



**FUTBOLCULARDA SPİNAL VE ALT EKSTREMİTE KAYROPRAKTİK
MANİPÜLASYON TEKNİKLERİNİN BAZI PERFORMANS PARAMETRELERİNE
AKUT ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Hazırlayan: Gökhan YERLİKAYA

Danışman: Prof. Dr. İbrahim CAN

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI

Yüksek Lisans Tezi

İĞDIR/2025

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
İĞDIR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FUTBOLCULARDA SPİNAL VE ALT EKSTREMİTE KAYROPRAKTİK
MANİPÜLASYON TEKNİKLERİNİN BAZI PERFORMANS PARAMETRELERİNE
AKUT ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Gökhan YERLİKAYA

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI

İĞDIR/2025

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışma orijinal olan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gökhan YERLİKAYA



Bu çalışma Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: SBF0325D05

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FUTBOLCULARDA SPİNAL VE ALT EKSTREMİTE KAYROPRAKTİK MANİPÜLASYON TEKNİKLERİNİN BAZI PERFORMANS PARAMETRELERİNE AKUT ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YERLİKAYA, Gökhan

Doktora Tezi

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim CAN

Haziran, 2025, 129 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, futbolcularda spinal ve alt ekstremitte kayropraktik manipülasyon tekniklerinin bazı performans parametrelerine akut etkisinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, Iğdır'da amatör olarak futbol oynayan 15 erkek futbolcu (yaş: 23.33 ± 2.74 yıl; vücut ağırlığı: 69.2 ± 8.7 kg; boy uzunluğu: 173.9 ± 6.5 cm, BMI: 23.1 ± 2.25 kg/m²) çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmada, katılımcıların anaerobik performanslarını belirlemek için Wingate anaerobik güç testi (WanT), alt vücut kas kuvvetini belirlemek için quadriceps ve hamstring kuvvet testleri, propiosepsiyon yeteneklerini belirlemek için propiosepsiyon testi ve penaltı noktası, ceza sahası çizgisi ile ceza yayı bölgesinden şut hızlarını belirlemek için şut hızı testi uygulanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde; nicel verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım varsayımını sağlamayan nicel veriler için ortanca ve çeyrekler arası genişlikle (IQR); normal dağılım varsayımını sağlayan nicel değişkenler ise ortalama ve standart sapma ile özetlenmiştir. Tüm nicel veriler için minimal ve maksimal değerler verilmiştir. Normal dağılım göstermeyen nicel verilerin gruplar arası karşılaştırmaları için Friedman testi ve post-hoc analizler için Wilcoxon Signed Ranks testi kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren nicel veriler için Tekrarlı ölçümlerde ANOVA testi kullanılmıştır. Değişkenler arasında ilişki Pearson Korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Tüm analizlerde $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Analiz sonuçlarına göre, katılımcıların hem relatif hem de mutlak ortalama güç (OG) sonuçları ile birlikte hamstring kuvveti (HK), quadriceps kuvveti (QK), diz propiosepsiyonu (DP), kalça propiosepsiyonu (KP), penaltı noktası (PN), ceza sahası çizgisi (CSC) ve ceza yayı (CY) bölgelerinden yaptıkları vuruşlar esnasındaki şut hızları bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p < 0.001$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan analiz sonuçlarında; manuel terapi ve sham grubuna kıyasla kontrol grubunun HK ($p = 0.001$ ve $p = 0.017$), CY ($p = 0.001$ ve $p = 0.038$), DP ($p = 0.001$ ve $p = 0.005$), KP ($p = 0.001$ ve $p = 0.001$) mutlak ($p = 0.036$ ve $p = 0.002$) ve relatif OG ($p = 0.015$ ve $p = 0.001$) parametreleri bakımından istatistiksel olarak daha düşük değerlere sahip olduğu elde edilmiştir. Ayrıca, QK ($p = 0.001$), PN ($p = 0.001$) ve CSC ($p = 0.001$) bakımından sadece manuel ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir. Bu sonuçlar, mevcut literatürde spinal manipülasyonun akut etkilerine dair bulgularla tutarlı bir biçimde, özellikle kuvvet ve propiosepsiyon üzerinde kayda değer olumlu etkilerin gözlemlendiğini göstermektedir. Manuel terapi uygulamalarının plasebo etkisinin ötesine geçen bir performans katkısı sağladığı, şut hızı parametresinde ortaya çıkan anlamlı artışla desteklenmiştir. Sonuç olarak, manuel terapinin anaerobik performans, kas kuvveti, propiosepsiyon yeteneği ve şut hızları üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu ve başta futbol olmak üzere diğer spor dallarında, manipülasyon temelli uygulamaların rehabilitasyon ve performans geliştirme programlarına entegrasyonu açısından önemli klinik ve sportif çıkarımlar sağlayabileceği ileri sürülebilir.

Anahtar Kelimeler: Manipülasyon, Manuel Terapi, Kuvvet, Anaerobik Güç, Propriosepsiyon, Şut Hızı

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE ACUTE EFFECTS OF SPINAL AND LOWER EXTREMITY MANIPULATION TECHNIQUES ON SOME PERFORMANCE PARAMETERS IN FOOTBALL PLAYERS

YERLİKAYA, Gökhan

PhD Thesis

Physical Education and Sports Department

Thesis Advisor: Prof. Dr. Ibrahim CAN

June, 2025, 129 Page

The aim of this study is to investigate the acute effects of spinal and lower extremity chiropractic manipulation techniques on some performance parameters in football players. For this purpose, 15 male football players (age: 23.33 ± 2.74 years; body weight: 69.2 ± 8.7 kg; height: 173.9 ± 6.5 cm, BMI: 23.1 ± 2.25 kg/m²) playing amateur football in Iğdır participated in the study voluntarily. In the study, Wingate anaerobic power test (WanT) was applied to determine the anaerobic performance of the participants, quadriceps and hamstring strength tests were applied to determine lower body muscle strength, proprioception test was applied to determine the proprioception abilities, and shooting speed test was applied to determine the shooting speeds from the penalty point, penalty area line and goal arc region. In the evaluation of the data; the conformity of the quantitative data to normal distribution was evaluated by Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests. Quantitative data that do not meet the normal distribution assumption are summarized with the median and interquartile range (IQR); quantitative variables that meet the normal distribution assumption are summarized with the mean and standard deviation. For all quantitative data, minimal and maximal values are given. For quantitative data that do not show normal distribution, Friedman test was used for comparisons between groups and Wilcoxon Signed Ranks test was used for post-hoc analysis. For quantitative data that show normal distribution, ANOVA test was used for repeated measures. Relationship between variables was determined by Pearson Correlation analysis. In all analyses, $p < 0.05$ was considered statistically significant. According to the analysis results, a statistically significant difference was obtained between the groups in terms of both relative and absolute mean power (OG) results of the participants as well as hamstring strength (HK), quadriceps strength (QK), knee proprioception (DP), hip proprioception (KP), penalty point (PN), penalty area line (CSL) and penalty arc (CY) regions during their shots ($p < 0.001$). In the analysis results performed to determine which groups the difference was between, it was obtained that the control group had statistically lower values in terms of HK ($p = 0.001$ and $p = 0.017$), CY ($p = 0.001$ and $p = 0.038$), DP ($p = 0.001$ and $p = 0.005$), KP ($p = 0.001$ and $p = 0.001$) absolute ($p = 0.036$ and $p = 0.002$) and relative OG ($p = 0.015$ and $p = 0.001$) parameters compared to the manual therapy and sham groups. In addition, it was obtained that there was a statistically significant difference only between the manual and control groups in terms of QK ($p = 0.001$), PN ($p = 0.001$) and CSD ($p = 0.001$). These results indicate that significant positive effects were observed, particularly on strength and proprioception, consistent with findings in the existing literature on the acute effects of spinal manipulation. The fact that manual therapy applications provide a performance contribution that goes beyond the placebo effect is supported by the significant increase in the shooting speed parameter. As a result, it can be argued that manual therapy has a positive effect on anaerobic performance, muscle strength, proprioception ability and shooting speeds and that it can provide important clinical and sporting implications in terms of the integration of manipulation-based applications into rehabilitation and performance development programs, especially in football and other sports branches.

KEY WORDS: Manipulation, Manuel Therapy, Force, Anaerobic Strength, Proprioception, Shoot Speed

TEŞEKKÜR

Öncelikle doktora eğitimim boyunca kişisel gelişimim için rol model olan, akademik bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren değerli danışmanım Sn. Prof. Dr. İbrahim CAN'a, tez izleme komitesinde yanımda olan hocalarım Sn. Doç. Dr. Ahmet ATLI ve Sn. Doç. Dr. Serdar BAYRAKDAROĞLU'na, bu tez çalışmasına ve ölçümlerine gönüllü katılımları ile değerli vakitlerini harcayan kıymetli sporculara, katkılarından dolayı Iğdır Üniversitesi BAP birimine, yine bu süreçte yanımda olan kıymetli aileme, arkadaşlarıma ve öğrencilerime sonsuz teşekkür ederim.

Gökhan YERLİKAYA
IĞDIR/2025

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
GRAFİKLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Temeller	11
1.1.1. Futbol	11
1.1.2. Anaerobik Performans	16
1.1.2.1. Anaerobik Performansı Etkileyen Faktörler	17
1.1.2.1.1. Cinsiyet.....	17
1.1.2.1.2. Yaş.....	18
1.1.2.1.3 Kas Kütlesi	19
1.1.2.1.4. Metabolik Yolların Verimliliği	20
1.1.2.1.5. Substrat Mevcudiyeti	20
1.1.2.1.6. Reaksiyon Ürünlerinin Birikimi.....	20
1.1.2.1.7. Aerobik Enerji Sisteminin Katkısı	21
1.1.2.1.8. Kalıtım.....	21
1.1.3. Kuvvet.....	22
1.1.3.1. Kas Kuvvetini Etkileyen Yapısal ve Sinirsel Faktörler	26
1.1.3.1.1. Yaş.....	26
1.1.3.1.2. Cinsiyet.....	27
1.1.3.1.3. Vücut Hacmi	29
1.1.3.1.4. Kasın Kesit Alanı	30
1.1.3.1.5. Kas İçi (Intra-Muscular) Koordinasyon	31

1.1.3.1.6. Kaslar Arası (Inter-muscular) Koordinasyon	33
1.1.3.1.7. Kas Lif Tipleri	35
1.1.3.1.8. Diğer Faktörler	36
1.1.4. Şut Hızı	37
1.1.5. Proprioepsiyon	39
1.1.5.1. Proprioepsiyonun Nörofizyolojik Temelleri	40
1.1.5.2. Proprioepsiyon Çeşitleri	41
1.1.5.3. Proprioseptif Reseptörler	42
1.1.5.4. Proprioepsiyonun Değerlendirme Yöntemleri	45
1.1.5.5. Futbolda Proprioepsiyon ve Önemi	47
1.1.6. Rehabilitasyon Kavramı ve Modern Rehabilitasyon Yöntemleri	47
1.1.6.1. Spinal Manipülasyon	50
1.1.6.2. Manipülasyonların Etki Mekanizmaları	51
1.1.6.3. Manipülasyon Uygulamalarının Kontraendikasyonları	52
1.1.6.4. Sporda Manuel Tedavi	54
2. KAYNAK ÖZETLERİ	56
3.MATERYAL VE METOT:.....	61
3.1. Araştırma Modeli	61
3.2. Evren ve Örneklem	61
3.2.1. Evren	61
3.2.2. Örneklem	61
3.3. Çalışmanın Etik Yönü	62
3.4. Probleme Deneysel Yaklaşım	62
3.5. Manipülasyon Tekniklerinin Uygulanması	64
3.5.1. Spinal ve Alt Ekstremitte Manipülasyon Tekniklerinin Uygulanması	64
3.5.2. Sham Yönteminin Uygulanması	68
3.6. Verilerin Toplanması	68
3.6.1. Boy ve Vücut Ağırlıklarının Belirlenmesi	68
3.6.2. Eklem Hareket Açıklığı ve Proprioepsiyon Kaybının Belirlenmesi	69
3.6.3. Hamstring ve Quadriceps Kas Kuvvetinin Belirlenmesi	71
3.6.4. Şut Hızının Belirlenmesi	72

3.6.5. Anaerobik Performansın Belirlenmesi	74
3.7. Verilerin Analizi.....	75
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	76
4.1.Bulgular	76
4.2. Tartışma.....	84
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
5.1. Sonuçlar.....	101
5.2. Öneriler.....	102
KAYNAKÇA	103
EKLER.....	128
ÖZGEÇMİŞ.....	130

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

cm	santimetre
CSÇ	ceza sahası çizgisi
CY	ceza yayı
DP	diz propriosepsiyonu
HK	.hamstring kuvveti
kg	kilogram
KP	kalça propriosepsiyonu
m	metre
m2	metrekare
MRI	.manyetik rezonans
MSS	merkezi sinir sistemi
MT	manuel terapi
N	kişi sayısı
PN	penaltı noktası
QK	quadriceps kuvveti
SG	sham grubu
sn	saniye
SSS	santral sinir sistemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışmanın Deneysel Tasarımı	63
---	----



RESİMLER DİZİNİ

Sayfa No

Resim 3.1. Vertikal, Servikal Bölge, Deltoit ve Üst Torakal Bölge Manipülasyon Uygulamaları.....	64
Resim 3.2. Phalangeal ve Karpal Bölge Manipülasyonları	65
Resim 3.3. Torakal Bölge Manipülasyonu	65
Resim 3.4. Lumbal ve Sakroiliak Eklem Manipülasyonları.....	66
Resim 3.5. Genus Manipülasyonu	66
Resim 3.6. Koksigeal Bölge Manipülasyonu	67
Resim 3.7. Tarsal ve Koksofemoral Bölge Manipülasyonu	67
Resim 3.8. Sham Uygulaması Örneği	68
Resim 3.9. Pasif Eklem Hareket Açıklıklarının (ROM) Kontrolü	69
Resim 3.10. Diz ve Kalça Proprioepsiyon Ölçümleri	70
Resim 3.11. Quadriceps ve Hamstring Kas Kuvvetleri Ölçümü	71
Resim 3.12. Radar Cihazı	73
Resim 3.13. Penaltı Noktasından Şut Hızının Ölçümü.....	73
Resim 3.14. Ceza Sahası Çizgisinden Şut Hızı Ölçümü	73
Resim 3.15. Ceza Yayından Şut Hızı Ölçümü	74
Resim 3.16. Wingate Anaerobik Performans Ölçümü	75

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa No

Grafik 4.1. Anaerobik Performans Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği.....	77
Grafik 4.2. Kuvvet Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği	78
Grafik 4.3. Proprioepsiyon Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği	79
Grafik 4.4. Proprioepsiyon Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği	79
Grafik 4.5. Şut Hızı Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği.....	80



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Farklı Yaş Kategorilerindeki Erkek Futbolcuların Alt Vücut Anaerobik Güç Değerleri.....	14
Çizelge 1.2. 1. Lig Kadın Futbolcuların Oyun Pozisyonlarına Göre Alt Vücut Anaerobik Güç Değerleri.....	15
Çizelge 4.1. Tüm Katılımcıların Fiziksel Özelliklerine Yönelik Tanımlayıcı İstatistikler	76
Çizelge 4.2. Gruplara Göre Anaerobik Performans Değişkenlerinin Karşılaştırılması..	76
Çizelge 4.3. Gruplara Göre Kuvvet Değişkenlerinin Karşılaştırılması	77
Çizelge 4.4. Gruplara Göre Proprioepsiyon Değişkeninin Karşılaştırılması	78
Çizelge 4.5. Gruplara Göre Şut Değişkenlerinin Karşılaştırılması.....	79
Çizelge 4.6. Kontrol Grubunun Değişkenler Arası Korelasyon Analizi Sonuçları Karşılaştırılması	81
Çizelge 4.7. Manuel Terapi Grubunun Değişkenler Arası Korelasyon Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	82

1.GİRİŞ

Futbol; yüksek fiziksel ve psikolojik talepleri gerektiren, dünya çapında insanlar tarafından büyük ilgiyle takip edilen en popüler multidisipliner spor dallarından biridir (Stølen *et al.* 2005; Jordet and Elferink-Gemser, 2012). Modern futbol performansı, farklı fizyolojik sistemlerin entegre çalışmasını gerektiren kompleks bir olgudur ve oyuncular başarı seviyesini artırmak için fiziksel performans unsurlarını (kuvvet, dayanıklılık, hız, güç vb.) geliştirmelidir (Stølen *et al.* 2005; Bangsbo *et al.* 2008). Araştırmalarda, futbol oyuncularının başarılı olabilmeleri için gerekli olan atletik performanslarının aerobik ve anaerobik özellikleri, nöromüsküler fonksiyonlar ve motor kontrol gibi çoklu faktörlerle belirlendiği belirtilmiştir (Wisloff *et al.* 2004; Stølen *et al.* 2005; Bangsbo *et al.* 2008).

Bir dirence karşı koyabilme veya bir kas kasılması sırasında ortaya çıkan gerilim olarak tanımlanan kuvvet, futbolda başarılı performans için oldukça önemli bir motorik özelliktir. Futbolcuların iyi bir kuvvet özelliğine sahip olmaları; kas fibrillerinin uyumu, refleks koordinasyonu, agonist-antagonist kas kasılma mekanizmasında kas içi ve kaslar arası koordinasyon gibi özelliklerin daha verimli çalışmasını sağlar (Dochertyve *et al.* 2004; Weber *et al.* 2008). Sinir-kas koordinasyonunun yüksek olması, müsabakalarda temel becerilerin (pas atma, çalım atma, ikili mücadeleye girme vb.) yapılmasında veya şut hızı, anlık dönüşler ve sprint gibi performansların futbolcular tarafından daha iyi bir şekilde uygulanmasına katkı sağlar. Ayrıca, bu tür adaptasyonlar futbolcuların özellikle sıçrama, hızlanma, çabukluk ve ivmelenme sürati gibi yeteneklerine de olumlu bir katkı sağlar (Dowson *et al.* 1998; Wisløff *et al.* 2004). Futbolda maksimal kuvvet, en ihtiyaç duyulan kuvvet türüdür. Bu kuvvet özelliğinin gelişimi, rölatif (göreceli) kuvvetinin de olumlu yönde etkilenecek güç ve patlayıcı tarzdaki yetilerinin performansında da önemli oranda artmasına neden olur (Stølen *et al.* 2005).

Futbol oyununun döngüsel olmayan ve karmaşık hareket örnekleri içeren yapısı ve sürekli hareket halindeki bir topun varlığı nedeniyle yoğun motor beceri özelliğinden, bazen yüksek tempolu bazen de aralıklı tempo gerektiren bir spor dalı olarak karşımıza çıkmaktadır (Lago-Penas *et al.* 2012; McMillan *et al.* 2005). Elit düzeydeki bir futbol müsabakasında oyuncular ortalama 9 ila 12 km arası bir mesafe kat ederler ve bir maçta

katedilen toplam mesafenin %8-18'i maksimal yoğunlukta gerçekleşir. Bu da anaerobik metabolizmanın maç performansı üzerindeki önemini açıkça göstermektedir ve özellikle kısa süreli ve yüksek şiddetli gerçekleştirilen hareketlerin etkin şekilde yapılabilmesinde ve tekrar edilebilmesinde son derece elzem bir özelliktir (Reilly *et al.* 2000; Tereso *et al.* 2021).

Futbol müsabakalarının genelinde sıklıkla karşılaşılan yoğun hız patlamaları, ani ivmelenmeler ya da patlayıcı tarzdaki hareket örnekleri, performans verimi bakımından sporcular için büyük bir önem taşır. Bu hareket örnekleri genellikle anaerobik yollardan karşılanan enerji sistemleri ile gerçekleştirilir (Martin 2014). Futbolun her 3 ila 5 saniye içinde farklılaşan egzersiz intervalleri ile uygulanması ve yüksek hızlarda gerçekleşen koşuların yanı sıra dönmeler, tutmalar ve sıçramalar gibi yüksek yoğunluklarda hareket örnekleri içermesinden dolayı, fiziksel olarak gereklilikleri olduğu belirtilir (Krustrup *et al.* 2006). Futbol maçında maksimal kalp hızı (KH_{max}) kullanılarak elde edilen ortalama çalışma yoğunluğu, anaerobik eşiğe (%80-90 KH_{max} ya da % 75 VO_{2maks}) yakın aktivite profilini ortaya çıkarmaktadır (Hoff *et al.* 2002; Mohr *et al.* 2005). Maçlar esnasındaki ortalama kan laktat konsantrasyonları ise 12 mmol.L üzerinde belirli bireysel farklılıklar olmakla birlikte ortalama 3 - 6 mmol.L arasındadır. Bu değerler maçın yoğun dönemleri esnasında anaerobik enerji sisteminin yüksek oranda olduğunu gösterir (Bangsbo 1994; Mohr *et al.* 2005; Can, 2023).

Denge özelliğinin önemli bileşenlerinden birisi oluşturan propriosepsiyon terimi, ilk kez 1906 yılında Sherrington tarafından kullanılmıştır. Kabaca eklem pozisyon hissi ve hareket algılanmasına bağlı uzaysal özelleşmiş algı olarak nitelendirilendirilen, statik ve dinamik olarak ikiye ayrılan propriosepsiyon yeteneğine (Sherrington, 1906) yönelik son yıllarda özellikle yaralanmalar sonrası performanstaki düşüşlerle ilgili çalışmaların yapıldığı görülür. Propriyosepsiyon; vücudun uzayda pozisyonunu, hareketini ve denge görünümünü algılama yeteneği olarak tanımlanır. Bu duyuşal sistem kaslar ve tendonlar gibi yapılar aracılığıyla beyne gönderilen bilgilerle çalışır ve motor hareketlerin düzgün gerçekleşmesini sağlar. Futbol gibi dinamik ve hızlı gerçekleşen sporlarda, proprioseptif yetenekler oyuncuların performansını doğrudan etkileyebilir. Özellikle topa vuruş, yön değiştirme ve denge gibi hareketlerin doğru yapılabilmesi için propriyoseptif algı çok kritik rol oynar (Gabbett *et al.* 2020). Oyuncuların propriyoseptif algıları savunma ya da hücumdaki ani yön değiştirme gibi oyunun diğer evrelerinde de önemli bir faktördür. Bu

özellik oyuncuların vücudunu doğru yönlendirmesi ve büyüme değişimlerine hızlı uyum sağlamasını kolaylaştırır (Wright *et al.* 2021). Ayrıca zeminsel değişikliklerde postüral kontrol, sakatlıkların önlenmesi ve teknik performans bakımından çok öneme sahip olan proprioepsiyon özelliğinin geliştirilmesi ayak bileğindeki yaralanma riskini de % 35-40 oranında azalttığı ileri sürülmüştür (McKeon and Hertel, 2008).

Futbolda başarılı olabilmek için önem arz edip; kuvvet, pozisyon alma, denge ve hız gibi kavramların total olarak doğru ve etkin olarak uygulanmasına bağlı olan şut hızı da futboldaki bir diğer önemli performans özelliğidir ve gol atma yeteneği genellikle en önemli becerilerden biri olarak kabul edildiğinden, antrenmanlarda oyuncuların şut atma hızı ve isabetliliği gibi şut performanslarını geliştirmeye yönelik çeşitli yöntemlerle özel çalışmalar yapılmaktadır (Kılıcı, 2017). Bir şutun gol olması ihtimalini artırabilmek için oyuncuların mümkün olan en yüksek hızda topa vurması gerekir. Ancak bu durum, topa vurulma anındaki ayağın hızı (distal segment) ve topun ayakla etkileşimi gibi faktörlere bağlıdır (Levanon and Dapena, 1998; Asai *et al.* 2002). İlaveten, antrenörler genellikle oyuncularının her iki ayaklarını da etkili bir şekilde kullanarak daha iyi bir şut hızına ve tekniğine sahip olmasını ister (McLean and Tumilty, 1993). Yüksek seviyede şut hızları, rakip kaleci veya savunmanın şuta karşı tepki vermesi için daha çok zaman harcamasını sağlar ve bu da şutların golle sonuçlanması ihtimalini artırır (Dörge *et al.* 2002; Sinclair *et al.* 2014).

Alt ekstremita kas kuvveti ve güç çıktısı futbolcuların sprint performansı ve topa vurma hızı ile yakından ilişkilidir (Wisloff *et al.* 2004). Ayrıca, core stabilite kaslarının kuvveti, denge ve vücut kontrolü sağlayarak teknik becerilerin etkinliğini artırmaktadır (Leetun *et al.* 2004). Atletik performans geliştirilmesinde genellikle direnç antrenmanı, spesifik kondisyon çalışmaları ya da pliometrik egzersizler gibi geleneksel yöntemler kullanılır. Son yıllarda, performans özelliklerinin geliştirilmesinde geleneksel antrenman yöntemleri kullanılmasının yanı sıra, modern rehabilitasyon tekniklerinin de performans artırılmasında etkili bir prosedür olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır (Page, 2012). Ayrıca, performans parametrelerinin fiziksel gereklilikleri yanında optimal performans düzeyine ulaşmak ve sakatlık risklerini azaltmak için de modern rehabilitasyon ve terapi tekniklerine ihtiyaç duyulur. Modern rehabilitasyon, geleneksel fizyoterapi yaklaşımları ötesine geçerek biyomekanik, nörofizyolojik ve motor kontrol prensipleri bütünleştiren multidisipliner bir yaklaşım olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşım sadece sakatlık sonrası

iyileşmeyi değil, aynı zamanda sporcuların performans potansiyelini maksimize etmeyi de hedefler (Shumway-Cook and Woollacott, 2017). Modern rehabilitasyon teknikleri olarak güncel rehabilitasyon uygulamaları arasında; nöromüsküler elektrik stimülasyonu (Maffiuletti *et al.* 2018), kinesiyolojik bantlamalar (Kase *et al.* 2003), egzersiz temelli rehabilitasyon protokolleri (Page, 2012), biyofeedback yöntemleri (Giggins *et al.* 2013) ve manuel terapi teknikleri (Bialosky *et al.* 2009) gibi yöntemler yer almaktadır.

Manuel terapi, el ile uygulanan mobilizasyon, manipülasyon ve yumuşak doku teknikleri içeren bir tedavi yöntemidir (Maitland *et al.* 2005; Aronson and Meyler 2016). Manuel tedavi tekniklerinin farklı spor branşlarında kullanımı, amaçlarına göre farklılık gösterebilir. Ancak bu teknikler genellikle iki ana hedef doğrultusunda kullanılmaktadır. İlk hedef, sporcunun atletik performansını olumsuz yönde etkileyerek hareket mekaniği özelliğini sınırlandıran ağrılı durumların tedavisini oluşturmaktır. Bu tedavi, semptomlara yönelik manipülasyon tekniklerle birlikte miyofasiyal tabanlı tekniklerin de kullanıldığı bir yaklaşımı içermekte ve bazen kısmi bazen de daha geniş kapsamlı bir tedavi şeklini benimsenmektedir. İkinci kullanım amacı ise sporcuların yaşadıkları sakatlıklar sonrası yapılan tedavi ve rehabilitasyon sürecinden sonra performans seviyelerinin artırılmasını içermektedir (Crow, 2000). Çoğunlukla ilk hedefe yoğunlaşarak oldukça komplike ve yaygın bir kullanıma sahip olan manuel terapi tekniklerinin sporcularda kullanılmasının temel amacı özellikle eklem düzeyinde sıvı hareketini kolaylaştırmak, vücut dolaşımını artırarak egzersiz sonrası kas ödeminin giderilmesine yardımcı olmak, kaslardaki oluşan gerginliği ve ağrıyı azaltmak ve mevcut performans düzeyini iyileştirmektir (Di Fabio, 1992; Botelho *et al.* 2017). Bialosky *et al.* (2009) tarafından yapılan çalışmada, manuel terapinin eklem hareket açıklığını geliştirdiği, ağrıyı azalttığı ve nöromüsküler kontrolü artırarak sporcuların atletik performanslarını olumlu olarak etkilediği ileri sürülmüştür.

Genellikle omurgaya yönelik olarak uygulanan manipülatif tedavi, daha çok kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına bağlı meydana gelen problemlerin tedavi edilmesinde sıkça kullanılan bir yöntemdir (Pickar and Bolton, 2012). Manipülatif tedavi, vertebral kolon olarak ifade edilen bölgeye el ile gerçekleştirilen spinal manipülasyonlar ve çeşitli mobilizasyonları içermektedir (Mintken *et al.* 2008). Maxwell *et al.* (2020) tarafından yapılan ve üç araştırmanın sistematik olarak incelendiği çalışmada, spinal manipülasyon tekniğinin nörofizyolojik etkisinin nörodinamiği (sinirsel mekanik uyarılabilirlik) aktif olarak etkilediği ve bu etkileşimin hareketine bağlı oluşan sinirsel hassasiyeti azalttığı

elde edilmiştir. Oluşan bu sinir hassasiyetinin mekaniksel ve fizyolojik mekanizmaların değişimlerini içeren yoğun mekanik stres veya mekanik ve mekanik olmayan tüm streslerin sinir sisteminin santral ve periferik kısmının fazlaca düzenlenmiş olmasından kaynaklı normal dışı sinirsel doku hareketliliğinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür.

Son yıllarda yapılan deneysel araştırmalarda, manuel terapi uygulamalarının kas aktivasyon paternlerini iyileştirdiği, eklem mobilitesinde %15-20'lik bir artış sağladığı ve denge performansını önemli derecede geliştirdiği ortaya konulmuştur (Hoeksma *et al.* 2004; López-Rodríguez *et al.* 2007). Mevcut bulgular, modern rehabilitasyon teknikleri ve özellikle manuel terapinin sporcu performansı geliştirilmesinde etkili bir tamamlayıcı yöntem olabileceğini ama bu tekniklerin optimal uygulama protokolleri ve uzun dönem etkileri konusunda daha çok randomize kontrollü çalışmaya gereksinim olduğunu ortaya koymaktadır. Buna ilaveten, bu yöntemin kas-iskelet sistemine yönelik müdahalelerle futbolcuların anaerobik performans ve denge özelliğini de geliştirme potansiyeline sahip olabileceği söylenebilir.

Literatür incelendiğinde, manuel terapi tekniklerinin daha çok hasta bireylerdeki etkilerinin incelendiği görülür. Yine de günümüzde spor bilimleri alanında kayropratik müdahalelerin akut etkilerine ilişkin artan bir ilginin olmasıyla birlikte (Lima *et al.* 2018; Paquette *et al.* 2020), futbolcular gibi spesifik bir popülasyonda spinal ve alt ekstremité manipülasyonlarının çok boyutlu performans parametreleri üzerinde bütüncül etkilerini inceleyen çalışmalar belirgin olarak eksik kalmaktadır. Mevcut araştırmaların önemli bir kısmı ya tek bir anatomik bölge ile sınırlı kalmakta ya da performans ölçütlerini izole bir şekilde değerlendirmektedir. Bu anlamda alanında uzman fizyoterapistler tarafından kolay ve kısa olarak nitelendirilebilecek sürede yapılan manipülasyon uygulamalarının sportif performansa etkilerinin detaylı olarak incelenmesi önem arz etmektedir. Çalışma, literatürde mevcut olan bu kritik boşluğu doldurmayı hedefleyerek üç temel özgün katkı sunmaktadır: Birincisi, omurga ve alt ekstremitéyi birlikte alan kombine manipülasyon protokollerinin futbola özel performans göstergeleri (kuvvet, güç, şut hızı vb.) üzerinde sinerjistik etkisini ortaya koyan ilk kapsamlı araştırma olacaktır. İkincisi, manipülasyon sonrası nörofizyolojik adaptasyon mekanizmalarını (kas içiği duyarlılığı, gama motor nöron aktivitesi ve intersegmental refleks yanıtlar gibi) futbol performansı bağlamında ele alan öncü çalışmalardan olacaktır. Üçüncü ve son özgünlüğü ise yapılan tekniklerin propriyosepsiyon ve kinestetik farkındalık üzerindeki etkisini objektif ölçümler yoluyla

değerlendirmesidir. Bu nedenle çalışmanın amacı, futbolcularda spinal ve alt ekstremitte kayropratik manipülasyon tekniklerinin bazı performans parametrelerine akut etkisinin incelenmesidir. Bu doğrultuda çalışmanın alt hipotezleri şunlardır:

1. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının hamstring kas kuvveti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
2. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının quadriceps kas kuvveti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
3. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının diz propriosepsiyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
4. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının kalça propriosepsiyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
5. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının relatif zirve güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
6. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının relatif ortalama güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
7. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının mutlak zirve güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
8. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının mutlak ortalama güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
9. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının yorgunluk indeksi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
10. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının penaltı noktasından yapılan şut esnasındaki şut hızları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
11. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının ceza sahası çizgisinden yapılan şut esnasındaki şut hızları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
12. Kayropratik manipülasyon uygulamalarının ceza yayı çizgisinden yapılan şut esnasındaki şut hızları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
13. Sham manipülasyon uygulamalarının hamstring kas kuvvetine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
14. Sham manipülasyon uygulamalarının quadriceps kas kuvvetine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.

15. Sham manipölasyon uygulamalarının diz proprioepsiyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
16. Sham manipölasyon uygulamalarının kalça proprioepsiyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
17. Sham manipölasyon uygulamalarının relatif zirve güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
18. Sham manipölasyon uygulamalarının relatif ortalama güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
19. Sham manipölasyon uygulamalarının mutlak zirve güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
20. Sham manipölasyon uygulamalarının mutlak ortalama güç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
21. Sham manipölasyon uygulamalarının yorgunluk indeksi değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
22. Sham manipölasyon uygulamalarının penaltı noktasından yapılan şut atışları esnasındaki hız değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
23. Sham manipölasyon uygulamalarının ceza sahası çizgisinden yapılan şut atışları esnasındaki hız değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
24. Sham manipölasyon uygulamalarının ceza yayından yapılan şut atışları esnasındaki hız değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır.
25. Hamstring kas kuvveti ve diz proprioepsiyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
26. Hamstring kas kuvveti ve kalça proprioepsiyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
27. Hamstring kas kuvveti ve relatif zirve güç değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
28. Hamstring kas kuvveti ve relatif ortalama güç değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
29. Hamstring kas kuvveti ve mutlak zirve güç değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
30. Hamstring kas kuvveti ve mutlak ortalama güç değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

31. Hamstring kas kuvveti ve yorgunluk indeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
32. Hamstring kas kuvveti ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
33. Hamstring kas kuvveti ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
34. Hamstring kas kuvveti ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
35. Quadriceps kas kuvveti ve diz proprioepsyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
36. Quadriceps kas kuvveti ve kalça proprioepsyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
37. Quadriceps kas kuvveti ve relatif zirve güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
38. Quadriceps kas kuvveti ve relatif ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
39. Quadriceps kas kuvveti ve mutlak zirve güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
40. Quadriceps kas kuvveti ve mutlak ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
41. Quadriceps kas kuvveti ve yorgunluk indeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
42. Quadriceps kas kuvveti ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
43. Quadriceps kas kuvveti ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
44. Quadriceps kas kuvveti ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
45. Diz proprioepsyonu ve relatif zirve güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
46. Diz proprioepsyonu ve relatif ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

47. Diz proprioepsiyonu ve mutlak zirve güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
48. Diz proprioepsiyonu ve mutlak ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
49. Diz proprioepsiyonu ve yorgunluk indeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
50. Diz proprioepsiyonu ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
51. Diz proprioepsiyonu ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
52. Diz proprioepsiyonu ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
53. Kalça proprioepsiyonu ve relatif zirve güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
54. Kalça proprioepsiyonu ve relatif ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
55. Kalça proprioepsiyonu ve mutlak zirve güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
56. Kalça proprioepsiyonu ve mutlak ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
57. Kalça proprioepsiyonu ve yorgunluk indeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
58. Kalça proprioepsiyonu ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
59. Kalça proprioepsiyonu ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
60. Kalça proprioepsiyonu ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
61. Relatif zirve güç ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
62. Relatif zirve güç ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

63. Relatif zirve güç ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
64. Relatif ortalama güç ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
65. Relatif ortalama güç ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
66. Relatif ortalama güç ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
67. Mutlak zirve güç ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
68. Mutlak zirve güç ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
69. Mutlak zirve güç ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
70. Mutlak ortalama güç ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
71. Mutlak ortalama güç ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
72. Mutlak ortalama güç ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
73. Yorgunluk indeksi ve penaltı noktasından yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
74. Yorgunluk indeksi ve ceza sahası çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
75. Yorgunluk indeksi ve ceza yayı çizgisinden yapılan şutlar esnasındaki hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Bu araştırmanın bulguları, antrenman bilimleri ve spor fizyoterapisi alanlarında; müsabaka öncesi hazırlık protokollerinin optimizasyonu, sakatlık sonrası performansın yeniden kazandırma stratejileri ve nöromüsküler kontrolün geliştirilmesine yönelik yeni yaklaşımlarla kanıta dayalı rehberlik sağlayacaktır. Manipülasyon tekniklerinin sinirsel, biyolojik ve biyomekanik etkileri gibi mekanizmalarda değişimlere yol açıp açmadığını, performans özellikleri açısından inceleyip elde edeceğimiz sonuçları yorumlamak sağlık

ve spor bilimlerinde literatüre katkı açısından büyük önem taşımaktadır. Manuel tedavi uygulaması ile placebo etkisini ortadan kaldırmak için yapılan sahte uygulamanın (sham) etkisi, önemi açık bir şekilde belirtilen parametreler üzerinde test edilmiştir. Çalışmada, bu iki uygulama ön ve son test olacak şekilde anaerobik güç, kuvvet, propriosepsiyon ve şut hızı ölçümlerinde kullanılarak manuel terapinin performansa anlık etkileri hakkında fikir sahibi olunması amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışmada manipülasyon tekniklerinin futbolcuların performansındaki rolünü nöromekanik perspektifle inceleyerek teorik bilgi birikimine katkı sunmak ve bu terapinin futbolcuların kuvvet, anaerobik performans, şut hızı ve denge değişkenleri bağlamında derinlemesine analiz yapılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, manuel terapi uygulamalarının sportif performansı geliştirici ve sakatlığı önleyici potansiyeli değerlendirilerek, futbolcularda bu yöntemlerin uygulanabilirliğine dair kanıta dayalı veriler sunulacaktır.

1.1. Kuramsal Temeller

1.1.1. Futbol

Futbol; dayanıklılık, kuvvet, sürat, ani hızlanmalar ve yavaşlamalar, kısa mesafe koşuları, hızlı yön değişimleri, ikili mücadelelere girme, top kapma, pas verme, şut atma ve sıçramalar gibi çeşitli hareketler içeren, dünya çapında insanlar tarafından büyük bir ilgiyle takip edilen popüler takım sporlarından biridir (Bangsbo *et al.* 2006; Carling *et al.* 2008). Futbolun ilk kez nerede ve ne zaman oynandığıyla ilgili kesin bir bilgi mevcut değildir. Yine de, günümüz futbolunun temelini atan ve halen oynanan benzer oyunlarla ilgili pek çok kaynak ve eser mevcuttur. Örneğin, Çinli yazar Huan'ın “La Tartaria” adlı eserinde, Orta Asya Türklerinin günümüz futboluna benzer bir oyunu tapınak avlusunda hem kadınlar hem de erkekler tarafından oynandığı ya da M.Ö. Roma'da askerlerin el topu anlamına gelen "Haspastum" adlı top oyununu ayaklarıyla oynadığından bahsedilir. Futbolun dünya genelinde tanınmasında ve geliştirilmesinde, kurdukları geniş sömürge imparatorluğundan dolayı gittikleri yerlerde futbola benzer oyunları izleyerek ve futbolu deneyimleyip yayılmasını sağladıklarında İngilizler büyük rol oynamıştır. 12. yüzyıldan itibaren futbol, İngiltere'nin tüm bölgelerinde yaygınlaşmaya başlamıştır. Hatta şehirler ve köyler arasındaki rekabetin arttığı, bu karşılaşmalar sırasında çatışmaların yaşanarak, yaralanmalar ve ölümlerin meydana geldiği, bunun üzerine Kral III Edward'ın 13 Nisan 1314 yılında futbolu yasaklayan bir ferman yayınladığı iddia edilmektedir. İtalyanlar ise futbolun Normanlar tarafından dünyaya yayıldığını öne sürmektedir. 16. yüzyıl İtalya'da

özellikle Floransa ve Siena’da her yıl en az bir kez "*Calcio*" adında futbol benzeri bir oyun 27 kişilik takımlarla meydanlarda oynanmaya başlamıştır (İnal, 2013).

İngiltere, İskoçya, Galler, İrlanda Futbol Federasyonları birleşerek "International Board" adı verilen uluslararası bir kuruluş kurmuşlar (1866) ve futbolun tek çatı altında birleşmesini sağlamışlardır. Uluslararası Futbol Federasyonu FIFA (Uluslararası Futbol Federasyonu) ise 1904 yılında kurulmuş ve savaşıardan dolayı bazı yıllarda aksamalar olsa bile 1930'dan itibaren her dört yılda bir dünya kupası organizasyonu düzenlenmeye başlamıştır. 1970'li yıllardan itibaren büyük bir endüstri haline gelen futbol, kapitalizm ve medya sayesinde popülerliğin önemli bir parçası haline gelmiş ve bu sporun gelişimi hızlanmıştır. Bu oluşumda futbol kulüpleri, sponsorluklar, maç yayın hakları anlaşmalar, borsaya açılma veya forma reklamları gibi anlaşmalarla elde edilen gelirler sayesinde ekonomik varlıklarını sürdürmektedirler (Gökulu, 2008).

Popüler olan bu spor dalının modernize halinin Türk tarihi açısından, 19. yüzyıl sonlarına doğru yerini almaya başladığı söylenebilir. Ancak bazı dini inançlar nedeniyle o dönemde müslüman Türkler arasında futbolun varlığı son derece sınırlıdır. Yine de, o dönemde Osmanlı'da gayrimüslim halklar ve yabancı uyruklular tarafından bu oyunun oynandığı bilinmektedir. İzmir’de ise İngilizler tarafından Smyra Futbol Kulübü (1894) kurulmuş ve Bornova’da yaşayan İngilizlerle Rumlar kendi aralarında futbol oynamaya başlamışlardır. Daha sonra farklı kulüplerin kurulmasıyla “Cuma Ligi” ve “Pazar Ligi” gibi faaliyetler oluşturulmuştur. Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin faaliyete geçmesiyle (1920) Türk sporu ve futbolunda önemli gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır. Türkiye İdman Cemiyetleri İttifakının 1923 yılında kurulmasıyla Türkiye’deki ilk spor teşkilatı oluşturulmuş ve aynı yıl Türkiye Futbol Federasyonu (TFF) resmi olarak kurulmuştur. Türkiye'nin uluslararası futbol arenasında yer alması ise TFF’nin 21 Mayıs 1923 yılında Uluslararası Futbol Federasyonuna (FIFA) üye olmasıyla gerçekleşmiş, aynı yıl ilk kez resmi lig maçları düzenlenmeye başlamıştır (Saçaklı ve ark. 1995). 1950 ila 1960 yılları arasında İstanbul, Ankara ve İzmir'de profesyonel ligler kurulmasıyla yeni oluşumlar ve kulüplerin kurulmasına zemin hazırlanmıştır. Türkiye'nin Avrupa Futbol Federasyonları Birliği’ne (UEFA) katılımı, 1962 yılında gerçekleşmiştir (Türkiye Futbol Federasyonu, 2017).

Futbolun karmaşık fizyolojik talepleri olan bir spor branşı olmasından dolayı, bir futbol maçında futbolcuların hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini etkin bir şekilde kullanması gerekir. Aerobik sistem özellikle düşük ve orta yoğunluktaki koşular esnasında devreye giren ve oyuncuların dayanıklılığını belirleyen faktörlerden biridir. Literatürde, elit futbolcuların maksimal oksijen alımı (VO_{2max}) değerinin 55-70 ml/kg/dk arasında olduğu ve bu aerobik kapasitenin özellikle maçın son dakikalarında performans korunması için kritik bir rol oynadığı belirtilmiştir (Helgerud *et al.* 2001). Buna karşılık, sprint, sıçrama ve ani yön değiştirme gibi yüksek şiddetli hareketlerde anaerobik sistem devreye girmekte ve bu tür aktiviteler sırasında kreatin fosfat ve glikolitik yollar baskın hale gelir ama laktat (La) birikimi yorgunluğa neden olabilir (Bangsbo, 1994). Futbolda enerji gereksinimleri, antrenman yoğunluğu ve pozisyonlara göre değişiklik gösterir. Bir maç esnasında kas glikojen depolarında %50-90 oranında azalma meydana gelebilir. Bu da özellikle ikinci yarıdaki total performansın düşmesine neden olabilir (Krustrup *et al.* 2006). Futboldaki bu enerji sistemleri arasındaki dinamik geçiş, maçın aralıklı doğasını yansıtır ve antrenman programlarının bu iki sistemi hedefleyecek şekilde tasarlanmasını gerektirir (Mohr *et al.* 2003; Bangsbo *et al.* 2008).

Bir futbol maçında maksimal kalp hızı (KH_{max}) kullanılarak elde edilen ortalama çalışma yoğunluğu, anaerobik eşiğe (%80-90 KH_{max} ya da % 75 VO_{2maks}) yakın aktivite profilini ortaya çıkarmaktadır (Hoff *et al.* 2002; Mohr *et al.* 2005). Maçlar esnasındaki ortalama kan laktat konsantrasyonu 12 mmol.L üzeri belirli bireysel farklılıklar olmakla birlikte ortalama 3-6 mmol.L arasındadır. Bu değerler maçın yoğun dönemleri sırasında anaerobik enerji sisteminin yüksek oranda olduğunu gösterir (Bangsbo 1994; Mohr *et al.* 2005).

Danimarka Süper Liginde yapılan çalışmada, futbolcuların bir futbol maçındaki aktivite profillerinin %19.5'inin durarak, %41.8'inin yürüyerek, %16.7'sinin jog atarak, %16.8'sinin koşarak, %1.4'nün sprint yaparak ve %3.7'sinin ise diğer hareket örnekleri uygulanarak yapıldığı elde edilmiştir. Profesyonel futbol oyuncuların bir futbol maçında ortalama 50 kez dönüş hareketi, 9 kez kafa vuruşu (Mohr *et al.* 2003) ve 90 saniyede bir yaklaşık 15 metre sprint yaptıkları (Tumilty, 1993) elde edilmiştir. Futbolda anaerobik özellikler tekme atma ya da rakip oyuncuları tutma, sprint, sıçrama ve ikili mücadeleler için önemli fizyolojik gerekliliklerdir (Dupont and McCall, 2016). Futbol maçlarındaki çoğu hareket aerobik aktivitelerden meydana gelmekte ve topsuz yapılmaktadır. Fiziksel

ve fizyolojik açıdan futbol, her ne kadar iyi bir aerobik yeterliliği gerektirse de, futbol maçlarındaki hareketlerin çoğunda anaerobik performans kritik bir rol oynar ve maçın sonucuna doğrudan etki eder. Bu nedenle, anaerobik performans futbolda çok önemlidir (Reilly *et al.* 2000). Çünkü mücadelenin yoğunluğuna göre futbolcuların top kazanma mücadelesine girmesi, sprint atmaları, sıçrama, kafa vuruşu, hızlı yön değiştirmeler, ani durma, şut atma, dönüşlü ve tempolu koşuları yapmaları gerekir. Oyunun yoğunluğunda artışa neden olacak bu gibi hareket örnekleri esnasındaki etkin metabolizma, anaerobik metabolizmadır (Stolen *et al.* 2005). Bu gibi yüksek şiddetli ve kısa süreli etkinliklerin tekrarlanması futbolda sadece iyi bir aerobik kapasitenin değil aynı zamanda mükemmel bir anaerobik güç ve kapasitenin de gerekliliğini ortaya koyar (Tumilty, 1993; Heller *et al.* 1995). Farklı yaş kategorilerindeki erkek futbolcuların alt vücut anaerobik güç değeri çizelge 1.1’de, kadın futbolcuların oyun pozisyonuna göre güç değerleri çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Farklı Yaş Kategorilerindeki Erkek Futbolcuların Alt Vücut Anaerobik Güç Değerleri (Nikolaïdis, 2011).

YAŞ	ZG (W)	ZG (W/kg)	OG (W)	OG (W/kg)	MG (W)	MG (W/kg)	YI (%)
U13	452.3	9.56	356.7	7.6	264.1	5.68	40.4
U14	566.1	9.64	450.9	7.73	338.3	5.83	39.3
U15	626.4	10.31	490.6	8.07	359.6	5.93	42.2
U16	714.2	10.91	564.5	8.61	408.5	6.26	42.5
U17	769.4	10.63	601.1	8.56	427.4	6.11	42.2
U18	774.2	11.23	614.3	8.97	442.9	6.51	41.7
U19	769.6	10.99	605.6	8.66	427.6	6.1	44.3
U20	839.3	11.52	662	9.03	468.5	6.39	44.2
U21	852.9	11.21	686.4	9.13	513	6.83	39.5

ZG: Zirve Güç; OG: Ortalama Güç; MG: Minimal Güç; YI: Yorgunluk İndeksi

Çizelge 1.2. 1. Lig Kadın Futbolcuların Oyun Pozisyonlarına Göre Alt Vücut Anaerobik Güç Değerleri (Nikolaïdis, 2014)

Güç Değerleri	Oyun Pozisyonları			
	Kaleci	Defans	Orta Saha	Hücum
Zirve Güç (W)	658	570	577	571
Zirve Güç (W/kg)	9.41	9.50	9.57	9.44
Ortalama Güç (W)	489	423	432	426
Ortalama Güç (W/Kg)	7.00	7.07	7.21	7.07

Futbolcuların kas yapısı, oyunun gerektirdiği fiziksel taleplere uyum sağlayacak şekilde özelleşmiştir. Kas biyopsisi çalışmalarında futbolcularda tip I (yavaş kasılan) ve tip II (hızlı kasılan) liflerinin dengeli bir dağılım gösterdiği elde edilmiştir (Andersen et al. 2010). Tip I kas lifleri, uzun süreli aktivitelerde dayanıklılık sağlarken, tip II lifleri ise patlayıcı güç ve sprint performansında gereklidir. Ayrıca, futbolcuların alt ekstremitte kaslarında (özellikle quadriceps ve hamstring) belirgin bir hipertrofi gözlemlenir. Bu da kuvvet ve sıçrama performansı ile doğrudan ilişkilidir. Ancak, bu kas gruplarında olası dengesizliklerin sakatlık riskini de artırabileceği unutulmamalıdır (Metaxas *et al.* 2014). Örneğin, hamstring/quadriceps kuvvet oranı 0.6'dan düşük olması, hamstring sakatlığı için önemli risk faktörü olarak kabul edilir. Bu nedenle, futbolcuların kuvvet antrenmanı hem performans artırma hem de sakatlıkları önlemeye yönelik tasarlanmalıdır (Croisier *et al.* 2008). Sinir-kas koordinasyonunun yüksek düzey olması da müsabakalar sırasında temel becerilerin yayılması, şut hızı, dönüşler ve sprint gibi performansların futbolcular tarafından daha iyi yerleştirilmesini sağlar ve bu tür adaptasyonlar oyuncuların özellikle çabukluk, sıçrama, hızlanma ve ivmelenme sürati gibi yeteneklerine olumlu katkı sağlar (Dowson *et al.* 1998; Wisløff *et al.* 2004).

Futbol maçlarında görülen nöromusküler yorgunluk, hem merkezi (sinir sistemi kaynaklı) hem de periferik (kas düzeyinde) mekanizmalardan etkilenmektedir. Yüksek yoğunlukta egzersizlerin tekrarlanması, motor nöronların uyarılabilirliğini azaltarak kas liflerinin aktivasyonunda geçici bozulmalara yol açabilir (Girard *et al.* 2011). Özellikle ikinci yarının son 15 dakikasında reaksiyon sürelerinde yavaşlama ve teknik becerilerde (pas isabeti ve şut hassasiyeti vb.) meydana gelen azalmalar, bu yorgunluğun belirgin göstergeleridir (Rampinini *et al.* 2008).

Sakatlık mekanizmaları ve önleyici yaklaşımlar açısından futbol, yüksek sakatlık oranıyla ilişkilendirilen sporlardan biridir. Akut yaralanmaların (örneğin, ön çapraz bağ rüptürü) en yaygın mekanizması, ani yön değiştirmeler esnasında diz ekleminin valgus pozisyonuna maruz kalmasıdır (Waldén *et al.* 2015). Kronik yaralanmalar ise genellikle aşırı kullanım (overuse) kaynaklıdır ve stres kırıkları veya tendinopatiler şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Sakatlığı önlemek için FIFA tarafından geliştirilen 11+ programı gibi ısınma protokollerinin, hamstring ve kasık yaralanma riskini % 30-50 oranında azalttığı öne sürülmüştür (Bizzini *et al.* 2013). Ayrıca, eksantrik kuvvet antrenmanı da hamstring kaslarının yaralanmaya karşı direncini artırmada etkilidir (Askling *et al.* 2003). Bununla birlikte, uzaysal algının da gerekli olduğu propriyoseptif gelişimler, özellikle gençlerde oyun sırasında daha etkili ve güvenli bir şekilde hareket etmelerini mümkün kılmak için büyük bir gerekliliktir (Hrysomallis, 2011). Bu bilgiler ışığında, oyuncuların dengesini ve propriyosepsiyonunu geliştirmeye yönelik nöromusküler eğitimlerin, sakatlık önleme stratejilerinin vazgeçilmez parçası olduğu ve klinik uygulamalarda yer alması gerektiği söylenebilir.

1.1.2. Anaerobik Performans

Anaerobik performans, bir bireyin yüksek yoğunluklardaki anaerobik etkinlikleri gerçekleştirebilme kabiliyeti olarak ifade edilir (Can, 2023). Anaerobik güç ve kapasite terimi, farklı enerji sistemlerin aktivasyonuna dayanır ve anaerobik performansın temel göstergeleridir. Fosfojen sistemi (ATP-CP), anaerobik gücün temel belirleyicisi olarak kabul edilirken, anaerobik glikolitik sistem ise anaerobik kapasiteyi yansıtır (Kearney *et al.* 2000). Anaerobik güç, gerçekleştirilebilen maksimal çalışma oranıdır ve genellikle Watt (W) cinsinden ölçülür, en yüksek hareket hızını ifade eder. Bir (1) saniye üzerinde üretilen zirve güç (ZG) değeri, bir bireyin anaerobik gücünü göstermektedir. Anaerobik kapasite, gerçekleştirilebilen yüksek şiddetli maksimal çalışma miktarıdır ve kilojul (Kj) gibi iş birimleri ile ölçülür. 30 saniye üstünde yüksek güç çıktısını kısa süreli sürdürme yeteneği (ortalama güç), bir bireyin anaerobik kapasitesini gösterir. Yani anaerobik güç, yüksek yoğunluklardaki egzersizler sırasında üretilen maksimal enerji akışı oranını veya maksimal mekanik gücü gösterirken, anaerobik kapasite ise oksijenden bağımsız enerji üreten sistemler tarafından beslenen toplam yüksek yoğunluklu çalışma miktarını ifade eder (Martin, 2014). Bu ayrımın kritik olan nokta, güç kavramının enerji üretim hızını; kapasite kavramının toplam enerji üretim miktarını belirtmesidir (Van Someren, 2016).

Kısa süreli ve yüksek yoğunluklardaki fiziksel aktivitelerde performansın önemli göstergesi olan anaerobik güç fosfojen (ATP-PC) sistem kullanımıyla ilişkilidir. Bu güç özelliğinin ölçümünde uygulanan testler, bireyin ATP-CP ve anaerobik glikolitik enerji sistemini etkin kullanabilme becerisini belirlemektedir. 90 saniye kadar süren ve yüksek güç üretiminin sağlandığı egzersizler esnasındaki enerjinin büyük bir bölümü, ATP-CP ve kas glikojeninin anaerobik yolla parçalanması ile sağlanırken, 6 saniyeden kısa süren yüksek şiddetli aktivitelerde ATP-CP sisteminin baskın olduğu bilinmektedir (Wilmore and Costill, 1994; McArdle *et al.* 2010).

Çoğu sportif harekette performans başarısı, genellikle objelere karşı (ekipmanlar, top, yer vb.) hangi düzey güç uygulanması gerektiğine bağlı iken (Newton ve Kraemer, 1994); çok kısa sürede yapılan sportif çalışmada ise başarı bireyin güç verimine bağlıdır (Newton and Dugan, 2002; Baker, 2005). Birçok temel hareketin (atlama, fırlatma veya sprint atma vb.) gerçekleşmesi için de güç oldukça önemlidir. Ayrıca raket sporları yanı sıra takım sporları, dövüş sanatları, jimnastik, dalış, ve yüzme gibi branşlarda sporcular iyi seviye güç özelliğine sahip olmalıdır (Cormie *et al.* 2011). Bu açıdan güç özelliğinin sportif müsabakalarda performans sergilenmesi için önemli olduğunu ve güç özelliğinin geliştirilmesi gerektiğini söyleyebiliriz (Can, 2023). Anaerobik gücün gelişimi için kısa süreli (5-10 saniye) maksimal eforların tekrarlanması, anaerobik kapasitenin artışı için ise daha uzun süreli (30-90 saniye) yüksek şiddetli interval antrenmanların uygulanması önerilmektedir (Martin, 2014).

1.1.2.1. Anaerobik Performansı Etkileyen Faktörler

1.1.2.1.1. Cinsiyet

Kadın ve erkekler, birçok açıdan birbirine benzer fizyolojik adaptasyonlara sahip olsalar da, bazı anatomik ve fizyolojik farklılıkları da barındırmaktadırlar (Kraemer *et al.* 2011). Kadınların vücut yağ oranı erkeklere göre geç çocukluk döneminde daha yüksek iken, erken ergenlik döneminde ise erkeklerin yağsız kütle oranlarının kadınlardan daha fazla olduğu görülmektedir (Kenney *et al.* 2022). Kadınlarda toplam kas kütleindeki azalma, vücut yağ oranında artış meydana gelmesinden kaynaklanır. Uyluk bölgesinde kadınlar daha yüksek tip I kas liflerine sahip iken, erkekler daha yaygın tip II kas lifine sahiptir. Erkeklere kıyasla kadınlarda kas kütlelerinin daha az olması, ürettikleri total güç düzeyinin daha az olmasına neden olmaktadır (Kraemer *et al.* 2011). Kadınlar, yaklaşık olarak erkeklerin sahip oldukları kas kuvvetinin üçte ikisi kadar kuvvetlidir. Mutlak kas

kuvveti açısından cinsiyetler arasındaki farklılık özellikle üst vücut kas gruplarında daha belirgindir. Ancak, alt ekstremitelerde özellikle antigravite kas gruplarında farklılık önemli ölçüde azalmaktadır (Brown *et al.* 2006). Erkeklerle kıyasla kadınlarda kas dayanıklılığı özelliğinin daha yüksek olduğu, buna karşılık erkeklerin daha fazla kas kuvveti ürettiği belirlenmiştir (Kraemer *et al.* 2011). Kuvvet üretimi açısından ise kadınlar, üst vücutta erkeklerle göre yaklaşık %50, alt ekstremitelerde ise %30 oranında daha düşük performans durumu sergilemektedir (McArdle *et al.* 2010). Güç veriminde cinsiyete dayalı farklılık, kas kuvvetinde görülen farklılığa benzerdir. Snatch ya da clean pull hareketinde, kadın ağırlık kaldırımcıların toplam vücut ağırlıklarına göre güç değerleri, erkeklerin değerinin yaklaşık % 63'ü olarak elde edilmiştir (Garhammer, 1991).

1.1.2.1.2. Yaş

Hücrel ve organizma boyutunda yaşlanma durumu, sinir sistemi merkezlerinin bilgiyi işleme hızını ve vücut kaslarını kontrol etme yetisini değiştirir. Özellikle bilgiyi işleme becerisini olumsuz yönde etkileyerek, uyarıların algılanma ve algılanan uyarılara verilen tepkilerin yanıt süresini olumsuz yönde etkilemektedir. Kişilerde yaş ilerledikçe hem basit hem de karmaşık hareketlerde azalma gözlemlenmektedir. Yaşlı kişilerdeki motor ünite kullanımı genç bireylere göre daha düşüktür. Örneğin, 80 yaşındaki bireyler daha uzun süren motor ateşleme ve kasılma sürelerine sahipken, 20 yaş altında erkekler ise daha kısa süreli motor ateşleme ve kasılma sürelerine sahiptir. Yaşlanma sürecinde kuvvet ve enduransın azalması büyük ölçüde bedendeki nöromusküler değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Kenney *et al.* 2022).

Çocukların anaerobik kapasitesi ve egzersize ilişkin tepkileri, yetişkin bireylerle kıyaslandığında daha düşüktür (Kraemer *et al.* 2011). Çocuklar ile yetişkinler arasındaki yaş farkı, metabolizma üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Çalışmalar, çocukların daha yüksek oksidatif enzim seviyesine sahip olduğu ve bu nedenle yetişkinlere kıyasla daha fazla serbest yağ asidini okside ettikleri sonucunu ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle, metabolik açıdan çocuklar yetişkinlere kıyasla daha yüksek oksidatif aktiviteye eğilimli olduğundan anaerobik özellikleri daha düşüktür (Porcari *et al.* 2015). Bu durumun temel nedenleri arasında çocukların glikolitik kapasitesinin sınırlı olması ve bunun anaerobik performanslarını olumsuz etkilemesi yer almaktadır.

Çocuklar ne kadar koordineli, güçlü veya iri yapılı olursa olsunlar, hâlâ büyüme ve gelişim sürecindedir. Kişinin çocukluk ve ergenlik dönemlerindeki fiziksel uygunluk ve zindelik seviyeleri sürekli değişim periyodunu göstermektedir. Bu nedenle, çocuklara yapılan antrenmanların etkilerini çocuğun doğal büyüme sürecinden ayırt etmek açık bir şekilde zorlaşmaktadır. Ergenlik öncesi dönemde güç gelişimini etkileyen faktörler bazı farklılıklar göstermektedir. Bu süreçte özellikle erkek çocuklarında, kandaki testosteron hormonu seviyesi düşük olup, total kas kütlesi ergenlik döneminde artış göstermektedir. Vücutta testosteron seviyelerindeki yükseliş, kas kütlesindeki artışla doğrudan ilişkilidir (Porcari *et al.*, 2015).

1.1.2.1.3 Kas Kütlesi

Anaerobik performansın temel belirleyicilerinden biri olan kas kütlesi hem vücut kompozisyonun kritik bir bileşeni hem de kuvvet ve güç üretim kapasitesinin önemli bir göstergesidir (Simoneau and Bouchard, 1998). Literatürde, kas kütlesi ve anaerobik güç arasında güçlü bir ilişkinin olduğu vurgulanmıştır. Perez-Gomez *at al.* (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, kas kütlesinin hem erkek hem de genç kadın bireylerde 300 metre sprint ve 30 saniye bisiklet ergometresi testlerindeki performansla anlamlı bir ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kas kütlesi gelişiminde cinsiyetler arasında belirgin farklılıklar vardır. Kas kütle gelişimi için 5 ila 18 yaş aralığındaki maksimal kas kütlesine ulaşma yaşında artış oranı, vücut kütle oranı ve relatif kas kütlesi gibi parametrelere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılık, kuvvetin gerekli olduğu spor branşlarında erkeklerin performans avantajını açıklamaktadır (Cheuvront *at al.* 2002; Manilal, 2006). Bu fark özellikle üst ekstremitelerde performansında daha belirgindir. Mishra and Chahal (2013), milli düzeydeki atıcılarda kas kütlesi ile anaerobik güç arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Kas kütlesi gelişimi, büyüme ve olgunlaşma süreçlerinde yaşanan değişimlerin yanı sıra, yaş ve cinsiyete bağlı anaerobik güçteki farklılıkların önemli bir bölümünü açıklamaktadır. 5-18 yaş arasındaki erkek bireylerde kas kütlesi, yaklaşık beş katlık bir artış göstererek vücut kütlesinin yaklaşık %42'sinden %54'üne çıkar. Aynı dönemde, kız çocuklarında kas kütlesi, vücut kütlesinin %40'ından %45'ine yükselerek 7 kg'dan 24 kg'a çıkmakta ve bu da yaklaşık 3.4 katlık bir artışa karşılık gelmektedir. Erkekler genellikle 30 yaş civarında, kadınlar ise 20 yaşından önce maksimal kas kütlesine ulaşmaktadır. Ayrıca, 7

yaşından itibaren erkeklerin hem mutlak hem de relatif (kg kas kütlesi/kg vücut kütlesi) kas kütlesi, kadınlara kıyasla çok daha yüksektir (Armstrong and Welsman, 2007).

1.1.2.1.4. Metabolik Yolların Verimliliği

Anaerobik enerji sistemi, oksijen kullanılmadan yapılan enerji üretim süreçlerini kapsamaktadır. Bu sistemler, hücrede depolanmış olan kreatin fosfat (CP) ve adenosin trifosfatın (ATP) parçalanması ile başlar. Ardından glikoz ve glikojenin glikoliz yolu ile laktik aside dönüşme süreci devam eder (Wilmore and Costill, 2004). Bu metabolik yol, çeşitli enzimlerin katalize edildiği reaksiyonlara dayanır. Söz konusu enzimlerin aktivite düzeyinde yaşanan değişiklikler, anaerobik enerji üretim kapasitesini ve hızını doğrudan etkileyebilir (Reaburn and Dascombe, 2009).

1.1.2.1.5. Substrat Mevcudiyeti

Substratların mevcudluğu, özellikle kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde anaerobik performans üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Yaklaşık 10 ila 30 saniye arasındaki maksimal fiziksel aktivitelerde başlıca enerji kaynağı olan kreatin fosfat (CP) ve glikojen düzeylerinde önemli bir azalma meydana gelmektedir. Bu durum, anaerobik enerji üretim miktarını sınırlandırabilir (Bouchard *et al.* 1991). Vastus lateralis kasında ölçülen intramüsküler CP düzeyinin, 18-36 yaş arasındaki bireylerle karşılaştırıldığında, 52-79 yaş arasındaki sedanter kadın ve erkeklerde yaklaşık % 5 daha düşük olduğu elde edilmiştir. Bu bulgular yaşa bağlı fosfojen azalmasının sadece yaşlanma süreciyle değil, fiziksel aktivite düzeyi düşüklüğüyle de ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (Møller *et al.* 1980).

1.1.2.1.6. Reaksiyon Ürünlerinin Birikimi

Maksimal yoğunlukta egzersize başlanıldığında, enerji gereksinimi mitokondrial yollarla karşılanabilecek düzeyin üzerine çıkar ve anaerobik glikoliz devreye girer. Bu süreçte hem fosfojen hem de glikoliz sistemler ATP sentezine katkı sağlar (Wilmore and Costill, 2004). Anaerobik egzersiz sırasında hidrojen iyonları ve laktat düzeylerinde artış görülür; bu da kas hücreleri ile kanda pH değerinin düşmesine neden olur. ATP'nin parçalanması ve laktik asit kaynaklı proton salınımı, şiddetli egzersize bağlı asidozun temel nedenidir (Robergs *et al.* 2004). Kas içi pH düşüşü, kas geriliminin oluşumunda kalsiyum iyonlarına olan ihtiyacın artmasına, çapraz köprü döngüsünde aksamalara ve glikolitik yolda bazı enzimlerin baskılanmasına yol açarak anaerobik performansta bir azalmaya neden olur (Parkhouse and McKenzie, 1984).

1.1.2.1.7. Aerobik Enerji Sisteminin Katkısı

Her ne kadar belirli egzersiz türlerinde tek bir enerji sistemi baskın rol oynasa da (kısa süreli yüksek yoğunluklu hareketlerde ATP-CP sistemi, uzun süreli dayanıklılık gerektiren aktivitelerde ise aerobik sistem gibi), tüm enerji sistemleri egzersiz sırasında ATP'nin yeniden sentezlenmesine belirli oranlarda katkıda bulunur (Fleck and Kraemer, 2004). Egzersizin türü, süresi ve yoğunluğu gibi fizyolojik talepler doğrultusunda, enerji ihtiyacının karşılanmasında hangi sistemin ön planda olacağı belirlenir. Örneğin, 100 m sprint gibi kısa süreli ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde ATP üretimi büyük bir ölçüde anaerobik yollarla sağlanırken, egzersiz süresi uzadıkça vücut oksidatif (aerobik) enerji yollarına daha fazla başvurur. Yaklaşık bir dakikalık egzersizlerde enerji gereksiniminin yaklaşık %70'i anaerobik yollarla karşılanırken, dört dakikalık bir aktivite süresince bu oran tersine döner ve enerji ihtiyacının yaklaşık %65'i aerobik metabolizma aracılığıyla sağlanır (Bompa and Haff, 2009).

1.1.2.1.8. Kalıtım

Kalıtım, bireyin aerobik ya da anaerobik performansa daha yatkın olup olmadığı ve antrenmanlara vereceği yanıtı belirleyen önemli bir faktördür. Bu bakımdan genetik yapı, anaerobik performansı etkileyen unsurlardan biri olarak ön plana çıkar. Ahmetov *et al.* (2006) tarafından yapılan çalışmada, PPARα geninin fiziksel performans durumu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla birbirinden farklı spor branşlarından sporcuların 7 farklı genotip yapısı analiz edilmiştir. Bahsi geçen çalışmada, C alel taşıyıcılarının kas metabolizmasında glikozu baskın olarak parçaladığı ve bu yüzden anaerobik performans özelliğine daha yatkın olduğu rapor edilmiştir. Kuvvet odaklı araştırmalarda, GC ve CC genotiplerinin belirgin olarak daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. C alelin kuvvet performansı ile ilişkisi, çizgili kasların hipertrofisini desteklemesi ve anaerobik aktivitelerde glikoliz kullanımını kolaylaştırması ile açıklanmaktadır. İnsan kas yapısı, kas kuvveti ve dayanıklılığı açısından büyük ölçüde genetik faktörlerden etkilenir. Kas kasılma tipleri incelendiğinde, izometrik ve konsantrik kasılmaların orta ve yüksek düzey genetik faktörlerin kontrolü altında olduğu belirlenmiştir. İzometrik kasılmalar %44-78, konsantrik kasılmalar %31-61 oranında kalıtsal etkilerden kaynaklanır (De Mars *et al.* 2007). Ginevičiene *et al.* (2011) tarafından Litvanyalı sporcularda yapılan bir çalışmada, ACTN3 XX homozigot genotipine sahip atletlerin, RR genotipine sahip

atletlere kıyasla daha kısa süreli patlayıcı kas kuvvetine ve anaerobik alaktik maksimal güce sahip oldukları elde edilmiştir.

1.1.3. Kuvvet

Motor becerilerin temel unsurlarından olan kuvvet, bir dirence karşı koyabilme yeteneği olarak ifade edilir ve bireylerin vücutları veya nesneleri hareket ettirmelerine, herhangi bir dirence karşı koyma ve gerektiğinde bu direnci aşmalarına olanak sağlayan oluşumdur (Bompa, 2011; Naclerio *et al.* 2013). Kuvvet ortaya çıkabilmesi için bir kas ya da kas grubunda kasılma meydana gelmesi gerekmektedir. Kas fonksiyonu, yalnızca istemli kasılmalarla belirlenebilir (Schoenfeld *et al.* 2015). Kuvvet, kas kasılmalarında meydana gelen mekanik gerilimi ifade eder ve bir dirence karşı koymayı mümkün kılan sinir ve kas sisteminin uyumlu çalışmasındaki en önemli özelliğini oluşturur. Kuvvetin büyüklüğünü belirleyen temel faktör esasen maksimal kas kontraksiyonudur (Hay *et al.* 2011).

Kuvvet, vücudun farklı türde dirençlere karşı güç uygulayabilme yetisidir ama bu direnç yapılan aktivitelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Örneğin, yüzücüler suyun oluşturduğu dirençle mücadele ederken, gülle atıcılar doğrudan atış objesi olan gülleyle karşı kuvvet uygular. Koşu gibi aktivitelere ise bireyin karşı koyması gereken temel direnç, kendi vücut ağırlığıdır (Wiggins-James *et al.* 2005). Yine de direnç sadece vücut ağırlığıyla sınırlı kalmayıp alt ekstremitelerdeki kasların geliştirilmesine yönelik sıçrama çalışmaları, rüzgâra karşı yapılan koşular, yokuş yukarı yapılan antrenmanlar ve çeşitli dış yüklerle gerçekleştirilen kol-bacak fırlatmalar veya ağırlık kaldırma egzersizlerini de kapsar (Prieske ve ark., 2018) (Perez-Gomez ve ark., 2008). Tarihsel açıdan kuvvet üretebilme yetisi; canlıların hayatta kalabilmek, avlanmak ve hareket etmek gibi temel ihtiyaçlar doğrultusunda evrimsel süreçte gelişmiştir (Kumar, 2004). Günümüzde direnç temelli antrenmanlar, yalnızca sportif başarı ve performansa katkı sağlamakla kalmaz; aynı zamanda kas-iskelet sistemi fonksiyonlarını iyileştirmek, sakatlık riskini azaltmak ve genel sağlığı desteklemek amacıyla da yaygın bir biçimde uygulanmaktadır (Sánchez *et al.* 2023).

Yeterli kas kuvveti sadece sporla ilgili aktivitelere değil, aynı zamanda günlük yaşamsal aktiviteler sırasında gerçekleştirilen tüm hareketlerin doğru, amacına uygun ve istenilen düzey yapılabilmesi için de gereklilik oluşturmaktadır. Bu bilgilere dayanarak

kuvvet ile ilgili yapılan tanımlamalardan, kuvvetin karmaşık bir yapıya sahip olduğu ve çok farklı sınıflandırmalarla ele alındığı anlaşılmaktadır (Muratlı ve Hindistan, 2018).

Kuvvet teorik temellere dayanarak genellikle genel kuvvet ve özel kuvvet olmak üzere iki temel başlık altında sınıflandırılabilir. Genel kuvvet, tüm kas sistemini yansıtır ve herhangi bir kasın özel olarak çalıştırılmasından bağımsız olan kuvveti ifade eder. Bu tür kuvvet uygulanan kuvvet antrenmanlarının temelini oluşturur ve spora yeni başlayan kişilerde antrenman programlarının ilk aşamalarında önemli bir gelişim alanını oluşturur (Bompa and Haff, 2009). Özel kuvvet ise belirli bir spor dalı veya hedefe yönelik olarak geliştirilen kuvvet türünü içermektedir. Özel kuvvet, belirli bir kas ya da kas grubunun kuvvetlendirilmesi ve bu kuvvetin başka bir motor beceriyle (hız veya dayanıklılık gibi) gelişmesi olmak üzere iki temel faktörden etkilenir (Muratlı ve ark. 2005; Bompa and Haff, 2009).

Bilimsel açıdan kuvvet antrenmanı; maksimal kuvvet, çabuk kuvvet ve kuvvette devamlılık olmak üzere üç temel başlık altında sınıflandırılabilir. Maksimal kuvvet, bir kas ya da kas grubunun istemli kasılmasıyla üretebileceği en yüksek kuvvet miktarıdır (Bompa and Haff, 2009) ve genellikle bir tekrarlı maksimal (1TM) kuvvet testi yoluyla belirlenir. Bu test, bir bireyin belli bir hareketi sadece bir kez tam gerçekleştirebildiği en yüksek ağırlığı yansıtır (Newton and Kraemer, 1994). Bu parametre, yüksek düzeydeki sportif performansın temel unsurlarından biri olarak kabul edilir. Dolayısıyla maksimal kuvvetin geliştirilmesi ve korunması, sporcuların fiziksel kapasitelerini en üst düzeyde kullanabilmeleri açısından büyük önem taşır (Maestroni, 2020).

Çabuk kuvvet, bir sporcunun kuvvet üretimini kısa bir zaman dilimi içerisinde başlatabilme ve maksimum kuvveti hızlıca uygulayabilme yeteneği olarak tanımlanır. Bu yetenek, belirli bir dirence karşı en yüksek hızda hareket etmeye yönelik hızlanma kabiliyetiyle ilişkilidir (Haff *et al.* 2001). Kasların istenilen bir hareketi, mümkün olan en fazla kuvvet ve en kısa sürede gerçekleştirme yeteneği olarak söylenebilir (Dündar, 2015). Daha teknik bir tanımla çabuk kuvvet; kasların eksantrik fazdan konsantrik faza mümkün olan en kısa sürede geçerek kuvvet üretebilme kapasitesini ifade eder (Newton and Kraemer, 1994). Bu yeterlilik özellikle zıplama, yön değiştirme, fırlatma ve sprint gibi hızlı ve patlayıcı hareketlerin çok daha ön planda olduğu spor dallarında başarıyı

belirleyen anahtar performans göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Cronin and Sleivert, 2005; Haff and Nimphius, 2012).

Çabuk kuvveti üç başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; başlama kuvveti, elastik (reaktif) kuvvet ve patlayıcı kuvvettir (Verkhoshansky, 2006). Futbolda hücum hattı, boks, halter ya da diğer branşlarda sporcuların başarılı bir performans sergilemesi için oldukça önemli olan başlama kuvveti, bir hareketin başlangıç evresinde kuvvette bir artış meydana getirebilme yeteneğidir (Stoppani, 2006). Patlayıcı kuvvet, kas veya kas grubunun en kısa sürede oluşturabileceği maksimal kuvvet seviyesi olarak açıklanabilir (Dündar, 2015). Elastik kuvvet ise kasın ardışık kuvvet üretiminde etkin olabilmesi için hızla devreye girerek bir direnci kısa bir sürede aşabilme kapasitesidir. Bu yeti, özellikle kasın eksantrik kasılmayı takiben, çok kısa bir zaman aralığında konsantrik kasılma ile yüksek kuvvet oluşturmasıyla karakterize edilir. Sprint koşuları, cimnastik hareketleri ve üç adım atlama gibi branşlarda, elastik kuvvetin yüksek bir düzeyde gelişmiş olması performans açısından büyük önem taşır (Wiggins-James *et al.* 2005).

Kuvvet ve dayanıklılığın birleşimi olan kuvvette devamlılık, belirli bir dirençle karşılaşıldığında sinir-kas sisteminin bu dirençle uzun bir süre mücadele edebilmesi için yorgunluğa karşı koyabilme yetisidir. Bu özellik, uzun süreli kuvvet uygulamalarında oluşan yorgunlukla organizmanın baş edebilme kapasitesini ve kasların optimal düzeyde çalışmaya devam edebilme becerisini ifade etmektedir (Bompa and Haff, 2009).

Kasılma biçimlerine göre kuvvet, statik kuvvet ve dinamik kuvvet olmak üzere ikiye ayrılır. Statik kuvvet, kasların hareketsiz, yani izometrik kasılmayla oluşturduğu sabit gerilim üretme kapasitesidir. Bu tür kuvvet üretiminde kaslar maksimal izometrik çaba ile belirli bir gücü ya da torku sürdürebilmektedir. Bu esnada ilgili vücut segmenti herhangi bir hareket sergilemez. Vücut segmentlerinin sağladığı mekanik avantajla içsel kas kuvveti desteklenerek belli bir zaman diliminde üretilen kuvvet veya tork biçiminde dışsal olarak ölçülür (Mital and Kumar, 1998). Dinamik kuvvet ise kasların kasılmasıyla birlikte eklem açıları ve vücut segmentlerinin uzaydaki konumlarında değişikliklerin gözlemlendiği bir kuvvet türüdür. Bu hareketli süreçte kaslar, vücut bölümleriyle birlikte kuvvet uygulayarak yer değiştirir ve bu durum dinamik kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Maestroni *et al.* 2020).

Vücut ağırlığına göre kuvvet, mutlak (absolut) ve bağıl (relatif) olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Mutlak kuvvet, bir bireyin kaslarının yorgunluğa ulaşarak kasılmayı sürdüremediği ana kadar, belirli sabit yükü kaç kez kaldırabileceğini gösteren maksimal tekrar sayısını ifade eder. Bağıl kuvvet ise bireyin toplam vücut kütlesi, yağsız vücut kütlesi ya da maksimal kuvvet değeri gibi bir referans noktasına oranla belirlenmesidir (Mayhew *et al.* 2007). Bağıl kuvvet, özellikle aynı antrenman düzeyine ama farklı vücut ağırlıklarına sahip olan bireylerin kuvvetini karşılaştırma için önemli bir değerlendirme sunar. Bu değer, mutlak kuvvetin bireyin vücut ağırlığına bölünmesiyle hesaplanarak, kuvvetin daha adil ve göreceli değerlendirmesini sağlar (Muratlı *ve ark.* 2005).

Kuvvet antrenmanları, bireyin uyguladığı kuvveti artırmayı ya da dış kuvvetlere karşı direnç sağlamayı hedefleyen genellikle serbest ağırlıklar, makineler, elastik direnç bantları ve elastik ekipmanlar gibi araçların kullanıldığı sistematik bir egzersiz biçimidir (Voet *et al.* 2019). Bu antrenman türü, yalnızca kas kuvvetini değil aynı zamanda güç, dayanıklılık ve hız gibi atletik özelliklerin geliştirilmesinde de merkezi bir rol oynar. Kas kuvvetindeki gelişim; kas dokusunun yapısal özellikleriyle sinir sistemi arasındaki karmaşık biyolojik etkileşimler sonucudur. Bu süreçte kas liflerinin büyüklüğü, liflerin düzenlenme biçimi, kas-tendon bileşkesi esnekliği, motor ünitelerin ne zaman ve hangi sıklıkla aktive edildiği, sinirsel uyarıların koordinasyonu ve baskılayıcı mekanizmalar gibi birçok faktör belirleyici rol oynamaktadır (Suchomel *et al.* 2018).

Futbolda başarılı bir performans için kuvvetin geliştirilmesi gerekir. Sporcuların güçlü bir kuvvet özelliğine sahip olması; kas fibrillerinin uyumu, refleks uyku, agonist-antagonist kasılma mekanizmasında kaslararası ve kas içi koordinasyon gibi özelliklerin daha verimli olarak çalışmasını sağlar (Docherty *at al.* 2004; Weber *at al.* 2008). Bu tür yetenekler, yaklaşık 8 ila 12 haftalık kuvvet antrenmanları yoluyla daha üst seviyelere çıkarılabilmektedir (Behm, 1995). Sinir-kas koordinasyonunun yüksek düzeyde olması, müsabakalarda temel becerilerin yayılması, şut hızı, anlık dönüşler ve sprint gibi başarı için önemli olan hareketlerin sporcular tarafından daha iyi bir şekilde yerleştirilmesini sağlar. Bu tür adaptasyonlar, futbolcuların özellikle çabukluk, sıçramalar, hızlanma ve ivmelenme sürati gibi yeteneklerine olumlu katkılar sağlamaktadır (Dowson *at al.* 1998; Wisløff *at al.* 2004).

Maksimal kuvvet özelliği, futbolcularda ihtiyaç duyulan en önemli özelliklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu özelliğin gelişimiyle birlikte relatif kuvvet olumlu etkilenir ve dolayısıyla da güç veya patlayıcı özellikler gibi yeteneklerin performansa yansıtılmasında üst düzeyde artış gerçekleşir (Stølen *et al.* 2005). Yapılan çalışmalarda, maksimal kuvvetin gelişim ve klasman düzeyinde farklı etkilenimlere yol açtığı tespit edilmiştir. Örneğin, ileri düzeyde sporcularla karşılaştırıldığında, kuvvet gelişimi henüz tamamlanmamış orta düzeydeki sporcularda daha belirgin bir kuvvet artışı ve gelişimi görülmektedir (Rampinini *et al.* 2007; McBride *et al.* 2009). Sonuç olarak, sporcuların sahip oldukları yüksek kuvvet seviyeleri, sporda yaralanma risklerini azaltmakta, güce bağlı hareketlere olumlu etki yapmakta, kaslararası koordinasyon yeteneğini artırmakta, spor aktivitelerini daha kaliteli hale getirmekte ve kuvvetin iyi bir futbol becerisi için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Durán-Custodio *et al.* 2025).

1.1.3.1. Kas Kuvvetini Etkileyen Yapısal ve Sinirsel Faktörler

1.1.3.1.1. Yaş

Çocukluk döneminde, özellikle 10 yaşına kadar kuvvet gelişimi büyük oranda sinirsel adaptasyonlara dayalı olarak gerçekleşir. Bu dönemde, kas kütlesinde belirgin bir artış gözlemlenmezken, kuvvet kazanımı sinir-kas koordinasyonundaki iyileşmelerle sınırlıdır (Malina *et al.* 2004). Bununla birlikte, çocukların yaşının ilerlemesiyle birlikte, fiziksel gelişimlerinde meydana gelen değişiklikler (özellikle kas kütlesindeki artışlar) kuvvetlerinin belirgin gelişmesine yol açar. 10-11 yaşlarında, cinsiyet farklılıklarının da etkisiyle kuvvet gelişimi hız kazanır. Erkek çocuklarında, 13-14 yaşlarına gelindiğinde gelişim çok daha belirgin hale gelir (Beunen and Malina, 1988). Bu dönemde yaşanan değişiklikler, kas kütlesindeki artışın yanı sıra, hormonal düzeylerdeki değişimlerin de etkisiyle kuvvetin hızla geliştiğini gösterir. Genellikle kas kuvveti 20-30 yaş arasında en yüksek seviyesine ulaşır. Erkeklerde bu kapasite 45-50 yaşlarına kadar stabil kalırken, kadınlarda bu seviyeye ulaşma süreci biraz daha erken tamamlanır (Hurley *et al.* 2000). Ancak bu yaşlardan sonra her iki cinsiyetin kas kuvvetinde bir azalma gözlemlenmeye başlar. Bu azalma, özellikle 70'li yaşlardan sonra daha belirgin gerçekleşir (Fleck and Kraemer, 2004). Yaşla birlikte kuvvet kaybı, büyük ölçüde kas yapısında değişikliklerle ilişkilidir. Özellikle kas liflerinin sayısında ve boyutundaki azalma, kas kaybının başlıca sebepleri arasındadır. Bunun yanı sıra, motor ünitelerindeki reorganizasyon ve kayıplar, kas kontraksiyonlarında meydana gelen yaralanmalar, kas lifleri tiplerinin dağılımındaki

farklılıklar gibi faktörler de yaşla birlikte kuvvet kaybının artmasına katkı sağlar. Bu faktörler, yaşla birlikte kuvvetin azalmasının biyolojik temellerini oluşturur (Metter *et al.* 1997).

Kas kuvvetinde yaşla birlikte meydana gelen azalma, kas kütlesindeki kayıplarla da ilişkilidir ve bu durum her iki cinsiyette de benzer bir şekilde gözlemlenir (Fleck and Kraemer, 2004). Özellikle 20-35 yaş arası genç erkeklerde m. quadriceps kaslarındaki izometrik kuvvet seviyeleri, yaşlı erkeklerde rapor edilen kuvvet değerlerinden %30-47 oranında daha yüksektir. Bu fark, kas kütlesinde azalmadan kaynaklanan kuvvet kaybını yansıtan bir göstergedir. Kadınlar için de benzer bir durum söz konusudur. Kadınlarda yaşla birlikte kas kuvvetindeki azalma erkeklere göre daha erken başlamakta, fakat hız açısından daha yavaş bir süreç izlemektedir. Özellikle, 20'li yaşlardaki kadınlara kıyasla 60-70 yaşlarındaki kadınların toplam kas kuvvetinde %30-39 arasında azalma görülür. Bu oran, erkeklerdeki kuvvet kaybına göre düşüktür (Hurley *et al.* 1995). Kadınların kas kuvvetinde azalma, genellikle kas liflerinin boyutunda küçülme ve motor ünitelerindeki verimsizlikle ilişkilidir. Ayrıca, kadınlarda bu kuvvet kaybı daha erken yaşlarda başlasa da, erkeklerdeki kadar hızlı ilerlemez ve bu da cinsiyetler arasındaki farklı biyolojik ve fizyolojik faktörlerden kaynaklanmaktadır (Can, 2020).

1.1.3.1.2. Cinsiyet

Kas kütlesinin toplam vücut ağırlığına oranı, fizyolojik farklılıklara bağlı olarak cinsiyetler arasında değişkenlik gösterir. Erkeklerdeki iskelet kasları, vücut kütlesinin yaklaşık %50'sini oluştururken, bu oran kadınlarda ortalama olarak %40 seviyesindedir. Kas hacminin kuvvet üretiminde temel belirleyici faktörlerden biri olması nedeniyle, erkekler genellikle daha yüksek mutlak kuvvet düzeylerine sahiptir. Bu durum, androjen hormonları (özellikle testosteron) gibi biyolojik etkenlerin erkeklerde kas hipertrofisini daha fazla desteklemesiyle de ilişkilidir. Ancak, kuvvet gelişimi yalnızca kas hacmine değil aynı zamanda nöromüsküler adaptasyonlara da bağlıdır. Kadın sporcuların düzenli ve bilimsel temellere dayanan direnç antrenmanları yoluyla, kas kütlelerinde belirgin bir artış yaşamadan da yüksek düzeyde kuvvet kazanımı sağlamaları mümkündür. Kuvvetin performansı etkilediği sprint, halter ve atma branşları gibi sporlarda, kadın sporcuların teknik yeterlilik, motor ünite aktivasyonu ve hareket verimliliği gibi faktörler üzerinden etkili performanslar sergileyebildiği görülmektedir. Bu da, antrenmanların cinsiyet fark

etmeden kas kuvvetini geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Manilal, 2006).

Erkek ve kadınlar benzer direnç antrenmanlarına katıldıklarında mutlak anlamda kas kuvveti artışları açısından farklılıklar gözlemlenebilir. Ancak bu farklılıklar, büyük oranda kas kütlesinin yapısal farklılıklarından kaynaklanır. Kas kütlesiyle orantılı olarak değerlendirildiğinde, kadın ve erkeklerin kuvvet kazanımı açısından benzer adaptasyon kapasitesine sahip oldukları görülür. Bu durum, iskelet kasının fizyolojik özelliklerinin iki cinsiyet arasında önemli ölçüde benzerlik göstermesiyle açıklanabilir. Örneğin, kas lif dağılımları, kasın sinirsel aktivasyonu ve kasılma mekanizmaları kadın ve erkeklerde büyük ölçüde benzerdir (Meth, 2001).

Kuvvet sporlarında erkeklerin kadınlara göre genellikle daha yüksek performans sergilemesi çoğunlukla daha büyük kas kütlesine sahip olmalarındandır. Bu da androjen hormonlarının (özellikle testosteron) erkeklerde kas protein sentezini daha güçlü şekilde uyarmasıyla açıklanabilir. Sonuç olarak, erkekler daha fazla kas hipertrofisi geliştirerek daha yüksek mutlak kuvvet seviyesine ulaşabilirler. Ancak, bu durum kadınların direnç antrenmanlarına yanıt verme kapasitesinin sınırlı olduğu anlamına gelmez. Kadınlarda uygun antrenman programları ile kuvvet ve dayanıklılık performanslarında gelişmeler sağlayabilirler (Manilal, 2006).

Kas yapısı ve kas lif özellikleri cinsiyetler arasında belirgin farklılık gösterebilir. Ancak bu farklılıklar her kas grubu için aynı düzeyde olmayabilir. Bu nedenle, erkek ve kadınlarda kas performansı veya lif özelliklerine dair karşılaştırmalarda, değerlendirilen kas grubunun spesifik özellikleri dikkate alınmalıdır. Bazı kas grupların cinsiyete bağlı lif özellikleri benzerlik gösterebilirken, bazılarında belirgin farklılık vardır (Cheuvront *et al.* 2002). Genel olarak, kas liflerinin çapı ve hacmi açısından erkeklerin hem yavaş kasılan (tip I) hem de hızlı kasılan (tip II) liflerde kadınlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, erkeklerde daha yüksek kas hipertrofisi olması ile ilişkilendirilmektedir (Plowman and Smith, 2008). Bu farkların temelinde hormonal yapı önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle testosteron ve androstenedion gibi anabolik hormonlar, kas büyümesini destekleyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu hormonlar aynı zamanda vücut yağ oranının azalmasına da katkıda bulunur. Her ne kadar kadınlarda bu hormonların düzeyi genel olarak erkeklere göre daha düşük olsa da,

bazı kadınlarda doğal olarak daha yüksek testosteron seviyeleri gözlemlenebilir. Bu durum, söz konusu bireylerde kas kuvveti gelişimine yönelik daha fazla potansiyel sağlayabilir. Dolayısıyla, bireysel farklılıklar da cinsiyet temelli genellemelerin ötesine geçerek, kas kuvveti gelişiminde dikkate alınması gereken önemli bir faktör haline gelir (Meth, 2001).

1.1.3.1.3. Vücut Hacmi

Sporcularda vücut hacmi özellikle mutlak kuvvet üretme kapasitesinde doğrudan etkili bir değişkendir. Mutlak kuvvetle vücut hacmi arasında pozitif bir ilişki bulunduğu farklı çalışmalarda ortaya konulmuştur ama relatif kuvvetle (kuvvet/vücut ağırlığı oranı) vücut hacmi arasında genellikle zıt yönlü bir ilişki gözlenmektedir. Yani, büyük vücut hacmine sahip sporcular daha fazla mutlak kuvvet üretebilseler de, vücut ağırlıklarına oranla ürettikleri kuvvet genellikle daha düşüktür (Sale and Norman, 1982).

Kasın kuvvet üretme kapasitesi doğrudan kasın enine kesit alanıyla ilişkilidir. Buna karşılık, kasın hacmi ise kas kütlesiyle bağlantılıdır. Bu bağlamda, kas hacminin artışı ile birlikte mutlak kuvvet değerlerinde de yükselme görülür. Ancak vücut oranları sabit tutulduğunda küçük yapılı sporcular genellikle daha yüksek relatif kuvvet değerine ulaşmaktadır. Özellikle kilo sınıflandırmalarının olduğu spor dallarında (örneğin güreş, boks ya da halter) bu oran, performans değerlendirilmesinde kritik bir parametre olarak kabul edilir (Harman, 2008). Farklı kilolarda sporcuların karşılaştırılmasında, sporcunun kaldırdığı kuvvetin kendi vücut ağırlığına bölünmesiyle elde edilen relatif kuvvet değeri bireysel performansların daha objektif bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlar. Bu ölçüt özellikle, her sporcunun aynı vücut kütlesine sahip olduğu durumlarda performans avantajını belirlemede önemli bir rol oynar. Örneğin, mutlak kuvvetin öne çıktığı gülle atma ya da çekiç atma gibi branşlarda daha iri yapılı ve yüksek vücut hacmine sahip sporcular avantaj sağlarken; relatif kuvvetin ön planda olduğu cimnastik gibi dallarda daha küçük vücut yapısına sahip sporcular üstünlük sağlayabilir. Dolayısıyla, sporcunun fiziksel yapısı ve antrenman programı, hangi kuvvet türünün öne çıkarılacağına ve hangi branşta başarılı olabileceğine dair önemli ipuçları verir. Antrenörler ve spor bilimcilerin bu değişkenleri göz önünde bulundurarak bireysel özelliklere uygun kuvvet geliştirme stratejileri belirlemeleri, performansın optimize edilmesinde önemli katkılar sağlar (Sale and Norman, 1982).

1.1.3.1.4. Kasın Kesit Alanı

Kasın kesit alanı (CSA), bir kastaki kas liflerinin toplam boyutu ve düzenlenme biçimiyle belirlenir ve daha büyük bir CSA'ya sahip kaslar, daha yüksek kuvvet üretme potansiyeline sahiptir (Zatsiorsky and Kraemer, 2006). Kasın kesit alanı, paralel olarak yerleşmiş sarkomerlerin sayısı ile doğrudan orantılıdır. Bu da kasın kasılma gücünün temel belirleyicilerinden birini oluşturmaktadır (Moir, 2012). Kuvvet antrenmanlarında, kas boyutunda gözlemlenen artış, hipertrofi olarak adlandırılır. Bu artış, kas liflerinin bireysel çaplarının genişlemesi veya yeni liflerin aktive edilmesiyle sağlanır. Hipertrofi, genel olarak kas kütlelerinde bir artışa neden olmakta ve böylelikle bireyin mutlak kuvvet düzeyinde yükselmeye katkı sağlamaktadır. Bu durum özellikle yüksek kuvvet üretimi gereken spor branşlarında (halter veya Amerikan futbolu gibi) daha büyük kas kütlelerine sahip bireylerin performans açısından avantajlı olmasına neden olur (Manilal, 2006).

Bir cismin dışarı doğru hareket ettirilmesinde mutlak kuvvet ön planda olsa da, bireyin kendi vücudunu hareket ettirdiği branşlarda (örneğin jimnastik, parkur sporları, tırmanma vb.) relatif kuvvet daha belirleyici performans kriteridir. Bu bağlamda, büyük kas kütlesi avantaj sağlarken, aynı zamanda toplam vücut kütlelerini de artırdığı için her durumda üstünlük sağlamayabileceği düşünülmektedir. 16 haftalık direnç antrenmanına katılan erkek bireylerde, hem kas kuvvetinde hem de kas lif kalınlığında paralel artışlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kawakami *et al.* 1995). Ancak, kuvvet gelişimi yalnızca hipertrofi ile sınırlı değildir. Antrenman geçmişi olmayanlarda, antrenman programının ilk haftalarında görülen kuvvet kazanımları çoğunlukla sinirsel adaptasyonlara bağlıdır. Bu adaptasyonlar; motor ünite aktivasyonu artması, motor üniteler senkronizasyonunda iyileşme ve inhibisyonların azalması gibi mekanizmaları içerir (Moritani and deVries, 1979).

Hipertrofik gelişim, bireyin antrenman deneyimi ve yapılan yüklenme modeline göre farklılık göstermektedir. Yüksek yoğunluklu antrenman dönemlerinde hipertrofiye dair sınırlı bulgular elde edilirken, daha düşük yoğunluklu ama daha hacimli antrenman dönemlerinde belirgin hipertrofik değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu durum, hipertrofik uyaranların süre, yoğunluk ve frekans gibi değişkenlere bağlı olarak değiştiğini gösterir Hakkinen *et al.* (1985).

1.1.3.1.5. Kas İçi (Intra-Muscular) Koordinasyon

Kas içi koordinasyon, merkezi sinir sisteminin iskelet kasları ile olan etkileşimi ve bu birlikteliğin etkinliğini ifade eder. Bu koordinasyon, kasın içyapısında meydana gelen sinirsel düzenlemelerle kasın daha etkili çalışmasını sağlar ve özellikle kuvvet gelişimi sürecinde önemli bir yer tutar. İskelet kasında kasılmayı başlatan temel birim olan motor ünite, bir motor nöron ile bu nöron tarafından innerve edilen birçok kas lifinden oluşur. Motor ünite başına düşen kas lifi sayısı, kasın görevine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Örneğin, ince ve hassas hareketlerin gerçekleştiği kas gruplarında motor ünite başına düşen lif sayısı daha azdır. Bu da daha kontrollü kas hareketlerini mümkün kılmaktadır. Buna karşılık, büyük ve güçlü hareketlerin gerektiği kas gruplarında ise bir motor ünite çok daha fazla sayıda kas lifini innerve eder (Knudson, 2007).

Motor üniteye bağlı kas lifleri vücutta homojen olarak değil, dağınık bir yapıda yer alır. Bu durum, kasın yalnızca belirli bir kısmının değil, bir bütün olarak kasılması anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, bir motor ünite aktive edildiğinde ona bağlı olan tüm lifler aynı anda kasılır (Fleck and Kraemer, 2004). Kas içi koordinasyon, motor ünite katılımı, frekans kodlaması (hız kodlaması) ve motor ünite senkronizasyonu olarak üç temel bileşene ayrılır. Motor ünite katılımı, daha çok kuvvet gerektiğinde daha fazla motor ünitenin aktive edilmesidir. Bu süreç genellikle küçük motor ünitelerden büyük motor üniteler doğru sıralı bir biçimde gerçekleşir. Frekans veya hız kodlaması, aktive edilen motor ünitelerin ateşlenme sıklığı, kasın üreteceği toplam kuvveti belirler. Ateşleme frekansı arttıkça kasılma kuvveti de artar. Senkronizasyon ise motor ünitelerin eş zamanlı çalışması kuvvetin daha koordineli ve etkili bir şekilde üretilmesini sağlar. Özellikle direnç antrenmanlarının erken evrelerinde, kuvvet artışı büyük ölçüde sinirsel adaptasyonlarla (özellikle de senkronizasyon) ilişkilidir. Fonksiyonel antrenmanlar, kas içi koordinasyonun geliştirilmesine katkı sunarak, bireyin kuvvet üretim kapasitesini daha etkili ve verimli kullanmasını sağlar. Bu tür antrenmanlarda yalnızca kas kütlesi değil, sinir-kas etkileşimi de iyileştirilerek performans artışı hedeflenir (Patton, 2019).

Farklı kas gruplarındaki motor ünitelerin yapısal özellikleri birbirinden farklılık gösterebilir. Bu farklılıkların en belirgin olanlarından biri, bir motor ünitenin innerve ettiği kas lifi sayısıdır. Kasın işlevine göre değişen bu sayı, motor ünitenin büyüklüğünü ve fonksiyonel kapasitesini belirleyen önemli bir unsurdur. Örneğin, göz hareketlerini

sağlayan ekstraoküler kaslardaki motor ünite başına düşen kas lifi sayısı oldukça azdır ve genellikle yalnızca 10 kadar kas lifi bir motor ünite oluşturur. Bu da kaslara oldukça hassas ve ince hareket kabiliyeti kazandırır. Buna karşılık, alt ekstremitedeki büyük kas gruplarında, örneğin gastrocnemius kasında, bir motor ünitenin 1000'e kadar kas lifini kapsayabildiği bilinmektedir. Quadriceps femoris kası gibi geniş ve güçlü kaslarda ise motor ünite başına düşen kas lifi sayısı ortalama 450 ya da daha fazladır. Genel olarak bakıldığında, insan vücudunda kaslarda bir motor ünite ortalama olarak yaklaşık 100 kas lifi yer almaktadır. Bu sayı, kasın fonksiyonel görevine bağlı olarak artabilir ya da azalabilir. Hassas hareketlerin gerektiği kaslarda motor üniteler küçük ve daha duyarlı iken, büyük kuvvet üretiminin gerektiği kaslarda motor üniteler daha geniş yapılıdır. Kuvvet üretimi, bir kasta aynı anda aktive edilen motor ünite sayısına bağlıdır. Tek bir motor ünite devreye girerse, ortaya çıkan kuvvet oldukça düşük düzeyde olur. Ancak birden fazla motor ünitenin eş zamanlı çalışması, kasın üreteceği kuvvet miktarını da artırır. Tüm motor üniteler aktif hale geldiğinde, kas tarafından üretilebilecek maksimal kuvvet açığa çıkar. Bu durum, kas kuvvetindeki artışın motor ünite aktivasyonu ile nasıl ilişkilendirildiğini açıklayan çoklu motor ünite sumasyonu olarak adlandırılır. Çoklu motor ünite sumasyonu, kuvvet değişkenliğini sağlayan temel sinirsel mekanizmalardan biridir ve özellikle direnç antrenmanlarının erken evrelerinde kuvvet artışında etkili bir faktördür (Fleck and Kraemer, 2004).

Motor ünitelerin aktive edilmesi, gerçekleştirilen fiziksel aktivitenin yoğunluğu ve gerektirdiği kuvvet düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu bağlamda, motor ünitenin uyarı eşiği; harekete katılabilmesi için gereken minimal sinirsel uyarı düzeyi olarak tanımlanabilir ve bu eşik, yapılan egzersizin şiddetine göre farklı motor ünitelerin devreye girmesine neden olur. Örneğin, birey biceps kası ile gerçekleştirdiği egzersizde, maksimal kuvvet kapasitesinin yalnızca %10'una denk gelen düşük şiddette bir dirençle (yaklaşık 4,5 kg) 15 tekrar yapmayı hedeflediğinde, yalnızca düşük eşikli, küçük ve daha az kas lifi içeren motor üniteler devreye girer. Bu tür düşük dirençli aktiviteler, sınırlı sayıda motor ünitenin aktive edilmesini gerektirir ve kasın yalnızca belirli bir kısmı çalışır. Ancak aynı birey, aynı egzersizi bu kez maksimum kuvvet kapasitesine (1TM) denk gelen yaklaşık 45 kg gibi yüksek bir dirençle gerçekleştirmeye çalıştığında, yüksek eşikli ve daha fazla kas lifi içeren büyük motor ünitelerin devreye girmesi gerekir. Maksimum kuvvet üretimi için, kaslardaki tüm motor ünitelerin senkronize bir

şekilde aktif hale getirilmesi zorunludur. Bu durum, yüksek şiddetli egzersizlerin sinirsel sistem üzerindeki etkisini ve kuvvet üretiminde sinirsel adaptasyonun önemini ortaya koymaktadır. Genel olarak, düşük dirençli ve çok tekrar gerektiren çalışmalar (örneğin 12-15TM aralığında) sınırlı motor ünite aktivasyonuna yol açarken; yüksek dirençle az tekrar yapılan egzersizlerde (örneğin 3-5TM) daha yüksek eşikli motor ünitelerin tamamına yakını harekete geçirilir. Bu nedenle, kuvvet antrenmanlarının planlanmasında motor ünite uyarı eşiği dikkate alınmalı ve antrenmanın amacına uygun yüklenme parametreleri belirlenmelidir (Fleck and Kraemer, 2004).

1.1.3.1.6. Kaslar Arası (Inter-muscular) Koordinasyon

Kaslar arası koordinasyon, belirli bir hareketin amacına ulaşabilmesi için ilgili tüm kas gruplarının senkronize ve iş birliği içerisinde çalışmasıdır. Bu koordinasyonun temelini, bir hareketi gerçekleştiren kaslarla (agonist kaslar) ona zıt yönde çalışan kaslar (antagonist kaslar) arasındaki uyum oluşturur. Örneğin, dirsek fleksiyonunda biceps brachii agonist kas olarak görev yaparken, triceps brachii antagonistik bir rol üstlenir. Kas gruplarının bu denli düzenli çalışabilmesi için merkezi sinir sistemi, farklı kasları zamanlamaya dayalı olarak etkinleştirir ve hareketin akıcılığı sağlar (Manilal, 2006).

Her ne kadar bazı egzersizler belirli kas gruplarına yönelik olsa da, çoğu motor beceri farklı kas gruplarının kompleks şekilde koordine edilmesini gerektirir. Bu durum, spor antrenmanlarında yalnızca izole kasların güçlendirilmesinden ziyade, çoklu kas gruplarının birlikte çalışmasını hedefleyen fonksiyonel egzersizlerin öncelikli olarak tercih edilmesini gerekli kılar. Yani, antrenman programlarının temel amacı, sadece tek bir kas ya da eklem üzerine yoğunlaşmak yerine, tüm hareket kalıplarını geliştirmeye yönelik olmalıdır. Tek bir kas veya kas grubuna yönelik olarak elektrostimülasyon cihaz (EMS) kullanımı yoluyla örneğin m. rektus femoris ya da diğer diz ekstansörlerinde hipertrofi ve kuvvet artışı elde edilebilse de, bu artışın çok eklemlili bir hareket (örneğin bacak ekstansiyonu) sırasında kullanılabilir hale gelmesi zaman alır ve oldukça zahmetlidir. Çünkü EMS, kasları doğrudan elektriksel uyarılarla harekete geçirirken, bu süreç sırasında sinir sistemi üzerindeki adaptasyonlar aktif olarak gerçekleşmez. Oysa geleneksel, istemli yapılan kuvvet antrenmanlarında meydana gelen gelişmeler büyük oranda sinirsel adaptasyonlara dayanır (Zatsiorsky and Kraemer, 2006).

Dünyanın en güçlü sporcuları olarak kabul edilen elit halterciler, mutlak kuvvet gerektiren egzersizlerde son derece başarılıdırlar. Ancak, halka üzerinde yapılan "cross egzersiz" gibi statik ve yüksek kas kontrolü gereken bazı yavaş cimmastik hareketlerini yapmakta zorlanabilirler. Bunun temel nedeni, bu tür hareketlerin yalnızca kuvvet değil, aynı zamanda kaslar arası koordinasyon, denge ve vücut farkındalığı gerektirmesidir. Diğer taraftan, üst düzeyde cimmastikçiler serbest ağırlıklarla yapılan geleneksel kuvvet egzersizlerinde sınırlı performans sergileyebilirken, kendi vücut ağırlığını direnç olarak kullandıkları egzersizlerde (örneğin halka, bar, paralel gibi) yüksek düzeyde kuvvet ve kontrol ortaya koyabilirler. Gerekli durumlarda bu egzersizlere ilave yük olarak bel kemerleri ya da ayak bileği ağırlıkları eklenerek direnç artırımı sağlanır. İlginç bir fenomen olan bilateral defisit, bir sporcunun her iki ekstremitelerini eş zamanlı kullanarak maksimum kuvvet üretmeye çalıştığında, ürettiği toplam kuvvetin, her bir ekstremitenin unilateral yaptığı kuvvet üretimlerinin toplamından daha düşük olması durumudur. Bu kavram, kuvvet üretiminde sinirsel faktörlerin rolünü ortaya koyar. Genellikle iki uzvun aynı anda çalışması toplamda daha fazla kuvvet üretimi sağlayacak gibi düşünülse de, Henry and Smith (1961) tarafından yapılan çalışma bunun her zaman geçerli olmadığını göstermiştir. Bilateral kasılma sırasında, merkezi sinir sistemi her iki ekstremiteye eşit sinyal gönderemeyebilir ve motor ünite aktivasyonunda yetersizlik oluşabilir. Bu durum da toplam kuvvet üretiminde düşüşe neden olur (Zatsiorsky and Kraemer, 2006).

Kaslararası koordinasyon, sinir sisteminin vücuttaki kinetik zincirin halkalarını uyumlu bir şekilde çalıştırarak hareketin daha verimli ve etkili gerçekleşmesini sağlama yeteneğidir. Motor öğrenme süreciyle birlikte, sinir sistemi belirli bir hareketi daha ekonomik biçimde gerçekleştirmeyi öğrenir. Bu süreç zamanla, aynı yük altında daha az motor ünitenin aktif hale gelmesini sağlayarak, daha yüksek ağırlıklarda kullanılabilir motor ünite rezervi bırakır. Bu durum, kuvvet gelişimini sürdürebilmenin önemli bir bileşeni olarak öne çıkar. Uzun vadede, belirli bir hareket modelinde kaldırılan ağırlığın artırılabilmesi için teknik temelli bir yaklaşım gereklidir. Bu bağlamda, kaslararası koordinasyon antrenmanı ya da teknik antrenmanlar, performansın artırılmasında kilit rol oynar. Ancak bu koordinasyon türü oldukça spesifikdir. Bir egzersizde kazanılan koordinasyon becerisi, başka bir egzersize (hatta aynı branş içindeki farklı hareketlere bile) sınırlı düzeyde aktarılabilir. Buna rağmen, özellikle sporcuların genel kuvvet

altyapısının geliştirilmesi ve kompleks hareket paternlerine hazırlık oluşturulmasında kaslararası koordinasyon eğitimi çok önemli bir yere sahiptir (Patton, 2019).

1.1.3.1.7. Kas Lif Tipleri

Kas lif tipleri, kas kuvvetini etkileyen önemli bir faktördür. İskelet kas lifleri, enerji üretim biçimlerine bağlı olarak hem aerobik hem de anaerobik metabolizma süreçlerini gerçekleştirebilirler. Bu nedenle, motor üniteler metabolik gereksinimlere göre farklı enerji sistemlerine daha yatkın hale gelir. Örneğin bazı motor üniteler aerobik metabolizmaya, bazıları ise anaerobik metabolizmaya daha uygun yapıdadır (Hoffman, 2002). Kas lifleri, histokimyasal, biyokimyasal ve fiziksel özelliklerine göre çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulabilir (Kraemer *et al.*, 2007). Bu sınıflandırmalardan en yaygını, kas liflerinin kasılma hızı ve ATP sentezinde kullanılan başlıca enzimatik sistemlerine dayalı olarak yapılan ayrımdır. Buna göre kas yapısı temel olarak yavaş kasılan (tip I) ve hızlı kasılan (tip II) olmak üzere iki temel lif tipine ayrılmaktadır. Tip II kas lifleri ise kendi içerisinde tip IIa ve tip IIb olmak üzere iki alt sınıflandırmaya sahiptir. Her kas tipi, biyokimyasal ve enzimatik açıdan farklı özellikler göstermektedir. Tip I kas lifleri, aerobik mitokondrial yol ile ATP üretimine daha fazla yatkınken, tip II lifleri enerji mekanizmasında fosfojen ve glikoliz sistemleri üzerinden ATP üretimini tercih etmektedirler (Porcari *et al.* 2015). Tip II kas liflerinde CP deposu tip I liflerinden daha fazladır (Brown *et al.* 2006). Ayrıca, tip I kas liflerine kıyasla tip II lifleri daha büyük olup, patlayıcı nitelikteki hareketlerde hızlı enerji üretme kapasitesine sahiptirler. Bu özelliğin, aksiyon potansiyelinin hızlı iletimi, yüksek ATPaz aktivasyonu ve gelişmiş sarkoplazmik retikulum yapısı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden, atmalar-atlamalar, sprint ve ağırlık kaldırma gibi temel anaerobik faaliyetlerde glikolitik enerji sistemi ön plandadır. Özellikle tip IIb kas lifleri, kasılma hızı ve total güç üretimi açısından tip I liflerine kıyasla yaklaşık beş kat daha yüksek performans göstermektedir (Birch *et al.* 2004) ama sınırlı dayanıklılık özelliğine sahip olduklarından hızlı yorulma eğilimi içerisindedirler. Bu nedenle, 400 metre yüzme gibi hem güç hem de kısa süreli dayanıklılık gereken aktivitelerde daha çok kullanılmaktadırlar. Sinir sistemi tarafından oldukça hızlı bir şekilde uyarıldıkları için düşük şiddet içeren egzersizlerde nadiren aktif hale gelmektedirler. İnsan vücudundaki ortalama lif yüzdesi dağılımı ise tip I lifleri için %50, tip IIa ve tip IIb lifleri için ise %25’şer oranındadır (Kenney *et al.* 2022).

Yapılan çalışmalarda erkeklere kıyasla kadınlarda tip I kas liflerinin daha yaygın olduğu ve tip II liflerinin ise daha düşük oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda erkeklerin sprint ve güç gerektiren spor branşlarına daha yatkın oldukları, kadınların ise dayanıklılık temelli sporlarda daha avantajlı olduğu söylenebilir (Porcari *et al.* 2015). Erkeklerdeki total kas hacminin kadınlara kıyasla daha yüksek olması da, kaslarda ATP-CP ve glikojen depolarının artmasına neden olarak anaerobik performans seviyesinin yükselmesini sağlamaktadır (Shephard, 1988; Bouchard, 1991). Erkeklerde tip II oranının daha yüksek olması, CP enerji sisteminin potansiyelini de artırmaktadır. Daha yüksek CP seviyeleri ise daha fazla kreatinkinaz enzimi ile ilişkilendirilmektedir (Brown *et al.* 2006). Ayrıca, yaşlanma ile birlikte tip II lifleri tip I kas liflerine dönüşme eğilimi gösterirken toplam kas lif sayısı ve kasın enine kesit alanı azalmaktadır (Kenney *et al.* 2022).

1.1.3.1.8. Diğer Faktörler

Kas kuvvetini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler arasında yaş, cinsiyet, motivasyon, ortam ve kasların sıcaklık durumu, ultraviyole ışınları, hipertrofi, kaslara oksijen taşıma kapasitesi, kasta gerekli enerji miktarı ve kreatin fosfat seviyeleri sayılabilir (McArdle *et al.* 2010). Kuvvet eşiğini etkileyen diğer bir önemli faktör ise motivasyondur. Yüksek bir motivasyon, kuvvet üretimini olumlu yönde artırır. Çevresel faktörler de kuvvet üzerinde etkilidir. Özellikle ortamın sıcaklığı, kuvvet performansını etkileyen önemli unsurlardandır. Uygun ortam sıcaklığı sağlanması ve antrenman öncesi yapılan ısınma uygulaması kas kuvvetini artırıcı yönde etki yapmaktadır. Yaz aylarında daha fazla ultraviyole ışınına maruz kalınması, böbrek üstü bezlerden salınan testosteron seviyesini çokça artırarak kuvvet gelişimi ve üretimini destekler. Kas liflerinde aktin ve miyozin proteinlerinin miktarındaki artış, kas kütlesinde büyümeye yol açarak kuvvetin artmasına katkı sağlamaktadırlar (Wilmore *et al.* 2008). Kuvveti artıran bir diğer etken, kapiller damarların sayısındaki artışla birlikte kaslara çok daha fazla oksijen taşınması ve kuvvet üretimi için gerekli enerjinin buradan sağlanmasıdır (Fox *et al.* 2012). Ayrıca, kuvvet antrenmanları sonucu kaslarda kreatin fosfat seviyesinin artması, kuvvet üretme kapasitesinin yükseltilmesine yardımcı olmaktadır (Günay *ve ark.* 2010).

1.1.4. Şut Hızı

Şut, en temel becerilerden biridir ve maçın sonucunu doğrudan etkileyebilir. Şut kalitesi, hedefe yönelik olması ve yüksek hızda gerçekleştirilmesiyle belirlenmektedir. Kaleye gönderilen topların hem isabetli olması hem de maksimal hıza ulaşması için, son dönemde popüler olan gol atma analizlerinden yararlanılıp kullanımları artırılmaktadır (Sterzing, 2008). Gol atma becerisindeki önemli unsurlardan biri olan topun belirli bir zaman aralığında gerçekleştirdiği yer değiştirmesinin geçen zamana oranı şut hızı olarak tanımlanabilir. Şut matematiği incelendiğinde, topun ulaştığı hız ve isabet oranı olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Şutun hem isabetli hem de hızlı olması için genellikle ayaküstü şut tekniği tercih edilmektedir. Bu teknik, topa isabetli ve yüksek hızlarda vurulduğunda gol atma ihtimalini en üst seviyeye çekmektedir. Şut esnasında ayağın konumu, hız seviyesi, vuruş yapan ayağın hareketi, topa temas noktası, şutun isabeti ve diğer ayrıntıların sağlanması temel unsurlardır. Ayrıca, şut sırasında vuruş fazlarının devamlılığını koruyabilmesi için destek ayağının doğru bir şekilde uzanması büyük önem taşımakta ve bu çerçevede şut performansında olumlu yönde iyileşmeler olacağı belirtilmektedir (Lee *et al.* 2010). Destek ayağının yere teması halinde, kalçanın hareket hızı azalmakta ve bu durum genel hareket kapsamını da aşağıya çekmektedir. Ancak bu yavaşlama, vuruş yapılan bacağın daha fazla güç üretmesine yardımcı olurken aynı zamanda vücut stabilizasyonuna da katkı sağlamaktadır (Lee *et al.* 2009).

Futbolcularda başarılı olabilmek için gol atma yeteneği genellikle en önemli becerilerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, oyuncular antrenmanlarda şut performanslarını artırmak için çalıştırılır. Şut hızı ve isabetliliğinin artışlarına yönelik çeşitli performans ve uygulamalar uygulanmaktadır (Kılıcı, 2017). Bir şutun gol olma ihtimalini artırmak için oyuncu, topa mümkün olan en yüksek hızda vurması gerekir. Ancak bu durum, topa vurulma anındaki ayağın hızı (distal segment) ve topun ayakla etkileşimi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Levanon and Dapena, 1998; Asai *et al.* 2002). Ayrıca, antrenörler genellikle oyuncuların iki ayağını da etkili şekilde kullanarak daha iyi şut hızı ve tekniklerini geliştirmelerini teşvik ederler (McLean ve Tumilty, 1993). Yüksek seviyedeki şut hızları, rakip kalecinin veya savunmanın şuta karşı tepki vermesi için daha fazla zaman kaybetmesine neden olur, bu durum da şutların golle sonuçlanma ihtimalini arttırmaktadır (Dörge *et al.* 2002; Sinclair *et al.* 2014).

Futbol şut yöntemlerinin farklı uyarlamaları vardır. En güçlü şutlar, genellikle ayaküstü yapılırken, en etkili şutlar ayak içiyle yapılan vuruş tekniklerini içermektedir. Şutun uyumlu yüksekliği ve sporcunun vücut duruşunun doğru biçimde olması, aynı zamanda ayak ve el dengesinin kontrolü şutun hızı belirlenmesinde etkin faktörlerdendir (Mustonen, 2011). Şutun isabetliliği üzerinde etkili olan bir diğer önemli faktör ise alt ekstremita kas gücü ve ilgili kasların kasılma hızıdır. Kasılma hızının yüksek olması, topa vuracak bölümün hareket kapsamını arttırır ve bu da topa aktarılan enerjinin arttırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, top hızı ile ayak hızı arasındaki ilişki büyük önem taşır. Şut hızını yükseltmek için, bacak hızının da aynı oran ve doğrultuda olması gerekmektedir (Kılıcı, 2017). Ayrıca kalçada ekstansiyon paterninin hızlı şekilde gerçekleşmesi durumunda, genişletilmiş fleksiyon hareketi sırasında hız artışı sağlanır. Hareketin hızlanması, momentin artmasına yol açar ve bu, diz uzamasını hızlandırarak enerjinin daha verimli aktarımını sağlar. Bu alandaki şutun hazırlık aşamasında nasıl etki ettiği konusunda farklı görüş ve düşünceler bulunmaktadır (Manolopoulos, 2006).

Futbolda topa vuruş hızı, oyuna etkisi açısından oldukça kritik bir faktördür. Şut hızı, oyuncuların ve takımların performanslarını analiz ederken önemli veriler sunar ve antrenörlerin hem pozisyonlar hem de pozisyonlar arasındaki farklılıkları belirlemesine yardımcı olabilir. Futbolun, hızlı ve dinamik bir oyun olması sebebiyle topa hızlı bir şekilde vurabilme yeteneği, sporculara çok büyük bir avantaj sağlar. Bu sayede futbol takımları, savunmayı aşma ve topa sahip olma sürecinde daha etkili oyun oynayabilirler. Çünkü rakipler pasları engellemek için daha az zaman bulmaktadırlar. Bu değişken durum maçın sonucunu belirleyecek önemli bir fark yaratabilir. Yapılan sert vuruşlar, futbol maçlarının en önemli parametrelerinden biridir. Bu nedenle, topa vuruş hızının değerlendirilmesi, genç futbolcuların performans ve yetenek bilgilerinin alınması ve uygun doğru seçimler yapmak adına önemli bir araç olmaktadır (Rada *et al.* 2016). 15-19 yaşları arasındaki genç futbolcularda yapılan çalışmada, oyuncuların şut hızının 80 ile 103 km/s arasında değiştiği tespit edilmiştir (Bacvarevic *et al.* 2012). Yine de, birçok çalışmada futbolcuların şut hızları araştırılmış ve genç futbolcuların (74 km/s ile 86 km/s arasında), amatör futbolcuların (70 km/s ile 77 km/s arasında), deneyim sahibi futbolcuların (86 km/s ile 98 km/s arasında) farklı şut hızlarına sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca baskın olmayan bacaklarla yapılan vuruşların baskın olan bacaklarla yapılan vuruşlara göre çok daha yavaş olduğu ortaya çıkmıştır (McLean and Tumilty,

1993; Barfield, 1998; Nunome *et al.* 2002). Müsabaka seviyesi de deneyimin etkisinden dolayı maksimal topa vuruş hızını etkileyebilen bir başka değişkendir (Shan, 2009).

1.1.5. Proprioepsiyon

Propriyosepsiyon, başlangıçta İskoç bir nörolog olan Sir Charles Bell tarafından altıncı duyu bileşeni olarak tanımlanmıştır. Bu kavram etimolojik olarak ‘‘kendi başına olma durumu’’ anlamına gelen Latince ‘‘proprius’’ ifadesine dayanmaktadır. Daha geniş anlamda propriyosepsiyon, bireyin motor becerilerini motor kontrol yoluyla düzenlediği mekanizma olarak karakterize edilebilmektedir (Hillier *et al.* 2015). Proprioseptif duyu ayrıca uzayda uzuv hareketinin hızı, zamanlamada yapılan ayarlamalar, tüm vücudun ve onu oluşturan parçalarının uzamsal konumlandırması, aktif vücut segmentleri arasındaki karşılıklı ilişki, aktivasyon sırasında adacıklar tarafından uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve adacıkların yaşadığı uzama hızı ve kapsamı ile ilgili kritik bilgileri iletir. Bu bilgiler, kişi tarafından yürütülen motor eylemlerin ana temelini oluşturur. İstemsiz tepkilerimiz, refleks eylemlerimiz ve kasıtlı olarak tasarlanmış davranışlarımız tamamen bu bilgilere dayanmaktadır. Özetle, proprioseptif duyu, eklem pozisyon algısı veya kas aktivitesi algısı olarak etkili bir şekilde karakterize edilebilir (Kerr, 1955).

Propriyosepsiyon, dengeyi sağlamak ve eklem kinestezisini kontrol etmek için görsel ve vestibüler uyarılarla etkileşen bir kavramdır. Aynı zamanda postural kontrol, eklem pozisyonunu hissedebilme, kasların tepki süresi gibi unsurları da kapsar (Lephart *et al.* 1997). Bu sistemin duyu reseptörleri; kaslar, eklemler, deri, tendonlar ve bağlar gibi yapılar üzerinde bulunmaktadır (Ramsay and Riddoch, 2001).

Etkili koordinasyon ve propriyosepsiyon yeteneği, vücut yapılarımıza uygulanan fazla yüklenmeye karşı tüm kas-iskelet sisteminde denge ve uyum sağlaması gerektiğini ifade eder. Bu da dinamik eklem stabilitesinin sürdürülebilirliğini etkileyen önemli bir faktördür (Tropp *et al.* 1992). Proprioepsiyon, bazı açılardan kinesteziden farklıdır. Kinestezi, belirli bir durumda kas, kas kirişi ve bağların yerini algılamayı sağlarken; propriyosepsiyon ise hareket halindeyken çevre koşullarına uyum sağlanma yeteneği sunan dinamik bir duyudur (Yılmaz ve Gök, 2006). Bu duyuşsal algı, eklem hareketi ve pozisyonunu hissedebilme gibi özellikleri barındıran, dokunma duyusunun özelleşmiş hali olarak ifade edilmektedir (Lephart *et al.* 1997).

Kinestezi, yapılan bir hareketi ve hareketin yönünü algılama yeteneğidir. Ayrıca, proprioseptif duysal sistemin bileşeni olarak kabul edilir. Yani kinestezi, santral sinir sistemine ulaşan proprioseptif sinyaller sayesinde eklem hareketi ve pozisyonu ile ilgili bilinçli farkındalık oluşmasını sağlar. Proprioseptif duysal süreç genellikle bilinçli bir müdahale olmadan gerçekleşir ve çoğunlukla otomatik şekilde işler. Proprioseptif duyu eğitiminde hızlı tepki verme yeteneklerinin geliştirilme ve depolanması sağlanmaktadır. Ancak depolanan yetenekler konsantrasyon düzeyine ve yorgunluğa bağlı olarak değişir ve bazen önemli ölçüde kısıtlanabilmektedir (Kiefer *et al.* 1998).

Proprioepsiyonun sporcularda nasıl işlediği önemli konudur. Proprioepsiyon, çevremizde objeleri algılama şeklimizle, eklem ve kaslarımızdan gelen sinyalleri motor planlamamızla nasıl yorumladığımızla ilgilidir. Bir sporcunun motor planlama yeteneği sınırlıysa ve proprioepsiyonla ilgili sorunlar varsa, bu durum kişide motor becerilerinin gelişimini engelleyebilir. Bunun temel nedeni ise sporcuların beyinlerinin nasıl hareket etmeleri gerektiğini bilmesine karşın vücutlarının bunu doğru bir şekilde gerçekleştirme konusunda zorluk yaşamalarıdır (Bartlett and Warren, 2002).

1.1.5.1. Proprioepsiyonun Nörofizyolojik Temelleri

Kas aktiviteleri ve eklem hareketlerinin (ister bilinçli ister bilinçaltı olarak gerçekleşsin) temelinde serebrum ve medulla spinalis tarafından alınan ve işlenen çok boyutlu duysal girdiler bulunmaktadır. Hareketin algılanması ve gerçekleştirilmesi sürecinde, merkezi sinir sistemi (MSS) önemli bir aracı rol üstlenmektedir. Bu süreçte MSS; somatosensoriyel sistem, vestibüler sistem ve görsel (vizüel) sistem olmak üzere üç temel alt sistemden bilgileri alır (Lephart *at al.* 1998). Mekanorepsiyon, dokulara uygulanan mekanik uyarıların (örneğin dokunma, eklem hareketi veya kas gerilmesi) mekanoreseptörler tarafından algılanmasıyla başlayan bir fizyolojik süreçtir. Bu duysal bilgi, A- α ve A- β sinir lifleri aracılığıyla MSS'ye iletilmektedir. Proprioepsiyon ise kinestetik farkındalık olarak görsel, vestibüler ve dokularda mekanoreseptörlerden gelen bilgilerin serebellum ve serebral kortekste bütünleştirilmesiyle sağlanır (Seaman, 1994).

Somatosensoriyel reseptörler; kas, tendon, eklemler ve diğer yumuşak dokularda yer alır. Genellikle bu reseptörler; ağrı, ısı ve mekanik uyarılara karşı duyarlılık olmak üzere üç duyu türünden sorumludur. Proprioepsiyon, bu mekanik duyarlılığın özellikle dokunma ve vücut pozisyonuna ilişkin boyutlarıyla ilgilidir. Statik proprioseptif duyarlar

bir vücut parçasının diğerlerine göre uzaydaki konumunu bilinçli olarak algılamasını sağlarken; dinamik propioseptif duyular, hareketin yönü ve hızı ile ilgili nöromüsküler sisteme geri bildirim sağlar (Bunton *at al.* 1993). Proprioepsiyon terimi, çoğu zaman somatosensasyon ile karıştırılır ama bu iki kavram birbirleri yerine kullanılmamalıdır. Somatosensasyon daha geniş kapsamlı bir terimdir ve bilinçli propioepsiyonun yanı sıra ağrı, sıcaklık ve taktıl duyular gibi diğer bilinçli duyuları da içerir (Riemann and Lephart, 2002).

İnsan vücudu, somatik duyu reseptörleri sayesinde dış çevreye dair bilgi edinme yanında, kendi uzuvlarının uzaydaki pozisyonunu ve hareket özelliklerini de algılar. Bu bağlamda propioepsiyon, bireyin vücut farkındalığını oluşturan önemli bir duyudur. Proprioepsiyonun temel iki işlevi vardır: İlki, uzuvların hareket hâlindeki konumlarına ilişkin bilgi sağlamak; ikincisi, özellikle motor öğrenme süreçlerinde hareketlerin doğru olarak yönlendirilmesini sağlayan propioseptif bilgiyi temin etmektir. Motor kontrolün hassas şekilde düzenlenebilmesi için gerekli afferent duysal bilgi; somatosensoriyel, propioseptif, görsel ve vestibüler reseptörlerden sağlanmaktadır (Boron and Boulpaep, 2019).

1.1.5.2. Proprioepsiyon Çeşitleri

Proprioepsiyon, motor kontrolün optimal bir şekilde sağlanabilmesi için santral sinir sistemine (SSS) duysal bilgi akışını sağlayan kritik bir mekanizmadır. Bu duysal girdi, kas, eklem ve tendonlardaki mekanoreseptörler aracılığıyla elde edilerek, vücudun uzaysal konumu ve hareketinin bilinçli ya da bilinçdışı düzeyde algılanmasını mümkün kılar (Proske and Gandevia, 2012). Literatürde propioepsiyon, bilinçdışı (şuursuz) ve bilinçli (şuurlu) propioepsiyon olarak sınıflandırıldığı gibi, statik ve dinamik olarak da kategorize edilmektedir (Jerosch and Prymka, 1996; Jha *et al.* 2017).

Bilinçli propioepsiyon, bir bireyin eklem pozisyonu ve hareketlerinin farkında olmasını sağlayan nörofizyolojik bir süreçtir. Bu mekanizma, özellikle hedefe yönelik motor aktivitelerde (yürüme, koşma, nesnelerin manipülasyonu gibi) eklem stabilitesini ve hareket verimliliğini artırır. Örneğin, basketbol oyuncusunun potaya şut atarken kol açısını doğru algılaması, bilinçli propioepsiyonun motor performansta rolünü gösterir (Dıraçoğlu ve ark 2005). Bilinçli propioepsiyon somatosensoriyel korteks ve posterior

parietal lob tarafından işlenir. Dorsal kolon bilgilerin SSS'ye iletilmesinden sorumludur (Riemann and Lephart, 2002).

Bilinçdışı proprioepsiyon ise refleksif motor düzenlemeler ve postüral kontrol gibi otomatize edilmiş süreçlerde rol oynar. Kas içcikleri ve golgi tendon organından gelen afferent sinyaller, spinal seviyede işlenerek ani kas aktivasyonları (örneğin, denge kaybı sırasında oluşan refleksler) sağlamaktadır (Liutsko, 2013). Nörolojik hastalıklarda (örneğin, Parkinson) bilinçdışı proprioepsiyon bozuklukları, postüral instabiliteye yol açabilir. Spor yaralanmaları sonrasındaki rehabilitasyonda, bu sistemin yeniden eğitimi kritiktir (Riemann and Lephart, 2002).

Statik proprioepsiyon, eklemlerin uzaydaki konum algısı ile ilişkilidir. Örneğin, gözleri kapalıyken elin başın üzerinde olduğunu bilmek, statik proprioepsiyona dayanır (Jha *et al.* 2017). Dinamik proprioepsiyon, hareketin hızı, yönü ve açısal değişiminin algılanmasıdır. Futbolcularda diz ekleminin 30° fleksiyonda olduğunu hissetme dinamik proprioepsiyonun bir çıktısı olarak değerlendirilmektedir (Jerosch and Prymka, 1996). Sonuç olarak proprioepsiyon, motor kontrolün çok boyutlu bileşeni olarak hem bilinçli hem de bilinçdışı süreçlerle entegre çalışır. Spor performansı, nörolojik rehabilitasyon ve yaşlanma çalışmalarında bu sınıflandırmaların anlaşılması büyük önem taşımaktadır (Carey *et al.* 2011).

1.1.5.3. Proprioseptif Reseptörler

Proprioseptif reseptörler, vücudun çeşitli bölgelerinde, özellikle eklemler, kaslar, tendon ve eklem kapsüllerinde olan ve basınç gibi uyarıları algılayan özel reseptörlerdir. Bu reseptörler aracılığı ile sağlanan uyarılar MSS'ye iletilerek proprioepsiyon kontrol mekanizmasının durumu hakkında bilgi sağlar. Proprioepsiyon duyusunu oluşturan bu reseptörler, deri (kutanöz) reseptörleri, kas reseptörleri ve bağ dokusu reseptörlerinden oluşur (Halata and Haus, 1989; Strimpakos, 2011).

Mekanoreseptörler, ekstrasellüler ortamlarda mekanik uyarıları, mekanik gerilime duyarlı iyon kanalları (mekanotransdüksiyon kanalları) aracılığıyla elektriksel sinyallere dönüştürerek MSS'ye ileten özelleşmiş somatosensoriyel reseptörlerdir. Bu reseptörler, özellikle eklemler, deri, kas dokusu, tendonlar, eklem kapsülleri ve bağ dokularında yer almakta olup proprioseptif algının büyük ölçüde bu dokularla gerçekleşmesini sağlarlar.

Fasya ve derin deri katmanlarında bulunan mekanoreseptörler de proprioseptif duyunun desteklenmesinde tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir (Ribeiro, 2011).

Yapısal ve işlevsel açıdan değerlendirildiğinde, mekanoreseptörler iki temel gruba ayrılmaktadır: Bunlar; kutanöz (deriye özgü) mekanoreseptörler ve eklemlerde yer alan mekanoreseptörler. Bu ayrım, reseptörlerin bulundukları dokuya göre farklı fonksiyonel özellikler sergilemelerine dayanmaktadır. Kutanöz mekanoreseptörler, derinin çeşitli katmanlarında yer alarak farklı yoğunlukta mekanik uyarıları algılama görevini üstlenir. Bu reseptörler, adaptasyon özelliklerine göre yavaş ve hızlı adapte olanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılır (Riemann and Lephart, 2002).

Yavaş adapte olan mekanoreseptörler, tip I ve tip II olarak iki alt sınıfa ayrılır. Bu reseptörler, genellikle deri yüzeyine yakın konumlanmıştır ve düşük uyarılma eşiğine sahiptir. Statik basınç gibi sabit uyarılara karşı sürekli, fakat zamanla azalan bir yanıt oluştururlar (Iheanacho and Vellipuram, 2023). Tip I yavaş adapte mekanoreseptörler, küçük ve belirgin sınırlara sahip reseptif alanlara sahiptir. Merkel diskleriyle bağlantılı ve dokunma hassasiyetinin yüksek olduğu bölgelerde yoğun olarak bulunurlar. Deriye yapılan kompresyon sonucu oluşan girintilere özellikle duyarlıdırlar ve ağırlı olmayan dokunma duyusu iletiminde önemli rol oynarlar (Haeberle and Lumpkin, 2008).

Tip II yavaş adapte olan mekanoreseptörler daha geniş reseptif alanlara sahip olup Ruffini cisimciklerini inerve ederler. Bu reseptörler, deriye yapılan basınçtan çok, deri ve subkutan dokulardaki gerilme gibi mekanik değişikliklere yanıt verirler (Delhaye *et al.* 2018). Çoğu Ruffini cisimciği yön duyarlılığı sergiler ve belirli yönlerden gelen uyarılar bazı afferent sinirlerin aktivitesini artırırken, diğerlerinin aktivitesini azaltabilir (Macefield, 2005). Eklem bir tarafında deriye longitudinal gerilim uygulanırken diğer tarafına kompresyon uygulanması, hareket olmadığı hâlde rotasyon hissi uyandırabilir. Bu, kutanöz mekanoreseptörlerin eklem rotasyonunu algılamada rol oynadığını gösterir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, ciltteki gerilme paternlerinin beyin tarafından eklem hareketi olarak yorumlandığı tespit edilmiştir (Macefield, 2021).

Hızlı adapte olan mekanoreseptörler ise yüksek uyarılma eşiğine sahip olup deriye uygulanan mekanik uyarının başlangıç ve sonuna karşılık verirler. Dolayısıyla da hızla adapte olurlar. Tip I hızlı adapte olan mekanoreseptörler, küçük ve sınırlı reseptif alana sahiptir ve Meissner cisimciklerini inerve eder. Özellikle düşük frekanslı vibrasyonlara

duyarlıdır. Aynı zamanda, reseptif alanları içerisinde hafif temaslara (örneğin sıvazlama gibi) yüksek hassasiyetle yanıt verirler (Macefield, 2005; Iheanacho and Vellipuram, 2023). Pacinian cisimcikleri ile ilişkili Tip II hızlı adapte mekanoreseptörler, daha geniş ve sınırları net olmayan reseptif alanlarına sahiptirler (Macefield, 2021; Iheanacho and Vellipuram, 2023). Yüksek frekanslı vibrasyon gibi hızlı ve ritmik mekanik değişimlere oldukça duyarlıdırlar. Meissner cisimciklerinden farklı olarak, bu reseptörler doğrudan hava akımıyla (ağızdan üfleme gibi) uyarılabilir ama pipet gibi araçlarla yönlendirilen hava üflemeyle aynı yanıtı vermezler. Ayrıca, reseptif alanın dış bölgelerine yapılan ritmik ve hafif darbeler bu reseptörlerin aktivasyonunu sağlayabilir (Macefield, 2005).

Kas içiği afferentleri, propriyoseptif sistemin en önemli bileşenlerinden biri olan kas içiklerini inerve eden primer (Grup Ia) ve sekonder (Grup II) sinir lifleridir. Kas içikleri, kas liflerine paralel yerleşimli yavaş adapte olan mekanoreseptörler sınıfında yer alır. Orta derece eklem hareket açıklığında, kutanöz ve eklem mekanoreseptörlerinin düşük aktivite göstermesine karşın, bu aralıkta propriyoseptif bilginin iletimi esas olarak kas içikleri aracılığıyla sağlanır. Grup Ia ve Grup II afferent lifler, kasın gerilmesine yanıt vererek hem statik kas uzunluğu hem de bu uzunluktaki değişim miktarı hakkında MSS'ye bilgi iletir. Özellikle Grup Ia afferentleri, yüksek dinamik hassasiyetleri ve hızlı iletim özellikleri sayesinde, kas uzunluğundaki ani değişimlerin hızıyla ilgili sinyalleri de iletme kapasitesine sahiptirler. Kas içikleri, diğer propriyoseptörlerden farklı olarak, kendi motor innervasyonlarına da sahiptir. Bu motor innervasyon, küçük çaplı, miyelinli gama motor nöronlar (fusimotor lifler) tarafından sağlanır. Kasın dış lifi olan ektrafuzal lifleri uyaran alfa motor nöronlar aktive olduğunda, genellikle gama motor nöronlar da eş zamanlı uyarılır. Ektrafuzal liflerin kasılması, kasın kısılmasına neden olurken, bu durum kas içiklerinin üzerindeki gerilimi azaltarak afferent aktivitenin düşmesine yol açar. Bu noktada gama motor nöronların aktivasyonu, kas içiklerinin polar uçlarındaki intrafuzal liflerin kasılmasını sağlayarak kas içiği üzerindeki gerimi yeniden düzenler ve bu şekilde içiklerin duyarlılığı korunur. Dolayısıyla da gama motor aktivitesi, kas içiklerinin kas uzunluğunu sürekli ve doğru şekilde algılayabilmesini sağlayan kritik bir düzenleyici mekanizma olarak işlev görür (Macefield, 2005; Oliver *et al.*, 2021).

Golgi tendon organı (GTO) afferentleri, Grup Ib sinir lifleri olarak adlandırılan, kas-tendon bileşkesinde yer alan ve kollajen fasikülleri çevreleyen ince kapsül yapılarını inerve eden yavaş adapte olan mekanoreseptörlerdir (Riemann and Lephart, 2002). Bu

reseptörler, tendonlardan gelen duyuşal bilgileri MSS'ye ileterek özellikle aktif hareket koşullarında eklem pozisyonu algısı ve kinestetik farkındalık (kinestezi) sürecine katkı sağlar. Ancak kasların gevşek olduğu ve hareketsiz kaldığı durumlarda bu katkı oldukça sınırlı ya da tamamen yok denecek düzeydedir (Strimpakos, 2011). GTO afferentleri, tendonlardaki gerilime karşı yüksek duyarlılık gösterir ve özellikle izometrik kasılmalar sırasında güçlü şekilde aktive olurlar. Öte yandan, kasın yalnızca pasif olarak gerilmesi tendonlarda oldukça sınırlı gerilmeye yol açtığından bu tür durumlarda GTO'ların yanıtı minimal düzeyde kalır (Riemann ve Lephart, 2002; Delhay *et al.* 2018). GTO, yalnızca kas gerilimine duyarlılığıyla değil, aynı zamanda vücudun uzaydaki konumunu algılama ve bu konumda meydana gelen yavaş değişimlere yanıt verebilme özelliğıyle de dikkat çeker. Bu özellikleriyle GTO afferentleri, yavaş adapte olan diğer mekanoreseptörler (örneğin, Ruffini cisimcikleri) gibi, postüral farkındalık ve hareket kontrolünde önemli bir rol üstlenirler (Strimpakos, 2011).

1.1.5.4. Propriosepsiyonun Değerlendirme Yöntemleri

Propriosepsiyon değerlendirilmesi, genellikle bu duyunun bileşenlerine yönelik testler yoluyla yapılır. Bu bileşenler arasında; eklem pozisyon hissi, hareket algılanması (kinestezi), eklem stabilitesi, hedef kuvvet üretim, denge ve postüral kontrol yer alır. Bu parametreler proprioseptif duyunun işlevselliğı hakkında bilgi edinmek için temel alınır. Ancak parametrelerin her biri, MSS ve periferik mekanoreseptörler arasında karmaşık etkileşimler sonucudur ve tek başlarına tüm proprioseptif fonksiyonun yansıması olarak kabul edilemez (Beynnon *et al.* 2000).

Pozisyon hissi değerlendirmeleri, bir eklemde belirli bir pozisyonda olduğunu ne kadar doğru algılayabildiğini test eder. Bu yöntem genellikle bir eklem pasif olarak belli bir açıya getirilip daha sonra bireyden aynı pozisyonu aktif olarak yeniden oluşturmaya istendiğinde uygulanır. Pozisyon farkı, proprioseptif duyunun hassasiyetini belirlemek için temel kriterdir. Bu testler, genellikle diz, ayak bileğı, dirsek ve omuz gibi büyük eklemler üzerinde gerçekleştirilir (Riemann and Lephart, 2002).

Kinestezi testler, bir eklemde pasif hareketin başlangıcını algılama yetisini ölçer. Katılımcının gözleri kapalıyken test edilen eklem çok düşük bir hızda hareket ettirilir ve bireyden hareketi fark ettiğı anı belirtmesi istenir. Bu testler, özellikle hareket algılama

eşliğini belirlemede kullanılır ve sinir sistemi duyarlılığı hakkında bilgi sağlar (Lephart, 1994).

Pasif hareket eşiği algılama gibi ölçümler sinir iletim hızları, reseptör hassasiyeti ve motor cevabın koordinasyonu hakkında dolaylı bilgiler sunar. Bu testlerde, bireyin hareketin başladığı noktayı algılayabilme yeteneği değerlendirilir. Test, hem yön tayini hem de hareketin şiddeti gibi parametreleri içerebilir (Hall and McCloskey, 1983).

Denge ve postüral kontrol testleri, propriyoseptif fonksiyonun önemli göstergesi olarak kabul edilir. Özellikle alt ekstremitte propriyosepsiyonunun değerlendirilmesinde denge platformları (örneğin, force plate sistemleri) kullanılarak statik ve dinamik denge ölçümleri yapılır. Bu testler sırasında bireyin gözü kapalı veya açıkken farklı yüzeylerde dengesini koruyabilme özelliği analiz edilir. Dengenin sağlanmasında propriyoseptif bilgiler, vestibüler ve görsel girdilerle birlikte entegre edilerek motor yanıtlar oluşturur. Bu bağlamda, propriyoseptif bilgi eksikliği, postüral kontrol bozuklukları ve düşme riskinde artışla ilişkilidir (Peterka, 2002; Horak, 2006).

Hedef kuvvet üretimi testleri, özellikle sporcularda sık kullanılan değerlendirme yöntemlerinden biridir. Bu testte, kişiye belirli bir kas kuvveti üretme görevi verilir ve ardından aynı kuvvetin gözlem olmaksızın tekrar edilmesi istenir. Bu test, kas-tendon sisteminden gelen propriyoseptif bilginin motor yanıtla ne kadar uyumlu çalıştığını ölçer (Proske and Gandevia, 2012).

Propriyosepsiyon değerlendirilmesinde subjektif testlerin yanı sıra, günümüzde görüntüleme teknikleri (örneğin; MRI, EEG vb.) ve nörofizyolojik yöntemler (örneğin; EMG) gibi objektif ölçüm araçları da kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler, daha çok merkezi işleyişin genel karakteristiğini incelemekle sınırlı kalmakta ve doğrudan klinik değerlendirmelerde yaygın şekilde kullanılmamaktadır (Boerboom *et al.* 2008).

Sonuç olarak, propriyosepsiyon çok boyutlu bir duyuşal sistemdir ve farklı alt bileşenlerin ölçümüyle değerlendirilir. Tek test yöntemiyle tüm propriyoseptif fonksiyon ölçülebilmesi şu an mümkün değildir. Bu nedenle çok yönlü test protokollerinin birlikte kullanılması, daha geçerli ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlar (Han *et al.* 2016).

1.1.5.5. Futbolda Proprioepsiyon ve Önemi

Futbol gibi dinamik ve hızlı şekilde oynanan sporlarda, proprioseptif yetenekler oyunculara doğrudan etki etmektedir. Özellikle topa vuruş, denge ve yön değiştirme gibi hareketlerin doğru bir şekilde üretilebilmesi için proprioseptif algı oldukça kritik bir rol oynamaktadır (Gabbett *et al.* 2020). Futbolcuların proprioseptif algıları sadece topa vuruş sırasında değil, aynı zamanda oyunun diğer evrelerinde (örneğin savunma ya da hücumdaki ani yön değiştirmeler) önemli bir faktördür. Bu durum, vücutlarını doğru yönlendirmeleri ve büyüme değişimlerine hızlı uyum sağlamalarını sağlar (Wright *et al.* 2021).

Proprioseptif sistem, futbolcuların kaslarını ve eklemlerini bir şekilde kontrol etmelerine yardımcı olur ve bu da daha az sakatlanma riski ile sonuçlanabilir. Bununla birlikte, proprioseptif gelişim (özellikle genç futbolcularda) sporcuların oyun sırasında daha etkili ve güvenli hareketler etmesini sağlar (Hrysomallis, 2011). Proprioseptif antrenmanlar, futbolcuların performansını önemli ölçüde iyileştirebilir. Mansfield *et al.* (2018), proprioseptif egzersizlerin sporcuların denge, koordinasyon ve çevikliklerinde gelişme sağladığını belirtmişlerdir. Bu tür antrenmanlar, futbolcuların vücutlarını daha iyi kontrol etmelerini sağlayarak, özellikle dengeli zeminlerde ve hızlı yön değişikliği gibi hareketlerde performanslarına katkı sağlayabilir. Ayrıca, proprioseptif egzersizlerin sakatlanma riskini azalttığı ve kas-iskelet sistemi stabilitesini artırarak yanlış hareketlere bağlı yaralanmayı önlemeye yardımcı olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, futbolcuların proprioseptif becerilerini geliştirmek için bu tür egzersizlerin antrenman programlarına dahil edilmesi gerektiği önerilmektedir (Mansfield *et al.* 2018).

1.1.6. Rehabilitasyon Kavramı ve Modern Rehabilitasyon Yöntemleri

Rehabilitasyon, bireyin fiziksel, bilişsel ve sosyal işlevlerini hastalık, yaralanma veya engel durumları sonrasında en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen multidisipliner bir süreç olarak tanımlanır. Modern rehabilitasyon yaklaşımları ise geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek, teknoloji entegrasyonu, kişiselleştirilmiş tedavi protokolleri ve kanıta dayalı uygulamaları içeren bütüncül bir paradigmayı temsil etmektedir. Spor ve sağlık bilimleri alanında rehabilitasyon, özellikle atletik performansın yeniden kazanılması ve sakatlık sonrasında yaşam kalitesinin artırılması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Rehabilitasyon sürecinin temelini oluşturan; bireyselleştirme (her hasta için özel olarak tasarlanmış tedavi planları), fonksiyonel odaklılık (günlük yaşam aktivitelerine dönüşü

kolaylaştırma) ve kanıta dayalı yaklaşım (bilimsel araştırmalarla desteklenen yöntemler kullanımı) gibi ilkeler bulunmaktadır (Wade, 2020).

Modern rehabilitasyon uygulamaları, geleneksel yöntemlerle kombine edilerek geliştirilebileceği gibi önemli yenilikler de içermektedir. Bu yeniliklerde sanal gerçeklik sistemleri, robotik rehabilitasyon cihazları ve biyofeedback uygulamaları gibi teknoloji destekli rehabilitasyonlar, sportif hareket paternlerinin analizi, fonksiyonel performans testleri ve kinetik zincir rehabilitasyonu gibi spora özgü rehabilitasyon yöntemleri, spor yaralanmalarına özel geleneksel ve tamamlayıcı tıp bilimlerini de barındıran tedavi ve rehabilitasyon teknikleri yer almaktadır. Ağrı ve ödem kontrolü, eklem hareket açıklığı kazanılması, kuvvet ve dayanıklılık kazanımı ve sportif becerilerin yeniden kazanılması gibi spora özgü durum ve yaklaşımları olumlu süreçlere getirebilmek için, gerek akut gerekse fonksiyonel ve spora dönüş süreçlerine farklı bakış açıları kazandırmak, modern rehabilitasyon yaklaşımları açısından büyük önem arz etmektedir (Page, 2012).

Rehabilitasyonun sağlık bilimlerindeki yeri son yıllarda rehabilitasyon biliminde yaşanan gelişmelerle birlikte farklı aşamalara evrilmiştir. Özellikle nöroplastisite temelli yaklaşımlar, telerehabilitasyon uygulamaları, hücresel tedavilerin rehabilitasyona entegrasyonu ve manuel tedavi yöntemlerinin yeniden şekillenip popüler haline gelmesi gibi aşamalar farklı yaklaşımların ortaya çıkmasını neden olmuştur. Fiziksel özelliklerin geliştirilmesi için geleneksel antrenman yöntemlerinin (ağırlık çalışmaları, pliometrik antrenmanlar, interval çalışmaları) yanında, son yıllarda modern rehabilitasyon teknikleri kullanılarak da sporcuların performansında bir artış sağlanabileceği ileri sürülmektedir (Page, 2012).

Performans parametrelerinin fiziksel gereklilikleri yanında optimal performans düzeyine ulaşmak ve sakatlık risklerini azaltmak için de modern rehabilitasyon ve terapi tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Modern rehabilitasyon, sadece sakatlık sonrasındaki iyileşmeyi değil, aynı zamanda sporcuların performans potansiyelini maksimize etmeyi de hedeflemektedir. Güncel rehabilitasyon uygulamaları arasında nöromüsküler elektrik stimülasyonu (NMES), kinesiyojik bantlama, biyofeedback yöntemleri, manuel terapi teknikleri ve egzersiz temelli rehabilitasyon protokolleri gibi yöntemler yer almaktadır. Çalışmalarda, manuel terapinin eklem hareket açıklığını artırdığını, ağrıyı azalttığını ve

nöromusküler kontrolü geliştirerek performans üzerinde olumlu bir etkisinin bulunduğu ileri sürülmüştür (Bialosky *et al.* 2009).

Manuel terapi, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde fizyoterapistler tarafından yaygın olarak kullanılan ve elle uygulanan bir tedavi yöntemidir. Manuel terapinin ilk izleri, MÖ 4000'li yıllara kadar gitmektedir. Mısır'da bulunan Edwin Smith papirüsü, antik Mısırlıların kemik yaralanmalarını tedavi etmek için manuel teknikler kullandığını göstermektedir. Aynı şekilde, Çin'de de antik hekimler, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını tedavi etmek için masaj ve manipülasyon tekniklerini uygulamışlardır. Batı tıbbının babalarından biri olarak kabul edilen Hipokrat (MÖ 460-370), omurganın manipülasyonlarını tanımlamış ve skolyoz tedavisinde kullanmıştır. Galen (MS 131-201) ise Hipokrat'ın tekniklerini geliştirmiş ve ekstremiteler manipülasyonlarını içeren yöntemler sunmuştur. Orta Çağ'da Avicenna (980-1037), Hipokrat'ın yöntemlerini "The Book of Healing" adlı eserinde detaylandırmıştır. 19. yüzyılda, manuel terapi, osteopati ve kiropraktik gibi alternatif tıp sistemlerinin temelini oluşturmuştur. Andrew Taylor Still, osteopatyi kurarak manuel terapiyi modern tıbbın bir parçası haline getirmiştir. Daniel David Palmer ise kiropraktik tedavi yöntemlerini geliştirerek manuel terapinin yayılmasına katkı sağlamıştır (Pettman, 2007).

Temel teknikler olarak incelendiğinde manuel terapi, genellikle mobilizasyon ve manipülasyon olmak üzere iki teknikten oluşmaktadır. Mobilizasyon tekniği, eklem hareketliliğini artırmak amacıyla eklem yüzeyleri arasında yavaş ve kontrollü hareketler uygulamasını içermektedir. Mobilizasyon, genellikle düşük hızda ve düşük genlikte hareketlerle yapılır ve hastanın rahatlamasını sağlamayı hedefler. Manipülasyon ise eklem üzerine ani ve yüksek hızda uygulanarak kontrollü kuvvetle yapılan bir tekniktir. Bu teknik, genellikle bir sesle birlikte gelir ve sinovyal eklemlerdeki gaz kabarcıklarının çözülmesiyle ilişkilidir. Manipülasyon tekniklerinin, ağrıyı azaltma ve hareket açıklığını artırma konusunda etkili olabileceği düşünülmektedir. Manuel terapinin nörofizyolojik etkileri son yıllarda yapılan çalışmalarla daha iyi anlaşılmaktadır. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (MRI) çalışmaları, manuel terapi uygulamalarının ağrı işleme ve modülasyonunda rol oynayan beyin bölgeleri arasındaki fonksiyonel bağlantılarını değiştirdiğini göstermektedir. Özellikle somatosensör korteks, anterior singulat korteks ve insula gibi bölgelerdeki aktivasyon değişiklikleri, manuel terapinin nörofizyolojik etkisini ortaya koymaktadır (Sussman and Byl, 1999; Huijbregts, 2006). Ayrıca, tek bir

manuel terapi seansının nörofizyolojik etkisinin genellikle 5 dakikadan az sürdüğü ama bazı durumlarda hiperaljezi gibi etkilerin 24 saate kadar sürdüğü belirtilir (Hegedus *et al* 2011; Gay *et al.* 2014).

Manuel terapinin klinik etkinliği, özellikle biyomekanik ve ağrı ile alakalı olup mobilizasyonun ağrıyı azalttığını ve fonksiyonu iyileştirdiğini; ancak manipülasyonun mobilizasyona kıyasla daha büyük bir etki sağladığını göstermektedir. Manuel terapi, genellikle güvenli bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmekle birlikte, bazı durumlarda dikkatli kullanılmalıdır. Özellikle osteoporoz gibi kemik zayıflığına sahip bireylerde, manuel terapi uygulamaları dikkatlice değerlendirilmelidir (Coulter *et al.* 2018).

1.1.6.1. Spinal Manipülasyon

Spinal manipülasyon, omurga üzerine yüksek hızda ve düşük genlikteki (HVLA) ani itme hareketlerinin uygulandığı bir manuel terapi tekniğidir. Bu yöntem, genellikle kayropraktik uzmanları, osteopatlar, fizyoterapistler ve hekimler tarafından özellikle bel ve boyun ağrıları gibi muskuloskeletal rahatsızlıkların tedavilerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Spinal manipülasyonun etkileri, omurgadaki segmental hareketliliğin artırılması ve nörofizyolojik süreçlerin modülasyonu yoluyla ortaya çıkar. Kirkaldy-Willis and Cassidy (1985) tarafından yapılan bir çalışmada, spinal manipülasyonun sinir sistemine etkileri, Melzack ve Wall'ın (1965) "Ağrı Kapı Kontrol Teorisi" çerçevesinde açıklanmıştır. Bu teoriye göre, spinal manipülasyon, proprioseptif girdiyi artırarak ağrı sinyallerinin santral sinir sistemine iletimini engeller ve böylece ağrı algısını azaltır. Ayrıca, spinal manipülasyonun omurgadaki faset eklemlerinin hareketliliğini artırarak, eklem içindeki sinovyal sıvı dolaşımını iyileştirdiği ve eklem beslenmesini desteklediği belirtilmektedir. Bu mekanizmaların eklemde dejeneratif değişikliklerin yavaşlatılması ve ağrıların hafifletilmesine katkı sağladığı düşünülmektedir (Coulter *et al.* 2018).

Vertebral kolon üzerinde destekli pasif hareketlerle yapılan manipülasyon ve mobilizasyon uygulamalarını içeren manipülasyon tekniklerinde, kuvvetin uygulanması ve belirli bir segmentte kavitasyonun sağlanabilmesi için vertebral kolonun doğru bir şekilde konumlandırılması ve spinal kilitlenme yapılması gerekir. Bu kilitlenme, faset eklemi pozisyonu ve ligamentöz miyofasial gerilimi veya bunların birleşimi ile sağlanır. Yapılan spinal manipülasyonlardaki kilitlenme amacı; vertebral kolonun birbirine yakın bölümlerinde aşırı gerilme riskini ortadan kaldırma ve kuvvet veya kaldırma momentini

eklemi doğru konumlandırarak biçimde uygulamaktır. Klinik uygulamalar ve etkinlikler açısından eklem patolojilerinde, spinal manipölasyonun eklem hareket açıklığı artırarak, ağrı ve kas spazmlarını azalttığı, ayrıca eklem beslenmesini iyileştirdiği belirtilmektedir. 283 hastaya spinal manipölasyon uygulamalarının yapıldığı çalışmada, tedaviye dirençli bel ağrılarında anlamlı bir iyileşme gözlemlenmiştir. Çalışma, spinal manipölasyonun, bel ağrısı tedavisinde etkili bir yöntem olduğunu vurgulamaktadır (Kirkaldy-Willis and Cassidy, 1985).

1.1.6.2. Manipölasyonların Etki Mekanizmaları

Spinal manipölasyonların vücut üzerindeki etki mekanizmalarını açıklamak için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Önceki çalışmalarda, bu uygulamaların dokunma ve ağrı hissinde biyomekanik değişiklikler yarattığını öne sürülse de, spinal manipölasyonun akut ve kronik klinik sonuçları hakkında yeterli bulgulara ulaşılamamıştır. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalarda, spinal manipölasyonun nörofizyolojik mekanizmalarına yönelik bir modelin daha fazla önem kazandığı görülmektedir. Bu değişimin nedeni ise çalışmaların spinal manipölasyonun motor nöron aktivitesi, somatosensoriyel işlemede değişimleri, merkezi motor uyarılabilirlik seviyesi, beyinde nöral bağlantı güçlenmesini, kas-relaksasyon süreçlerini, sempatik sistem aktivitesini, Hoffman refleksini ve merkezi duyarlılıkla ilgili sinirsel etki mekanizmalarını incelemesidir (Gyer *et al.* 2019).

Geçmişteki manipölasyon uygulamalarında, biyomekaniksel etki mekanizmaları genellikle hipoaljezik etkiler ve işlem sonrasındaki duyulabilen sesin kemiklerin yerine oturduğu yönündeki teorilere dayanırken, günümüzde ise manipölasyonun biyomekanik etkileri, doku esnekliğinin yeniden kazandırılması ve eklemlerin normalden daha az bir hareket alanına sahip olması sonucunda gelişen hipomobilitenin giderilmesiyle ilgilidir (Olson, 2009).

Manipölasyon sırasında ortaya çıkan biyomekaniksel değişikliklerin, vertebralar arasındaki küçük hareket değişimlerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu tedavilerde, vertebralara yapılan yüksek hızlı itme hareketlerinin omurga disklerinin birbiri üzerinde kayma hareketini artırarak biyomekaniksel değişimlere neden olduğu düşünülmektedir. Manipölasyon tekniklerinin temelinde dört ana biyomekaniksel değişiklik teorisi vardır. Bunlar; hareket kabiliyeti kısıtlanmış bölgelerin yeniden onarılması, sıkışmış meniskoid veya sinovyal kıvrımlar rahatlaması, artiküler veya periartiküler fibrotik yapışıklıkların

azalması ve hipertonic kasların refleks etkilerle normalleşmesidir. Spinal manipölasyon uygulamalarının biyomekaniksel sonucu olarak, merkezi sinir sistemine gelen duysal girdilerin akışı değişerek biyolojik yanıtları tetikleyebilir. Ayrıca vertebralara uygulanan yüksek hızlı itme hareketleri kaslar, kas kırışları, epidermal dokular, vertebral diskler, faset eklemler ve eklem bağları gibi yapılarla, paraspinal bölgedeki mekanik duyarlı ve nosiseptif afferent liflerin uyarılmasını ya da inhibe edilmesini sağlayabilir (Gyer *et al.* 2019).

Günümüzde tedavi amaçlı yapılan spinal manipölasyonların terapötik etkilerinin, nörofizyolojik mekanizmalarla bazen tek başına ya da etkileşimler halinde ortaya çıktığı düşünölmektedir. Bu mekanizmalar, merkezi ve çevresel sinir sistemi arasında karmaşık etkileşimleri kapsamaktadır. Spinal manipölasyon uygulamalarının paraspinal duysal iletileri uyardığında, biyomekaniksel değişimlerin tetiklendiği varsayılmaktadır. Bu değişiklikler spinal kord, otonom sinir sistemi ve merkezi sinir sistemi arasındaki etkileşim ve döngüler sonucunda meydana gelen inhibisyon ve aktivasyonlara bağlı olarak, mekanik etki, analjezi, hipoaljezi, doku iyileşmesi ve antiinflatuvar etki gibi yanıtların ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Michael *et al.* 2017).

1.1.6.3. Manipölasyon Uygulamalarının Kontraendikasyonları

Manipölasyon uygulamalarında bir sorun, yaralanma veya iyileşmeyi engelleyici durumların ortaya çıkma riski, kontrendikasyon olarak değerlendirilmektedir. Manuel terapi uygulamaları, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde etkili bir yöntem olarak kabul edilmekle birlikte, bazı klinik durumlarda bu tekniklerin uygulanması ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Bu nedenle, manipölasyon tekniklerinin uygulanacağı hastalarda, kontrendikasyonların dikkatli değerlendirilmesi büyük önem taşır. Özellikle itme kuvveti kullanılan manipölasyonlar, bazı durumlarda özellikle uygulanmamalıdır. Bunlar arasında anevrizmalar, tüberküloz, vertebrobaziler yetmezlik, RA, büyük kan damarlarında ateroskleroz, tümörler, kırıklar, psöriatik artrit, eklem instabilitesi veya hipermobilitate, osteoartrit ankilozan spondilit, şiddetli burkulmalar, unkartroz, masif disk protrüzyonuna bağlı sakral sinir kökü tutulumu, diyabet (nöropati), pıhtılaşma sorunları, histeri, yer kaplayan lezyonlar, alzheimer hastalığı, disk lezyonları (nörolojik defisit ile), hasta rolü yapma, hipokondriazis, osteopeni (osteoporoz) gibi hastalıklar vardır. Bunlar; kalıcı nörolojik defisitler, patolojik kırıklar, vertebral arter basısı veya diseksiyonu, tedavi veya ağrıya yetersiz cevap verme, tedavi sürecinin uzaması, tedaviye bağımlılık,

spinal hematoma, ağrıya duyarsızlık, damar rüptürü (hemoraj), emboli, instabilitenin artması, iyileşmenin gecikmesi, Wallenberg sendromu, omurgaya metastaz, transvers ligaman yırtığı, enflamasyon artışı, nörolojik bası ve ağrıda artış gibi komplikasyonlara yol açabilmektedir. Bu tür komplikasyonların oluşma durumunda doğru tanı yöntemleri kullanılarak kişiye özel uygun tedavi değişikliklerinin yapılması son derece önem arz etmektedir (Bergmann and Peterson, 2011).

Genel anlamda belirtilen bu kontrendike durumlar kesin, göreceli ve potansiyel olarak ayrılabilirler. Kesin kontrendikasyonlar, manipülasyon uygulanmaması gereken durumları ifade eder. Bu durumlarda, manipülasyon tekniklerinin uygulanması, hastanın sağlığını daha çok riske atabilmektedir. Kesin kontrendikasyonlar arasında şunlar yer almaktadır,

- Osteoporoz ve Kemik Zayıflığı: Osteoporoz, kemik yoğunluğunun azalması ve kırılabilirliğinin artması durumudur. Bu durum, manipülasyon sırasında kemik kırıklarının riskini artırabilir.
- Aktif Enfeksiyonlar: Omurga veya eklem bölgelerindeki aktif enfeksiyonlar, manipülasyonla yayılabilir ve hastanın durumu daha da kötüleştirilebilir.
- Kanser: Kemiklerde veya omurgada malign tümörler, manipülasyon sırasında kemik yapısının daha fazla zayıflamasına ve patolojik kırıklara yol açabilir.
- Akut Disk Hernisi ve Sinir Kökü Sıkışması: Ağır disk hernileri ve sinir kökü sıkışmaları manipülasyonla daha fazla kötüleşebilir ve nörolojik defisitlere yol açabilir.
- Cauda Equina Sendromu: Bu sendrom omuriliğin alt kısmında sinir köklerinin baskı altında olması durumudur ve acil cerrahi müdahale gerektirir. Bu yüzden, manipülasyon bu durumu daha da kötüleştirilebilir.
- Spinal Kanal Darlığı: Omurga kanalının daralması, sinir köklerinin sıkışmasına yol açabilir ve manipülasyon bu durumu daha fazla kötüleştirilebilir.
- Anevrizma: Büyük damarların duvarındaki zayıflıklar, manipülasyon sırasında damar yırtılmasına ve hayatı tehdit eden durumlara yol açabilir (Assendelft *et al.* 1996).

Göreceli kontrendikasyonlar, manipölasyonun dikkatli şekilde ve belli önlemler ile uygulanabileceğini ifade eder. Bu durumda, manipölasyon teknikleri hastanın genel durumu ve risk faktörlerine göre uygulanmalıdır. Göreceli kontrendikasyonlar arasında şunlar yer almaktadır;

- Osteopeni: Kemik yoğunluğunun normalden daha düşük olması manipölasyon sırasında kemik kırıkları riskini artırabilir.
- Rheumatoid Artrit (RA): Eklem iltihaplanması ve deformiteleri ile karakterize bu hastalık, manipölasyon sırasında eklem hasarını artırabilir.
- Hamilelik: Gebelik sırasında, özellikle ilk ve son trimesterlerde, manipölasyon rahim kasılmalarını tetikleyebilir ve düşük riskini artırabilir.
- Psikojenik Bozukluklar: Histeri, hipokondriasis ve hasta rolü yapılması gibi durumlar, tedaviye yanıtı etkileyebilir ve manipölasyonun etkinliğini azaltabilir (Assendelft *et al.* 1996)

Manipölasyon uygulamaları sırasında özellikle yüksek hızda ve düşük genlikte uygulanan tekniklerde bazı potansiyel komplikasyonlar oluşabilir. Bu komplikasyonlar arasında şunlar yer almaktadır;

- Vertebrobaziler Arter Diseksiyonu ve İskemik İnme: Boyun manipölasyonları anında vertebral arter yaralanması, inme gibi ciddi nörolojik komplikasyonlara yol açabilir (Ernst, 2007).
- Spinal Kanal Darlığı ve Cauda Equina Sendromu: Manipölasyon, spinal kanal darlığı ve cauda equina sendromu gibi durumları daha da kötüleştirebilir ve acil cerrahi müdahale gerektirebilir (Mendez *et al.* 2013).
- Disk Hernisi ve Sinir Kökü Sıkışması: Manipölasyon, disk hernisi ve sinir kökü sıkışması gibi durumları daha fazla kötüleştirebilir ve nörolojik defisitlere yol açabilmektedir (Assendelft *et al.* 1996).

1.1.6.4. Sporda Manuel Tedavi

Manuel tedavi tekniklerinin farklı spor branşlarındaki kullanımı amaçlarına göre değişiklikler gösterebilir. Fakat bu teknikler genellikle iki hedef doğrultusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk hedef, sporcuların performansını olumsuz yönde etkileyip

hareket mekaniğini sınırlayan ağırlı durumların tedavisini oluşturmaktadır. Bu tedavi, semptomlara yönelik manipölasyon teknikleriyle birlikte miyofasiyal tabanlı tekniklerin de kullanıldığı bir yaklaşımı içermektedir ve bazen kısmi ya da daha geniş kapsamlı bir tedavi şekli benimsenmektedir. İkinci kullanım amacı sporcuların yaşadıkları sakatlıklar sonrasındaki tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinin performans seviyelerinin artırılmasını içermektedir (Crow, 2000).

Manuel tedavi ve spinal manipölasyonun spor performansı üzerinde etkileri son yıllarda birçok çalışmada incelenmiştir ve özellikle profesyonel atletlerde tamamlanan çalışmalarda, bu uygulamaların fiziksel performans parametrelerini önemli bir ölçüde iyileştirdiği elde edilmiştir. Hall *et al.* (2016) tarafından yapılan çalışmada, profesyonel basketbolcuların üst ekstremitelerinde eklem hareket açıklığını artırmak için performans testleri öncesinde uygulanan osteopatik manuel terapi uygulamalarının, dikey sıçrama performansında anlamlı bir iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar Gentil-Beco *et al* (2015) tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiş ve birbirinden farklı kas enerji teknikleri kullanılan iki farklı grubun dikey sıçrama yüksekliklerinde anlamlı bir iyileşmenin meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Spinal manipölasyonun kas kuvveti, denge, esneklik ve motor kontrol gibi önemli performans parametreleri üzerinde farklı etkiler yarattığı da birçok çalışmada elde edilmiştir. Lo *et al.* (2019), spinal manipölatif terapinin, müdahale yapılmayan veya sahte manipölasyon uygulanan sağlıklı bireylerle kıyaslandığında izometrik kas kuvvetinde anlamlı bir artış sağladığını tespit etmişlerdir. Buna karşılık, Botelho *et al.* (2022) ise Brezilyalı futbolcularda yaptıkları bir çalışmada, tek bir spinal manipölasyon seansının akut olarak sprint hızı ve denge performansında herhangi bir değişikliğe neden olmadığını elde etmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise spinal manipölasyonun performans üzerinde etkilerinin sınırlı olduğu ve bu etkinin genellikle kısa vadeli olduğu belirtilmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Humphries *et al.* (2013), alt servikal omurga manipölasyonunun asemptomatik basketbolcuların el kavrama kuvveti ve serbest atış doğruluğu üzerindeki akut etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, dominant elleri sağ olan basketbol oyuncularına dominant el kavrama izometrik kuvvet ve serbest atış doğruluğu testi uygulanmıştır. Daha sonra eşit olarak C5/C6'da çeşitlendirilen sol alt servikal omurga kayropratik manipülatif tedavisi (CMT) veya sıfır kuvvet ayarında bir aktivatör ayarlama aleti kullanılarak C5/C6'da plasebo CMT almaya randomize edilmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre her iki grupta da ölçülen iki basketbol performans değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı elde edilmiştir. İzometrik el kavrama kuvveti için CMT grubunda 0,7 kg'lık iyileşme olmasına rağmen, anlamlı farklılık elde edilmemiştir ama serbest atış doğruluğu CMT grubunda artış göstermiştir. Plasebo CMT grubu ise ikinci test seansında aynı ya da daha kötü performans göstermiştir.

Deutschmann *et al.* (2025) tarafından futbolcularda üç farklı omurga manipülatif protokolünün şut hızı performansına anlık etkisine ilişkin rastgele olmayan deneysel bir fizibilite çalışmasında, manipölasyon uygulamalarının lomber ekstansiyon, sağ rotasyon ve sağ sacroiliac eklem fleksiyonu hareket aralığında önemli bir gelişmeye yol açtığını ve sham grubu ile kıyaslandığında manipülatif müdahale grubunda müdahale sonrası şut hızında önemli bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gentil-Becoz *et al.* (2015) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, rugby oyuncuları üç farklı gruba ayrılmış ve iki uygulama grubuna birbirinden farklı kas enerji teknikleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, tedavi öncesi ve tedavi sonrası dikey sıçrama yüksekliğinde her iki uygulama grubunda da anlamlı bir artış gözlemlenirken, üçüncü grubu oluşturan plasebo grubunda herhangi bir farklılık bulunmamıştır.

Coston (2015) tarafından lumbo-sakral faset eklem disfonksiyonu olan hokey oyuncularında yapılan bir çalışmada, spinal manipülatif terapinin hokey topunun hızına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, lomber omurgaya ve sakroiliak ekleme (SIJ) uygulanan kayropratik spinal manipölasyonun disfonksiyon yaşayan hokey oyuncularında lomber omurga ve SIJ hareket aralığını artırdığını ve dolayısıyla herhangi bir ağrıyı azaltarak hokey oyuncuların hokey vuruşunda top hızını artırmasına imkan sağlayıp sağlamadığı açısından önemli örnek oluşturmaktadır. Çalışmada, ilk gruba manipülatif uygulamalar

yapılırken, diğer gruba ise bir uygulama yapılmamıştır. Çalışmada elde edilen verilerin çoğu her iki grup için de istatistiksel olarak anlamlı değildir. Klinik bir bakış açısından, lomber omurga hareket aralığı üzerinde kesin bir etki vardır ve ne yazık ki top hızıyla ilgili olarak çok az etki gösterilmiştir. Çalışmanın tamamlanmasından sonra elde edilen nihai sonuçlar incelendiğinde lumbosakral veya sakroiliak eklemdaki disfonksiyonel bir eklemlere uygulanan kayropraktik manipülasyonun erkek veya kadın hokey oyuncuların hokey topu hızı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını sonucuna ulaşılmıştır.

Ross (2016) tarafından yapılan çalışmada, kayropraktik lumbosakral manipülatif terapinin elit bisikletçilerin güç çıktısı üzerinde akut etkileri araştırılmıştır. Bahsi geçen çalışmada, hem kontrol hem de deney grubundaki katılımcıların ortalama güç çıktısında önemli bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kontrol grubunda gözlemlenen bu artışın, muhtemelen öğrenilmiş bir tepkiden dolayı meydana geldiği ileri sürülmüştür. Yine de, deney grubundaki katılımcılarda kayropraktik spinal manipülatif terapisinden sonraki üç sprint efor denemesindeki ortalama güç çıktısında belirgin şekilde daha büyük bir artışın olduğu elde edilmiştir.

Hall *et al.* (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, profesyonel basketbolcuların üst ekstremitelerindeki eklem hareket açıklığını artırmak için performans testi öncesinde uygulanan osteopatik manuel terapi uygulamalarının dikey sıçrama performansına akut etkileri incelenmiş ve osteopatik manuel terapi uygulamasının dikey sıçrama yüksekliği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Rambrij (2017) tarafından yapılan bir çalışmada asemptomatik erkek golfçülerde omurga manipülatif tedavinin core kaslarını güçlendirmesine kıyasla club head velocity ve ball carry olarak adlandırılan hız ve top taşıma üzerindeki etkileri araştırılmış ve spinal manuel tedavinin olumlu etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Alvarenga *et al.* (2018) tarafından sporcularda yapılan çalışmada, lomber spinal manuel terapinin statik pozisyonadaki simetride akut simetri gelişmesine neden olmasına rağmen, benzer gelişimin squat sıçrama ve countermovement sıçrama yüksekliklerinde görülmediği sonucuna ulaşmışlardır.

Christiansen *et al.* (2018) tarafından elit tekvandoculara yapılan bir çalışmada, spinal manipülasyonların yüzeyel EMG ile maksimal istemli kasılma (MİK), maksimal direkt motor yanıt H ve M eğrileri V dalgası ve MİK maksimal plantar fleksiyon kuvvet

ve plantar fleksörlere (yani V-dalgası) kortikospinal uyarılabilirliğin, uygulama sonrası arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Espí-López *et al.* (2018) tarafından saha hokey oyuncularında yapılan çalışmada, manuel terapi ve propioseptif nöromüsküler fasilitasyonun dinamik denge, mobilite ve esneklik üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, uygulamalar 3 hafta boyunca haftada bir gün ve günde 45 dakikalık seanslar halinde uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, dengenin önemli parametrelerinden birini oluşturan propiosepsiyon duyusu gibi her iki grupta da tedaviden sonra bir hafta içinde lateral ve medial dinamik dengede önemli bir gelişme olduğu ve manuel terapi grubunda iyileşmenin tedavi sonrası dördüncü haftaya kadar sürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Reed *et al.* (2018) tarafından yapılan çalışmalar, yüksek hızlı düşük amplitüdlü (HVLA) omurga manipülasyonlarının hem biyomekanik hem de nörofizyolojik düzeyde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Bahsi geçen çalışmada, bu tekniklerin intraartiküler yapışıklıklarda azalmaya yol açtığı, sıkışmış meniskoid yapı serbestleşmesini sağladığı ve anulus fibrosus distorsiyonu düzelmesi yoluyla spinal mobilitede iyileşmeye katkıda bulunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Valenzuela *et al.* (2019) tarafından erkek amatör sporcularda yapılan çalışmada, spinal manipülatif terapinin el kavrama kuvveti ve sıçrama yeteneğinin geliştirilmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Çetinkaya (2019) tarafından non-spesifik boyun ağrılı sedanter bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, servikal kayropraktik manipülasyonun servikal bölgedeki eklem hareket açıklığı ve eklem pozisyon hissi üzerinde akut bir etkisi olduğu elde edilmiştir.

Corso *et al.* (2019) tarafından basketbol oyuncularında yapılan çalışmada, spinal manipülasyonun serbest atış isabet oranı gibi spesifik performans parametreleri üzerinde etkisinin oldukça sınırlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Lo *et al.* (2019) tarafından sistematik derleme ve meta-analiz olarak yapılan bir çalışmada, spinal manipülasyonun sağlıklı bireylerdeki izometrik kas kuvvetini anlamlı şekilde artırdığı gösterilmiştir. Ayrıca, spinal manipülatif terapinin müdahale olmayan (kontrol) ya da sahte manipülasyon (plasebo) uygulanan sağlıklı katılımcılar arasında da izometrik kuvvet kazanımı değişim yüzdesini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Morelli (2020) tarafından erkek ve kadın amatör boksörlerde yapılan çalışmada, servikal omurganın kiropraktik manuel manipülasyon uygulamasının sol-sağ el yumruk hızlanmasına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, ilk grup tedavi olarak servikal omurganın kayropraktik manuel manipülasyonunu alırken, ikinci grup ise sadece kısa bir dinlenme almıştır. Her iki grubun performansı mikro-elektrik-mekanik-sistemler (MEMS) tabanlı bir ivmeölçer kullanılarak ölçülmüştür. Analiz sonuçlarına göre, grupların yumruk hız ve yumruk kuvveti arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı elde edilmiştir. Fakat servikal omurganın kayropraktik manuel manipülasyon uygulaması sonunda sol ve sağ el ortalama yumruk frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar olduğu elde edilmiştir.

Akkaş ve ark. (2021) tarafından erkek sporcularda yapılan çalışmada, osteopatik manipülatif tedavinin (OMT) anaerobik performans ve laktat klirensi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada katılımcılar sham kontrollü olarak rastgele 2 gruba ayrılmıştır. Wingate anaerobik testinden (WanT) önce 30 dakikalık OMT ve sham uygulaması (1), 30 saniyelik WanT testi (2) ve WanT'dan sonra 5. ve 15. pasif dinlenme dakikaları arası 10 dakikalık OMT ve sham uygulamaları (3) tüm katılımcılara uygulanmıştır. Her iki grupta laktat konsantrasyonlarının belirlenmesi için istirahat ve WanT'tan 5, 15 ve 30 dakika sonra kan örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, OMT ve sham tedavisi arasında WanT performansında (zirve güç, ortalama güç ve yorgunluk indeksi) anlamlı bir farklılık olmadığı elde edilmiştir. Her iki grupta kan laktat seviyeleri WanT'den 5, 15 ve 30 dakika sonra dinlenmeye kıyasla anlamlı derecede yüksek ve WanT'den 15 ve 30 dakika sonra WanT'den 5 dakika sonraya göre anlamlı derecede düşük olarak elde edilmiştir. Ayrıca, kan laktat konsantrasyonu WanT'den 15 ve 30 dakika sonra OMT'de sham tedavisine kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu elde edilmiştir.

Müller (2022) tarafından kadın hokey oyuncularında yapılan çalışmada, spinal manipülatif terapinin (SMT) performans üzerinde anlık etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, katılımcılar niceliksel kontrol çaprazlama çalışması biçiminde rastgele olarak iki gruba ayrılmıştır. İlk aşamada, temel testten sonra grup 1, lomber bölgesel değerlendirmeye belirlenen lomber bölgedeki sabitlenmiş eklemlerin SMT'sini alırken, grup 2 herhangi bir itmeyi içermeyen uygulama (kontrol tedavisi) almışlardır. İkinci aşamada ise grup 1 kontrol tedavisi alırken, ikinci grup ise SMT uygulamasını almıştır. Analiz sonuçlarına

göre SMT uygulamasından sonra otur-eriş, dikey sıçrama, 40 m sprint ve 5-0-5 çeviklik performansında önemli bir gelişmenin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Botelho *et al.* (2022) tarafından Brezilyalı elit futbolcularda yapılan çalışmada, SMT'nin performans üzerindeki anlık etkilerin araştırılmış ve oyuncular SMT ve sahte SMT olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, SMT'nin 10 ve 30 metre sprint süreleri ve yön değiştirme (COD) performansı üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir anlık etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Büyükkırlı ve ark. (2024) tarafından voleybolcularda yapılan çalışmada, lumbal seviye uygulanan spinal manipülasyonun sıçrama yüksekliği, çeviklik ve sprint hızında akut bir etkisinin olduğu ve gruplar arası verilerde spinal manipülasyon grubunun spinal mobilizasyon ve kontrol grubuna göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.MATERYAL VE METOT:

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada, üç müdahalenin (manuel terapi, sham ve kontrol grubu) anaerobik performans, kuvvet, propriosepsiyon kaybı ve şut hızı üzerinde etkisini değerlendirmek için yarı deneysel bir çapraz tasarım kullanıldı. Bu tasarım, katılımcıların müdahalelere belirli bir sırayla maruz kaldığı, ancak randomizasyonun tam olarak sağlanamadığı veya pratik nedenlerle kısıtlı olduğu bir araştırma modelidir. Ayrıca, her katılımcının kendi kontrolü olarak kullanılmasına imkan sağlar ve müdahaleler arasındaki karşılaştırmanın gücünü artırarak bireyler arası farklılıkları azaltır (Thompson and Panacek, 2006).

3.2. Evren ve Örneklem

3.2.1. Evren

Evren üzerinde çıkarım yapılmak istenen ortak özelliklere sahip tüm birey, nesne veya olayların tam kümesini ifade eder (Creswell, 2017; Babbie, 2020). Bu çalışmanın evrenini; Iğdır ilindeki amatör futbolcular oluşturmaktadır.

3.2.2. Örneklem

Örneklem, evren içinden araştırmanın amaç ve yöntemine uygun olarak seçilen daha küçük alt kümedir (Creswell, 2017). Bu çalışmanın örneklemini; Iğdır ilinde amatör olarak futbol oynayan 19-30 yaş arasındaki erkek futbolcular (yaş:23.33±2.74 yıl; vücut ağırlığı: 69.2±8.7 kg; boy uzunluğu: 173.9±6.5cm, BMI: 23.1±2.25 kg/m²) oluşturmaktadır. Çalışma grubu G*Power (versiyon 3.1.9.7, Almanya) güç analiz programı kullanılarak belirlenmiştir. Güç analizi sonunda (güven aralığı=0,95, alfa=0,05, güç (1-beta)=0,95 ve etki büyüklüğü=1,03) çalışmaya en az 15 katılımcının dahil edilmesi gerektiği belirlenmiştir (Faul *et al.* 2007; Joseph *et al.* 2018). Çalışmaya katılan katılımcıların dahil edilme kriterleri; 19-30 yaş aralığında ve en az üç yıllık antrenman deneyimine sahip olmaları, nonspesifik mekanik eklem ağrılarına sahip olmamaları, çalışma öncesi manipülatif tedavi deneyimine sahip olmamaları, çalışmaya gönüllü katılmaları ve bilgilendirilmiş yazılı onam formu imzalamış olmalarıdır. Hariç tutulma kriterleri; spinal kök basısı, ekstremitelerde kuvvet kaybı, hissizlik, kontrolsüz hareketler, anormal yürüyüş, baş dönmesi, yutma ve afazi gibi nörolojik semptomlara sahip olmaları, vertebrobaziler arter yetmezlik testinin pozitif olması, multiple skleroz, inme, parkinson gibi sinir sistemi hastalıklarına sahip olmaları, herhangi bir seviyede omurga cerrahi

öyküsünün olması, yapılacak manipölasyonlara kontraendike (odontoid hipoplazi, posterior pontikus, akut fraktür ve kırık riski taşıyan, romatoid artrit, kanser, osteoporoz, osteopeni, ankilozan spondilit, spinal kord-menenjial tümörler, akut enfeksiyonlar ve osteomyelit) vakalarının olması ve eklemdede hipermobilite olmasıdır. Katılımcılara çalışmanın amacı, test prosedürleri, veri toplama süreci, katılımın ilişkili riskleri ve potansiyel yararlarına yönelik sözlü ve yazılı olarak bilgilendirmeler yapılmış ve istediklerinde çalışmayı bırakabilecekleri belirtilip katılımcılardan çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarına yönelik bilgilendirilmiş yazılı bir onam formu alınmıştır (Ek 1).

3.3. Çalışmanın Etik Yönü

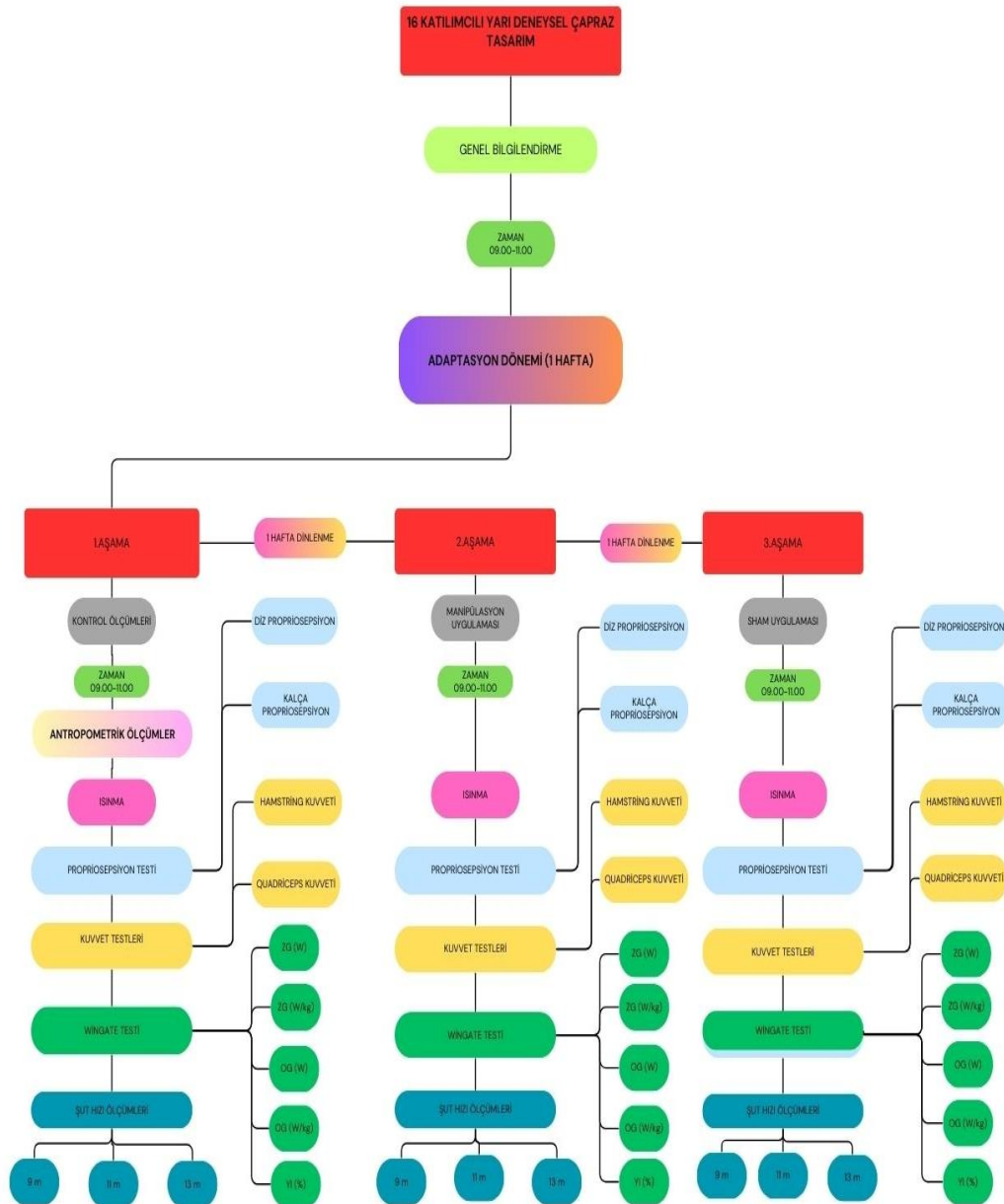
Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurul Başkanlığı tarafından yapılan 17/12/2024 tarih ve 2024/34 sayılı toplantıda, bu araştırmanın Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinin 10/1 maddesine göre bilimsel araştırma ve yayın etiğine uygun olduğuna karar verildi (Ek 2) ve deneysel prosedürler Helsinki Deklarasyonu (1964) ve sonraki değişikliklerine uygun olarak yapıldı.

3.4. Probleme Deneysel Yaklaşım

Çalışma, protokol ölçümlerinden önce tanışma seansı ile başlamıştır ve bu seans esnasında katılımcılara test prosedürleri tanıtıldı. Sonraki üç ölçüm arası toparlanmaya izin vermek için birer hafta dinlenme verilmiştir. Her seans, maksimal kalp atış hızının % 40'ında koşu bandında (Trackmaster TMX425CP, Newton, KA) 10 dakikalık düşük yoğunluklu koşudan oluşan standart bir ısınma ile başlamış ve ardından üst ve alt vücut kasları hedef alan 5 dakikalık germe egzersizleri yapılmıştır. İlk hafta kontrol grubunun ölçümleri gerçekleştirilirken, birer hafta dinlenmeyi takiben önce manuel tedavi, daha sonra ise sahte tedavi seansı sonrası aynı ölçümler gerçekleştirmiştir. Ölçümler esnasında herhangi bir motivasyon yöntemi kullanılmamıştır. Çalışmanın deneysel tasarımı şekil 3.1'de görsel olarak verilmiştir.

Çalışmada, tüm test prosedürlerinin katılımcıların yaş gruplarına uygun olduğu, kullanılan tüm test protokolleri ve veri toplama araçlarının katılımcıların performansını doğru ve güvenilir olarak ölçtüğü, ölçümler esnasında katılımcıların kendilerini en üst düzey zorladıkları ve mümkün olan en yüksek performansı sergiledikleri varsayılmıştır. Katılımcıların testlerdeki performanslarının olumsuz yönde etkilenmemesi için alkol ve fiziksel aktivitelerden (24 saat), sigara içmekten (> 2 saat), herhangi bir uyarıcı tüketimi (enerji içeceği ve kafein) ve yemek yemekten (> 3 saat) kaçınmaları, bir gece önce iyi

uyumaları (> 7 saat) ve test protokolünü maksimal bir eforla gerçekleştirmeleri istendi (Dallaway *et al.* 2022). Ayrıca, çalışma süresince herhangi bir ek fiziksel aktivite veya egzersiz programına katılmamaları istenmiştir. Sirkadiyen ritmin potansiyel etkilerini en aza indirmek için ölçümler günün aynı saat diliminde (sabah 09:00 ile 11:00 arasında) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmanın Deneysel Tasarımı



Resim 3.1. Vertikal, Servikal Bölge, Deltoit ve Üst Torakal Bölge Manipülasyon Uygulamaları

3.5. Manipülasyon Tekniklerinin Uygulanması

3.5.1. Spinal ve Alt Ekstremité Manipülasyon Tekniklerinin Uygulanması

Çalışmada uygulanan spinal ve alt ekstremité manipülasyon teknikleri uygulama noktasına hızlı ve düşük kuvvetli itme (HVLA) sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Servikal manipülasyon işlemi için katılımcılar oturur pozisyonda, ilgili omur üzerine düzeltici bir hareketle ‘diversified’ çekme tekniği olarak adlandırılan teknikle HVLA manipülasyonu yapılmıştır. Bu teknikte, uygulayıcının orta parmağı, katılımcının omurunun transvers çıkıntısının arka yüzüyle temas edecek şekilde yerleştirilir ve rotasyon yönünde çekme kuvveti uygulanır. Torakal manipülasyon için katılımcı yüzüstü bir pozisyonda tedavi masasına yatırılır ve elleri masanın iki yanında serbest bırakılır. Terapist, her iki elinin hipotenar kısmı, tedavi edilecek spinal segmentte transvers prosesler üzerine yerleştirir. Yüksek hızda, düşük şiddette itme kuvveti uygulanarak manipülasyon yapılır. Lumbal manipülasyon için, HVLA spinal manipülasyon yine ‘diversified’ tekniğiyle yapılır. İlk olarak, hastaların bacak boyu farkı kontrol edilir ve fonksiyonel bacak boyu kısalığı olup olmadığına bakılır. Hasta yan pozisyonda yerleştirilir; alttaki bacak ekstansiyon,

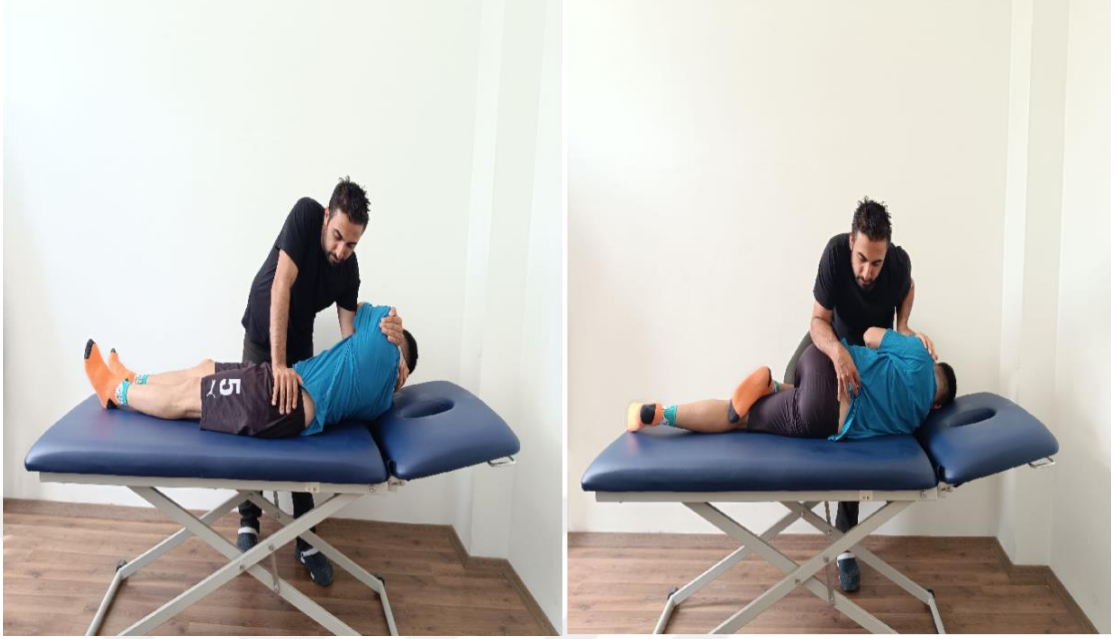
üstteki bacak fleksiyon pozisyonunda olacak şekilde ayarlanır. Terapist, hastanın üstüne yattığı kolu pozisyonlayarak, segmental gerginliği ve subluksasyonu düzelterek lumbal bölgeye segmental HVLA manipülasyonlarını uygular. Farklı patolojiler olup olmadığı dışlandıktan sonra bu ve benzeri manipülatif uygulamalar katılımcıların boyun, diz, el ve ayak bileği, toraks, omuz, kalça, diz gibi eklemlerine uygulanıp etkin manipülasyon sağlanması amaçlanmıştır (Todoroff and Velioğlu, 2009).



Resim 3.2. Phalangeal ve Karpal Bölge Manipülasyonları



Resim 3.3. Torakal Bölge Manipülasyonu



Resim 3.4. Lumbal ve Sakroiliak Eklem Manipülasyonları



Resim 3.5. Genus Manipülasyonu



Resim 3.6. Koksigeal Bölge Manipölasyonu



Resim 3.7. Tarsal ve Koksofemoral Bölge Manipölasyonu

3.5.2. Sham Yönteminin Uygulanması

Sham (sahte) manipölasyonu, randomize kontrollü çalışmalarda gerçek tedavinin fiziksel olarak taklit edildiği ama terapötik etkiye sahip olmayan kontrol müdahalesidir. Bu yöntemin temel amacı, manuel tedavinin spesifik etkilerini, non-spesifik etkilerden (dokunma, hasta beklentisi, terapist etkileşimi) ayırmaktır. Bu yöntemde, katılımcılar, manipölasyon uygulamalarının ağrıyı azaltacağı ve işlevi iyileştirme olasılığını yüksek görürler. Bu yöntemin inandırıcı olması için fiziksel olarak bir manipölasyon tekniğine benzemesi gerektiği ifade edilir (Ruddock *et al.* 2016). Çalışmada sham manipölasyon için ilgili eklemlere kayropraktik manipölasyon yapıyormuş gibi pozisyonlanıp uygun bölge için rotasyon, stabilizasyon gibi pozisyonlarda katılımcıların 10 saniye kadar bir süre bekletilmesi, ellerin yerleştirildikten sonra ilgili eklem herhangi bir müdahalede bulunulmaması ve itme işleminin uygulanmamasıyla tamamlanmıştır.



Resim 3.8. Sham Uygulaması Örneği

3.6. Verilerin Toplanması

3.6.1. Boy ve Vücut Ağırlıklarının Belirlenmesi

Katılımcıların vücut ağırlığı 0.01 kg, boy uzunluğu 0.001 m doğruluk oranlarına sahip olan elektronik ölçüm cihazıyla (Seca769, Seca Corporation, Hamburg, Almanya) belirlenmiştir. Katılımcıların boy ölçümleri ayakkabısız ve yer ile teması zemine dik bir açı oluşturacak şekilde yapılmıştır. Vücut ağırlıkları ise üstlerinde sadece tişört ve şortu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Can ve ark. 2025). Vücut kitle indeksi (BMI); vücut ağırlığı ve boy formülüne göre hesaplandı (kg/m^2).

3.6.2. Eklem Hareket Açıklığı ve Proriosepsiyon Kaybının Belirlenmesi

Çalışmada katılımcıların eklem hareket açıklığını belirlemek için bir gonyometre (Saehan Corporation, Masan, Güney Kore) kullanılmıştır. Bu cihaz, bir bireyin eklem hareket açıklığını (range of motion-ROM) objektif olarak ölçmeye yarayan bir açıölçer cihazıdır. Temel olarak sabit kol, hareketli kol ve dereceli bir skaladan oluşur. Mekanik, dijital ve baranşa özgü türleri bulunur. Standart ölçüm protokolüne göre eklem nötral pozisyonda hizalanmalıdır. Gonyometre pivotu eklem rotasyon merkezine yerleştirilmiştir ve hareketin maksimal açısı kaydedilmiştir (Norkin and White, 2016). Bu ölçümler, telefonda uygulamalar ‘gonyometerpro’ uygulaması ile desteklenmiştir (Wellmon *et al.* 2016; Melián-Ortiz *et al.* 2019). Ayrıca, ölçümler yapılmaya başlamadan önce eklem hareket açıklıkları gonyometre ve uygulamaya ek olarak manuel yöntemler ile kontrol edilmiş ve probleme yol açabilecek herhangi bir kısıtlılık ve patolojiye rastlanmamıştır.



Resim 3.9. Pasif Eklem Hareket Açıklıklarının (ROM) Kontrolü

Diz ve ayak bileğinin eklem pozisyon hissi olarak ifade edilen diz ve ayak bileği propriyosepsiyonu, periferal propriyosepsiyon ölçüm tekniklerinden olan reproduksiyon yöntemiyle eklem pozisyon hissi (EPH) testi ile ölçülebilmektedir. Çalışmada, ölçümler cep telefonuna indirilebilir ve son derece güvenilir bir uygulama olan “Goniometer Pro” uygulaması aracılığıyla yapıldı (Wellmon *et al.* 2016; Melián-Ortiz *et al.* 2019). Tüm Ölçümler 90° diz fleksiyonundan kademeli olarak başlanarak 45° hedef diz açısında

yapılmıştır. Cep telefonu, telefon tutucu bir bandaj aracılığı ile fibulanın lateral başına (kamış kemiğinin dış yan bölümüne) sabitlenerek, katılımcılara hedef olarak belirlenen açılardan 45° gözler açık biçimde konumları öğretilmiştir. Katılımcılar belirlenen hedef açıları üçer defa tekrarlamışlardır. Daha sonra katılımcılardan hedef açıları gözler kapalı şekilde diz için bulmaları istenerek bu değerler kaydedilmiştir. Gözler kapalı kinematik açı olarak belirlenen hedef açıdaki sapma açısına göre proprioseptif değerlendirmelerin yapıldığı bu test reproduksiyon testi olarak da bilinmektedir (Lokhande *et al.* 2013). Ölçümler spinal ve alt ekstremité manipülasyon uygulamalarının öncesi ve sonrasında katılımcıların dominant tarafına uygulanmıştır. Kalça ekleminin eklem pozisyon hissi ölçümü de benzer şekilde pivot noktalara uygulanarak yine hedef açı olan 45° belirlenip ölçümler gerçekleştirilmiştir (Mourcou *et al.* 2015).



Resim 3.10. Diz ve Kalça Propriosepsiyon Ölçümleri



Resim 3.11. Quadriceps ve Hamstring Kas Kuvvetleri Ölçümü

3.6.3. Hamstring ve Quadriceps Kas Kuvvetin Belirlenmesi

Katılımcıların quadriceps ve hamstring kas grubu kuvvetleri izometrik sırt-bacak dinamometresi (Takei TKK5402 Back-D, Takei Scientific Instruments Co., Ltd, Tokyo, Japan) kullanılarak elde edilmiştir. Bu cihaz, izometrik kas kuvvetinin objektif olarak ölçülmesi için tasarlanmış portatif bir cihazdır. Özellikle sırt, bel ve alt ekstremité kas gruplarının kuvvet değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Klinikte kolay uygulanabilirlik, yüksek test-tekrar test güvenilirliği ($ICC=0.85-0.93$), minimal ekipman gereksinimi önemli avantajlarından (Shahidi *et al.* 2023). Hamstring kuvveti ölçümü, katılımcılar yüzüstü yatar bir pozisyonda uzanarak dizlerini ekstansiyondan maksimal fleksiyona almaya çalışmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Quadriceps kas kuvvet ölçümünde ise katılımcılar bir sandalyeye oturtularak, dizlerini maksimal ekstansiyon durumuna (izometrik kasılma) getirmeleri ve bacaklarını yukarı kaldırmaları istenerek ölçümleri

gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kaslar mümkün olan en iyi izole durumuna getirilerek pozisyonlandırılmıştır. Dinamometre malleollerin 2-3 cm üzerinde ve bacağı dik olacak bir pozisyonda yerleştirilmiştir. Diz fleksiyon ve ekstansiyon kas grubu kuvvet ölçümü, aynı kişi tarafından katılımcıların her iki bacağından iki kez yapıldı ve en iyi test skoru kg olarak kaydedildi (Kraemer *et al.* 1995).

3.6.4. Şut Hızının Belirlenmesi

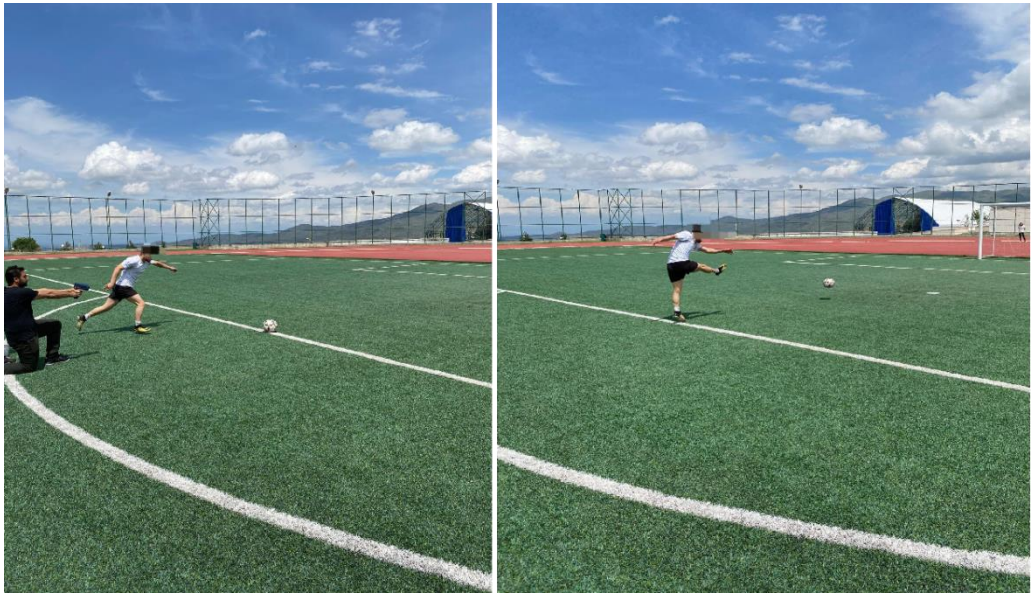
Çalışmada, katılımcıların penaltı noktası, ceza sahası çizgisi ve ceza yayı çizgisi noktalarından gerçekleştirdikleri şutlar esnasında hızlarını belirlemek için taşınabilir bir radar cihazı (Stalker Sport 2 Digital Sports Radar, TX, ABD, resim 3.12) kullanılmıştır. Bu cihaz özellikle spor bilimleri alanında atletik performans değerlendirmesinde (atletik performans analizi, sprint ölçümü, top/beyzbol sopası hızı değerlendirmeleri, reaksiyon çalışmaları, antrenman etkinliği değerlendirmesi, sporcu rehabilitasyonu ve progresyon takibi) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Temel olarak ölçüm aralığı (8-322 km/saat), hassasiyet (± 0.16 km/saat), ölçüm mesafesi (36 metreye kadar), veri kaydı (99 ölçüme kadar hafıza) gibi özellikleri bulunmaktadır (Díez-Fernández *et al.* 2022). Şut hızlarında ilk ölçüm penaltı noktası (resim 3.13), ikinci ölçüm ceza sahası çizgisi (resim 3.14) ve üçüncü ve son ölçüm ise ceza yayı çizgisinden (resim 3.15) yapılmıştır. Gerçekleştirilen üç ayrı mesafedeki her bir şut için katılımcılara 45'er saniye aralıklarla dinlenme süresi ve farklı mesafe ölçümlerde en fazla üç şut hakkı verilmiştir. Tüm sonuçlarda sadece en iyi şut hızı değeri değerlendirmeye alınmıştır. Ölçümler esnasında radar cihazı toptan 2 metre uzağa konumlandırılmıştır ve radar cihazının görüş açısında hareketli bir nesnenin bulunmamasına dikkat edilmiştir. Doğru koşullar ve teknik kullanılarak gerçekleştirilen vuruşlar sonrası radar kayıt altına alınmıştır. Ayrıca, kaleye isabet etmeyen şutlar, hatalı şutlar olarak değerlendirilerek dikkate alınmamıştır. Şut hızının belirlenmesine yönelik ölçümlerde topa vuruş uzaklığı kaleye 90 derecelik bir açı olacak şekilde; şut tekniği ise yalnızca ayaküstü teknik kullanılarak yapılmıştır. Deneklerle yapılan ölçümler dominant uzuvla doğru ve isabetli bir vuruş için destek ayaklarının topun çok fazla önünde ya da arkasında olmadan vuruşlarını gerçekleştirmeleri istenmiştir (Aydın *ve ark.* 2023).



Resim 3.12. Radar Cihazı



Resim 3.13. Penaltı Noktasından Şut Hızının Ölçümü



Resim 3.14. Ceza Sahası Çizgisinden Şut Hızı Ölçümü



Resim 3.15. Ceza Yayından Şut Hızı Ölçümü

3.6.5. Anaerobik Performansın Belirlenmesi

Çalışmada, katılımcıların anaerobik performans özellikleri bilgisayar arayüzü ile donatılmış bisiklet ergometresi olan Wingate anaerobik güç testi (WanT; Monark 839E, İsveç) kullanılarak belirlenmiştir. WanT, katılımcıların vücut ağırlığına göre belirlenen dirence karşı 30 saniye boyunca mümkün olduğunca hızlı pedal çevirdikleri en popüler submaksimal bisiklet ergometre testidir (Chia, 2000; Kenney *et al.* 2022; Can, 2023). Test öncesinde her katılımcının vücut ağırlığı belirlenmiştir. WanT testinin uygulanması esnasında katılımcılar herhangi bir yük olmaksızın pedal çevirdiler ve maksimal pedal çevirme hızına ulaştıklarında, her katılımcının vücut ağırlığının %7,5'ine karşılık gelen bir harici direnç uygulanarak, katılımcıların bu dirence karşı 30 saniye boyunca yüksek hızda pedal çevirmeleri istenmiştir. Dış direncin uygulanmasından sonra, katılımcıların pedal devirleri bilgisayar yazılımı tarafından her beş saniyede bir kaydedilmiştir (Inbar, 1996). Çalışmada, Wingate yazılım programı kullanılarak mutlak (W) ve relatif (W/kg) olarak zirve güç (ZG), ortalama güç (OG) değerleri ile yorgunluk indeksi (%) değerleri hesaplanmıştır (Bar-Or, 1987).



Resim 3.16. Wingate Anaerobik Performans Ölçümü

3.7. Verilerin Analizi

Nicel verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım varsayımını sağlamayan nicel veriler için ortanca ve çeyrekler arası genişlikle (IQR), normal dağılım varsayımını sağlayan nicel değişkenler ortalama ve standart sapma ile özetlenmiştir. Nicel verilerin hepsi için minimal ve maksimal değerler verilmiştir. Normal dağılım göstermeyen nicel verilerin gruplar arası karşılaştırmaları için Friedman testi ve post-hoc analizler için Wilcoxon Signed Ranks testi kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren nicel veriler için ise Tekrarlı ölçümlerde ANOVA testi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkinin bakılmasında Pearson Korelasyonu kullanılmıştır. Analizler, IBM SPSS Statistics 27.0 kullanılarak yapılmış ve tüm analizlerde $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1.Bulgular

Çizelge 4.1. Tüm Katılımcıların Fiziksel Özelliklerine Yönelik Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	n	Ortalama±Std. Sapma	Minimal - Maksimal
Yaş (yıl)	15	23,3±2,74	(19 - 30)
Kilo (kg)	15	69,2±8,7	(58,1 – 85,3)
Boy (cm)	15	173,9±6,5	(161 – 184,5)
BMI (kg/m ²)	15	23,1±2,25	19 – 28

Çizelge 4.1.'de katılımcıların demografik bilgilerine ait tanımlayıcı istatistik yer almaktadır. Çalışmaya katılan 15 kişinin ortalama olarak yaşları 23.3 ($\pm 2,74$ yıl), vücut ağırlıkları 69.2 (± 8.7 kg), boy uzunlukları 173.9 (± 6.5 cm) ve BMI değerleri 23.1 (± 2.25 kg/m²) olarak bulunmuştur.

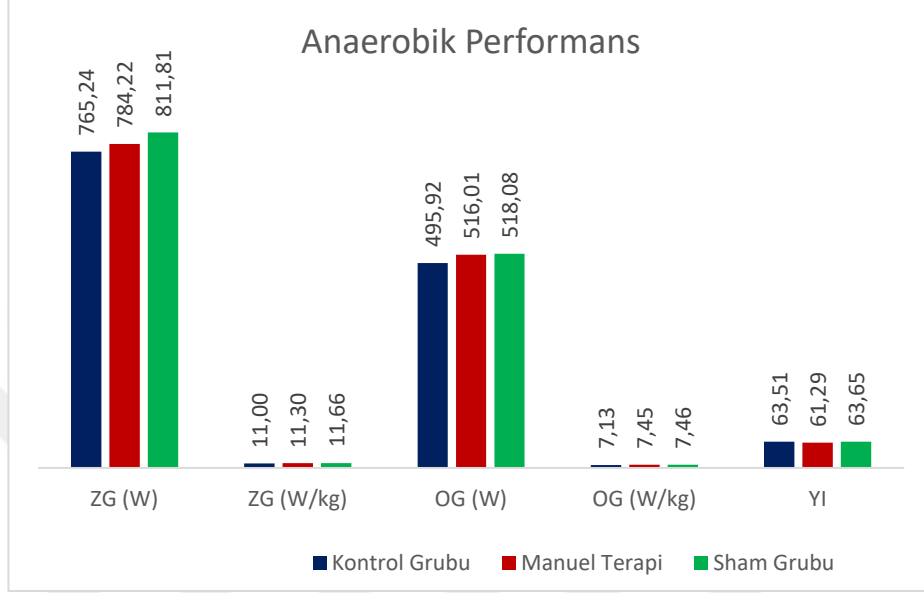
Çizelge 4.2. Gruplara Göre Anaerobik Performans Değişkenlerinin Karşılaştırılması

Değişkenler	Kontrol Grubu		Manuel Terapi		Sham Grubu		p-değeri
	Ortanca (IQR)	Min - Max	Ortanca (IQR)	Min - Max	Ortanca (IQR)	Min - Max	
OG (W)	478,05 (126)	408-622	475,81 (136)	433-639	491,43 (132)	429-652	p=0.011
OG (W/kg)	7,1±0,5	6,2-7,9	7,4±0,5	6,1-8,1	7,5±0,5	6,5-8,2	p=0.001
ZG (W)	765,2±137,1	568-1004	784,22±166	568-1172	811,8±154,6	581-1188	p=0.054
ZG (W/kg)	11±1,3	8,7-12,9	11,3±1,7	8,1-15,4	11,6±1,3	8,9-14,7	p=0.095
Yİ (%)	63,51±7,82	49,1-84,8	61,3±7,5	43,8-74,7	63,6±6,1	54,3-76,0	p=0,483

OG: Ortalama Güç; ZG:Zirve Güç; Yİ:Yorgunluk İndeksi

Çizelge 4.2.'de katılımcıların gruplarına göre anaerobik performansına yönelik karşılaştırması verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde, katılımcıların hem relatif hem de mutlak ortalama güç sonuçları bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ($p=0.011$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan Post-hoc analizi sonuçlarına göre diğer gruplara kıyasla kontrol

grubunda mutlak ($p=0.036$ ve $p=0.002$) ve relatif OG ($p=0.015$ ve $p=0.001$) değerinin farklı olduğu elde edilmiştir. ZG (W) ($p=0.054$), ZG (W/kg) ($p=0.095$) ve YI ($p=0.483$) sonuçları bakımından ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.



Grafik 4.1. Anaerobik Performans Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği

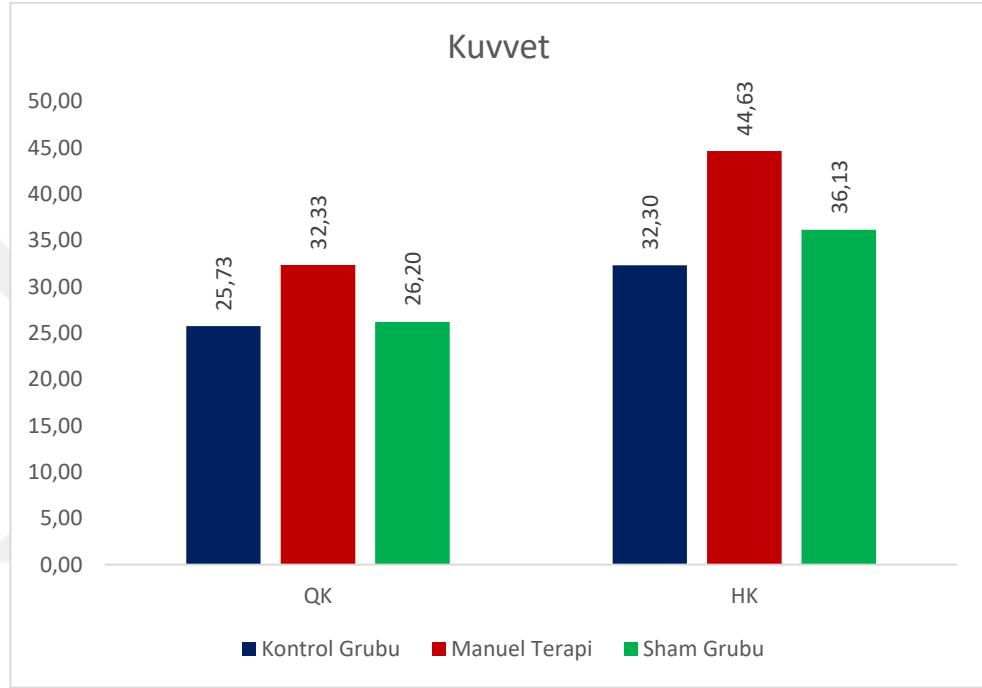
Çizelge 4.3. Gruplara Göre Kuvvet Değişkenlerinin Karşılaştırılması

Değişkenler	Kontrol Grubu		Manuel Terapi		Sham Grubu		p-değeri
	Ortanca (IQR)	Min - Max	Ortanca (IQR)	Min - Max	Ortanca (IQR)	Min - Max	
HK (kg)	26,5 (19)	20,5-57	47 (29)	25,5-73,5	30 (25)	21-55	$p<0.001$
QK (kg)	25,7±3,9	20-33	32,3±7,7	22,5-46,5	26,2±4,5	20,5-34,5	$p<0.001$

HK: Hamstring Kuvveti; **QK:** Quadriceps Kuvveti

Çizelge 4.3.'de katılımcıların gruplarına göre HK ve QK değişkenlerine yönelik analiz sonuçları yer almaktadır. Çizelge 4.3. incelendiğinde, katılımcıların HK sonuçları bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ($p<0.001$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan Post-hoc analiz sonuçlarına göre manuel terapi ve kontrol grubu arasında anlamlı farklılık vardır ($p<0.001$). HK parametresinde hem sham grubu ve kontrol grubu arasında ($p=0.017$) hem de sham grubu ve manuel terapi grubu arasında anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p<0.001$). Katılımcıların QK sonuçları bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p<0.001$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu belirlemek

için yapılan Post-hoc analizi sonuçlarına göre manuel terapi ve kontrol grubu arasında anlamlı farklılık vardır ($p<0.001$). Ayrıca, sham grubu ile manuel terapi grubu arasında anlamlı farklılık tespit edilirken ($p=0.002$); sham grubu ile kontrol grubu arasında QK açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ($p=0.599$).



Grafik 4.2. Kuvvet Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği

Çizelge 4.4. Gruplara Göre Proprioepsiyon Değişkenin Karşılaştırılması

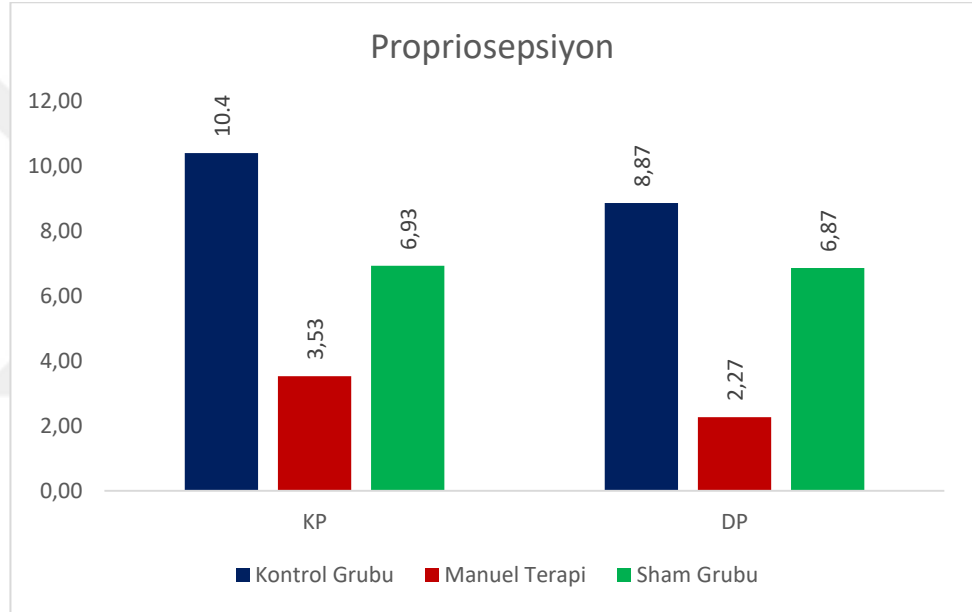
Değişkenler	Kontrol Grubu		Manuel Terapi		Sham Grubu		p-değeri
	Ortanca (IQR)	Min - Max	Ortanca (IQR)	Min - Max	Ortanca (IQR)	Min - Max	
DP (°)	8 (3)	4-20	2 (2)	0-5	7 (7)	3-10	p<0.001
KP (°)	10,4±2,9	6,0-14,0	3,5±1,5	1,0-6,0	6,9±1,3	5,0-10,0	p<0.001

DP: Diz Proprioepsiyonu; **KP:** Kalça Proprioepsiyonu

Çizelge 4.4’de katılımcıların gruplarına göre DP ve KP değişkenlerine yönelik analiz sonuçları yer almaktadır. Çizelge 4.4. incelendiğinde, katılımcıların DP değişkeni bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülür ($p<0.001$). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan Post-hoc analizine

göre manuel terapi grubu ile kontrol grubu ($p<0.001$), sham grubu ile kontrol ($p=0.005$) ve manuel terapi ($p<0.001$) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur. Katılımcıların KP sonuçları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0.001$). Yapılan Post-hoc analiz sonuçlarına göre manuel terapi ve sham grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı farklılığın olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Ayrıca, sham grubu ile manuel terapi grubu arasında da KP açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.001$).

Grafik 4.3. Propriocepsiyon Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği



Grafik 4.4. Propriocepsiyon Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği

Çizelge 4.5. Gruplara Göre Şut Değişkenlerinin Karşılaştırılması

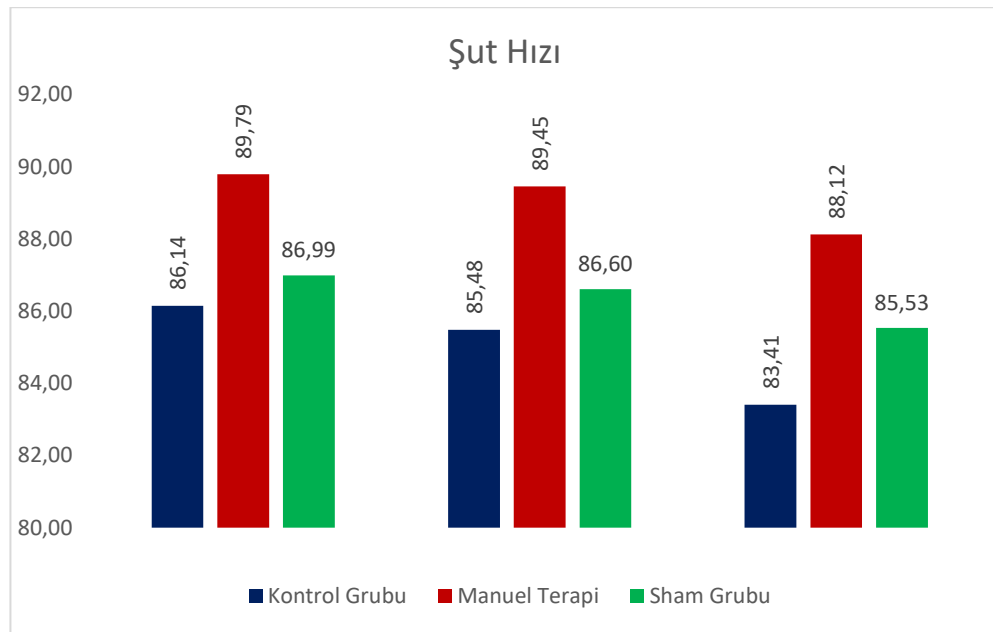
Değişkenler	Kontrol Grubu		Manuel Terapi		Sham Grubu		p-değeri
	Ortalama±Std. Sapma	Min - Max	Ortalama±Std. Sapma	Min - Max	Ortalama±Std. Sapma	Min - Max	
PN (km/sn)	86,1±7,7	75,3-103,1	89,8±7,2	77,6-105,6	86,9±7,7	74,4-103,1	$p<0.001$
CSC (km/sn)	85,5±6,5	73,8-98,1	89,5±6,6	80,5-102,7	86,6±6,8	74-101,2	$p<0.001$
CY (km/sn)	83,4±7,2	73,8-100,6	88,1±7,9	76,9-108,4	85,5±7,9	73,5-105,7	$p<0.001$

PN: Penaltı Noktası; CSC: Ceza Sahası Çizgisi; CY: Ceza Yayı

Çizelge 4.5’de katılımcıların gruplarına göre PN, CSÇ ve CY değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler ve analiz sonuçları yer almaktadır. PN değişkeni incelendiğinde, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p<0.001$). Yapılan Post-hoc analiz sonuçlarına göre manuel terapi ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık elde edilirken ($p<0.001$) sham grubu ve kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ($p=0.212$). Ancak, sham grubu ve manuel terapi grubu arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.001$).

CSÇ değişkeni açısından gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ($p<0.001$). Post-hoc analiz sonuçlarına göre manuel terapi ve kontrol grupları arasında anlamlı farklılık elde edilirken ($p<0.001$) sham grubu ve kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ($p=0.262$). Ancak, sham grubu ve manuel terapi grupları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.001$).

CY değişkeni açısından da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p<0.001$). Post-hoc analiz sonuçlarına göre manuel terapi grubu ile kontrol grubu arasında ($p<0.001$), sham grubu ile kontrol grubu arasında ($p=0.038$) ve sham grubu ile manuel terapi grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu elde edilmiştir ($p=0.008$).



Grafik 4.5. Şut Hızı Değişkenlerinin Gruplara Göre Grafiği

Çizelge 4.6. Kontrol Grubunun Değişkenler Arası Korelasyon Analizi Sonuçları Karşılaştırılması

Değişkenler		ZG (W)	ZG (W/kg)	OG (W)	OG (W/kg)	Yİ	PN	CSC	CY	KP	DP	HK	QK
ZG (W)	r	1	0,695	0,845	0,379	0,46	0,687	0,583	0,414	0,292	-0,152	0,352	0,142
	p	-	0,004	<0,001	0,164	0,084	0,005	0,023	0,125	0,29	0,589	0,199	0,613
ZG (W/kg)	r	0,695	1	0,355	0,621	0,408	0,484	0,357	0,195	-0,021	-0,368	0,183	-0,092
	p	0,004	-	0,195	0,013	0,131	0,067	0,192	0,486	0,941	0,177	0,513	0,744
OG (W)	r	0,845	0,355	1	0,489	0,052	0,6	0,462	0,401	0,212	-0,152	0,383	0,176
	p	<0,001	0,195	-	0,065	0,853	0,018	0,083	0,138	0,447	0,588	0,159	0,529
OG (W/kg)	r	0,379	0,621	0,489	1	-0,264	0,361	0,137	0,157	-0,277	-0,497	0,155	-0,124
	p	0,164	0,013	0,065	-	0,342	0,186	0,628	0,575	0,318	0,059	0,581	0,659
Yİ	r	0,46	0,408	0,052	-0,264	1	0,405	0,467	0,297	0,469	0,009	-0,2	-0,003
	p	0,084	0,131	0,853	0,342	-	0,134	0,079	0,283	0,078	0,974	0,476	0,993
PN	r	0,687	0,484	0,6	0,361	0,405	1	0,85	0,863	-0,015	-0,233	0,043	0,09
	p	0,005	0,067	0,018	0,186	0,134	-	<0,001	<0,001	0,958	0,404	0,879	0,751
CHÇ	r	0,583	0,357	0,462	0,137	0,467	0,85	1	0,902	0,001	0,031	0,082	0,242
	p	0,023	0,192	0,083	0,628	0,079	<0,001	-	<0,001	0,998	0,913	0,771	0,386
CY	r	0,414	0,195	0,401	0,157	0,297	0,863	0,902	1	-0,173	-0,314	-0,025	0,112
	p	0,125	0,486	0,138	0,575	0,283	<0,001	<0,001	-	0,537	0,635	0,928	0,691
KP	r	0,292	-0,021	0,212	-0,277	0,469	-0,015	0,001	-0,173	1	0,237	-0,227	0,273
	p	0,29	0,941	0,447	0,318	0,078	0,958	0,998	0,537	-	0,395	0,415	0,325
DP	r	-0,152	-0,368	-0,152	-0,497	0,009	-0,233	0,031	-0,314	0,237	1	0,028	0,459
	p	0,589	0,177	0,588	0,059	0,974	0,404	0,913	0,635	0,395	-	0,921	0,085
HK	r	0,352	0,183	0,383	0,155	-0,2	0,043	0,082	-0,025	-0,227	0,028	1	0,47
	p	0,199	0,513	0,159	0,581	0,476	0,879	0,771	0,928	0,415	0,921	-	0,077
QK	r	0,142	-0,092	0,176	-0,124	-0,003	0,09	0,242	0,112	0,273	0,459	0,47	1
	p	0,613	0,744	0,529	0,659	0,993	0,751	0,386	0,691	0,325	0,085	0,077	-

OG: Ortalama Güç; ZG: Zirve Güç; Yİ: Yorgunluk İndeksi; HK: Hamstring Kuvveti; QK: Quadriceps Kuvveti; DP: Diz Propriozeptasyonu; KP: Kalça Propriozeptasyonu; PN: Penaltı Noktası; CSC: Ceza Sahası Çizgisi; CY: Ceza Yayı

Çizelge 4.6.'da katılımcıların kontrol grubunda değişkenler arasındaki korelasyon analizleri verilmiştir. Çizelge 4.6. incelendiğinde, kontrol grubunda ZG (W) ile PN ($r=0.687$, $p=0.005$) ve CSC değişkenleri ($r=0.583$, $p=0.023$) arasında, OG (W) ile PN değişkeni arasında ($r=0.600$, $p=0.018$) istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki vardır.

Çizelge 4.7. Manuel Terapi Grubunun Değişkenler Arası Korelasyon Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Değişkenler		ZG (W)	ZG (W/kg)	OG (W)	OG (W/kg)	Yİ	PN	CSC	CY	KP	DP	HK	QK
ZG (W)	r	1	0,795	0,873	0,562	0,711	0,764	0,748	0,639	-0,424	-0,126	0,345	0,606
	p	-	<0,001	<0,001	0,029	0,003	<0,001	0,001	0,01	0,115	0,656	0,208	0,017
ZG (W/kg)	r	0,795	1	0,458	0,8	0,824	0,7	0,686	0,703	-0,238	-0,096	0,274	0,492
	p	<0,001	-	0,086	<0,001	<0,001	0,004	0,005	0,003	0,394	0,735	0,322	0,062
OG (W)	r	0,873	0,458	1	0,43	0,374	0,588	0,544	0,368	-0,377	-0,138	0,393	0,564
	p	<0,001	0,086	-	0,11	0,17	0,021	0,036	0,177	0,166	0,624	0,147	0,029
OG (W/kg)	r	0,562	0,8	0,43	1	0,461	0,514	0,437	0,461	-0,035	-0,075	0,343	0,44
	p	0,029	<0,001	0,11	-	0,083	0,049	0,103	0,084	0,9	0,79	0,211	0,101
Yİ	r	0,711	0,824	0,374	0,461	1	0,553	0,609	0,542	-0,338	-0,254	0,344	0,508
	p	0,003	<0,001	0,17	0,083	-	0,032	0,016	0,037	0,219	0,362	0,209	0,053
PN	r	0,764	0,7	0,588	0,514	0,553	1	0,959	0,908	-0,465	-0,223	0,031	0,439
	p	<0,001	0,004	0,021	0,049	0,032	-	<0,001	<0,001	0,08	0,424	0,913	0,102
CSC	r	0,748	0,686	0,544	0,437	0,609	0,959	1	0,893	-0,455	-0,159	0,071	0,451
	p	0,001	0,005	0,036	0,103	0,016	<0,001	-	<0,001	0,089	0,571	0,803	0,092
CY	r	0,639	0,703	0,368	0,461	0,542	0,908	0,893	1	-0,459	-0,122	-0,022	0,453
	p	0,01	0,003	0,177	0,084	0,037	<0,001	<0,001	-	0,085	0,665	0,939	0,09
KP	r	-0,424	-0,238	-0,377	-0,035	-0,338	-0,465	-0,455	-0,459	1	0,436	-0,293	-0,627
	p	0,115	0,394	0,166	0,9	0,219	0,08	0,089	0,085	-	0,105	0,29	0,012
DP	r	-0,126	-0,096	-0,138	-0,075	-0,254	-0,223	-0,159	-0,122	0,436	1	-0,283	-0,269
	p	0,656	0,735	0,624	0,79	0,362	0,424	0,571	0,665	0,105	-	0,307	0,33
HK	r	0,345	0,274	0,393	0,343	0,344	0,031	0,071	-0,022	-0,293	-0,283	1	0,756
	p	0,208	0,322	0,147	0,211	0,209	0,913	0,803	0,939	0,29	0,307	-	0,001
QK	r	0,606	0,492	0,564	0,44	0,508	0,439	0,451	0,453	-0,627	-0,269	0,756	1
	p	0,017	0,062	0,029	0,101	0,053	0,102	0,092	0,09	0,012	0,33	0,001	-

OG: Ortalama Güç; ZG: Zirve Güç; Yİ: Yorgunluk İndeksi; HK: Hamstring Kuvveti; QK: Quadriceps Kuvveti; DP: Diz Propriocepsiyonu; KP: Kalça Propriocepsiyonu; PN: Penaltı Noktası; CSC: Ceza Sahası Çizgisi; CY: Ceza Yayı

Çizelge 4.7.'de katılımcıların manuel terapi grubunda değişkenler arası korelasyon analizleri verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde, manuel terapi grubunda ZG ile PN ($r=0.764$, $p<0.001$) ve CSC ($r=0.748$, $p<0.001$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde ve pozitif bir ilişki vardır; ZG ile CY ($r=0.639$, $p=0.010$) ve QK ($r=0.606$, $p=0.017$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki vardır. ZG (W/kg) ile PN arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif ilişki varken ($r=.686$, $p=0.005$), ZG (W/kg)

ile CY arasında pozitif yüksek düzeyde ilişki vardır ($r=0.703$, $p=0.003$). OG ile PN ($r=0.544$, $p=0.036$) ve QK ($r=0.564$, $p=0.029$) arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif ilişki varken; Yİ ile PN ($r=0.609$, $p=0.016$) ve CY ($r=0.542$, $p=0.037$) değişkenleri arasında orta düzeyde ve pozitif bir ilişki vardır.

Çizelge 4.8. Sham Grubunun Değişkenler Arası Korelasyon Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Değişkenler		ZG (W)	ZG (W/kg)	OG (W)	OG (W/kg)	Yİ	PN	CSC	CY	KP	DP	HK	QK
ZG (W)	r	1	0,739	0,936	0,488	0,253	0,66	0,521	0,54	0,02	-0,336	0,257	0,076
	p	-	0,002	<0,001	0,065	362	0,007	0,047	0,038	0,943	0,221	0,356	0,787
ZG (W/kg)	r	0,739	1	0,544	0,813	0,26	0,554	0,459	0,539	-0,092	-0,411	0,078	-0,06
	p	0,002	-	0,036	<0,001	0,35	0,032	0,085	0,038	0,744	0,128	0,782	0,833
OG (W)	r	0,936	0,544	1	0,461	0,058	0,603	0,438	0,45	-0,041	-0,288	0,407	0,219
	p	<0,001	0,036	-	0,084	0,839	0,017	0,102	0,092	0,884	0,297	0,132	0,432
OG (W/kg)	r	0,488	0,813	0,461	1	-0,082	0,434	0,321	0,44	-0,25	-0,39	0,244	0,158
	p	0,065	<0,001	0,084	-	0,772	0,106	0,243	0,101	0,368	0,151	0,381	0,575
Yİ	r	0,253	0,26	0,058	-0,082	1	0,215	0,301	0,327	0,312	-0,192	-0,476	-0,287
	p	362	0,35	0,839	0,772	-	0,441	0,276	0,234	0,258	0,494	0,073	0,299
PN	r	0,66	0,554	0,603	0,434	0,215	1	0,963	0,932	-0,048	0,037	0,07	0,02
	p	0,007	0,032	0,017	0,106	0,441	-	<0,001	<0,001	0,865	0,896	0,804	0,943
CSC	r	0,521	0,459	0,438	0,321	0,301	0,963	1	0,946	0,081	0,183	-0,048	-0,002
	p	0,047	0,085	0,102	0,243	0,276	<0,001	-	<0,001	0,773	0,514	0,864	0,994
CY	r	0,54	0,539	0,45	0,44	0,327	0,932	0,946	1	-0,038	-0,066	-0,122	0,001
	p	0,038	0,038	0,092	0,101	0,234	<0,001	<0,001	-	0,893	0,816	0,664	0,997
KP	r	0,02	-0,092	-0,041	-0,25	0,312	-0,048	0,081	-0,038	1	0,319	0,066	0,264
	p	0,943	0,744	0,884	0,368	0,258	0,865	0,773	0,893	-	0,246	0,816	0,342
DP	r	-0,336	-0,411	-0,288	-0,39	-0,192	0,037	0,183	-0,066	0,319	1	0,254	0,31
	p	0,221	0,128	0,297	0,151	0,494	0,896	0,514	0,816	0,246	-	0,361	0,261
HK	r	0,257	0,078	0,407	0,244	-0,476	0,07	-0,048	-0,122	0,066	0,254	1	0,634
	p	0,356	0,782	0,132	0,381	0,073	0,804	0,864	0,664	0,816	0,361	-	0,011
QK	r	0,076	-0,06	0,219	0,158	-0,287	0,02	-0,002	0,001	0,264	0,31	0,634	1
	p	0,787	0,833	0,432	0,575	0,299	0,943	0,994	0,997	0,342	0,261	0,011	-

OG: Ortalama Güç; ZG: Zirve Güç; Yİ: Yorgunluk İndeksi; HK: Hamstring Kuvveti; QK: Quadriceps Kuvveti; DP: Diz Propriozeptiyonu; KP: Kalça Propriozeptiyonu; PN: Penaltı Noktası; CSC: Ceza Sahası Çizgisi; CY: Ceza Yayı

Çizelge 4.8.'de Sham grubunda değişkenler arasındaki korelasyon analizleri verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde, sham grubunda ZG (W) ile PN ($r=0.660$, $p=0.007$), CSC ($r=0.521$, $p=0.047$) ve CY ($r=0.540$, $p=0.038$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzey ve pozitif bir ilişki vardır. Ayrıca, ZG (W/kg) ile PN ($r=0.554$, $p=0.032$) ve CY ($r=0.539$, $p=0.038$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki vardır; OG (W) ve PN ($r=0.603$, $p=0.017$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki vardır.

4.2. Tartışma

Çalışmada, nörodinamik kısıtlılığı ve asimetrisi bulunmayan sağlıklı futbolcular üzerinde spinal ve alt ekstremité kayropratik manipölasyon tekniklerinin performans parametrelerine akut etkisi araştırılmıştır. Mevcut literatürde, omurga üzerindeki yüksek hızlı-düşük amplitüdlü (HVLA) itme etkisi oluşturan uygulamalarının güvenlik profilini inceleyen çalışmalar vardır. Yapılan araştırmalar, bu tekniklerin uygun endikasyonlar ve profesyonel uygulayıcılar tarafından gerçekleştirildiğinde güvenli bir müdahale yöntemi olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle, spinal manipölasyon teknikleri arasında yer alan uygulamalar, kontrollü ve hedefe yönelik kuvvet iletimi sayesinde minimal invaziv bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sebeple, çalışmada kullanılan tekniklerin, güvenlik profili üzerine yapılan sistematik değerlendirmeler, kontrendikasyonların dikkat olarak gözden geçirilmesi ve uygun hasta seçimiyle klinik uygulamalarda güvenle kullanılabileceğini göstermektedir (Cohen, 2016).

Anaerobik performans parametreleri gruplara göre kıyaslandığında katılımcıların OG (W) sonuçları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ($p=0.011$) ve bu farklılığın diğer gruplardaki sonuçlara göre kontrol grubu ölçümlerinde elde edilen değerlerin daha düşük olmasından kaynaklandığı elde edilmiştir ($p=0.036$ ve $p=0.002$; Çizelge 4.2). Relatif ortalama güç değişkeni bakımından gruplar arasında yine istatistiksel olarak anlamlı ve benzer bir farklılık olduğu ($p=0,001$) ve bu farklılığın da diğer gruplarla karşılaştırıldığında kontrol grubu ölçümlerinde elde edilen OG değerinin düşüklüğünden kaynaklandığı elde edilmiştir ($p=0.015$ ve $p=0.001$; Çizelge 4.2). ZG ve YI değişkenleri açısından ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu sonuçlar OG değişkeninde hem sham hem de manuel terapi grubunda bir artışın olduğunu, ZG ve YI üzerinde bir etkisinin olmadığını

ortaya koymaktadır. Literatürde, spinal manuel terapi uygulamalarının akut etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

Ross (2016) tarafından kayropratik lumbosakral manipülatif uygulamaların elit bisikletçilerin güç çıkışına akut etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, şimdiki çalışmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bahsi geçen çalışmada, anaerobik performans özelliği bir bisiklet ergometresinde ölçülmüş ve ayrıca katılımcıların sprint özellikleri de incelenmiştir. Çalışmada, hem tedavi hem de kontrol gruplarının ortalama güç çıktılarının bir iyileşme gösterdiği ve bunun da muhtemelen öğrenilmiş bir tepkiden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Bununla birlikte, tedavi grubunda kayropratik spinal manipülatif terapiden sonraki tüm sprint eforlarındaki ortalama güç veriminde belirgin bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Müller (2022) tarafından kadın hokey oyuncularında yapılan çalışmada, spinal manipülatif terapinin (SMT) performans üzerinde anlık etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, katılımcılar niceliksel kontrol çaprazlama çalışması biçiminde rastgele olarak iki gruba ayrılmıştır. İlk aşamada, temel testten sonra grup 1, lomber bölgesel değerlendirmeye belirlenen lomber bölgedeki sabitlenmiş eklemlerin SMT'sini alırken, grup 2 herhangi bir itmeyi içermeyen uygulama (kontrol tedavisi) almışlardır. İkinci aşamada ise grup 1 kontrol tedavisi alırken, ikinci grup ise SMT uygulamasını almıştır. Analiz sonuçlarına göre SMT uygulamasından sonra otur-eriş, dikey sıçrama, 40 m sprint ve 5-0-5 çeviklik performansında önemli bir gelişmenin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Anaerobik gücün tamamı değil, belli bir bileşenini temsil eden patlayıcı güç etkisinin bir göstergesi kabul edilen 40 m sprint testinde bir devretme etkisi tespit edildiği ve sonucun katılımcıların tedavi sırasına bağlı olarak tedavinin etkisi olarak yorumlanamayacağı ileri sürülmüştür.

Büyükırlı ve ark. (2024) tarafından voleybolcularda yapılan çalışmada, lumbal seviye uygulanan spinal manipülasyonun sıçrama yüksekliği, çeviklik ve sprint hızında akut bir etkisinin olduğu ve gruplar arası verilerde spinal manipülasyon grubunun spinal mobilizasyon ve kontrol grubundan daha iyi olduğu elde edilmiştir.

Botelho *et al.* (2022) tarafından Brezilyalı elit futbolcularda yapılan çalışmada, SMT'nin performans üzerindeki anlık etkilerin araştırılmış ve oyuncular SMT ve sahte SMT olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, SMT'nin 10 ve 30

metre sprint süreleri ve yön değiştirme (COD) performansı üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir anlık etkisinin olmadığı elde edilmiştir.

Akkaş ve ark. (2021) tarafından erkek sporcularda yapılan çalışmada, osteopatik manipülatif tedavinin (OMT) anaerobik performans ve laktat klirensi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada katılımcılar sham kontrollü olarak rastgele 2 gruba ayrılmıştır. Wingate anaerobik testinden (WanT) önce 30 dakikalık OMT ve sham uygulaması (1), 30 saniyelik WanT testi (2) ve WanT'dan sonra 5. ve 15. pasif dinlenme dakikaları arası 10 dakikalık OMT ve sham uygulamaları (3) tüm katılımcılara uygulanmıştır. Her iki grupta laktat konsantrasyonlarının belirlenmesi için istirahat ve WanT'tan 5, 15 ve 30 dakika sonra kan örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, OMT ve sham tedavisi arasında WanT performansında (zirve güç, ortalama güç ve yorgunluk indeksi) anlamlı bir farklılık olmadığı elde edilmiştir. Her iki grupta kan laktat seviyeleri WanT'den 5, 15 ve 30 dakika sonra dinlenmeye kıyasla anlamlı derecede yüksek ve WanT'den 15 ve 30 dakika sonra WanT'den 5 dakika sonraya göre anlamlı derecede düşük olarak elde edilmiştir. Ayrıca, kan laktat konsantrasyonu WanT'den 15 ve 30 dakika sonra OMT'de sham tedavisine göre önemli oranda düşük olduğu ve OMT'nin anaerobik performansı etkilemeden laktat klirensini iyileştirebileceği ileri sürülmüştür.

Alvarenga *et al.* (2018) tarafından sporcularda yapılan çalışmada, lomber spinal manuel terapinin statik pozisyonadaki simetride akut simetri gelişmesine neden olmasına rağmen, benzer gelişimin squat sıçrama ve countermovement sıçrama yüksekliklerinde görülmediği elde edilmiş ve bu sonucun patlayıcı güçte bir değişikliğe neden olmadığını göstermektedir.

Güç değişkeninin değerlendirilmesinde çeşitli parametreler kullanılabilir. Bunlar arasında en yaygın kullanılan ölçütler; ortalama güç (OG), ortalama itme gücü (OİG) ve zirve güç (ZG) olarak sıralanabilir (Sanchez *et al* 2010). OG, konsantrik fazda ulaşılan tüm pozitif güç çıktı toplamının, bu fazda ulaşılan veri noktaları sayısına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. OİG, konsantrik fazın itme bölümündeki OG değerini ifade eder. ZG ise konsantrik kasılma süresince elde edilen en yüksek anlık güç çıktısını ifade eder; bu değer, genellikle $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 'lik zaman dilimi içerisinde gözlemlenen en yüksek güç üretimi olarak tanımlanır. Bazı araştırmacılar, ZG değerini sporcunun belli bir hareket esnasında ortaya koyabileceği en yüksek mekanik performans kapasitesi olarak tanımlamakta ve

kas performansında eşik seviyeye ulaşıldığını yansıtan ölçüt olarak değerlendirmektedir (Baker, 2005). Teorik çerçevede değerlendirildiğinde, anaerobik güç artışının temelinde yatan mekanizma ise genellikle maksimal istemli kas kasılmalarında ortaya çıkabilecek düzeyin ötesinde motor ünite aksiyon potansiyelinin oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda, akut etkilerde anaerobik güç artışının değişken ve kesin sonuçlar ortaya çıkarmamasının bu durumu açıklayabileceği düşünülmektedir (Rich, 1992).

Mevcut literatür, eklemdeki manipülasyon ve mobilizasyonların çoklu fizyolojik sistemlere önemli modülatör etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu uygulamaların; noziseptif yanıt modifikasyonu, inflamatuvar mediatör profilindeki değişimler, oksidatif stres belirteçlerinde modülasyon, protein sentez dinamiklerinde modifikasyon, reseptör aktivasyon desenlerinde farklılaşma, nörotransmitter salınım dinamiklerinde değişimler ve enzimatik aktivite modülasyonu gibi noziseptif, inflamatuvar, nörokimyasal ve moleküler düzeyde etkileri vardır. Dolayısıyla, spinal manipülasyon uygulamalarının nöromüsküler sistem üzerinde karakteristik etkileri olduğu söylenebilir. Bu karakteristik özellikler kas iğciği (muscle spindle) yanıtlarında modifikasyon, spinal nöronal aktivite paternlerinde değişim, elektromiyografik aktivitede farklılaşma ve immünolojik yanıt modülasyonu gibi etkiler içermektedir (Tak *et al.* 2020). Manuel terapi uygulamalarının, bahsedilen bu kompleks, nörofizyolojik ve biyokimyasal ağlar üzerinde multisistemik etkiler oluşturduğunu göstermesi; anaerobik güç gibi parametreler üzerinde akut olarak farklı sonuçlar verebilmesinin normal olacağını düşündürmektedir.

Atletik performans çok boyutlu ve karmaşık bir yapı sergilemekte ve birçok farklı değişkenin etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Literatür incelendiğinde, atletik performans üzerinde belirleyici rol oynayan çok sayıda içsel ve dışsal faktörün varlığı dikkat çekmektedir. Performansın bu kompleks doğası, kendine özgü bir dizi spesifik belirleyiciyi bünyesinde barındırmaktadır. Bu faktörler arasında motor kontrol mekanizmaları ve kas-tendon etkileşimleri, nöromüsküler uyum gibi biyomekanik ve fizyolojik değişkenler olduğu gibi; bilişsel fonksiyonlar, motivasyonel faktörler, stres yönetim becerileri gibi psikolojik bileşenler de mevcuttur. Çalışmada kullanılan anaerobik ölçüm cihazı kısa süreli bir performans ölçümünü içerse de katılımcılar üzerinde kolay olmayan ve aşırı yorgunluk meydana getiren bir etki yaratmaktadır. Sporcuların ilk ölçümden sonra fiziksel ve psikolojik olarak zorlanmalarına ek olarak

motivasyonel değişimlerin varlığı nedeniyle, sonraki ölçümlerde anaerobik performans verilerinde dalgalanmaların oluşmuş olabileceği düşünölmektedir (Bar-Or, 1987).

Kuvvet parametreleri gruplara göre kıyaslandığında katılımcıların gruplara göre hem hamstring kuvveti (HK) hem de quadriceps kuvveti (QK) değişkenlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ($p<0.001$) ve bu farklılığın diğer gruplardaki sonuçlara göre HK parametresinde manuel terapi grubu değerlerinin kontrol grubu değerlerinden daha yüksek olmasından kaynaklandığı elde edilmiştir ($p<0.001$, $p=0.017$; Çizelge 4.3). QK sonuçları bakımından da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ($p<0.001$) ve bu farklılığın diğer gruplardaki sonuçlara göre manuel terapi grubu ile kontrol grubu arasında olduğu elde edilmiştir ($p<0.001$). Ayrıca, sham grubu ve manuel terapi grubu arasında da anlamlı fark tespit edilmiştir ($p=0.002$). Sadece sham grubu ile kontrol grubu arasında QK açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p=0.599$). Bu farklılıkların diğer gruplardaki sonuçlara göre manuel terapi grubunun her iki gruptan; sham grubunun da kontrol grubundan daha çok kuvvet artışına sahip olduğunu göstermektedir (Grafik 4.2).

Christiansen *et al.* (2018) tarafından elit tekvandocularıa yapılan bir çalışmada, spinal manipölasyonların yüzeyel EMG ile maksimal istemli kasılma (MİK), maksimal direkt motor yanıt H ve M eğrileri V dalgası ve MİK maksimal plantar fleksiyon kuvvet ve plantar fleksörlere (yani V-dalgası) kortikospinal uyarılabilirliğin, uygulama sonrası arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Lo *et al.* (2019) tarafından sistematik derleme ve meta-analiz olarak yapılan bir çalışmada, spinal manipölasyonun sağlıklı bireylerdeki izometrik kas kuvvetini anlamlı şekilde artırdığı gösterilmiştir. Ayrıca, spinal manipölatif terapinin müdahale olmayan (kontrol) ya da sahte manipölasyon (plasebo) uygulanan sağlıklı katılımcılar arasında da izometrik kuvvet kazanımı değişim yüzdesini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, bu incelemedeki birleştirilmiş çalışmaların heterojenliği, sonuçların dikkatli yorumlanması gerektiğini ileri sürmektedir.

Literatürde elde edilen sonuçlarda yapılabilecek dikkatli yorumlamalara rağmen, kuvvet biyomekaniği unutulmamalıdır. Vücudun tüm eklemleri, hareket mekanizmasını ve buna bağlı kuvvet aktarımlarını doğrudan etkilemektedir. Özellikle büyük eklemler ve omurga, viskoelastik özelliklere sahip yapıların mekanik olarak birbirine bağlanması

ile oluşan kompleks bir sistemdir. Lokal bir noktaya uygulanan kuvvetler ve momentler, hem uygulanan yükün karakteristiklerine hem de bireysel omur segmentlerini birbirine bağlayan dokuların mekanik özelliklerine bağlı olarak omurga boyunca farklı düzeyde yer değiştirmelere yol açmaktadır (Triano, 2000).

Yüklemenin hızlı bir şekilde gerçekleştiği durumlarda, eklemlerin ve omurganın elastik rijitliği artış göstermekte ve sistem, zamana duyarlı viskoz özellikler sergilemek yerine daha çok rijit bir katı gibi davranmaktadır. Buna karşın düşük hızlarda uygulanan yük, bağ dokuları, kaslar ve intervertebral disklerde sıvı bileşenlerin tepki verebilmesi için yeterli zamanı sağlayarak viskoelastik özelliklerin ön plana çıkmasına olanak tanır. Manipülasyona bağlı hızlı yüklemelerde gözlenen göreceli yer değiştirme, başlıca elastik dokuların (kemikler, diskler ve bağlar) sertlik derecelerine bağlı olurken; daha yavaş yükleme hızları da yükün segmentler arasında daha geniş bir alana yayılmasına imkân tanır ve böylece yer değiştirme daha geniş bir omurga bölgesine dağılır. Bu kanıtlara ulaşabilmek amacıyla yapılan vertebral hareketlere ilişkin bazı doğrudan ölçümler, hem kadavralar hem de bilinçli gönüllüler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sürekli pasif hareket ve mobilizasyon gibi düşük hızlı kuvvetlerin uygulandığı tekniklerde, yer değiştirme genellikle birden fazla vertebrayı kapsayan kademeli bir dağılım gösterir. Bu anlamda işlem yapılan bölge önemlidir. En fazla yer değiştirme hedeflenen segmentte meydana gelirken, uygulama bölgesinden uzaklaştıkça bu etki azalmaktadır. Buna karşın, yüksek hızlı teknikler omurlar arası hareketlerde anlamlı farklılığa yol açmakta ve hedeflenen segmentte daha belirgin hareket genliğine neden olmaktadır (Herzog, 2000). Bu bilgiler, manipülasyon uygulamalarının kuvvet aktarım mekanizmasını kinezyolojik bir şekilde etkilediğini ve ortaya çıkan kuvvet artışlarının bu şekilde yorumlanabileceği hipotezini destekler niteliktedir.

Sham grubunda proprioseptif iyileşme, diğer tüm tedavi yaklaşımlarında olduğu gibi, spinal manipülasyon tedavisinde (SMT) de plasebo etkisi gözlemlenebilmektedir. Omurganın doğal hizasına geri döndüğü hissi, manipülasyon sırasında duyulan çatlama sesinin tedavi etkinliğinin bir göstergesi olarak algılanması ve uygulama öncesi yapılan manuel temas gibi unsurlar plasebo etkisini artıran faktörler arasındadır (Winder, 1988). Bu durumun, sham uygulamaların pozitif etkinliğini açıklayabileceği düşünülmektedir.

Literatürde, SMT'nin kuvvet yeteneğine etkisinin görülmediği çalışmalar da yer almaktadır. Humphries *et al.* (2013), alt servikal omurga manipülasyon uygulamalarının asemptomatik basketbolcuların el kavrama kuvveti ve serbest atış doğruluğu üzerindeki akut etkilerini araştırdıkları çalışmada, dominant elleri sağ olan basketbol oyuncularına dominant el kavrama izometrik kuvvet ve serbest atış doğruluğu testi uygulanmıştır. Daha sonra eşit olarak C5/C6'da çeşitlendirilen sol alt servikal omurga kayropratik manipülatif tedavisi (CMT) veya sıfır kuvvet ayarında bir aktivatör ayarlama aletiyle C5/C6'da plasebo CMT almaya randomize edilmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre her iki grupta ölçülen iki basketbol performans değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı elde edilmiştir. İzometrik el kavrama kuvveti için CMT grubunda 0,7 kg'lık iyileşme olmasına rağmen, anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ama serbest atış doğruluğu CMT grubunda artış göstermiştir. Plasebo CMT grubu, ikinci test seansında aynı ya da daha kötü performans göstermiştir. Bu pilot çalışma, CMT'nin el kavrama gücünü ve serbest atış doğruluğunu etkileyip etkilemediğini değerlendirmek için daha büyük bir çalışmanın uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Valenzuela *et al.* (2019) tarafından erkek amatör sporcularda yapılan çalışmada, spinal manipülatif terapinin el kavrama kuvveti ve sıçrama yeteneğinin geliştirilmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı elde edilmiştir.

Çalışmanın kuvvet parametresinde ulaşılan temel bulguları, spinal manipülasyon uygulamalarının vertebral kinematik parametreler üzerinde önemli değişikliklere neden olduğunu düşündürmektedir. Özellikle spinal segmentlerde gözlemlenen bu değişimler: vertebral rotasyon açılarındaki modifikasyon, eklem hareket açıklıklarında artış, sinovyal sıvı dinamiklerinde değişim gibi biomekanik etkiler ortaya çıkarmıştır. Ayrıca bölgesel parasempatik aktivite artışı, merkezi motor uyarılabilirlikte artış ve kas içiçği afferentlerinde modülasyon gibi nörofizyolojik mekanizmalar ile desteklendiği düşünülmektedir (Korr, 1975; Dishman *et al.* 2002; Win *et al.* 2015). Bu etkilerin altında yatan patofizyolojik mekanizma ise özetlenecek olunursa; spinal manipülasyon, küçük çaplı afferentler yoluyla motonöron aktivitesini inhibe ederek eklem mobilitesini artırmaktadır (afferent yol modülasyonu). Anormal segmental bölgelerde duyu yollarının sensitizasyonu, paraspinal kaslarda motonöron aktivitesini kolaylaştırmaktadır (motor refleks dinamikleri) (Denslow *et al.* 1947). Supramaksimal elektriksel stimülasyon sonrası gözlenen F-dalga değişiklikleri, manipülasyonun motor kontrol

üzerindeki modölatör etkisini göstermektedir (f-dalga aktivitesi) (Haavik *et al.* 1947). Yapılan bu çalışmanın hipotezi doğrultusunda, bu nörofizyolojik değişimlerin tip I ve tip II kas liflerinin maksimal istemli kasılma kapasitesinde bir artışa neden olduğunu düşünülmektedir. Ayrıca aynı doğrultuda bu bulguların, spinal manipölasyonun hem biomekanik hem de nöromüsküler sistemler üzerinde çok yönlü etkileri olduğuna kanıt niteliği taşıyacağı düşünülmektedir.

Ayrıca, eklem manipölasyonu ve mobilizasyon tekniklerinin uygulanmasının, organizmada çok boyutlu fizyolojik değişimleri tetikleyebileceği bilinmektedir. Bu teknikler; nosiseptif yanıt modölasyonu, inflamatuvar mediyatör düzeylerinde modifikasyon, gen ekspresyon profillerinde değişiklikler, protein sentez dinamiklerinde varyasyonlar, reseptör aktivite modölasyonları, nörotransmitter salınım paternlerinde farklılaşmalar ve enzimatik aktivite ile oksidatif stres belirteçlerinde anlamlı değişimler oluşturmaktadır. Özellikle spinal manipölasyon uygulamalarının, kas içiği refleks yanıtlarında modifikasyonlar, santral ve periferik nöronal aktivite paternlerinde değişimler, elektromiyografik parametrelerde varyasyonlar ve immünolojik yanıt mekanizmalarında modölasyonlar meydana getirdiği deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur (Tak *et al.* 2020). Bu sonuca göre kuvvet artışının sadece biomekanik ve nöromüsküler sistemlere değil, aynı zamanda fizyolojik değişimlere de bağlı olduğu söylenebilir.

Çalışmada, ölçülen parametrelerin çoğunda manuel terapi uygulamaları dışında sham denilen sahte uygulamalarda da anlamlı derecede artışlar görölmektedir. Manuel terapi (MT) alanındaki erken dönem araştırmaların ağırlıklı olarak biyomekanik etkiler üzerinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Ancak güncel literatürde, bu çalışmada elde edildiği gibi manuel terapinin nörofizyolojik mekanizmaları ve psikolojik etkilerini inceleyen çalışmalarda da belirgin bir artış dikkati çekmektedir. Bu gelişme ışığında, klinik değerlendirmeler yapılırken psikolojik faktörlerin ve özellikle plasebo etkisinin terapötik sonuçlar üzerindeki potansiyel rolünün göz önünde bulundurulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Bialosky *et al.* 2018).

Diz propriosepsiyonu (DP) ve kalça propriosepsiyonu (KP) parametreleri gruplara göre kıyaslandığında, katılımcıların hem DP hem de KP değişkeni sonuçları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir

($p<0.001$). DP değişkeninde farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan Post-hoc analizine göre manuel terapi grubu ile kontrol grubu ($p<0.001$), sham grubu ile kontrol ($p=0.005$) ve manuel terapi ($p<0.001$) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. KP sonuçları açısından gruplar arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0.001$) ve analiz sonuçlarına göre manuel terapi ve sham grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Ayrıca, sham grubu ile manuel terapi grubu arasında da KP açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.001$).

Klinik araştırmalarda sham manipülasyon uygulamalarına ait farklı standartlarda ve metodolojik yaklaşımlarda farklı protokollerin olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, sham manipülasyon tasarımı sürecinde öncelikle mevcut literatürde farklı sham uygulama teknikleri sistematik olarak analiz edilmiştir. Kullanılan sham manipülasyon protokolü gerçek manipülasyona benzerlik, standartizasyon ve metodolojik kontroller göz önüne alınarak uygulanmıştır. Bu metodolojik yaklaşım, manipülasyonun terapötik etkilerinin daha güvenilir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır (Lougee *et al.* 2013).

Her iki eklem propriozeptif duyusunun kontrolünde MT grubunun diğer iki gruba göre; sham grubu ise kontrol grubuna göre daha fazla olduğu elde edilmiştir (Grafik3). Dengenin önemli bileşenini oluşturan propriozeptif duyusunda, literatürde bu çalışmaya benzer sonuçlar bulunmaktadır.

Espí-López *et al.* (2018) tarafından saha hokey oyuncularında yapılan çalışmada, manuel terapi ve propriozeptif nöromüsküler fasilasyonun dinamik denge, mobilite ve esneklik üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, uygulamalar 3 hafta boyunca haftada bir gün ve günde 45 dakikalık seanslar halinde uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, dengenin önemli parametrelerinden birini oluşturan propriozeptif duyusu gibi her iki grupta da tedaviden sonra bir hafta içinde lateral ve medial dinamik dengede önemli bir gelişme olduğu ve manuel terapi grubunda iyileşmenin tedavi sonrası dördüncü haftaya kadar sürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Çetinkaya (2019) tarafından non-spesifik boyun ağrılı sedanter bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, servikal kayropratik manipülasyonun servikal bölgedeki eklem hareket açıklığı ve eklem pozisyon hissi üzerinde akut bir etkisinin olduğu sonucu elde edilmiştir.

Mevcut literatür, manipölasyon ve mobilizasyon teknikleri uygulanması sonucu meydana gelen biomekanik kuvvetlerin, eklem çevresinde yumuşak dokuların ekstrinsik sertliklerinde belirgin bir azalmaya yol açtığını ortaya koymaktadır (Duke ve Brotzman, 2011). Bu mekanizmanın altında yatan patofizyolojik süreç incelendiğinde, söz konusu tekniklerin ligamentöz yapıların esneklik özelliğini değiştirerek propriyoseptif aktiviteyi artırdığını düşünülmektedir. Bu nörofizyolojik etki, eklem uzaysal konumunun daha hassas bir şekilde algılanmasını sağlamakta ve böylece hedef pozisyonun anlık olarak belirlenebilme kapasitesini önemli ölçüde iyileştirmektedir. Özellikle ligamentlerdeki mekanoreseptörlerin aktivasyonunda artış, eklem kinestetik farkındalığını geliştirerek motor kontrol mekanizmalarını olumlu yönde etkileyebileceği düşünülmektedir.

Kayropraktik manipölasyonun nörolojik etkileri; ağrının azaltılması, motor ve duysal işlevlerde meydana gelen değişiklikler, otonom sinir sisteminin düzenlenmesi ile spinal ve periferik sinir iletim mekanizmalarında gözlenen etkileri kapsamaktadır. Yapılan araştırmalar, eklemde dört farklı reseptör tipi bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu reseptörlerin spinal manipölatif tedavi (SMT) esnasında uyarıldığı ve bu uyarıların eklem kaynaklı ağrıyı etkileyebileceği öne sürülmektedir. Söz konusu reseptörler, üçü mekanoreseptör (Tip I, Tip II ve Tip III) ve biri nosiseptör (Tip IV) olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Mekanoreseptörler esas olarak eklem kapsülündeki gerilime yanıt verirken, Tip IV nosiseptörler yalnızca ağrılı uyarılarla aktif hale gelmektedir. Mekanoreseptörler eklem kapsülünün tamamında bulunmasına rağmen, nosiseptörler sinovyal dokuda yer alır; fakat eklem içi menisküslerde ve eklem kıkırdağında bulunmazlar (Pickar ve Bolton, 2012). Bu bilgiler ışığında, eklem hareketliliğini yeniden sağlamak amacıyla uygulanan spinal manipölatif terapinin, özellikle Tip I ve tip II mekanoreseptörleri uyarak sinirsel yanıt oluşturduğu söylenebilir. Bu sürecin, sadece ağrının giderilmesine değil, bahsedilen mekanoreseptör etkisiyle aynı zamanda bireyin motor performansı üzerinde de olumlu bir etki yaratabileceği bilinmektedir (Gatterman, 2005).

Ayrıca SMT'nin, merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerinden biri propriyoseptif afferent girdilerin modölasyonu ya da yeniden düzenlenmesiyle ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, lomber omurgaya uygulanan spinal manipölatif uygulamaların sonucunda oluşabilecek afferent sinyallerin olası niteliklerine dair varsayımsal bir çerçeve sunulmuştur. Spinal manipölatif uygulamaları ile aktive edilmesi muhtemel afferent

sinirlerin tanımlanması süreci, bu reseptörleri uyaran mekanik etkenlerin (örneğin uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve hızı gibi) özellikleri ile bu tür uyaranlara yanıt veren somatik mekanosensitif reseptörlerin bilinen fizyolojik yanıt özelliklerine ilişkin deneysel bulguların değerlendirilmesine dayanmaktadır. Elde edilen veriler ışığında, hem aksiyel (omurgaya ait) hem de apendiküler (ekstremitelere ait) somatosensoriyel sistemlerden elde edilen çalışmalar birleştirilerek, SMT uygulamaları sırasında ortaya çıkan afferent aktivitenin muhtemel bir profili oluşturduğu söylenebilir (Korr, 1975; Gillette, 1987).

Peterka and Loughlin (2004) tarafından yapılan çalışmalar, eklem stabilitesinin sürdürülmesinde ani uyaranlara verilen propriyoseptif yanıtların ekstrinsik stiffness ile fonksiyonel ilişki içinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, postüral dengenin nöromüsküler kontrol mekanizmaları açısından önemli dinamiklerini açıklamaktadır.

Perry *et al.* (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, deneyim yoluyla kazanılan kas sertliğinin eklem stabilizasyonundaki kritik rolüne dikkat çekilmiştir. Araştırmacılar öğrenilmiş motor cevapların görsel, işitsel ve somatosensoriyel girdilerin entegrasyonu sonucunda şekillendiğini ileri sürmüşlerdir. Ancak, bu adaptif mekanizmaların zamanla postüral kontrolün azalmasına yol açabileceği ve eklem pozisyon hissinde bozulmalara (giving-way fenomeni) neden olabileceği de unutulmamalıdır (Arnold and Docherty, 2004). Bu bulgular ışığında, propriyoseptif eğitim programlarının hem eklem stabilitesi artırıcı hem de maladaptif motor öğrenmeyi önleyici şekilde tasarlanmasının klinik açıdan önem taşıdığı söylenebilir.

Çalışmada, penaltı noktası (PN), ceza sahası çizgisi (CSC) ve ceza yayı (CY) olmak üzere üç farklı mesafeden gerçekleştirilen vuruşlar esnasındaki hız değerlerinde, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir ($p<0.001$; Çizelge 4.5) PN ve CSC değişkenleri bakımından, manuel terapi ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık elde edilirken ($p<0.001$) sham grubu ve kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ($p=0.212$; $p=0.262$). Ancak, sham grubu ve manuel terapi grubu arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.001$). CY değişkeni bakımından manuel terapi grubu ile kontrol grubu arasında ($p<0.001$), sham grubu ile kontrol grubu arasında ($p=0.038$) ve sham grubu ile manuel terapi grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir ($p=0.008$). Bu sonuçlara

göre kuvvet ve proprioepsiyon parametrelerine benzer sonuçlar ortaya çıktığı görülür. Manuel terapi uygulamalarında plasebo etkisine göre şut hızının çok daha fazla arttırdığı sonucu, literatürde farklı araştırmalarda da görülmektedir.

Deutschmann *et al.* (2025) tarafından futbolcularda üç farklı omurga manipülatif protokolünün şut hızı performansına anlık etkisine ilişkin rastgele olmayan deneysel bir fizibilite çalışmasında, manipülasyon uygulamalarının lomber ekstansiyon, sağ rotasyon ve sağ sacroiliac eklem fleksiyonu hareket aralığında önemli bir gelişmeye yol açtığını ve sham grubu ile kıyaslandığında manipülatif müdahale grubunda müdahale sonrası şut hızında önemli bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Rambrij (2017) tarafından yapılan bir çalışmada asemptomatik erkek golfçülerde omurga manipülatif tedavinin core kaslarını güçlendirmesine kıyasla club head velocity ve ball carry olarak adlandırılan hız ve top taşıma üzerinde etkileri araştırılmış ve SMT uygulamasının olumlu etkisi olduğu elde edilmiştir. Ayrıca yine bu araştırmada yapılan uygulamada, çalışmamıza benzer şekilde tek seanslık bir manuel tedavi planı içermesine rağmen hız parametresinde anlamlı düzeyde benzer artışlar olduğu görülmektedir.

Morelli (2020) tarafından erkek ve kadın amatör boksörlerde yapılan çalışmada, servikal omurganın kiropraktik manuel manipülasyon uygulamasının sol-sağ el yumruk hızlanmasına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, ilk grup tedavi olarak servikal omurganın kayropraktik manuel manipülasyonunu alırken, ikinci grup ise sadece kısa bir dinlenme almıştır. Her iki grubun performansı mikro-elektrik-mekanik-sistemler (MEMS) tabanlı bir ivmeölçer kullanılarak ölçülmüştür. Analiz sonuçlarına göre, grupların yumruk hız ve yumruk kuvveti arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı elde edilmiştir. Fakat servikal omurganın kayropraktik manuel manipülasyon uygulaması sonunda sol ve sağ el ortalama yumruk frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar olduğu elde edilmiştir.

Yapılan çalışma ile paralellik gösteren bu artışlarda kayropraktik manipülasyon etkileri geniş bir etki yelpazesine sahip olup, manuel terapinin temel etkileri çeşitli düzeylerde fizyolojik ve yapısal değişiklikler oluşturmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Mekanik olarak bu tür müdahaleler, eklem hizalanmasında iyileşmeler sağlamakta; disfonksiyonel hareket segmentlerinde düzenleme yapılmasına, omurga eğriliklerinin dinamiklerinde modifikasyonlara ve sinovyal kıvrımların sıkışmasının

giderilmesine katkıda bulunmaktadır. Kayropratik manipölasyonun yumuşak dokular üzerindeki etkileri, öncelikle disfonksiyonel omurga segmentlerinin yeniden işlevsel hale getirilmesi yoluyla çevredeki kasların tonusunda ve kas gücünde meydana gelen değişikliklerle kendini gösterir. Bununla birlikte, kapsüller ve bağ dokularında da belirgin bir mekanik etkileşim söz konusudur; bu durum bağ dokusu yapılarında olumlu adaptasyonlara yol açabilir (Gatterman, 2005). Bu olumlu adaptasyonların ortaya çıkan sonuçlara kanıt olarak değerlendirileceği düşünülmektedir.

Elde edilen bulgulara zıt olarak, Coston (2015) tarafından lumbo-sakral faset eklem disfonksiyonu olan hokey oyuncularında yapılan çalışmada, spinal manipölatif terapinin hokey topunun hızına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, lomber omurgaya ve sakroiliak ekleme (SIJ) uygulanan kayropratik spinal manipölasyonun disfonksiyon yaşayan hokey oyuncularında lomber omurga ve SIJ hareket aralığını artırdığını ve dolayısıyla herhangi bir ağrıyı azaltarak hokey oyuncuların hokey vuruşunda top hızını artırmasına imkan sağlayıp sağlamadığı açısından önemli örnek oluşturmaktadır. Çalışmada, ilk gruba manipölatif uygulamalar yapılırken, diğer gruba ise bir uygulama yapılmamıştır. Çalışmada elde edilen verilerin çoğu her iki grup için de istatistiksel olarak anlamlı değildir. Klinik bir bakış açısından, lomber omurga hareket aralığı üzerinde kesin bir etki vardır ve ne yazık ki top hızıyla ilgili olarak çok az etki gösterilmiştir. Çalışmanın tamamlanmasından sonra elde edilen nihai sonuçlar incelendiğinde lumbosakral veya sakroiliak eklemdaki disfonksiyonel bir eklemlere uygulanan kayropratik manipölasyonun erkek veya kadın hokey oyuncuların hokey topu hızı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada şut hızının artmasının biyomekanik ve nörofizyolojik destek mekanizmalarının uyarılmasıyla, kuvvet artışıyla, kuvvetin doğru aktarımının, postür iyileşmesinin ve omurganın hareket paterninin daha uygun açılarda sağlanabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca çalışmalar, kayropratik spinal manipölasyonun postüral düzenlemeler üzerinde olumlu etki yaratabileceğini ve postür iyileştirilmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, Reed *et al.* (2018) tarafından yapılan çalışmalar, yüksek hızlı düşük amplitüdlü (HVLA) omurga manipölasyonlarının hem biyomekanik hem de nörofizyolojik düzeyde önemli etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmacılar, bu tekniklerin intraartiküler yapışıklıklarda azalmaya yol açtığını, sıkışmış meniskoid yapıların serbestleşmesini sağladığını ve anulus fibrosus

distorsiyonunun düzelmesi yoluyla spinal mobilitede iyileşmeye katkıda bulunduğunu belirtmektedirler. Yapılan uygulama sonrası sporcularda meydana gelen bu mobilite iyileşmesi, topa uygulanan kuvvet kaynaklı hız artışını destekler nitelikte olduğu düşünüldüğü uygun hız koşulunu sağlamada sporculara avantaj sağladığı düşünülmektedir. Bu bulgular, Hillermann *et al.* (2006) mekanoreseptör aktivasyonu yoluyla kaslardaki inhibitör etkinin ortadan kalktığı yönündeki hipotezini de destekler niteliktedir. Çalışma sonuçları, manipülasyon uygulamalarında daha belirgin olmakla birlikte, sham (plasebo) uygulamalarında da istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Ancak araştırmacılar, bu etkilerin altında yatan nörofizyolojik ve biyomekanik mekanizmaların daha kapsamlı araştırmalarla aydınlatılması gerektiğinin altını çizmektedirler. İlaveten yine sporcularda oluştuğu düşünülen kas sertliği (stiffness), kasın ani uyaranlara verdiği refleksif yanıt olarak değerlendirilmekte olup, aktin ve miyozin filamentlerinin yoğunluğu gibi intrinsik faktörlere bağlıdır. Eklem sertliği ise kas, tendon, ligament ve eklem kapsülündeki gerilimden kaynaklanan ekstrinsik faktörlerle ilişkilidir. Her iki parametre, sensori-motor sistemin düzenlenmesinde kritik rol oynayıp bu performansı etkilemektedir (Ikezoe *et al.* 2012).

Kontrol grubu değişkenler arasındaki korelasyon analizlerine göre (Çizelge 4.6), ZG (W) ile PN ($r=0.687$, $p=0.005$) ve CSC değişkenleri ($r=0.583$, $p=0.023$) arasında, OG (W) ile PN değişkeni arasında ($r=0.600$, $p=0.018$) istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki olduğu elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında parametreler arasında bazı anaerobik güç verilerinin şut hızı ile ilişkisinin olduğu görülmektedir.

Sham grubu değişkenler arasındaki korelasyon analizlerine göre (Çizelge 4.8), ZG (W) ile PN ($r=0.660$, $p=0.007$), CSC ($r=0.521$, $p=0.047$) ve CY ($r=0.540$, $p=0.038$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzey ve pozitif bir ilişkinin olduğu elde edilmiştir. Ayrıca, ZG (W/kg) ile PN ($r=0.554$, $p=0.032$) ve CY ($r=0.539$, $p=0.038$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki varken, OG (W) ve PN ($r=0.603$, $p=0.017$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif ilişki olduğu elde edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, parametreler arasında sadece bazı anaerobik performans parametrelerinin şut hızları ile orta düzey bir ilişkisi olduğu görülmektedir.

Sonuçlar göz önüne alındığında, spinal ve alt ekstremitte manipülasyon teknikleri terapötik etkilerinin bilimsel olarak değerlendirilmesinde, sham manipülasyon kontrollü kullanılması metodolojik açıdan kritik önem taşıdığı söylenebilir. Bazı çalışmalar, sham uygulamalarının katılımcılarda aktif tedavi alındığına dair bir algı oluşturarak, plasebo etkisinin kontrol edilmesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır (Honoré 2020). Ancak güncel çalışmalar, sham manipülasyonun etki mekanizmalarının basit plasebo etkisinin ötesinde daha karmaşık bir yapı sergilediğini göstermektedir. Çalışmalarda, sham uygulamalarının vücudun fizyolojik yanıtları üzerinde: hasta beklentileri ve terapötik inançlar, klinik ortamın psikolojik etkileri, terapist-hasta etkileşim dinamikleri ve stres yanıt sistemlerindeki modülasyon gibi biyopsikososyal faktörlerin etkileşiminin yanı sıra; endojen opioid sistem aktivasyonu, desendans inhibitör yolların düzenlenmesi ve limbik sistem aktivitesindeki değişimler gibi nörofizyolojik mekanizmalar yoluyla terapötik ve değişken etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır (Moseley and Butler, 2015). Bu bağlamda, çalışmada sham manipülasyon grubunda gözlenen klinik iyileşme ve korelasyonların, yalnızca plasebo etkisiyle değil, bu çok boyutlu biyopsikososyal faktörlerin etkileşimiyle de ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir.

Şimdiki çalışmada, sham uygulama grubunun kullanılması son derece önem arz etmektedir. Spinal manipülasyon araştırmalarının metodolojik kalitesini değerlendiren çalışmalarda sham manipülasyon ile aktif tedavi ve uygulama grupları arasında farkların sistematik olarak incelenmediği araştırmaların bilimsel değerinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür çalışmaların, plasebo etkisini ve beklenti kaynaklı yanıtları kontrol edememesi nedeniyle sonuçlarının geçerliliğinin sorgulanabileceği belirtilmektedir. Randomize kontrollü çalışmaların kalite kriterleri göz önüne alındığında, sham kontrollü olmayan manipülasyon araştırmalarının: gerçek terapötik etki ile plasebo yanıtlarının ayırt edilememesi, katılımcı ve uygulayıcı körlemesinin sağlanamaması, çalışma tasarımı eksiklikleri, gruplar arası karşılaştırma imkanının kısıtlı olması ve sonuçların objektifliğinin tehlikeye girmesi gibi metodolojik eksiklikleri taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle, spinal manipülasyonun gerçek fizyolojik etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılacak araştırmalarda, bu çalışmada olduğu gibi iyi tasarlanmış sham kontrollerinin kullanılmasının çalışma kalitesini ve sonuçların güvenilirliğini artıracığı önerilmektedir (De Zoete *et al.* 2020).

Manuel terapi grubu değişkenler arasında korelasyon analizlerine göre (Çizelge 4.7), ZG ile PN ($r=0.764$, $p<0.001$) ve CSÇ ($r=0.748$, $p<0.001$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde ve pozitif bir ilişki; ZG ile CY ($r=0.639$, $p=0.010$) ve QK ($r=0.606$, $p=0.017$) değişkenleri arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif bir ilişki; ZG (W/kg) ile PN arasında istatistiksel olarak orta düzeyde ve pozitif ilişki ($r=.686$, $p=0.005$); ZG (W/kg) ile CY arasında pozitif düzey yüksek bir ilişki ($r=0.703$, $p=0.003$); OG ile PN ($r=0.544$, $p=0.036$) ve QK ($r=0.564$, $p=0.029$) arasında istatistiksel olarak orta düzey ve pozitif bir ilişki ve Yİ ile PN ($r=0.609$, $p=0.016$) ve CY ($r=0.542$, $p=0.037$) değişkenleri arasında ise orta düzeyde ve pozitif ilişki olduğu elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, birçok performans parametresi arasında anlamlı ilişki olduğu elde edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, parametrelerin arasında destekleyici bir ilişkinin olması, spinal manipülasyon uygulamalarının etkilerinin ortaya çıkarılmasında önemli bir kanıt olarak gösterilebilir.

Şimdiki çalışmada, manipülasyon uygulamasını takiben anaerobik performans parametrelerinde gözlenen değişimler ile şut hızı ve kas kuvveti ölçümlerindeki artışlar arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu bulgular, kayropraktik servikal manipülasyonunun kuvvet üretimi ve şut hızında önemli iyileşme sağlayacağı ile ilgili hipotezimizi destekler niteliktedir. Elde edilen veriler, amaca göre hedef bölgelere uygulanan HVLA manipülasyon tekniklerinin, nöromüsküler sistemde olumlu etkileriyle atletik performans parametrelerini geliştirebileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, özellikle üst ekstremiteye yönelik patlayıcı kuvvet gerektiren branşlarda uygulanacak rehabilitasyon ve performans artırıcı protokoller için oldukça önemli klinik çıkarımlar sunmaktadır.

Bu çalışma, bulguların genelleştirilebilirliği ve yorumlanmasını etkileyebilecek bazı sınırlılıklara sahiptir. Bunlardan ilki, şimdiki çalışma elit olmayan katılımcılarda yapılmıştır ve bu da sonuçların elit sporculara uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Elit sporcular daha yüksek temel uygunluk ve adaptif kapasiteleri nedeniyle manuel terapi sonrasında daha farklı performans yanıtları verebilir. Çalışmadaki bir diğer sınırlılık, bu çalışmada manuel terapinin akut etkilerine odaklanılmıştır ve her uygulama 20 dakika sürmüştür. Bu durum anaerobik performans metriklerinde ölçülebilir değişiklik üretmek için yetersiz olabilir. Uzun süreli ve tekrarlı uygulama dönemlerine sahip çalışmalar, müdahaleden kaynaklanan potansiyel kronik adaptasyonlara ilişkin öngörüler sunabilir.

Çalışmada, anaerobik performansı yansıtan sınırlı ölçüm parametresi değerlendirildi. Kas oksijenasyonu, kan laktat seviyeleri ve iyileşme biyobelirteçleri gibi ek fizyolojik belirteçler ise manuel terapi tekniklerinin anaerobik performans üzerindeki etkisine dair daha kapsamlı bir araştırma yapılabilir. Uygulama protokolleri standardize edilmesine rağmen, özellikle kuvvet, şut hızları ve propriosepsiyon gibi performans yanıtlarının bireysel farklılıklardan dolayı sonuçları etkilemiş olabilir. Bu da protokollerin bireysel tolerans dikkate alınarak özelleştirilmesinin daha doğru değerlendirme sağlayabileceğini düşündürmektedir. Sham uygulamasından sonra algılanan etkiler, nötr geri bildirimlerin sağlanmasına rağmen katılımcıların beklentileri önceki deneyimlerinden etkilenebilir. Çift kör veya plasebo kontrollü bir tasarım, katılımcı beklentilerinden kaynaklanan olası önyargıları azaltmaya yardımcı olabilir. Ek olarak, ısınma rutinleri ve test süresi gibi dış faktörleri kontrol etmek için çaba sarf edilirken, katılımcıların uykuları, sıvı alımları ve beslenmeleri gibi değişkenler de performansı etkilemiş olabilir. Daha sonra yapılacak araştırmalarda bu faktörlerin daha sıkı bir şekilde kontrol edilmesi gerekir. Çalışmadaki son sınırlılık, bu çalışmada yarı deneysel bir çapraz tasarım kullanılmasıdır. Bu tasarım, her katılımcının kendi kontrolü olarak kullanılmasını sağlayarak, müdahaleler sırasında rastgeleleştirmeden yoksundur ve bu durum olası sıra etkilerine neden olabilmektedir. Bu etkileri en aza indirmek için birer haftalık bir dinlenme süresi verilmesine rağmen, sonraki çalışmalarda, herhangi bir kalıcı etkiyi daha fazla kontrol etmek için tamamen rastgele çapraz geçişli bir tasarım kullanılması düşünülebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, futbolcularda spinal ve alt ekstremitte manipülasyon tekniklerinin bazı performans parametreleri üzerindeki akut etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, ortalama güç değerlerinde hem sham hem de manuel terapi gruplarında artış gözlemlendiğini ortaya koyarken, zirve güç ve yorgunluk indeksi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir. Kuvvet parametrelerinde, manuel terapi uygulanan grubun her iki gruba kıyasla daha yüksek artış sergilediği belirlenmiş, sham grubunda ise kontrol grubuna kıyasla daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Ayrıca, her iki alt ekstremitte eklemine ilişkin propriosepsiyon duyusunun kontrolünde manuel terapi grubunun anlamlı düzeyde üstünlük sağladığı; sham grubunun ise kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar verdiği elde edilmiştir.

Bu sonuçlar, mevcut literatürdeki spinal manipülasyonların akut etkilerine dair bulgularla tutarlı bir biçimde, özellikle kuvvet ve propriosepsiyon üzerinde kayda değer olumlu etkiler gözlemlendiğini göstermektedir. Manuel terapi uygulamalarının plasebo etkisinin ötesine geçen bir performans katkısı sağladığı, şut hızı parametresinde ortaya çıkan anlamlı artışla desteklenmiştir. Ayrıca yapılan korelasyon analizlerinde, anaerobik güç, kas kuvveti, propriosepsiyon ve şut hızı değişkenleri arasında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Özellikle manuel terapi grubunda bu korelasyonların daha belirgin olması, uygulamanın performans parametreleri arasındaki bütüncül etkileşimi desteklediğini göstermektedir. Bu bulgular, çalışmada öne sürülen "kayropraktik manipülasyonun kısa vadede atletik performansı artırabileceği" hipotezini doğrulamakta; yüksek hızlı düşük amplitüdlü manipülasyon tekniklerinin nöromüsküler sistemdeki etkileri sayesinde kuvvet, denge ve şut hızı gibi unsurların geliştirilmesinde etkili bir yöntem olabileceğini düşündürmektedir. Elde edilen sonuçlar, başta futbol olmak üzere diğer spor dallarında, manipülasyon temelli uygulamaların rehabilitasyon ve performans geliştirme programlarına entegrasyonu açısından önemli klinik ve sportif çıkarımlar sunmaktadır.

5.2. Öneriler

1. Çalışma güvenirliğini artırmak amacıyla, daha geniş örneklem gruplarıyla, farklı şehir ve bölgelerde benzer ölçümler gerçekleştirilerek, yaş ve cinsiyet gruplarına özgü referans değerlerin oluşturulması önerilmektedir.
2. Test sonuçlarının daha anlamlı yorumlanabilmesi için elde edilen performans verilerinin farklı parametrelerde de tekrar edilmesi önerilmektedir.
3. Katılımcıların spor geçmişleri dikkate alınarak, yakın spor yaşlarına sahip veya elit kategorideki mücadele eden sporcularla çalışma yapılarak farklılık değerlendirilebilir.
4. Motor performans parametrelerinin hassasiyetini artırabilmek amacıyla farklı ölçüm ekipmanları ve yöntemlerinden faydalanılabilir.
5. Çalışma kapsamı genişletilerek farklı yaş gruplarını içerecek şekilde yeniden tasarlanması, elde edilecek bulguların genellenebilirliğini artıracaktır.
6. Çalışmada manuel terapi tekniklerinin farklı zamanlardaki etkisine kademeli olarak bakılabilir.
7. Çalışma modelinde akut etkilerden farklı olarak kronik etkilere de bakılması önerilmektedir.
8. Modern rehabilitasyon yaklaşımları geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını aşarak daha etkili tedavi sunmaktadır. Özellikle sporcu rehabilitasyonunda, performans odaklı ve modern rehabilitasyon bakış açılarını da içeren bireyselleştirilmiş programların uygulanması büyük önem taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda, yapay zeka destekli rehabilitasyon sistemleri, genetik temelli kişiselleştirilmiş tedaviler ve manuel tedavi yöntemleri üzerine yoğunlaşılabilir.

KAYNAKÇA

- Ahmetov, I. I., Mozhayskaya, I. A., Flavell, D. M., Astratenkova, I. V., Komkova, A. I., Lyubaeva, E. V., ... Popov, D. V. (2006). *PPARα gene variation and physical performance in Russian athletes*. European Journal Of Applied Physiology 97(1), 103-108.
- Akkaş, M. B., Belviranlı, M., & Okudan, N. (2021). *The effect of osteopathic manipulative treatment on anaerobic performance and lactate clearance in male athletes: a double-blind, randomized, sham-controlled, crossover study*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 62(4), 500-507.
- Alvarenga, BA., Fujikawa, R., João, F., Lara, JP., Veloso, AP., (2018). *The effects of a single session of lumbar spinal manipulative therapy in terms of physical performance test symmetry in asymptomatic athletes: a single-blinded, randomised controlled study*. BMJ Open Sport Exerc Med, 4(1):e000389.
- Andersen, JL., (2006). *Planning of strength training in soccer players: considerations and important aspects*. 5th International Conference on Strength Training 18-21 October, Odense.
- Armstrong, N., Welsman, JR., (2007). *Exercise metabolism*. In Armstrong N. (Editor). Pediatric exercise physiology (pp. 71-98), China: Churchill Livingstone Elsevier.
- Arnold, B.L., Docherty C.L., (2004). *Bracing and rehabilitation: What's new*. Clin. Sports Med.23, pp.83-95.
- Aronson, J. K., & Meyler, L. (2016). *Meyler's side effects of drugs: the international encyclopedia of adverse drug reactions and interactions*. Sixteenth edition, Amsterdam, Netherlands, Elsevier, ss.560-578.
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). *Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload*. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 13(4), 244-250.

- Assendelft, W. J., Bouter, L. M., & Knipschild, P. G. (1996). ***Complications of spinal manipulation-A comprehensive review of the literature***. Journal of Family Practice, 42(5), 475-480.
- Aydın, M., Can, İ., & Bayrakdaroğlu, S., (2023). ***Futbolcularda Kas Kuvveti ve Anaerobik Gücün Şut Hızına Etkisi***. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 12(4), 1979-1986.
- Babbie, E. R., (2020). ***The practice of social research***. Cengage Au. Sydney, Australia, 540.
- Baker, D., Newton, R.U.,(2005). ***Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training***. The Journal of Strength & Conditioning Research, 19:202–5.
- Bangsbo, J., (1994). ***The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise***. Acta physiologica scandinavica, Supplementum, 619, 1-155.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). ***The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports***. Sports medicine, 38, 37-51.
- Bar-Or, O., (1987). ***The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity***. Sports medicine, 4, 381-394.
- Bartlett, M., ve Warren, P., (2002). ***Effect Of Warming Up On Knee Proprioception Before Sporting Activity***. Br J Sports Med, 132(14).
- Behm, D. G., (1995). ***Neuromuscular implications and applications of resistance training***. The Journal of Strength & Conditioning Research, 9(4), 264-274.
- Bergmann, T.F., and Peterson, D.H., (2011). ***Chiropractic technique, principles and procedures***. 3. Edition, St. Louis, Missouri: Mosby.
- Beynnon, B. D., Renström, P. A., Konradsen, L., Elmqvist, L. G., Gottlieb, D., & Dirks, M. (2000). ***Validation of techniques to measure knee proprioception***. S. M.

- Lephart, & F. H. Fu içinde, ***Proprioception and neuromuscular control in joint stability***. (s. 127-39). Illinois: Human Kinetics.
- Bialosky, J. E., Bishop, M. D., Price, D. D., Robinson, M. E., & George, S. Z. (2009). ***The mechanisms of manual therapy in the treatment of musculoskeletal pain: a comprehensive model***. *Manual therapy*, 14(5), 531-538.
- Bialosky JE, Beneciuk JM, Bishop MD, Coronado RA, Penza CW, Simon CB et al., (2018). ***Unraveling the mechanisms of manual therapy: modeling an approach***. *J Orthop Sports Phys Ther*. 48(1):8- 18.
- Birch, K., George, K., McLaren, D. (2004). ***BIOS Instant Notes in Sportand Exercise Physiology***. Taylor & Francis, UK.231.
- Bizzini, M., Impellizzeri, F. M., Dvorak, J., Bortolan, L., Schena, F., Modena, R., & Junge, A. (2013). ***Physiological and performance responses to the “FIFA 11+”(part 1): is it an appropriate warm-up?***. *Journal of sports sciences*, 31(13), 1481-1490.
- Boerboom, A. L., Huizinga, M. R., Kaan, W. A., Stewart, R. E., Hof, A. L., Bulstra, S. K., & Diercks, R. L. (2008). ***Validation of a method to measure the proprioception of the knee***. *Gait Posture*, Nov;28(4):610-4, Epub 2008 Jun 2.
- Bompa, T.O., Half, G., (2009). *Periodization Theory and Methodology of Training*, 5 th edition, Iowa: Kendall/Hunt.
- Bompa, T. O., (2011). ***“Dönemleme”Antrenman kuramı ve yöntemi*** (4.baskı).İlknur Keskin, Burcu Tüner, Hatice Küçükğöz, Tanju Bağırhan (Çev.). Ankara: Spor Yayınevi ve Kitapevi.
- Boron, WF., Boulpaep, EL., (2019). ***Medical Physiology. Medikal fizyoloji***. 1th ed. Çeviren: Baştuğ M, Uzun M, Edremitlioğlu, Eroğlu H, Medipres, Malatya, Pages: Sayfa: 353-389.
- Botelho, MB., Alvarenga, BA., Molina, N., Ribas, M., Baptista, AF., (2017). ***Spinal manipulative therapy and sports performance enhancement: a systematic review***. *J Manipulative Physiol Ther*, 40(7):535-43.

- Botelho, M. B., Barbosa, M. A., Junior, C. S., Lara, J. P., Moreira, A., & Baptista, A. F. (2022). *Immediate Effects of Spinal Manipulative Therapy on the Performance of Elite Brazilian Soccer Players: A Pilot Randomized Controlled Trial With an Internally Validated Sham Treatment*. Journal of Chiropractic Medicine, 21(4), 270-279.
- Bouchard, C. T. A. W., Taylor, A. W., Simoneau, J. A., Dulac, S. (1991). *Testing Anaerobic Power And Capacity. Physiological Testing Of The High Performance Athlete, 2. Brazilian Soccer Players: A Pilot Randomized Controlled Trial With an Internally Validated Sham Treatment*. Journal of Chiropractic Medicine, 21(4), 270-279.
- Brown, S. P., Miller, W. C., Eason, J. M. (2006). *Exercise physiology: Basis Of Human movement In Health and disease*. Lippincott Williams & Wilkins. USA, 578.
- Bunton, E.E., Pitney, W.A., Cappaert, T.A., Kane, A.W., (1993). *The role of limb torque, muscle action and proprioception during closed kinetic chain rehabilitation of the lower extremity*. Journal of Athletic Training 28(1): 10.
- Büyükkırlı, İ. C., Hatık, S. H., & Aydın, E. B. (2024). *A Comparison of the Instantaneous Effects of Spinal Manipulation and Mobilization Techniques Applied to L3 Level on Jumping, Agility, and Sprint Speed in Male Volleyball Players*. International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research, 5(2), 88-100.
- Can, İ. (2020). *Fonksiyonel Kuvvet*. Tekin, A., Topsakal, N. (Editörler), Fonksiyonel antrenman (ss. 21-82), İstanbul: Efe Akademi.
- Can, İ., (2023). *Bilimsel Yaklaşım ve Farklı Yönleriyle Anaerobik Performans*. Nobel Bilimsel.
- Can, İ., Yerlikaya, G., Bayrakdaroglu, S., Ceylan, H. İ., Subak, G. E., Bayrakdaroglu, Y., ... & Nikolaidis, P. T. (2025). *The acute effect of neuromuscular electrical stimulation on optimum power performance in healthy individuals*. Journal of Men's Health, 21(4), 1-10.

- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., Reilly, T. (2008). ***The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data.*** Sports Medicine, 338: 839–862.
- Cheuvront, SN., Moffatt, RJ., DeRuisseau, KC., (2002). ***Body composition and gender differences in performance.*** In Driskell, JA., Wolinsky, I. (Editors), Nutritional assessment of athletes (pp. 177-202) United State: CRC Press.
- Chia M., (2000). ***Assessing young people's exercise using anaerobic performance tests.*** European Journal of Physical Education. 5: 231–58.
- Christiansen, TL., Niazi, IK., Holt, K., Nedergaard, RW., Duehr, J., Allen, K., et al., (2018). ***The effects of a single session of spinal manipulation on strength and cortical drive in athletes.*** Eur J Appl Physiol. 118(4):737-49.
- Cohen, F. L., (2016). ***Cerebral Hemorrhage Following Chiropractic Activator Treatment Case Report and Review of Literature.*** Journal of Neurological Surgery Reports. 77 (4), pp. 162-167.
- Cormie, P., McCaulley, GO., Triplett, NT., McBride, JM., (2007). ***Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises.*** Medicine Sciences and Sports Exercise, 39(2): 340-349.
- Corso, M., Mior, S. A., Batley, S., Tuff, T., da Silva-Oolup, S., Howitt, S., & Srbely, J. (2019). ***The effects of spinal manipulation on performance-related outcomes in healthy asymptomatic adult population: a systematic review of best evidence.*** Chiropractic & manual therapies, 27, 1-18.
- Coston, B., (2015). ***The effect of spinal manipulative therapy on hockey players with lumbo-sacral facet joint dysfunction on the speed of a hockey ball.*** University of Johannesburg (South Africa).
- Creswell, J. W.; Creswell, J. D., (2017). ***Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.*** SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, USA, 303.

- Croisier, JL, Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, JM (2008). ***Profesyonel futbolcularda güç dengesizlikleri ve hamstring yaralanmalarının önlenmesi: prospektif bir çalışma.*** Amerikan spor hekimliği dergisi , 36 (8), 1469-1475.
- Cronin, J., and Sleivert, G., (2005). ***Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance.*** Sports medicine, 35, 213-234.
- Crow, WT., (2000). ***The Osteopathic Principles and Practices Review Book for Levels One, Two and Three, Complex-USA Exam.*** Indianapolis, American Academy of Osteopathy, p. 14-27.
- Çetinkaya, B., (2019). ***Servikal spinal manipölasyonun eklem hareket açıklığı ve eklem pozisyon hissi üzerine ani etkisinin değerlendirilmesi*** (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Coulter, I. D., Crawford, C., Hurwitz, E. L., Vernon, H., Khorsan, R., Booth, M. S., & Herman, P. M., (2018). ***Manipulation and mobilization for treating chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis.*** The Spine Journal, 18(5), 866-879.
- De Mars, G., Thomis, M. A., Windelinckx, A., Van Leemputte, M., Maes, H. H., Blimkie, C. J., ... & Beunen, G. (2007). ***Covariance of isometric and dynamic arm contractions: multivariate genetic analysis.*** Twin Research and Human Genetics, 10(1), 180-190.
- De Zoete, A., et al., (2020). ***Moderators of the Effect of Spinal Manipulative Therapy on Pain Relief and Function in Patients with Chronic Low Back Pain.*** Spine, 46(8), pp. ss.505-517.
- Delhay, BP., Long, KH., Bensmaia, SJ., (2018). ***Neural Basis of Touch and Proprioception in Primate Cortex. Compr Physiol.*** 8(4): 1575-602.
- Denslow, JS., Korr, IM., Krems, AD., (1947). ***Quantitative studies of chronic facilitation in human motoneuron pools.*** Am J Physiol. 150: 229-38.

- Deutschmann, K. C., Jones, A. D., & Korporaal, C. M. (2015). ***A non-randomised experimental feasibility study into the immediate effect of three different spinal manipulative protocols on kicking speed performance in soccer players.*** Chiropractic & manual therapies, 23, 1-10.
- Dıraçoğlu, D., Aydın, R. ve Başkent, A., (2005). ***Sağlıklı Kişilerde ve Diz Osteoartritli Hastalarda Proprioepsiyon Duyusunun Karşılaştırılması.*** Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 51(3), 90-3.
- Di Fabio, RP., (1992). ***Efficacy of manual therapy.*** Phys Ther. 72(12):853-64.
- Díez-Fernández, D. M., Rodríguez-Rosell, D., Gazzo, F., Giráldez, J., Villaseca-Vicuña, R., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2022). ***Can the Supido radar be used for measuring ball speed during soccer kicking? a reliability and concurrent validity study of a new low-cost device.*** Sensors, 22(18), 7046.
- Dishman, JD., Ball, KA., Burke, J., (2002). ***Central motor excitability changes after spinal manipulation, a transcranial magnetic stimulation study.*** J Manipulative Physiol Ther. 25:1–9.
- Docherty, D., Robbins, D., & Hodgson, M. (2004). ***Complex Training Revisited: A Review of its Current Status as a Viable Training Approach.*** Strength & Conditioning Journal, 26(6), 52-57.
- Dowson, M. N., Nevill, M. E., Lakomy, H. K. A., Nevill, A. M., & Hazeldine, R. J. (1998). ***Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance.*** Journal of Sports Sciences, 16(3), 257-265.
- Duke, M., Brotzman, S.B., (2011). ***Perturbation training for posterolateral ACL reconstruction and patients who were nonoperatively treated and ACL deficient.*** Clinical orthopedic rehabilitation: An evidenced based approach. Third ed. Elsevier Saunders, Philadelphia.
- DuPont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisløff, U. (2010). ***Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate.*** The American journal of sports medicine, 38(9), 1752-1758.

- Durán-Custodio, R., Yanci, J., Raya-González, J., Beato, M., & Castillo, D. (2025). ***High-Load Strength Training Reduces Injury Incidence and Injury Burden and Improves Physical Fitness in Young Highly Trained Soccer Players.*** Sports Health.
- Dündar, U., (2015). ***Antrenman teorisi.*** Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 16-81.
- Ernst, E., (2007). ***Adverse effects of spinal manipulation: a systematic review.*** Journal of the royal society of medicine, 100(7), 330-338.
- Espí-López, G. V., López-Martínez, S., Inglés, M., Serra-Añó, P., & Aguilar-Rodríguez, M., (2018). ***Effect of manual therapy versus proprioceptive neuromuscular facilitation in dynamic balance, mobility and flexibility in field hockey players. A randomized controlled trial.*** Physical Therapy in Sport, 32, 173-179.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). ***G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences.*** Behavior research methods, 39(2), 175-191.
- Fleck, JS., Kraemer, JW., (2004). ***Designing resistance training programs.*** United States: Champaign IL, Human Kinetics.
- Fox., Bowers., Foss., (2012). ***Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri,*** Çev: Cerit M, Spor Yayınevi, Ankara, s. 126.
- Gatterman, M. I., (2005). ***Foundations of chiropractic: subluxation.*** Elsevier Health Sciences.
- Gay, C. W., Robinson, M. E., George, S. Z., Perlstein, W. M., & Bishop, M. D. (2014). ***Immediate changes after manual therapy in resting-state functional connectivity as measured by functional magnetic resonance imaging in participants with induced low back pain.*** Journal of manipulative and physiological therapeutics, 37(9), 614-627.
- Gentil-Bécoz, J., Royal, S., Locatelli, M., Perez, GM., (2015). ***The immediate effects of two muscle energy techniques on quadriceps muscle during vertical jumps: A pilot study.*** J Bodywork & Movement Therapies, 19, 672-673.

- Giggins, O. M., Persson, U. M., & Caulfield, B. (2013). ***Biofeedback in rehabilitation***. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 10, 1-11.
- Ginevičienė, V., Pranckevičienė, E., Milašius, K., Kučinskas, V. (2011). ***Gene Variants Related To The Power Performance Of The Lithuanian Athletes***. Open Life Sciences, 6(1), 48-57.
- Girard, O., Bishop, D. J., & Racinais, S. (2013). ***Hot conditions improve power output during repeated cycling sprints without modifying neuromuscular fatigue characteristics***. European journal of applied physiology, 113, 359-369.
- Gökulu, G., (2008). ***Futbol haberlerinin sunumunda şiddet, fanatizm ve milliyetçilik. Toplum ve Demokrasi***, 2(3): 147–164.
- Gyer, G., Michael, J., Inklebarger, J., & Tedla, J. S. (2019). ***Spinal manipulation therapy: Is it all about the brain? A current review of the neurophysiological effects of manipulation***. Journal of integrative medicine, 17(5), 328–337.
- Haavik, H., Niazi, I.K., Jochumsen, M., Sherwin, D., Flavel, S., Türker, K.S., (2017). ***Impact of Spinal Manipulation on Cortical Drive to Upper and Lower Limb Muscles***, Brain Sci. 7(1), 2.
- Haeberle, H., Lumpkin, E.A., (2008). ***Merkel Cells in Somatosensation***. Chemosens Percept, 1(2): 110-18.
- Haff, G. G., Whitley, A., Potteiger, J. A. (2001). ***A brief review: Explosive exercises and sports performance***. Strength & Conditioning Journal, 23(3), 13.
- Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). ***Training principles for power***. Strength & Conditioning Journal, 34(6), 2-12.
- Hakkinen, K., Alen, M., Komi, P.V., (1985). ***Changes in isometric force and relaxation - time, electro-myographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining***. Acta Physiologica Scandinavica, 125(4): 573-85.
- Halata, Z., & Haus, J. (1989). ***The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament***. Anat Embryol (Berlin), 179:415-21.

- Hall, J., Bacon, C., Bourgeois, F., Hall, N., (2016). ***The acute effects of standardised osteopathic manual therapy protocol on the vertical jump and reach performance in healthy basketball players: A crossover design.*** Master of Osteopathic thesis, Unitec Institute of Technology.
- Hall, L. A., and McCloskey, D. I. (1983). ***Detections of movements imposed on finger, elbow and shoulder joints.*** The journal of physiology, 335(1), 519-533.
- Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J., & Liu, Y. (2016). ***Assessing proprioception: a critical review of methods.*** Journal of sport and health science, 5(1), 80-90.
- Harman, E., (2008). ***Biomechanics of resistance exercise.*** In Beachle TR, Earle WR. (Editors): Essentials of strength training and conditioning. 3rd Ed. United States: Human Kinetics, p. 65-91.
- Hay, W.W., Levin, M.J., Deterding, R.R., Abzug, M.J., and Sondheimer, J.M. (2011). ***Sports Medicine (Chapter 27).*** Diagnosis and Treatment. United States of America. 393–397.
- Hegedus, E. J., Goode, A., Butler, R. J., & Slaven, E. (2011). ***The neurophysiological effects of a single session of spinal joint mobilization: does the effect last?*** Journal of Manual & Manipulative Therapy, 19(3), 143-151.
- Helgerud, J., (2001). ***Aerobic endurance training improves soccer perform.***
- Heller, J., Bunc, V., Buzek, M., Novotny, J., Psotta, R. (1995). ***Anaerobic power and capacity in young and adult football (soccer) players.*** Acta Universitatis Carolinae. Kinesiology, 31(1), 73-83.
- Henry, FM., Smith, LE., (1961). ***Simultaneous, separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neural specificity,*** The Research Quarterly. 31(1): 42-46.
- Herzog, W., (2000): ***The mechanical, neuromuscular and physiologic effects produced by the spinal manipulation.*** In: Herzog W, editor. Clinical biomechanics of spinal manipulation. New York, Churchill Livingstone, 191–207.

- Hillermann, B., Gomes, A.N., Korporaal, C., Jackson, D., (2006). ***A pilot study comparing the effects of spinal manipulative therapy with those of extra-spinal manipulative therapy on quadriceps muscle strength.*** Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 29, pp.145–149.
- Hillier, S., Immink, M. Thewlis, D., (2015). ***Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities.*** Neurorehabil Neural Repair, 29(10), 933-949.
- Hoeksma, H. L., Dekker, J., Runday, H. K., Heering, A., Van Der Lubbe, N., Vel, C., ... & Van Den Ende, C. H. (2004). ***Comparison of manual therapy and exercise therapy in osteoarthritis of the hip: a randomized clinical trial.*** Arthritis Care & Research: Official Journal of the American College of Rheumatology, 51(5), 722-729.
- Hoffman, J., (2002). ***Physiological aspects of sport training and performance.*** United States: Human Kinetics.
- Honoré, M. H., (2020). ***L'effet hypoalgésique de la manipulation vertébrale*** (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay).
- Horak, F. B. (2006). ***Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?.*** Age and ageing, 35(suppl_2), ii7-ii11.
- Huijbregts, P. A., (2006). ***Manual therapy in children: role of the evidence-based clinician.*** Journal of Manual & Manipulative Therapy, 14(1), 7-9.
- Humphries, K. M., Ward, J., Coats, J., Nobert, J., Amonette, W., Dyess, S. (2013). ***Immediate effects of lower cervical spine manipulation on handgrip strength and free-throw accuracy of asymptomatic basketball players: a pilot study.*** Journal of chiropractic medicine, 12(3), 153-159.
- Hurley, BF., (1995). ***Age, gender, and muscular strength.*** Journal of Gerontology: Biological Sciences, Medical Sciences. 50(Special Issue): 41-4.
- Hurley, BF, and Roth, SM., (2000). ***Yaşlılarda kuvvet antrenmanı: yaşa bağlı hastalıklar için risk faktörleri üzerindeki etkileri.*** Spor hekimliği , 30 , 249-268.

- Iheanacho, F., Vellipuram, AR., (2023). ***Physiology, Mechanoreceptors. StatPearls. Treasure Island (FL) ineligible companies.*** Disclosure: Anantha Ramana Vellipuram declares no relevant financial relationships with ineligible Companies, StatPearls Publishing LLC.
- Ikezoe, T., Akasawa, Y., Fukumoto, Y., Tsukagoshi, R., Ichihashi, N., (2012). ***Associations of muscle stiffness and thickness with muscle strength and muscle power in elderly woman.*** Geriatr, Gerantol, Int. 12,pp.86-92.
- İnal, An., (2013). ***Futbolda eğitim ve öğretim.*** Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Inbar, O., (1996).***The wingate anaerobic test. Human Kinetics.***
- Jha, P., Ahmad, I., Khurana, S., Kamran, A., Verma, S., ve Kumar, T. (2017). ***Proprioception: an evidence based narrative review.*** Res. Inves. Sport Med, 1, 1-5.
- Jerosch, J., and Prymka, M., (1996). ***Proprioception And Joint Stability.*** Knee Surg Sport Traumatol Artrosc, 4 (3), 171-9.
- Jordet, G., and Elferink-Gemser, M. T. (2012). ***Stress, coping, and emotions on the world stage: The experience of participating in a major soccer tournament penalty shootout.*** Journal of applied sport psychology, 24(1), 73-91.
- Joseph, L. H., Hancharoenkul, B., Silitertpisan, P., Pirunsan, U., & Paungmali, A. (2018). ***Effects of massage as a combination therapy with lumbopelvic stability exercises as compared to standard massage therapy in low back pain: a randomized cross-over study.*** International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork, 11(4), 16.
- Kase, K. (2003). ***Clinical therapeutic applications of the Kinesio (! R) taping method.*** Albuquerque.
- Kerr, D., (1955). ***Proprioceptive Reflexes.*** Australian Journal of Physiotherapy, 159-163.

- Kawakami, Y., Abe, T., Kuno, S., Fukunaga, T., (1995). ***Training-induced changes in muscle architecture and specific tension.*** European Journal of Applied Physiology, 72(1-2): 37-43.
- Kenney, WL., Wilmore, JH., Costill, DL., ***Physiology of sport and exercise.*** Human kinetics, 2022.
- Kılıcı, A., (2017). Futbolda Şut Simulasyon Antrenmanlarının Genç ***Futbolcularda Şut Atma Performansına Etkisi.*** Adana, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Kiefer, G., Forwell, L., Kramer, J. and Birmingham, T., (1998). ***Comparison Of Sitting And Standing Protocols For Testing Knee Proprioception.*** Physiother Can, 50, 30-34.
- Kirkaldy-Willis, W. H. and Cassidy, J. D., (1985). ***Spinal manipulation in the treatment of low back pain.*** Can Fam Physician, Cilt 31, p. 536.
- Knudson, D., (2007). ***Fundamentals of biomechanics.*** 2nd Ed. New York: Kluwer Academic, Plenum Publishers.
- Korr, IM., (1975). ***Proprioceptors and somatic dysfunction.*** J Am Osteopath Assoc, 74:638–50,
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Ratamess, N., & French, D. (1995). ***Strength testing: Development and evaluation of methodology.*** Physiological assessment of human fitness 1995. P. Maud & C. Foster (Champaign, IL: Human Kinetics.), 115-138.
- Kraemer, JW., Vinger, LJ., (2007). ***Strength training.*** United States: Human Kinetics.
- Kraemer, W., J., Fleck, S. J., Deschenes, M. R., (2011). ***Exercise Physiology: Integrating Theory And Application.*** Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, 488.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). ***Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance.*** Medicine and science in sports and exercise, 38(6), 1165-1174.

- Kumar, S., (2004). ***Muscle strength. CRC Press.***
- Lago-Peñas, C., Rey, E., and Lago-Ballesteros, J. (2012). ***The influence of effective playing time on physical demands of elite soccer players.*** Open Sport Sciences Journal, 5(1), 188-192.
- Leetun, D. T., Ireland, M. L., Willson, J. D., Ballantyne, B. T., & Davis, I. M. (2004). ***Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes.*** Medicine & Science in Sports & Exercise, 36(6), 926-934.
- Lephart, S. M., (1994). ***Reestablishing proprioception, kinesthesia, joint position sense, and neuromuscular control in rehabilitation.*** W. E. Prentice içinde, Rehabilitation Techniques in Sports Medicine, St Louis: CV Mosby. 118-125).
- Lephart, S., Pincivero, D., Giraldo, J. ve Fu, F., (1997). ***The Role of Proprioception and Management and Rehabilitation of Athletic Injuries.*** The American Journal of Sports Medicine, 25(1).
- Lephart, SM., Pincivero, DM., Rozzi, SL., (1998). ***Proprioception of the ankle and knee.*** Sports Medicine 25, 149-155.
- Liutsko, L. N., (2013). ***Proprioception As A Basis For Individual Differences.*** Psychology in Russia: State of the Art, 6(3), 107-119.
- Lo, C. N., Ng, J., Au, C. K., & Lim, E. C. W. (2019). ***The effectiveness of spinal manipulation in increasing muscle strength in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis.*** Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 42(2), 148-158.
- Lokhande, M. V., Shetye, J., Mehta, A., & Deo, M. V. (2013). ***Assessment of knee joint proprioception in weight bearing and in non-weight bearing positions in normal subjects.*** JKIMSU, 2(2), 94-101.
- López-Rodríguez, S., de-Las-Peñas, C. F., Alburquerque-Sendín, F., Rodríguez-Blanco, C., & Palomeque-del-Cerro, L. (2007). ***Immediate effects of manipulation of the talocrural joint on stabilometry and baropodometry in patients with ankle sprain.*** Journal of manipulative and physiological therapeutics, 30(3), 186-192.

- Loturco, I., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Gil, S., Kobal, R., Abad, C. C. C., ... & Nakamura, F. Y. (2015). ***Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters.*** The Journal of Strength & Conditioning Research, 29(3), 758-764.
- Lougee, H., Johnston, R.G., Thomson, O.P., (2013). ***The suitability of sham treatments for use as placebo controls in trials of spinal manipulative therapy: a pilot study.*** Journal of bodywork and movement therapies. 17(1):59-68.
- Macefield, V.G.,(2005). ***Physiological characteristics of low-threshold mechanoreceptors in joints, muscle and skin in human subjects.*** Clin Exp Pharmacol Physiol, 32(1-2): 135-44.
- Macefield, V.G., (2021). ***The roles of mechanoreceptors in muscle and skin in human proprioception.*** Curr Opin Physiol, 21: 48-56.
- Maestroni, L., Read, P., Bishop, C., Papadopoulos, K., Suchomel, T. J., Comfort, P., & Turner, A. (2020). ***The benefits of strength training on musculoskeletal system health: practical applications for interdisciplinary care.*** Sports Medicine, 50(8), 1431-1450.
- Maffiuletti, N. A., Gondin, J., Place, N., Stevens-Lapsley, J., Vivodtzev, I., & Minetto, M. A. (2018). ***Clinical use of neuromuscular electrical stimulation for neuromuscular rehabilitation: what are we overlooking?.*** Archives of physical medicine and rehabilitation, 99(4), 806-812.
- Maitland, G. D., and Hengeveld, E. (2005). ***Maitland's vertebral manipulation.*** Edinburg: Elsevier Butterworth-Heinemann, 1-4.
- Malina, R. M., Bouchard, C., and Bar-Or, O. (2004). ***Growth, maturation, and physical activity.*** Human kinetics.
- Manilal, K.P., (2006). ***Science of strength training.*** New Delhi, Sports Publication.
- Martin, D., (2014). ***Generating anaerobic power.*** In Joyce, D., Lewindon, D. (Editors). High-performance training for sports (pp. 199-210). United States, Champaign IL, Human Kinetics.

- Maxwell, C. M., Lauchlan, D. T., & Dall, P. M. (2020). *The effects of spinal manipulative therapy on lower limb neurodynamic test outcomes in adults: a systematic review*. Journal of Manual & Manipulative Therapy, 28(1), 4-14.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. (2010). *Exercise Physiology. Nutrition, Energy, And Human Performance*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1038.
- McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., & Triplett, N. T. (2009). *Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 23(6), 1633-1636.
- McKeon, P. O., & Hertel, J. (2008). *Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing?*. Journal of athletic training, 43(3), 293-304.
- McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). *Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players*. British Journal of Sports Medicine, 39(5), 273–277.
- Melián-Ortiz, A., Varillas-Delgado, D., Laguarda-Val, S., Rodríguez-Aparicio, I., Senent-Sansegundo, N., Fernández-García, M., & Roger-de Oña, I. (2019). *Reliability and concurrent validity of the app Goniometer Pro vs Universal Goniometer in the determination of passive knee flexion*. Acta ortopedica mexicana, 33(1), 18-23.
- Mendez, Joe, MD, DC., Rachel, Reeves, DO., (2013). *Manual Treatments*.
- Metaxas, TI, Mandroukas, A., Vamvakoudis, E., Kotoglou, K., Ekblom, B., & Mandroukas, K., (2014). *Genç sporcularda kas lifi özellikleri, uydu hücreleri ve futbol performansı*. Spor bilimi ve tıp dergisi , 13 (3), 493.
- Meth, S., (2001). *Gender differences in muscle morphology*. In Swedan N. (Editor), *Women's Sport Medicine and Rehabilitation*. Gaithersburg: Aspan Publication, p. 3-6.

- Metter, E.J., Conwit, R., Tobin, J., Fozard, J.L., (1997). ***Age associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men.*** The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medicine, 52(5): 267-76.
- Michael, J., Gyer, J., Davis, R.(2017). ***Osteopathic and Chiropractic Techniques for Manual Therapists: A Comprehensive Guide to Spinal and Peripheral Manipulations.*** London,UK. And Philadelphia, USA.Singing Dragon, s.46.
- Mintken, P. E., DeRosa, C., Little, T., & Smith, B. (2008). ***A model for standardizing manipulation terminology in physical therapy practice.*** journal of orthopaedic & sports physical therapy, 38(3), A1-A6.
- Mishra, M., Chahal, A., (2013). ***Relationship of muscle mass with anaerobic power of national level male throwers.*** International Journal of Physical Education, Sports and Yogic Sciences; 2(2): 9 11.
- Mital, A., and Kumar, S., (1998). ***Human muscle strength definitions, measurement, and usage: Part I–Guidelines for the practitioner.*** International Journal of Industrial Ergonomics, 22(1-2), 101-121.
- Mohr, M., Krstrup, P., and Bangsbo, J. (2003). ***Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue.*** Journal of sports sciences, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., ... & Krstrup, P. (2010). ***Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach.*** Scandinavian journal of medicine & science in sports, 20, 125-132.
- Moir, L.G., (2012). ***Muscular strength.*** In Miller T. (Editor). ***Science of strength and conditioning series: NSCA's guide to tests and assessment.*** United States: Human Kinetics, p. 147-91.
- Møller, P., Bergstrom, J., Furst, P., Hellstrom, K., , (1980). ***Effect of aging on energy-rich phosphagens in human skeletal muscles.*** Clinical Science, 58(6): 553-555.

- Morelli, S., (2020). *The Effect of Chiropractic Manual Manipulation of the Cervical Spine on Fist Acceleration in Boxers*. University of Johannesburg (South Africa).
- Moritani, T., Vries, HA., (1979). *Neural factors versus hypertrophy in the timecourse of muscle strength gain*. American Journal of Physical Medicine, 58(3):115-30.
- Moseley, G. L., and Butler, D. S., (2015). *Fifteen Years of Explaining Pain: The Past, Present, and Future*. The journal of pain, 16(9), 807–813.
- Mourcou, Q., Fleury, A., Franco, C., Klopčič, F., & Vuillerme, N. (2015). *Performance evaluation of smartphone inertial sensors measurement for range of motion*. Sensors, 15(9), 23168-23187.
- Muratlı, S., Şahin, G., Kalyoncu, O., (2005). *Antrenman ve Müsabaka*. Yayılım Yayıncılık, İstanbul.
- Muratlı, S., Hindistan, İ.E., (2018). *Sporda Kuvvet Antrenmanı*. 1. basım. Spor Yayın ve Kitabevi, Ankara, s: 20, 22, 23.
- Müller, A., (2022). The immediate effect of lumbar spinal manipulative therapy on performance in female field hockey players (Doctoral dissertation).
- Naclerio, F., Faigenbaum, A.D., Zabala, E.L., Bibao, T.P., Kang, J., Ratamess, N.A., Triplett, N.T., (2013). *Effects of different resistance training volumes on strength and power in team sport athletes*. Journal of Strength and Conditioning Research. 27, 1832-1840.
- Newton, R. U., & Kraemer, W. J., (1994). *Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy*. Strength & Conditioning Journal, 16(5), 20-31.
- Newton, RU., Dugan, E., (2002). *Application of strength diagnosis*. Strength and Conditioning Association Journal, ; 24(5), 50-59
- Norkin, C. C., and White, D. J., (2016). *Measurement of joint motion: a guide to goniometry*. FA Davis.

- Oliver, KM., Florez-Paz, DM., Badea, TC., Mentis, GZ., Menon, V., de Nooij, JC., (2021). ***Molecular correlates of muscle spindle and Golgi tendon organ afferents.*** Nat Commun, 12(1), 1451.
- Olson, K. A., (2009). ***Manual physical therapy of the spine.*** St. Louis, Missouri, Saunders, Elsevier. 73.
- Page, P., (2012). ***Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation.*** International journal of sports physical therapy, 7(1), 109.
- Parkhouse, WS., McKenzie, DC., (1984). ***Possible contribution of skeletal muscle buffers to enhanced anaerobic performance: A brief review.*** Medicine and Science in Sports and Exercise, 16(4): 328-338.
- Patton, D., (2019). ***Health, Physical education and sports.*** Essex: Ed - Tech Press.
- Perez-Gomez, J., Rodriguez, GV., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., Gonzales-Henriquez, JJ., Dorado, C., Calbet, JAL., (2008). ***Role of muscle mass on sprint performance: Gender differences.*** European Journal of Applied Physiology, b; 102(6): 685 694.
- Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., Royo, I. A., Vicente-Rodriguez, G., Ortiz, R. A., ... & Calbet, J. A. (2008). ***Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football.*** Applied physiology, nutrition, and metabolism, 33(3), 501-510.
- Perry, S.D., McIlroy, W.E., Maki, B.E., (2000). ***The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi dimensional perturbation.*** Brain Res.887, pp.401-406.
- Peterka, R. J. (2002). ***Sensorimotor integration in human postural control.*** Journal of neurophysiology, 88(3), 1097-1118.
- Peterka, R.J., Loughlin, P.J., (2004). ***Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control.*** J. Neurophysiol. 91, pp.410-423.

- Pettman, E., (2007). ***A history of manipulative therapy***. Journal of Manual & Manipulative Therapy, 15(3), 165-174.
- Pickar, J. G., and Bolton, P. S. (2012). ***Spinal manipulative therapy and somatosensory activation***. Journal of electromyography and kinesiology, 22(5), 785-794.
- Plowman, AS., Smith, LD., (2008). ***Exercise physiology: for health, fitness and performance*** .2nd Ed. Baltimore: Lippincott Williams / Wilkins.
- Porcari, J., Bryant, C., Comana, F. (2015). ***Exercise Physiology***. FA Davis Company Philadelphia, 882.
- Prieske, O., Krüger, T., Aehle, M., Bauer, E., & Granacher, U. (2018). ***Effects of resisted sprint training and traditional power training on sprint, jump, and balance performance in healthy young adults: a randomized controlled trial***. Frontiers in physiology, 9, 156.
- Proske, U., and Gandevia, S. C., (2012). The Proprioceptive Senses: ***Their Roles In Signaling Body Shape, Body Position And Movement, And Muscle Force***. Physiological Reviews, 92, 1651-1697.
- Rambrij, R., (2017). ***The effectiveness of spinal manipulative therapy compared to core muscle strengthening on club head velocity and ball carry in asymptomatic amateur male golfers (Doctoral dissertation)***.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., Impellizzeri, F. M. (2007). ***Validity of simple field tests as indicators of matchrelated physical performance in top-level professional soccer players***. International journal of sports medicine, 28(03), 228-235.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). ***Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level***. Journal of science and medicine in sport, 12(1), 227-233.
- Ramsay, J. R. ve Riddoch, M. J., (2001). ***Position-matching in the upper limb: professional ballet dancers perform with outstanding accuracy***. Clinical Rehabilitation, 15(3), 324-330.

- Reaburn, P., Dascombe, B., (2009). **Anaerobic performance in masters athletes.** European Review of Aging and Physical Activity, 6(1): 39-53.
- Reed, WR., Long, CR., Kawchuk, GN., Sozio, RS. & Pickar, JG., (2018). **Neural responses to physical characteristics of a high velocity, low amplitude spinal manipulation: Effect of thrust direction.** *Spine.* 1;43(1), pp.1-9.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). **Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer.** Journal of Sports Sciences, 18(9), 669–683.
- Ribeiro, F OJ., (2011). **Factors influencing proprioception: what do they reveal? In: V K, ed. Biomechanics in applications.** Rijeka: Intec.
- Riemann, B. L., and Lepley, S. M. (2002). **The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability.** Journal of athletic training, 37(1), 71.
- Rich, NC., (1992). **Strength training via high frequency electrical stimulation.** J Sports Med Phys Fitness, 32:19–25.
- Robergs, RA., Ghiasvand, F., Parker, D., (2004). **Biochemistry of exercise induced metabolic acidosis.** American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 287(3): 502-516.
- Ross, ML., (2016). **Kayropratik Lumbosakral Manipülatif Terapinin Elit Bisikletçilerde Güç Çıktısı Üzerindeki Anında Etkisi.** Johannesburg Üniversitesi, (Güney Afrika).
- Ruddock, J. K., Sallis, H., Ness, A., Perry, R. E. (2016). **Spinal manipulation vs sham manipulation for nonspecific low back pain: a systematic review and meta-analysis.** Journal of chiropractic medicine, 15(3), 165-183.
- Saçaklı, H., Kale, R., Özdemir, Y., Gökçe, E., (1995). **Futbol.** İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 1566.
- Sale, DG., Norman, RW., (1982). **Testing strength and power.** In MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, (Editors), **Physiological testing of the elite athlete.** Ithaca: Movement Publications, p. 7-38.

- Sanchez-Medina, L., Perez, CE., Gonzalez-Badillo, JJ., (2010). ***Importance of the propulsive phase in strength assessment.*** Int J Sports Med ;31:123–9.
- Sánchez, Pastor., A., García-Sánchez, C., Marquina Nieto, M., de la Rubia, A. (2023). ***Influence of strength training variables on neuromuscular and morphological adaptations in prepubertal children: a systematic review.*** International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(6), 4833.
- Schoenfeld, B.J., Peterson, M.D., Ogborn, D., Contreras, B., Sonmez, G.L., (2015). ***Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men.*** Journal of Strength and Conditioning Research, 29: 2954-2963.
- Seaman, DR., (1994). ***Nociception, mechanoreception and proprioception. What's the difference and what do they have to do with subluxation.*** Dynamic Chiropractic 12(24), 150-154.
- Shahidi, S. H., Özkaya, I., Karakaş, Ç. S., Taşkıran, Y., & Esformes, J. I. (2023). ***Validity and Reliability of Isometric Muscle Strength using the Powrlink Portable Device.*** International Journal of Strength and Conditioning, 3(1).
- Shephard, R. J.,Bouhlef, E., Vandewalle, H., Monod, H. (1988). ***Muscle mass As A Factor Limiting Physical Work.*** Journal of Applied Physiology, 64(4), 1472-1479.
- Sherrington, C. S. (1906). ***On the proprioceptive system, especially in its reflex aspect.*** Brain, 29, 1-28.
- Shumway-Cook, A., and Woollacott, M. H. (2007). ***Motor control: translating research into clinical practice.*** Lippincott Williams & Wilkins.
- Simoneau, JA., Bouchard, C., (1998). ***The effects of genetic variation on anaerobic performance.*** In Van-Praag, E. (Editor). Pediatric anaerobic performance (pp. 5-21). United States: Champaign IL, Human Kinetics.
- Sterzing, T., Hennig, Em., (2008). ***The influence of soccer shoes on kicking velocity in full-instep kicks.*** Exercise and Sport Sciences Reviews, 36(2): 91-97.

- Stoppani, J., (2006). ***Encyclopedia of muscle & strength: Principles, equipment, exercises, workouts, programs***. United States, Human Kinetics.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisløff, U. (2005). ***Physiology of soccer***. Sports medicine, 35(6), 501-536.
- Strimpakos, N., (2011). ***The assessment of the cervical spine. Part 1: Range of motion and proprioception***. J Bodyw Mov Ther.15(1), 114-24.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., Stone, M. H. (2018). ***The importance of muscular strength: training considerations***. Sports medicine, 48, 765-785.
- Sussman, C., and N. Byl., (1999). ***Externally Applied Electric Current For Tissue Repair. Clinical Electrotherapy***. Stamford: Appleton & Lange, Lange.
- Tak, I., Langhout, R., Bertrand, B., Barendrecht, M., Stubbe, J., Kerkhoffs, G., et al., (2020). ***Manual therapy and early return to sport in football players with adductor-related groin pain: A prospective case series***. Physiother Theory Pract, 36(9):1009- 18.
- Tereso, D., Paulo, R., Petrica, J., Duarte-Mendes, P., Gamonales, J. M., & Ibáñez, S. J. (2021). ***Assessment of body composition, lower limbs power, and anaerobic power of senior soccer players in Portugal: differences according to the competitive level***. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(15), 8069.
- Thompson, C. B., and Panacek, E. A. (2006). ***Research study designs: experimental and quasi-experimental***. Air medical journal, 25(6), 242-246.
- Todoroff, T., and Velioğlu, G., (2009). ***Manuel Tıp***. Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, s1-12.
- Triano J., (2000). ***The mechanics of spinal manipulation***. In: Herzog W, editor. Clinical biomechanics of spinal manipulation. New York: Churchill Livingstone, p. 92–190.

- Tropp, H., Alaranta, H. ve Renström, A., (1992). ***Proprioception and coordination training in injury prevention. In: Sports Injuries, Basic Principles of Prevention and Care.*** PAFH Renström (Ed), Oxford, Blackwell Scientific Pub.
- Valenzuela, P. L., Pancorbo, S., Lucia, A., Germain, F. (2019). ***Spinal manipulative therapy effects in autonomic regulation and exercise performance in recreational healthy athletes: a randomized controlled trial.***
- Verkhoshansky, Y., (2006). ***Special strength training: A practical manual for coaches.*** Moscow, Fizkultura Sports.
- Wade, D. T., (2020). ***What is rehabilitation? An empirical investigation leading to an evidence-based description. Clinical rehabilitation.*** 34(5), 571-583.
- Waldén, M., Krosshaug, T., Børneboe, J., Andersen, T. E., Faul, O., & Hägglund, M. (2015). ***Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases.*** British journal of sports medicine, 49(22), 1452-1460.
- Weber, K. R., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Zinder, S. M. (2008). ***Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance.*** The Journal of Strength & Conditioning Research, 22(3), 726-730.
- Wellmon, R. H., Gulick, D. T., Paterson, M. L., & Gulick, C. N. (2016). ***Validity and reliability of 2 goniometric mobile apps: device, application, and examiner factors.*** Journal of sport rehabilitation, 25(4), 371-379.
- Wiggins-James, N., James, R., Thompson, G., (2005). ***AS PE for aqua. Chine: Harcourt Education Limited.***
- Willmore, J., and Costill, D. (1994). ***Physiology of sport and exercise.*** Human Kinetics Publications.
- Wilmore, JH., Costill, DL. (2004). ***Physiology of sport and exercise.*** United States: Champaign IL, Human Kinetics.

- Wilmore, J. H., Costill, D. L., Larry, W., (2008). ***Physiology of Sport and Exercise***. Human Kinetics.
- Win, N., Jorgensen, A., Chen, Y. ve Haneline, M. (2015). ***Effects of Upper and Lower Cervical Spinal Manipulative Therapy on Blood Pressure and Heart Rate Variability in Volunteers and Patients With Neck Pain: A Randomized Controlled, Cross-Over, Preliminary Study***. Journal of Chiropractic Medicine,14(1), 1-9.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., Hoff, J. (2004). ***Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players***. British journal of sports medicine, 38(3), 285-288.
- Voet, N. B., van der Kooi, E. L., van Engelen, B. G., & Geurts, A. C. (2019). ***Strength training and aerobic exercise training for muscle disease***. Cochrane Database of Systematic Reviews, 12.
- Yılmaz, A., ve Gök, H., (2006). ***Propriyosepsiyon ve propriyoseptif egzersizler***. Romatizma, 21, 23-26.
- Zatsiorsky, VM., Kraemer, WJ., (2006). ***Science and practice of strength training***. 2nd Ed.United States: Human Kinetics, 2006.

EKLER

EK 1. Bilgilendirilmiş Yazılı Onam Formu

Bilgilendirilmiş Yazılı Onam Formu

Bu çalışma, ‘Futbolcularda Spinal ve Alt Ekstremitte Kayropratik Manipülasyon Tekniklerinin Bazı Performans Parametrelerine Akut Etkisinin İncelenmesi’ başlıklı bir araştırma çalışması olup bilimsel bir amaç taşımaktadır. Çalışma, Prof. Dr. İbrahim CAN danışmanlığında GÖKHAN YERLİKAYA tarafından yürütülmektedir. Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.

Çalışmamızda sizden veriler toplanacaktır. İsminizi yazmak veya kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz. Çalışmada katılımcıların isimleri kesinlikle gizli tutulacaktır.

Araştırma kapsamında toplanan veriler, yalnızca bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında kati surette kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.

Sizden toplanan veriler korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.

Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir. Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim.

Araştırmacı Adı: Gökhan Yerlikaya

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Katılımcı Ad ve Soyadı:

İmza:

Tarih: