında, troponin kompleksinde şekilsel bir değişiklik meydana gelmektedir. Troponin tropomiyozine bağlandığı için, troponinin boyunda meydana gelen değişiklik tropomiyozinin aktin aktif bölgelerini kapatmasını engellemektedir. Aktif bölgeler açığa çıktığında miyozin başları açığa çıkmakta ve aktin aktif bölgelerine bağlanarak çapraz köprüler oluşturabilmektedir (Porcari vd., 2015).

Kas Kasılması

Kas kasılması, temel olarak kasın boyunda ardı ardına meydana gelen kısalmalar olarak tanımlanabilmektedir (Sweeney ve Hammers, 2018). Diğer bir ifadeyle kasın kasılabilen elementlerinin gerilim üretme süreci olarak tanımlanmaktadır (Buckworth, 2013; Porcari vd., 2015). Kas kasılması birçok hücrel protein ve enerji sistemlerinin çalıştığı kompleks bir süreçtir (Herzog vd., 2008). Kasılma birçok birimin birlikte çalışarak ortaya çıkardığı ve organizmanın hareketini sağlayan en önemli özelliktir. Kas kasılması net olarak kayan filamentler teorisini kullanarak açıklanabilmektedir (Plowman ve Smith, 2013; Sagiv ve Sagiv, 2020c; Zoladz, 2018). Bilinenin aksine tüm kasılmalar hareket üretmemektedir. Hareket üretimi, kasılmayla oluşan gerilimin ve dış direncin büyüklüğüne göre değişebilmektedir. Bir kasılma ile hareketin gerçekleştirilebilmesi için kasın ürettiği kuvvetin (gerilimin) dış dirençten daha büyük olması gerekmektedir (Powers vd., 2018).

Kas kasılmasının gerçekleşebilmesi belirli bir düzen ile gerçekleşmektedir. Kas hücreleri kasılırken tüm sarkomerlerin Z çizgileri birbirine yaklaşarak sarkomer boyları kısalır (Geeves ve Holmes, 2005; Zatsiorsky ve Prilutsky, 2012). Kısalmanın nedeni ince ve kalın filamentlerin birbirleri üzerinden kaymasıdır. Kayma sırasında merkezdeki kalın filamentler sabit dururken, ince filamentler kalın filamentlere doğru hareket etmektedir. İnce filamentlerin kalın filamentlere doğru çekilmesiyle Z çizgileri birbirine yaklaşır ve sarkomer boyu kısalır (Kraemer

vd., 2011; Saghiv ve Sagiv, 2020c). İnce ve kalın filamentlerin bu şekilde aktive olup kayma işlevini yapabilmeleri için önce kas hücrelerinin uyarılarak zarlarında aksiyon potansiyelinin oluşması gerekmektedir. Uyarılmayı takiben kasılmanın oluşması, uyarılma ve kasılma gibi iki farklı mekanizmanın birbirleriyle eşleşmesine bağlıdır. Uyarılma ile kasılma arasındaki eşleşme Ca⁺ iyonları tarafından yapılmaktadır (Rüegg, 2012; Zot ve Hasbun, 2016; Zubac ve Šimunic, 2017). Ca⁺ iyonları sarkoplazmik retikulumun tübül sisteminde depo edilmiş halde bulunur. Hücre zarında oluşan aksiyon potansiyeli, sarkoplazmik retikuluma ulaştığı zaman, kalsiyum iyonları buradan serbest kalarak ince filamentlerin yapısında bulunan troponin molekülüne bağlanır (Tupling vd., 2011; Zot ve Hasbun, 2016). Bağlanmayı takiben ince filamentler kalın filamentler üzerinden kayar ve kasılma gerçekleşir. Bu arada ATP molekülünden yüksek enerjili fosfat bağı koparılarak ATP molekülü ADP'ye dönüştürülmektedir (Padulo vd., 2013; Porcari vd., 2015; Vandenboom, 2011). Kasların gevşemesi sırasında kalsiyum iyonları aktif taşınma ile sarkoplazmik retikuluma geri alınır (Plowman ve Smith, 2013; Wray ve Burdyga, 2010). Bu nedenle gevşeme sırasında da ATP tüketimi ve enerji sarfiyatı devam etmektedir. İskelet kaslarında uyarılar, nöronlar (sinir hücreleri) tarafından oluşturulur. Diğer bir deyişle, iskelet kasları sinirsel uyarı olmadıkça kasılamazlar (Huddart, 2013; Iannotti ve Parker, 2012; Kuo ve Ehrlich, 2015).

Uyarılma-Kasılma Döngüsü ve Gevşeme

Kas uyarımı, kasılma ve gevşeme aşamaları adım adım gösterilmesi gereken önemli bir özelliktir.

1. Alfa bir sinir uyarısının snaptik kavşağa gönderilmesi. (Uyarılma)
2. Snaptik veziküllerde snaptik boşluk boyunca yayılacak olan asetilkolinin açığa çıkarılması ve kas lifinde sarkolemma üzerindeki reseptörlere bağlanması. Bu işlemin sarkolemmada yer alan kas fibrili içerisinde sodyumun hareketine neden olan iyon kanallarının açılmasını sağlaması. (Uyarılma)
3. Pozitif iyonların içe doğru hareketleri kas fibrillerini depolarizasyona itmesi ve T tübülleri boyunca bir depolarizasyon dalgası göndermesi. (Uyarılma)
4. T tübüllerindeki depolarizasyonun sarkoplazmik retikulumdan kalsiyumun açığa çıkarılmasına neden olması. (Kasılma)
5. Kalsiyum iyonlarının aktin molekülü üzerinde yer alan troponinlere bağlanması ve kalsiyumun bağlanmasına bağlı olarak tropomiyozinin konumunun değişmesi ve aktin üzerindeki aktif bölgelerin miyozinin bağlanması için uygun hale gelmesi. (Kasılma)
6. Miyozin başlarının aktin aktif bölgelerine bağlanması ve çapraz köprülerin oluşturulması. (Kasılma)

7. Miyozin başları ve aktin bağlantısının düzenli olarak gelen sinir uyarımları ile ard arda tekrarlaması. (Kasılma)
8. Kas kasılmasının sonlanması için kasılma için gelen motor nöronların sonlanması. (Gevşeme)
9. Kasa sinirsel uyarıların gelmemesine bağlı olarak asetilkolin salınımının son bulması ve kas fibrilinin yeniden polarize edilmesi. (Gevşeme)
10. Motor nöron gelişinin durmasıyla kalsiyum iyonlarının depolanmak için sarkoplazmik retikulum içerisine tekrar gönderilmesi. Kas hücresinde kalsiyum kalmadığında; troponin tropomiyozini, aktin üzerindeki aktif bölgelerin kapatılması için hareket ettirmesi ve çapraz köprülerin ortadan kaldırılması. (Gevşeme)

Uyarılma

Uyarılma süreci sinir uyarılarının nöromüsküler kavşağa ulaşması ile başlamaktadır. Motor nöronlarla gelen aksiyon potansiyeli nöromüsküler kavşağın saptik boşluğunda asetilkolinin salınmasına neden olmaktadır. Salınan asetilkolin motor son plak üzerinde yer alan reseptörlere bağlanmakta ve kas hücresinin depolarizasyonuna neden olmaktadır (Calderón vd., 2014; Sekulic-Jablanovic vd., 2015). Bu depolarizasyon kas fibrillerinin derinlerinde yer alan T tübülleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu uyarılmaya bağlı olarak kasların sarkoplazmasında bulunan sarkoplazmik retikulumdan kalsiyumun salınması gerçekleşmektedir (Calderón vd., 2014; Ehrman vd., 2018; Frank vd., 2012; Kraemer vd., 2011; Murray ve Kenney, 2016; Porcari vd., 2015; Sekulic-Jablanovic vd., 2015; Wray ve Burdyga, 2010). Bu süreçler geliştikten ve gerçekleştikten sonra uyarılma başarılı ve kas kasılmak için hazır hale gelmiş olmaktadır.

Kasılma

Sarkoplazmik retikulumdan salınan kalsiyum iyonları kasın içine yayılır ve büyük çoğunluğu hızla troponine bağlanır. Kas kasılması, düzenleyici proteinler olan ve aktin ve miyozin arasındaki bağlantıyı sağlayan troponin, tropomiyozin tarafından kontrol edilmektedir (Porcari vd., 2015; Saghiv ve Sagiv, 2020c). Bu yüzden kalsiyum iyonlarının troponine bağlanması kas kasılmasının tetikleyicisi olarak nitelendirilmektedir. Kalsiyumun troponine bağlanması ile tropomiyozin aktin aktif bölgelerinin açılması için hareket etmektedir (Powers vd., 2018; Zot ve Hasbun, 2016). Bu harekete bağlı olarak aktin aktif bölgeleri açığa çıkmakta ve miyozinin çapraz köprüleri kurması sağlanmaktadır. Çapraz köprülerin oluşması miyozin molekülü içerisinde depolanmış olan enerjinin açığa çıkmasını başlatmaktadır (Plowman ve Smith, 2013; Saghiv ve Sagiv, 2020c; Zoladz, 2018). Bu da kasın boyunda kısalmalara neden olan hareketlerin çapraz köprülerde üretilmesini sağlamaktadır. Miyozin, ATPaz aktivitesi ile ATP'yi parçaladığında ortaya çıkan enerji miyozini ATP'den ayırır (Geeves ve Holmes,

2005). Elde edilen enerji, miyozin başının geriye doğru bükülmesini sağlar ve miyozin aktine daha geride bir noktada tutunur. Parçalanmış ATP'den kalan ADP ve fosfat ikilisinden fosfatın atılması, miyozin başının güçlü bir şekilde ileri doğru eğilmesine ve aktini çekmesine neden olur. Buna "güç vuruşu" denir (Porcari vd., 2015). Güç vuruşu sonunda miyozin başı ADP'yi de serbest bırakır ve yine başlangıç durumuna döner. Bu işlemden sonra miyozin tekrar aktin üzerinde yer alan aktif bölgelerden birisine tekrar bağlanmaktadır. Bu kasılma döngüsü, troponine bağlanmak için uygun olan serbest kalsiyum iyonu hücre içerisinde olduğu sürece devam etmektedir (Boone, 2014; Buckworth, 2013; Günay vd., 2019; Irving, 2017; Kenney vd., 2015; Sagiv ve Sagiv, 2020c; Sweeney ve Hammers, 2018; Vandenboom, 2011).

Gevşeme

Kasılma siklusu nöromusküler kavşakta motor uyarıların sonlanmasıyla son bulmaktadır (McCallie vd., 2006). Nöromusküler kavşağa gelen motor nöronların son bulması hücre içerisindeki kalsiyum depolanmak üzere tekrar sarkoplazmik retikulumuna dönmektedir (Porcari vd., 2015; Wray ve Burdyga, 2010). Hücre içinde kalsiyum iyonunun azalmasıyla tropomyozin aktin molekülü üzerinde yer alan aktif bölgeleri kapatmak için hareket etmekte ve çapraz köprülerin bağlantısının yok olmasını sağlamaktadır (Hashim vd., 2011; Zoladz, 2018). Bu sayede çapraz köprü bağlantıları oluşmamakta ve kasta kasılma son bulmaktadır (Ehrman vd., 2018; Frontera ve Ochala, 2015).

Kayan Filamentler Teorisi

Kayan filamentler teorisi genellikle kas kasılmasının art arda nasıl gerçekleştiğini açıklamak için kullanılmaktadır. Kasılan kasta mikroskobik boyutlarda meydana gelen hareketi açıklamak için kullanılan bir teoridir (Montesano vd., 2020). Bu teori, genellikle konsantrik kasılmalar esnasında oluşturulan kuvvetin hesaplanmasına ve anlaşılabilmesine olanak sağlamaktadır (Clarke, 2010; Miller, 2020). Diğer taraftan bilimsel çalışmalar günümüzde hala eksantrik kasılmalar sırasında oluşan kuvvet ile ilgili veriler konusunu açıklamakta yetersiz olduğunu bildirmektedir (Douglas vd., 2017; Herzog, 2018; Herzog vd., 2008; Herzog vd., 2015; Nishikawa, 2016). Bu teori temel prensip olarak üç madde içerisinde incelenmektedir. Bunlar:

1. Miyozin filamentleri üzerinde aktin filamentleri kayarak kasılma kuvvetini oluşturması,
2. Kasılma sırasında ince ve kalın filamentlerin uzunluklarında herhangi bir değişikliğin olmaması,

3. Z bandının sarkomerin merkezine doğru çekilmesi ve miyozin filamentleri üzerine aktin filamentlerinin bağlanmasıyla sarkomerin boyunu kısaltmasıdır (Drum vd., 2016; Koley, 2020; Li vd., 2014; Mungal vd., 2015; Pollack, 2013; Rall, 2014; Smith, 2018).

Yukarıdaki fonksiyonların sarkomer düzeyinde uyarılar geldiği sürece devam etmesine kayan filamentler teorisi denmektedir. Her bir motor ünite bir motor nöron (α_1 veya α_2) olarak tanımlanmaktadır. Bir kas ancak bu sinir uyarıları eşige ulaştığı zaman kasılmaya başlamaktadır (Plowman ve Smith, 2013; Saghiv ve Sagiv, 2020c; Zoladz, 2018).

Ya Hep Ya Hiç Prensibi

Bir motor ünite sinirsel bir uyarı aldığında, tüm kas fibrilleri bu uyarıya bağlı olarak ya tamamen çalışmakta ya da hiç çalışmamaktadır (Powers vd., 2018; Schulte-Mattler, 2011). Kas kasılmasının başlaması için gerekli olan minimum uyarma seviyesi eşik uyarıcı olarak bilinmektedir. Bu prensip temel olarak, uyarılmış olan hücre zarının elektriksel özellikleri üzerine yoğunlaşmaktadır (Greising vd., 2012; Thorne, 2010). Bu yüzden bu prensip, kasın tamamı için değil bir motor ünite ya da tek bir kas fibrili için geçerli olmaktadır. Bir motor nöron, motor ünitenin kasılması için gereken uyarı eşğine ulaşabiliyorsa tüm ünite kasılma gerçekleşmekte, eğer motor nöronlar motor üniteyi yeterince uyaramıyorsa tüm ünite kasılmamaktadır. Bu duruma ya hep ya hiç prensibi denilmektedir (Drum vd., 2016; Herzog vd., 2015; Kato vd., 2014; Koley, 2020; Lindstedt, 2016; Miller, 2020; Pollack, 2013; Rassier, 2017; Saghiv ve Sagiv, 2020c; Sweeney ve Hammers, 2018).

Kas Fibril Tipleri

Kas fibrilleri sınıflandırılırken genellikle kasılma ve metabolik özelliklerine özelliğe göre ayırım yapılmaktadır. Kasılma özelliklerine göre kaslar Tip I ve Tip II veya hızlı kasılan ve yavaş kasılan kaslar olarak sınıflandırılmaktadır (Ciciliot vd., 2013; Hopkins, 2006). Kas fibrilleri metabolik özelliklerine göre ise oksidatif, glikolitik ve oksidatif/glikolitik kaslar olarak sınıflandırılmaktadır (Porcari vd., 2015; Saghiv ve Sagiv, 2020a, 2020c).

Kasılma ve metabolik özelliklerine göre kaslar isimlendirilebilmektedir. Yavaş kasılan kaslar enerji üretimlerini çoğunlukla oksidatif süreçlerle gerçekleştirdiklerinden, yavaş oksidatif fibriller [slow oksidative fibers (SO)] olarak adlandırılmaktadır. Diğer taraftan hızlı kasılan kaslar da enerji üretimlerini çoğunlukla glikolitik süreçlerle gerçekleştirdiklerinden; hızlı glikolitik fibriller [fast glycolytic fibers (FG)] ve hızlı oksidatif glikolitik fiberler [fast oksidative/glycolytic fiber (FOG)] olarak adlandırılmaktadır (Augusto vd., 2017; Hopkins, 2006; Huddart, 2013; Saghiv ve Sagiv, 2020c).

Kasılma Özelliklerine Göre Kas Fibril Tipleri

Kasılma özelliklerine göre kas fibrilleri iki ana başlık altında incelenmektedir. Yavaş kasılan (Tip I) ve hızlı kasılan (Tip II) kasılma özelliklerine göre kas tipleridir. Tip II kaslar kendi içerisinde Tip IIa, Tip IIb ve son yıllarda Tip IIc olarak özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Augusto vd., 2017; Frontera ve Ochala, 2015; Westerblad vd., 2010). Bu kas tiplerinin kasılma hızları birbirinden farklıdır (Wilson vd., 2012). Ancak Tip II kas tiplerinin tamamı Tip I kas tipine oranla çok daha hızlı kasılabilir özelliktedir. Tip I ve Tip II kasların uyarılma hızları arasındaki farklılıkları anlamak için kas ve sinir arasındaki birleşmenin anlaşılması gerekmektedir (Nederveen vd., 2020; Pattanakuhar vd., 2017).

İskelet kasları alfa (α) nöronlar tarafından uyarılmaktadır. Bu nöronlarda alfa 1 (α_1) ve alfa 2 (α_2) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Alfa 1 nöronlar hızlı kasılan kasların, alfa 2 nöronlar ise yavaş kasılan kasların uyarılmasında etkin olmaktadır. Ancak alfa 1 nöronlar hızlı kasılan kaslardan ayrılarak yavaş kasılan kaslara, alfa 2 nöronlar da yavaş kasılan kaslardan ayrılarak hızlı kasılan kaslara bağlanabilmekte ve onları uyarabilmektedir (Hepple ve Rice, 2016; Herzog vd., 2015; Mukund ve Subramaniam, 2020; Zoladz, 2018). Bu nedenle kas fibrillerinin kasılma özellikleri, üzerlerine bağlı olan motor nöronlara göre çeşitlenmektedir. Aynı zamanda miyozin ATPaz gibi kasın diğer elementleri de uyarılma hızındaki varyasyonların oluşmasında rol oynamaktadır. Motor nöronların incelenmesi biyopsiyle mümkün olmadığından kas uyarılma hızını saptamak için genellikle kaslardaki miyozin ATPaz miktarı kullanılmaktadır (Ehrman vd., 2018; Saghiv ve Sagiv, 2020c; Tortora ve Derrickson, 2018).

Alfa 1 motor nöronlar Alfa 2 motor nöronlara oranla daha küçüktür. Motor nöronların boyutları oldukça önemlidir. Çünkü motor nöron boyutu arttıkça uyarılma eşikleri ve sinir iletim hızları da artmaktadır. Sonuç olarak motor nöronlar boyutlarına göre fonksiyonel hale gelmektedir. Bu anlamda daha küçük olan nöronlar yavaş kasılan kaslara, büyük olan nöronlar da hızlı kasılan kaslara modifiye olmaktadır (Huddart, 2013; Koley, 2020). Tip I ve Tip II kas tipleri ile ilgili ayırt edici ve önemli özellikler Tablo 2.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 2. 2. Kas Tipleri ve Özellikleri (Porcari vd., 2015; Powers vd., 2018)

Kas Tipleri			
	Tip I	Tip IIa	Tip IIb
Kasılma Türü	Yavaş	Hızlı	Çok Hızlı
Metabolik	Oksidatif	Hızlı Oksidatif Glikolitik	Hızlı Glikolitik
Nöron Tipi	α_2	α_1	α_1
Nöron Boyutu	Küçük	Büyük	Büyük
Yapısal Özellikler			
Kas Fibril Boyutu	Küçük	Orta	Büyük
Mitokondri Yoğunluğu	Yüksek	Orta	Düşük
Kapillar Yoğunluk	Yüksek	Orta	Düşük
Miyogloblin Seviyesi	Yüksek	Orta	Düşük
Fonksiyonel Özellikleri			
Kasılma Hızı	Yavaş	Orta	Hızlı
Gevşeme Hızı	Yavaş	Orta	Hızlı
Kuvvet Üretimi	Düşük	Orta	Yüksek
Yorgunluk	Düşük	Orta	Yüksek
Metabolik Özellikler			
Kreatin Depoları	Düşük	Orta	Yüksek
Glikojen Depoları	Düşük	Orta	Yüksek
Trigliserid Depoları	Yüksek	Orta	Düşük
Miyozin ATPaz Aktivitesi	Düşük	Orta	Yüksek
Glikolitik Enzim Aktivitesi	Düşük	Orta	Yüksek
Oksidatif Enzim Aktivitesi	Yüksek	Orta	Düşük

Metabolik Özelliklerine Göre Kas Tipleri

Metabolik özelliklerine göre kas fibrilleri üç ana başlık altında incelenmektedir. Oksidatif, Glikolitik ve Oksidatif/Glikolitik metabolik özelliklerine göre kas tipleridir (Porcari ve ark., 2015). Tüm kaslar enerji üretimi için hem anaerobik (glikolitik) hem de aerobik (oksidatif) olmak üzere iki farklı yol izlemektedir (Powers vd., 2018). Her ne kadar kaslar her iki yol ile enerji üretebilme yeteneğine sahip olsa da bazı kaslarda bazı sistemler daha aktif ya da birbirine denk düzeyde çalışıyor olabilmektedir ve kasılma özelliklerine göre yapıldığı gibi

kasları metabolik olarak birbirinden ayırt etmek zordur. Bu nedenle bir kası metabolik özelliklerine göre ayırt edebilmek için genellikle glikolitik süreçler için fosfofruktokinaz (PFK) ve oksidatif süreçler için süksinat dehidrojenaz (SDH) gibi anahtar enzimlerin yoğunluklarına bakılması gerekmektedir (Kraemer vd., 2011; Murray ve Kenney, 2016; Solomon, 2015).

Kasılma Tipleri

Kas kasılması temel olarak kasın boyunda kısalmalara neden olan uyarıların kasta oluşması olarak tanımlanmaktadır (Fox vd., 2011). Ancak en temele inildiğinde hareket olsun ya da olmasın kasın iç direncinin artması kasılma olarak ifade edilmektedir. Kas fibrilleri ya da motor ünitelerdeki kasılmalar dinamik, izokinematik ve statik olarak sınıflandırılabilir (Plowman ve Smith, 2013). Kas kasılması, kasta oluşan uzunluk değişimi, zaman (süre/hız) ve kuvvet üretimi faktörlerine bağlı olarak izometrik, izotonik ve izokinetik olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır (Günay vd., 2018).

İzometrik (Statik) Kas Kasılması

İzometrik kasılma, kasın boyunda herhangi bir değişiklik olmadan meydana gelen kasılmalardır. İzometrik kasılmalarda aktin ve miyozinler birbirine bağlanarak çapraz köprüleri oluşturmakta ancak filamentler kayma fazını gerçekleştirmemektedir. Kasın boyu sabittir ve değişiklik meydana gelmemektedir (Günay vd., 2019; Haff ve Triplett, 2015). Bu tür kasılmalar sadece izole edilmiş kas fibrillerinde mümkün olmaktadır. Ancak bazı kas fibrilleri yakınında yer alan bağ dokusu ve eklemlere bağlı olarak yüksek elastikiyete sahip olmakta ve buna bağlı olarak herhangi bir yer değiştirme ya da eklemden açılma farkı olmamasına rağmen uzunluk değişimi oluşabilmektedir (Nicholas, 2012; Powers vd., 2018). Statik kasılmalarla genellikle hareket gerektiren işler gerçekleştirilmemektedir. Ancak izometrik kasılmalar, organizmada stabilizasyon ve dengenin sağlanmasında ön plana çıkmaktadır (Masumoto ve Inui, 2010; Tsai vd., 2014). Bir halter sporcusunun halteri kaldırdıktan sonra baş üstünde tutması izometrik (statik) kasılmaya örnek olarak verilebilir.

İzotonik (Dinamik) Kas Kasılması

İzotonik kasılma, kasın iç direncinde herhangi bir değişiklik olmazken kasın boyunda meydana gelen uzunluk değişimlerini barındıran kasılma türüdür. İzotonik kavramı kasılmayla birlikte aynı miktarda kuvvet üretimiyle herhangi bir dış yükün yenilmesi, hareket ettirilmesi anlamına gelmektedir (Günay vd., 2019; Haff ve Triplett, 2015; Nicholas, 2012). Gerçekleştirilen harekete ve yenilmesi gereken yüke bağlı olarak kas kuvveti kas kasıldıkça değişmektedir. İzotonik kasılmalarda hareket boyunca eklemlerde meydana gelen açılma değişikliklerine ve kasta meydana gelen uzunluk değişikliklerine bağlı olarak kuvvet üretimi

değişmektedir (Boone, 2014; Günay vd., 2018; Solomon, 2015). Sonuç olarak yük sabit olsa bile kas kasılmasıyla birlikte hareket sırasında eklemlerde meydana gelen açısal farklılıklara bağlı olarak üretilen kuvvet sabit kalmamaktadır. Dinamik kasılmalar iskelet sisteminin hareketini gerçekleştirmek için oluşmaktadır. İzotonik kasılma, konsantrik ve eksantrik kasılmalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Kenney vd., 2015).

Konsantrik Kasılma

Konsantrik kasılma, kas kasılması sırasında kasların uzunluklarının azalması olarak tanımlanmaktadır. Konsantrik kasılmalar hareketteki hızlanmayı sağlamaktadır (Nicholas, 2012; Powers vd., 2018). Örneğin; biceps curl hareketinde, dirsek ekleminde meydana gelen fleksiyonla birlikte biceps kasının fonksiyonu ve kısalarak işi gerçekleştirebilmesi konsantrik bir kasılmadır. Konsantrik kasılmalar boyunca filamentlerin bağlanma ve kayma fazları gerçekleşmeye devam etmektedir.

Eksantrik Kasılma

Eksantrik kasılma, kas kasılması sırasında kasların uzunluklarının artması olarak tanımlanmaktadır. Eksantrik kasılmalar hareketteki yavaşlamayı sağlamaktadır (Nicholas, 2012; Powers vd., 2018). Örneğin; biceps curl hareketinde konsantrik kasılma tamamlandıktan sonra, dirsek ekleminde meydana gelen ekstansiyonla birlikte biceps kasının fonksiyonu ve uzayarak işi gerçekleştirebilmesi eksantrik bir kasılmadır. Eksantrik kasılmalar boyunca filamentlerin bağlanma ve kayma fazları bozulmaya ve ayrılmaya başlamaktadır. Sarkomerde meydana gelen bu eylemlerden dolayı, eksantrik egzersizler kasları daha fazla katabolik süreçlere sokmakta ve kas ağrılarına neden olabilmektedir (Buckworth, 2013; Porcari vd., 2015). Eksantrik kasılmalar, konsantrik kasılmalara oranla daha az enerji sarfiyatına ve daha fazla kuvvet üretimine olanak tanımaktadır.

Eksantrik kasılmaların konsantrik kasılmalara oranla daha fazla kuvvet üretmesinin temel sebebi konsantrik kasılmalar sırasında %50 bağlanma oranına sahip olan çapraz köprülerin eksantrik kasılmalarda daha fazla oranda olmasıdır. Eksantrik kasılmalar sırasında bazı çapraz köprüler döngüye devam etmemesine rağmen devamlı olarak geriye doğru çekilmeye devam etmektedir. Bu geriye harekete bağlı olarak, miyozin başları ileriye dönüşünü gerçekleştirememekte ve aktin-miyozin bağlantısı bozulmamaktadır (Powers vd., 2018; Presland vd., 2021; Ruas, 2021). Bu nedenle eksantrik kasılmalarda konsantrik kasılmalarda olduğundan daha fazla çapraz köprü oluşturulmuş olmaktadır. Eksantrik kasılmalarda konsantrik kasılmalara oranla daha az enerji sarfiyatı olmasının ise iki temel sebebi olduğu düşünülmektedir. Eksantrik kasılmalar sırasında konsantrik kasılmalardan daha az kas fibrili uyarılması düşük enerji sarfiyatının ilk sebebidir. Daha az kas fibrili uyarıldığında oksijen

tüketimi azalmakta, oksijen tüketimi azaldığında da daha az enerji harcanmaktadır. Eksantrik kasılmalar sırasında bazı çapraz köprülerin döngüye katılmamasından dolayı daha az ATP parçalanması ve daha az enerji harcanması ikinci sebeptir (Koley, 2020; McArdle vd., 2010; Saghiv ve Sagiv, 2020c).

İzokinetik Kasılmalar

İzokinetik kasılmalar, sabit bir hareket hızında kas fibrillerinin kasılması olarak tanımlanmaktadır (Zoladz, 2018). İzokinetik kasılmalar dinamik kasılmalara örnektir. İnsan hareket sisteminde hareketler sırasında eklemde meydana gelen açısal farklılıklara bağlı olarak hareket hızında değişiklikler meydana gelmektedir (Groeber vd., 2021; Kraemer vd., 2011). Bu nedenle izokinetik kasılmaların gerçekleştirilebilmesi için hareket hızını sabit tutmak için özel ekipmanlar kullanılmaktadır. İzokinetik kasılmaları izotonik kasılmalardan ayıran en önemli özellik kas kasılırken kısalma ve uzama fazlarındaki oranın sabit tutulmasıdır (Nicholas, 2012; Plowman ve Smith, 2013; Powers vd., 2018; Saghiv ve Sagiv, 2020a).

Diz Eklemi Anatomisi

Eklemler, insan hareketlerinin gerçekleştirilmesinde büyük öneme sahip olan yapılardır. Temel olarak, eklemleri iki veya daha iskelet sistemi yapısını birbirinden ayıran yapılar olarak tanımlamak mümkündür (Milner, 2019). Eklemler ligamentler tarafından desteklenen yapılardır ve kendilerine ait sinir uyarıları ve kan birimleri bulunmaktadır. Eklem yapıları oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Eklem yapısı, hareketlerin istenilen yön ve açılarda yapılmasına olanak sağlamaktadır (Milner, 2019).

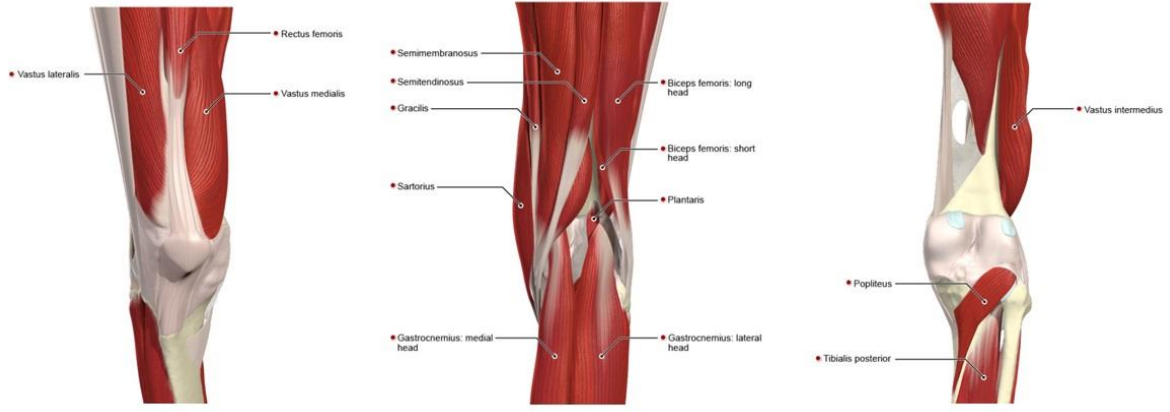
Diz eklemi, insan vücudundaki en büyük ve en karmaşık yapıya sahip eklemlerden birisidir. Diz eklemi, tibiofemoral ve patellofemoral olarak adlandırılan iki eklemi barındıran bir menteşe eklemdir (Milner, 2019). Tibiofemoral eklem, tibia ile femur arasında patellofemoral eklem ise patella ile femur arasında bağlantı sağlayan eklemlerdir (Baumann vd., 2019; Dold vd., 2017; Patel ve Brophy, 2018). Diz eklemi temel olarak femur, tibia, fibula ve patella kemiklerinden oluşmaktadır (Milner, 2019; Zhang vd., 2020). Bu kemiklere tendonlar yardımıyla bacak kasları bağlanmakta ve dizin hareketlerini gerçekleştirebilmesi için gerekli olan kuvveti sağlamaktadır. Aynı zamanda diz eklemi, femurun tibia üzerinde öne kaymasını (veya tibianın femura göre öne kaymasını) engelleyen ön çapraz bağ, femurun tibia üzerinde arkaya kaymasını (veya tibianın femura göre öne kaymasını) engelleyen arka çapraz bağ ve femurun tibiaya göre içe ve dışa doğru kaymasını engelleyen iç ve dış bağlar tarafından desteklenmektedir (Masouros vd., 2010).

Diz ekleminde femur ve tibia kemiği arasında bursa ve menisküs olarak isimlendirilen yapılar bulunmaktadır (Milner, 2019). Menisküs, tibianın eklem yüzeyini derinleştirerek eklem stabilizasyonunu arttırmaya ve ekleme binen yükü dağıtarak, yükün daha geniş bir alanda absorbe edilmesine yardımcı olmaya hizmet etmektedir. Menisküs; lateral ve medial olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Medial menisküs, lateral menisküsten daha büyük bir yapıdır. Menisküs yapıları üstten bakıldığında C şeklindedir (Kenhub, 2021; VisibleBody, 2021). Bursalar genel olarak bir eklem yapı içerisinde kemiklerin birbirlerine sürtünmelerini, aşınmalarını ve yıpranmalarını önlemek amacıyla hizmet eden sinovyal sıvı dolu olan keselerdir. Diz eklemi dört bursa yapısını barındırmaktadır (Physiopedia, 2020; TeachMeAnatomy, 2021). Bunlar, Quardiceps femoris ve femur arasında bulunan ve diz sinovyal boşluğunun bir uzantısı olan suprapatellar bursa; deri ile patellanın tepe noktası arasında bulunan prepatellar bursa; tibia ve patella bağları arasında yer alan insfrapatellar (derin), patella bağı ve deri arasında yer alan insfrapatellar (süperfasial) bursa ve gastrocnemius kasının medial başı ile semimembranous kası arasında yer alan semimembranous bursasıdır (ArthritisHealth, 2020; Kenhub, 2021; SportHealth, 2020).

Diz eklemi; hamstrings, gracilis, sartorius, popliteus ve gastrocnemius kaslarının ürettiği kuvvet ile fleksiyon hareketini, quardiceps kasının ürettiği kuvvet ile ekstansiyon hareketini gerçekleştirebilmektedir. Bu hareketlere ek olarak, biceps femoris kasının ürettiği kuvvet ile lateral rotasyon ve semimembranosis, semitendinosis, gracilis, sartorius ve popliteus kaslarının ürettiği kuvvet ile medial rotasyon hareketini gerçekleştirmektedir (Abulhasan ve Grey, 2017; Kuan vd., 2014). Ancak lateral ve medial rotasyon hareketlerini diz eklemine gerçekleştirebilmesi için diz eklemine fleksiyonda olması gerekmektedir. Diz eklemi fleksiyonda olmadığında rotasyon hareketleri kalça eklemi tarafından bacak rotasyonu olarak gerçekleştirilmektedir (Harput, 2020).

Diz Eklemi Kasları, Anatomisi ve Kinesiyolojisi

Diz eklemi büyük oranda femurun ön kısmı ve arka kısmında konumlanmış olan kaslar tarafından hareket ettirilmektedir (Benninger, 2016). Diz eklemine hareketini sağlayan kaslar; quardiceps, hamstrings, gracilis, sartorius, popliteus ve gastrocnemius'dur (Kenhub, 2021; Physiopedia, 2020; SportHealth, 2020).



Şekil 2. 5. Diz Eklemine Hareketini Sağlayan Kaslar (Physiopedia, 2020)

Diz Fleksör Kasları

Diz eklemine fleksiyon hareketini yaptıran kaslar, hamstring kas grubu, sartorius, gracilis, popliteus ve alt bacadan gastrocnemius kaslarıdır (Harput, 2020; Masouros vd., 2010; VisibleBody, 2021).

Hamstrings Kası

Hamstring uyluğun arka kısmında yer almaktadır. Hamstring kası üç başlı bir kاستır. Bu kas; biceps femoris, semimembranosus ve semitendinosus kaslarından oluşmaktadır. Kasın diz ekleminedeki görevi, kısaldığında diz eklemine fleksiyon yaptırmaktadır. Biceps femoris kası, bacak fleksiyondayken bacağı dışa rotasyon; semimembranosus ve semitendinosus kasları ise diz eklemi fleksiyondayken bacağı içe rotasyon yaptırmaktadır (Kenhub, 2021).

Sartorius Kası

Sartorius kası vücudumuzun en uzun kasıdır. Aynı zamanda Türkçe literatürde terzi kası olarak isimlendirilmektedir. Kasın orijini, spina iliaca anterior superiorde yer almaktadır. İnsertiosu ise tüberistas tibianın medial kısmında yer almaktadır. Bu kasın diz ekleminedeki görevi, bacağı fleksiyon ve diz fleksiyondayken dışa rotasyon yaptırmaktadır (VisibleBody, 2021).

Gracilis Kası

Gracilis kası, pubisin ranus inferiorundan başlayarak tüberistas tibianın medial kısmında sonlanmaktadır. Bu kasın diz ekleminedeki görevi, bacağı fleksiyon ve diz fleksiyondayken içe rotasyon yaptırmaktır (Harput, 2020; Physiopedia, 2020).

Popliteus Kası

Diz eklemi üzerinde konumlanmış küçük bir kاستır. Ancak diz eklemi için büyük öneme sahiptir. Bu kas femurun dış kondilinden orijini almaktadır. Kasın insertiosu ise soleus

kasının orijininin üstünde yer almaktadır. Bu kasın diz eklemindeki görevi, dorsal diz bölgesini stabile etmek, bacak fleksiyondayken tibiayı iç rotasyon yaptırmaktır. Bu iki temel göreve ek olarak diz tam ekstansiyondayken femur, diz eklemi yerine kilitlemek için tibia üzerinde hafifçe mediale döner. Popliteus, femurun tibia üzerinde yanal olarak döndürülmesiyle diz fleksiyonuna başladığından, genellikle diz kilidini açmak için "anahtar" olarak anılır (ArthritisHealth, 2020; SportHealth, 2020).

Gastrocnemius Kası

Gastrocnemius kası, tibia ve fibulanın arka kısmında yer alan ve iki başa sahip olan bir kastır. Bu kas, hem diz hem de ayak bileği eklemine etki etmektedir. Lateral başın orijini femurun dış kondilinin dış yüzeyinde, medial başın orijini ise femurun iç kondilin üstünde arka yüzeyindedir. Kasın insertiosu ise aşıl tendonudur. Bu kasın diz eklemindeki görevi, bacağına fleksiyon yaptırmaktır (Kenhub, 2021; Physiopedia, 2020; TeachMeAnatomy, 2021).

Diz Ekstansör Kasları

Quardiceps Kası

Uyluğun ön kısmında yer alan ve insan vücudunun en büyük kaslarından birisidir. Quardiceps kası dört başlı bir kastır. Bu kas; rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis ve vastur intermedialis kaslarından oluşmaktadır. Quardicepsin diz eklemindeki görevi bacağına ekstansiyon yaptırmaktır (Benninger, 2016; Flandry ve Hommel, 2011; VisibleBody, 2021).

Elektromiyografi (EMG)

Elektromiyografi (EMG), miyoelektrik sinyallerin kaydı, analizi ve gelişimi ile ilgilenen deneysel bir ölçüm yöntemidir (De Luca, 2006; Konrad, 2005). Miyoelektrik sinyaller kas fibrilinin membranında fizyolojik varyasyonlardan oluşmaktadır. Elektromiyografi, nörolojik ve kinesiyojik olmak üzere iki farklı amaç için kullanılmaktadır (Konrad, 2005; Merletti ve Farina, 2016). Sportif ölçümler için çoğunlukla kinesiyojik EMG tercih edilmektedir. Kinesiyojik EMG, kasların postüral düzen içerisindeki nöromüsküler çalışma düzeni, fonksiyonel hareketler, çalışma koşulları ve tedavi/antrenman etkilerine yönelik gerçekleştirilmektedir. Spor bilimleri alanında ise genellikle; biyomekanik analizler, spor sakatlıklarının engellenmesi/rehabilitasyonu, atletiz performans değerlendirmesi, hareket analizleri için tercih edilmektedir (Garcia ve Vieira, 2011; Türker ve Sözen, 2013).

EMG Sinyallerini Etkileyen Faktörler

EMG sinyalleri, özellikle dışsal faktörlerden etkilenmektedir. Bu dışsal faktörlere bağlı olarak dalga şekilleri ve özellikleri değişebilmektedir. EMG sinyallerini etkileyen faktörler

aşağıda farklı başlıklar altında açıklanmaktadır (Criswell, 2010; Konrad, 2005; Massó vd., 2010).

Dokuyla İlgili Faktörler

EMG sinyalleri, insan dokusunun elektriksel uyarıları iletkenlik farklılıklarından etkilenmektedir. İnsan vücudu elektriksel iletkenliği yüksek olmasına karşın, sıcaklık değişimleri, fizyolojik değişiklikler, farklı doku tipleri ve kalınlıklarından dolayı EMG sinyalleri etkilenebilmektedir. Bu doku özelliklerindeki farklılıklar kişiden kişiye değiştiğinden (hatta aynı kişideki farklılıklardan) dolayı nesnel bir değerlendirme yapmayı zorlaştırmaktadır (Konrad, 2005).

Fizyolojik Faktörler

Ölçülmek istenen kasa komşu olan kasların hareket ile aktivasyona girmesi ve çapraz sinyaller oluşturmasıyla ölçüm olumsuz etkilenebilmektedir. Genellikle, çapraz sinyaller hiç oluşmamakta ya da toplam sinyallerin %10-15'ini geçmemektedir (Papagiannis vd., 2019). Yine de kas grupları ve kasların ölçüm dizaynında göz önünde bulundurulması önemlidir. Genellikle üst ekstremitelerde ölçümlerinde karşılaşılan bu durum, EMG ölçümleri için yeni algoritmalar oluşturularak ortadan kaldırılabilmektedir (Konrad, 2005; Türker ve Sözen, 2013).

Elektrot ve Kas Yüzeyi Arasındaki Mesafe Değişiklikleri

Kaslara yerleştirilen elektrotların doğru konum ve mesafeye, doğru açılar ile yerleştirilmemesi EMG sinyallerini etkileyen önemli bir faktördür. Bu genellikle uygulanan dinamik hareketlere bağlı olarak veya dış baskılardan etkilenebilmektedir (Konrad, 2005; Merlo ve Campanini, 2010).

Gürültü

Dış gürültü EMG sinyallerine parazitler oluşturabilmekte ve olumsuz etkileyebilmektedir. Yapılan ölçümler sırasında mümkün oldukça ortam gürültüsü olmaması EMG sinyallerinin kalitesini arttıracaktır (Konrad, 2005; Merletti vd., 2016).

Elektrot Seçimi ve Amplifikatör

Elektrot seçimi/kalitesi ve amplifikatör iç gürültüsü EMG sinyallerine parazit sinyaller ekleyebilir. Amplifikatör iç gürültüsü genellikle 5 Vrms'yi aşmamalıdır. Bu faktörler, laboratuvar koşullarında oldukça minimize edilebilmekte ve engellenebilmektedir (Criswell, 2010; Konrad, 2005; Merletti ve Farina, 2016).

Elektromiyografik Sinyalin Kaynağı

Motor Ünite Aksiyon Potansiyeli, zamansal ve konumsal olarak gelen her bir motor aksiyon potansiyellerinin toplamı sonucu algılanan dalga formudur. Tekrarlı diziler halinde elde edilen motor ünite aksiyon potansiyellerinin algılanan dalga formuna da motor ünite aksiyon potansiyel dizisi denir (Payton ve Burden, 2017). Elektromiyografi sinyalinin kaynağı motor ünite aksiyon potansiyelidir (Farina vd., 2008). Bu motor ünite aksiyon potansiyeli dizilerinin toplamı sonucu elde edilen sinyale, miyoelektrik sinyal, elektromiyografik sinyal denilmektedir (Payton ve Burden, 2017). Gözlemlenen sinyalin büyüklüğüne ve yoğunluğuna etki eden en önemli faktörler, devreye giren motor üniteler ve motor ünite ateşleme hızıdır. EMG sinyali ölçülen kas içinde algılanan motor ünitelerin devreye girme ve ateşleme karakteristiklerini doğrudan yansıtır (Cerrah vd., 2010; Papagiannis vd., 2019; Payton ve Burden, 2017).

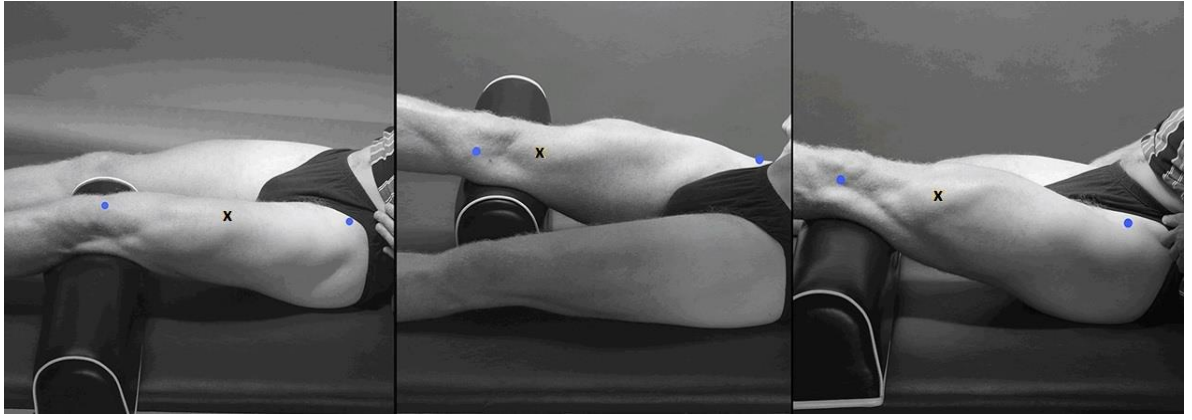
Elektrotların Deri Yüzeyine Yerleştirilmesi ve Hazırlığı

Elektrot yerleşimi ve deri yüzeyi elde edilen EMG verisini önemli derecede etkilemektedir. Deri yüzeyinin hazırlanması, deri ile elektrot arasında düşük impedansı sağlaması ve elektrotun deriye sağlam bir şekilde yapışması bakımından oldukça önemlidir. Deri yüzeyinin hazırlanış basamakları aşağıda sıralanmıştır (Cerrah vd., 2010):

- Kılırların temizlenmesi: Öncelikle, jilet, tüy dökücü gibi malzemeler kullanılarak elektrotların yerleştirileceği konum ve çevresi temizlenmektedir. Bu ek olarak, bu uygulama sırasında deri üzerinde yer alan ölü deri de bir miktar uzaklaştırılmış olur.
- Ölü derinin temizlenmesi: Kılırlar temizlendikten sonra deri üzerinde kalan ölü deri zımpara kâğıdı veya özel macunlar kullanılarak yüzeyden uzaklaştırılmaktadır. Ölü deriler temizlendikten sonra deri alkol ile temizlenerek deri yüzeyindeki kalan son maddeler uzaklaştırılır ve deri yüzeyi elektrot yapıştırılmasına uygun hale getirilir.

Elektrot yerleşimi elde edilen EMG sinyali etkileyen önemli etkenlerden bir tanesidir. Elektrot yerleşiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır:

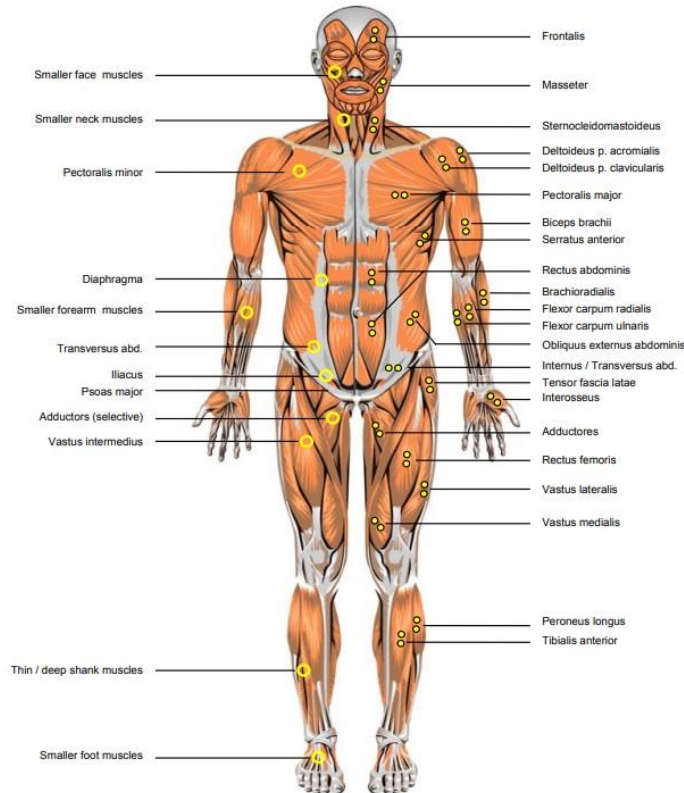
- Elektrotlar iki motor nokta arasında olacak şekilde veya bir motor nokta ve tendon bağlantıları arasında olacak şekilde yerleştirilmelidir (Cerrah vd., 2010).
- Bar elektrotlarda barlar kas liflerinin doğrultusuna dik olacak şekilde yerleştirilmelidir. Elektrotun uzunlamasına eksenini kas liflerine paralel olacak şekilde yerleştirilmelidir. Ayrıca sensör kasın en geniş kesit alanının merkezine yerleştirilmelidir (Seniam, 2020). Şekil 2.10'da quardiceps kası için elektrot yerleştirme konumu gösterilmektedir.



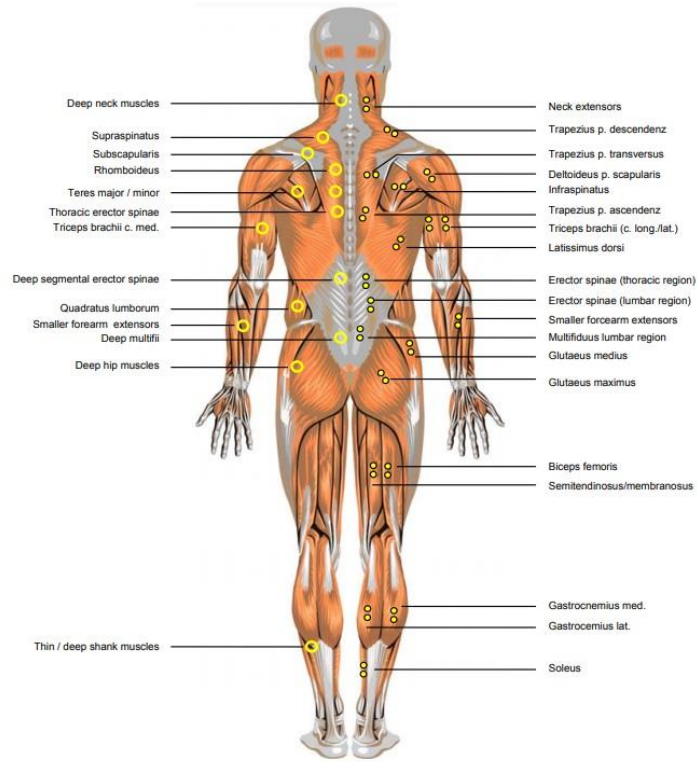
Şekil 2. 6. EMG Elektrot Yerleşimi- Quardiceps Kası (Rectus Femoris, Vastus Medialis, Vastus Lateralis) (Seniam, 2020)

EMG Elektrot Yerleştirme Bölgeleri

Vücudumuzda yer alan yüzeysel olan gövde ve uzuv kaslarımızın birçoğu yüzeysel EMG kullanılarak ölçülebilmektedir. Daha derin kaslar için iğneli EMG ölçümleri güvenli ve doğru ölçüm için tercih edilmektedir (Barbero vd., 2012). Yüzeysel EMG ölçümlerinde kasların anatomik konumlarının bilinmesi ölçüm güvenilirliğini ve geçerliğini arttırmak için önemlidir. Kasların yüzeyinde elektrotların konumlanması için yer seçimi ölçümleri doğrudan etkilemektedir (Garcia ve Vieira, 2011; Konrad, 2005). Yüzeysel kasların elektrot noktaları Şekil 2.7.'de önden Şekil 2.8.'de arkadan görünüm ile gösterilmektedir.



Şekil 2. 7. EMG Elektrot Konumları Önden Görünüm (Konrad, 2005)



Şekil 2. 8. EMG Elektrot Konumları Arkadan Görünüm (Konrad, 2005)

İzokinetik Kuvvet Ölçümleri

İzokinetik kuvvet ölçümleri, kasılmanın gerekliliğinden dolayı özel ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Şahin, 2010). İzokinetik kuvvet ölçümleriyle rehabilitasyon, atletik performans değerlendirme, teşhis ve antrenman programlama gibi amaçlar gerçekleştirilebilmektedir. İzokinetik ölçümler ile kasın ürettiği; zirve tork, ortalama tork, toplam tork, zirve güç, ortalama güç, toplam güç, zirve iş, ortalama iş, toplam iş gibi değerler elde edilmektedir (Nunes vd., 2018; Xaverova vd., 2015). Bu değerler kullanılarak;

- Belirli bir eklemin etrafındaki kasların güç, iş ve dayanıklılık gibi dinamik performanslarının belirlenme,
- Bir yaralanmanın derecesinin belirlemek iyileşme dönemi sonrasında karşılaştırma yapma,
- Atletik taramalar yapma,
- Sportif yaralanmalara eğilimi belirleme ve önleme,
- Yaralanmaların rehabilitasyonunu yapma,
- Tork eğrisinin incelenmesi ile rahatsızlıkların tanısını koyma,
- Spora özgü yeteneği belirleme,
- Sporculara antrenman yaptırma,

- Objektif kayıt elde edilmek ve bu verilerle izlem yapma, imkanı ortaya çıkmaktadır (Şahin, 2010).

İzokinetik Kuvvet Testlerinin Uygulanmasında Dikkat Edilmesi Gerekenler

- İzokinetik kuvvet testlerinin uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken genel kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar test öncesinde ve test sırasında olarak sınıflandırılmaktadır (Amaral vd., 2014; Chan ve Maffulli, 1996; Maffulli, 1996).

Test Öncesi İşlemler

- Hasta Bilgilendirme: Yapılacak olan egzersiz ve yüklenme tipi hastalara test öncesinde açıklanmalıdır. Ölçüm cihazının çalışma prensibi açık bir şekilde anlatılmalıdır.
- Genel Isınma ve Germe: Ölçümler öncesinde yapılacak olan testlerin yapısına uygun olarak genel ve özel ısınma süreleri tanınmalıdır. Genel ısınma en az 10 dakika, özel ısınma ise en az 10-15 dakika yapılmalıdır.
- Vücut Pozisyonlaması ve Eklem Hizalaması: Ölçümlerde eklemlerin maksimum eklem açıklığı ile hareket edebilmesi ve en yüksek gücü üretebilmesi için deneğin konumu iyi ayarlanmalıdır. Kişi rahat ve güvenli hareket edeceğinden emin olmalıdır.
- Stabilizasyon: Test yapılacak olan kas grubu ve bölge stabil hale getirilmelidir. Stabilizasyon belde, göğüste ve ek olarak ilgili eklem çevresinde yapılmalıdır.
- Yerçekimi Düzeltmesi: Bu işlem yerçekimine karşı bir işlem yapılacağı zaman gerekir. Dizin fleksiyon ve ekstansiyon hareketinde yerçekimi düzeltmesi yapılmalıdır. Test edilecek ekstremitenin ve dinamometrenin kaldıraç kolunun ağırlığı hesap edilecektir. Ekstremitenin yerçekimine karşı hızlanması yapay olarak tork çıkışını artıracaktır. Bu özellikle Hamstring/Quadriseps (H/Q) oranı gibi değerlendirmelerde önemlidir.
- Alıştırma: Her bir test hızında hastaya submaksimal ve maksimal kuvvet kullanarak cihazı denemelerine izin verilmelidir.

Test Sırasındaki İşlemler

- Test Hızı: 30 %/sn başlamakta ve 300 %/sn'ye kadar çıkabilmektedir. Hızlar; 30-60 %/sn düşük, 90-120 %/sn orta, 180-300 %/sn yüksek sınıflandırılmaktadır. Kuvvet testleri düşük hızlarda, güç ve dayanıklılık egzersizleri ise yüksek hızlarda yapılmaktadır. Düşük hızlarda düşük sayıda tekrarlar, yüksek hızlarda orantılı olarak daha yüksek sayıda tekrarlar tercih edilmektedir.
- Eklem Hareket Açıklığı: Mevcut yaralanma engellemedikçe bir kas günlük yaşam aktiviteleri ve spor aktivitelerini yansıtacak tüm eklem hareket açıklığı boyunca test edilmeli ve çalıştırılmalıdır. Maksimum tork oluşumu optimal kas uzunluğuna, dolayısı

ile optimal eklem açıklığına bağlı olduğu için değerlendirmede açısız pozisyon önemlidir.

- Test Sıralaması: Kuvvet testleri yorgunluktan kaçınmak için dayanıklılık ve güç testlerinden önce yapılmalıdır.
- Adaptasyon: Her bir test süreci maksimal ve submaksimal tekrarları kapsayan ısınma ile başlar. Her bir test hızında en az 3 tekrar ısınmayı sağlamış olmaktadır. Bu aynı zamanda deneğin test hızına alışmasına da yardım etmektedir.
- Tekrar Sayısı: Zirve tork için belirli hızda ortalama 5 kasılma önerilmektedir. Dayanıklılık için daha yüksek belirlenmiş hızda 15-25 tekrar önerilmektedir.
- Dinlenme: Her bir seti takiben bir dinlenme aralığı önceden belirlenmelidir. Beş maksimal tekrardan sonra ortalama 30-60 saniye istirahat yeterlidir. Dayanıklılık testlerinde 60 saniyeden fazla dinlenme gerekebilir. Farklı hızlar arasında 1 dakikalık, iki taraflı testler arasında 3-5 dakikalık istirahat verilmesi idealdir. Tercihen 2 üst, 2 alt ekstremitte testleri yorgunluğa neden olacağı için aynı gün yapılmamalıdır. Yapılacaksa 2. test için en az 1 saat ara verilmelidir.
- Sözel Komutlar: Test sırasında kişinin maksimal kasılma yapabilmesi için sözlü komutlarla uyarılması gerekmektedir. Aynı zamanda deneğin tork eğrisini görmesine izin verilmesiyle tork oluşumunu artıracaktır.

İzokinetik Kuvvet Testlerinin Yorumlanması

İzokinetik ölçümlerden sonra amaca yönelik olarak değerlendirmeler gerçekleştirilmektedir. Elde edilen verilerin farklı biçimlerde değerlendirilmesiyle testin amacına uygun yorumlama yapmak mümkün olmaktadır. Sportif açıdan bakıldığında; sporcuların kaslarının kuvveti, gücü, dayanıklılığı, agonist ve antagonist kasları arasındaki kuvvet, güç ve dayanıklılık oranı, aynı kas grupları arasındaki kuvvet, güç ve dayanıklılık oranını sorgulamak mümkündür (Şahin, 2010).

Kas kuvveti ve gücü değerlendirilirken tork ve güç çıktıları ön plana alınmaktadır. Bu çıktıların, zirve, ortalama ve toplam seviyeleri değerlendirilerek sporcuların izokinetik kuvvet ve güçleri değerlendirilebilmektedir (Green vd., 2018). Bunlara ek olarak sporcuların kilogramları başına ürettikleri tork ve güç çıktıları kullanılarak relatif kuvvet düzeyleri hakkında da yorum yapılabilmektedir (Harbo vd., 2012; Nunes vd., 2018; Śliwowski vd., 2017; Van Dyk vd., 2016; Xaverova vd., 2015).

Kassal dayanıklılığı değerlendirirken ise daha çok ortalama güç verileri ve iş verileri ön plana çıkmaktadır. Toplam iş verileri kullanılarak üç farklı şekilde kassal dayanıklılığı değerlendirmek mümkündür (Şahin, 2010). Bunlar;

- Zirve torka ulaşıldıktan sonra bu değerde %50'lik azalma gösteren maksimum istemli tekrar sayısı,
- Daha önce belirlenen bir zaman periyodunun başında ve sonunda güç, iş ve torktaki azalma yüzdesi (örneğin; 30. veya 45.saniye veya bir set tekrardan sonra),
- İlk 5 tekrar ve son 5 tekrar boyunca yapılan işin karşılaştırılması.

Agonist ve antagonist kaslar arasındaki değerlendirmelerde yine zirve tork verisi çok daha fazla kullanılmaktadır (Cotte ve Chatard, 2011). Temel gaye birbiri ile zıt yönlü çalışan kasların birbirlerine göre güç ve kuvvet seviyelerini belirlemektir (Hadzic vd., 2010). Bu değerlendirmeler özellikle spor yaralanmalarının engellenmesi ve azaltılmasında oldukça önemlidir. Agonist/antagonist kas değerlendirmesinde net bir oran olmamakla birlikte farklı kas grupları için farklı oranlar ideal değerler içerisinde kabul edilmektedir (Cozette vd., 2019; El-Ashker vd., 2017). Örneğin; diz fleksiyon ekstansiyon ölçümlerinde hamstrings/quardiceps oranı (2/3) %60 ve üstünde olmalıdır. Bu oran, her eklem hareketi ve kas grubu için farklılaşabilmektedir.

Zıt taraflı ekstremitelerde aynı kas gruplarının değerlendirilmesi ve oransal olarak karşılaştırılmasında amaca uygun olarak tork, güç veya iş verileri kullanılabilir (Brown vd., 2014; Lockie vd., 2012). Sağ ve sol ekstremitelerdeki aynı kas grupları arasında genellikle %10 ve altındaki bir oransal farklılık normal, %10-20 arasında değişen farklılıklar riskli, %20 ve üzerinde bir oransal farklılıklar ise çok riskli olarak değerlendirilmektedir (Eustace vd., 2017; Lockie vd., 2012). Sağ ve sol aynı kas grupları arasındaki farkın artması da sporcularda sakatlık riskini artırmakta ve sportif performansı düşürmekte etkili bir faktör olduğundan değerlendirilmesi ve düzeltilmesi önemlidir (Şahin, 2010).

Kas Aktivasyonu ve Kuvvet Üretimi İlişkisi

Kas aktivasyonu temelde iki ayrı parçada incelenmektedir. Bunlardan birincisi bir kas fibrilinin aktivasyonu, diğeri ise bir kasın tamamen aktivasyonudur (Ludvig vd., 2020; Miller, 2014; Waugh vd., 2013). Kas kuvveti ise innerve olmuş olan kasın kasılmasıyla ortaya çıkmaktadır (Cuadra vd., 2020; Hug vd., 2015). Bu açıdan bakıldığında, kas aktivasyonu ile üretilen kuvvet arasında doğrusal bir ilişki olduğu düşünülmektedir (Braithwaite vd., 2020; Gabriel vd., 2006; Song vd., 2020). Ancak kas kuvvet üretiminde birçok fizyolojik etmen ön plana çıkmaktadır. Bu fizyolojik etmenlerin en önemlilerinden birisi kas fibril tipleridir (MacDonald vd., 2013; Thompson vd., 2014). Kasın aktivasyon düzeyi ile kuvvet üretiminde kas fibril tipleri göz önünde bulundurulmalıdır (Enoka ve Duchateau, 2016). Kas fibrilinin yapısal farklılığına bağlı olarak, aktivasyon düzeyi maksimalde olmasına rağmen istenilen kuvvetin ortaya çıkarılmama ihtimali oluşabilmektedir (Herzog vd., 2012). Bunun temel

nedeni olarak yavaş kasılan kas tipleri daha küçük motor nöronlar tarafından kontrol edilmesidir. Küçük motor nöronların uyarılma eşiği daha düşük olduğundan aktivasyon seviyesi yüksek olabilmekte ve üretilen kuvvet küçük kalabilmektedir. Diğer taraftan düşünüldüğünde ise, hızlı kasılan kas tipleri daha büyük motor nöronlar tarafından uyarılmaktadır ve daha geç ve zor uyarılmaktadır. Buna bağlı olarak da aktivasyon seviyesi daha zor olmaktadır. Ancak uyarıldıktan sonra daha büyük ve daha güç temelli fibrillerden oluşmasından dolayı daha yüksek kuvvet üretebilmektedir (Hernández-Davó vd., 2015; Herzog vd., 2012; Nadzalan vd., 2020). Literatürde genellikle kas aktivasyonu ve kuvvet üretimi arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu ifade edilse de bilim insanları arasında tartışma konusu olan ve araştırılan konulardan birisidir ve kesin olarak ifade edilen bir yaklaşım bulunmamaktadır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Yöntem

Çalışmanın Modeli ve Kapsamı

Araştırmaya yaş ortalaması $20,18 \pm 2,05$ yıl olan, en az 5 yıldır aktif sporculuk yaşamlarına devam eden 49 erkek sporcu katılmıştır. Çalışmaya katılan deneklere ölçüm cihazları hakkında bilgi verilmiş ve yüksek performansla ölçümleri gerçekleştirebilmeleri için ölçümlerden bir hafta önce ölçüm cihazları tanıtılmış ve deneme yapmaları sağlanmıştır. Denekler çalışmaya dahil edilirken aktif olarak sporculuk hayatlarına devam ediyor olmalarına, sağlıklı olmalarına ve çalışmadan önceki bir yıllık süreçte diz eklemi ile ilgili olan yaralanmalar başta olmak üzere ciddi bir spor yaralanmasına maruz kalmamış olmamalarına dikkat edilmiştir. Deneklere düzenli olarak gerçekleştirdikleri antrenmanlar haricinde herhangi bir antrenman programı uygulanmamıştır. Araştırmanın tüm ölçümleri Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma için Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Etik Kurul Başkanlığı'ndan onay alınmıştır (Ek 1). Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje Kodu: TDK-2020-8736)

Çalışmanın Yöntemi

Isınma Prosedürü

Deneklere ölçümler öncesinde standart bir genel ısınma ve diz eklemi ve kaslarına yönelik bir özel ısınma uygulanmıştır. Genel ısınma için maksimal oksijen kapasitesinin %40'ı ile koşu veya bisikletle sabit tempoyla 10 dakikalık bir ısınma uygulanmıştır. Genel ısınmanın ardından, tüm eklemleri kapsayan kısa bir esnetme uygulanmış ve genel ısınma tamamlanmıştır. Daha sonra deneklerin test esnasında maksimum verimle çalışabilmeleri ve sakatlık risklerini en aza indirmek için 15-20 dakikalık özel dinamik ısınma gerçekleştirilmiştir. Özel ısınmada yoğun olarak diz ve kalça eklemine odaklanılmıştır.

Vücut Kompozisyon Ölçümü

Deneklerin, vücut kompozisyonlarını belirlemek için yüksek doğrulukta, güvenli, konforlu ve hızlı test sonucu sağlayan BODPOD Gold Standard takip sistemi kullanılmıştır. Cihaz ile vücut yağ yüzdesi, beden kütle indeksi, vücut ağırlığı, vücut yağsız kütlesi ve bazal

metabolik hız verileri elde edilmiştir. Ölçümlerden önce deneklere, cihaz hakkında bilgi verilmiş ve ölçümler sırasında uyulması gereken kurallar belirtilmiştir.

Vücut kompozisyon ölçümlerinden önce cihazın kalibrasyonu gerekli prosedür izlenerek gerçekleştirilmiştir. Vücut kompozisyon ölçümlerine denekler katılırken ölçümün güvenilirliği açısından sadece sporcu atleti ve kısa şort giymelerine izin verilmiş, başlarına bone takmaları istenmiştir. Deneklerden ölçüm boyunca hareket etmemeleri, konuşmamaları ve sakin bir şekilde nefes alıp vermeleri istenmiştir.

Kas Aktivasyon Ölçümü

Kas aktivasyonunu belirlemek için NORAXON Ultium yEMG cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, yüksek doğrulukta veri ve esnek ölçüm koşulları sağlayan çok modlu bir cihazdır. Cihaz, gerçek zamanlı bir senkronizasyon ile saniyede 4000 kez örnekleme yapabilir özelliktedir.

Sensör Seçimi ve Yerleştirilmesi

Elektrot yerleşimi elde edilen EMG sinyali etkileyen önemli etkenlerden bir tanesidir. Elektrot yerleşiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Elektrotlar iki motor nokta arasında olacak şekilde veya bir motor nokta ve tendon bağlantıları arasında olacak şekilde yerleştirilmelidir (Cerrah vd., 2010).
2. Elektrotlar kas liflerinin doğrultusuna dik olacak şekilde yerleştirilmelidir. Elektrotun uzunlamasına eksenini kas liflerine paralel olacak şekilde yerleştirilmelidir. Ayrıca sensör kasın en geniş kesit alanının merkezine yerleştirilmelidir (Seniam, 2020).

Sensör seçimi, özellikleri ve yerleştirilmesi ile ilgili standartlar Tablo 3.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 3. 1. EMG Ölçümleri İçin Elektrot Özellikleri ve Yerleştirme Bölgeleri

Quardiceps (Rectus Femoris)			
Elektrot Boyutu	10 mm	Elektrot Mesafesi	20 mm
Elektrotların Yeri	Anterior Superior Spina İliaka ile Superior Patella arasında %50 (1/2) oranına denk gelen bölgeye yerleştirilmelidir.		
Elektron Deriye Sabitlenmesi	Çift taraflı bant ile 4 yönlü sabitlenmelidir.		
Quardiceps (Vastus Medialis)			
Elektrotların Yeri	Anterior Superior Spina İliaka ile Diz medial ligamentinin önünden eklem boşluğu arasında %80 (4/5) oranına denk gelen bölgeye yerleştirilmelidir.		
Quardiceps (Vastus Lateralis)			
Elektrotların Yeri	Anterior Superior Spina İliaka ile Patellanın lateral bölgesi arasında diz eklemine yakın olarak 2/3 oranındaki bölgeye yerleştirilmelidir.		

Kas Aktivasyonu Ölçümü için Deri Yüzeyinin Hazırlanması

Sensör seçimi tamamlandıktan sonra, yüksek kalitede veri alınabilmesi için deneklerin sensör yerleştirilecek olan bölgeleri temizlenmiştir. Deri yüzeyinin hazırlanması sırasında izlenen aşamalar aşağıda sıralanmıştır.

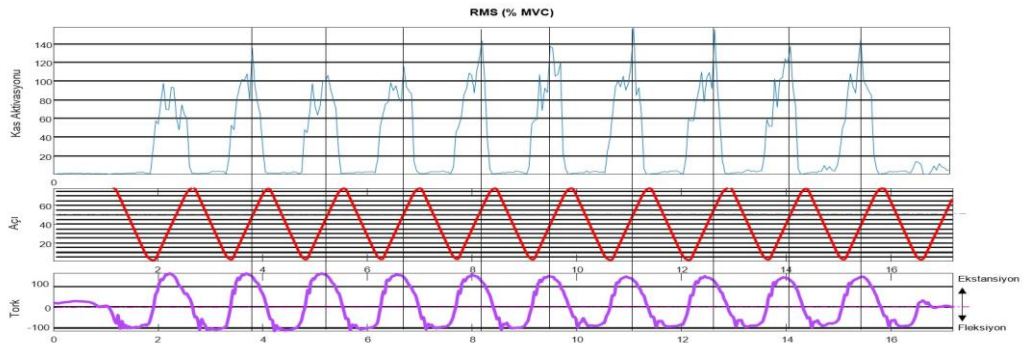
1. Kılların temizlenmesi: Öncelikle, jilet, tüy dökücü gibi malzemeler kullanılarak elektrotların yerleştirileceği konum ve çevresi temizlenmiştir. Bu ek olarak, bu uygulama sırasında deri üzerinde yer alan ölü deri de bir miktar uzaklaştırılmıştır.
2. Ölü derinin temizlenmesi: Kıllar temizlendikten sonra deri üzerinde kalan ölü deri zımpara kâğıdı veya özel macunlar kullanılarak yüzeyden uzaklaştırılmıştır. Ölü deriler temizlendikten sonra deri alkol ile temizlenerek deri yüzeyindeki kalan son maddeler uzaklaştırılmış ve deri yüzeyi elektrot yapıştırılmasına uygun hale getirilmiştir.

yEMG Ölçümü

yEMG ölçümlerinde fonksiyonel değerlendirmeye geçilmeden önce, ölçümü gerçekleştirilecek olan kasların Maksimum Gönüllü Kasılma (MGK) değerleri izometrik kasılmalar ile gerçekleştirilmiştir. MGK'ları alınan deneklerin fonksiyonel ölçümleri izokinetik kuvvet ölçüm cihazında quardiceps için oturur pozisyonda gerçekleştirilmiştir.

yEMG Sinyallerinin Analizi

Araştırmaya katılan deneklerden elde edilen EMG verilerinin analizinde ham veriler ilk olarak highpass filtre ile filtre edilmiştir. Highpass filtrede frekans 20 olarak belirlenmiştir. Filtreleme işlemi tamamlandıktan sonra veriler smoot (pürüzsüzleştirme) edilmiştir. Pürüzsüzleştirmede RMS yöntemi kullanılmıştır. RMS yapılırken pencere aralığı 200 ms olarak belirlenmiştir. Filtre ve Pürüzsüzleştirme işlemlerinden sonra her kas için belirlenmiş olan MVC düzeyleri analize dahil edilerek değerlendirme gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 1. Kas Aktivasyonu, Açık ve Tork Değerlendirme

Kas Oksidasyon ve Kapillarizasyon Ölçümü

Kasların Oksidasyon ve Kapillarizasyon değerlerinin ölçümü için Moxy Muscle Oxygen Monitor'ü kullanılmıştır. Moxy cihazı, yüzeysel elektromiyografi için belirlenmiş olan bölgelere yakın bölgelere yerleştirilerek veri alınması sağlanmıştır. Kas oksidasyon ve kapillarizasyon ölçümleri için diz fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerini gerçekleştiren kasların en aktif bölgeleri tercih edilmiştir. Deneklerin diz ekstansör kaslarından rectus femoris kası üzerine yerleştirilerek veriler elde edilmiştir.

İzokinetik Ölçümler

Araştırmaya katılan deneklerin diz fleksiyon-ekstansiyon kuvvetlerinin belirlenmesinde ISOMED 2000 İzokinetik Sistem kullanılmıştır. İzokinetik ölçümler öncesinde ısınma prosedürünün tamamlanması istenmiştir.

Isınma prosedürü tamamlandıktan sonra denek izokinetik diz ekstansiyon/fleksiyon ölçümleri için referans değerlere göre cihazda yerleşmesi sağlanmıştır. Diz fleksiyon ekstansiyon ölçümleri için referans değerler Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 2. İzokinetik Diz Fleksiyon/Ekstansiyon Ölçümleri için Referans Değerler (Biodex, 2020)

Diz Fleks/Eks için Referans Değerler	
Dinamometre Yönü	Zemine 90°
Dinamometre Eğimi	Nötr – 0°
Koltuk Yönü	Zemine 90°
Koltuk Eğimi	70°-85°
Dönme Eksenini	Sagittal Düzlemde Lateral Femoral Kondil.
Başlangıç Pozisyonu	Tam ekstansiyon

Ölçümler için denekler referans değerlere göre yerleştirildikten sonra, deneklerin gövdeleri; omuz aparatları, bel ve gövde kemerleriyle, test edilecek olan bacak ise quardiceps kasının diz eklemine yakın bölgesinden sabitlenmiştir. Sabitleme tamamlandıktan sonra dinamometrede diz fleksiyon/ekstansiyon ölçümleri için kullanılan aparat tibia üzerine ayak bileği boşta kalacak şekilde sıkıca sabitlenmiştir. Sabitleme işlemi tamamlandıktan sonra son kez dinamometrenin dönme eksenini kontrol edilmiştir. Denek ölçüm için hazır hale getirildikten sonra gerekli bilgilendirme yapılmış ve ölçüm başlatılmıştır. Ölçüm sırasında deneklere daha yüksek performans sergilemeleri için işitsel uyarı verilmiş ve test verilerini anlık gösteren monitör görebilecekleri şekilde konumlandırılmıştır.

Diz fleksiyon/ekstansiyon ölçümlerinde deneklere 60 °/sn ile 5 tekrar; 120 °/sn ile 10 tekrar; 180 °/sn ile 15 tekrar 240 °/sn ile 25 tekrar yaptırılmıştır. Ölçümler sırasında aynı hızda sağ ve sol ayak ölçümleri arasında 60 saniyelik dinlenme, hızlar arası ise 180 saniyelik dinlenme periyotları uygulanmıştır. Ölçümlerde harekete hızlı adaptasyon sağlamak için her test hızında deneklerin baskın olan taraflarından ölçümlere başlanmıştır.

İstatiksel Analiz ve Değerlendirme

Verilerin analizinde SPSS v26 paket programı kullanılmıştır. Verilerin normallik sınınamaları histogram, olasılık grafikleri ve Shapiro-Wilk testi ile yapılmıştır. Veriler aritmetik ortalama ve standart sapma olarak ortaya konulmuştur.

Veriler arasındaki farkları belirlemek için İki Yönlü Tekrarlı Anova yapılmıştır. Verilerin analizinde Mauchly's Sphericity varsayımı dikkate alınmıştır. Aralarında anlamlılık bulunan verilerin yönünü belirlemek için Pairwise Comparisons gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde anlamlılık düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Bulgular

Bu bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar tablo ve şekiller ile desteklenerek gösterilmektedir.

Tablo 4. 1. Deneklere Ait Tanımlayıcı Özellikler

	N	Min.	Maks.	X	S.s.
Yaş (Yıl)	49	18,00	26,00	20,18	2,05
Boy (cm)	49	163,00	195,00	179,85	7,80
Kilo (kg)	49	53,90	109,97	73,60	12,31
Vücut Yağ Oranı (%)	49	3,40	32,30	12,62	6,65
Beden Kütle İndeksi	49	16,64	33,20	22,72	3,36

Tablo 4.1.'de araştırmaya katılan deneklere ait tanımlayıcı özellikler gösterilmektedir. Çalışmaya 49 erkek denek katılmıştır. Deneklerin yaş ortalamaları, $20,18 \pm 2,05$; boy ortalamaları $179,85 \pm 7,80$; kilo ortalamaları $73,60 \pm 12,3$; vücut yağ oranı $12,62 \pm 6,65$ ve beden kütle indeksi $22,72 \pm 3,36$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. 2. Sağ/Sol Zirve Tork ve Relatif Tork Değerlerinin Açısal Hızlara Göre Farkları

		60 °/sn		120 °/sn		180 °/sn		240 °/sn				
Hareket	Taraf	X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss	F	p	
Zirve Tork (nm)	Fleksiyon	Sağ	128,59 ^a	22,66	124,35 ^a	19,44	117,74 ^b	21,31	111,96 ^c	23,50	16,632	,000*
		Sol	130,93 ^a	22,45	121,46 ^b	18,73	116,63 ^c	17,08	109,70 ^d	20,63	21,228	,000*
		t	0,948		3,401		0,436		1,177			
		p	0,33		0,07		0,51		0,28			
	Ekstansiyon	Sağ	227,96 ^a	38,96	184,66 ^b	30,34	158,19 ^c	28,45	138,31 ^d	26,12	89,650	,000*
		Sol	219,06 ^a	40,63	179,46 ^b	33,15	154,87 ^c	27,32	135,45 ^d	25,00	83,606	,000*
		t	4,983		3,539		2,776		2,489			
		p	0,03		0,66		0,102		0,12			
Relatif Tork (nm/kg)	Fleksiyon	Sağ	177,91 ^a	25,03	171,98 ^a	19,89	162,44 ^b	21,12	154,17 ^c	22,59	23,734	,000*
		Sol	181,29 ^a	26,99	168,74 ^b	25,23	161,87 ^c	21,35	151,45 ^d	20,98	29,832	,000*
		t	0,982		2,327		0,061		0,880			
		p	0,32		0,13		0,80		0,35			
	Ekstansiyon	Sağ	315,09 ^a	41,88	254,83 ^b	28,69	217,85 ^c	24,71	190,39 ^d	22,19	124,700	,000*
		Sol	301,87 ^a	38,19	247,40 ^b	30,68	214,00 ^c	25,81	186,52 ^d	20,34	115,350	,000*
		t	6,092		4,278		2,234		2,490			
		p	0,01		0,04		0,14		0,12			

*p<0,05

Tablo 4.2.'de araştırmaya katılan deneklerin sağ/sol zirve tork ve relatif tork değerleri açısal hız değişkenine göre gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda zirve tork ve relatif tork sağ fleksiyon değerlerinde 60 °/sn ve 120 °/sn açısal hız değerlerinin 180 °/sn ve 240 °/sn açısal hız değerlerinden anlamlı düzeyde yüksek olduğu; zirve tork ve relatif tork sol fleksiyon, sağ/sol ekstansiyon değerlerinde 60 °/sn açısal hızın 120 °/sn açısal hızdan, 120 °/sn açısal hızın 180 °/sn açısal hızdan ve 180 °/sn açısal hızın 240 °/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Zirve tork ve relatif tork değerleri bilateral karşılaştırıldığında 60 °/sn açısal hızda zirve tork ve relatif tork ekstansiyon fazında; 120 °/sn açısal hızda ise sadece relatif tork ekstansiyon fazında anlamlı bir fark bulunmuştur. Diğer hız ve hareket fazlarında bilateral bir farklılık belirlenmemiştir.

Tablo 4. 3. Sağ/Sol Total İş ve Zirve Güç Değerlerinin Açısal Hızlara Göre Farkları

Hareket	Taraf	60 °/sn		120 °/sn		180 °/sn		240 °/sn		F	p	
		X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss			
Total İş	Fleksiyon	Sağ	548,66 ^a	114,76	1079,20 ^b	172,57	1329,02 ^c	197,41	1680,68 ^d	290,89	-780,36	,000*
		Sol	580,80 ^a	116,73	1108,42 ^b	171,51	1368,74 ^c	182,73	1734,78 ^d	227,55	-787,94	,000*
		t	5,968		2,051		5,880		3,764			
		p	0,01		0,15		0,19		0,05			
	Ekstansiyon	Sağ	829,14 ^a	178,23	1404,90 ^b	251,84	1618,32 ^c	266,17	1894,24 ^d	346,67	-789,18	,000*
		Sol	806,60 ^a	171,00	1385,38 ^b	249,05	1608,44 ^c	272,65	1899,06 ^d	328,50	-801,84	,000*
		t	1,849		0,560		0,175		0,029			
		p	0,18		0,45		0,67		0,86			
Zirve Güç	Fleksiyon	Sağ	96,44 ^a	18,26	161,82 ^b	24,41	190,48 ^c	33,40	200,40 ^d	37,32	-103,96	,000*
		Sol	98,22 ^a	17,42	155,52 ^b	24,13	185,94 ^c	25,14	194,52 ^d	30,04	-96,300	,000*
		t	0,970		5,531		2,280		2,174			
		p	0,32		0,02		0,13		0,14			
	Ekstansiyon	Sağ	147,80 ^a	28,58	215,66 ^b	38,64	241,90 ^{cd}	40,78	246,82 ^d	42,31	-99,020	,000*
		Sol	140,70 ^a	28,92	202,84 ^b	36,34	234,50 ^{cd}	40,50	237,84 ^d	38,12	-97,140	,000*
		t	5,807		13,959		3,416		4,515			
		p	0,02		0,00		0,07		0,03			

*p<0,05

Tablo 4.3.'de araştırmaya katılan deneklerin sağ/sol total iş ve zirve güç değerleri açısal hız değişkenine göre gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda total iş sağ/sol fleksiyon ve ekstansiyon; zirve güç sağ/sol fleksiyon ve ekstansiyon değerlerinde 60 °/sn açısal hızın 120 °/sn açısal hızdan, 120 °/sn açısal hızın 180 °/sn açısal hızdan ve 180 °/sn açısal hızın 240 °/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Zirve güç sağ/sol ekstansiyon değerlerinde ise değerlerinde 60 °/sn açısal hızın 120 °/sn açısal hızdan, 120 °/sn açısal hızın 180 °/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha düşük olduğu ve 60 °/sn ve 120 °/sn açısal hızın 240 °/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Total iş ve zirve güç parametreleri bilateral olarak değerlendirildiğinde; total iş değerlerinde sadece 60

°/sn açısız hızda fleksiyon fazında anlamlı farklılık olduğu; zirve güç değerlerinde ise fleksiyon fazında 120 °/sn açısız hızda, ekstansiyon fazında 60 °/sn, 120 °/sn ve 240 °/sn açısız hızlarda anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 4. 240°/sn Açısız Hızda İlk 5 ve Son 5 Tekrar arasındaki Total İş, Ortalama Güç, Ortalama Tork Değerleri Arasındaki Fark

Hareket	Tarağ	İlk 5 Tekrar		Son 5 Tekrar		% Kayıp	t	p	
		X	Ss	X	Ss				
Total İş	Fleksiyon	Sağ	410,10 ^a	66,83	269,84 ^b	58,14	34,20	140,26	,000*
		Sol	415,78 ^a	56,34	281,08 ^b	45,66	32,39	134,70	,000*
	Ekstansiyon	Sağ	495,62 ^a	86,45	273,02 ^b	63,26	44,91	222,60	,000*
		Sol	491,18 ^a	78,79	282,46 ^b	66,44	42,49	208,72	,000*
Ortalama Tork	Fleksiyon	Sağ	101,82 ^a	20,50	76,56 ^b	18,21	24,80	25,260	,000*
		Sol	99,17 ^a	16,83	75,33 ^b	14,49	24,03	23,837	,000*
	Ekstansiyon	Sağ	130,25 ^a	24,35	84,85 ^b	17,02	34,85	45,400	,000*
		Sol	126,79 ^a	23,26	85,44 ^b	17,50	32,61	41,352	,000*
Ortalama Güç	Fleksiyon	Sağ	185,00 ^a	35,48	116,94 ^b	27,30	36,78	68,060	,000*
		Sol	178,90 ^a	28,45	116,94 ^b	21,76	34,63	61,960	,000*
	Ekstansiyon	Sağ	230,28 ^a	39,22	121,68 ^b	27,64	47,15	108,60	,000*
		Sol	221,54 ^a	36,30	122,70 ^b	28,60	44,61	98,840	,000*

*p<0,05

Tablo 4.4.'de 240 °/sn açısız hızda gerçekleştirilen ilk 5 ve son 5 tekrarlar arasındaki Total İş, Ortalama Tork ve Ortalama Güç değerlerinde meydana gelen değişim gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda Sağ/Sol Total İş, Ortalama Tork ve Ortalama Güç fleksiyon ve ekstansiyon değerlerinde anlamlı düzeyde düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır.

Tablo 4. 5. İzokinetik Kuvvet Değerlerine Göre Sağ/Sol Farkı ve H/Q Oranı

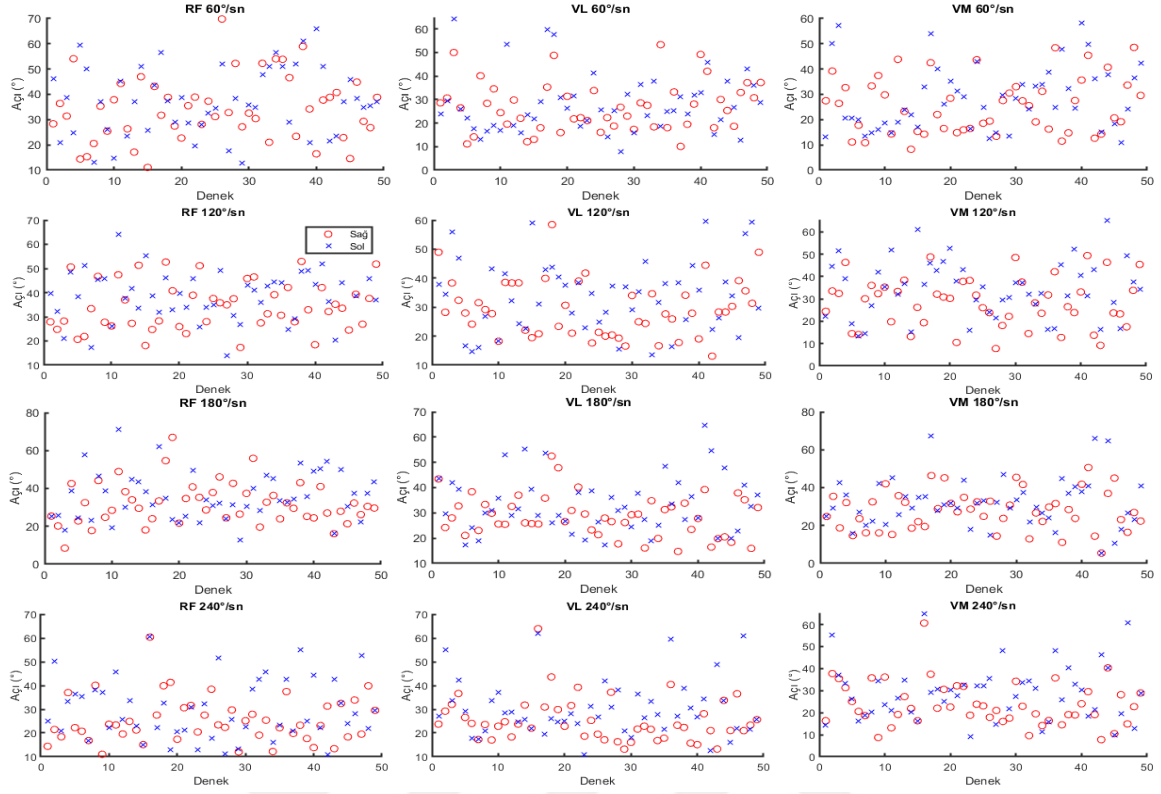
	Taraf	Min.	Maks.	X	Ss
Sağ/Sol Farkı	Fleksiyon	0,31	35,08	10,08	7,15
	Ekstansiyon	0,29	47,34	11,24	9,02
HQ Oranı	Sağ	40,35	85,65	56,93	8,00
	Sol	41,71	85,61	60,39	7,86

Tablo 4.5.'de deneklere ait zirve tork değerlerine göre sağ/sol kuvvet farkı ve Hamstring/Quardiceps (H/Q) kas oranı gösterilmektedir. Fleksiyon sağ sol farkı ortalaması $10,08 \pm 7,15$ ve ekstansiyon sağ sol farkı ortalaması $11,24 \pm 9,02$ olarak belirlenmiştir. Sağ ekstremite ortalama H/Q oranı $56,93 \pm 8,00$ ve sol ekstremite ortalama H/Q oranı $60,39 \pm 7,86$ olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda denek grubunun ekstremite arası ortalama değerlerinin normal sınırlardan yüksek olduğu; ekstremite içi ortalama değerlerinin normal değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir (Teixeira vd., 2014).

Tablo 4. 6. Maksimum Kas Aktivasyonuna Ulaşma Açılarının Sağ/Sol Farkı

	Sağ Açı			Sol Açı		t	p
	Taraf	X	Ss	X	Ss		
M. Rectus Femoris	60 °/sn	34,28	12,85	36,99	13,44	-2,710	,287
	120 °/sn	34,36 ^a	10,01	39,19 ^b	10,81	-4,826	,021*
	180 °/sn	31,96	11,10	35,74	12,64	-3,786	,059
	240 °/sn	25,26 ^a	9,63	29,88 ^b	12,58	-4,622	,029*
M. Vastus Lateralis	60 °/sn	26,85	10,49	28,00	12,51	-1,151	,541
	120 °/sn	29,38 ^a	9,78	33,69 ^b	12,20	-4,309	,035*
	180 °/sn	28,71 ^a	8,28	33,31 ^b	11,13	-4,600	,021*
	240 °/sn	25,30 ^a	9,31	30,10 ^b	11,64	-4,801	,008*
M. Vastus Medialis	60 °/sn	25,51	11,15	28,48	12,71	-2,964	,139
	120 °/sn	28,40 ^a	11,17	34,44 ^b	12,70	-6,045	,006*
	180 °/sn	27,70	10,49	32,00	12,85	-4,298	,061
	240 °/sn	23,88 ^a	9,94	29,00 ^b	12,53	-5,124	,008*

*p<0,05



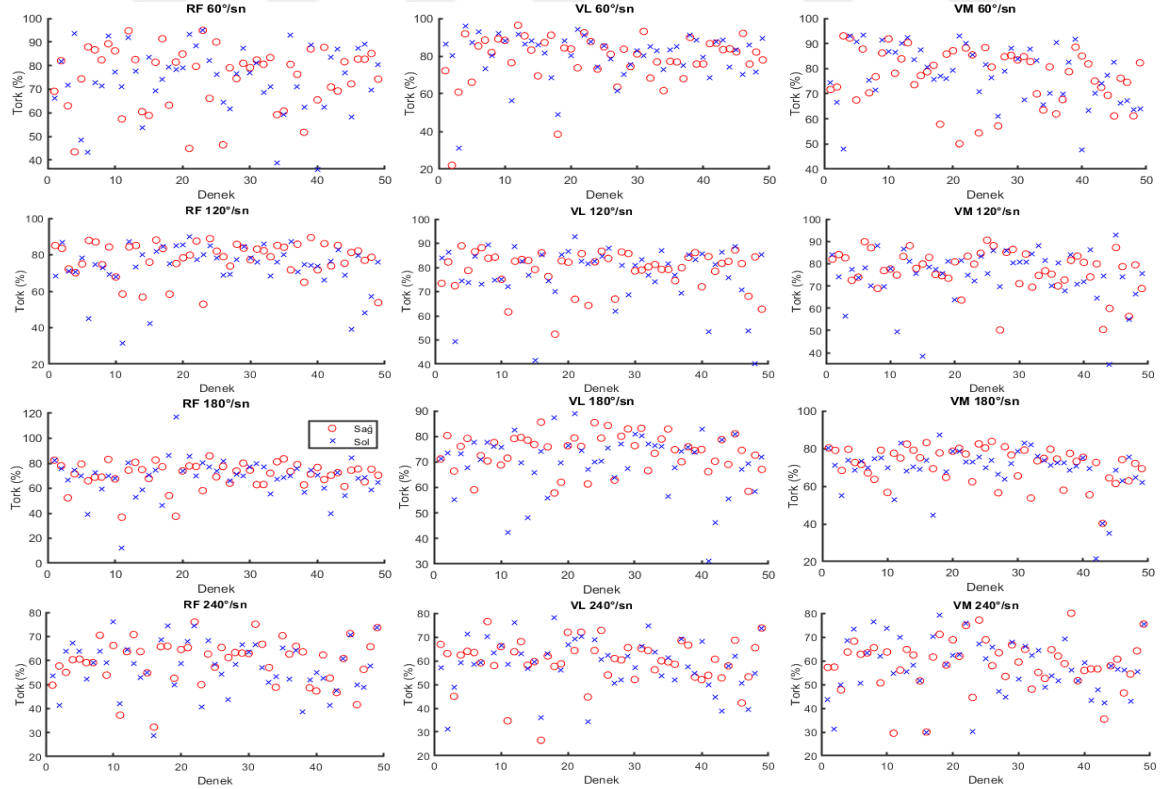
Şekil 4. 1. Maksimum Kas Aktivasyonuna Ulaşma Açılarının Sağ/Sol Farkı

Tablo 4.6.'da Diz ekstansör kaslarından Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL) ve Vastus Medialis (VM) kaslarının farklı açısal hızlarda zirve kas aktivasyonuna ulaştıkları açılar taraf açısından gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda RF kasında 120 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlarda; VL kasında 120 °/sn, 180 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlarda; VM kasında ise 120 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlarda anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 7. Maksimum Kas Aktivasyonunda Üretilen Tork Değerlerinin Sağ/Sol Farkı

	Sağ Tork (%)			Sol Tork (%)		t	p
	Taraf	X	Ss	X	Ss		
M. Rectus Femoris	60 °/sn	75,30	13,02	74,34	14,23	,963	,698
	120 °/sn	77,78 ^a	9,42	73,00 ^b	12,88	4,781	,030*
	180 °/sn	70,89	10,30	68,70	15,16	2,194	,386
	240 °/sn	59,73 ^a	9,32	57,25 ^b	10,45	2,480	,028*
M. Vastus Lateralis	60 °/sn	78,71	13,40	80,09	12,07	-1,381	,493
	120 °/sn	79,10	79,10	76,92	12,00	2,183	,259
	180 °/sn	73,98 ^a	7,19	69,88 ^b	11,47	4,101	,027*
	240 °/sn	59,76	9,53	58,70	10,80	1,056	,453
M. Vastus Medialis	60 °/sn	77,13	10,72	77,83	11,38	-,693	,739
	120 °/sn	76,99	9,23	74,46	11,75	2,529	,177
	180 °/sn	71,78	9,31	68,84	12,20	2,932	,124
	240 °/sn	58,86	10,50	57,50	11,94	1,361	,360

*p<0,05



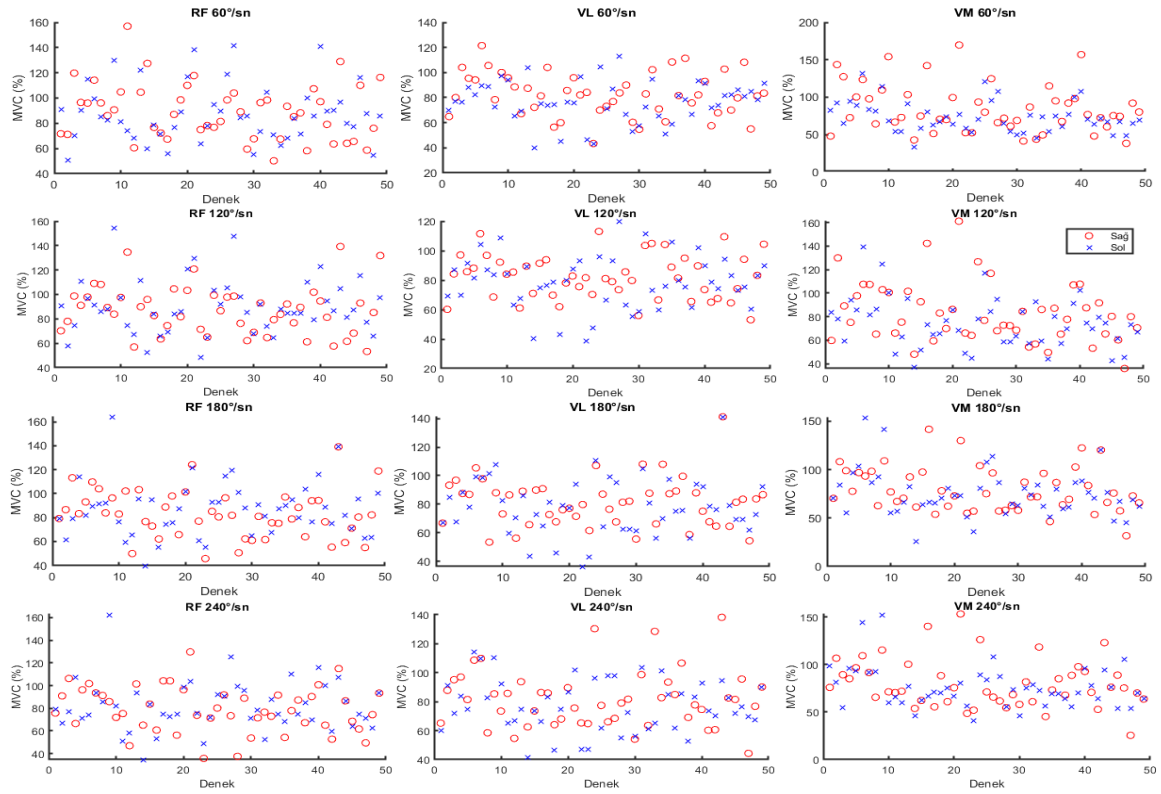
Şekil 4. 2. Maksimum Kas Aktivasyonunda Üretilen Tork Değerlerinin Sağ/Sol Farkı

Tablo 4.7.'de Diz ekstansör kaslarından Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL) ve Vastus Medialis (VM) kaslarının farklı açısal hızlarda zirve kas aktivasyonunda ürettikleri tork yüzdesi gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda RF kasında 120 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlarda, VL kasında ise 180 °/sn açısal hızda anlamlı düzeyde bir farklılık olduğu belirlenmiştir. RF kasında 60 °/sn ve 180 °/sn, VL kasında 60 °/sn, 120 °/sn ve 240 °/sn, VM kasında ise tüm açısal hızlarda anlamlı bir farklılığın olmadığı saptanmıştır.

Tablo 4. 8. Ekstansör Kaslar Arasındaki Kas Aktivasyon Düzeylerinin Sağ/Sol Farkı

	Taraf	Sağ MVC (%)		Sol MVC (%)		t	p
		X	Ss	X	Ss		
M. Rectus Femoris	60 °/sn	89,01	22,11	87,72	22,66	1,283	,731
	120 °/sn	87,07	19,95	89,72	22,04	-2,651	,446
	180 °/sn	82,98	20,00	86,77	22,64	-3,795	,237
	240 °/sn	78,93	19,94	81,78	21,92	-2,855	,408
M. Vastus Lateralis	60 °/sn	82,32 ^a	17,36	76,72 ^b	16,32	5,594	,035*
	120 °/sn	82,38	15,08	78,43	18,05	3,946	,117
	180 °/sn	81,41	16,87	78,11	19,78	3,295	,203
	240 °/sn	81,65	19,65	77,39	18,04	4,265	,134
M. Vastus Medialis	60 °/sn	84,59 ^a	32,48	73,15 ^b	20,63	11,441	,008*
	120 °/sn	82,67 ^a	25,17	74,12 ^b	21,33	8,547	,023*
	180 °/sn	79,38	22,97	75,11	23,98	4,275	,222
	240 °/sn	79,74	25,41	75,89	21,85	3,845	,291

*p<0,05



Şekil 4. 3. Ekstansör Kaslar Arasındaki Kas Aktivasyon Düzeylerinin Sağ/Sol Farkı

Tablo 4.8.'de Diz ekstansör kaslarından Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL) ve Vastus Medialis (VM) kaslarının farklı açılarda kas aktivasyon düzeyleri gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda VL kasında 60 °/sn açılarda, VM kasında ise 60 °/sn ve 120 °/sn açılarda kas aktivasyon düzeylerinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. RF kasında tüm hızlarda, VL kasında 120 °/sn, 180 °/sn ve 240 °/sn açılarda, VM kasında ise 180 °/sn ve 240 °/sn açılarda kas aktivasyon düzeyinde sağ ve sol ekstremite arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Tablo 4. 9. Maksimum Kas Aktivasyonuna Ulaşma Açılarının Açıl Hızlara Göre Farkı

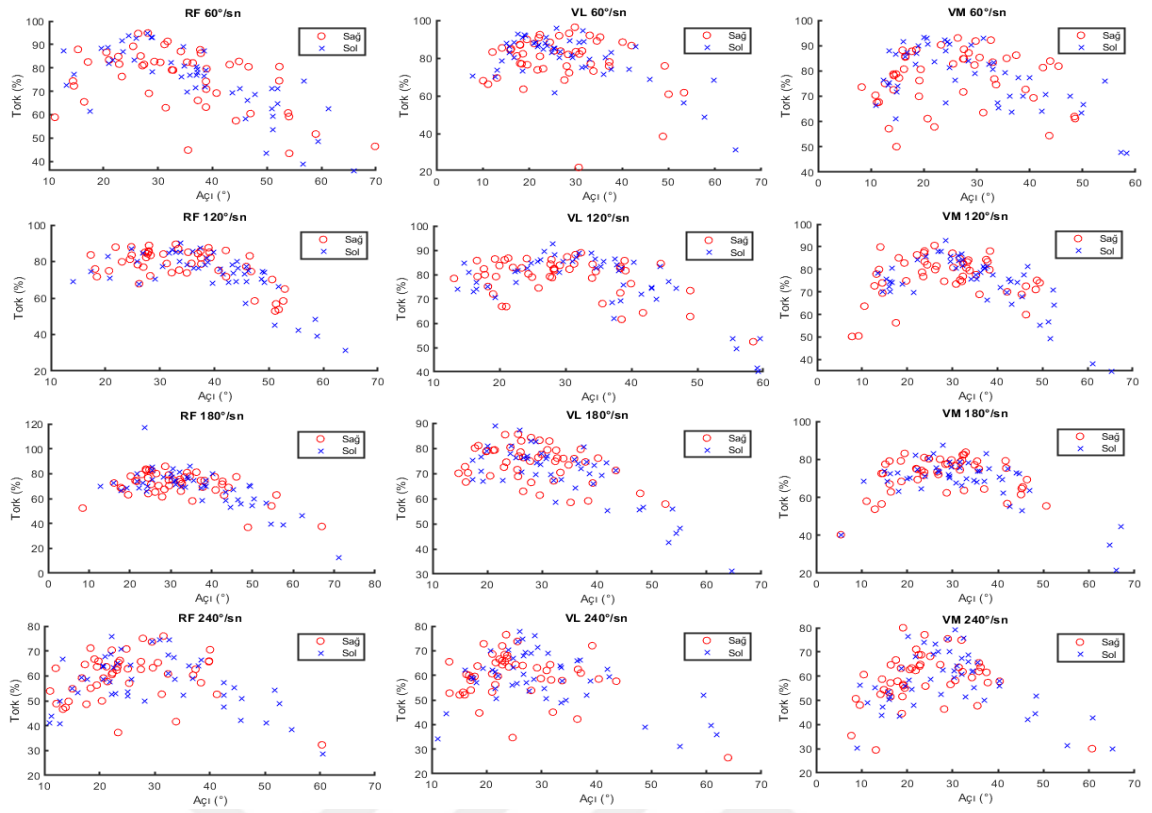
Açı	Tarf	60 °/sn		120 °/sn		180 °/sn		240 °/sn		F	p
		X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss		
M.Rectus Femoris	Sağ	34,28 ^a	12,85	34,36 ^a	10,01	31,96 ^a	11,10	25,26 ^b	9,63	9,017	,000*
	Sol	36,99 ^a	13,44	39,19 ^a	10,81	35,74 ^{ab}	12,64	29,88 ^b	12,58	9,302	,011*
M.Vastus Lateralis	Sağ	26,85	10,49	29,38	9,78	28,71	8,28	25,30	9,31	4,081	,137
	Sol	28,00 ^a	12,51	33,69 ^b	12,20	33,31 ^b	11,13	30,10 ^{ab}	11,64	-5,689	,006*
M.Vastus Medialis	Sağ	25,51 ^{ab}	11,15	28,40 ^a	11,17	27,70 ^{ab}	10,49	23,88 ^b	9,94	4,520	,040*
	Sol	28,48 ^a	12,71	34,44 ^b	12,70	32,00 ^{ab}	12,85	29,00 ^{ab}	12,53	-5,964	,025*

Tablo 4.9.'da araştırmaya katılan deneklerin sağ/ sol ağı değerleri açısal hız değişkenine göre gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda RF kası için, sağ ağı değerleri incelendiğinde 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızların 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu; sol ağı değerleri incelendiğinde ise 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızların 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. VL kası için, sağ ağı değerleri incelendiğinde açısal hızlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı; sol ağı değerleri için ise 60 %/sn açısal hızın 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlara göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır. VM kası için, sağ ağı değerleri incelendiğinde 120 %/sn açısal hızın 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu; sol ağı değerleri için ise 60 %/sn açısal hızın 120 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 10. Maksimum Kas Aktivasyonunda Ulaşılan Tork Değerlerinin Farklı Açısal Hızlara Göre Farkı

Tork	Taraf	60 %/sn		120 %/sn		180 %/sn		240 %/sn		F	p
		X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss		
M. Rectus Femoris	Sağ	75,30 ^{ab}	13,02	77,78 ^a	9,42	70,89 ^b	10,30	59,73 ^c	9,32	18,049	,000*
	Sol	74,34 ^a	14,23	73,00 ^a	12,88	68,70 ^a	15,16	57,25 ^b	10,45	17,089	,000*
M. Vastus Lateralis	Sağ	78,71 ^{ab}	13,40	79,10 ^a	7,86	73,98 ^b	7,19	59,76 ^c	9,53	19,345	,001*
	Sol	80,09 ^a	12,07	76,92 ^a	12,00	69,88 ^b	11,47	58,70 ^c	10,80	21,386	,000*
M. Vastus Medialis	Sağ	77,13 ^{ab}	10,72	76,99 ^a	9,23	71,78 ^b	9,31	58,86 ^c	10,50	18,275	,001*
	Sol	77,83 ^a	11,38	74,46 ^a	11,75	68,84 ^b	12,20	57,50 ^c	11,94	20,329	,018*

*p<0,05



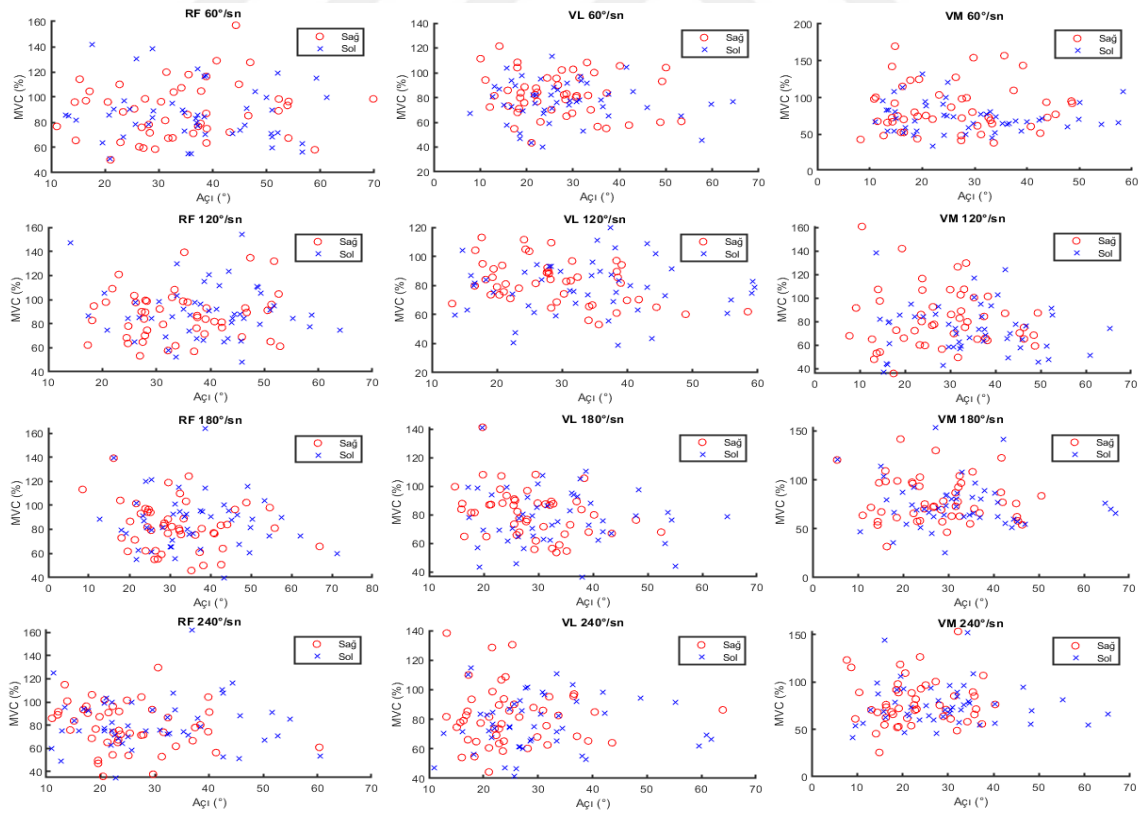
Şekil 4. 4. Maksimum Kas Aktivasyonunda Ulaşılan Tork Değerlerinin Farklı Açısal Hızlara Göre Farkı

Tablo 4.10.'da araştırmaya katılan deneklerin sağ/sol tork değerleri açısal hız değişkenine göre gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda RF kası için, sağ tork değerleri incelendiğinde 60 °/sn, 120 °/sn ve 180 °/sn açısal hızların 240 °/sn açısal hıza göre; 60 °/sn açısal hızın 120 °/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu; sol tork değerleri incelendiğinde ise 60 °/sn, 120 °/sn ve 180 °/sn açısal hızların 240 °/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. VL kası için, sağ tork değerleri incelendiğinde 60 °/sn, 120 °/sn ve 180 °/sn açısal hızların 240 °/sn açısal hıza göre; 60 °/sn açısal hızın 120 °/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu; sol tork değerleri incelendiğinde ise 60 °/sn ve 120 °/sn açısal hızların 180 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlara göre, 180 °/sn açısal hızında 240 °/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. VM kası için, sağ tork değerleri incelendiğinde 60 °/sn, 120 °/sn ve 180 °/sn açısal hızların 240 °/sn açısal hıza göre; 60 °/sn açısal hızın 120 °/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu; sol tork değerleri incelendiğinde ise 60 °/sn ve 120 °/sn açısal hızların 180 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlara göre, 180 °/sn açısal hızında 240 °/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır.

Tablo 4. 11. Farklı Açısal Hızlarda Ulaşılan Maksimum Kas Aktivasyonu Değerlerinin Farkı

MVC (%)	60 °/sn		120 °/sn		180 °/sn		240 °/sn		F	p	
	Taraf	X	Ss	X	Ss	X	Ss	X			Ss
M. Rectus Femoris	Sağ	89,01 ^a	22,11	87,07 ^a	19,95	82,98 ^b	20,00	78,93 ^b	19,94	10,077	,028*
	Sol	87,72 ^a	22,66	89,72 ^a	22,04	86,77 ^a	22,64	81,78 ^b	21,92	7,934	,002*
M. Vastus Lateralis	Sağ	82,32	17,36	82,38	15,08	81,41	16,87	81,65	19,65	0,908	1,00
	Sol	76,72	16,32	78,43	18,05	78,11	19,78	77,39	18,04	1,048	1,00
M. Vastus Medialis	Sağ	84,59	32,48	82,67	25,17	79,38	22,97	79,74	25,41	5,203	0,827
	Sol	73,15	20,63	74,12	21,33	75,11	23,98	75,89	21,85	1,964	1,00

*p<0,05



Şekil 4. 5. Farklı Açısal Hızlarda Ulaşılan Maksimum Kas Aktivasyonu Değerlerinin Farkı

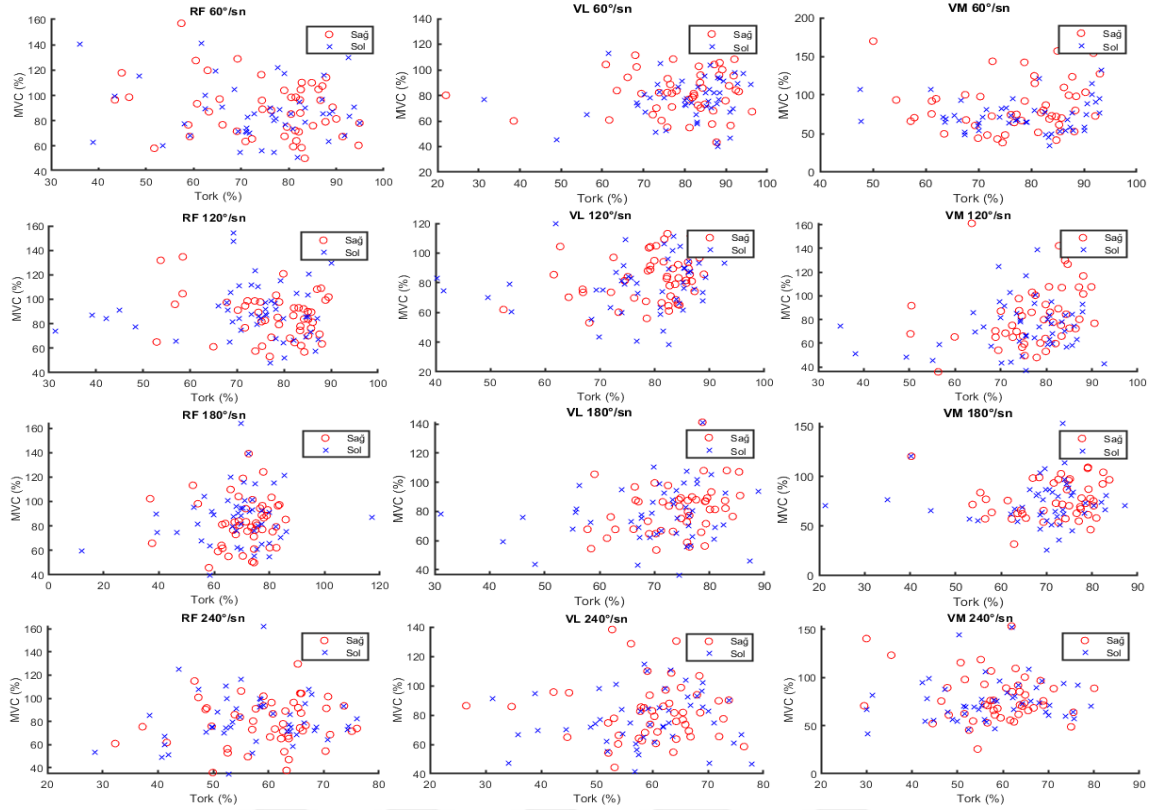
Tablo 4.11.'de araştırmaya katılan deneklerin sağ/sol kas aktivasyon değerleri açısal hız değişkenine göre gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda RF kası için, sağ kas

aktivasyon değerleri incelendiğinde 60 %/sn ve 120 %/sn açısız hızların 240 %/sn açısız hıza göre 120 %/sn açısız hızın ise 180 %/sn açısız hıza göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu; sol kas aktivasyon değerleri incelendiğinde ise 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısız hızların 240 %/sn açısız hıza göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. VL ve VM kasları için sağ ve sol kas aktivasyon değerlerinde açısız hızlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 4. 12. Farklı Açısız Hızlarda Üretilen Tork ve Ulaşılan Maksimal Aktivasyon Arasındaki Fark

Tork x MVC (%)		60 %/sn		120 %/sn		180 %/sn		240 %/sn		
Taraf		X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss	
M. Rectus Femoris	Sağ	Tork	75,30 ^a	13,02	77,78	9,42	70,89 ^a	10,30	59,73 ^a	9,32
		MVC	89,01 ^b	22,11	87,07	19,95	82,98 ^b	19,99	78,93 ^b	19,95
		F	-13,70		-9,28		-12,08		-19,19	
		p	,041*		,232		,010*		,000*	
	Sol	Tork	74,34 ^a	14,23	73,00 ^a	12,88	68,70 ^a	15,16	57,25 ^a	10,45
		MVC	87,72 ^b	22,66	89,72 ^b	22,04	86,77 ^b	22,64	81,78 ^b	21,92
		F	-13,38		-16,71		-18,77		-24,53	
		p	,039*		,001*		,000*		,000*	
M. Vastus Lateralis	Sağ	Tork	78,71	13,40	79,10	7,86	73,98	7,19	59,76 ^a	9,53
		MVC	82,32	17,36	82,38	15,08	81,41	16,87	81,65 ^b	19,65
		F	-3,60		-3,27		-7,42		-21,89	
		p	1,00		1,00		0,65		,000	
	Sol	Tork	80,09	12,07	76,92	12,00	69,88	11,47	58,70 ^a	10,80
		MVC	76,72	16,32	78,43	18,05	78,11	19,78	77,39 ^b	18,04
		F	1,381		-1,51		-8,23		-18,68	
		p	1,00		1,00		,251		,000	
M. Vastus Medialis	Sağ	Tork	77,13	10,72	76,99	9,23	71,78	9,31	58,86 ^a	10,50
		MVC	84,59	32,48	82,67	25,17	79,39	22,97	79,74 ^b	25,41
		F	-7,45		-5,68		-7,60		-20,52	
		p	1,00		1,00		,735		,000	
	Sol	Tork	77,83	11,38	74,46	11,75	68,84	12,20	57,50 ^a	11,94
		MVC	73,15	20,63	74,12	21,33	75,11	23,98	75,89 ^b	21,85
		F	4,68		,333		-6,26		-18,92	
		p	1,00		1,00		1,00		,000	

*p<0,05



Şekil 4. 6. Farklı Açısal Hızlarda Üretilen Tork ve Maksimal Aktivasyon Arasındaki İlişki

Tablo 4.12. de kas aktivasyon düzeyi ile üretilen tork arasındaki fark değerlendirildiğinde; RF kası için sol ekstremitede tüm açısal hızlarda, sağ ekstremitede 60°/sn, 180°/sn ve 240°/sn açısal hızlarda kas aktivasyonu ile tork arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkarken; sağ ekstremitede 120°/sn açısal hızda kas aktivasyonu ile tork arasında herhangi bir fark oluşmamıştır. VL ve VM kasları için sağ ve sol ekstremitelerde 240°/sn açısal hızda kas aktivasyonu ile tork arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmıştır. VL kası için diğer açısal hızlarda her iki taraf içinde tork ve kas aktivasyonu arasında bir fark gözlemlenmemiştir.

Tablo 4. 13. Farklı Yüklenme Şiddetlerinde Kas Hemoglobin ve Oksijen Saturasyonu Düzeyleri Farkı

		Dinlenik		Isınma Sonrası		%75		%85		%100			
		X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss	X	Ss	F	p
Smo2	RF	61,95 ^a	16,57	62,21 ^a	15,15	50,02 ^b	16,85	43,61 ^c	17,16	39,37 ^d	17,38	22,575	,000*
	THb	12,16 ^a	0,57	12,17 ^a	0,51	12,21 ^a	0,56	12,23 ^a	0,58	12,26 ^b	0,59	-,097	,002*

*p<0,05

Tablo 4.13.'de çalışmaya katılan deneklerin dinlenik, ısınma sonrası, %75 yüklenme, %85 yüklenme ve %100 yüklenme düzeylerinde oksijen satürasyonu ve kas hemoglobin düzeyleri gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda dinlenik ve ısınma sonrası kas oksijen satürasyonu değerleri yüklenme seviyelerine (%75;85 ve 100) göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Total hemoglobin düzeyinde ise dinlenik, ısınma sonrası, %75 ve %85 yüklenme değerlerinin %100 yüklenme değerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğu; dinlenik, ısınma sonrası, %75 ve %85 yüklenme değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.



BEŞİNCİ BÖLÜM

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmanın amacı elit sporcuların farklı açısal hızlarda kas fonksiyonlarının fiziksel ve fizyolojik olarak incelenmesidir. Bu bölümde araştırmadan elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası literatürle karşılaştırılarak tartışılacaktır.

Çalışmaya farklı branşlarda en az beş yıldır aktif olarak spor yaşamlarına devam eden 49 sporcu katılmıştır. Çalışmaya katılan deneklerin tanımlayıcı özelliklerinin ortalama değerleri, yaş $20,18 \pm 2,05$ yıl, boy $179,85 \pm 7,80$ cm, vücut ağırlığı $73,60 \pm 12,31$ kg, vücut kütle indeksi (VKİ) $22,72 \pm 3,36$ kg/m², vücut yağ yüzdesi (VVY) ise $12,62 \pm 6,65$ olarak bulunmuştur.

Çalışmaya katılan sporcuların kas fiziksel özelliklerini belirlemek için izokinetik kuvvet cihazı ile 60 %/sn, 120 %/sn, 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda sırasıyla 5, 10, 15 ve 25 tekrarlık seriler sağ ve sol ekstremiteler için gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümlerden zirve tork, relatif tork, total iş ve zirve güç parametreleri değerlendirilmiştir.

Tüm açısal hızlar için zirve tork değerleri diz fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri için değerlendirildiğinde, deneklerin fleksiyon hareketinde sağ ekstremitede 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızların 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlardan anlamlı düzeyde daha yüksek tork değerlerine sahip olduğu ve 180 %/sn açısal hızında 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde daha yüksek tork değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Fleksiyon hareketi sol ekstremitede ise her açısal hızın bir diğerinden anlamlı düzeyde daha yüksek tork değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ekstansiyon hareketi sağ ve sol ekstremitelerde tüm açısal hızlar arasında tork değerleri açısından anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Deneklerin, 60 %/sn açısal hızın 120 %/sn den 120 %/sn açısal hızın 180 %/sn den 180 %/sn açısal hızın ise 240 %/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha yüksek tork değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Tüm açısal hızlar için relatif tork değerleri sol ekstremitede fleksiyon ve sağ/sol ekstremitede ekstansiyon hareketlerinde her açısal hız arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu; sağ ekstremitede fleksiyon fazında ise 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızların 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlardan, 180 %/sn açısal hızın ise 240 %/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha yüksek relatif tork değeri oluşturduğu belirlenmiştir.

Tüm açısal hızlar için total iş değerleri sağ/sol ekstremiteler için fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılıklar olduğu

belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda total iş düzeyinin açısal hız arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir. 60 °/sn açısal hız 120 °/sn den, 120 °/sn açısal hız 180 °/sn den ve 180 °/sn açısal hız 240 °/sn açısal hızdan anlamlı düzeyde daha düşük total iş seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Bir diğer kas fiziksel değerlendirme değişkeni olan zirve güç değerleri tüm açısal hızlar için değerlendirildiğinde, sağ/sol ekstremitelerde fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri için anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Fleksiyon hareketinde her iki ekstremitede içinde açısal hızlar arasında total iş değişkeninde olduğu gibi hız arttıkça zirve güç değerleride anlamlı düzeyde artmıştır ve tüm açısal hızlar arasında anlamlı farklılık oluşmuştur. Ekstansiyon hareketinde sağ/sol ekstremitelerde ise 60 °/sn ve 120 °/sn açısal hızlar 180 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlara göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Araştırmaya katılan deneklerin 240 °/sn açısal hızda gerçekleştirdikleri 25 tekrarının ilk 5 ve son 5 tekrarları alınarak total iş, ortalama tork ve ortalama güç ile ilgili düşüş yüzdeleri değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak tüm performans parametrelerinde sağ/sol fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde anlamlı düzeyde düşüşlerin gerçekleştiği belirlenmiştir.

Araştırmaya katılan deneklerin sağ/sol farkları ve Hamstrings/Quardiceps (H/Q) oranları değerlendirildiğinde, sağ sol farkları fleksiyon için % 10,08±7,15; ekstansiyon için % 11,24±9,02 olduğu belirlenmiştir. Deneklerin H/Q oranları değerlendirildiğinde sağ ekstremitede için %56,93±8,00; sol ekstremitede için ise % 60,39±7,86 olduğu belirlenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, hem sağ/sol farkları hemde H/Q oranlarının normal sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Deneklerin diz ekstansör kaslarından Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL) ve Vastus Medialis (VM) kaslarının farklı açısal hızlarda zirve kas aktivasyonuna ulaştıkları açılar sağ ve sol taraf olarak değerlendirildiğinde; RF ve VM kaslarında 60 °/sn ve 180 °/sn açısal hızlarda, VL kasında ise 60 °/sn açısal hızda herhangi istatistiksel anlamlılık oluşmamışken, diğer tüm açısal hızlarda sağ tarafın açı değerlerinin sol tarafın açı değerlerine oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Diz ekstansörlerinin zirve kas aktivasyonu sırasında üretmiş oldukları tork değerleri sağ ve sol taraf olmak üzere karşılaştırıldığında; RF kasında 120 °/sn ve 240 °/sn açısal hızlarda, VL kasında ise 180 °/sn açısal hızda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir. Anlamlılık çıkan kas ve açısal hızlarda sağ tarafa ait ekstansör kas tork değerlerinin sol tarafa göre daha yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır. Diğer açısal hızlarda sağ/sol tork değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.

Diz ekstansör kaslarının zirve kas aktivasyon düzeyleri sağ ve sol taraf olarak değerlendirildiğinde; VL kasında 60 %/sn açısal hızda, VM kasında 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar varken, RF kasında ve VL ile VM kaslarının diğer açısal hızlarında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Açısal hızlara göre diz ekstansör kaslarının zirve aktivasyona ulaştıkları açı değerleri değerlendirildiğinde; RF kası fleksiyon hareketinde 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlar 240 %/sn açısal hıza göre; RF kası ekstansiyon hareketinde ise 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızların 240 %/sn açısal hıza göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek açı değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. VL kası fleksiyon hareketinde herhangi bir istatistiksel anlamlılık bulunamamışken, VL kası ekstansiyon hareketinde 60 %/sn açısal hızda 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek açı değerleri olduğu belirlenmiştir. VM kası fleksiyon hareketinde 120 %/sn açısal hızın 240 %/sn açısal hıza göre daha yüksek; ekstansiyon hareketinde ise 60 %/sn açısal hızın 120 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde daha düşük açı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Açısal hızlara göre diz ekstansör kaslarının zirve aktivasyona ulaştıkları tork değerleri karşılaştırıldığında; RF kası sağ ekstremitede 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda oluşturulan tork değerinin 240 %/sn açısal hıza göre; 120 %/sn açısal hızın 180 %/sn açısal hıza göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. RF kası sol ekstremitede 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda oluşturulan tork değerinin 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır. VL kası sağ ekstremitede 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda oluşturulan tork değerinin 240 %/sn açısal hıza göre; 120 %/sn açısal hızın 180 %/sn açısal hıza göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. VL kası sol ekstremitede 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızların 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlara göre; 180 %/sn açısal hızın ise 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. VM kası sağ ekstremitede 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda oluşturulan tork değerinin 240 %/sn açısal hıza göre; 120 %/sn açısal hızın 180 %/sn açısal hıza göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görülmüştür. VM kası sol ekstremitede ise 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızların 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlara göre; 180 %/sn açısal hızın ise 240 %/sn açısal hıza göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır.

Diz ekstansör kaslarının aktivasyon düzeyleri açısal hızlar açısından karşılaştırıldığında; RF kası sağ ekstremitede 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlarda 240 %/sn açısal hıza göre; sol ekstremitede ise 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda 240 %/sn açısal hıza göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. VL ve VM kaslarının aktivasyon

düzeyleri açısız hızı göre değeriendirildiğinde herhangi bir istatistiksel anlamlılık belirlenememiştir.

Araştırmaya katılan deneklerin ulaşılan zirve tork yüzdeleri ile MVC yüzdeleri arasındaki ilişki incelendiğinde; sağ ekstremitede RF kası için 120 %/sn açısız hız hariç tüm açısız hızlarda ve sol ekstremitede tüm açısız hızlarda anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. VL ve VM kaslarında ise sağ ve sol ekstremitelere sadece 240 %/sn açısız hızda tork ve MVC arasında anlamlı düzeyde bir farklılığın olduğu, diğeri açısız hızlarda ise herhangi bir anlamlı farklılığın oluşmadığı belirlenmiştir.

Deli vd. (2011), elit sporculardan oluşan 60 kişilik deney grubu ile yaptıkları çalışmalarında, bilateral ve unilateral izokinetik kas kuvvetleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ve bu farklılığın branşlar için farklı düzeylerde olabileceğini ifade etmişlerdir.

Hadžić vd. (2013) elit düzeyde basketbol sporcuları üzerine yaptıkları çalışmalarında bilateral farklılıkların (%10-15) klinik olarak düşük düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Brown vd. (2014) 32 profesyonel rugby oyuncusu ile yaptıkları çalışmalarında, deneklerin ulaştıkları 60 %/sn açısız hızda ulaştıkları fleksiyon/ekstansiyon zirve tork değerlerinin elit sporcular için normal değerler arasında olduğunu ve deneklerin H/Q oranlarında yine normal değerler içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Menager ve Dauty (2019), farklı spor branşlarından 119 elit sporcu ile yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlarda üretilen zirve tork değerleri arasında anlamlı farklılıkların olduğunu, spor branşları arasında ise sadece futbol branşının diğeri branşlara göre anlamlı düzeyde farklılık oluşturduğunu ve bu farklılığında branşa özgü antrenman metotlarından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca bilateral ve unilateral kuvvet farklılıklarını değerlendirdiklerinde yine tüm branşlarda benzer sonuçların olduğunu ve unilateral gelişime sebep olan branşlarda bilateral farklılık oranlarının artabileceğini ifade etmişlerdir.

Harrison vd. (2013) tarafından rugby sporcularının izokinetik diz ve kalça kuvvetinin sıçrama performansını inceledikleri araştırmalarında, 120 %/sn ve 240 %/sn açısız hızlarda diz ekstansiyon kuvvetleri değerlendirilmiş ve iki hız arasında zirve tork değerlerinde anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca spor branşı gözetmeksizin elit düzeyde sporcularda zirve tork değerlerinin benzer olduğunu ifade etmişlerdir.

De Ste Croix vd. (2009), tarafından sedanter bireyler üzerinde 180 %/sn açısız hızda yaptıkları yorgunluk indeksi çalışmasında, ilk tekrarlar ile son tekrarlar arasındaki kuvvet

kaybının ektansiyonda %60, fleksiyonda %67 olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın sonuçları bu çalışmadaki sonuçlar (%34, %44) ile benzerlik göstermemektedir.

Başka bir çalışmada, Paraschos vd. (2007) yetişkin bireylerin yorgunluk indekslerini belirlemeyi amaçlamış ve %36.1 oranında kuvvet kaybı olduğunu ifade etmişlerdir.

Borges vd. (2015) yaşlı ve genç bireylerin izokinetik kuvvet değerlendirmelerini yaptıkları çalışmalarında, gençlerin yaşlılara göre daha yüksek zirve tork değerlerine ve daha düşük yorgunluk indeksine sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmaya katılan gençlerin tork ortalamalarına bakıldığında, bu çalışmanın denek grubuna göre daha düşük fleksiyon ve ekstansiyon zirve tork ortalaması olduğu görülmüştür.

Tsiokanos vd. (2016) farklı mevkilerde futbol oynayan 72 futbolcu ile yaptıkları diz ekstansör kasları değerlendirmelerinde, 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda yapılan ekstansör değerlendirmelerinde futbolcuların ulaştıkları zirve tork değerleri bu çalışmadaki zirve tork değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca iki açısal hız arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirtilmiştir.

Yılmaz vd. (2019) tarafından futbolcuların çeviklik ve alt ekstremite kuvvetlerinin değerlendirildiği çalışmada 60 %/sn, 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda diz fleksör ve ekstansör kasların zirve tork değerlerine bakılmış ve açısal hız arttıkça üretilen torkun düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Atabek ve Sönmez (2009) tarafından sağlıklı gençler üzerine yapılan bir çalışmada 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda diz fleksör ve ekstansörlerinin zirve tork ve zirve güç performansları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada bilateral ve unilateral farkların normal değerler arasında olduğu ifade edilmiştir.

Schiltz vd. (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada basketbolcuların patlayıcı güç dengesizlikleri incelenmiş ve bilateral değerlendirmelerde 60 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda anlamlı farklılıklar olmadığını; ancak sakatlık geçmişi olana deneklerde farklılıkların ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Durmus vd. (2015) behecet hastaları ve sağlıklı bireylerin diz ekstansör/fleksör kas kuvvetlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, sağlıklı bireyler ile hasta bireyler arasında zirve tork değerlerinde sağlıklı bireyler lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu; ancak her iki grupta da unilateral (H/Q) olarak anlamlı bir farklılığın olmadığını ifade etmişlerdir.

Dauty vd. (2020) tarafından elit bisikletçiler üzerine yapılan bir çalışmada sporcuların 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda zirve tork ve yorgunluk indekleri değerlendirilmiş ve sonuç olarak açısal hız düştükçe tork değerlerinin artacağını ifade etmişlerdir.

Ergün vd. (2004) tarafında 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlarda yapılan izokinetik kuvvet değeriendirmelerinde elit futbolcuların zirve tork ve H/Q oranları incelenmiş, futbolcuların zirve tork değeriendirmelerinin normal sınırlar içerisinde olduğu ve H/Q oranlarının sporcularda sedanter bireylere oranla daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca H/Q oranlarının dominant bacaklarda dominant olmayan bacaklara oranla daha yüksek olduğu da belirlenmiştir.

Zuzana vd. (2017) tarafından 14 futbolcu üzerine yapılan bir çalışmada elde edilen zirve tork değeriendirmeleri ve H/Q oranlarının sporcular için normal düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Krishna vd. (2019) tarafından 18-30 yaş aralığındaki kriket sporcularına yaptıkları çalışmalarında, sporcuların bilateral kuvvet farklılıklarını riskli düzeyde bulmuşlar ve bu durumun sakatlıkları hazırlayıcı bir neden olduğunu dile getirmişlerdir.

Başka bir çalışmada Erdemir (2013) basketbol ve futbolcuların 60 %/sn ve 240 %/sn açısız hızlarda izokinetik kuvvetlerini değeriendirmiş ve iki açısız hız arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca basketbolcuların futbolculara göre daha düşük H/Q oranına sahip olduklarını ifade etmiştir. Her iki hızda da branşlar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını rapor etmişlerdir.

Lehnert vd. (2017) genç futbolcular üzerinde yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn açısız hızda H/Q oranlarının normal değeriendirmeler içerisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Kocahan ve Akınoğlu (2018) farklı mücadele sporlarında yer alan milli takım sporcuları üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn açısız hızda sporculardan elde edilen zirve tork değeriendirmelerinin normal sınırlar içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir. Sporcuların değeriendirmeleri ile bu çalışmadaki deneklerin değeriendirmeleri benzerlik göstermektedir. Çalışmadaki verilere bakıldığında sporcuların H/Q ve bilateral olarak normal sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir.

Yılmaz vd. (2020) tarafından Judo sporcuları üzerine yapılan bir çalışmada 60 %/sn açısız hızda ipsilateral ve bilateral değeriendirmelerde anlamlı farklılıklar olduğu ve bu farklılığın mücadele sporlarındaki unilateralitelikten meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada 180 %/sn açısız hızda ipsilateral ve bilateral değeriendirmelerde herhangi bir farklılık oluşmamıştır. 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlar arasında çalışmamızdakine benzer farklılıklar çıkmıştır.

Simetrik ve asimetric stillerde yüzen yüzücüler üzerine Secchi vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada 60 %/sn açısız hızda zirve tork değeriendirmeleri karşılaştırılmış ve iki grup arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı; ancak H/Q oranlarında asimetric stil yüzücülerinin daha düşük orana sahip oldukları belirtilmiştir.

Jones ve Bampouras (2010) tarafından 13 üniversite sporları sporcuları üzerine yapılan çalışmada deneklerin sağ/sol bacakları arasında hem 60 %/sn hemde 240 %/sn açısız hızlarda anlamlı bir farklılığın olmadığını ifade etmişlerdir.

Cheung vd. (2012) yaptıkları çalışmalarında futbol, basketbol ve voleybol sporcularının izokinetik kuvvetlerini ve H/Q oranlarını değerlendirmiş ve futbolcularla basketbol ve voleybolcuların 60 %/sn açısız hızda diz fleksörleri arasında futbolcular lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu, ekstansör kaslarla ise herhangi bir anlamlı farklılığın olmadığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada futbolcuların diğer branşlara göre daha yüksek H/Q oranına sahip olduklarını ve tüm branşların normal sınırlar içerisinde H/Q oranına sahip olduklarını dile getirmişlerdir.

Başka bir çalışmada Metaxas vd. (2009) basketbol ve rugby sporcularının 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlarda izokinetik kuvvetlerini değerlendirmiş ve 60 %/sn açısız hızda H/Q oranlarının normal değerler içerisinde olduğunu lig seviyesine göre farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Her iki hız içinde sporcuların ulaştıkları tork değerlerinin ise bu çalışmadaki değerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Śliwowski vd. (2021) tarafından ulusal ve uluslararası seviyede futbolcular üzerine yapılan bir çalışmada 60 %/sn açısız hızda zirve tork ve H/Q oranları 240 %/sn açısız hızda ise total iş parametreleri karşılaştırılmış, çalışmanın sonucunda ulusal seviyede olan deneklerde hem fleksör hemde ekstansör kaslarda bilateral farklılıkların ortaya çıktığı, uluslararası düzeydeki denek grubunda ise sadece fleksör kaslar arasında bilateral farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada her iki grup içinde H/Q oranlarının normal düzeylerde olduğu ve baskın ve baskın olmayan bacaklar arasında herhangi bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. 240 %/sn açısız hızda ise total iş düzeylerinde zirve tork değerlerindeki sonuçlara benzer sonuçlar olduğu ifade edilmiştir.

Cotte ve Chatard (2011) premier ligte oynayan futbolcular üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn, 120 %/sn, 180 %/sn ve 240 %/sn açısız hızlarda izokinetik kuvvet değerlendirmeleri yapmış ve açısız hızlar arasında anlamlı farklılıklar bulmuşlardır.

Wong ve Wong (2009) yaptıkları çalışmalarında elit futbolcuların izokinetik kuvvetlerini 60 %/sn, 120 %/sn, 180 %/sn ve 240 %/sn açısız hızlarda değerlendirmiş ve açısız hızlar arasında zirve tork ile relatif tork değerlerinin anlamlı farklılıklara sahip olduğunu ve H/Q oranının bir farklılık oluşturmadığını, hız arttıkça artış gösterdiğini ve normal değerler içerisinde kaldığını ifade etmişlerdir.

Michaelides vd. (2019) yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda izokinetik değerlendirmeler yapmış ve iki hız arasında zirve tork ve relatif torkta anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada H/Q oranları ve bilateral değerlendirmelerde yapılmış, H/Q oranlarının düşük seviyede olduğu, bilateral farklılıkların ise normal sınırlar içerisinde olduğu ifade edilmiştir.

Kofotolis ve Kellis (2007) tarafından 23 sağlıklı bireyle yapılan çalışmada 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda izokinetik değerlendirmeler yapılmış ve açısal hızlar arasında parametreler arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada 180 %/sn açısal hızda yorgunluk indeksi değerlendirmelerinde indeks skoru %45,7 olarak bulunmuştur.

Daneshjoo vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, dominant ve dominant olmayan bacaklarda düşük açısal hızlarda daha yüksek açısal hızlara göre daha fazla zirve tork, relatif tork ve zirve güç değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir.

Kim ve Hong (2011) basketbol ve futbolcular üzerine yaptıkları çalışmalarında H/Q oranlarının %60'ın altında olduğunu belirlemiş ve bunun sakatlık risklerini artırıcı bir durum olduğunu dile getirmişlerdir.

Kalata vd. (2020) farklı spor branşlarında yer alan elit genç sporcuların 60 %/sn açısal hızda izokinetik kuvvetlerini değerlendirdikleri çalışmalarında simetrik ve asimetrik sporlarda H/Q oranlarının düşük seviyede olduğunu ve dominant bacakların daha yüksek H/Q oranına sahip olduğunu, bilateral değerlendirmelerde ise ekstansörler arasında anlamlı farklılıklar varken, fleksörler arasında herhangi bir farklılık olmadığını raporlamışlardır.

Pietraszewski vd. (2020) 16 elit sporcu ile yaptıkları çalışmalarında diz fleksör ve ekstansörlerinin elektromiyografik aktivasyonları arasındaki farkları değerlendirmiş ve sporcuların ekstansörlerinin fleksörlerine göre daha fazla asimetriye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Kong ve Burns (2010) rekreatif olarak aktif olan 40 denekle yaptıkları çalışmalarında diz fleksör ve ekstansörlerinin izokinetik kuvvetlerini 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda değerlendirmiş ve açısal hızlar arasında zirve tork, relatif tork ve H/Q oranlarında anlamlı farklılıklar olduğunu, aynı zamanda H/Q oranının dominant taraflarda daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Exell vd. (2017) tarafından 8 sprinter denekle yapılan çalışmada, sporcuların ekstremite arası kinetik ve kinematik asimetrisi değerlendirilmiş ve bilateral farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir.

Rannama vd. (2015) tarafından yol bisikleti sporcularına yapılan çalışmada 60 °/sn, 180 °/sn ve 240 °/sn açısai hızlarda izokinetik değeriendirmeler yapılmış zirve tork, relatif tork, bilateral ve unilateral değeriendirmeler sonucunda açısai hızlar arasında farklılıklar olduğu belirtilmiştir.

Malý vd. (2010) 12 genç elit sporcu ile yaptıkları çalışmalarında 60 °/sn, 120 °/sn, 180 °/sn ve 240 °/sn açısai hızlarda izokinetik değeriendirmeler yapmış diz ekstansör ve fleksör kaslarında farklı açısai hızlar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu tespit etmiştir. Bilateral değeriendirmelerde ekstansiyon için sadece 60 °/sn açısai hızda anlamlı farklılık olduğunu, fleksiyon için ise 120 °/sn ve 180 °/sn açısai hızlarda anlamlı farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Diđer hızlarda ise herhangi bir anlamlı farklılığın olmadığını ifade etmişlerdir.

Vieira vd. (2016) 14 profesyonel futsal sporcusu üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 °/sn ve 180 °/sn açısai hızlar arasında zirve tork ortalama güç parametrelerinde anlamlı farklılıklar olduğunu ve H/Q oranlarının açısai hız arttıkça yükseldiğini ifade etmişlerdir.

González-Ravé vd. (2014) elit hentbolcular üzerine yaptıkları çalışmada deneklerin 60 °/sn ve 180 °/sn açısai hızlarda değeriendirmeleri yapılmış, açısai hızlar arasında zirve ve relatif tork değerieleri arasında anlamlı fark olduğunu belirtmişlerdir. Bilateral değeriendirmelerde ise her iki açısai hızda herhangi bir anlamlı farklılığın olmadığını belirtmiştir.

Deighan vd. (2012) 11 elit rugby oyuncusu ile yaptıkları çalışmalarında kalça pozisyonunun diz kuvvetine etkisini 60 °/sn ve 180 °/sn açısai hızlarda değeriendirmiş, çalışma sonucunda zirve tork değerielerinin açısai hızlara göre farklılaştığını, H/Q oranlarının normal değerieler içerisinde olduğunu ve açısai hız arttıkça H/Q oranında arttđını dile getirmişlerdir.

Bradic vd. (2009) elit erkek basketbolcuların izokinetik kuvvet profillerini değeriendirmiş, 60 °/sn ve 180 °/sn açısai hızlar arasında zirve tork ve relatif tork değerielerinde anlamlı farklılıklar olduğunu ve oyuncu mevkileri arasında da farklılıklar olduğunu göstermişlerdir.

Kim ve Jeoung (2016)'nın 14 erkek voleybolcunun 60 °/sn açısai hızda izokinetik kas fonksiyonlarını değeriendirdikleri çalışmalarında zirve tork, relatif tork, ortalama güç değerielerinin iyi düzeyde olduğunu, anlamlı düzeyde bilateral farklılıkların olduğunu ve H/Q oranlarının normal değerieler içerisinde olduğunu belirtmiştir.

Andrade vd. (2012) judo, hentbol ve futbol sporcuları üzerine yaptıkları çalışmalarında deneklerin 60 °/sn açısai hızda izokinetik parametrelerini incelemiş ve fleksör zirve tork değerielerinde branşa göre farklılık olmadığını; ancak ekstansör zirve tork değerielerinin farklılık

gösterdiğini ifade etmiştir. H/Q oranlarında ise judo sporcularının hentbol ve futbolculara göre daha düşük düzeyde kaldığını belirtmişlerdir.

Schons vd. (2018) 11 profesyonel voleybolcunun izokinetik kas fonksiyonlarını değerlendirdikleri çalışmalarında zirve tork değerlerinin branş için normal düzeyde olduğunu, 60 %/sn açısız hızda bilateral farklılığın riskli düzeyde olduğunu, 180 %/sn açısız hızda normal değerler içerisinde olduğunu ve H/Q oranlarının açısız hızlara göre farklılık oluşturmadığını ve normal değerler içerisinde olduğunu raporlamıştır.

Yapıcı (2016) voleybol oyuncularının izokinetik değerlendirmesini yaptığı çalışmasında 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlarda dominant ve dominant olmayan bacakların H/Q oranları arasında bir farklılık olmadığını belirtmiştir.

Başka bir çalışmada, Yapıcı vd. (2014) 60 %/sn, 120 %/sn ve 240 %/sn açısız hızlarda voleybolcuların zirve tork ve total iş değerleri ile anaerobik güç ilişkisini değerlendirmiş ve açısız hızlar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmiştir.

Kurdak vd. (2005) elit güreşçilerin diz fleksiyon ve ekstansiyon değerlendirmelerinde birçok açısız hızda zirve tork, relatif tork, total iş ve zirve güç maksimuma ulaşma açısını değerlendirmiş ve araştırma sonucunda zirve tork, relatif tork, total iş ve zirve gücün açısız hız arttıkça düştüğünü, maksimuma ulaşma açısının ise açısız hız arttıkça arttığını raporlamıştır. Aynı çalışmada açısız hıza bağlı olarak H/Q oranları değerlendirilmiş ve 180 %/sn açısız hıza kadar herhangi bir anlamlı farklılık olmadığı ancak 180 %/sn daha fazla hızlarda H/Q oranının arttığını ifade etmişlerdir.

Coban vd. (2021)' nin farklı spor branşlarından 196 sporcu ile 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlarda izokinetik kuvvet değerlendirmelerinde ideal tekrar sayısını belirlemek için yaptıkları çalışmalarında sporcuların zirve tork değerleri arasında farklılık olmadığını ifade etmişlerdir.

de Lira vd. (2017) elit düzey futbol, futsal ve plaj futbolu sporcuları üzerine yaptıkları çalışmalarında branş farklılıklarını, H/Q oranını ve bilateral farklılıkları değerlendirmiş, çalışma sonucunda futsal grubunun diğer iki gruba göre daha düşük performans sergilediğini belirlemiştir. Üç branşta da katılımcıların fleksör ve ekstansör kaslarında bilateral farklılıkların olduğunu dile getirmiştir.

Denadai vd. (2007) 11 orta ve uzun mesafe koşucularında yorgunluğun izokinetik kuvvet üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 180 %/sn açısız hızlarda zirve tork değerlerinin dinlenik durumda sporcular için normal aralıkta olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca yorgunlukla birlikte düşük açısız hızlarda yüksek açısız hızlara göre daha fazla kuvvet kaybının olduğunu belirlemiştir.

Melo vd. (2016) 16 yaşlı ve 11 genç erkek deneğin izokinetik kuvvetlerini değerlendirdikleri çalışmalarında, 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlar arasında daha genç yaşlı deneklerde olduğu gibi farklılıkların olduğunu ve zirve torca ulaşma açılarındaki ise konsantrik kasılmalarda herhangi bir anlamlı farklılığın olmadığını saptamıştır.

Da Silva vd. (2013) direnç antrenmanı yapmış 32 genç oluşturduğu denek grubu ile yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlarda diz fleksör ve ekstansör kaslarının kuvvetlerini değerlendirmiş ve araştırma sonucunda H/Q oranlarının %60 ortalamalarda olduğunu bulmuşlardır. Açısal hızlar arasında ise herhangi bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir.

Ruas vd. (2018) 40 antrenmansız yetişkin erkek üzerine yaptıkları çalışmalarında, farklı izokinetik kasılma protokollerinin diz kuvvet oranına ve performansına etkilerini incelemiş ve araştırmanın sonucunda 60 %/sn, 120 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlar arasında zirve tork değerleri arasında anlamlı farklılıkların olduğunu ve antrenmansız bireylerin sporcu gruplara oranla daha düşük zirve tork ürettiklerini ifade etmiştir.

Mueller vd. (2011) 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda izokinetik testlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında diz fleksör ve ekstansörlerini değerlendirdiklerinde, erkek ve kadın katılımcılarda zirve tork ve total iş parametrelerinde herhangi bir anlamlı farklılığın oluşmadığını ifade etmişlerdir.

Struzik ve Pietraszewski (2015) 12 elit judo sporcusunun izokinetik kas fonksiyonlarını değerlendirdikleri çalışmalarında zirve tork, relatif tork, zirve power ve H/Q oranı değerlerinin normal sınırlar içerisine olduğunu, açısal hızlar arasında ise anlamlı farklılıklar olduğunu belirlemiştir.

Carvalhais vd. (2013) farklı mevkilerden 164 profesyonel futbolcu üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 300 %/sn açısal hızda izokinetik değerlendirmeler yapmış ve sonuç olarak zirve tork ve total iş değerlerinin normal seviyede olduğunu, mevkilere göre zirve tork, total iş ve yorgunluk indeksi değerlendirmelerinde fark olmadığını, her iki bacakta da diz fleksörlerinin diz ekstansörlerine göre daha yüksek yorgunluk indeksine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Dellagrana vd. (2015) 23 elit uzun mesafe koşucuları ile yaptıkları çalışmalarında sporcuların 60 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda izokinetik kas fonksiyonlarını değerlendirmiş ve sonuç olarak zirve tork ve total iş parametrelerinin ekstremiteler arası benzer olduğunu, 240 %/sn açısal hızda zirve güç değerinde fleksör kasları arasındaki asimetrisinin riskli düzeyde olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada H/Q oranlarında ise 240 %/sn açısal hızda tercih

edilen ekstremite yönünde, 60 %/sn açısal hızda ise tercih edilmeyen ekstremite yönünde bilateral farklılıklar olduğu dile getirilmiştir.

Comfort vd. (2011) profesyonel rugby oyuncularını üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn açısal hızda yaptıkları değerlendirmeler sonucunda, zirve tork değerlerinde mevkisel farklılıklar olduğunu, H/Q oranlarının rugby sporu için deneklerin büyük çoğunluğunda normal değerlerin altında kaldığını ve bilateral farklılıkların olmadığını bulmuştur.

Kotrljanovic vd. (2016) 18 elit karate sporcusunun izokinetik kuvvet değerlendirmelerini yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda kadın ve erkeklerin H/Q oranları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını ve kontralateral olarak cinsiyet ve açısal hız açısından bir fark olmadığını raporlamıştır.

Menzel vd. (2013) tarafından 46 elit düzey sporcu üzerine yapılan çalışmada 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda total iş, zirve tork ve relatif tork değerlerini incelemiş ve açısal hızlar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu belirlemiştir. Aynı çalışmada bilateral değerlendirmelerde de açısal hızlar arasında anlamlı farklılıklar olduğu ifade edilmiştir.

Baumgart vd. (2021) 20 rekreasyonel olarak aktif olan birey ile yaptıkları çalışmalarında kalça pozisyonunun diz kuvvetine olan etkisini 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda değerlendirmiş ve kalça fleksiyonda olduğunda diz fleksörlerinin zirve tork değerlerinin arttığını, aynı zamanda H/Q oranının arttığını ve açısal hız arttıkça bu sonuçların aynı şekilde olduğunu saptamıştır.

Wilkosz vd. (2021) 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda 14 elit erkek voleybolcunun izokinetik değerlendirmelerini yaptıkları çalışmalarında zirve tork ve zirve torka ulaşma açısından açısal hızlar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmişler ve bilateral, H/Q değerlendirmelerinde de dominant bacak lehine anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir.

Seo vd. (2015) elit taekwondo sporcularının izokinetik değerlendirmelerini yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda zirve tork, total iş ve yorgunluk indekslerini değerlendirmiş, açısal hızlar arasında farklılıklar olduğunu ve antrenmanlarla bu özelliklerin belli oranda geliştirilebileceğini bildirmiştir.

Vieira vd. (2017) tarafından 16 dalış sporcusu üzerine yapılan çalışmada 60 %/sn açısal hızda izokinetik değerlendirmeler yapılmış ve sporcuların relatif ve zirve tork değerlerinin elit sporcuların seviyesinde olduğu H/Q oranlarının ise düşük seviyede olduğunu bildirmişlerdir.

Bogdanis ve Kalapotharakos (2016) 18 elit futbolcu üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda zirve tork, relatif tork ve H/Q oranlarını değerlendirmiş ve açısal hızlar arasında hız yükseldikçe anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir.

Hori vd. (2021) 58 sprinter ve 40 vücut tipleri uygun sprinter olmayan denek grubuyla yaptığı çalışmasında 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda izokinetik değerlendirmeler yapmış ve çalışma sonucunda diz ekstansörleri ile 60 %/sn açısal hızda 100 m performansı ile ilişkisinin olduğu, 180 %/sn açısal hız ile ise bir ilişkisinin olmadığını ifade etmiştir. Ayrıca aynı çalışmada izokinetik diz ekstansör kas değerlendirme parametreleri ile quadriceps kasının büyüklüğü arasında ilişki olduğu belirlenmiştir.

Ruas vd. (2015) 102 elit futbolcu ile yaptığı çalışmasında 60 %/sn açısal hızda konvensiyonel ve fonksiyonel izokinetik kuvvet değerlendirmeleri yapmış, konvensiyonel olarak herhangi anlamlı bir farklılık oluşmadığını ancak fonksiyonel olarak dominant ve dominant olmayan taraflarda anlamlı farklılıklar olduğunu ve normal değerlerden daha düşük seviyelerde kaldığını ifade etmiştir.

Malloggi vd. (2019) 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlarda quadriceps femoris kasının aktivasyon düzeyini incelemiş ve iki açısal hız arasında aktivasyon düzeyleri arasında anlamlı farklılıkların ortaya çıktığını ifade etmiştir. Bu çalışmaya göre açısal hız arttıkça aktivasyon düzeyi düşmektedir.

Beck vd. (2012) 10 gönüllü erkek ile yaptıkları çalışmalarında deneklerin 180 %/sn açısal hızda yorgunluk oluşturan ekstansiyon tekrarlarının aktivasyonlarına bakmış ve bireylerin aktivasyon düzeylerinin yorgunluk ile birlikte azalmaya başladığını ifade etmişlerdir.

Anders vd. (2020) quadriceps femoris kasının aktivasyon düzeylerini bilateral ve unilateral karşılaştırdıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlarda ekstansörleri incelemiş ve açısal hız arttıkça aktivasyon düzeyinin düştüğünü, bilateral farklılıkların oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Fan vd. (2014) omuz ekleminde farklı açısal hızlar arasında kas aktivasyon düzeyleri arasındaki ilişkiye baktıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 120 %/sn açısal hızlar arasında ekstansör/fleksör kaslar arasında fiziksel ve fizyolojik parametrelerde anlamlı farklılıkların olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada farklı bir eklem gözlemlense de sonuçlar bu çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Cresswell ve Overdal (2002) 60 %/sn açısal hızda ekstansörlerin aktivasyon düzeylerini bilateral ve unilateral olarak değerlendirmiş ve farklılıkların olduğunu ifade etmiştir. Ancak unilateral aktivasyon farklılığının bilateral aktivasyon farklılığından daha yüksek olduğu sonucunu ifade etmişlerdir.

Tsuchiya vd. (2015) 11 sağlıklı bireyle el bileğinde eksantrik kasılmalarda kas aktivasyonunu incelemiş ve araştırma sonucunda deneklerin tekrar sayısı arttıkça aktivasyon düzeylerinin düştüğünü ifade etmişlerdir.

Bond vd. (2017) orta yaşlı erkek ve kadın denekler üzerine yaptığı çalışmasında vastus lateralis ve biceps femoris kaslarının 90 %/sn, 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda aktivasyon düzeylerini incelemiş ve araştırmanın sonucunda, VL kası için hem zirve tork değerlerinde hemde kas aktivasyon düzeylerinde bilateral asimetri olduğu belirlenmiş ve açısal hızlar arasında da anlamlı farklılıklar olduğu ifade edilmiştir.

Kabaciński vd. (2020) 22 elit kürekçi üzerine yaptıkları çalışmalarında hamstring, quadriceps ve erector spinae kaslarının aktivasyon düzeylerini incelemiş, çalışma sonucunda bilateral/unilateral aktivasyon ve zirve tork farklılıklarının olduğunu ifade etmişlerdir. Bu biyoelektriksel aktivasyon farklılıklarının kürekçilerin performanslarına ve hareket modellerine olumsuz etki edebileceğini raporlamışlardır.

Pradhan vd. (2020) 20 genç ve 20 yetişkin ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında farklı yüklenme yoğunluklarında deneklerin aktivasyon düzeylerini değerlendirmiş ve yüklenme yoğunluğu arttıkça aktivasyon düzeylerinin arttığını, gençlerin yetişkinlere göre daha yüksek aktivasyona ulaştıklarını ifade etmişlerdir.

Sandberg vd. (2012) 16 antrenmanlı erkek denek üzerine yaptıkları çalışmalarında 60 %/sn ve 300 %/sn açısal hızlarda kas aktivasyon düzeyleri, zirve tork, total iş parametrelerini değerlendirmiş ve araştırmanın sonucunda düşük ve yüksek hızlarda kas aktivasyon düzeyleri arasında benzerlikler olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada kasın ısınma ve gerdirmeye protokollerinden sonra daha yüksek aktivasyon ve tork değerlerine ulaşabileceği bildirilmiştir.

Beck vd. (2007) izometrik kuvvet antrenmanlarının agonist ve antagonist kaslar üzerine etkilerini incelemiş 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda agonist ve antagonist kaslar arasında fiziksel ve fizyolojik farklılıkların olduğunu ifade etmiştir ve açısal hız arttıkça kas aktivasyonu ve zirve tork değerlerinin düştüğünü ifade etmiştir.

Cometti vd. (2011) 20 sağlıklı birey üzerine yaptıkları çalışmalarında diz ekstansör kaslarının 120 %/sn açısal hızda 6 set 10 tekrarlık protokol yapmalarını istemiş ve setler arası farklılıkları gözlemlemişlerdir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, her set seviyesi geçildiğinde ekstansör kasların aktivasyon düzeylerinde anlamlı düzeyde düşüşlerin meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Carvalho vd. (2014) yaptıkları çalışmalarında konsantrik ve eksantrik kuvvet antrenmanlarının diz ekstansör kaslarının fiziksel özellikleri ve kas aktivasyon düzeyleri

üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 60 %/sn açısal hızda gerçekleştirilen antrenmanlar sonrası deneklerin RF, VL ve VM kaslarının aktivasyon düzeylerinde her iki kasılma antrenmanından sonrada anlamlı derecede yükselmeler olduğu ancak konsantrik antrenmanların daha etkili olabileceği saptanmıştır.

Tang vd. (2015) tarafından patellar dışı çıkıklarda diz ekstansör kaslarının aktivasyon özelliklerini inceledikleri çalışmalarında 120 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda diz ekstansörlerinin fiziksel ve fizyolojik parametrelerini değerlendirmiş, açısal hızlar arasında kas aktivasyon düzeylerinde anlamlı farklılıkların olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca deneklerin kas aktivasyon düzeyleri arasında bilateral farklılıklarında olmadığı belirlenmiştir.

Wei vd. (2020) sağlıklı bireylerde kinesiyoloji bandının kas aktivasyon düzeyine etkilerini inceledikleri araştırmalarında, denekler 60 %/sn açısal hızda denemeler gerçekleştirmiş ve band kullanan/kullanmayan denekler arasında anlamlı farklılık oluşmamıştır. Çalışmada VM ve VL kaslarının ulaştıkları ortalama aktivasyon düzeylerinin bu çalışmada ulaşılan değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Gorsuch vd. (2013), tarafından paralel squat hareketinin diz ekstansör kaslarının aktivasyonu üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında RF kasının diğer kaslara oranla daha fazla aktif olduğunu ve bu durumun kalça ve diz ROM düzeyini artırabileceğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlar arasında H/Q oranları arasında anlamlı farklılıklar olduğu ifade edilmiştir.

Cardoso vd. (2015) yapılan bir çalışmada 6 haftalık kuvvet antrenmanının diz ekstansör kaslarının nöromusküler performansı üzerine etkileri incelenmiş ve çalışmanın sonucunda kuvvet antrenmanlarının ekstansör kasların aktivasyon düzeylerini anlamlı düzeyde artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yılmaz ve Kabadayı (2020) dominant ve dominant olmayan bacakların aktivasyon düzeylerini karşılaştırdıkları çalışmalarında 60 %/sn, 180 %/sn ve 240 %/sn açısal hızlarda değerlendirmeler yapmış ve açısal hızlar arasında hem dominant hemde dominant olmayan bacakların aktivasyon düzeylerinde anlamlı farklılıkların olduğunu ortaya koymuştur.

Yılmaz (2019) yaptığı tez çalışmasında diz kuvveti belirlemede kullanılan testlerin elektromiyografik analizini yapmış ve araştırmanın sonucunda, baskın ve baskın olmayan bacaklar arasında zirve tork, değerlerinde anlamlı farklılıkların olduğunu belirlemiştir. Aynı çalışmada RF, VL ve VM kaslarının aktivasyon düzeylerinde dominant tarafta daha yüksek olduğu ifade edilmiştir.

Diz fleksör ve ekstansör kasların fiziksel özellikleri genel olarak incelendiğinde literatürde yer alan bilgileri destekler niteliktedir. Deneklerin, açısal hızlar arasındaki farklılıkları, zirve tork, ortalama tork, zirve güç, total iş, bilateral farklılıklar ve unilateral farklılık parametreleri literatürle benzer niteliktedir. Açısal hızlar arasındaki zirve tork ve ortalama tork değerlerindeki farklılıkların temel sebebi olarak, izotonik (dinamik) kasılmalarda hareket hızı arttıkça aktin ve miyozinlerin bağlı kalma sürelerinin azalmasına ve bu sebeplede kasılma döngüsünün süresinin azalmasına bağlı olduğu söylenebilir. Hareket hızı arttıkça, kasılma siklusunun süresi azalmakta, aktin miyozine daha kısa süre bağlı kalmaktadır. Bu nedenle, kasların ürettiği zirve tork ve ortalama tork değerlerinde hareket hızı arttıkça düşüşler meydana geldiği gözlemlenmektedir. Ayrıca daha düşük hızlarda daha fazla motor ünitenin aktif olması zirve tork ve ortalama tork değerlerinin düşük hızlarda daha yüksek çıkmasının sebebi olarak gösterilebilir. Daha düşük hızlarda alfa nöronların boyutu ve sinirin seviyesi daha güçlü olması bu durumu tetikleyen bir etmen olarak düşünülebilir. Ayrıca daha yüksek hızlar, nöromüsküler uyumu ve etkinliği düşürebileceğinden, üretilen torkta düşüşler meydana gelebilmektedir. Zirve tork üretimi ve ortalama tork düzeyinin daha düşük hızlarda daha yüksek olmasının sebebi olarak nöromüsküler uyumun daha yüksek ve net olması gösterilebilir.

Zirve tork, zirve güç, ortalama güç ve total iş parametreleri değerlendirilmesi yapılırken kas boyu uzunluğunda göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Deneklerin kas boyu uzunlukları fleksiyon ve ekstansiyon fazlarını tamamlayabilme ve tork/güç üretimini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu sebeple bu parametrelerde meydana gelen farklılıkların, kas boyu ve esneklik seviyesi ile ilgili olduğu düşünülebilir.

Diz fleksör ve ekstansör kasların total iş seviyeleri ile ilgili yapılan literatür taraması sonucunda farklı hızlarda farklı kayıp yüzdelere ulaşıldığını görülmüştür. Çalışmamızda fleksiyon fazlarında sağ bacak için % 34,20'lik, sol bacak için % 32,39'luk bir kayıp; ekstansiyon fazlarında ise sağ bacak için %44,91'lik, sol bacak için ise %42,39'luk bir kayıp belirlenmiştir. Literatür ile karşılaştırıldığında total iş düzeyindeki kaybın literatüre göre daha az olduğu belirlenmiştir. Bunun temel sebebi olarak denek grubunda yer alan sporcuların kassal dayanıklılık düzeyleri, kardiyovasküler özelliklerinin seviyesi, uzun süreli antrenman programlarına maruz kalma ve denek grubunun elit sporculardan oluşması gösterilebilir. Denek grubunda yer alan sporcuların uzun süreli antrenman geçmişlerinin olması ve aktif olarak sporculuk hayatlarına devam ediyor olmaları total iş düzeyindeki kayıpların literatüre göre daha az olmasının sebebi olarak gösterilebilir. Ayrıca deneklerin testler arasında dinlenme ve toparlanma imkanı bulmaları, testlere dinlenik olarak girmeleri daha az kayıp yaşamalarına sebep olmuş olabilir. Başka bir sebep olarak ise denek grubunun genellikle kassal dayanıklılığın

ön planda olduğu branşlardan oluşuyor olması olabilir. Diğer taraftan total iş kaybının düzeyini etkileyen diğer bir etken olarak, denek grubunda yer alan sporcuların kas fibril tipleri gösterilebilir. Bilindiği gibi Tip I ve Tip II kas tipleri farklı fiziksel ve fizyolojik özelliklere sahiptir. Bu anlamda deneklerin kas fibril tipleri kassal dayanıklılık, güç ve tork değerlerine doğrudan etki edebilir.

Deneklerin fiziksel parametreleri bilateral ve unilateral olarak değerlendirildiğinde ise literatürde rapor edilmiş çalışmalarla tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır. Deneklerin bilateral farklılıkları değerlendirildiğinde fleksör kaslar için ortalama %10,08; ekstansör kaslar için ise %11,24'lük bir farklılığın olduğu görülmüştür. Deneklerin fleksör ve ekstansör kasları arasında bilateral farklılıkların olmasının temel sebebi olarak dominantlık durumu gösterilebilir. Birçok canlıda olduğu gibi, insanlarda da beynin bir tarafı diğerine oranla daha baskın olmakta ve buna bağlı olarakta lokomotor hareketler başta olmak üzere birçok beceri baskın olan tarafta daha aktif kullanılmaktadır. Bu kullanma eğilimine bağlı olarak tüm beceriler baskın taraflarda daha çok gelişmektedir. Bu da bilateral farklılıklara yol açmaktadır. Bilateral farklılıkların bir diğer sebebi ise yapılan spor branşının tek taraflı çalışmalara yönelik becerilere sahip olması olabilir. Özellikle kano, taekwondo, boks, tenis gibi branşlarda bilateral farklılıklar bu sebeple daha ön plana çıkabilmekte ve artmaktadır. Bu çalışmanın denekleri içerisinde boks, taekwondo, güreş gibi branşlardan sporcular olduğundan, bilateral farklılıkların seviyesi artmış olabilir.

Bir diğer parametre olan ve spor sakatlıklarını hazırlayıcı en önemli nedenlerden biri olarak gösterilen unilateral farklılıklar (H/Q oranı) genel olarak değerlendirildiğinde çalışmamızın sonuçları literatürdeki sonuçları destekler niteliktedir. Denek grubunun sağ bacak için H/Q oranı % 56,93 iken, sol bacak için ise H/Q oranı % 60,39 olduğu belirlenmiştir. Bu değerler normal değerler içerisinde sayılabilir. Bu değerlerinin normal değerler içerisinde olması, denek grubunun spor yaşının fazla olması, aktif sporculuklarının devam etmesi, elit düzeyde sporcular olmasından kaynaklanıyor olabilir. Diğer taraftan H/Q oranları sportif branşa ve mevkisel farklılıklara bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu çalışmada farklı spor branşlarından sporcular denek olarak kabul edilmesi minimum (sağ % 40,35; sol % 41,71) ve maksimum (sağ % 85,65; sol % 85,61) değerler arasındaki farklılığın sebebi olarak gösterilebilir.

Çalışmamızdan elde edilen kas aktivasyon düzeylerinin kaslar, açısal hızlar ve bilateral farklılıkları değerlendirildiğinde kasların çalışma dizaynında, açısal hızlar arasında ve sağ/sol bacaklar arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Açısal hızlar arasında VL ve VM kaslarının aktivasyon düzeylerinde anlamlı farklılıkların olmaması, RF kasında ise anlamlı farklılıkların olmasının temel sebebi olarak hareket dizaynı ve paterninde RF kasının daha aktif

kullanılması gösterilebilir. Diğer iki kas daha az ve belli açılarda aktif olduğundan açılal hızlar arasında anlamlı farklılıklar oluşmadığı söylenebilir. Aynı zamanda RF kasında düşük hızların yüksek hızlara oranla anlamlı derecede yüksek aktivasyona sahip olması, fiziksel parametrelerde ifade edildiği gibi motor ünite, nöromüsküler uyum, aktin miyozin bağlanma ve kasılma süresi, kas fibril tipi ile ilgili olabileceği düşünülebilir.

Deneklerin aktivasyon düzeyleri bilateral olarak farklılık oluşmaması, denek grubunun elit sporculardan oluşması, deneklerin bilateral farklılıklarının normal sınırlara yakın olması, test standartlarının sabit tutulması ve kas-sinir sisteminin uyumlu çalışması ile açıklanabilir.

Deneklerin maksimal aktivasyona ulaşma açıları açılal hızlara göre değerlendirildiğinde ise her üç kas içinde farklılıklar ortaya çıkmıştır. Genel olarak bakıldığında açılal hızlar arttıkça maksimal aktivasyona ulaşma açılarındaki düşüş gerçekleşmiştir. Bu durumun temel sebebi olarak hareket hızının kasın fizyolojik parametrelerini etkiliyor olması, motor ünitenin daha etkin olması ve hareket paterninin daha hızlı gerçekleşmesi gösterilebilir.

Araştırmaya katılan deneklerin kas oksijen saturasyonları (Smo₂) ve kas içi total hemoglobin (THb) düzeyleri yüklenme şiddetlerine göre değerlendirildiğinde dinlenik düzeyde Smo₂ değerlerinin, %75 %85 ve %100 şiddetlerdeki değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Isınma sonrası, %75, %85 ve %100 arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir. Yüklenme şiddeti arttıkça Smo₂ değerlerinde düşüş gerçekleşmiştir. THb değerleri yüklenme şiddetine göre değerlendirildiğinde; dinlenik, ısınma sonrası, %75 ve %85 yüklenme şiddetlerine göre %100 yüklenme şiddetinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Diğer yüklenme şiddetleri arasında herhangi bir istatistiksel farklılık bulunamamıştır.

Crum vd. (2017) artan yüklenmeli bir bisiklet testinde 10 denek ile moxy cihazının geçerlik ve güvenilirlik analizini yaptıkları çalışmalarında farklı yüklenme seviyelerinde THb ve Smo₂ değerlerindeki değişiklikleri incelemiş ve araştırmanın sonucunda, SmO₂ değerlerinin yüklenme yoğunluğu arttıkça düştüğü, THb değerlerinin ise maksimal yüklenmelere yaklaşıldıkça değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir.

Ruíz-Moreno vd. (2020) kafeinin kas oksijen saturasyonu üzerine akut etkilerini inceledikleri çalışmalarında artan yüklenmeli testlerde kas oksijen saturasyonunu incelemiş ve kafeinin bazı yüklenme şiddetlerinde oksijen saturasyonunu artırdığını ifade etmiştir.

Kodejška vd. (2016) tırmanış sporcularının kol kaslarındaki oksijen saturasyonunu izometrik kasılmalarla inceledikleri çalışmalarında kasılma süresi uzadıkça oksijen saturasyonu düzeyinin düşeceğini dile getirmişlerdir.

Klusiewicz vd. (2021) elit düzey kürekçilerle yaptıkları çalışmalarında kas oksijen saturasyonunun, artan laktat seviyesi ve kalp atım sayısına bağlı olarak azaldığını, THb düzeyinde ise herhangi bir anlamlı farklılığın olmadığını ifade etmişlerdir.

Tew vd. (2010) farklı yüklenme düzeylerinde kas oksijen saturasyonunu inceledikleri çalışmalarında dinlenik durumda Smo2 değerlerinin yüklenmelerden sonrakilere oranla daha yüksek olduğunu, THb değerinde dinlenik durumda daha düşükken yüklenme yoğunluğu arttıkça yükseldiğini raporlamıştır.

Alvares vd. (2020) tarafından 20 sağlıklı ve fiziksel olarak aktif bireyin 60 %/sn ve 180 %/sn açısal hızlarda Smo2 ve THb değerleri incelenmiş ve karşılaştırılmış, araştırmanın sonucunda düşük açısal hızlarda, Smo2 değerlerinin daha yüksek olduğu, THb değerlerinin ise herhangi bir anlamlı farklılık göstermediği saptanmıştır.

Zange vd. (2014) alt ekstremite kaslarında farklı vibrasyon protokollerinin kas oksijen saturasyonu ve total hemoglobin düzeyleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında yüksek frekanslı vibrasyon protokollerinin Smo2 değerlerini hızlıca düşürdüğünü ve THb değerlerini ise dinlenik duruma göre anlamlı düzeyde artırdığını ifade etmiştir. Aynı çalışmada toparlanma sırasında ise her iki değerinde dinlenik duruma daha yavaş döndüğünü dile getirilmiştir.

Fortin ve Billaut (2019) 15 erkek amerikan futbolu oyuncusu üzerine yaptığı çalışmada farklı ısınma protokollerinde tekrarlı sprint, Smo2 ve THb değerlerindeki değişiklikleri incelemiş ve araştırmanın sonucunda, Smo2 ve THb değerlerinde ısınma protokolleri arasında anlamlı farklılıkların olduğunu, Smo2 değerlerinin ısınma ile birlikte anlık arttığını ancak daha sonraki süreçte anlamlı olarak düştüğünü, THb değerinin ise ısınma ile birlikte artış gözlemlendiğini ifade etmiştir.

Nell vd. (2020) hipoksik koşullarda kas oksijen saturasyonu ve total hemoglobin değerleri incelenmiş ve araştırmanın sonucunda, hipoksik koşullarda normoksik koşullara göre Smo2 değerlerinin daha düşük olduğunu, THb değerinin ise hem hipoksik hemde normoksik koşullarda artış eğiliminde olduğunu bildirmiştir.

Gómez-Carmona vd. (2020) 6 farklı squat antrenman protokolünde kas oksijen saturasyonu düzeylerini değerlendirdikleri çalışmalarında, yüklenme kapsamı arttıkça kas oksijen saturasyonu düzeyinde anlamlı düzeyde düşüşlerin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Miranda-Fuentes vd. (2021) tarafından sağlıklı bireylerde direnç antrenmanları sırasında kas oksijen saturasyonu seviyesi üzerine yapılan derleme çalışmasında, analiz edilen

çalışmaların tamamında Smo2 değerlerinin direnç antrenmanları sırasında anlamlı düzeyde düşüş eğiliminde olduğu rapor edilmiştir.

Başka bir çalışmada Davis vd. (2020) farklı squat egzersizleri (ön, arka) sırasında kas oksijen saturasyonu düzeylerini incelemiş ve araştırmanın sonucunda, farklı egzersizlerde Smo2 değerleri arasında anlamlı farklılıkların olmadığını ancak toparlanma sürecinde farklılıklar olduğunu saptamıştır.

Bujalance-Moreno vd. (2020) futbolcuların 4*4 küçük alan oyunlarındaki fiziksel ve fizyolojik akut yanıtlarını inceledikleri çalışmalarında THb ve Smo2 değerlerinde yüklenmeler arasında herhangi bir farklılığın olmadığını bildirmiştir.

Timón vd. (2017) farklı squat antrenmanlarının Smo2 ve THb değerleri üzerine etkilerini incelemiş ve sonuç olarak, hem Smo2 hemde THb değerlerinde anlamlı düzeyde düşüşler meydana geldiğini bildirmiştir.

Genel olarak bakıldığında çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmaları destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Literatürde farklı denek gruplarında ve farklı protokollerde yapılan Smo2 ve THb değerlendirmelerinde çıkan sonuçlar ile bu çalışmanın sonuçları benzerlik göstermiştir. Literatürden elde edilen bilgiler ışığında, kas Smo2 seviyesi genel olarak içsel yüklenme indeksi olarak kullanıldığı ifade edilmiştir. Antrenör ve egzersiz koçları tarafında bir yüklenme şiddeti belirleyicisi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir. Kas Smo2 düzeyinin yüklenme şiddetine bağlı olarak farklı seviyelerde yükselmesinin temel sebebi olarak yorgunluk ve yorgunluğa bağlı olarak kan içerisinde laktik asit ve diğer atık maddelerin yoğunluğunun artması gösterilebilir. Kas ve kanda atık maddelerin artışı; miyogloblin, hemogloblin, mitokondri gibi elementlerin fonksiyonlarını engelliyor olabilir. Buna bağlı olarak kas oksijen saturasyonu düzeylerinde ciddi düşüşler meydana geldiği düşünülebilir. Başka bir sebep olarak, deneklerin metabolik farklılıkları, spor branşları ve branşa özgü fizyolojik farklılıklar, antrenman yaşı, hastalık durumu, kas-sinir sistemi sağlığı, beslenme ve toparlanma faktörleri Smo2 değerlerinin yüklenmelere bağlı olarak düşüşünde etkisi olduğu düşünülebilir. Özellikle aerobik eşik geçildikten sonraki yüklenmelerde, yüklenme şiddeti arttıkça Smo2 düşüşünün artmasının temel sebebi olarak kas ve kanda oluşan atık maddelerin hacminin artması ve kardiyovasküler dayanıklılık seviyesi gösterilebilir.

Öneriler

- ✓ Gelecek çalışmalarda daha geniş ve farklı örneklem grupları ile çalışmalar dizayn edilebilir.
- ✓ Farklı eklemlerde, farklı kas grupları arasında yeni çalışmalar dizayn edilebilir.
- ✓ Sportif beceriler uygulanırken, kasta meydana gelen fizyolojik ve fiziksel değişimler gözlemlenebilir.
- ✓ Farklı kasılma türleri ile yeni araştırmalar dizayn edilebilir.
- ✓ Farklı kasılma türleri arasındaki kas fiziksel ve fizyolojik özellikleri karşılaştırılabilir.
- ✓ Farklı yaş gruplarındaki örneklem gruplarının analizleri yapılabilir.
- ✓ Agonist antagonist kasların dahil edildiği aktivasyon çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Abulhasan, J. F., & Grey, M. J. (2017). Anatomy and physiology of knee stability. *Journal of Functional Morphology and kinesiology*, 2(4), 34.
- Alvares, T. S., Oliveira, G. V. d., Soares, R., & Murias, J. M. (2020). Near-infrared spectroscopy-derived total haemoglobin as an indicator of changes in muscle blood flow during exercise-induced hyperaemia. *Journal of sports sciences*, 38(7), 751-758.
- Amaral, G. M., Marinho, H. V., Ocarino, J. M., Silva, P. L., Souza, T. R. d., & Fonseca, S. T. (2014). Muscular performance characterization in athletes: a new perspective on isokinetic variables. *Brazilian journal of physical therapy*, 18, 521-529.
- Anders, J. P. V., Keller, J. L., Smith, C. M., Hill, E. C., Neltner, T. J., Housh, T. J., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2020). Performance fatigability and neuromuscular responses for bilateral and unilateral leg extensions in men. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 20(3), 325.
- Andrade, M. D. S., De Lira, C. A. B., Koffes, F. D. C., Mascarin, N. C., Benedito-Silva, A. A., & Da Silva, A. C. (2012). Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of sports sciences*, 30(6), 547-553.
- ArthritisHealth. (2020). <https://www.arthritis-health.com/types/joint-anatomy/knee-anatomy>.
Erişim Tarihi: 27.01.2021
- Atabek, H. Ç., & Sönmez, G. A. (2009). The relationship between isokinetic strength of knee extensors/flexors, jumping and anaerobic performance. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(2), 79-83.
- Augusto, V., Padovani, C. R., & Campos, G. E. R. (2017). Skeletal muscle fiber types in C57BL6J mice. *Journal of Morphological Sciences*, 21(2), 0-0.
- Barbero, M., Merletti, R., & Rainoldi, A. (2012). *Atlas of muscle innervation zones: understanding surface electromyography and its applications*. Springer Science & Business Media.
- Baumann, C. A., Hinckel, B. B., & Tanaka, M. J. (2019). Update on patellofemoral anatomy and biomechanics. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 27(4), 150683.
- Baumgart, C., Kurz, E., Freiwald, J., & Hoppe, M. W. (2021). Effects of Hip Flexion on Knee Extension and Flexion Isokinetic Angle-Specific Torques and HQ-Ratios. *Sports Medicine-Open*, 7(1), 1-10.

- Beck, T. W., Housh, T. J., Johnson, G. O., & Weir, J. P. (2007). Effects of two days of isokinetic training on strength and electromyographic amplitude in the agonist and antagonist muscles. *Journal of strength and conditioning research*, 21(3), 757.
- Beck, T. W., Stock, M. S., & DeFreitas, J. M. (2012). Differences in muscle activation patterns among the quadriceps femoris muscles during fatiguing isokinetic leg extensions. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(1), 5-12.
- Benninger, B. (2016). 20 Knee joint. *Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation*, 181.
- Biga, L. M., Dawson, S., Harwell, A., Hopkins, R., Kaufmann, J., LeMaster, M., Matern, P., Morrison-Graham, K., Quick, D., & Runyeon, J. (2020). Anatomy & physiology.
- Biodex. (2020). https://www.biodex.com/sites/default/files/835000man_06159.pdf. Erişim Tarihi: 12.02.2021
- Bogdanis, G., & Kalapotharakos, V. (2016). Knee extension strength and hamstrings-to-quadriceps imbalances in elite soccer players. *International journal of sports medicine*, 37(02), 119-124.
- Bond, C. W., Cook, S. B., Swartz, E. E., & Laroche, D. P. (2017). Asymmetry of lower extremity force and muscle activation during knee extension and functional tasks. *Muscle & nerve*, 56(3), 495-504.
- Boone, T. (2014). *Introduction to exercise physiology*. Jones & Bartlett Publishers.
- Borges, V. S., Domingues, J. M., Dias, R. C., Garcia, P. A., & Dvir, Z. (2015). Strength and torque consistency of the hip and knee flexors and extensors: A comparative study of elderly and young individuals. *Isokinetics and Exercise Science*, 23(1), 45-51.
- Bradic, A., Bradic, J., Pasalic, E., & Markovic, G. (2009). Isokinetic leg strength profile of elite male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1332-1337.
- Braithwaite, B., Plamondon, R., & Begon, M. (2020). Muscle activation profiles based on the proportionality hypothesis of the Kinematic Theory of Human Movements. 2020 17th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR),
- Brenner, J. S. (2016). Sports specialization and intensive training in young athletes. *Pediatrics*, 138(3).
- Brown, S. R., Brughelli, M., Griffiths, P. C., & Cronin, J. B. (2014). Lower-extremity isokinetic strength profiling in professional rugby league and rugby union. *International journal of sports physiology and performance*, 9(2), 358-361.
- Buckworth, J. (2013). *Exercise psychology*. Human kinetics.

- Bujalance-Moreno, P., Latorre-Román, P. A., Ramírez-Campillo, R., & Garcia-Pinillos, F. (2020). Acute responses to 4 vs. 4 small-sided games in football players. *Kinesiology*, 52(01), 46-53.
- Calderón, J. C., Bolaños, P., & Caputo, C. (2014). The excitation–contraction coupling mechanism in skeletal muscle. *Biophysical reviews*, 6(1), 133-160.
- Cardoso, E., Bottaro, M., Rodrigues, P., Souza, I. E., Durigan, J., Lima, R. M., Júnior, S. A. O., & Carregaro, R. L. (2015). Effects of six weeks of resistance exercise with reciprocal contractions on knee extensors neuromuscular performance: Randomized controlled trial. *Isokinetics and Exercise Science*, 23(2), 109-116.
- Carvalhais, V. O. d. C., Santos, T. R. T. d., Araújo, V. L., Leite, D. X., Dias, J. M. D., & Fonseca, S. T. d. (2013). Muscular strength and fatigue index of knee extensors and flexors of professional soccer players according to their positioning in field. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 19(6), 452-456.
- Carvalho, A., Caserotti, P., Carvalho, C., Abade, E., & Sampaio, J. (2014). Effect of a short time concentric versus eccentric training program on electromyography activity and peak torque of quadriceps. *Journal of human kinetics*, 41, 5.
- Cerrah, A. O., Ertan, H., & Soyulu, A. R. (2010). Spor Bilimlerinde Elektromiyografi Kullanımı. *Spor metre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 43-49.
- Chan, K., & Maffulli, N. (1996). Principles and practice of isokinetics. *Sports Medicine and Rehabilitation*. Korkia, P, and Li, R, eds. Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 22-30.
- Cheung, R. T., Smith, A. W., & Wong, D. P. (2012). H: Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *Journal of human kinetics*, 33, 63.
- Ciciliot, S., Rossi, A. C., Dyar, K. A., Blaauw, B., & Schiaffino, S. (2013). Muscle type and fiber type specificity in muscle wasting. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 45(10), 2191-2199.
- Clarke, M. (2010). Muscle sliding filaments. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 9(1), s7-s7.
- Coban, O., Yildirim, N. U., Yasa, M. E., Akinoglu, B., & Kocahan, T. (2021). Determining the number of repetitions to establish isokinetic knee evaluation protocols specific to angular velocities of 60°/second and 180°/second. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 25, 255-260.
- Cometti, C., Deley, G., & Babault, N. (2011). Effects of between-set interventions on neuromuscular function during isokinetic maximal concentric contractions of the knee extensors. *Journal of sports science & medicine*, 10(4), 624.

- Comfort, P., Graham-Smith, P., Matthews, M. J., & Bamber, C. (2011). Strength and power characteristics in English elite rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1374-1384.
- Cotte, T., & Chatard, J. (2011). Isokinetic strength and sprint times in English premier league football players. *Biology of Sport*, 28(2), 89.
- Cozette, M., Leprêtre, P.-M., Doyle, C., & Weissland, T. (2019). Isokinetic strength ratios: Conventional methods, current limits and perspectives. *Frontiers in physiology*, 10, 567.
- Cresswell, A., & Overdal, A. (2002). Muscle activation and torque development during maximal unilateral and bilateral isokinetic knee extensions. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(1), 19.
- Criswell, E. (2010). *Cram's introduction to surface electromyography*. Jones & Bartlett Publishers.
- Crum, E., O'connor, W., Van Loo, L., Valckx, M., & Stannard, S. (2017). Validity and reliability of the Moxy oxygen monitor during incremental cycling exercise. *European journal of sport science*, 17(8), 1037-1043.
- Cuadra, C., Wojnicz, W., Kozinc, Z., & Latash, M. L. (2020). Perceptual and motor effects of muscle co-activation in a force production task. *Neuroscience*, 437, 34-44.
- Cvjetkovic, D. D., Bijeljic, S., Palija, S., Talic, G., Radulovic, T. N., Kosanovic, M. G., & Manojlovic, S. (2015). Isokinetic testing in evaluation rehabilitation outcome after ACL reconstruction. *Medical Archives*, 69(1), 21.
- Da Silva, B. G., Bottaro, M., Weber, F. S., Radaelli, R., Gaya, A. R., Cardoso, M. S., Brown, L. E., Carregaro, R., & Pinto, R. S. (2013). Comparison of hamstring/quadriceps ratio between isoinertial and isokinetic measurements. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(2), 107-112.
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of human kinetics*, 36, 45.
- Dauty, M., Menu, P., Mesland, O., & Fouasson-Chailloux, A. (2020). Muscle strength particularity of grand tour cyclists from knee isokinetic assessment. *SCIENCE & SPORTS*, 35(2), 82-90.
- Davis, P. R., Yakel, J. P., & Anderson, D. J. (2020). Muscle oxygen demands of the vastus lateralis in back and front squats. *International Journal of Exercise Science*, 13(6), 734.
- de Lira, C. A., Mascarin, N. C., Vargas, V. Z., Vancini, R. L., & Andrade, M. S. (2017). Isokinetic knee muscle strength profile in Brazilian male soccer, futsal, and beach soccer

- players: a cross-sectional study. *International journal of sports physical therapy*, 12(7), 1103.
- De Luca, C. (2006). Electromyography. *Encyclopedia of medical devices and instrumentation*.
- De Ste Croix, M. B., Deighan, M. A., Ratel, S., & Armstrong, N. (2009). Age-and sex-associated differences in isokinetic knee muscle endurance between young children and adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(4), 725-731.
- Deighan, M. A., Serpell, B. G., Bitcon, M. J., & Croix, M. D. S. (2012). Knee joint strength ratios and effects of hip position in rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1959-1966.
- Deli, C. K., Paschalis, V., Theodorou, A. A., Nikolaidis, M. G., Jamurtas, A. Z., & Koutedakis, Y. (2011). Isokinetic knee joint evaluation in track and field events. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2528-2536.
- Dellagrana, R. A., Diefenthaler, F., Carpes, F. P., Hernandez, S. G., & de Campos, W. (2015). Evidence for isokinetic knee torque asymmetries in male long distance-trained runners. *International journal of sports physical therapy*, 10(4), 514.
- Denadai, B. S., Greco, C. C., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2007). Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. *Isokinetics and Exercise Science*, 15(4), 281-285.
- Dold, A. P., Swensen, S., Strauss, E., & Alaia, M. (2017). The posteromedial corner of the knee: anatomy, pathology, and management strategies. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 25(11), 752-761.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663-675.
- Draper, N., & Marshall, H. (2014). *Exercise physiology: for health and sports performance*. Routledge.
- Drum, S. N., Weatherwax, R., & Dixon, J. B. (2016). Physiology of skeletal muscle. In *Muscular Injuries in the Posterior Leg* (pp. 13-25). Springer.
- Durmus, B., Emre, S., Sahin, N., Karıncaoglu, Y., Dogan, E., Baysal, O., Ersoy, Y., & Altay, Z. (2015). Isokinetic evaluation of knee extensor/flexor muscle strength in Behcet's patients. *Acta reumatologica portuguesa*, 40(4).
- Edouard, P., Samozino, P., Julia, M., Cervera, S. G., Vanbiervliet, W., Calmels, P., & Gremeaux, V. (2011). Reliability of isokinetic assessment of shoulder-rotator strength: a systematic review of the effect of position. *Journal of sport rehabilitation*, 20(3), 367-383.

- Ehrman, J. K., Kerrigan, D., & Keteyian, S. (2018). *Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications*. Human Kinetics.
- El-Ashker, S., Carson, B. P., Ayala, F., & Croix, M. D. S. (2017). Sex-related differences in joint-angle-specific functional hamstring-to-quadriceps strength ratios. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(3), 949-957.
- Enoka, R., & Duchateau, J. (2016). Physiology Activation And Of Muscle Force Generation. *Surface Electromyography: Physiology, Engineering, and Applications*, 1.
- Erdemir, I. (2013). Comparative analysis of isokinetic leg strength in professional soccer and basketball players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 35(2), 73-82.
- Ergün, M., İşlegen, C., & Taşkiran, E. (2004). A cross-sectional analysis of sagittal knee laxity and isokinetic muscle strength in soccer players. *International journal of sports medicine*, 25(08), 594-598.
- Eustace, S. J., Page, R. M., & Greig, M. (2017). Contemporary approaches to isokinetic strength assessments in professional football players. *Science and Medicine in Football*, 1(3), 251-257.
- Exell, T., Irwin, G., Gittoes, M., & Kerwin, D. (2017). Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(11), 1273-1282.
- Fan, J.-Z., Liu, X., & Ni, G.-X. (2014). Angular velocity affects trunk muscle strength and EMG activation during isokinetic axial rotation. *BioMed research international*, 2014.
- Farina, D., Negro, F., Gazzoni, M., & Enoka, R. M. (2008). Detecting the unique representation of motor-unit action potentials in the surface electromyogram. *Journal of neurophysiology*, 100(3), 1223-1233.
- Flandry, F., & Hommel, G. (2011). Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports medicine and arthroscopy review*, 19(2), 82-92.
- Fortin, J.-F., & Billaut, F. (2019). Blood-flow restricted warm-up alters muscle hemodynamics and oxygenation during repeated sprints in American football players. *Sports*, 7(5), 121.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., Foss, M. L., Cerit, M., & Yaman, H. (2011). *Beden eğitimi ve sporun fizyolojik temelleri*. Bağrgan Yayinevi.
- Frank, G. B., Bianchi, C. P., & Keurs, H. (2012). *Excitation-contraction coupling in skeletal, cardiac, and smooth muscle* (Vol. 311). Springer Science & Business Media.
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified tissue international*, 96(3), 183-195.

- Gabriel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149.
- Garcia, M. C., & Vieira, T. (2011). Surface electromyography: Why, when and how to use it. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 4(1), 17-28.
- Geeves, M. A., & Holmes, K. C. (2005). The molecular mechanism of muscle contraction. *Advances in protein chemistry*, 71, 161-193.
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Rojas-Valverde, D., de la Cruz Sánchez, E., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2020). Lower-limb dynamics of muscle oxygen saturation during the back-squat exercise: Effects of training load and effort level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(5), 1227-1236.
- González-Ravé, J. M., Juárez, D., Rubio-Arias, J. A., Clemente-Suarez, V. J., Martínez-Valencia, M. A., & Abian-Vicen, J. (2014). Isokinetic leg strength and power in elite handball players. *Journal of human kinetics*, 41, 227.
- Gorsuch, J., Long, J., Miller, K., Primeau, K., Rutledge, S., Sossong, A., & Durocher, J. J. (2013). The effect of squat depth on multiarticular muscle activation in collegiate cross-country runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(9), 2619-2625.
- Green, B., Bourne, M. N., & Pizzari, T. (2018). Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 52(5), 329-336.
- Greising, S. M., Gransee, H. M., Mantilla, C. B., & Sieck, G. C. (2012). Systems biology of skeletal muscle: fiber type as an organizing principle. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 4(5), 457-473.
- Groeber, M., Stafilidis, S., & Baca, A. (2021). The effect of stretch–shortening magnitude and muscle–tendon unit length on performance enhancement in a stretch–shortening cycle. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14.
- Günay, M., Şıktar E., & E., Ş. (2018). *Antrenman Bilimi* (Vol. 1). Gazi Kitavevi.
- Günay, M., Tamer, K., Cicioğlu, H., & Şıktar, E. (2019). Spor fizyolojisi ve performans ölçüm testleri.
- Hadžić, V., Erčulj, F., Bračić, M., & Dervišević, E. (2013). Bilateral concentric and eccentric isokinetic strength evaluation of quadriceps and hamstrings in basketball players. *Collegium antropologicum*, 37(3), 859-865.
- Hadzic, V., Sattler, T., Markovic, G., Veselko, M., & Dervisevic, E. (2010). The isokinetic strength profile of quadriceps and hamstrings in elite volleyball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 18(1), 31-37.

- Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*. Human kinetics.
- Harbo, T., Brincks, J., & Andersen, H. (2012). Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. *European journal of applied physiology*, *112*(1), 267-275.
- Harput, G. (2020). Kinesiology of the knee joint. In *Comparative Kinesiology of the Human Body* (pp. 393-410). Elsevier.
- Harrison, B., Firth, W., Rogers, S., Tipple, J., Marsden, J., Freeman, J. A., Hough, A. D., & Shum, G. L. (2013). The relationship between isokinetic performance of hip and knee and jump performance in university rugby players. *Isokinetics and Exercise Science*, *21*(2), 175-180.
- Hart, N. H., Nimphius, S., Weber, J., Spiteri, T., Rantalainen, T., Dobbin, M., & Newton, R. U. (2016). Musculoskeletal asymmetry in football athletes: a product of limb function over time. *Medicine and science in sports and exercise*, *48*(7), 1379-1387.
- Hashim, H. A., Hanafi, H., & Yusof, A. (2011). The effects of progressive muscle relaxation and autogenic relaxation on young soccer players' mood states. *Asian journal of sports medicine*, *2*(2), 99.
- Havolli, J., Bahtiri, A., Kambič, T., Idrizović, K., Bjelica, D., & Pori, P. (2020). Anthropometric Characteristics, Maximal Isokinetic Strength and Selected Handball Power Indicators Are Specific to Playing Positions in Elite Kosovan Handball Players. *Applied Sciences*, *10*(19), 6774.
- Hegyí, A., Csala, D., Péter, A., Finni, T., & Cronin, N. J. (2019). High-density electromyography activity in various hamstring exercises. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *29*(1), 34-43.
- Hepple, R. T., & Rice, C. L. (2016). Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle. *The Journal of physiology*, *594*(8), 1965-1978.
- Hernández-Davó, J., Sabido, R., Moya-Ramón, M., & Blazevich, A. (2015). Load knowledge reduces rapid force production and muscle activation during maximal-effort concentric lifts. *European journal of applied physiology*, *115*(12), 2571-2581.
- Herzog, W. (2018). The mysteries of eccentric muscle action. *Journal of sport and health science*, *7*(3), 253.
- Herzog, W., Leonard, T. R., Joumaa, V., DuVall, M. M., & Panchangam, A. (2012). The three filament model of skeletal muscle stability and force production.
- Herzog, W., Leonard, T. R., Joumaa, V., & Mehta, A. (2008). Mysteries of muscle contraction. *Journal of applied biomechanics*, *24*(1), 1-13.

- Herzog, W., Powers, K., Johnston, K., & Duvall, M. (2015). A new paradigm for muscle contraction. *Frontiers in physiology*, 6, 174.
- Hopkins, P. M. (2006). Skeletal muscle physiology. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, 6(1), 1-6.
- Hori, M., Suga, T., Terada, M., Tanaka, T., Kusagawa, Y., Otsuka, M., Nagano, A., & Isaka, T. (2021). Relationship of the knee extensor strength but not the quadriceps femoris muscularity with sprint performance in sprinters: a reexamination and extension. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(1), 1-10.
- Huddart, H. (2013). *The comparative structure and function of muscle*. Elsevier.
- Hug, F., Hodges, P. W., & Tucker, K. (2015). Muscle force cannot be directly inferred from muscle activation: illustrated by the proposed imbalance of force between the vastus medialis and vastus lateralis in people with patellofemoral pain. *Journal of orthopaedic & Sports physical therapy*, 45(5), 360-365.
- Iannotti, J. P., & Parker, R. (2012). *The Netter Collection of Medical Illustrations: Musculoskeletal System, Volume 6, Part II-Spine and Lower Limb E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Irving, M. (2017). Regulation of contraction by the thick filaments in skeletal muscle. *Biophysical journal*, 113(12), 2579-2594.
- Jones, P. A., & Bampouras, T. M. (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6), 1553-1558.
- Kabaciński, J., Fryzowicz, A., Błaszczuk, A., Murawa, M., Gorwa, J., & Ogurkowska, M. B. (2020). Comparison of isokinetic knee torque and bioelectrical activity for hamstrings, quadriceps and erector spinae muscles in elite rowers. *Sports biomechanics*, 1-11.
- Kalata, M., Maly, T., Hank, M., Michalek, J., Bujnovsky, D., Kunzmann, E., & Zahalka, F. (2020). Unilateral and Bilateral Strength Asymmetry among Young Elite Athletes of Various Sports. *Medicina*, 56(12), 683.
- Kato, K., Muraoka, T., Higuchi, T., Mizuguchi, N., & Kanosue, K. (2014). Interaction between simultaneous contraction and relaxation in different limbs. *Experimental brain research*, 232(1), 181-189.
- Kenhub. (2021). <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-knee-joint>. Erişim Tarihi: 24.01.2021
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Human kinetics.

- Kim, C.-G., & Jeoung, B. J. (2016). Assessment of isokinetic muscle function in Korea male volleyball athletes. *Journal of exercise rehabilitation*, 12(5), 429.
- Kim, D., & Hong, J. (2011). Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(1), 1-6.
- Klusiewicz, A., Rębiś, K., Ozimek, M., & Czaplicki, A. (2021). The use of muscle near-infrared spectroscopy (NIRS) to assess the aerobic training loads of world-class rowers. *Biology of Sport*, 38(4), 713-719.
- Kocahan, T., & Akinoğlu, B. (2018). Determination of the relationship between core endurance and isokinetic muscle strength of elite athletes. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(3), 413.
- Kodejška, J., Michailov, M. L., & Baláš, J. (2016). Forearm muscle oxygenation during sustained isometric contractions in rock climbers. *Auc Kineanthropologica*, 51(2), 48-55.
- Kofotolis, N. D., & Kellis, E. (2007). Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport*, 8(3), 109-116.
- Koley, S. (2020). *Physiology of Exercise*. Friends Publications (India).
- Kong, P. W., & Burns, S. F. (2010). Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport*, 11(1), 12-17.
- Konrad, P. (2005). The abc of emg. *A practical introduction to kinesiological electromyography*, 1(2005), 30-35.
- Kotrljanovic, A., Atanasov, D., Veljovic, D., & Drid, P. (2016). An isokinetic profile in senior female and male karate athletes national team level.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., & Deschenes, M. R. (2011). *Exercise physiology: integrating theory and application*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Krishna, S. A., Alwar, T. K., Sibeko, S., Ranjit, S., & Sivaraman, A. (2019). Plyometric-based training for isokinetic knee strength and jump performance in cricket fast bowlers. *International journal of sports medicine*, 40(11), 704-710.
- Kuan, J.-Y., Pasch, K. A., & Herr, H. M. (2014). Design of a knee joint mechanism that adapts to individual physiology. 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society,
- Kuo, I. Y., & Ehrlich, B. E. (2015). Signaling in muscle contraction. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 7(2), a006023.

- Kurdak, S. S., Özgüven, K., Adas, Ü., Zeren, C., Aslangiray, B., Yazıcı, Z., & Korkmaz, S. (2005). Analysis of isokinetic knee extension/flexion in male elite adolescent wrestlers. *Journal of sports science & medicine*, 4(4), 489.
- Lehnert, M., Stastny, P., Tufano, J. J., & Stolfa, P. (2017). Changes in isokinetic muscle strength in adolescent soccer players after 10 weeks of pre-season training. *The Open Sports Sciences Journal*, 10(1).
- Li, T., Gu, Y. T., & Oloyede, A. (2014). Molecular sliding filament model for muscular contraction based on multiscale investigation. *Science of Advanced Materials*, 6(7), 1346-1350.
- Lieber, R. L. (2002). *Skeletal muscle structure, function, and plasticity*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Lindstedt, S. L. (2016). Skeletal muscle tissue in movement and health: positives and negatives. *Journal of Experimental Biology*, 219(2), 183-188.
- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Jeffriess, M. D., & Callaghan, S. J. (2012). The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(3), 211-219.
- Ludvig, D., Whitmore, M. W., & Perreault, E. J. (2020). Contributions of joint mechanics and neural control to the generation of torque during movement. 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC),
- Lynn, S. K., Watkins, C. M., Wong, M. A., Balfany, K., & Feeney, D. F. (2018). Validity and reliability of surface electromyography measurements from a wearable athlete performance system. *Journal of sports science & medicine*, 17(2), 205.
- MacDonald, G. Z., Penney, M. D., Mullaley, M. E., Cuconato, A. L., Drake, C. D., Behm, D. G., & Button, D. C. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 812-821.
- Maffulli, N. (1996). *Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation*. Human Kinetics 1.
- Malloggi, C., Catino, L., Rota, V., Scarano, S., & Tesio, L. (2019). Measuring voluntary activation of the Quadriceps femoris during isokinetic concentric contractions. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(2), 125-134.
- Maloney, S. J. (2019). The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2579-2593.

- Malý, T., Zahálka, F., & Malá, L. (2010). Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle torque in knee flexors and extensors in elite young soccer players. *Acta Kinesiologica*, 4(2), 17-23.
- Masouros, S., Bull, A., & Amis, A. (2010). (i) Biomechanics of the knee joint. *Orthopaedics and Trauma*, 24(2), 84-91.
- Massó, N., Rey, F., Romero, D., Gual, G., Costa, L., & Germán, A. (2010). Surface electromyography applications in the sport. *Apunts Med Esport*, 45(165), 121-130.
- Masumoto, J., & Inui, N. (2010). Control of increasing or decreasing force during periodic isometric movement of the finger. *Human movement science*, 29(3), 339-348.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McCallie, M. S., Blum, C. M., & Hood, C. J. (2006). Progressive muscle relaxation. *Journal of human behavior in the social environment*, 13(3), 51-66.
- Melo, R. C., Takahashi, A. C., Quitério, R. J., Salvini, T. F., & Catai, A. M. (2016). Eccentric torque-producing capacity is influenced by muscle length in older healthy adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 259-266.
- Menager, E., & Dauty, M. (2019). Isokinetic knee muscle strength profile in accordance with the practice of basketball, handball, volleyball, cycling or football at a professional level. *SCIENCE & SPORTS*, 34(6), 401-409.
- Menzel, H.-J., Chagas, M. H., Szmuchrowski, L. A., Araujo, S. R., de Andrade, A. G., & de Jesus-Moraleida, F. R. (2013). Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1370-1377.
- Merletti, R., Botter, A., & Barone, U. (2016). Detection and conditioning of surface EMG signals. In *Surface Electromyography: Physiology, Engineering, and Applications* (pp. 54-90). Wiley.
- Merletti, R., & Farina, D. (2016). *Surface electromyography: physiology, engineering, and applications*. John Wiley & Sons.
- Merlo, A., & Campanini, I. (2010). Technical aspects of surface electromyography for clinicians. *The open rehabilitation journal*, 3(1).
- Metaxas, T. I., Koutlianos, N., Sendelides, T., & Mandroukas, A. (2009). Preseason physiological profile of soccer and basketball players in different divisions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1704-1713.
- Michaelides, M. A., Parpa, K. M., & Zacharia, A. I. (2019). Assessment of Lower Body and Abdominal Strength in Professional Soccer Players. *Journal of human kinetics*, 70, 15.

- Miller, C. (2020). 12.4 Muscle Contraction. *Human Biology*.
- Miller, S. C. (2014). *Mechanical factors affecting the estimation of tibialis anterior force using an EMG-driven modelling approach* [Brunel University].
- Milner, C. E. (2019). *Functional Anatomy for Sport and Exercise: A Quick A-to-Z Reference* Routledge.
- Miranda-Fuentes, C., Chiroso-Ríos, L. J., Guisado-Requena, I. M., Delgado-Floody, P., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Changes in muscle oxygen saturation measured using wireless near-infrared spectroscopy in resistance training: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4293.
- Montesano, P., Palermi, S., Massa, B., & Mazzeo, F. (2020). From “sliding” to “winding” filaments theory: A narrative review of mechanisms behind skeletal muscle contraction.
- Mueller, S., Mayer, P., Baur, H., & Mayer, F. (2011). Higher velocities in isokinetic dynamometry: A pilot study of new test mode with active compensation of inertia. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(2), 63-70.
- Mukund, K., & Subramaniam, S. (2020). Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 12(1), e1462.
- Mungal, S. U., Dube, S. P., Dhole, A., Mane, U., & Bondade, A. K. (2015). New hypothesis for mechanism of sliding filament theory of skeletal muscle contraction. *National Journal of Physiology, Pharmacy & Pharmacology*, 5(1), 72-75.
- Murray, R., & Kenney, W. L. (2016). *Practical guide to exercise physiology*. Human Kinetics.
- Nadzalan, A. M., Lee, J. L. F., Mohamad, N. I., Azzfar, M. S., Abd Malek, N. F., & Waqqash, E. (2020). The Effects of Focus Attention Instructions on the Movement Kinetics, Muscle Activation and Performance during Resistance Exercise. *Journal of Physics: Conference Series*,
- Nederveen, J. P., Ibrahim, G., Fortino, S. A., Snijders, T., Kumbhare, D., & Parise, G. (2020). Variability in skeletal muscle fibre characteristics during repeated muscle biopsy sampling in human vastus lateralis. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(4), 368-375.
- Nell, H. J., Castelli, L. M., Bertani, D., Jipson, A. A., Meagher, S. F., Melo, L. T., Zabjek, K., & Reid, W. D. (2020). The effects of hypoxia on muscle deoxygenation and recruitment in the flexor digitorum superficialis during submaximal intermittent handgrip exercise. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 12, 1-10.
- Nicholas, R. (2012). *ACSM’s Foundations of Strength Training and Conditioning. USA: American College of Sports Medicine*.

- Nishikawa, K. (2016). Eccentric contraction: unraveling mechanisms of force enhancement and energy conservation. *Journal of Experimental Biology*, 219(2), 189-196.
- Nunes, R. F., Dellagrana, R. A., Nakamura, F. Y., Buzzachera, C. F., Almeida, F. A., Flores, L. J., Guglielmo, L. G., & da Silva, S. G. (2018). Isokinetic assessment of muscular strength and balance in Brazilian elite futsal players. *International journal of sports physical therapy*, 13(1), 94.
- Padulo, J., Laffaye, G., Ardigò, L. P., & Chamari, K. (2013). Concentric and eccentric: muscle contraction or exercise? *Journal of human kinetics*, 37, 5.
- Papagiannis, G. I., Triantafyllou, A. I., Roumpelakis, I. M., Zampeli, F., Garyfallia Eleni, P., Koulouvaris, P., Papadopoulos, E. C., Papagelopoulos, P. J., & Babis, G. C. (2019). Methodology of surface electromyography in gait analysis: review of the literature. *Journal of medical engineering & technology*, 43(1), 59-65.
- Paraschos, I., Hassani, A., Bassa, E., Hatzikotoulas, K., Patikas, D., & Kotzamanidis, C. (2007). Fatigue differences between adults and prepubertal males. *International journal of sports medicine*, 28(11), 958-963.
- Patel, R. M., & Brophy, R. H. (2018). Anterolateral ligament of the knee: anatomy, function, imaging, and treatment. *The American journal of sports medicine*, 46(1), 217-223.
- Pattanakuhar, S., Pongchaidecha, A., Chattipakorn, N., & Chattipakorn, S. C. (2017). The effect of exercise on skeletal muscle fibre type distribution in obesity: from cellular levels to clinical application. *Obesity research & clinical practice*, 11(5), 112-132.
- Payton, C. J., & Burden, A. (2017). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise: the British Association of Sport and Exercise Sciences guide*. Routledge.
- Physiopedia. (2020). <https://www.physio-pedia.com/Knee>. Erişim Tarihi: 24.01.2021
- Pietraszewski, P., Gołaś, A., Matusiński, A., Mrzygłód, S., Mostowik, A., & Maszczyk, A. (2020). Muscle Activity Asymmetry of the Lower Limbs During Sprinting in Elite Soccer Players. *Journal of human kinetics*, 75, 239.
- Pion, J., Lenoir, M., Vandorpe, B., & Segers, V. (2015). Talent in female gymnastics: a survival analysis based upon performance characteristics. *International journal of sports medicine*, 94(11), 935-940.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Pollack, G. (2013). *Contractile mechanisms in muscle* (Vol. 37). Springer Science & Business Media.
- Porcari, J., Bryant, C., & Comana, F. (2015). *Exercise physiology*. FA Davis.

- Powers, S. K., Howley, E. T., & Quindry, J. (2018). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. McGraw-Hill New York, NY.
- Pradhan, A., Malagon, G., Lagacy, R., Chester, V., & Kuruganti, U. (2020). Effect of age and sex on strength and spatial electromyography during knee extension. *Journal of physiological anthropology*, 39(1), 1-11.
- Presland, J., Timmins, R. G., Maniar, N., Tofari, P. J., Kidgell, D., Shield, A., Dickson, J., & Opar, D. (2021). Muscle activity and activation in previously strain-injured lower limbs: a systematic review. *Sports Medicine*.
- Rall, J. A. (2014). Birth of the sliding filament model of muscular contraction: proposal. In *Mechanism of muscular contraction* (pp. 29-57). Springer.
- Rannama, I., Port, K., Bazanov, B., & Pedak, K. (2015). Sprint cycling performance and asymmetry. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10(1), S248-S258.
- Rassier, D. E. (2017). Sarcomere mechanics in striated muscles: from molecules to sarcomeres to cells. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 313(2), C134-C145.
- Ruas, C. V. (2021). Neuromuscular characteristics of eccentric contractions of the knee extensors and their muscle damage profiles.
- Ruas, C. V., Brown, L. E., Lima, C. D., Costa, P. B., & Pinto, R. S. (2018). Effect of three different muscle action training protocols on knee strength ratios and performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2154-2165.
- Ruas, C. V., Minozzo, F., Pinto, M. D., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1220-1226.
- Ruíz-Moreno, C., Lara, B., Brito de Souza, D., Gutiérrez-Hellín, J., Romero-Moraleda, B., Cuéllar-Rayó, Á., & Del Coso, J. (2020). Acute caffeine intake increases muscle oxygen saturation during a maximal incremental exercise test. *British journal of clinical pharmacology*, 86(5), 861-867.
- Rüegg, J. C. (2012). *Calcium in muscle contraction: cellular and molecular physiology*. Springer Science & Business Media.
- Saghiv, M. S., & Sagiv, M. S. (2020a). *Basic Exercise Physiology*. Springer.
- Saghiv, M. S., & Sagiv, M. S. (2020b). Introduction to Exercise Physiology. In *Basic Exercise Physiology* (pp. 1-31). Springer.
- Saghiv, M. S., & Sagiv, M. S. (2020c). Skeletal Muscles. In *Basic Exercise Physiology* (pp. 407-436). Springer.

- Sandberg, J. B., Wagner, D. R., Willardson, J. M., & Smith, G. A. (2012). Acute effects of antagonist stretching on jump height, torque, and electromyography of agonist musculature. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5), 1249-1256.
- Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J.-M., & Croisier, J.-L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of athletic training*, 44(1), 39-47.
- Schons, P., Da Rosa, R. G., Fischer, G., Berriel, G. P., Fritsch, C. G., Nakamura, F. Y., Baroni, B. M., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). The relationship between strength asymmetries and jumping performance in professional volleyball players. *Sports biomechanics*.
- Schulte-Mattler, W. (2011). Neurophysiological Methods for Motor Unit Number Estimation in Human Muscles. *Klinische Neurophysiologie*, 42(4), 221-225.
- Secchi, L. L., Muratt, M. D., Ciolac, E. G., & Greve, J. (2011). Knee muscles isokinetic evaluation in short distance elite swimmers: A comparison between symmetric and asymmetric swimming styles. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(4), 261-264.
- Sekulic-Jablanovic, M., Palmowski-Wolfe, A., Zorzato, F., & Treves, S. (2015). Characterization of excitation–contraction coupling components in human extraocular muscles. *Biochemical Journal*, 466(1), 29-36.
- Seniam. (2020). *Sensor Locations* <http://www.seniam.org/>. Erişim Tarihi: 14.01.2021
- Seo, M.-W., Jung, H.-C., Song, J.-K., & Kim, H.-B. (2015). Effect of 8 weeks of pre-season training on body composition, physical fitness, anaerobic capacity, and isokinetic muscle strength in male and female collegiate taekwondo athletes. *Journal of exercise rehabilitation*, 11(2), 101.
- Śliwowski, R., Grygorowicz, M., Hojszyk, R., & Jadczyk, Ł. (2017). The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *PLoS One*, 12(7), e0182177.
- Śliwowski, R., Marynowicz, J., Grygorowicz, M., Wieczorek, A., & Jadczyk, Ł. (2021). Are There Differences in Concentric Isokinetic Strength Performance Profiles between International and Non-International Elite Soccer Players? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 35.
- Smith, D. A. (2018). *The sliding-filament theory of muscle contraction*. Springer.
- Solomon, E. P. (2015). *Introduction to human anatomy and physiology*. Elsevier Health Sciences.
- Song, J., Kim, K., Lee, S., Lee, J., & Park, J. (2020). History-Dependence of Muscle Excitation and Oxygenation During Isometric Knee Extension Force Production. *운동과학* 29(4), 385-393.

- SportHealth. (2020). <https://www.sports-health.com/sports-injuries/knee-injuries/guide-knee-joint-anatomy>. Erişim Tarihi: 27.01.2021
- Struzik, A., & Pietraszewski, B. (2015). Lower limb torque asymmetry in judo competitors evaluated in isokinetic conditions. *Med. Sport*, 68(4), 639-650.
- Sweeney, H. L., & Hammers, D. W. (2018). Muscle contraction. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 10(2), a023200.
- Şahin, Ö. (2010). Rehabilitasyonda izokinetik değerlendirmeler. *Cumhuriyet Medical Journal*, 32(4), 386-396.
- Tang, S. F.-T., Wu, C.-K., Chen, C.-H., Chen, J. T.-N., Tang, A. C.-W., & Wu, S.-H. (2015). Muscle activation features of the osteoarthritic knee with patellar lateral subluxation. *Clinical neurology and neurosurgery*, 129, S30-S35.
- TeachMeAnatomy. (2021). <https://teachmeanatomy.info/lower-limb/joints/knee-joint/>. Erişim Tarihi: 10.01.2021
- Teixeira, J., Carvalho, P., Moreira, C., & Santos, R. (2014). Isokinetic assessment of muscle imbalances and bilateral differences between knee extensores and flexores' strength in basketball, football, handball and volleyball athletes. *Int J Sports Sci*, 4(1), 1-6.
- Tew, G. A., Ruddock, A. D., & Saxton, J. M. (2010). Skin blood flow differentially affects near-infrared spectroscopy-derived measures of muscle oxygen saturation and blood volume at rest and during dynamic leg exercise. *European journal of applied physiology*, 110(5), 1083-1089.
- Thompson, B. J., Ryan, E. D., Herda, T. J., Costa, P. B., Herda, A. A., & Cramer, J. T. (2014). Age-related changes in the rate of muscle activation and rapid force characteristics. *Age*, 36(2), 839-849.
- Thorne, B. M. (2010). All-or-None Law. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1-1.
- Timón, R., Ponce-González, J. G., González-Montesinos, J. L., Olcina, G., Pérez-Pérez, A., & Castro-Piñero, J. (2017). Inertial flywheel resistance training and muscle oxygen saturation. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(11), 1618-1624.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. (2018). *Principles of anatomy and physiology*. John Wiley & Sons.
- Tsai, A.-C., Hsieh, T.-H., Luh, J.-J., & Lin, T.-T. (2014). A comparison of upper-limb motion pattern recognition using EMG signals during dynamic and isometric muscle contractions. *Biomedical Signal Processing and Control*, 11, 17-26.
- Tsiokanos, A., Paschalis, V., & Valasotiris, K. (2016). Knee extension strength profile of elite Greek soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 24(1), 79-82.

- Tsuchiya, Y., Kikuchi, N., Shirato, M., & Ochi, E. (2015). Differences of activation pattern and damage in elbow flexor muscle after isokinetic eccentric contractions. *Isokinetics and Exercise Science*, 23(3), 169-175.
- Tupling, A. R., Bombardier, E., Gupta, S. C., Hussain, D., Vigna, C., Bloemberg, D., Quadrilatero, J., Trivieri, M. G., Babu, G. J., & Backx, P. H. (2011). Enhanced Ca²⁺ transport and muscle relaxation in skeletal muscle from sarcolipin-null mice. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 301(4), C841-C849.
- Türker, H., & Sözen, H. (2013). Surface electromyography in sports and exercise. *Electrodiagnosis in new frontiers of clinical research*, 175-194.
- Van Dyk, N., Bahr, R., Whiteley, R., Tol, J. L., Kumar, B. D., Hamilton, B., Farooq, A., & Witvrouw, E. (2016). Hamstring and quadriceps isokinetic strength deficits are weak risk factors for hamstring strain injuries: a 4-year cohort study. *The American journal of sports medicine*, 44(7), 1789-1795.
- Vandenboom, R. (2011). Modulation of skeletal muscle contraction by myosin phosphorylation. *Comprehensive Physiology*, 7(1), 171-212.
- Vieira, A., Alex, S., Martorelli, A., Brown, L. E., Moreira, R., & Bottaro, M. (2017). Lower-extremity isokinetic strength ratios of elite springboard and platform diving athletes. *The Physician and sportsmedicine*, 45(2), 87-91.
- Vieira, L. H. P., de Souza Serenza, F., de Andrade, V. L., de Paula Oliveira, L., Mariano, F. P., Santana, J. E., & Santiago, P. R. P. (2016). Kicking performance and muscular strength parameters with dominant and nondominant lower limbs in Brazilian elite professional futsal players. *Journal of applied biomechanics*, 32(6), 578-585.
- VisibleBody. (2021). <https://www.visiblebody.com/blog/learn-muscle-anatomy-knee-joint-group>. Erişim Tarihi: 15.01.2021
- Waugh, C. M., Korff, T., Fath, F., & Blazeovich, A. J. (2013). Rapid force production in children and adults: mechanical and neural contributions. *Med Sci Sports Exerc*, 45(4), 762-771.
- Wei, Z., Wang, X.-X., & Wang, L. (2020). Effect of short-term Kinesiology taping on knee proprioception and quadriceps performance in healthy individuals. *Frontiers in physiology*, 11, 1501.
- Westerblad, H., Bruton, J. D., & Katz, A. (2010). Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Experimental cell research*, 316(18), 3093-3099.
- Wilkosz, P., Kabacinski, J., Mackala, K., Murawa, M., Ostarello, J., Rzepnicka, A., Szczesny, L., Fryzowicz, A., Maczynski, J., & Dworak, L. B. (2021). Isokinetic and Isometric Assessment of the Knee Joint Extensors and Flexors of Professional Volleyball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6780.

- Wilson, J. M., Loenneke, J. P., Jo, E., Wilson, G. J., Zourdos, M. C., & Kim, J.-S. (2012). The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1724-1729.
- Wong, D. P., & Wong, S. H. (2009). Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1383-1390.
- Wray, S., & Burdyga, T. (2010). Sarcoplasmic reticulum function in smooth muscle. *Physiological reviews*, 90(1), 113-178.
- Xaverova, Z., Dirnberger, J., Lehnert, M., Belka, J., Wagner, H., & Orechovska, K. (2015). Isokinetic strength profile of elite female handball players. *Journal of human kinetics*, 49, 257.
- Yapıcı, A. (2016). Factors effecting hamstrings to quadriceps peak torque ratio in volleyball players. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 5282-5289.
- Yapıcı, A., Findikoglu, G., & Dundar, U. (2014). Do isokinetic angular velocity and contraction types affect the predictors of different anaerobic power tests? *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(4), 383-391.
- Yılmaz, A. (2019). *Diz Kuvvetinin Belirlenmesinde Kullanılan İzokinetik Ve Alan Testlerinin Fleksiyon Ve Ekstansiyon Fazlarında Elektromiyografik Analizi* Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Samsun.
- Yılmaz, A., Kabadayı, M., Bostancı, Ö., Özdal, M., & Mayda, M. (2019). Analysis of isokinetic knee strength in soccer players in terms of selected parameters. *Physical education of students*, 23(4), 209-216.
- Yılmaz, A. K., Ermiş, E., Kabadayı, M., & Bostancı, Ö. (2020). Correlation of Upper and Lower Extremities Isokinetic Strength in Elite Male Judokas. *Journal of Men's Health*, 16(4), e141-e152.
- Yılmaz, A. K., & Kabadayı, M. (2020). Electromyographic responses of knee isokinetic and single-leg hop tests in athletes: dominant vs. non-dominant sides. *Research in Sports Medicine*, 1-15.
- Zange, J., Molitor, S., Illbruck, A., Müller, K., Schönau, E., Kohl-Bareis, M., & Rittweger, J. (2014). In the unloaded lower leg, vibration extrudes venous blood out of the calf muscles probably by direct acceleration and without arterial vasodilation. *European journal of applied physiology*, 114(5), 1005-1012.
- Zatsiorsky, V. M., & Prilutsky, B. I. (2012). *Biomechanics of skeletal muscles*. Human Kinetics.
- Zhang, L., Liu, G., Han, B., Wang, Z., Yan, Y., Ma, J., & Wei, P. (2020). Knee joint biomechanics in physiological conditions and how pathologies can affect it: a systematic review. *Applied bionics and biomechanics*, 2020.

- Zoladz, J. A. (2018). *Muscle and exercise physiology*. Academic press.
- Zot, H. G., & Hasbun, J. E. (2016). Modeling Ca²⁺-bound troponin in excitation contraction coupling. *Frontiers in physiology*, 7, 406.
- Zouita, A. B. M., Salah, F. Z. B., Dziri, C., & Beardsley, C. (2018). Comparison of isokinetic trunk flexion and extension torques and powers between athletes and nonathletes. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(1), 72.
- Zubac, D., & Šimunic, B. (2017). Skeletal muscle contraction time and tone decrease after 8 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1610-1619.
- Zuzana, H., Cacek, J., Tomáš, K., Bokůvka, D., & Tereza, H. (2017). Relationship Between The Isokinetic Strength Of The Knee Flexors, Knee Extensors, And Sprint Running Performance In Elite Football Players. 11th International Conference On Kinanthropology, Brno.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hasan Hüseyin YILMAZ

Doğum Yeri

Medeni Hali: Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lisans, Atatürk Üniversitesi, 2010-2014

Yüksek Lisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2014-2018

Doktora, Atatürk Üniversitesi, 2018-2021

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi 2016- Halen devam etmekte