

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AMATÖR FUTBOLCULARDA HAMSTRİNG GERGİNLİĞİ İLE
LOMBER LORDOZ İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Numan MERCAN

**Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı
Futbolcu Sağlığı Tezli Yüksek Lisans Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nurzat ELMALI

MAYIS 2025

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AMATÖR FUTBOLCULARDA HAMSTRİNG GERGİNLİĞİ İLE
LOMBER LORDOZ İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Numan MERCAN
225329001**

**Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı
Futbolcu Sağlığı Tezli Yüksek Lisans Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nurzat ELMALI

MAYIS 2025

Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 225329001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Numan MERCAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “AMATÖR FUTBOLCULARDA HAMSTRİNG GERGİNLİĞİ İLE LOMBER LORDOZ İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nurzat ELMALI**
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İbrahim TUNCAY**
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Doç. Dr. Vahdet UÇAN
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 27.05.2025

*Her zaman yanımda olan canım eşim Semire, biricik oğlum Hidayet Kutay,
sevgili kızlarım İlay ve İpek'e ihtafen,*

ÖNSÖZ

Futbol, günümüzde sadece bir spor dalı değil, aynı zamanda birçok bireyin hayatının merkezinde yer alan bir yaşam biçimidir. Yüksek tempo, çok yönlü hareketler ve yoğun antrenman programları, futbolcularda kas-iskelet sistemi üzerine belirgin yüklenmelere neden olmaktadır. Özellikle alt ekstremité kasları ve postüral hizalanma bileşenleri, bu yüklenmelerin en çok etkilediği yapılar arasında yer alır. Sporcuların performansını artırmak ve sakatlanma risklerini azaltmak için, bu yapıların fonksiyonel özelliklerinin bilimsel olarak incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Yüksek lisans tez çalışmamda, aktif olarak futbol oynayan lisanslı amatör erkek sporcularda, omurga-pelvis hizalanmasını sağlayan yapılarla alt ekstremité kaslarından hamstring grubunun elastik özellikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçladım. Bu kapsamda, yalnızca klinik muayene testlerine dayanmayan; radyolojik ölçümlerle pelvik hizalanmayı ve Shear-Wave Elastografi gibi gelişmiş yöntemlerle kas elastisitesini objektif biçimde değerlendiren bütüncül bir yaklaşım benimsendi. Aktif olarak lisanslı spor yapmayan sağlıklı erkek bireylerle karşılaştırmalı olarak yürütülen bu çalışmanın, futbolcularda gelişen kas-iskelet sistemi adaptasyonlarını ortaya koyarak literatüre katkı sağlayacağını düşünüyorum.

Bu sürecin her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, akademik gelişimime önemli katkılar sunan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Nurzat Elmalı'ya, çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen Prof. Dr. İbrahim Tuncay'a ve Prof. Dr. Kerem Bilsel'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca veri toplama sürecinde iş birliği yapan tüm sporculara, klinik ve görüntüleme desteklerini sağlayan değerli sağlık çalışanlarına ve bu süreci manevi olarak destekleyen aileme minnettarım.

Temmuz 2025

Numan Mercan
Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı

BEYAN

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

Numan Mercan

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
BEYAN.....	v
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
TABLO LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Columna Vertebralis ve Lomber Omurga Anatomisi	3
2.1.1. Lomber vertebraların yapısı ve özellikleri	6
2.1.2. Lomber lordozun tanımı ve fizyolojik önemi	7
2.2. Pelvis Anatomisi ve Pelvik Parametreler.....	8
2.2.1. Sakrumun anatomik yapısı.....	8
2.2.2. Pelvik tilt, sakral slope ve pelvik insidans tanımları.....	10
2.2.3. Pelvik parametrelerin omurga dizilimiyle ilişkisi	11
2.3. Hamstring Kas Grubu Anatomisi.....	11
2.3.1. Hamstring kaslarının postür, hareket ve spor performansındaki rolü	13
2.4. Radyolojik Görüntüleme ve Ölçüm Yöntemleri	13
2.4.1. Lomber grafi çekim tekniği.....	14
2.4.2. Lomber lordoz ölçümü ve Cobb açısı	14
2.4.3. Pelvik parametrelerin ölçümü	16
2.5. Shear-Wave Elastografi (SWE) Yöntemi	16
2.5.1. SWE teknolojisinin temel prensipleri	16
2.5.2. Kas elastisitesinin değerlendirilmesinde SWE kullanımı	17
2.5.3. Uygulama protokolü ve ölçüm yöntemi.....	17
2.5.4. Young modülü ve ölçüm birimleri.....	18
2.5.5. SWE yönteminin avantajları ve sınırlılıkları.....	19
2.6. Hamstring Esnekliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Klinik Testler.....	19
2.6.1. Aktif diz ekstansiyon testi (ADET).....	20
2.6.2. Düz bacak kaldırma testi (DBKT)	20
2.6.3. Otur-uzan testi.....	21
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	23
3.1. Katılımcıların Seçimi ve Demografik Verilerin Toplanması.....	23
3.2. Lomber Lordoz ve Pelvik Parametrelerin Radyolojik Ölçümü	24
3.3. Hamstring Kaslarının SWE ile Değerlendirilmesi	25
3.4. Klinik Esneklik Testleri	26
3.4.1 Aktif diz ekstansiyonu testi (ADET).....	26
3.4.2. Düz bacak kaldırma testi (DBKT)	27

3.4.3. Otur-uzan testi	28
3.5. İstatistiksel Analiz	29
4. BULGULAR	31
4.1. Tanımlayıcı İstatistiklerin Gruplar Arasında Kıyaslanması.....	31
4.1.1. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri	31
4.1.2. Hamstring kas elastisite (SWE) değerleri	32
4.1.3. Demografik veriler	33
4.1.4. Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testler	34
4.2. Veri Kategorileri İçerik Korelasyon Analizi	36
4.2.1. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri korelasyon analizi	36
4.2.2. Hamstring kas elastisite (SWE) değerleri korelasyon analizi	37
4.2.3. Demografik değişkenler korelasyon analizi	38
4.2.4. Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları arası korelasyon analizi	40
4.3. Veri Kategorileri Arası Korelasyon Analizi	42
4.3.1. Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile hamstring kasları swe değerleri arasındaki ilişkiler	42
4.3.2. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler	45
4.3.3. Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler	46
4.3.4. Hamstring kasları SWE değerleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.....	49
4.3.5. Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.....	51
4.3.6. Demografik değişkenler ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler...	53
4.4. Hamstring Kasları SWE Değerleri ile Klinik Muayene Testlerinin Bacak Dominansı Açısından Değerlendirilmesi	54
5. TARTIŞMA	56
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR	74
EKLER.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	84

KISALTMALAR

ADET	:	Aktif Diz Ekstansiyonu Testi
cm	:	Santimetre
DBKT	:	Düz Bacak Kaldırma Testi
kg	:	Kilogram
kPa	:	Kilopascal
LL	:	Lomber Lordoz
mm	:	Milimetre
m/s	:	Metre/saniye
PI	:	Pelvik İnşidans
PT	:	Pelvik Eğim (Tilt)
ROI	:	Region of Interest
SS	:	Sakral Eğim (Slope)
SWE	:	Shear-Wave Elastografi
USG	:	Ultrasonografi
VKİ	:	Vücut Kitle İndeksi

SEMBOLLER

E	:	Elastisite modülü (Young Modülü)
ρ	:	Doku yoğunluğu (kg/m ³)
c	:	Elastik dalga yayılma hızı (m/s)
η^2	:	Eta kare



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1	: A ve B gruplarına göre radyolojik, elastografik, demografik ve klinik ölçümler.	35
Tablo 4.2	: Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri korelasyon analizi.....	37
Tablo 4.3	: Kas elastisite (SWE) değerleri korelasyon analizi.....	38
Tablo 4.4	: Demografik değişkenler arası korelasyon analizi.	39
Tablo 4.5	: Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları arası korelasyon analizi.	40
Tablo 4.6	: Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile hamstring kasları SWE değerleri arasındaki ilişkiler.....	43
Tablo 4.7	: Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.....	45
Tablo 4.8	: Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.....	47
Tablo 4.9	: Hamstring kasları SWE değerleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.	49
Tablo 4.10	: Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.	51
Tablo 4.11	: Demografik değişkenler ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.	53
Tablo 4.12	: Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik muayene testlerinin bacak dominansı açısından değerlendirilmesi.....	55

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Columna vertebralis anatomisi [18].	4
Şekil 2.2	: Vertebra ligamentöz anatomisi [18].	5
Şekil 2.3	: Lomber vertebra anatomisi [18].	7
Şekil 2.4	: Sakrum anatomisi [18].	9
Şekil 2.5	: Sagittal pelvik parametreler (PI: Pelvik insidans açısı, PT: Pelvik tilt açısı, SS: Sakral slope açısı) [47].	10
Şekil 2.6	: Hamstring kas grubu anatomisi [18].	12
Şekil 2.7	: Lomber lordoz açısı ve sagittal pelvik parametrelerin ölçümü.	15
Şekil 2.8	: Biceps femoris uzun başı elastisitesinin SWE ile ölçümü.	18
Şekil 2.9	: Aktif Diz Ekstansiyon Testi ve gonyometre ile açı ölçümü [89].	20
Şekil 2.10	: Düz Bacak Kaldırma Testi ve gonyometre ile açı ölçümü [91].	21
Şekil 2.11	: Otur-Uzan Testi [92].	22
Şekil 3.1	: Aktif Diz Ekstansiyonu Testi (ADET) açısı ölçüm metodu.	27
Şekil 3.2	: Düz Bacak Kaldırma Testi (DBKT) açısı	28
Şekil 3.3	: Otur-Uzan Testi.	29
Şekil 4.1	: Gruplara göre lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri.	32
Şekil 4.2	: Gruplara göre hamstring kas elastisite (SWE) değerleri	33
Şekil 4.3	: Gruplara göre hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testler	34
Şekil 4.4	: Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri korelasyon analizi.	37
Şekil 4.5	: Kas elastisite (SWE) değerleri korelasyon analizi.	38
Şekil 4.6	: Demografik değişkenler arası korelasyon analizi.	39
Şekil 4.7	: Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları arası korelasyon analizi.	41
Şekil 4.8	: Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile hamstring kasları SWE değerleri arasındaki ilişkiler.	44
Şekil 4.9	: Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.	46
Şekil 4.10	: Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.	48
Şekil 4.11	: Hamstring kasları SWE değerleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.	50
Şekil 4.12	: Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.	52
Şekil 4.13	: Demografik değişkenler ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.	54

AMATÖR FUTBOLCULARDA HAMSTRİNG GERGİNLİĞİ İLE LOMBER LORDOZ İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Futbol, yön değiştirme, sprint, sıçrama ve ani duruş gibi tekrarlayıcı alt ekstremiteler hareketlerini içeren, yüksek fiziksel talepli bir spordur. Bu yoğun yüklenmeler, özellikle hamstring kasları, lomber lordoz ve sagittal pelvik dizilim gibi postür ve hareket kontrolünde rol oynayan yapılarda fonksiyonel adaptasyonlara yol açabilir. Futbolun kas-iskelet sistemi üzerindeki etkilerini omurga, pelvis ve kas dokusu düzeyinde eş zamanlı ve çok yönlü değerlendiren, radyolojik, elastografik ve klinik verileri bir araya getiren bütüncül çalışmalar literatürde sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, aktif lisanslı amatör erkek futbolcularda lomber lordoz, sagittal pelvik dizilim ve hamstring kas özelliklerini incelemek ve bu parametreleri sporla aktif lisanslı olarak ilgilenmeyen sağlıklı erkek bireylerle karşılaştırarak, futbolun bu anatomik yapılar üzerindeki olası etkilerini ortaya koymaktır.

Bu çalışma, 2024–2025 sezonunda Kahramanmaraş ili amatör futbol liglerinde aktif olarak forma giyen, 18–30 yaş aralığındaki 50 lisanslı erkek amatör futbolcu (A Grubu) ile aynı yaş aralığında, aktif olarak lisanslı spor yapmayan 50 sağlıklı erkek bireyden (B Grubu) oluşan iki ayrı grup üzerinde yürütülmüştür. Katılımcıların yaş, boy, kilo, vücut kitle indeksi (VKİ), dominant bacak yönü ve futbolcularda ayrıca lisans yılı bilgisi kaydedilmiştir. Kas-iskelet sistemi veya nörolojik hastalık, alt ekstremiteler ya da lomber bölge cerrahisi, son altı ayda hamstring yaralanması, son bir yılda klinik olarak anlamlı bel ağrısı öyküsü, VKİ ≥ 30 ve sistemik kronik hastalıklar dışlama kriteri olarak belirlenmiştir. Çalışmada dört ana veri seti oluşturulmuştur: (1) Radyografik ölçümler (lomber lordoz ve sagittal pelvik parametreler), (2) Shear-Wave Elastografi (SWE) ile elde edilen hamstring kas elastisite değerleri, (3) Demografik veriler (yaş, boy, kilo, VKİ, lisans yılı ve dominant bacak), (4) Klinik esneklik test sonuçları (Aktif Diz Ekstansiyonu, Düz Bacak Kaldırma, Otur-Uzan). Tüm ölçümler aynı uygulayıcılar tarafından, standardize protokoller doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Veri setlerinin alt değişkenleri A ve B grupları arasında bağımsız örneklem t-testi veya Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmış; gruplar içinde ise aynı veya farklı veri setleri arasındaki ilişkiler Pearson ya da Spearman korelasyon analizleriyle değerlendirilmiştir. Dominant ve non-dominant bacak karşılaştırmaları Wilcoxon testiyle yapılmış, tüm testlerde $p < 0.05$ istatistiksel anlamlılık sınırı olarak kabul edilmiştir.

A Grubu'nda hamstring SWE değerleri ve klinik muayene testleri genel olarak anlamlı derecede yüksek saptanırken ($p < 0.001$), B Grubu'nda yaş ($p < 0.05$), vücut ağırlığı ($p < 0.05$) ve VKİ değerleri ($p < 0.01$) anlamlı olarak daha yüksekti. Lomber lordoz ve sagittal pelvik parametreler açısından ise iki grup arasında anlamlı bir fark saptanmadı. Lomber lordoz ve sagittal pelvik parametrelerin her iki grupta da genel olarak anlamlı korelasyon gösterdiği, SWE değerlerinin ise A Grubu'nda, B Grubu'na kıyasla daha belirgin korelasyonlar gösterdiği, her iki grupta da yaş-vücut ağırlığı ($p < 0.05$), vücut ağırlığı-boy uzunluğu ($p < 0.001$) ve vücut ağırlığı-VKİ ($p < 0.001$) arasında anlamlı korelasyonların bulunduğu; ayrıca, her iki grupta tüm klinik testlerin birbiriyle

korelasyon gösterdiği saptandı ($p < 0.001$). Her iki grupta da lomber lordoz ve sagittal pelvik parametreler ile SWE değerleri arasında anlamlı korelasyon saptanmazken, lomber lordoz ile yaş, vücut ağırlığı ve VKİ; pelvik insidans ile vücut ağırlığı ve boy uzunluğu arasında pozitif korelasyonlar izlendi. Lomber lordoz ile esneklik testleri arasında yalnızca B grubunda ADET ve DBKT ile anlamlı negatif korelasyon saptandı ($p < 0.01$). SWE değerleri, her iki grupta da demografik veriler ve esneklik testleri ile ilişkili bulunmadı. A grubunda boy uzunluğu ile Otur-Uzan testi arasında pozitif ($p < 0.001$), VKİ ile negatif korelasyon saptanırken ($p < 0.05$); B grubunda yaş, vücut ağırlığı ve VKİ ile klinik testler arasında anlamlı negatif korelasyonlar gözlemlendi. A Grubu'nda sağ bacağı dominant bireylerde Semimembranosus, sol bacağı dominant bireylerde Semitendinosus kasının SWE değeri dominant bacakta anlamlı yüksek bulunurken ($p < 0.05$); diğer kaslar ve testlerde fark saptanmadı. B Grubu'nda sağ bacağı dominant bireylerde Semimembranosus kası dominant bacakta ($p < 0.01$), Semitendinosus ve Biceps Femoris kasları ise non-dominant bacakta anlamlı olarak daha yüksek bulunurken (sırasıyla $p < 0.05$ ve $p < 0.01$), bu bireylerde yapılan esneklik testleri de dominant taraf lehine anlamlı fark gösterdi ($p < 0.05$) ve sol dominant bireylerde ise yalnızca DBKT testinde non-dominant taraf lehine anlamlı fark saptandı ($p < 0.01$).

Futbolcularda, sağlıklı bireylere kıyasla lomber lordoz ve sagittal pelvik parametreler açısından anlamlı bir farklılık gözlenmezken; hem hamstring kas sertliğinin hem de esnekliğin belirgin olarak yüksek bulunması, bu kas grubunda spora özgü fonksiyonel adaptasyonların geliştiğini göstermektedir. Bacak dominansı açısından futbolcularda esneklik asimetrisi saptanmamış olması, futbolun her iki bacakta dengeli bir fonksiyonel adaptasyon sağladığını ortaya koyarken; sağlıklı bireylerde bu asimetrimin mevcut olması, hamstring kas grubunun kompleks işlevsel doğasına işaret etmektedir. Spinopelvik parametrelerle hamstring esnekliği arasında anlamlı bir ilişki saptanmamış olması, bu anatomik yapıların birbirinden farklı biyomekanik mekanizmalarla etkilendiğini düşündürmektedir. Bulgularımız, hipotezimizin 'futbolculardaki hamstring kas sertliğinin sağlıklı bireylere kıyasla daha yüksek olacağı' kısmını doğrularken spinopelvik parametrelerdeki beklenen farklılıkları desteklememiş, bu da futbolun lomber-pelvik yapılardan ziyade hamstring kas dokusunda adaptif değişikliklere yol açabileceğini göstermiştir. İleri çalışmalarla, bu adaptasyonların uzun dönem etkileri ve sporcu performansı ile ilişkisinin multidisipliner yöntemlerle araştırılmasına ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: spor, futbol, antrenman, performans, adaptasyon, biyomekanik, egzersiz, vertebra, postür

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN HAMSTRING TIGHTNESS AND LUMBAR LORDOSIS IN AMATEUR FOOTBALL PLAYERS

SUMMARY

Football is a sport with high physical demands, involving repetitive lower extremity movements such as changes of direction, sprinting, jumping, and sudden stops. These intense loads may lead to functional adaptations in structures that play a role in posture and movement control, especially the hamstring muscles, lumbar lordosis, and sagittal pelvic alignment. Integrative studies that evaluate the effects of football on the musculoskeletal system simultaneously and multi-dimensionally at the level of the spine, pelvis, and muscle tissue, and that combine radiological, elastographic, and clinical data, are limited in the literature. The aim of this study is to examine the lumbar lordosis, sagittal pelvic alignment, and hamstring muscle characteristics in actively licensed amateur male football players and to compare these parameters with healthy male individuals who are not actively licensed in sports and to reveal the possible effects of football on these anatomical structures.

This study was conducted on two separate groups consisting of 50 licensed male amateur football players between the ages of 18 and 30 who actively play in the amateur football leagues of Kahramanmaraş province in the 2024-2025 season (Group A) and 50 healthy male individuals in the same age range who do not actively play licensed sports (Group B). Participants' age, height, weight, body mass index (BMI), dominant leg direction, and, additionally, license year information for football players were recorded. Musculoskeletal or neurological disease, lower extremity or lumbar region surgery, hamstring injury in the last six months, history of clinically significant low back pain in the last year, BMI ≥ 30 , and systemic chronic diseases were determined as exclusion criteria. Four main data sets were created in the study: (1) radiographic measurements (lumbar lordosis and sagittal pelvic parameters), (2) hamstring muscle elasticity values obtained by Shear-Wave elastography (SWE), (3) demographic data (age, height, weight, BMI, license year, and dominant leg), and (4) clinical flexibility test results (active knee extension (AKE), straight leg raise (SLR), and sit-reach (SR)). All measurements were performed by the same operators according to standardized protocols. Subvariables of the data sets were compared between groups A and B with independent sample t-tests or Mann-Whitney U tests; within groups, relationships between the same or different data sets were evaluated with Pearson or Spearman correlation analyses. Dominant and non-dominant leg comparisons were made with the Wilcoxon test, and $p < 0.05$ was accepted as the statistical significance limit in all tests.

In Group A, hamstring SWE values and clinical examination tests were generally significantly higher ($p < 0.001$), while in Group B, age ($p < 0.05$), body weight ($p < 0.05$) and BMI values ($p < 0.01$) were significantly higher. No significant difference was found between the two groups in terms of lumbar lordosis and sagittal pelvic parameters. Lumbar lordosis and sagittal pelvic parameters were generally significantly correlated in both groups, SWE values showed more significant correlations in Group A compared to Group B, and significant correlations were found

between age-body weight ($p < 0.05$), body weight-height ($p < 0.001$) and body weight-BMI ($p < 0.001$) in both groups; moreover, all clinical tests were correlated with each other in both groups ($p < 0.001$). In both groups, no significant correlation was found between lumbar lordosis and sagittal pelvic parameters and SWE values, while positive correlations were observed between lumbar lordosis and age, body weight and BMI; pelvic incidence and body weight and height. A significant negative correlation was found between lumbar lordosis and flexibility tests only in Group B with AKE and SLR ($p < 0.01$). SWE values were not found to be associated with demographic data and flexibility tests in both groups. In Group A, a positive correlation was found between height and SR test ($p < 0.001$) and a negative correlation was found with BMI ($p < 0.05$); and in Group B, significant negative correlations were observed between age, body weight and BMI and clinical tests. In Group A, while the SWE value of Semimembranosus muscle was significantly higher in the dominant leg in individuals with dominant right leg and Semitendinosus muscle was significantly higher in individuals with dominant left leg ($p < 0.05$); no difference was found in other muscles and tests. In Group B, in right-dominant individuals, the Semimembranosus muscle was found to be significantly higher in the dominant leg ($p < 0.01$), while the Semitendinosus and Biceps Femoris muscles were found to be significantly higher in the non-dominant leg ($p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively). Flexibility tests performed on these individuals also showed a significant difference in favor of the dominant side ($p < 0.05$), and in left-dominant individuals, a significant difference was found in favor of the non-dominant side only in the SLR test ($p < 0.01$).

While no significant difference was observed in terms of lumbar lordosis and sagittal pelvic parameters in football players compared to healthy individuals; both hamstring muscle stiffness and flexibility were significantly higher, indicating that sport-specific functional adaptations developed in this muscle group. The fact that no flexibility asymmetry was detected in football players in terms of leg dominance suggests that football provides a balanced functional adaptation in both legs; the presence of this asymmetry in healthy individuals indicates the complex functional nature of the hamstring muscle group. The fact that no significant relationship was detected between spinopelvic parameters and hamstring flexibility suggests that these anatomical structures are affected by different biomechanical mechanisms. Our findings confirmed the part of our hypothesis that ‘hamstring muscle stiffness in football players would be higher compared to healthy individuals’, but did not support the expected differences in spinopelvic parameters, indicating that football may lead to adaptive changes in the hamstring muscle tissue rather than the lumbar-pelvic structures. There is a need for further studies to investigate the long-term effects of these adaptations and their relationship with athlete performance using multidisciplinary methods.

Keywords: sports, football, training, performance, adaptation, biomechanics, exercise, vertebra, posture

1. GİRİŞ

İnsan postürünün sürdürülebilmesi ve fonksiyonel hareketlerin etkin biçimde gerçekleştirilebilmesi için omurga, pelvis ve alt ekstremité kasları arasında kurulan biyomekanik denge büyük önem taşır [1]. Bu yapılar arasındaki uyumun temel belirleyicilerinden biri olan lomber lordoz (LL), omurganın fizyolojik eğrilikleri içerisinde yer almakta olup gövde ağırlığının pelvise ve alt ekstremitelere dengeli şekilde aktarılmasını sağlar [2]. Lomber bölgedeki bu eğriliğin oluşumu ve korunması yalnızca vertebral yapıların dizilimine değil, aynı zamanda pelvisin geometrik yapısına ve pelvik parametreler olarak tanımlanan sakral eğim/slope (SS), pelvik eğim/tilt (PT) ve pelvik insidans (PI) gibi açısal belirteçler arasındaki ilişkisel dengeye bağlıdır [3-5].

Kas-iskelet sisteminin bu kritik yapılarına en fazla yük bindiren spor dallarından biri olan futbol, sprint, yön değiştirme, zıplama, topa vurma ve ani duruş gibi tekrarlayıcı, çok yönlü ve yüksek şiddette alt ekstremité aktivitesini içeren yoğun tempolu bir spordur [6]. Futbolcularda, bu eylemler sırasında en fazla yükü taşıyan kas gruplarından biri olan hamstring kasları, eksantrik ve konsantrik kasılmalar yoluyla hem hareket üretiminde hem de postüral stabilitenin sağlanmasında rol oynar [7]. Sürekli artan kas kuvveti talepleri, denge değişimleri ve yerçekimi merkezine uyum gereksinimi, bu oyuncu grubunda zamanla kas elastisitesinde azalma, kas sertliğinde artış ve buna bağlı olarak postüral dizilimde yapısal adaptasyonlara yol açabilir [8]. Bu adaptasyonlar yalnızca kas fonksiyonlarıyla sınırlı kalmayıp, lomber omurga ve pelvik morfoloji üzerinde de etkiler oluşturabilir [9, 10].

Literatürde, çeşitli spor dallarında sportif yüklenmenin kas-iskelet sistemi üzerine etkilerini değerlendirmeye yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır [6, 11-13]. Bu araştırmalarda genellikle performans düzeyi, yaralanma riski ve kas grubu

aktivasyonları gibi parametreler ön plandadır [14, 15]. Özellikle alt ekstremitayı yoğun olarak kullanan sporlarda, hamstring kaslarının esnekliğinin ve elastisitesinin postüral yapı ile ilişkisi sıklıkla incelenmiştir [7, 8]. Ancak bu çalışmaların büyük bölümü yalnızca klinik esneklik testlerine dayanmakta veya değerlendirmelerini kas-iskelet sisteminin yalnızca belirli bölümleriyle sınırlı tutmaktadır [9, 10]. Omurga, pelvis ve kas yapısını bir arada ele alarak; bu yapılardaki olası adaptasyonları hem radyolojik hem de elastografik ölçüm yöntemleriyle eşzamanlı ve bütüncül biçimde değerlendiren çalışma sayısı ise sınırlıdır. Futbol gibi çok yönlü ve tekrarlayıcı alt ekstremita yüklenmeleri içeren bir spor dalında, lomber lordoz ve pelvik hizalanmanın X-ray ile; hamstring kas elastisitesinin ise Shear-Wave Elastografi (SWE) yöntemiyle kantitatif olarak değerlendirildiği kapsamlı bir çalışmaya literatürde rastlanmamaktadır.

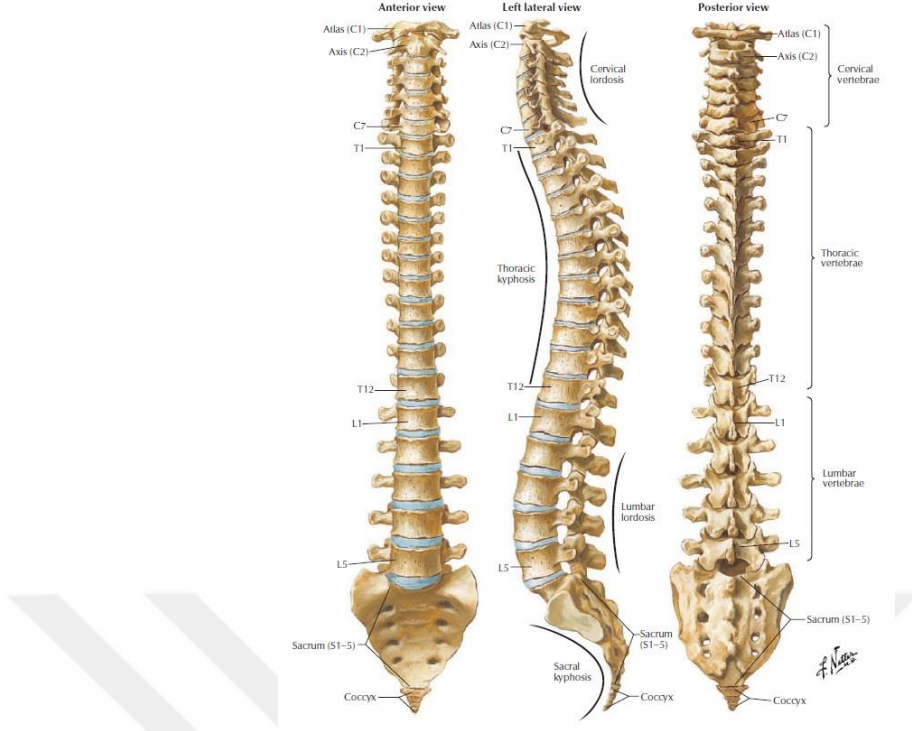
Bu çalışmanın amacı, aktif olarak lisanslı erkek amatör futbolcularda lomber lordoz, sagittal pelvik parametreler ve hamstring kas elastisitesi gibi kas-iskelet sistemi bileşenlerini değerlendirmek; bu parametreleri, aktif olarak lisanslı amatör veya profesyonel spor yapmayan sağlıklı erkek bireyler arasında kıyaslayarak, futbolun bu anatomik yapılar üzerindeki etkisini nesnel ölçüm yöntemleri aracılığıyla ortaya koymaktır. Bu kapsamda, lomber lordoz derecesi ve sagittal pelvik parametreler (SS, PT, PI) radyolojik olarak X-ray görüntüleme ile; hamstring kas grubu elastisitesi ise SWE ve klinik muayene testleri (Aktif Diz Ekstansiyon Testi (ADET), Düz Bacak Kaldırma Testi (DBKT) ve Otur-Uzan Testi) ile değerlendirilmiş ve iki grup arasında kıyaslanmıştır.

Araştırmanın hipotezi, aktif lisanslı erkek amatör futbolcularda, spora lisanslı düzeyde katılımı olmayan sağlıklı erkek bireylerle kıyaslandığında, hamstring kas elastisitesinin (dolayısıyla sertliğinin) spora bağlı yüklenmeler sonucunda daha yüksek olacağı ve buna eşlik eden ya da bu durumla ilişkili olarak lomber lordoz derecesi ile sagittal pelvik parametrelerde anlamlı yapısal farklılıkların gelişebileceği yönündedir. Diğer bir deyişle, futbolcularda yüksek yoğunluklu egzersizler, sprintler ve eksantrik kas aktivasyonlarıyla şekillenen bu adaptif süreçlerin yalnızca kas yapısında değil, aynı zamanda postüral hizalanma bileşenlerinde de değişime yol açabileceği öngörülmektedir. Bu çalışmadan elde edilecek bulguların, futbolcularda lomber-pelvik hizalanma ile hamstring elastisitesi arasındaki olası çift yönlü ilişkiyi aydınlatması ve kas-iskelet sistemi adaptasyonlarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Columna Vertebralis ve Lomber Omurga Anatomisi

Vertebralar, vücudun anatomik duruşunu sağlamakla birlikte, ekstremitelerle ve kendi aralarında kurdukları eklemler sayesinde hareket kabiliyetine önemli katkı sunar. Omurga; 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral (füzyonlaşmış) ve 4 koksigeal (füzyonlaşmış) omurdan oluşur [16]. Servikal, torakal ve lomber omur sayıları sabitken; sakrum ve koksiks, zamanla kaynaşarak bütünleşir. Erişkin bireylerde omurgada dört ana eğrilik bulunur: servikal lordoz, torakal kifoz, lomber lordoz ve sakrokoksigeal kifoz (Şekil 2.1). Bu eğrilikler doğumda mevcut değildir ve üç yaş civarında lomber lordoz gelişirken ve sekiz yaşında yetişkin duruşu kazanılır [17].



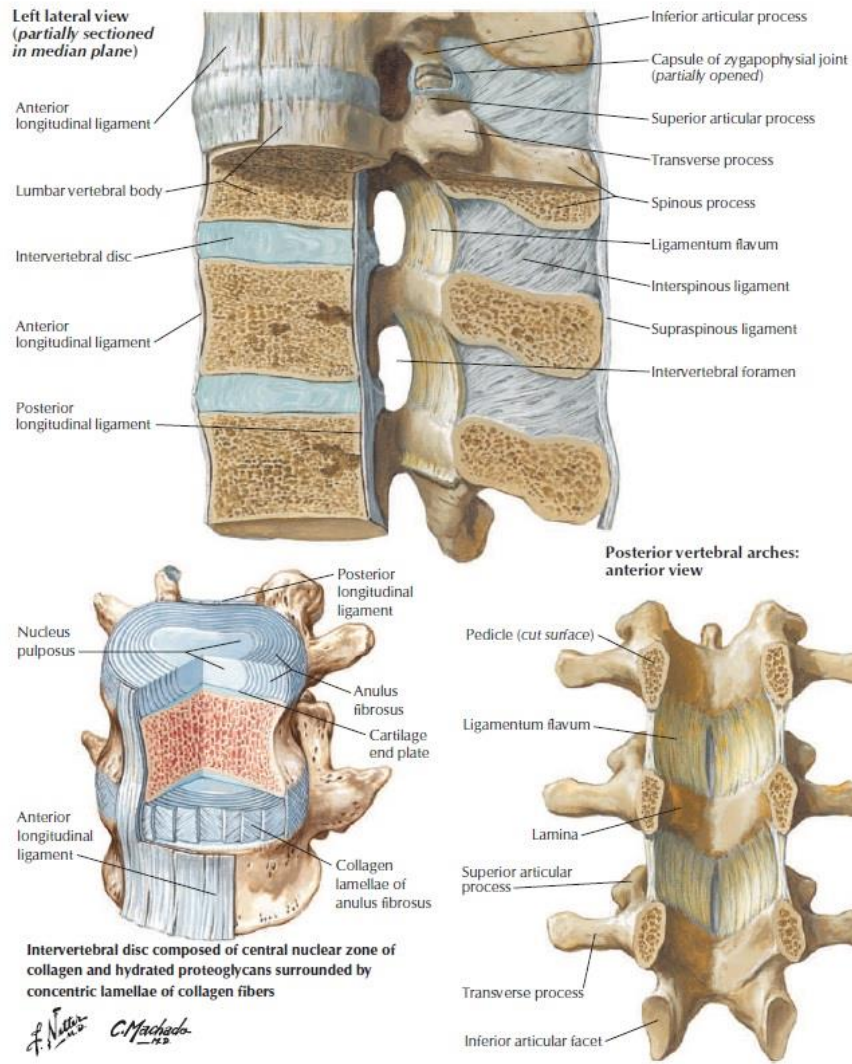
Şekil 2.1 : Columna vertebralis anatomisi [18].

Servikalden lomber bölgeye kadar tüm hareketli omurların arasında bulunan intervertebral diskler, hem yük taşımaya yardımcı olur hem de esneklik sağlar [19-21]. İlk iki servikal omur dışında, hareketli omurlar (servikal, torakal, lomber), korpus (ön kısım) ve arkus (arka kısım) olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Bu iki yapı arasında, medulla spinalisin geçtiği vertebral kanal yer alır. Arkus ise pedikül ve laminadan oluşur [22].

Vertebraların dış yüzeyi kompakt kemik tabakası ile, iç kısmı ise trabeküler kemik yapısıyla kaplıdır. Bu yapı pedikül ve çıkıntılarda daha kalınken, korpusta daha incedir [23]. Servikal, torakal ve lomber vertebralar hem konumları hem de yapısal özellikleriyle birbirinden ayrılır. Servikal omurların en belirgin özelliği transvers çıkıntılarında foramen transversarium bulunmasıdır. Ayrıca pedikül ve laminaları incedir. Torakal omurlarda korpusların yan yüzlerinde, kostalarla eklem yapan fovea costalis superior ve inferior bulunur. Lomber vertebralar ise gövdelerinin büyüklüğü ve yan yüzlerinde eklem yüzü bulunmayışı ile ayırt edilir. Bu bölgede artiküler çıkıntılar dikey konumlanmıştır, bu nedenle fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine daha fazla katılım gösterir [24].

Vertebra korpusu, vertebranın en büyük kısmıdır. Üst ve alt yüzeyleri düz ama kenarları çıkıntılıdır; bu çıkıntılara intervertebral disklerin end plate'leri tutunur.

Yukarıdan aşağıya doğru vertebra korpuslarının büyüklüğü artar. Korpusun ön yüzünde besleyici arterler, arka yüzünde ise venler için küçük delikler bulunur. Pediküller, korpusun arka ve yan duvarlarının birleştiği noktadan başlayarak posteriora uzanan kalın yapılardır. Bu yapılar geriye doğru yassılaşılarak laminaları oluşturur. Pedikül ve laminanın birleştiği bölgede; processus articularis superior, processus articularis inferior ve processus transversus isimli üç çıkıntı yer alır. Ligamentum flavum, bu çıkıntıların belirli yüzeylerine tutunur. Laminaların orta hattından çıkan processus spinosus, posteriora doğru uzanır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Vertebra ligamentöz anatomisi [18].

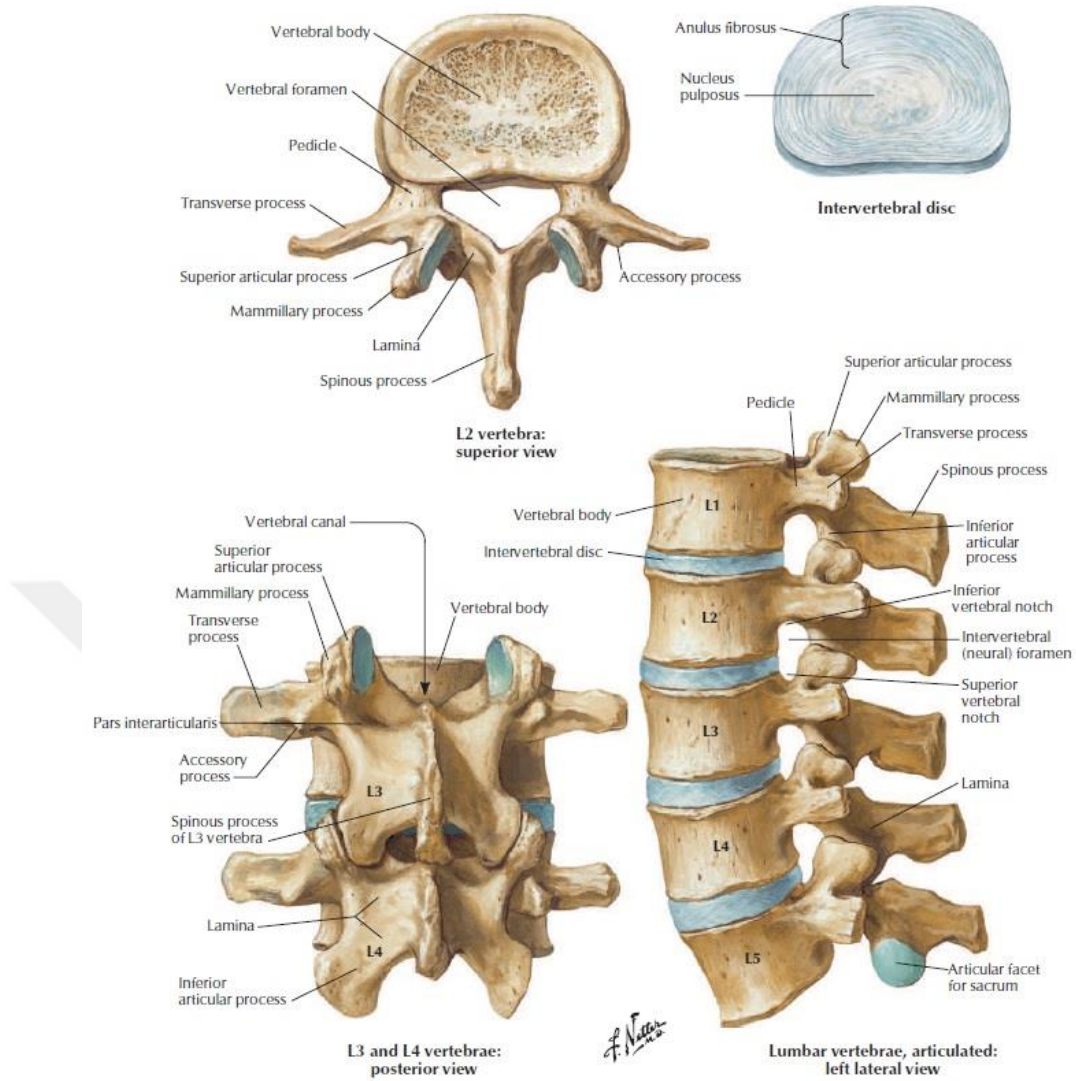
Processus articularis, üstteki vertebra'nın ilgili çıkıntısıyla eklem yaparak faset eklemine oluşturur. Ayrıca üstteki vertebra'nın incisura inferioru ile alttaki vertebra'nın incisura superiorunun birleşmesiyle foramen intervertebrale oluşur; spinal sinirler bu

boşluktan geçer. Fonksiyonel bir omurga birimi; iki komşu vertebra, aralarındaki disk, faset eklemler, ligamentler ve ilgili kas gruplarından oluşur [25, 26]. Spinal sinirler toplamda 31 çifttir; anterior ve posterior ramuslara ayrılır. Anterior ramuslar, torakal bölge dışında pleksusları oluşturur. Lomber pleksus T12–L4, sakral pleksus ise L4–S3 düzeyindedir. Bu sinirler alt ekstremité ve pelvis kaslarının motor ve duyuşal inervasyonunu sağlar [20, 25, 27-30]. Faset çıkıntıları her vertebrada dörder adettir; eklem yüzeyleri hyalin kıkırdakla kaplıdır. Transvers çıkıntılar ise pedikül ve lamina birleşiminden sağa ve sola doğru uzanır, kas ve bağlar için tutunma noktaları oluşturur [31].

2.1.1. Lomber vertebraların yapısı ve özellikleri

Lomber omurga; statik (korpus, pedikül, lamina, çıkıntılar, faset eklemler) ve dinamik (diskler, ligamentler, kaslar) yapıların bir araya geldiği, hareket kabiliyeti yüksek bir anatomik bölgedir. Beş adet lomber vertebra, vücut ağırlığını taşıdığı için büyük ve güçlü yapılardır, ayrıca lordotik eğim gösterir (Şekil 2.3). Faset eklemler fleksiýon ve ekstansiyona izin verirken, rotasyonu sınırlar ve diskin dejenerasyonu ile üzerine binen yük artabilir. Ligamentler, omurganın stabilitesini sağlayarak hareketin sınırlandırılmasında rol oynar. Anterior longitudinal ligament hiperekstansiyonu, posterior longitudinal ligament ise hiperfleksiýonu sınırlar; ligamentum flavum rotasyonu engellerken, supraspinöz ve interspinöz ligamentler fleksiýona karşı destek oluşturur [22].

İntervertebral diskler üç katmandan oluşur: endplate'e tutunan fibrokartilaj, dıştaki anulus fibrozus ve içteki nükleus pulpozus. Nükleus şok emici, anulus ise stabilite sağlayıcıdır. Yaşla birlikte disk su içeriği azalır ve bu durum mekanik özellikleri etkiler. En hareketli lomber segmentler L4-L5 ve L5-S1'dir. Lomber vertebralar costal eklem içermez; büyük gövde yapısı ve eklem yüzeylerinin yönelimi hareket kapasitesini belirler [29, 30].



Şekil 2.3 : Lomber vertebra anatomisi [18].

2.1.2. Lomber lordozun tanımı ve fizyolojik önemi

Lomber lordoz, omurganın L1 ile L5 vertebraları arasında yer alan ve sagittal düzlemde arkaya doğru kavis yapan fizyolojik bir eğriliktir. Bu eğrilik, üst gövdenin alt ekstremitelere dengeli biçimde aktarılmasını sağlayarak dik duruşun korunmasında temel rol oynar [32, 33]. Lomber lordozun normatif açısı 20–45 derece arasında olup, bu sınırların dışına çıkan değerler postüral sorunlara yol açabilir. Örneğin lordozun azalması, halk arasında “bel düzleşmesi” olarak bilinen duruma neden olabilir [34, 35]. Yaşla birlikte lomber lordoz azalırken, torakal kifoz artma eğilimindedir; bu da omurgada yaşlanmanın tipik bir göstergesidir [36]. Lomber lordozun gelişimi yalnızca ayakta durma ve yürüme gibi dik postürle ilişkili davranışlarla başlamaz; anne

karnındaki dönemde de lordotik formasyon gözlenmiştir. Bu durum, genetik faktörlerin etkisiyle birlikte, omurga gelişiminin prenatal dönemde de şekillendiğini düşündürmektedir. Oturma ve yürüme süreci postnatal dönemde lordozun tamamlayıcı gelişimini sağlar; ancak motor gelişimi sınırlı olan çocuklarda bile normal lordotik eğriliğin oluşabilmesi, bu eğimin sadece mekanik yüklenmeye değil, genetik programlamaya da bağlı olduğunu ortaya koyar.

Lomber lordozun yapısal oluşumunda vertebra gövdeleri ile intervertebral disklerin ön kısmındaki kamalaşma da etkilidir. Bu eğriliğin yaklaşık %10'luk kısmı disklerin yapısına, geri kalanı ise vertebra gövdelerinin şekline bağlıdır [37]. Öte yandan, büyüme ve gelişme gerilikleri bu eğriliğin zamanında oluşmasını engelleyebilir [38]. Biyomekanik açıdan değerlendirildiğinde, lomber lordoz omurganın aksiyel yüklenmelere karşı bir yay gibi davranmasını sağlar. Böylece hem yük dağılımı dengelenir hem de enerji tasarrufu sağlanarak dik postür uzun süre korunabilir [39]. Bu eğriliğin fizyolojik sınırlar içinde olması, vücut ağırlık merkezinin alt ekstremit eklemleriyle hizalanması için gereklidir. Dolayısıyla lomber lordoz, hem statik duruş hem de dinamik hareketler sırasında omurganın bütünlüğü ve işlevselliği için temel bir bileşendir [40].

Lomber omurganın pelvisle olan ilişkisi ise lumbopelvik ritim olarak tanımlanır ve bu dinamik uyum sayesinde gövde ile bacakların hareketi koordineli bir biçimde gerçekleşir [41, 42].

2.2. Pelvis Anatomisi ve Pelvik Parametreler

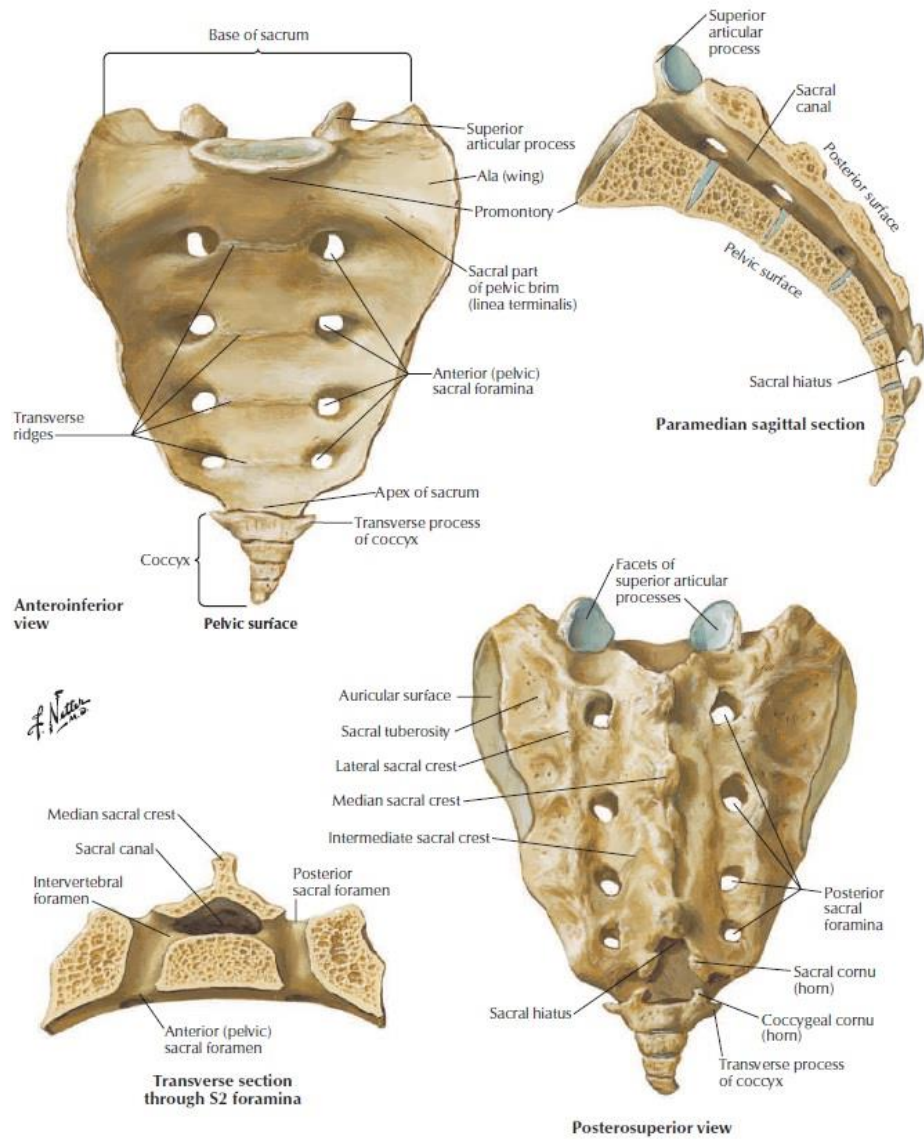
2.2.1. Sakrumun anatomik yapısı

Pelvik kompleks, sakrum, os ilium, os coccyx ve L5 vertebra'nın oluşturduğu karmaşık bir yapıdır. Sakrum, beş sakral vertebra'nın kaynaşmasıyla oluşmuş üçgen biçimli bir kemiktir ve L5 ile yaptığı eklem aracılığıyla lumbosakral açığı oluşturur (Şekil 2.4). Yukarıdan geniş, aşağıdan dar olan bu yapı sayesinde gövde ağırlığı, sakroiliak eklem üzerinden iliak kemiklere, oradan da alt ekstremitelere aktarılır.

Sakrumun öne ve yukarıya bakan taban kısmında yer alan çıkıntıya promontorium denir ve vücut ağırlık merkezi bu yapının hemen önünde konumlanır [43]. Sakrumun anterior (facies pelvica) ve posterior (facies dorsalis) yüzeyleri farklı anatomik özellikler taşır. Ön yüzü pelvisin arka duvarını oluştururken, posterior yüzündeki çıkıntılar (crista sacralis mediana, medialis ve lateralis), foramenler ve hiatus sacralis

gibi yapılar, sinir iletim yolları ve anatomik referans noktaları açısından önemlidir [44, 45].

Sakrumun os ilium ile yaptığı eklem, pelvisin bütünlüğünü sağlayan en önemli birleşim yerlerinden biridir. Os ilium, os pubis ve os ischii ile birleşerek os coxae'yi oluşturur. Bu kemikte yer alan crista iliaca, spina iliaca anterior/posterior superior/inferior gibi çıkıntılar ve ala ossis ilii yapısı, pelvisin şekillenmesine katkıda bulunur.



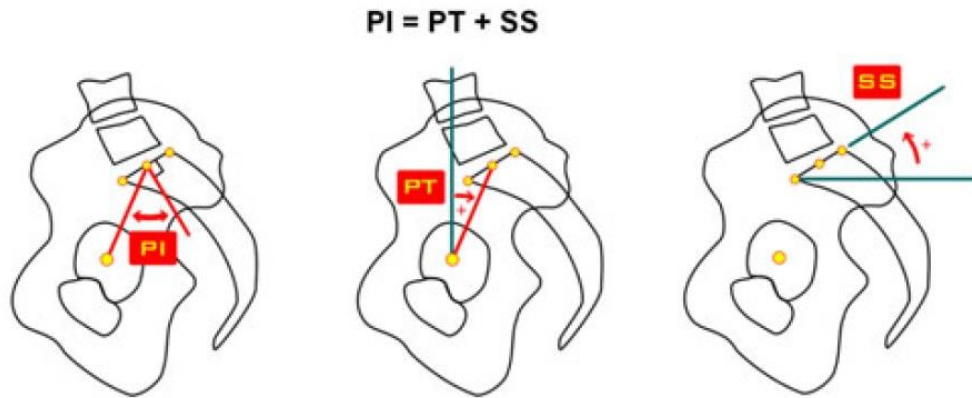
Şekil 2.4 : Sakrum anatomisi [18].

2.2.2. Pelvik tilt, sakral slope ve pelvik insidans tanımları

Pelvik parametreler, pelvik yapının omurga ile olan mekansal ilişkisini tanımlayan ve omurganın sagittal dengesini anlamada önemli olan açısal ölçütlerdir. Bu parametrelerin en temel üçlüsü; sakral slope açısı (SS) , pelvik tilt açısı (PT) ve pelvik insidans açısı (PI) olarak tanımlanır (Şekil 2.5).

Sakral slope (SS), S1 vertebranın üst düzlemi ile yatay eksen arasında kalan açıdır. Bu açı, pelvik yapının öne eğim miktarını gösterir. İdeal postürde ayakta duran bir bireyde sakral slope ortalama olarak 39° civarındadır [46]. Bu açı arttıkça lomber lordozun da artış eğiliminde olduğu bilinmektedir.

Pelvik tilt (PT), S1 vertebranın üst ucundan başlayarak femur başlarının merkezinden geçen dikey bir çizgi ile yapılan açı olarak tanımlanır. Bu ölçüm, pelvisin sagittal plandaki rotasyonunu değerlendirmek için kullanılır. Pelvik tilt arttığında, pelvis posteriora rotasyona uğramış olarak kabul edilir. Bu durum genellikle postüral kompensasyonlarda görülür.



Şekil 2.5 : Sagittal pelvik parametreler (PI: Pelvik insidans açısı, PT: Pelvik tilt açısı, SS: Sakral slope açısı) [47].

Pelvik insidans (PI) ise sabit bir anatomik parametredir. S1 vertebranın üst yüzeyinin orta noktasından geçen çizgi ile femur başlarının merkezinden geçen çizgi arasında oluşan açıdır. Pelvik insidans, bireyin postürü ve duruş pozisyonundan etkilenmeyen, kemik yapısına özgü bir sabit değerdir. Büyümenin tamamlanmasıyla birlikte değişmez hale gelir [48]. Aynı zamanda $PI = PT + SS$ şeklindeki matematiksel ilişki ile bu üç parametre birbirine bağlanır ve birlikte spinal-pelvik hizalanmanın değerlendirilmesinde kullanılır. Pelvik insidansın düşük olduğu bireylerde pelvis daha

dik, AP çapı dar ve femur başları sakrumun hemen altına yerleşmiştir. Bu durumda SS düşüktür ve pelvisin retroversiyon kapasitesi azdır. Yüksek PI ise daha yatay, geniş pelvis yapısıyla ilişkilidir ve bu yapı daha fazla retroversiyon yapabilir [49].

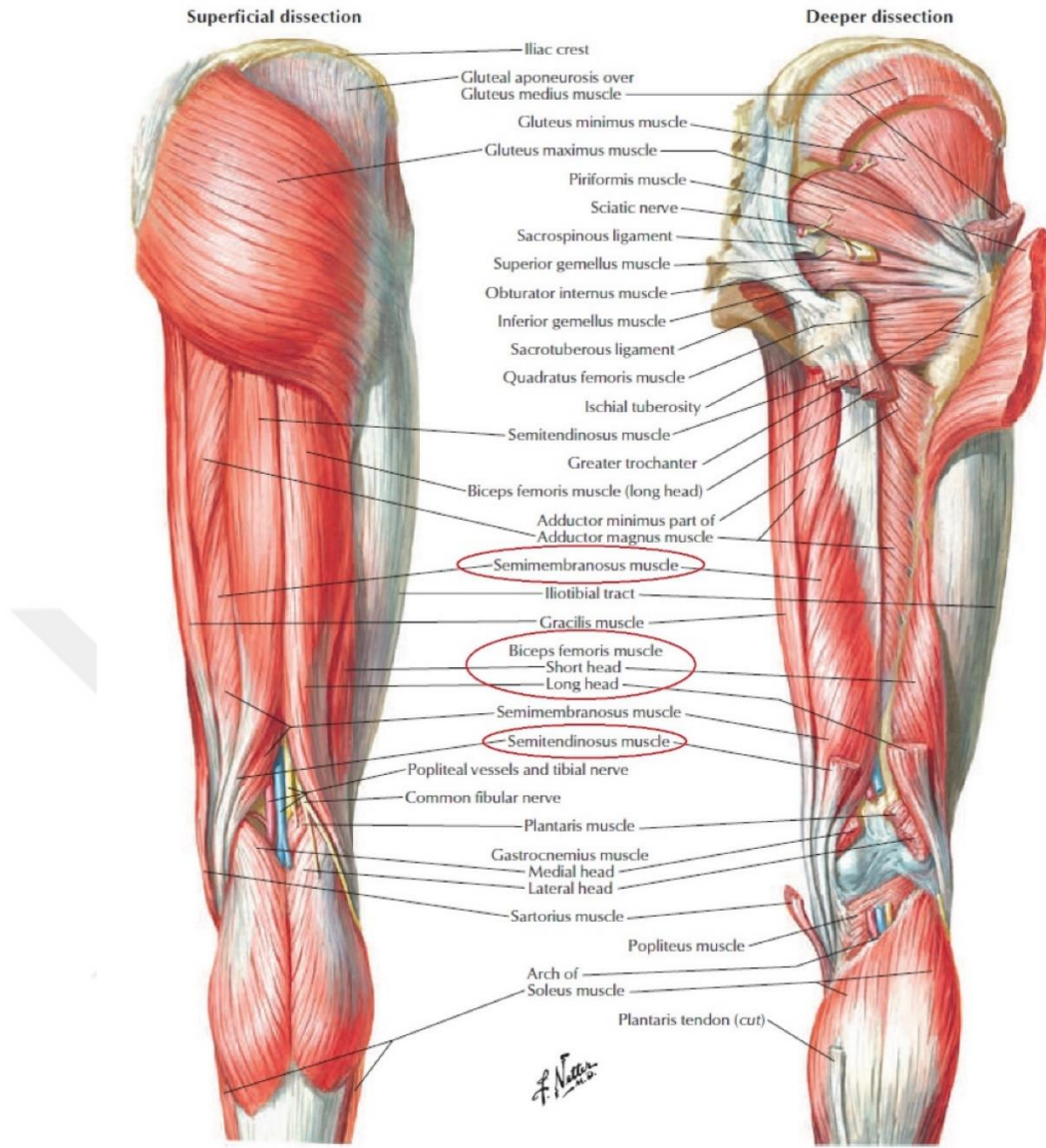
2.2.3. Pelvik parametrelerin omurga dizilimiyle ilişkisi

Pelvik insidans (PI), bireye özgü morfolojik bir parametre olup yaşam boyunca sabit kalır ve diğer pelvik parametrelerle güçlü bir ilişkidir. PI değeri arttıkça lomber lordoz da artma eğilimi gösterir; bu nedenle sagittal dengenin değerlendirilmesinde temel bir ölçüttür [48]. Ayrıca pelvik tilt ve sakral slope gibi parametreler, postüral adaptasyonların izlenmesinde ve spinal patolojilerin değerlendirilmesinde yol gösterici olmaktadır.

Spinopelvik parametreler, omurganın sagittal düzlemdeki hizalanmasıyla doğrudan ilişkilidir ve vertebral kolonun mekanik dengesini etkiler. Servikal ve lomber lordoz ile torakal ve sakral kifoz, bu doğal eğriliklerin temelini oluşturur. L4–L5 ve L5–S1 segmentleri, lomber lordozun büyük bir bölümünü oluşturur ve bu bölgeler omurganın yük taşıma kapasitesi açısından kritik önemdedir [50]. C7 omurundan dik olarak çizilen plumb hattının sakrumun arkasından geçmesi, sagittal dengenin göstergesidir [51]. Spinopelvik uyumsuzluk, postüral bozukluklar, bel ağrısı ve disk hernisi gibi klinik durumlarla ilişkilendirilmiştir [52, 53].

2.3. Hamstring Kas Grubu Anatomisi

Uyluğun arka bölgesinde yer alan ve iskiokrural kaslar olarak da adlandırılan hamstring kas grubu; M. semitendinosus, M. semimembranosus ve M. biceps femoris (caput longum) kaslarından oluşur [54]. Bu kaslar, kalça ile diz eklemleri arasında yerleşmiş olup fonksiyonel olarak hem kalçanın ekstansiyonu hem de dizin fleksiyonuna katkıda bulunurlar. Tüm hamstring kasları tuber ischiadicum'dan origo alır ve esas olarak tibial sinir tarafından innerve edilirler (Şekil 2.6). Geniş hareket açıklığına sahip olan bu kaslar, özellikle alt ekstremitenin arka zincir aktivitesinde ve dinamik postüral kontrolde önemli rol oynar [55].



Şekil 2.6 : Hamstring kas grubu anatomisi [18].

Semitendinosus kası, uzun ve belirgin kirişi ile dikkat çeker; M. semimembranosus'un arka-dış yanında uzanır ve tibianın üst medial yüzeyine tutunarak pes anserinus yapısının bir parçasını oluşturur. Görevi, dize fleksiyon ve iç rotasyon yaptırmakla birlikte, kalçaya da ekstansiyon katkısı sağlamaktır. Tüm bu işlevlerini tibial sinir aracılığıyla yerine getirir [56, 57].

Semimembranosus kası ise daha derinde ve yassı yapısıyla yer alır. Tuber ischiadicum'a geniş ve zar şeklindeki bir tendonla tutunur. Dizin iç kısmında üç farklı tendon uzantısı ile sonlanır ve lig. popliteum obliquum'un oluşumuna katılır. Fonksiyonları, semitendinosus kasıyla benzerdir: bacağı fleksiyon, fleksiyonda iç rotasyon ve uyluğa ekstansiyon yaptırır [57].

Biceps femoris kası çift başlıdır. Uzun başı tuber ischiadicum'dan, kısa başı ise femurun arka yüzeyindeki linea aspera'dan köken alır. İki baş birleşerek fibula başına tutunur. Uzun baş kalçaya ekstansiyon ve adduksiyon, diz eklemine ise fleksiyon ve dış rotasyon hareketleri yaptırır. Uzun başı tibial, kısa başı ise peroneal sinir tarafından innerve edilir [54, 56, 57].

2.3.1. Hamstring kaslarının postür, hareket ve spor performansındaki rolü

Hamstring kasları, hem statik postürün korunması hem de dinamik hareketler sırasında gövdenin ve alt ekstremitenin kontrolünde önemli görevler üstlenir. Bu kaslar, ayakta dik dururken uyluğun ekstansiyonu ve gövde stabilitesinde aktif rol oynar. Kalça ve diz eklemine çift eklemlilik olarak etki ettiklerinden, bu iki eklem aynı anda aktifken maksimum fonksiyon sağlayamazlar; örneğin diz tam fleksiyondayken kalça ekstansiyonu sınırlanır. Sporcularda sprint, sıçrama gibi ani ve kuvvetli eforlarda bu kaslara binen yük artar; yeterli ısınma yapılmadığında gerilme veya yırtılmalar görülebilir. Yaralanmalar genellikle tuber ischiadicum'un kas origosunda meydana gelir ve hareketle artan ağrı ile kendini belli eder [54].

2.4. Radyolojik Görüntüleme ve Ölçüm Yöntemleri

İnsanın dik duruşu benimsemesiyle birlikte pelvisin genişlemesi ve dikleşmesi sağlanmış, omurgada karakteristik eğrilikler ortaya çıkmış ve omurgayı destekleyen kasların yapısı köklü biçimde değişmiştir [58]. Bu duruş biçimi insanlara özgü, dengeli ve ergonomik bir pozisyon olup, pelvisin insan hareket sistemindeki önemini artırmıştır. Dubousset'nin “pelvik omur” olarak tanımladığı bu yapı, gövde ile alt ekstremiteler arasında bir bağlantı görevi görür [59]. Femur başları, pelvisin mekânsal konumlanmasında kilit rol oynar; çünkü torakolomber yük bu noktalar aracılığıyla pelvisten alt ekstremitelere aktarılır. Sakral plato ise gövde yükünü pelvise ileten temel yüzeydir.

Ön-arka düzlemde omurga ve pelvisin anatomik yerleşimi oldukça nettir: normal omurga, sakrumun ve pubik simfizinin ortasından geçen bir eksene sahip dik bir yapıda, normal pelvis ise yatay ve simetriktir. Ancak sagittal düzlemdeki pelvik geometri bu kadar basit değildir. Pelvisin sagittal dengesi, mekanik yük aktarımıyla ilgili bazı önemli biyomekanik özelliklere dayalı belirli parametrelerin tanımlanmasını gerektirir [59].

2.4.1. Lomber grafi çekim tekniği

Lomber omurga ve pelvisin sagittal düzlemde yapısal özelliklerini değerlendirmek için standart yöntem, hastanın ayakta pozisyonda çekilen lateral radyografileridir. Bu pozisyon, bireyin doğal dik duruşunu yansıtarak omurganın yük taşıma düzenine dair önemli bilgiler sağlar [60, 61]. Görüntüleme sırasında femur başları, sakrum ve lomber omurganın tamamı aynı düzlemde net bir şekilde görünmelidir. İki femur başı üst üste biner şekilde görüntülenmeli, sakrumun üst yüzeyini oluşturan S1 sakral platosu belirgin şekilde ayırt edilebilmelidir [60]. Bu anatomik işaret noktaları, sagittal pelvik parametrelerin ölçümü için zorunludur. Hasta, pozlama esnasında ayakta, dizleri gergin ve başı nötr pozisyonda olmalıdır. Bu pozisyon, pelvik tilt ve sakral slope gibi pozisyonel parametrelerin doğru değerlendirilmesini mümkün kılar [61, 62].

Lomber omurga ile pelvis arasındaki mekanik ilişkiyi analiz edebilmek için, spinal eksenin pelvis üzerindeki hizalanması dikkatle değerlendirilmelidir. Çekim sırasında dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da, hastanın kas aktivitesini minimumda tutarak doğal duruşunu korumasıdır. Kasılma ya da dengesiz pozisyonlar, özellikle pelvik parametrelerde hatalı değerlendirmelere yol açabilir [60, 61]. Ayrıca, görüntü kalitesi ve geometrik hizalamanın doğru olması, ölçüm doğruluğu açısından kritiktir. Aksi hâlde, radyografik sapmalar ölçümlerde anlamlı farklılıklar oluşturabilir [63].

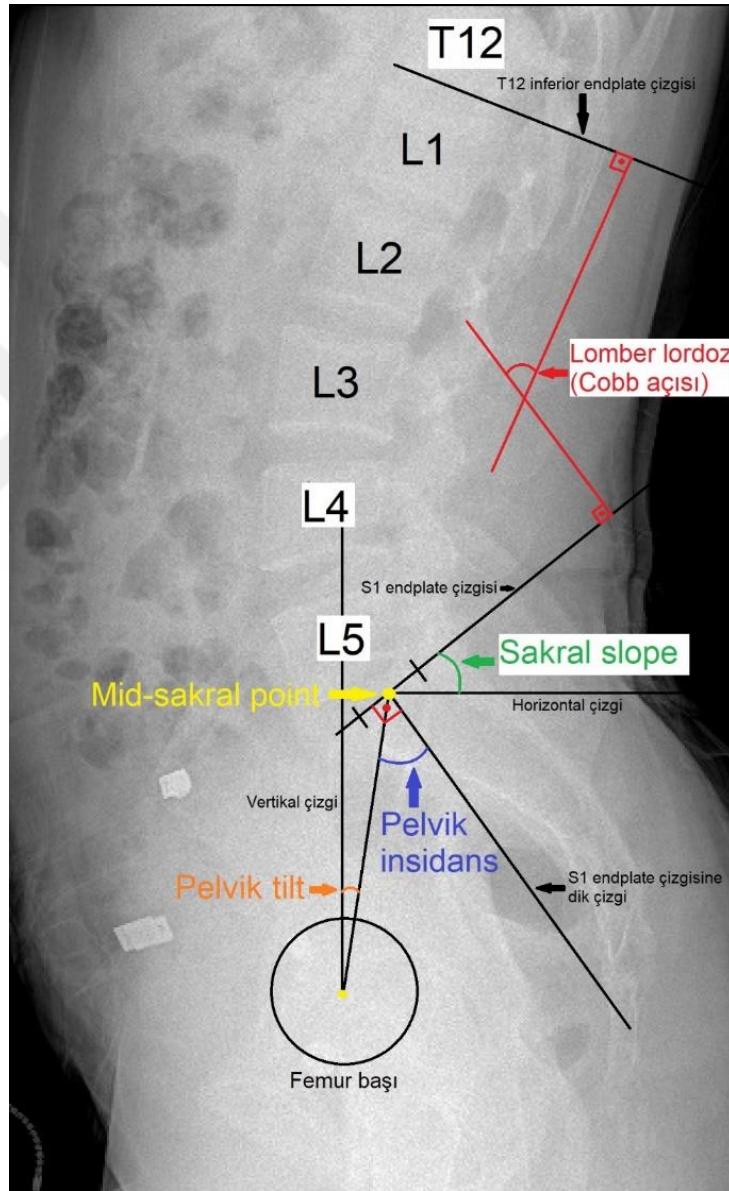
2.4.2. Lomber lordoz ölçümü ve Cobb açısı

Lomber omurganın sagittal profilini değerlendirirken, en sık kullanılan yöntemlerden biri Cobb açısı ölçümüdür. Cobb açısı, omurlar arası açısal değişimleri tanımlayarak omurganın fizyolojik eğriliklerini, özellikle lomber lordozu belirlemek için kullanılır [60, 61]. Bu ölçüm, sıklıkla sakrumun üst platosu (S1) ile L1, L2 veya T12 gibi üst lomber seviyelerdeki vertebra son plakaları arasındaki açının belirlenmesiyle gerçekleştirilir (Şekil 2.7).

Omurganın normal sagittal dizilimi, lomber bölgede dışbükey (lordotik) bir eğri ile karakterizedir. Bu eğrilik, kişinin pelvik yapısıyla yakından ilişkilidir. Özellikle sakrumun konumu, lomber omurların öne veya arkaya doğru konumlanmasını doğrudan etkiler. Sakrumun daha yatay bir eğimle yerleştiği pelvislerde, lomber lordoz açısı genellikle daha büyüktür; sakral eğimin azaldığı durumlarda ise lordoz azalır [60, 63]. Lomber lordozun açısal derecesi, omurganın yük taşıma fonksiyonları, denge

mekanizmaları ve mekanik stres dağılımı açısından büyük klinik öneme sahiptir [49, 61].

Pelvik parametrelerle birlikte değerlendirildiğinde, lomber lordozun derecesi omurganın genel sagittal dengesini belirler. Özellikle pelvik insidansın yüksek olduğu bireylerde, artmış bir sakral slope ve buna eşlik eden belirgin lomber lordoz görülür. Bu ilişkiler, klinik olarak spinal deformitelerin sınıflandırılması ve cerrahi planlama açısından değerlidir [60, 61].



Şekil 2.7 : Lomber lordoz açısı ve sagittal pelvik parametrelerin ölçümü.

2.4.3. Pelvik parametrelerin ölçümü

Sakral Slope (SS)

Sakral slope/ eğim açısı, sakral platosunun yatay düzleme göre yaptığı açıdır ve omurganın temel destek düzlemini belirler [60, 63] (Şekil 2.7). Sakral plato daha yatay konumlandığında bu açı artar; dikleştiğinde ise azalır. SS, lomber omurganın yerleşimini ve lordoz derecesini doğrudan etkileyen bir parametredir. Yüksek SS değeri genellikle artmış lomber lordozla ilişkilidir.

Pelvik Tilt (PT)

Pelvik tilt / eğim açısı, femur başı merkezleri ile sakrumun üst yüzeyinin orta noktası arasında çizilen doğrunun, düşey eksenle yaptığı açıdır [61, 62] (Şekil 2.7). Bu açı pelvisin öne (anteversiyon) ya da arkaya (retroversiyon) eğilimini yansıtır. Ayakta dururken normalde pelvis hafif öne eğimlidir ve ortalama PT açısı $13^{\circ} \pm 6^{\circ}$ civarındadır. PT açısı arttıkça, pelvis arkaya doğru döner ve vücut ağırlık merkezi femur başlarının daha gerisine doğru kayar [49, 62].

Pelvik İnsidans (PI)

Pelvik insidans, pelvik morfolojiyi tanımlayan sabit ve bireye özgü bir anatomik parametredir. Sakral platoya dik bir çizgi ile femur başlarının merkezi arasındaki açıyı ifade eder [39, 60] (Şekil 2.7). Bu açı bireyin büyümesi tamamlandığında sabitlenir ve yaşam boyunca değişmez. Ortalama değeri yaklaşık $55^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 'dir [61]. PI açısı, PT ve SS açılarının toplamına eşittir. Bu nedenle, PT ve SS değerleri pozisyonel olarak değişse bile, PI değeri sabit kalır.

2.5. Shear-Wave Elastografi (SWE) Yöntemi

2.5.1. SWE teknolojisinin temel prensipleri

SWE, dokuların elastikiyetini kantitatif olarak değerlendirmeye yarayan gelişmiş bir ultrasonografi (USG) yöntemidir. Bu teknikte, kısa süreli yüksek enerjili akustik darbelerle shear dalgaları üretilir ve bu dalgaların yayılma hızına göre doku sertliği belirlenir [64-66]. Geleneksel ultrason dalgalarının aksine, shear dalgaları dokuda transvers yönde yayılır ve mikroskobik düzeyde yer değiştirmelere yol açar [64, 67]. Bu yayılım hızı, dokunun sertlik derecesine doğrudan bağlıdır; daha sert dokularda daha hızlı, daha yumuşak dokularda daha yavaş ilerler [67, 68].

Yöntem, Hooke Yasası'nın dinamik versiyonuna dayanır ve elastisite, Young modülü üzerinden hesaplanır [68]. Bu hesaplama, uygulanan stres ile oluşan deformasyon

arasındaki ilişkiyi nesnel biçimde belirler. Ölçümler sırasında shear dalgaları hedef bölgeye gönderilir, hızları renkli elastogramlar aracılığıyla görselleştirilir ve her piksel dokuya ait elastisiteyi yansıtır [67-69]. Ayrıca, speckle-tracking algoritmaları ile dalgaların yayılım yönü ve hızı analiz edilerek yüzeyel ve derin doku katmanlarının elastisite profili detaylı biçimde belirlenebilir [67].

2.5.2. Kas elastisitesinin değerlendirilmesinde SWE kullanımı

Kas elastisitesinin değerlendirilmesi, kas-iskelet sistemine yönelik işlevsel analizlerde önemli bir yer tutar. Geleneksel görüntüleme yöntemleri kasların morfolojisini gösterse de, mekanik özelliklerine dair kantitatif bilgi sunmakta yetersizdir. Bu boşluğu dolduran SWE, kas sertliği ve elastikiyetini yüksek doğrulukla ölçebilen non-invaziv bir yöntem olarak öne çıkar [67, 70, 71].

SWE, shear dalgalarının kas dokusunda yayılma hızını ölçerek elastikiyet düzeyini belirler. Esnek kaslar bu dalgaları yavaş, sertleşmiş veya fibrotik dokular ise daha hızlı iletir [64, 67]. Aşıl tendonu, hamstring grubu, masseter, pelvik taban, kalça fleksörleri ve erektör spinae gibi kas gruplarının değerlendirilmesinde başarıyla uygulanmaktadır. SWE, myopatiler, kontraktürler, spastisite ve kas yırtıkları gibi durumlarda da klinik bilgi sağlar. Yırtık sonrası hematomlar elastogramlarda yumuşak, fibrotik alanlar ise sert olarak görünür [72, 73]. Heterojen elastisite dağılımları, patolojilerin ayırt edilmesinde kritiktir. Ayrıca myofasyal ağrı sendromunda, SWE gergin bantların çevre dokulara göre daha sert olduğunu gösterebilir ve tedaviye yanıtı izleme olanağı sunar (71). Kasın fonksiyonel durumuna duyarlı olması sayesinde, kas kasılması ve istirahatteki değişimleri de değerlendirebilir. Ayrıca erişkin ve çocuklarda güvenilir ve tekrarlanabilir bir kas sertliği değerlendirme yöntemidir ve literatürde, klasik yöntemlere kıyasla daha fazla objektif veri sunduğu gösterilmiştir [70-75].

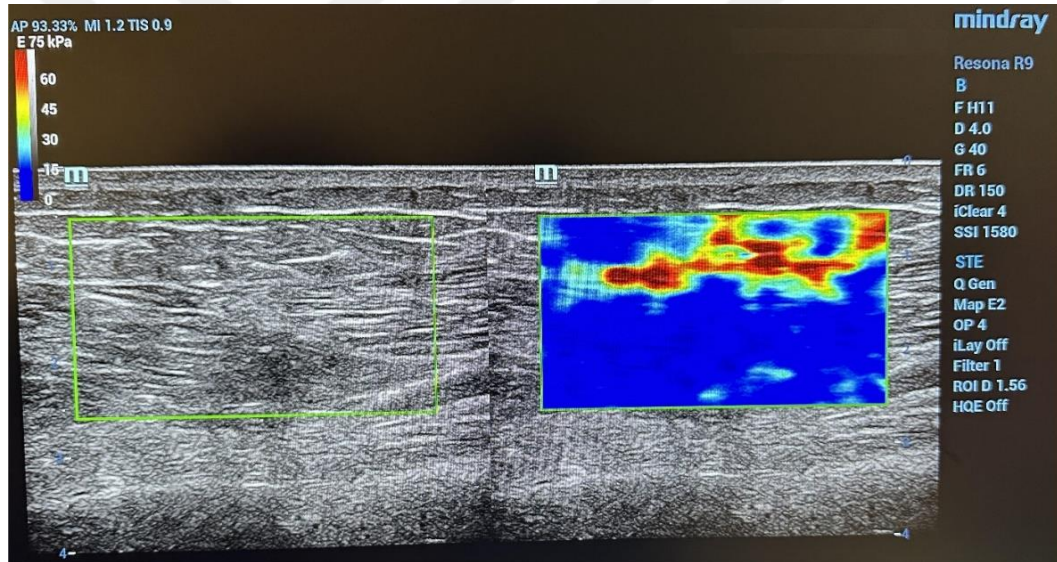
2.5.3. Uygulama protokolü ve ölçüm yöntemi

SWE, kantitatif veri sağlayan bir yöntem olması nedeniyle belirli uygulama kurallarına göre standart şekilde gerçekleştirilmelidir. Ölçüm güvenilirliğini etkileyen başlıca faktörler; cihaz ayarları, prob yerleşimi, kasın fonksiyonel durumu ve hedef bölgenin doğru belirlenmesidir [65, 70].

Uygulama esnasında prob aracılığıyla akustik radyasyon kuvveti uygulanarak shear dalgaları oluşturulur. Bu dalgaların dokuda yayılma hızı, özel algoritmalarla milisaniyeler içinde ölçülerek gerçek zamanlı elastisite haritaları oluşturulur [67, 76].

Her piksel için Shear-Wave hızı (m/s) veya elastisite değeri (kPa) belirlenir ve sonuçlar elastogram adı verilen renkli haritalarla gösterilir. Genellikle koyu mavi yumuşak dokuyu (0–30 kPa), yeşil-turuncu orta sertliği (30–90 kPa) ve kırmızı sert dokuyu (>90 kPa) temsil eder. Sinyalsiz alanlar ise aşırı sert veya kistik bölgeleri ifade eder [64, 69]. SWE, manuel baskı gerektirmediğinden kullanıcı bağımlılığını azaltır ve yüzeysel doku etkisini en aza indirerek derin dokularda güvenilir ölçüm sağlar [77].

Protokole göre hasta rahat pozisyonda, kas istirahatetken değerlendirme yapılmalı; prob, kas liflerine paralel yerleştirilmelidir (Şekil 2.8). Ölçüm genellikle kasın orta kısmından alınır ve aynı noktadan en az üç tekrar yapılarak ortalaması alınır [67, 70]. Bazı cihazlar elastisiteyi otomatik olarak kPa cinsinden hesaplayabilir ve cihazlar arasında teknik farklılıklar olduğundan, ölçümler her cihazın kendi referans aralığına göre değerlendirilmelidir [78, 79].



Şekil 2.8 : Biceps femoris uzun başı elastisitesinin SWE ile ölçümü.

2.5.4. Young modülü ve ölçüm birimleri

SWE, doku sertliğini kantitatif olarak değerlendiren bir yöntemdir. Bu değerlendirme, dokuya uygulanan kuvvete karşı oluşan deformasyonu tanımlayan Young modülüne (Young's modulus) dayanır; bu modül, dokunun sertliğini belirlemede temel bir parametredir [78, 80].

Young modülü, “ $E = \rho \times c^2$ ” denklemiyle hesaplanır; burada E elastisiteyi (kPa), ρ doku yoğunluğunu (kg/m^3) ve c shear dalga hızını (m/s) temsil eder. Dalga hızındaki artış, doğrudan artan doku sertliğiyle ilişkilidir [67, 68]. Bazı cihazlar bu hesaplamayı

otomatik yapar ve sonuçları hem m/s hem de kPa cinsinden rapor eder. Örneğin, 2.5 m/s'lık bir hız yaklaşık 18.75 kPa'lık bir elastisiteye karşılık gelir: $E = 3 \times (2.5)^2 = 18.75 \text{ kPa}$.

2.5.5. SWE yönteminin avantajları ve sınırlılıkları

SWE, kas-iskelet sistemi ve yumuşak doku hastalıklarının değerlendirilmesinde son yıllarda sıkça tercih edilen, gerçek zamanlı ve kantitatif sonuçlar sunan non-invaziv bir tekniktir. Uygulayıcıdan bağımsız çalışması ve doku elastisitesini objektif biçimde değerlendirmesi sayesinde klinik uygulamalarda geniş kullanım alanı bulmuştur [64, 65].

SWE'nin öne çıkan avantajı, doku sertliğini kilopascal (kPa) veya metre/saniye (m/s) cinsinden sayısal olarak ifade edebilmesidir. Bu sayede hem tanı hem de tedavi süreci güvenilir şekilde izlenebilir [64, 67]. Yöntemin milisaniyeler içinde veri toplayabilmesi, elastisite değişimlerinin anlık olarak değerlendirilmesine olanak tanır [67, 76]. Ölçüm sırasında manuel bası gerektirmez ve strain elastografiye kıyasla daha tekrarlanabilir sonuçlar sunar [65, 70]. Ayrıca yüksek frekanslı shear dalgaları sayesinde derin dokuların daha güvenli biçimde analizine imkân tanır [77]. SWE yalnızca anatomik değil, aynı zamanda mekanik değişimleri de tespit edebildiğinden erken dönem patolojilerin tanısında ve iyileşmenin takibinde değerlidir [65, 70, 71]. Karaciğer, tiroid, kaslar gibi organlarda etkinliği kanıtlanmıştır [74, 81-84].

Yine de bazı sınırlamaları vardır. Obez bireylerde shear dalgalarının zayıflaması, derin dokularda sinyal kaybına yol açabilir [79]. SWE'nin dayandığı varsayımlar –doku homojenliği, izotropisi ve lineer elastikliği– her biyolojik yapı için geçerli olmayabilir; bu da ölçüm doğruluğunu etkileyebilir [79]. Ayrıca, shear dalgalarının yayılmadığı fibrotik ya da kistik bölgelerde sinyal alınamaz [69]. Yöntemin temelinde yer alan doğrusal deformasyon gibi kabuller her zaman biyolojik dokularla örtüşmeyebilir; bu nedenle sonuçların dikkatli yorumlanması gerekir [79, 85].

2.6. Hamstring Esnekliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Klinik Testler

Hamstring esnekliğinin değerlendirilmesinde kullanılan testler; Otur-Uzan Testi, Modifiye Otur-Uzan Testi, Sırt Destekli Otur-Uzan Testi, V Otur-Uzan Testi, Tek Bacaklı Otur-Uzan Testi ve Sandalyede Otur-Uzan Testi gibi lineer ölçüm yöntemlerinin yanı sıra, Pasif/Aktif Düz Bacak Kaldırma Testi ve Pasif/Aktif Diz

Ekstansiyon Testi gibi açısal ölçümlerle gerçekleştirilir. Ayrıca, USG, radyografi, inklinometre ve Spinal Mouse gibi cihaz temelli teknikler de bazı çalışmalarda tercih edilmiştir [86].

2.6.1. Aktif diz ekstansiyon testi (ADET)

Bu testte birey sırt üstü yatarken kalça 90° fleksiyona getirilir ve ardından dizini aktif olarak ekstansiyona getirir. Elde edilen açı değeri bir gonyometre yardımıyla ölçülür [87] (Şekil 2.9). Bu testte ölçülen açı, kişinin hamstring esnekliği hakkında bilgi sunar. Klasik ölçümde daha düşük açı değerleri, daha yüksek esnekliğe işaret eder. Her ne kadar güvenilirliği yüksek olsa da, testin sonucu uygulayıcının deneyimi ve bireyin istemli hareket kabiliyeti gibi faktörlerden etkilenebilir [88].



Şekil 2.9 : Aktif Diz Ekstansiyon Testi ve gonyometre ile açı ölçümü [89].

2.6.2. Düz bacak kaldırma testi (DBKT)

Hamstring kaslarının fleksibilitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan açısal bir testtir. Bu testte birey sırtüstü pozisyondayken, dizleri ekstansiyonda kalacak şekilde alt ekstremité pasif olarak yukarı kaldırılır. Ölçüm, kalçanın ulaştığı fleksiyon açısı temel alınarak gonyometre ile yapılır (Şekil 2.10). Düz bacak kaldırma testinin sonlandırılma noktası şu iki kriterden biri ya da her ikisinin gözlenmesiyle belirlenmektedir: a) katılımcının hamstring bölgesinde ağrı bildirmesi ve/veya b) pelvik rotasyonun palpabl başlangıcı [90]. Bazı çalışmalarda diğer testlerle orta

düzeyde korelasyon gösterdiği belirtilmiştir; ancak, saha uygulamalarında çeşitli pratik sınırlamaları bulunabilir [86].



Şekil 2.10 : Düz Bacak Kaldırma Testi ve gonyometre ile açı ölçümü [91].

2.6.3. Otur-uzan testi

Bireyin düz bacaklar ile oturup öne uzanarak ayak parmaklarına ulaşmaya çalıştığı basit bir esneklik testidir (Şekil 2.11). Parmak ucu ile ayak tabanı hizası arasındaki mesafe ölçülerek değerlendirme yapılır [87]. Bu test sadece hamstring değil, aynı zamanda bel, pelvik bölge ve üst vücut mobilitesini de ölçmektedir. Dolayısıyla sonuçlar, yalnızca hamstring esnekliğine değil, genel gövde esnekliğine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir [86].



Şekil 2.11 : Otur-Uzan Testi [92].

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Katılımcıların Seçimi ve Demografik Verilerin Toplanması

Bu çalışma, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Etik Kurullar Birimi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2024/251 karar numarası ile onaylanmıştır. Ayrıca, araştırmanın yürütülebilmesi için T.C. Sağlık Bakanlığı Kahramanmaraş İl Sağlık Müdürlüğü ve Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi'nden gerekli kurum izinleri alınmıştır. Çalışma süresince, ilk olarak 1964 yılında kabul edilen ve en son 2024 yılında sekizinci kez güncellenen Dünya Tabipler Birliği Helsinki Bildirgesi'nin etik ilkelerine tam olarak uyulmuştur. Araştırmanın amacı ve uygulama süreci tüm katılımcılara açıklanmış ve katılımcılardan bilgilendirilmiş gönüllü olur formu alınmıştır.

Bu kesitsel çalışma, 18–30 yaş aralığında yer alan toplam 100 sağlıklı erkek birey üzerinde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar iki ayrı grup olarak değerlendirilmiştir. A Grubu, en az üç yıllık lisans geçmişine sahip, (2024-2025 sezonunda Kahramanmaraş ili amatör futbol liglerinde) aktif olarak amatör futbol oynayan 50 erkek futbolcudan oluşmaktadır. B Grubu ise, lisanslı futbolculuk geçmişi bulunmayan, aktif olarak profesyonel ya da amatör düzeyde spor yapmayan ve kronik kas-iskelet sistemi rahatsızlığı olmayan 50 sağlıklı erkek bireyden oluşmaktadır ve gruptaki katılımcılar, yaş ve cinsiyet uyumluluğu gözetilerek, gönüllülük esasına göre belirlenmiştir. B Grubu bireylerinin seçiminde herhangi bir özel test ya da anket uygulanmamıştır.

Tüm katılımcıların yaşı, boyu, kilosu, vücut kitle indeksi (VKİ) ve dominant bacak tarafı kayıt altına alınmıştır. VKİ, kilogram cinsinden vücut ağırlığının, metre cinsinden boy uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplanmıştır. A Grubu için ayrıca lisans yılı bilgisi kaydedilmiştir.

Çalışmaya; kas-iskelet sistemi hastalığı, nörolojik bozukluk, alt ekstremitte veya lomber bölgeye ait cerrahi öykü, anatomik deformite ya da ölçümlere engel teşkil

edecek akut ağrı şikâyeti olan bireyler dâhil edilmemiştir. Ayrıca, son altı ay içinde geçirilmiş hamstring yaralanması veya son bir yıl içinde klinik olarak anlamlı bel ağrısı öyküsü bulunan bireyler de dışlanmıştır. VKİ değeri 30'un üzerinde olan bireyler ile kronik hastalığı bulunanlar (örneğin diabetes mellitus, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalık, romatizmal hastalıklar, kronik solunum yolu hastalıkları gibi) dışlama kriteri kapsamında değerlendirilmiştir.

3.2. Lomber Lordoz ve Pelvik Parametrelerin Radyolojik Ölçümü

Lomber omurga ve pelvik bölgeye ait radyolojik değerlendirmeler, ayakta pozisyonda çekilen yan (lateral) lomber grafiler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme sırasında katılımcılar doğal postürde konumlandırılmış; dizler ekstansiyonda, ayaklar omuz genişliğinde açık olacak şekilde yerleştirilmiş ve üst ekstremiteler öne doğru uzatılarak lomber bölge üzerindeki görüntü örtüşmeleri engellenmiştir. Pelvisin yatay düzleme göre rotasyon göstermemesi sağlanmış, bu sayede ölçümlerin doğruluğu korunmuştur. Tüm radyolojik görüntüler dijital sistem üzerinden elde edilmiş ve ölçümler aynı araştırmacı (radyoloji uzmanı) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Lomber lordoz açısı, Cobb yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçümde, on ikinci sırt omurunun (T12) alt düzlemi ile birinci sakral omurun (S1) üst düzlemi arasına çizilen doğrular arasındaki açı esas alınmıştır [93]. Lomber bölgenin fizyolojik eğriliğini yansıtan bu açı, sagittal düzlemdeki spinal hizalanmayı değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

Pelvik bölgeye ait parametreler arasında sakral eğim açısı (sakral slope), pelvik tilt açısı ve pelvik insidans açısı değerlendirilmiştir. Sakral eğim açısı, sakrumun üst endplate'ine teğet olarak çizilen doğru ile yatay düzlem arasındaki açı olarak ölçülmüştür. Pelvik tilt açısı, femur başı merkezi ile sakrumun üst endplate orta noktası arasında çizilen doğru ile dikey eksen arasındaki açı şeklinde hesaplanmıştır. Pelvik insidans açısı ise sakrumun üst endplate orta noktası ile femur başı merkezi arasında çizilen doğru ile sakrumun üst yüzeyine teğet olan doğru arasındaki açı olarak belirlenmiş ve aynı zamanda sakral eğim ile pelvik tilt açılarının toplamı olarak da ifade edilmiştir.

3.3. Hamstring Kaslarının SWE ile Değerlendirilmesi

Hamstring kaslarının pasif elastikiyetini kantitatif olarak değerlendirmek amacıyla SWE yöntemi kullanılmıştır. Tüm ultrasonografik ölçümler, en az beş yıllık SWE deneyimine sahip bir radyoloji uzmanı tarafından, Mindray Resona R9 ultrasonografi cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Shenzhen, Çin). Cihazda 3–15 MHz frekans aralığında çalışan lineer transdüser kullanılmış ve ölçümler sabit ortam sıcaklığında, sessiz bir odada ve standartlaştırılmış protokole uygun şekilde yapılmıştır.

Katılımcılar yüzüstü (prone) pozisyonda, kalçaları nötr ve dizleri tam ekstansiyonda olacak şekilde yatağa yerleştirilmiştir. Ayak bileklerinin altına ince bir rulo yerleştirilerek pasif kas gevşemesi desteklenmiş; kuadriseps kaslarının gevşek olması sağlanmış ve katılımcılardan ölçüm süresince kaslarını kasmamaları istenmiştir. Ölçümler yalnızca statik (dinlenme hâlinde, pasif durumda) gerçekleştirilmiş, kas aktivasyonu veya gerilme uygulanmamıştır.

Değerlendirme her iki alt ekstremité için ayrı ayrı yapılmıştır. Ölçülen kaslar arasında semitendinosus, semimembranosus ve biceps femoris'in uzun başı yer almıştır. Her bir hamstring kası için elastisite ölçümleri, yalnızca kasın gövde kısmı olan mid-belly bölgesinden alınmıştır. Bu bölge, kasın en homojen, lif yönünün en belirgin ve ölçüm güvenilirliğinin en yüksek olduğu anatomik düzey olarak tercih edilmiştir. Ölçüm noktaları, kaslara özgü referanslara göre standartlaştırılmıştır. Semitendinosus ve semimembranosus kasları için ölçümler iskiyal tüberositeden yaklaşık 10–15 cm distal; biceps femoris için ise gluteal kıvrımdan yaklaşık 5–7 cm distal yönde belirlenmiştir. Bu düzeylerde, kas lifi yönüne paralel olarak yerleştirilen ultrason probu ile aynı anatomik düzlem üzerinde üç ayrı ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin ortalaması analizlerde kullanılmıştır.

Ultrason probu, her bir kasın lif yönüne paralel şekilde yerleştirilmiş ve ölçüm sırasında minimum prob baskısı uygulanmasına özen gösterilmiştir. Ölçüm alınacak bölge belirlendikten sonra, kas içindeki homojen elastisite gösteren kısımlar hedeflenmiştir. Ölçüm, cihazın elastografi modunda oluşturduğu 'region of interest' (ROI – ilgi alanı) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. ROI, dairesel formda olup kasın kalınlığına ve anatomik özelliklerine göre cihaz tarafından otomatik olarak boyutlandırılmıştır. Her bir kas için belirlenen mid-belly düzleminde, aynı düzlem

üzerinde üç ayrı ROI yerleştirilerek üç tekrar ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin ortalaması istatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Kalite kontrolü amacıyla elastografi cihazının 'yayılma modu' (propagation mode) aktif hale getirilmiş ve sadece yayılma hatlarının paralel ve düzgün olarak izlendiği görüntüler geçerli kabul edilmiştir. Ölçüm sırasında sadece elastisite modülü/ shear elastic modulus (Young's modulus) değeri dikkate alınmış; bu değer kilopascal (kPa) cinsinden kaydedilmiştir.

Tüm ölçümler aynı uygulayıcı tarafından, sabit bir protokol çerçevesinde ve aynı cihazla gerçekleştirilmiş olup, ölçümler arası tutarlılığın sağlanmasına özen gösterilmiştir.

3.4. Klinik Esneklik Testleri

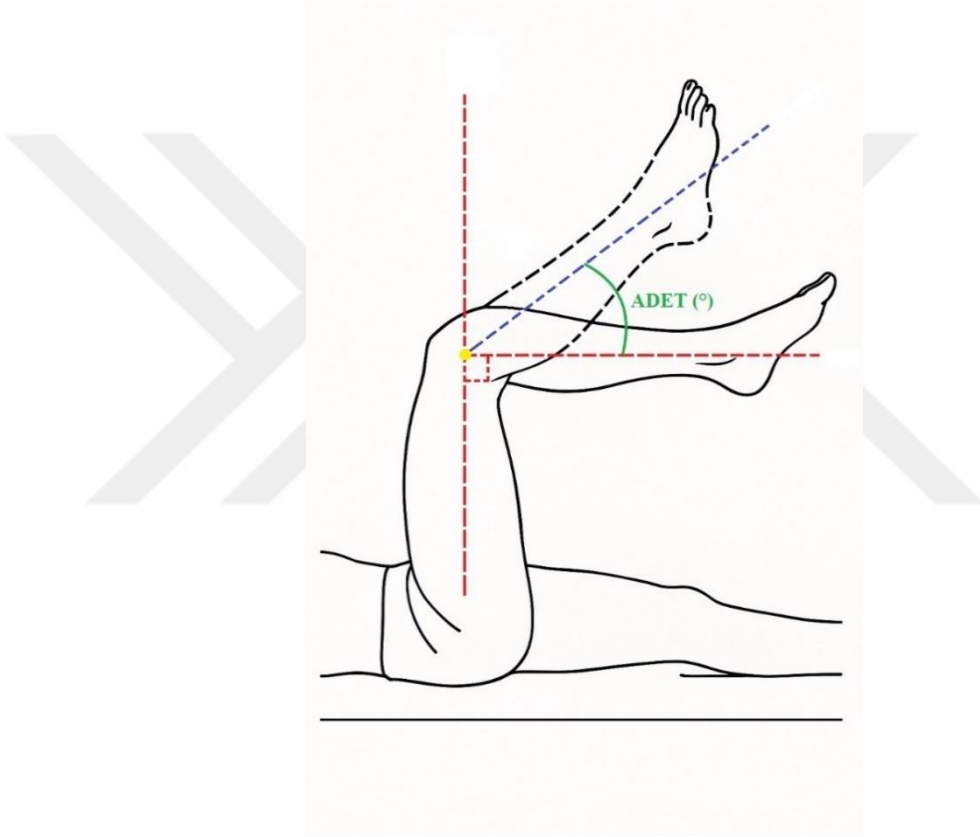
Bu çalışmada, hamstring kas grubunun esnekliğini değerlendirmek amacıyla üç farklı klinik test uygulanmıştır: Aktif Diz Ekstansiyonu Testi (ADET), Düz Bacak Kaldırma Testi (DBKT) ve Otur-Uzan Testi. Tüm klinik testler, aynı ortopedi ve travmatoloji uzmanı tarafından, sabit ortam koşullarında ve her test için belirlenen standart protokoller izlenerek gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında ölçüm sırası sabit tutulmuş, ortam sessiz ve uygun sıcaklıkta olacak şekilde ayarlanmış, her birey için eşit koşullar sağlanmıştır. Her bir test hem sağ hem de sol bacak için ayrı ayrı uygulanmış, üçer kez tekrar edilmiş ve her bireyin en yüksek değeri istatistiksel analizlerde esas alınmıştır. Uygulamalar arasında üç dakikalık dinlenme süresi bırakılmıştır.

3.4.1 Aktif diz ekstansiyonu testi (ADET)

Katılımcı sırtüstü pozisyonda yerleştirilmiş, test edilecek bacağın kalçası 90° fleksiyonda sabitlenmiştir. Karşı bacak düz şekilde masaya yerleştirilmiş ve pelvik hareketi önlemek amacıyla stabilize edilmiştir. Katılımcıdan, test edilen bacağı diz ekleminde ekstansiyona getirmesi istenmiştir. Ölçüm, diz ekleminin ulaştığı maksimum açı üzerinden, gonyometrenin merkezi femur lateral epikondili üzerine yerleştirilip, sabit kol femur boyunca trokanter majöre, hareketli kol ise fibula boyunca lateral malleole hizalanacak şekilde yapılmış, elde edilen değerden 90° çıkarılarak, test edilen bacağın kalça 90° fleksiyonda sabitlenmiş konumda ne ölçüde ekstansiyona ulaşabildiği hesaplanmıştır (Şekil 3.1). Test sırasında kalça pozisyonunun korunmasına ve pelvik rotasyonun engellenmesi için üçüncü bir kişi tarafından elle

destek sağlanarak karşı bacak düz tutulmuştur. Bu test, hamstring kaslarının aktif kas katılımı altındaki esneklik düzeyini değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır.

Çalışmamızdaki ADET açısı değerlendirme metodu, geleneksel metoddan farklı olarak uygulanmıştır. ADET’te elde edilen gonyometrik açı değerlerinden 90° çıkarılarak yapılan dönüştürme, DBKT’de olduğu gibi $0-90^\circ$ aralığında bir ölçekleme elde edebilmek amacıyla uygulanmıştır. Bu sayede, her iki test için benzer bir ölçüm skalasında kıyaslama sağlanarak, ADET ile DBKT arasındaki kıyaslamalarda ölçümsel uyum hedeflenmiştir.

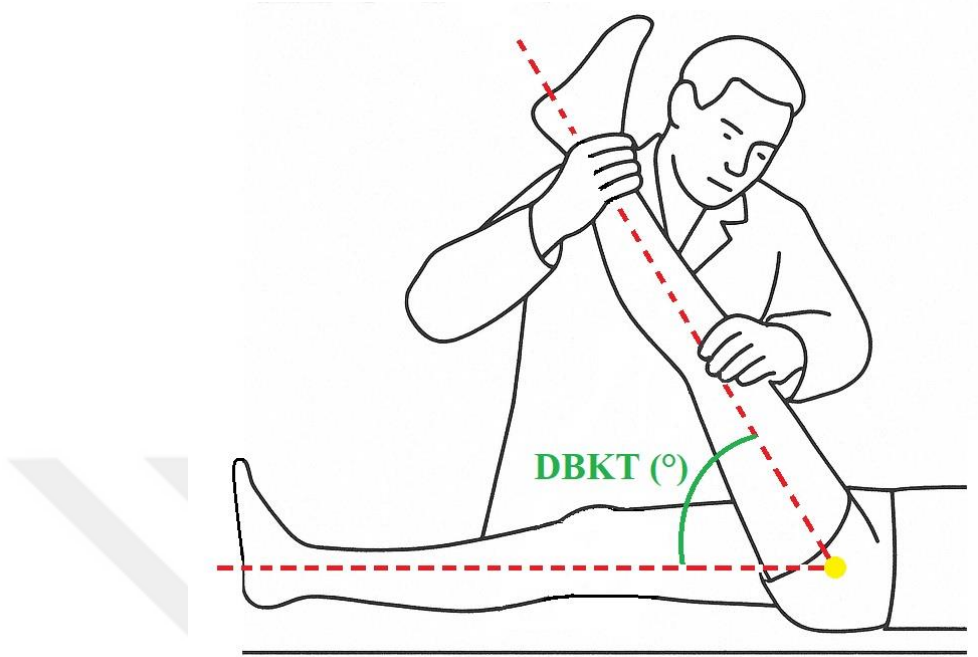


Şekil 3.1 : Aktif Diz Ekstansiyonu Testi (ADET) açısı ölçüm metodu.

3.4.2. Düz bacak kaldırma testi (DBKT)

Bu test pasif olarak uygulanmıştır. Katılımcı sırtüstü pozisyona alınmış, test edilen bacak diz ekstansiyonda tutulmuş ve kalça yavaşça fleksiyona getirilmiştir (Şekil 3.2). Ölçüm, bacağın zeminle yaptığı açı üzerinden, gonyometrenin merkezi trokanter majör üzerine yerleştirilip, sabit kol gövde eksenine boyunca, hareketli kol ise femur boyunca lateral femur kondiline doğru hizalanacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sırasında pelvisin posterior rotasyon yapmaması için ikinci bir kişi tarafından elle destek sağlanmış, karşı bacak düz tutulmuştur. Hareketin sabit hızda, yumuşak ve

kompansevar hareket oluşturmadan yapılmasına özen gösterilmiştir. Bu test, hamstring kaslarının pasif esneklik düzeyini ortaya koymak amacıyla tercih edilmiştir.



şekil 3.2 : Düz Bacak Kaldırma Testi (DBKT) açısı

3.4.3. Otur-uzan testi

Katılımcılar, zemine oturur pozisyonda alınmış, dizleri tamamen ekstansiyonda, bacaklar bitişik ve ayak tabanları sabit bir platforma (yüksekliği 35 cm olan kutu) temas edecek şekilde yerleştirilmiştir (şekil 3.3). Eller gövdenin önünde uzatılarak, avuç içleri aşağıya bakacak şekilde maksimum öne eğilme sağlanmış ve parmak uçlarının ulaştığı mesafe, kutu üzerindeki cetvel yardımıyla kaydedilmiştir. Test sırasında dizlerin bükülmemesi, gövdenin öne simetrik şekilde eğilmesi ve topukların kutudan ayrılmaması sağlanmıştır. Bu test, hamstring kaslarının esnekliğinin yanı sıra lumbopelvik bölgenin genel hareket kabiliyetini değerlendirmek amacıyla tercih edilmiştir.



Şekil 3.3 : Otur-Uzan Testi.

3.5. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi, Python programlama dili (sürüm 3.12.7; Python Software Foundation, Wilmington, DE, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenlerin normallik dağılımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiş olup, $p < 0.05$ olan değişkenlerin normal dağılıma uymadığı kabul edilmiştir. Normallik varsayımı sağlanan değişkenlerde parametrik testler, normallik göstermeyenlerde ise non-parametrik testler kullanılmıştır.

İki bağımsız grup (A ve B) arasındaki karşılaştırmalarda, değişkenlerin dağılım özelliklerine göre uygun istatistiksel testler uygulanmıştır. Normal dağılım gösteren değişkenlerde, varyans homojenliği Levene's testi ile değerlendirilmiş; varyansların eşit olduğu durumlarda standart Bağımsız Örneklem T-Testi, eşit olmadığı durumlarda ise Welch düzeltmeli T-Testi kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen değişkenler için ise Mann-Whitney U testi tercih edilmiştir.

Sürekli değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde, dağılım özelliklerine göre Pearson veya Spearman korelasyon analizleri kullanılmıştır. Korelasyon katsayıları (r), ilişkinin yönünü ve gücünü ifade etmekte olup, Cohen'in sınıflamasına göre $|r| = 0.10-0.29$ arası zayıf, $0.30-0.49$ arası orta, ≥ 0.50 ise güçlü ilişki olarak değerlendirilmiştir. Grup karşılaştırmalarında yalnızca istatistiksel farklar değil, pratik önem düzeyi de göz önünde bulundurulmuş ve bu amaçla etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Parametrik testler için Cohen's d katsayısı, parametrik olmayan testler için ise eta kare/ squared (η^2) değeri kullanılmıştır. Cohen's d için 0.2 küçük, 0.5 orta

ve 0.8 ve üzeri büyük etki; η^2 için ise 0.01 küçük, 0.06 orta ve 0.14 üzeri büyük etki olarak yorumlanmıştır.

Aynı bireylerin dominant ve non-dominant bacaklarına ait ölçümler karşılaştırılırken, veriler eşleştirilmiş yapıda olduğundan Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulanmıştır.

Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiş, uygun durumlarda $p < 0.01$ ve $p < 0.001$ düzeyleri ayrıca belirtilmiştir.



4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı İstatistiklerin Gruplar Arasında Kıyaslanması

Amatör erkek futbolculardan oluşan A Grubu ile sağlıklı erkek bireylerden oluşan B Grubu arasında değerlendirilen tüm değişkenler için tanımlayıcı istatistikler sunulmuş, ardından iki grup arasındaki farkların istatistiksel anlamlılığı analiz edilmiştir. Her bir değişken için normal dağılım varsayımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenlerde, varyans homojenliği Levene's testi ile kontrol edilmiş; varyansların eşit olduğu durumlarda standart Bağımsız Örneklem T-Testi, eşit olmadığı durumlarda ise Welch düzeltilmeli T-Testi uygulanmıştır. Normal dağılım göstermeyen değişkenler için ise Mann-Whitney U testi tercih edilmiştir. Grup karşılaştırmalarında etki büyüklüğü, parametrik testlerde Cohen's d katsayısı ile, parametrik olmayan testlerde ise eta kare (η^2) ile değerlendirilmiştir. Cohen's d için 0.2 küçük, 0.5 orta ve 0.8 ve üzeri büyük etki; η^2 için ise 0.01 küçük, 0.06 orta ve 0.14 üzeri büyük etki olarak yorumlanmıştır.

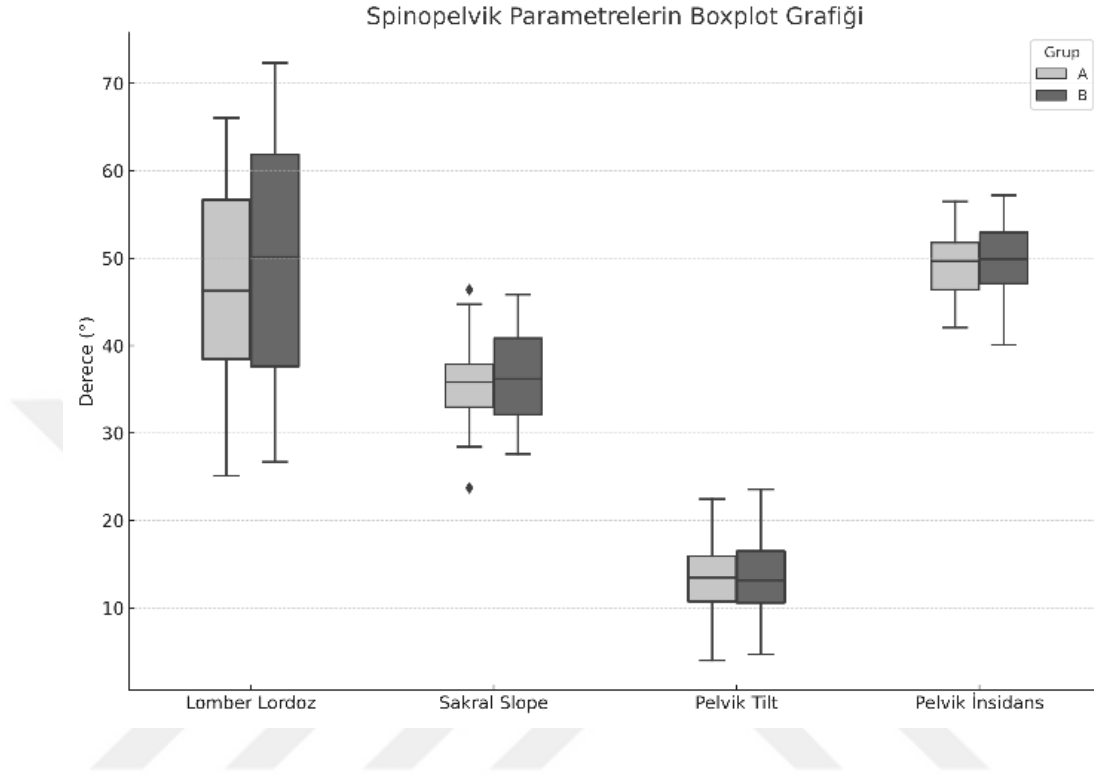
4.1.1. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri

Lomber lordoz (LL) açısı, A grubunda $46.34^\circ \pm 10.66$, B grubunda ise $50.05^\circ \pm 13.48$ olarak ölçülmüş; gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.201$, $\eta^2 = 0.016$).

Sakral slope (SS) açısı A grubunda $35.87^\circ \pm 4.46$, B grubunda $36.42^\circ \pm 5.08$ olup gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p = 0.799$, $\eta^2 = 0.001$).

Pelvik tilt (PT) açısı, A grubunda $13.11^\circ \pm 4.00$, B grubunda $13.34^\circ \pm 4.27$ olarak belirlenmiş; iki grup arasında anlamlı fark gözlenmemiştir ($p = 0.790$, Cohen's d = -0.053).

Pelvik insidans (PI) açısı, A grubunda $48.99^\circ \pm 3.82$, B grubunda $49.75^\circ \pm 4.10$ olarak ölçülmüş olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0.336$, Cohen's $d = -0.193$) (Şekil 4.1) (Tablo 4.1).



Şekil 4.1 : Gruplara göre lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri.

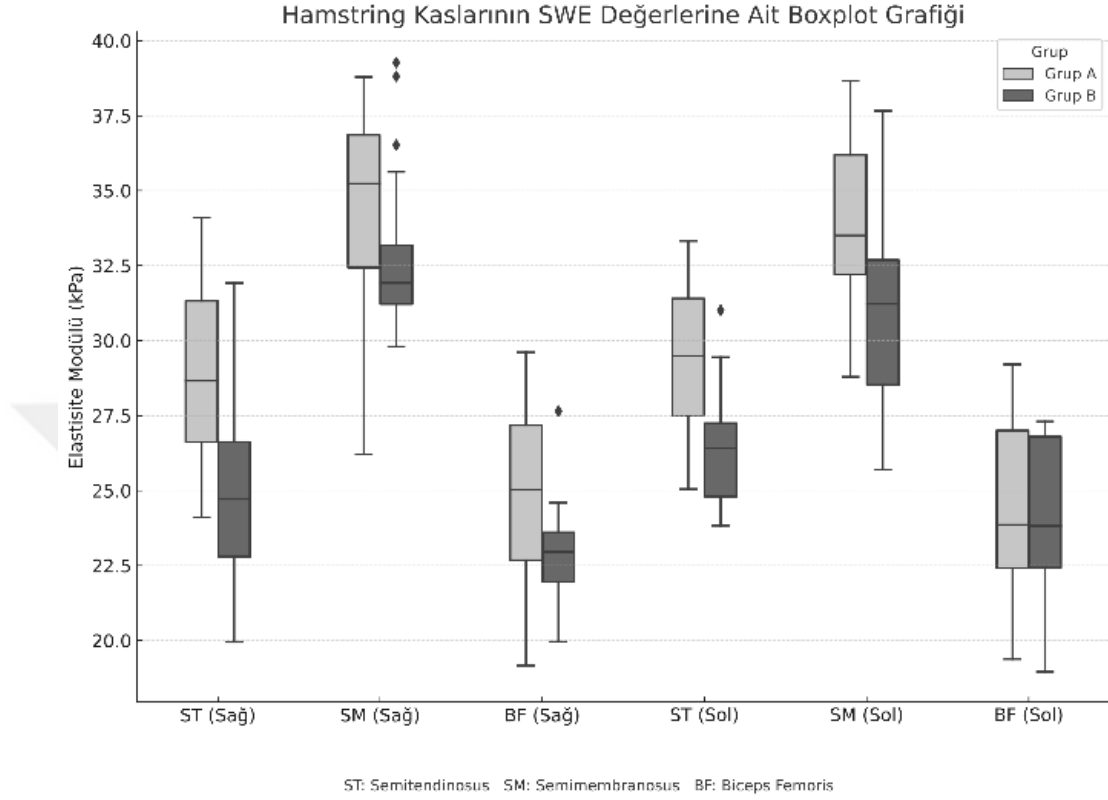
4.1.2. Hamstring kas elastisite (SWE) değerleri

Sağ bacak Semitendinosus kasının SWE değeri A grubunda 28.91 ± 2.98 kPa, B grubunda ise 25.15 ± 2.59 kPa olarak ölçülmüş olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.323$); A grubunda daha yüksek SWE değerleri saptanmıştır. Sol bacak Semitendinosus kası için A grubunda 29.41 ± 2.45 kPa, B grubunda 26.24 ± 1.58 kPa ölçülmüş ve A grubunun anlamlı düzeyde daha yüksek SWE değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.368$).

Sağ bacak Semimembranosus kasında A grubunda 34.60 ± 2.73 kPa, B grubunda 32.45 ± 1.96 kPa ölçülmüş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.178$). Sol bacak Semimembranosus kası için A grubunda 33.74 ± 2.79 kPa, B grubunda 30.89 ± 2.97 kPa ölçülmüş olup, A grubunda belirgin şekilde daha yüksek SWE değeri saptanmıştır ($p < 0.001$, Cohen's $d = 0.990$).

Sağ bacak Biceps Femoris kası açısından A grubunda 24.78 ± 3.06 kPa, B grubunda 22.96 ± 1.25 kPa olarak ölçülmüş ve gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı

bulunmuştur ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.117$). Sol bacak Biceps Femoris kası için A grubu ortalaması 24.33 ± 2.70 kPa, B grubu ise 24.13 ± 2.50 kPa olup bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.615$, $\eta^2 = 0.003$) (Şekil 4.2) (Tablo 4.1).



Şekil 4.2 : Gruplara göre hamstring kas elastisite (SWE) değerleri

4.1.3. Demografik veriler

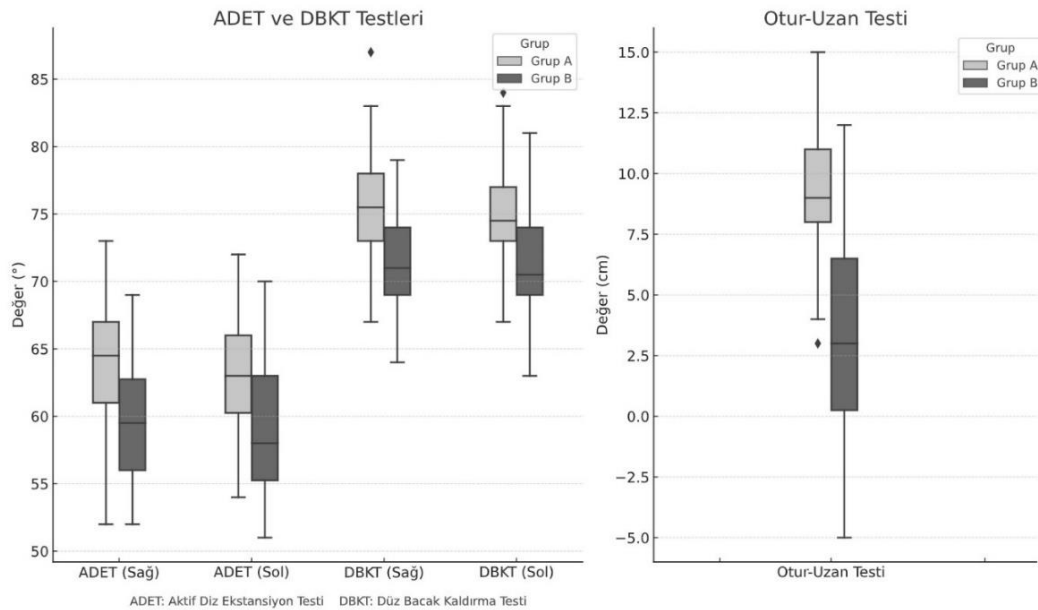
Yaş açısından A grubu ortalaması 21.74 ± 2.91 yıl, B grubu ise 23.14 ± 2.98 yıl olarak hesaplanmış ve B grubunun daha ileri yaşta olması yönünde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p < 0.05$, $\eta^2 = 0.056$). Vücut ağırlığı A grubunda 70.94 ± 7.61 kg, B grubunda 74.72 ± 8.44 kg olup, B grubunun anlamlı düzeyde daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$, Cohen's $d = -0.470$). Boy uzunluğu A grubunda 176.28 ± 5.64 cm, B grubunda 175.40 ± 5.77 cm olarak ölçülmüş, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.442$, Cohen's $d = 0.154$). Vücut Kitle İndeksi (VKİ) A grubunda 22.81 ± 2.08 kg/m², B grubunda ise 24.26 ± 2.24 kg/m² olarak hesaplanmış olup, B grubunun anlamlı düzeyde daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir ($p < 0.01$, $\eta^2 = 0.077$). Lisans yılı yalnızca A grubuna ait bir parametre olup, bu grup için ortalama 7.82 ± 3.11 yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1).

4.1.4. Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testler

ADET sonuçlarına göre, sağ bacakta A grubunda $64.08^\circ \pm 4.50$, B grubunda $59.80^\circ \pm 4.60$ olarak ölçülmüş ve A grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.181$). Sol bacak ADET değerleri incelendiğinde, A grubunda $63.28^\circ \pm 4.14$, B grubunda $59.30^\circ \pm 5.25$ olarak kaydedilmiş; bu fark da A grubunun lehine olacak şekilde anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.149$).

DBKT sonuçlarına göre, sağ bacak için A grubunda $75.74^\circ \pm 3.82$, B grubunda $72.02^\circ \pm 3.68$ ölçülmüş olup A grubunun anlamlı düzeyde daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$, Cohen's $d = 0.991$). Sol bacakta ise A grubunda $75.06^\circ \pm 3.43$, B grubunda $71.64^\circ \pm 4.29$ ölçülmüş; bu fark da A grubu lehine istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$, Cohen's $d = 0.881$).

Otur-Uzan Testi'nde A grubu ortalaması 9.52 ± 2.38 cm, B grubu ortalaması ise 3.50 ± 4.48 cm olarak hesaplanmış; A grubunun daha yüksek esneklik değerlerine sahip olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.001$, Cohen's $d = 1.678$) (Şekil 4.3) (Tablo 4.1).



Şekil 4.3 : Gruplara göre hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testler.

Tablo 4.1 : A ve B gruplarına göre radyolojik, elastografik, demografik ve klinik ölçümler.

Parametre	A Grubu	B Grubu	Etki büyüklüğü	p-değeri
	Ortalama $\pm$ SD (Min- Maks)	Ortalama $\pm$ SD (Min- Maks)		
Lomber Lordoz açısı (°)	46.34 $\pm$ 10.66 (25.09 - 66.04)	50.05 $\pm$ 13.48 (26.7 - 72.34)	0.016 ‡	0.201
Sakral Eğim (Slope) açısı (°)	35.87 $\pm$ 4.46 (23.73 - 46.39)	36.42 $\pm$ 5.08 (27.6 - 45.84)	0.001 ‡	0.799
Pelvik Eğim (Tilt) açısı (°)	13.11 $\pm$ 4.0 (3.99 - 22.45)	13.34 $\pm$ 4.27 (4.69 - 23.55)	-0.053 †	0.790
Pelvik İnsidans açısı (°)	48.99 $\pm$ 3.82 (42.08 - 56.47)	49.75 $\pm$ 4.1 (40.08 - 57.2)	-0.193 †	0.336
Sağ bacak Semitendinosus (kPa)	28.91 $\pm$ 2.98 (24.1 - 34.1)	25.15 $\pm$ 2.59 (19.95 - 31.92)	0.323 ‡	p < 0.001
Sağ bacak Semimembranosus (kPa)	34.6 $\pm$ 2.73 (26.21 - 38.79)	32.45 $\pm$ 1.96 (29.8 - 39.27)	0.178 ‡	p < 0.001
Sağ bacak Biceps Femoris (kPa)	24.78 $\pm$ 3.06 (19.17 - 29.61)	22.96 $\pm$ 1.25 (19.96 - 27.65)	0.117 ‡	p < 0.001
Sol bacak Semitendinosus (kPa)	29.41 $\pm$ 2.45 (25.05 - 33.32)	26.24 $\pm$ 1.58 (23.83 - 31.01)	0.368 ‡	p < 0.001
Sol bacak Semimembranosus (kPa)	33.74 $\pm$ 2.79 (28.79 - 38.66)	30.89 $\pm$ 2.97 (25.7 - 37.66)	0.99 †	p < 0.001
Sol bacak Biceps Femoris (kPa)	24.33 $\pm$ 2.7 (19.38 - 29.21)	24.13 $\pm$ 2.5 (18.96 - 27.3)	0.003 ‡	0.615
Yaş	21.74 $\pm$ 2.91 (18 - 27)	23.14 $\pm$ 2.98 (18 - 29)	0.056 ‡	p < 0.05
Vücut ağırlığı (kg)	70.94 $\pm$ 7.61 (53 - 85)	74.72 $\pm$ 8.44 (61 - 95)	-0.47 †	p < 0.05
Boy uzunluğu (cm)	176.28 $\pm$ 5.64 (163 - 187)	175.4 $\pm$ 5.77 (160 - 189)	0.154 †	0.442
Vücut Kitle İndeksi (kg/m ²)	22.81 $\pm$ 2.08 (18.78 - 26.7)	24.26 $\pm$ 2.24 (21.07 - 29.41)	0.077 ‡	p < 0.01
Lisans Yılı	7.82 $\pm$ 3.11 (3 - 13)	---	---	---
Sağ bacak ADET (°)	64.08 $\pm$ 4.5 (52 - 73)	59.8 $\pm$ 4.6 (52 - 69)	0.181 ‡	p < 0.001
Sol bacak ADET (°)	63.28 $\pm$ 4.14 (54 - 72)	59.3 $\pm$ 5.25 (51 - 70)	0.149 ‡	p < 0.001
Sağ bacak DBKT (°)	75.74 $\pm$ 3.82 (67 - 87)	72.02 $\pm$ 3.68 (64 - 79)	0.991 †	p < 0.001
Sol bacak DBKT (°)	75.06 $\pm$ 3.43 (67 - 84)	71.64 $\pm$ 4.29 (63 - 81)	0.881 †	p < 0.001
Otur-Uzan Testi (cm)	9.52 $\pm$ 2.38 (3 - 15)	3.5 $\pm$ 4.48 (-5 - 12)	1.678 §	p < 0.001

SD: Standart sapma, min: minimum, maks: maksimum, kPa: Kilopascal

†: Bağımsız Örneklem T-Testi, ‡: Mann-Whitney U testi, §: Welch düzeltilmeli T-Testi

*Etki büyüklüğü, T-Testleri için Cohen's d katsayısı olarak, Mann-Whitney U testi için eta kare (η^2) olarak verilmiştir.

4.2. Veri Kategorileri İçi Korelasyon Analizi

Bu bölümde, aynı veri kategorisine ait değişkenler arasındaki ilişkiler A Grubu (amatör futbolcular) ve B Grubu (sağlıklı bireyler) için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri, kas elastisite ölçümleri (SWE), demografik değişkenler ve hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testler kendi kategorileri içerisinde değerlendirilmiştir. Verilerin dağılım özellikleri Shapiro-Wilk testi ile incelenmiş; normal dağılım gösteren değişken çiftlerinde Pearson korelasyon testi, normal dağılım göstermeyen veya sıralı yapıda olan değişken çiftlerinde ise Spearman korelasyon testi kullanılmıştır. Korelasyon katsayısı (r), iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü; p -değeri ise bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Etki büyüklüğü yorumlanırken r değerleri küçük (0.10–0.29), orta (0.30–0.49) ve büyük (0.50 ve üzeri) olmak üzere sınıflandırılmıştır.

4.2.1. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri korelasyon analizi

LL ve pelvik açı parametreleri incelendiğinde, LL açısı ile SS açısı arasında A grubunda ($r = 0.646$, $p < 0.001$), B grubunda ise ($r = 0.515$, $p < 0.001$) düzeyinde güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

LL ile PT açısı arasındaki ilişki incelendiğinde, A grubunda orta şiddette negatif korelasyon olduğu saptanmış ($r = -0.355$, $p = 0.018$), B grubunda ise anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır ($r = -0.154$, $p = 0.292$).

LL ile PI açısı arasında A grubunda ($r = 0.382$, $p = 0.010$) ve B grubunda ($r = 0.429$, $p = 0.004$) olmak üzere her iki grupta da orta düzeyde pozitif korelasyon saptanmıştır. SS açısı ile PT açısı arasındaki ilişki A grubunda ($r = -0.598$, $p < 0.001$), B grubunda ise ($r = -0.629$, $p < 0.001$) düzeyinde olup her iki grupta da güçlü negatif korelasyon düzeyindedir.

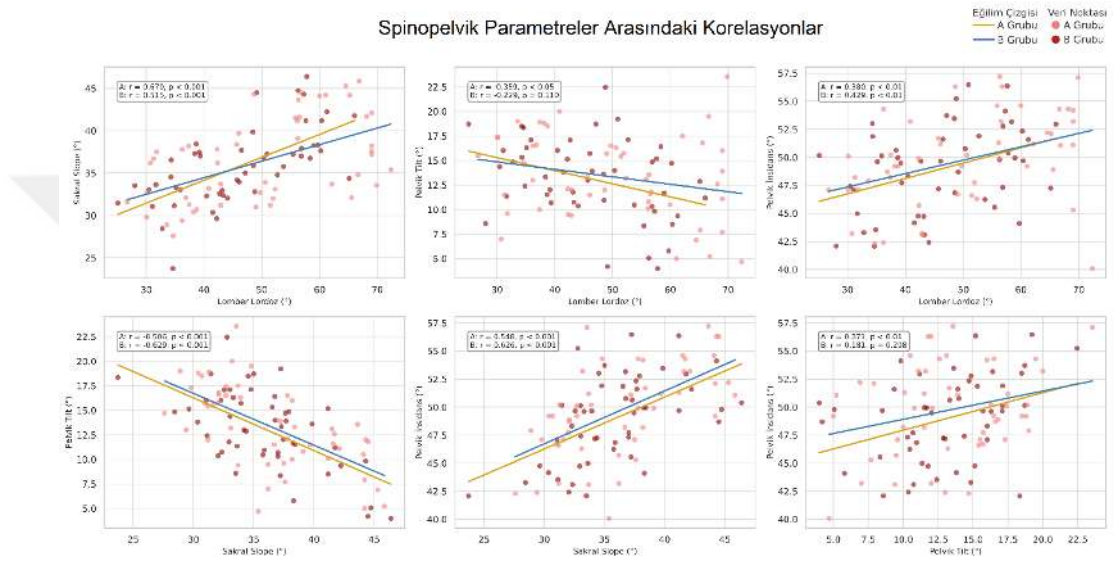
SS açısı ile PI açısı arasındaki korelasyon A grubunda ($r = 0.542$, $p < 0.001$), B grubunda ise ($r = 0.626$, $p < 0.001$) düzeyinde olup her iki grupta da güçlü pozitif korelasyon şeklindedir.

PT ile PI arasındaki korelasyon A grubunda ($r = 0.350$, $p = 0.013$) düzeyinde orta şiddette pozitif korelasyon olarak hesaplanmış, B grubunda ise anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır ($r = 0.262$, $p = 0.066$) (Tablo 4.2) (Şekil 4.4).

Tablo 4.2 : Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri korelasyon analizi.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Lomber Lordoz	Sakral Slope	0.646 ‡	p < 0.001	0.515 †	p < 0.001
Lomber Lordoz	Pelvik Tilt	-0.355 ‡	p < 0.05	-0.229 †	0.110
Lomber Lordoz	Pelvik İnsidans	0.382 ‡	p < 0.01	0.429 †	p < 0.01
Sakral Slope	Pelvik Tilt	-0.598 ‡	p < 0.001	-0.629 †	p < 0.001
Sakral Slope	Pelvik İnsidans	0.542 ‡	p < 0.001	0.626 †	p < 0.001
Pelvik Tilt	Pelvik İnsidans	0.350 ‡	p < 0.05	0.262 ‡	0.066

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi



Şekil 4.4 : Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri korelasyon analizi.

4.2.2. Hamstring kas elastisite (SWE) değerleri korelasyon analizi

Kas elastisite ölçümlerine ait SWE değerleri A grubunda sağ bacak Semitendinosus kası ile sağ bacak Biceps Femoris kası arasında $r = 0.333$, $p < 0.05$; sağ bacak Semimembranosus kası ile sağ bacak Biceps Femoris kası arasında ise $r = 0.308$, $p < 0.05$ düzeyinde orta düzeyde pozitif korelasyon hesaplanmıştır.

Sağ ve sol bacak Semitendinosus kasları arasında $r = 0.296$, $p < 0.05$ düzeyinde küçük ancak anlamlı bir korelasyon belirlenmiştir. Sol bacak Semimembranosus ile sol bacak Biceps Femoris kasları arasındaki korelasyon ise $r = 0.338$, $p < 0.05$ düzeyinde olup orta şiddettedir.

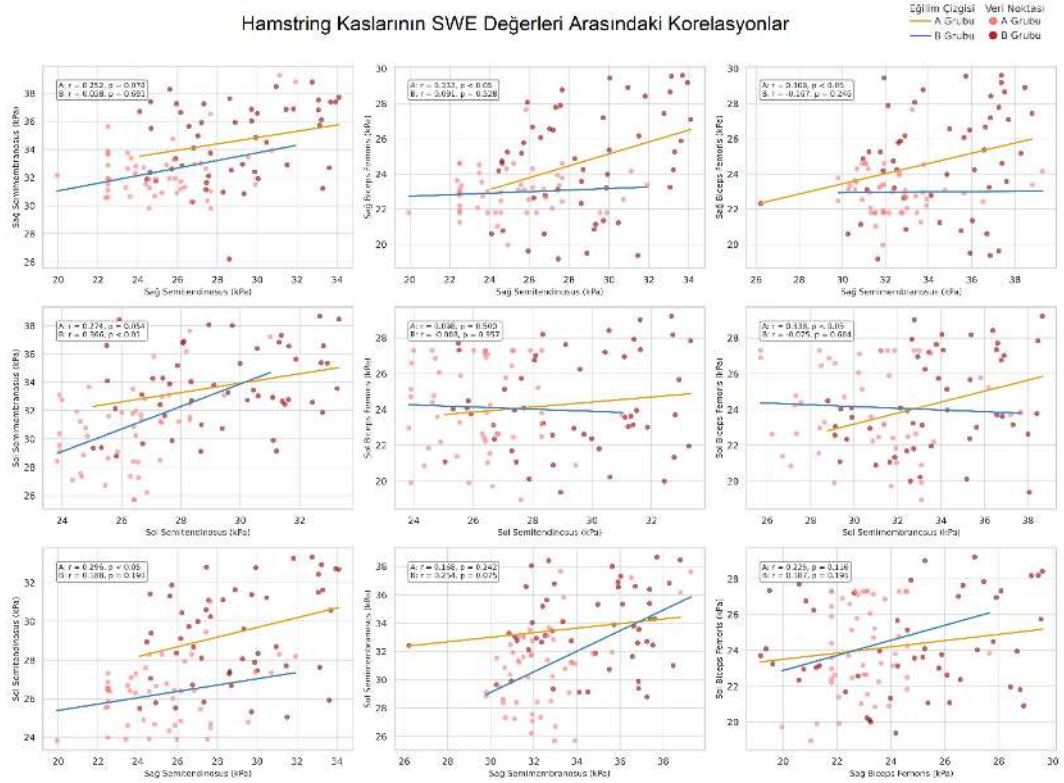
Buna karşın B grubunda hamstring kasları SWE değerleri arasında genel olarak istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmamış olup, yalnızca sol bacak Semitendinosus ve Semimembranosus kasları arasında orta düzeyde, istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif korelasyon saptanmıştır ($r = 0.366$, $p < 0.01$). Sağ ve sol

bacak Semimembranosus kasları arasındaki ilişki ise, $r = 0.254$, $p = 0.075$ düzeyinde bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir (Tablo 4.3) (Şekil 4.5).

Tablo 4.3 : Kas elastisite (SWE) değerleri korelasyon analizi.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Semitendinosus (Sağ)	Semimembranosus (Sağ)	0.252 †	0.078	0.058 †	0.691
Semitendinosus (Sağ)	Biceps Femoris (Sağ)	0.333 †	p < 0.05	0.091 †	0.528
Semimembranosus (Sağ)	Biceps Femoris (Sağ)	0.308 †	p < 0.05	-0.167 †	0.246
Semitendinosus (Sol)	Semimembranosus (Sol)	0.274 †	0.054	0.366 †	p < 0.01
Semitendinosus (Sol)	Biceps Femoris (Sol)	0.098 †	0.500	-0.008 †	0.957
Semimembranosus (Sol)	Biceps Femoris (Sol)	0.338 †	p < 0.05	-0.075 †	0.604
Semitendinosus (Sağ)	Semitendinosus (Sol)	0.296 †	p < 0.05	0.188 †	0.190
Semimembranosus (Sağ)	Semimembranosus (Sol)	0.168 †	0.242	0.254 †	0.075
Biceps Femoris (Sağ)	Biceps Femoris (Sol)	0.225 †	0.116	0.187 †	0.195

†: Spearman testi



Şekil 4.5 : Kas elastisite (SWE) değerleri korelasyon analizi.

4.2.3. Demografik değişkenler korelasyon analizi

Demografik değişkenler arasındaki korelasyonlar değerlendirildiğinde, vücut ağırlığı ile vücut kitle indeksi (VKİ) arasında A grubunda $r = 0.804$, $p < 0.001$; B grubunda $r = 0.831$, $p < 0.001$ düzeyinde güçlü pozitif korelasyon saptanmıştır.

Vücut ağırlığı ile boy uzunluğu arasındaki ilişki A grubunda $r = 0.558$, $p < 0.001$; B grubunda $r = 0.591$, $p < 0.001$ olarak hesaplanmış olup, her iki grup için de bu korelasyon anlamlı ve güçlüdür.

Yaş ile vücut ağırlığı arasında A grubunda $r = 0.301$, $p < 0.05$, B grubunda ise $r = 0.355$, $p < 0.05$ düzeyinde orta şiddette pozitif ve anlamlı korelasyon belirlenmiştir.

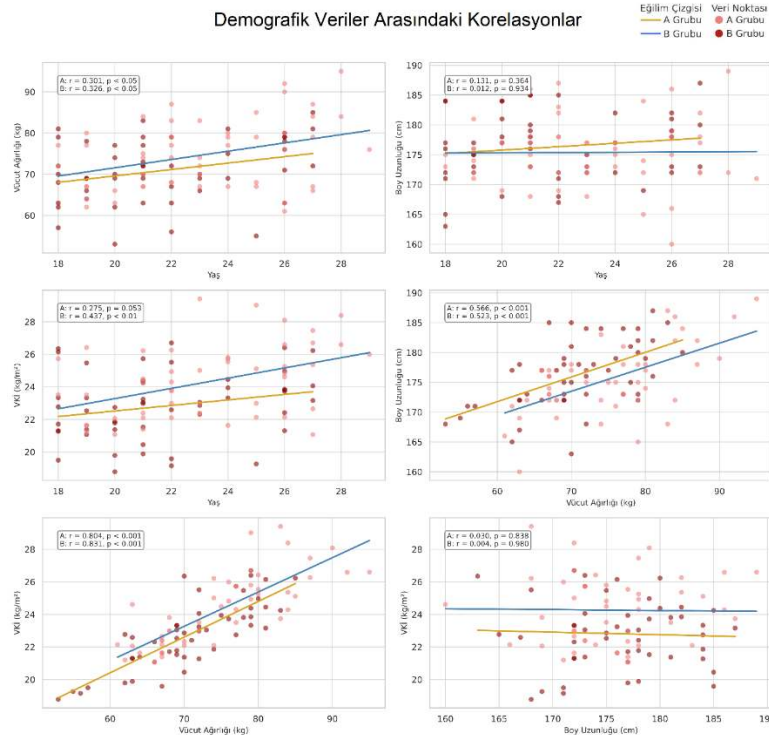
Yaş ile VKİ arasındaki ilişki yalnızca B grubunda anlamlı bulunmuş olup, $r = 0.437$, $p < 0.01$ düzeyinde orta şiddette pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

Yaş ile boy uzunluğu ve boy uzunluğu ile VKİ arasındaki korelasyonlar her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4.4) (Şekil 4.6).

Tablo 4.4 : Demografik değişkenler arası korelasyon analizi.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Yaş	Vücut Ağırlığı	0.301 †	$p < 0.05$	0.355 ‡	$p < 0.05$
Yaş	Boy Uzunluğu	0.131 †	0.364	0.011 ‡	0.940
Yaş	VKİ	0.275 †	0.053	0.437 †	$p < 0.01$
Vücut Ağırlığı	Boy Uzunluğu	0.558 ‡	$p < 0.001$	0.591 ‡	$p < 0.001$
Vücut Ağırlığı	VKİ	0.804 ‡	$p < 0.001$	0.831 †	$p < 0.001$
Boy Uzunluğu	VKİ	-0.042 ‡	0.770	0.004 †	0.980

VKİ: Vücut Kitle İndeksi, †: Spearman testi, ‡: Pearson testi



Şekil 4.6 : Demografik değişkenler arası korelasyon analizi.

4.2.4. Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları arası korelasyon analizi

Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları incelendiğinde, her iki grupta da ADET (Aktif Diz Ekstansiyon Testi), DBKT (Düz Bacak Kaldırma Testi) ve Otur-Uzan Testi arasındaki korelasyonlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (tüm $p < 0.001$).

A grubunda ADET ve DBKT arasındaki korelasyonlar $r = 0.898 - 0.867$ aralığında olup çok güçlü düzeydedir. Benzer şekilde ADET, DBKT ve Otur-Uzan testi arasındaki diğer tüm korelasyonlar da $r = 0.566 - 0.709$ arasında değişen güçlü pozitif ilişkiler göstermektedir.

B grubunda ise ADET ve DBKT arasındaki korelasyonlar $r = 0.760 - 0.917$, Otur-Uzan testi ile bu testler arasındaki korelasyonlar ise $r = 0.756 - 0.834$ arasında saptanmış ve tamamı güçlü ya da çok güçlü düzeyde anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.5) (Şekil 4.7).

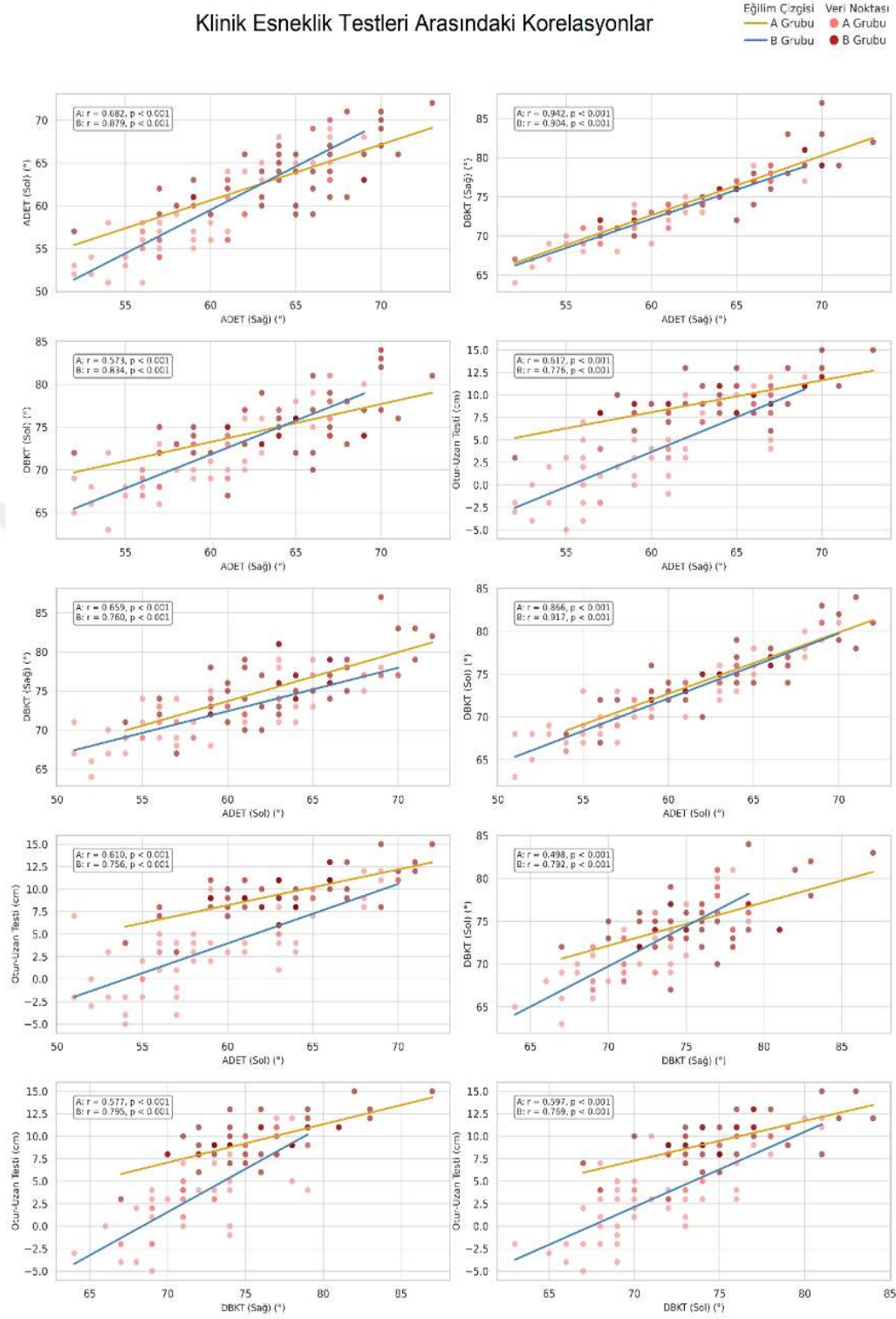
Tablo 4.5 : Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları arası korelasyon analizi.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
ADET (Sağ)	ADET (Sol)	0.709 ‡	$p < 0.001$	0.879 †	$p < 0.001$
ADET (Sağ)	DBKT (Sağ)	0.898 ‡	$p < 0.001$	0.904 †	$p < 0.001$
ADET (Sağ)	DBKT (Sol)	0.583 ‡	$p < 0.001$	0.834 †	$p < 0.001$
ADET (Sağ)	Otur-Uzan Testi	0.673 ‡	$p < 0.001$	0.776 †	$p < 0.001$
ADET (Sol)	DBKT (Sağ)	0.678 ‡	$p < 0.001$	0.760 †	$p < 0.001$
ADET (Sol)	DBKT (Sol)	0.867 ‡	$p < 0.001$	0.917 †	$p < 0.001$
ADET (Sol)	Otur-Uzan Testi	0.690 ‡	$p < 0.001$	0.756 †	$p < 0.001$
DBKT (Sağ)	DBKT (Sol)	0.566 ‡	$p < 0.001$	0.808 ‡	$p < 0.001$
DBKT (Sağ)	Otur-Uzan Testi	0.683 ‡	$p < 0.001$	0.790 †	$p < 0.001$
DBKT (Sol)	Otur-Uzan Testi	0.636 ‡	$p < 0.001$	0.802 ‡	$p < 0.001$

ADET: Aktif Diz Ekstansiyon Testi, DBKT: Düz Bacak Kaldırma Testi

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi

Klinik Esneklik Testleri Arasındaki Korelasyonlar



Şekil 4.7 : Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları arası korelasyon analizi.

4.3. Veri Kategorileri Arası Korelasyon Analizi

Bu bölümde, farklı veri kategorilerine ait değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunan korelasyonlar, A Grubu (amatör futbolcular) ve B Grubu (sağlıklı bireyler) için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayıları, değişkenlerin dağılım özelliklerine göre Pearson veya Spearman yöntemleri ile hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısı (r), ilişkinin yönünü ve gücünü; p -değeri ise istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. İlişki düzeyleri küçük (0.10–0.29), orta (0.30–0.49) ve büyük (0.50 ve üzeri) olarak sınıflandırılmıştır.

4.3.1. Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile hamstring kasları swe değerleri arasındaki ilişkiler

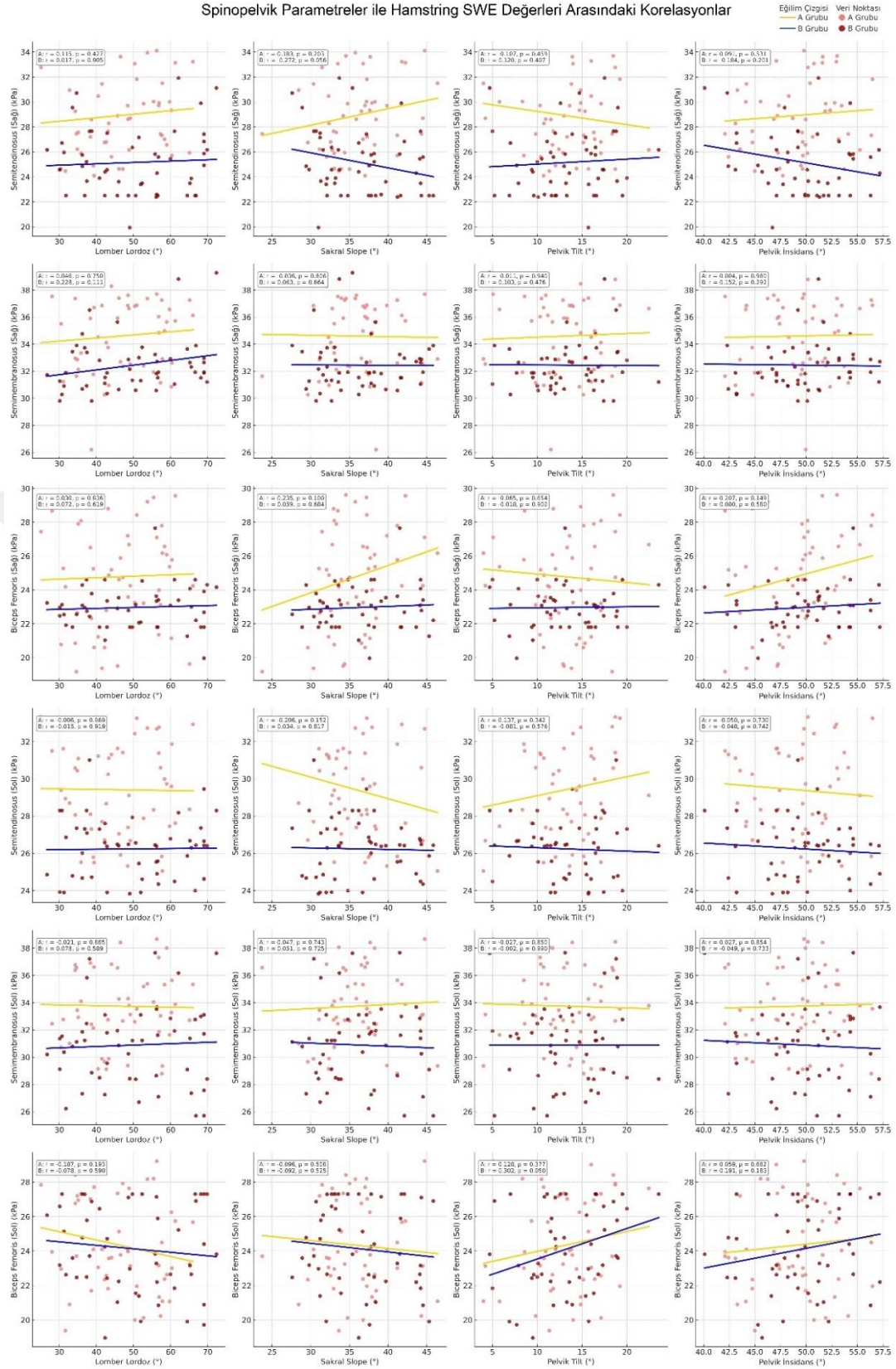
Spinopelvik ölçüm parametreleri ile hamstring kas SWE değerleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde sadece B Grubu'nda, sol bacak Biceps Femoris kasının SWE değeri ile PT açısı arasında $r = 0.302$, $p = 0.031$ ($p < 0.05$) düzeyinde orta şiddette pozitif korelasyon bulunmuştur. Bunun dışında, her iki grupta LL veya diğer pelvik açı parametreleri ile kas SWE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir (Tablo 4.6) (Şekil 4.8).

Tablo 4.6 : Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile hamstring kasları SWE değerleri arasındaki ilişkiler.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Lomber Lordoz	Semitendinosus (Sağ)	0.115 †	0.427	0.017 †	0.905
Lomber Lordoz	Semimembranosus (Sağ)	0.046 †	0.750	0.228 †	0.111
Lomber Lordoz	Biceps Femoris (Sağ)	0.030 ‡	0.836	0.072 †	0.619
Lomber Lordoz	Semitendinosus (Sol)	-0.006 †	0.969	-0.015 †	0.919
Lomber Lordoz	Semimembranosus (Sol)	-0.021 ‡	0.885	0.078 †	0.589
Lomber Lordoz	Biceps Femoris (Sol)	-0.187 †	0.193	-0.078 †	0.590
Sakral Slope	Semitendinosus (Sağ)	0.183 †	0.203	-0.272 †	0.056
Sakral Slope	Semimembranosus (Sağ)	-0.036 †	0.806	0.063 †	0.664
Sakral Slope	Biceps Femoris (Sağ)	0.235 ‡	0.100	0.059 †	0.684
Sakral Slope	Semitendinosus (Sol)	-0.206 †	0.152	0.034 †	0.817
Sakral Slope	Semimembranosus (Sol)	0.047 ‡	0.743	0.051 †	0.725
Sakral Slope	Biceps Femoris (Sol)	-0.096 †	0.508	-0.092 †	0.525
Pelvik Tilt	Semitendinosus (Sağ)	-0.107 †	0.459	0.120 †	0.407
Pelvik Tilt	Semimembranosus (Sağ)	-0.011 †	0.940	0.103 †	0.476
Pelvik Tilt	Biceps Femoris (Sağ)	-0.065 ‡	0.654	-0.018 †	0.902
Pelvik Tilt	Semitendinosus (Sol)	0.137 †	0.342	-0.081 †	0.576
Pelvik Tilt	Semimembranosus (Sol)	-0.027 ‡	0.850	-0.002 ‡	0.990
Pelvik Tilt	Biceps Femoris (Sol)	0.128 †	0.377	0.302 †	p < 0.05
Pelvik İnsidans	Semitendinosus (Sağ)	0.091 †	0.531	-0.184 †	0.201
Pelvik İnsidans	Semimembranosus (Sağ)	0.004 †	0.980	0.152 †	0.292
Pelvik İnsidans	Biceps Femoris (Sağ)	0.207 ‡	0.149	0.080 †	0.580
Pelvik İnsidans	Semitendinosus (Sol)	-0.050 †	0.730	-0.048 †	0.742
Pelvik İnsidans	Semimembranosus (Sol)	0.027 ‡	0.854	-0.049 ‡	0.733
Pelvik İnsidans	Biceps Femoris (Sol)	0.059 †	0.682	0.191 †	0.183

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi

Spinopelvik Parametreler ile Hamstring SWE Değerleri Arasındaki Korelasyonlar



Şekil 4.8 : Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile hamstring kasları SWE değerleri arasındaki ilişkiler.

4.3.2. Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler

A Grubu'nda LL açısı ile yaş ($r = 0.375$, $p < 0.01$), vücut ağırlığı ($r = 0.312$, $p < 0.05$) ve VKİ ($r = 0.324$, $p < 0.05$) arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Aynı grupta PI açısı ile yaş ($r = 0.282$, $p < 0.05$), vücut ağırlığı ($r = 0.296$, $p < 0.05$) ve boy uzunluğu ($r = 0.282$, $p < 0.05$) arasında zayıf düzeyde pozitif korelasyonlar belirlenmiştir.

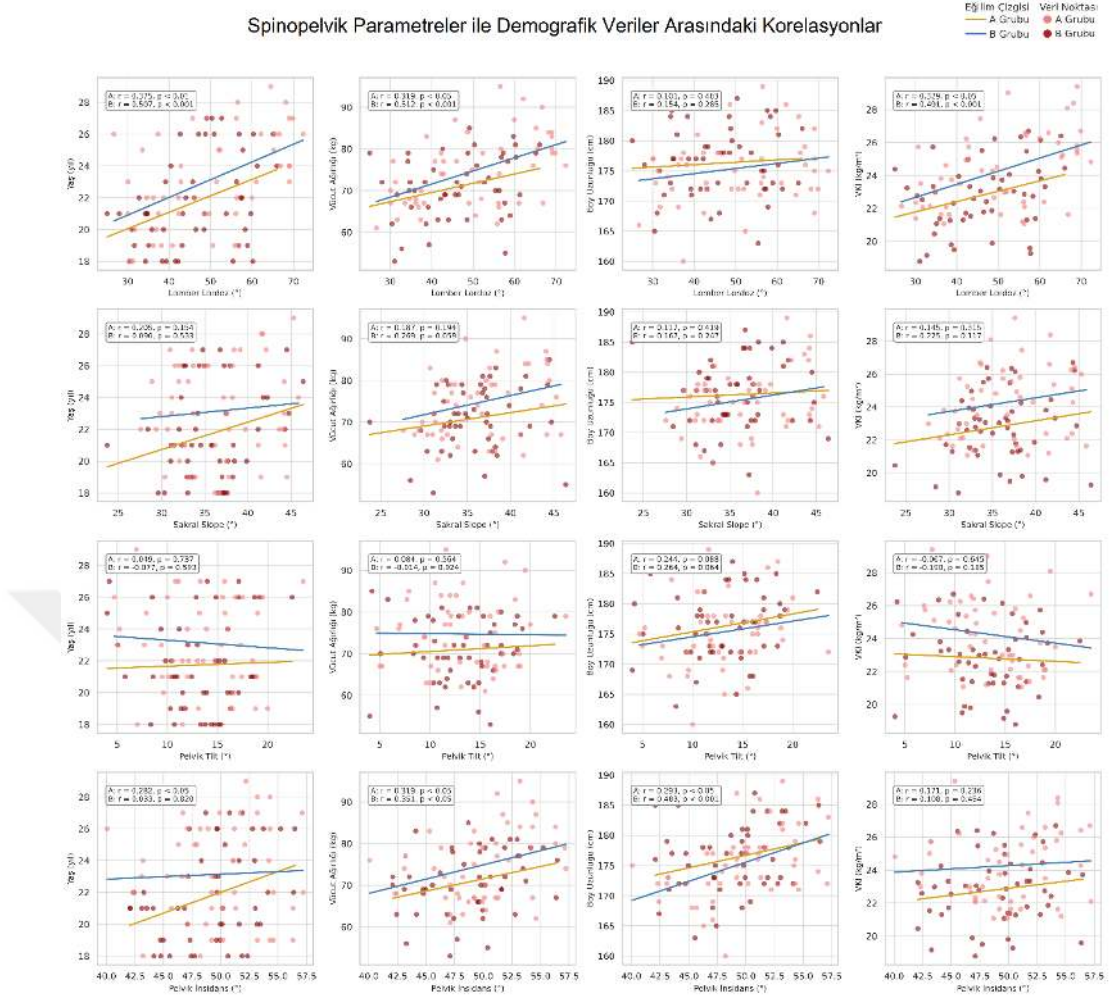
B Grubu'nda ise LL açısı ile yaş ($r = 0.507$, $p < 0.001$), vücut ağırlığı ($r = 0.512$, $p < 0.001$) ve VKİ ($r = 0.491$, $p < 0.001$) arasında güçlü pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Ayrıca PI açısı ile vücut ağırlığı ($r = 0.332$, $p < 0.05$) ve boy uzunluğu ($r = 0.452$, $p < 0.001$) arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar bulunmuştur (Tablo 4.7) (Şekil 4.9).

Tablo 4.7 : Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Lomber Lordoz	Yaş	0.375 †	p < 0.01	0.507 †	p < 0.001
Lomber Lordoz	Vücut Ağırlığı	0.312 ‡	p < 0.05	0.512 †	p < 0.001
Lomber Lordoz	Boy Uzunluğu	0.075 ‡	0.602	0.154 †	0.285
Lomber Lordoz	VKİ	0.324 ‡	p < 0.05	0.491 †	p < 0.001
Sakral Slope	Yaş	0.205 †	0.154	0.090 †	0.533
Sakral Slope	Vücut Ağırlığı	0.189 ‡	0.190	0.269 †	0.059
Sakral Slope	Boy Uzunluğu	0.052 ‡	0.717	0.167 †	0.247
Sakral Slope	VKİ	0.183 ‡	0.203	0.225 †	0.117
Pelvik Tilt	Yaş	0.049 †	0.737	-0.068 ‡	0.640
Pelvic Tilt	Vücut Ağırlığı	0.072 ‡	0.619	-0.011 ‡	0.939
Pelvic Tilt	Boy Uzunluğu	0.211 ‡	0.141	0.192 ‡	0.182
Pelvic Tilt	VKİ	-0.055 ‡	0.706	-0.190 †	0.185
Pelvik İnsidans	Yaş	0.282 †	p < 0.05	0.043 ‡	0.765
Pelvik İnsidans	Vücut Ağırlığı	0.296 ‡	p < 0.05	0.332 ‡	p < 0.05
Pelvik İnsidans	Boy Uzunluğu	0.282 ‡	p < 0.05	0.452 ‡	p < 0.001
Pelvik İnsidans	VKİ	0.157 ‡	0.277	0.108 †	0.454

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi

Spinopelvik Parametreler ile Demografik Veriler Arasındaki Korelasyonlar



Şekil 4.9 : Lomber lordoz ve pelvik açı parametreleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.

4.3.3. Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler

A Grubu'nda, lomber lordoz (LL) açısı veya pelvik parametreler (sakral eğim, pelvik tilt, pelvik insidans) ile klinik esneklik testleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır.

B Grubu'nda ise LL açısı ile sağ bacak ADET ($r = -0.366$, $p < 0.01$), sol bacak ADET ($r = -0.365$, $p < 0.01$), sağ bacak DBKT ($r = -0.390$, $p < 0.01$) ve sol bacak DBKT ($r = -0.380$, $p < 0.01$) arasında orta düzeyde negatif korelasyonlar bulunmuştur. LL açısı ile Otur-Uzan Testi arasındaki korelasyon ise istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamış olmakla birlikte, negatif yönde zayıf bir ilişki göstermektedir ($r = -0.245$, $p = 0.086$).

Bunun yanında, iki grupta da pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır (Tablo 4.8) (Şekil 4.10).

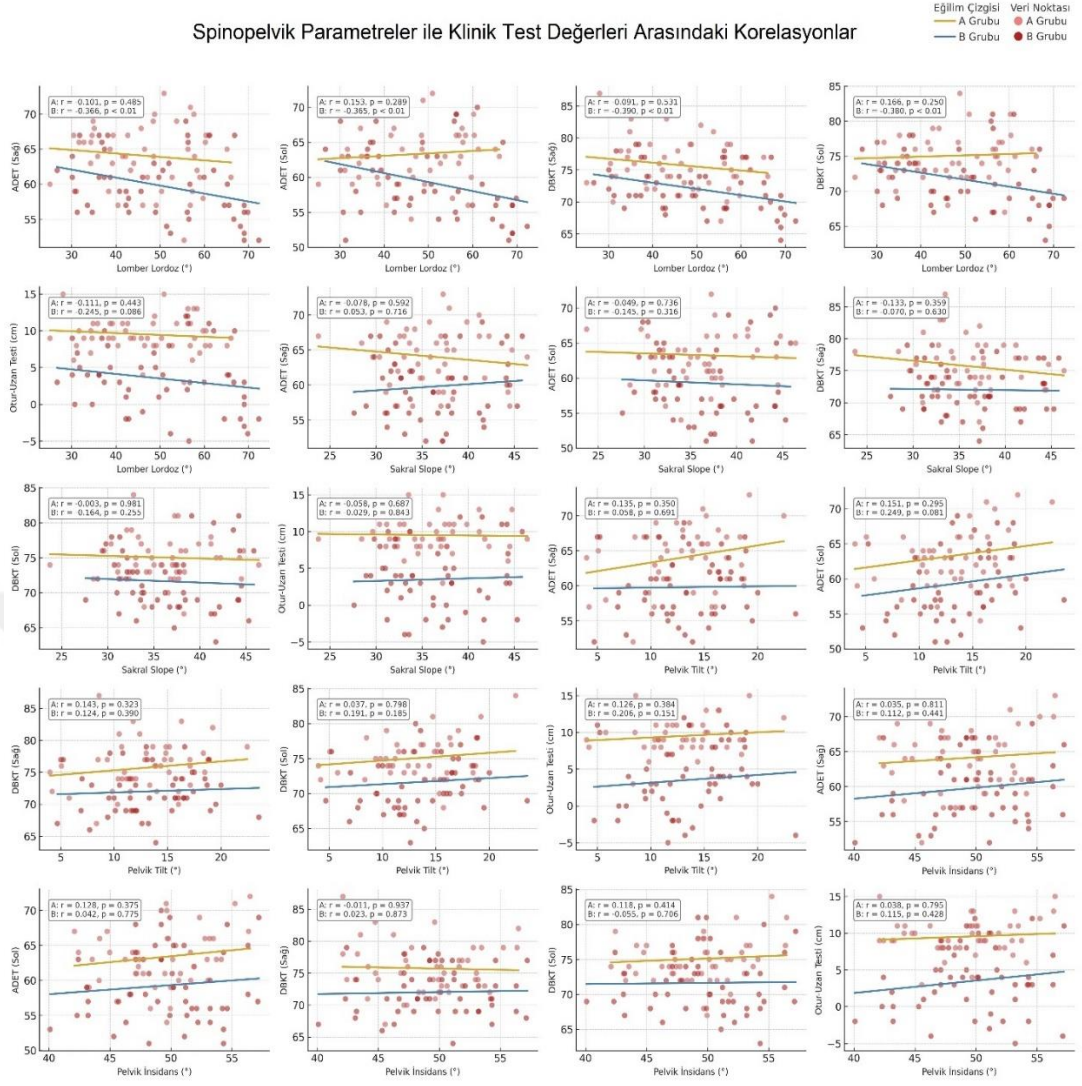
Tablo 4.8 : Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Lomber Lordoz	ADET (Sağ)	-0.117 ‡	0.417	-0.366 †	p < 0.01
Lomber Lordoz	ADET (Sol)	0.087 ‡	0.546	-0.365 †	p < 0.01
Lomber Lordoz	DBKT (Sağ)	-0.172 ‡	0.232	-0.390 †	p < 0.01
Lomber Lordoz	DBKT (Sol)	0.058 ‡	0.687	-0.380 †	p < 0.01
Lomber Lordoz	Otur-Uzan Testi	-0.111 ‡	0.442	-0.245 †	0.086
Sakral Slope	ADET (Sağ)	-0.117 ‡	0.420	0.053 †	0.716
Sakral Slope	ADET (Sol)	-0.044 ‡	0.764	-0.145 †	0.316
Sakral Slope	DBKT (Sağ)	-0.163 ‡	0.258	-0.070 †	0.630
Sakral Slope	DBKT (Sol)	-0.049 ‡	0.737	-0.164 †	0.255
Sakral Slope	Otur-Uzan Testi	-0.024 ‡	0.867	-0.029 †	0.843
Pelvik Tilt	ADET (Sağ)	0.218 ‡	0.128	0.058 †	0.691
Pelvik Tilt	ADET (Sol)	0.199 ‡	0.167	0.249 †	0.081
Pelvik Tilt	DBKT (Sağ)	0.146 ‡	0.313	0.060 ‡	0.678
Pelvik Tilt	DBKT (Sol)	0.128 ‡	0.374	0.085 ‡	0.555
Pelvik Tilt	Otur-Uzan Testi	0.118 ‡	0.414	0.101 ‡	0.485
Pelvik İnsidans	ADET (Sağ)	0.092 ‡	0.523	0.112 †	0.441
Pelvik İnsidans	ADET (Sol)	0.157 ‡	0.275	0.042 †	0.775
Pelvik İnsidans	DBKT (Sağ)	-0.038 ‡	0.795	0.033 ‡	0.821
Pelvik İnsidans	DBKT (Sol)	0.078 ‡	0.592	0.016 ‡	0.913
Pelvik İnsidans	Otur-Uzan Testi	0.095 ‡	0.510	0.155 ‡	0.284

ADET: Aktif Diz Ekstansiyon Testi, DBKT: Düz Bacak Kaldırma Testi

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi

Spinopelvik Parametreler ile Klinik Test Değerleri Arasındaki Korelasyonlar



Şekil 4.10 : Lomber lordoz, pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.

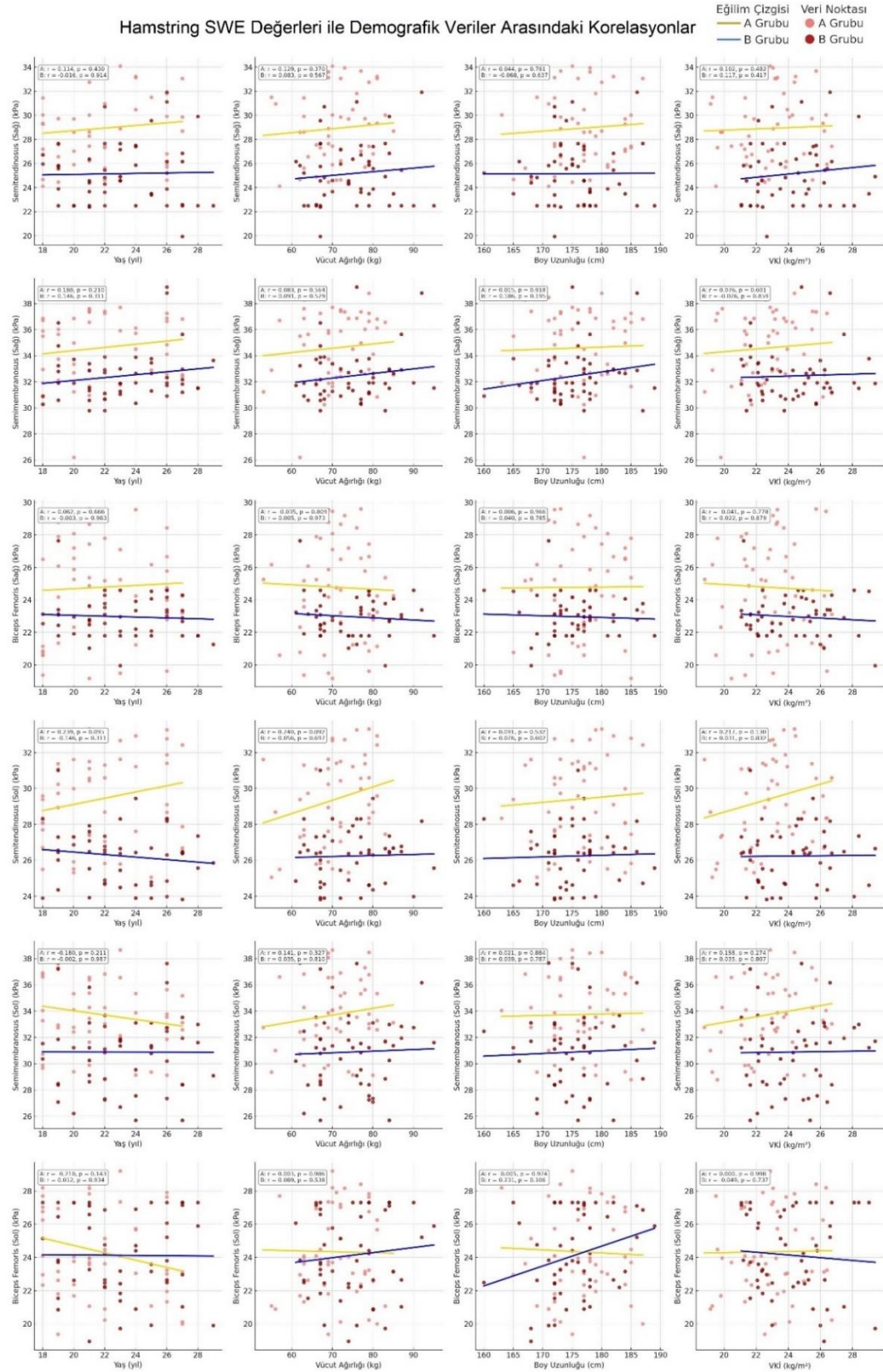
4.3.4. Hamstring kasları SWE değerleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler

Her iki grupta da kas elastisite değerleri (SWE) ile demografik değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir (tüm $p > 0.05$) (Tablo 4.9) (Şekil 4.11).

Tablo 4.9 : Hamstring kasları SWE değerleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Semitendinosus (Sağ)	Yaş	0.114 †	0.430	-0.016 †	0.914
Semitendinosus (Sağ)	Vücut Ağırlığı	0.129 †	0.370	0.083 †	0.567
Semitendinosus (Sağ)	Boy Uzunluğu	0.044 †	0.761	-0.068 †	0.637
Semitendinosus (Sağ)	VKİ	0.102 †	0.482	0.117 †	0.417
Semimembranosus (Sağ)	Yaş	0.180 †	0.210	0.146 †	0.311
Semimembranosus (Sağ)	Vücut Ağırlığı	0.083 †	0.564	0.091 †	0.529
Semimembranosus (Sağ)	Boy Uzunluğu	0.015 †	0.918	0.186 †	0.195
Semimembranosus (Sağ)	VKİ	0.076 †	0.601	-0.026 †	0.859
Biceps Femoris (Sağ)	Yaş	0.062 †	0.666	-0.003 †	0.983
Biceps Femoris (Sağ)	Vücut Ağırlığı	-0.035 ‡	0.809	0.005 †	0.973
Biceps Femoris (Sağ)	Boy Uzunluğu	0.006 ‡	0.966	0.040 †	0.785
Biceps Femoris (Sağ)	VKİ	-0.041 ‡	0.778	0.022 †	0.879
Semitendinosus (Sol)	Yaş	0.239 †	0.095	-0.146 †	0.311
Semitendinosus (Sol)	Vücut Ağırlığı	0.240 †	0.092	0.056 †	0.697
Semitendinosus (Sol)	Boy Uzunluğu	0.091 †	0.532	0.076 †	0.602
Semitendinosus (Sol)	VKİ	0.217 †	0.130	0.031 †	0.832
Semimembranosus (Sol)	Yaş	-0.180 †	0.211	-0.002 ‡	0.987
Semimembranosus (Sol)	Vücut Ağırlığı	0.141 ‡	0.327	0.035 ‡	0.810
Semimembranosus (Sol)	Boy Uzunluğu	0.021 ‡	0.884	0.039 ‡	0.787
Semimembranosus (Sol)	VKİ	0.158 ‡	0.274	0.035 †	0.807
Biceps Femoris (Sol)	Yaş	-0.210 †	0.143	0.012 †	0.934
Biceps Femoris (Sol)	Vücut Ağırlığı	0.003 †	0.986	0.089 †	0.538
Biceps Femoris (Sol)	Boy Uzunluğu	-0.005 †	0.974	0.231 †	0.106
Biceps Femoris (Sol)	VKİ	0.0003 †	0.998	-0.049 †	0.737

VKİ: Vücut Kitle İndeksi, †: Spearman testi, ‡: Pearson testi



Şekil 4.11 : Hamstring kasları SWE değerleri ile demografik değişkenler arasındaki ilişkiler.

4.3.5. Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler

Her iki grupta da kas elastisite değerleri (SWE) ile klinik esneklik testleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (tüm $p > 0.05$) (Tablo 4.10) (Şekil 4.12).

Tablo 4.10 : Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.

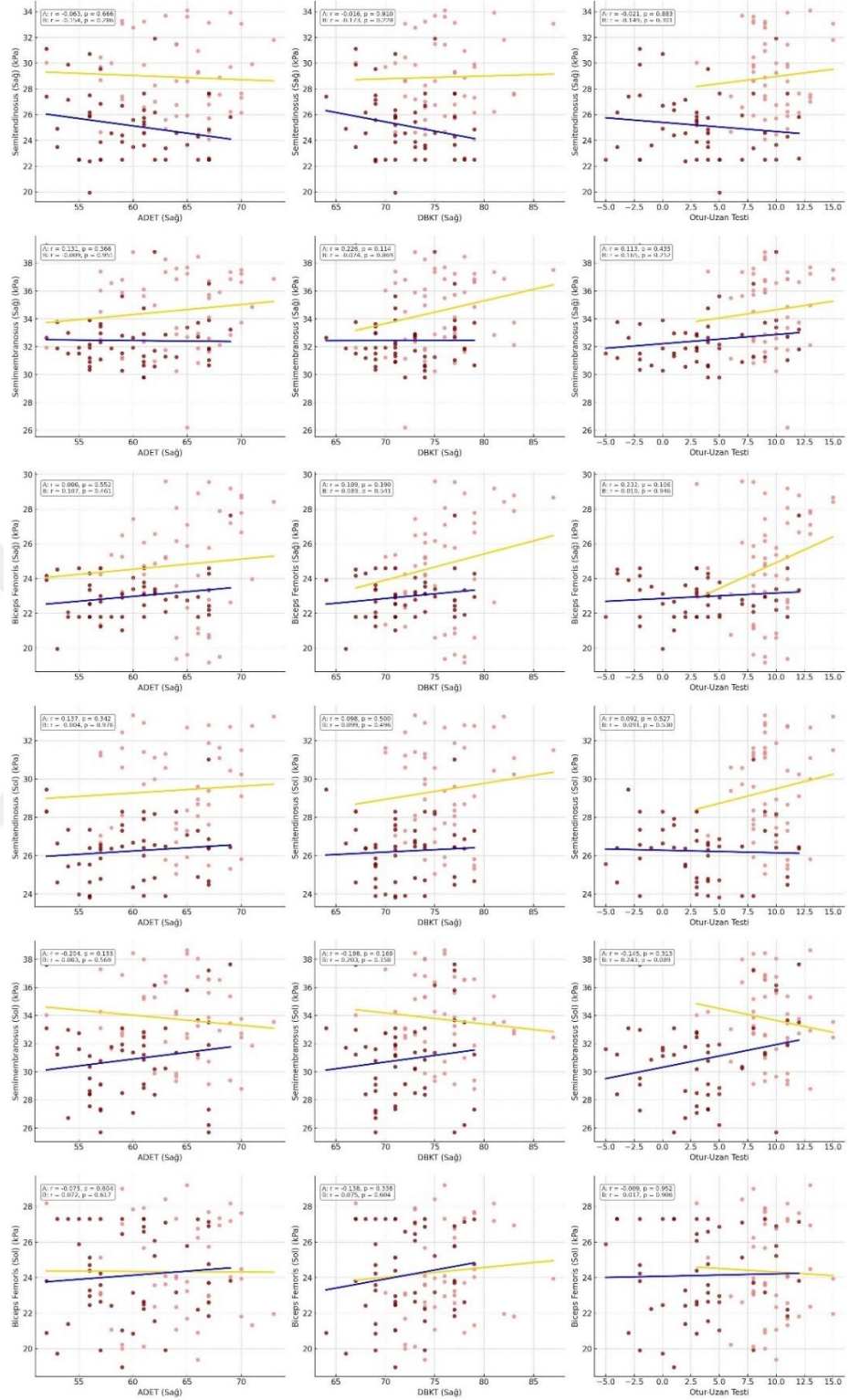
Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Semitendinosus (Sağ)	ADET (Sağ)	-0.063 †	0.666	-0.154 †	0.286
Semitendinosus (Sağ)	DBKT (Sağ)	-0.016 †	0.910	-0.173 †	0.228
Semitendinosus (Sağ)	Otur-Uzan Testi	-0.021 †	0.883	-0.149 †	0.301
Semimembranosus (Sağ)	ADET (Sağ)	0.131 †	0.366	-0.009 †	0.951
Semimembranosus (Sağ)	DBKT (Sağ)	0.226 †	0.114	-0.024 †	0.869
Semimembranosus (Sağ)	Otur-Uzan Testi	0.113 †	0.435	0.165 †	0.252
Biceps Femoris (Sağ)	ADET (Sağ)	0.086 ‡	0.552	0.107 †	0.461
Biceps Femoris (Sağ)	DBKT (Sağ)	0.189 ‡	0.190	0.089 †	0.541
Biceps Femoris (Sağ)	Otur-Uzan Testi	0.232 ‡	0.106	0.010 †	0.946
Semitendinosus (Sol)	ADET (Sol)	0.137 †	0.342	-0.004 †	0.976
Semitendinosus (Sol)	DBKT (Sol)	0.098 †	0.500	0.099 †	0.496
Semitendinosus (Sol)	Otur-Uzan Testi	0.092 †	0.527	-0.091 †	0.530
Semimembranosus (Sol)	ADET (Sol)	-0.204 ‡	0.155	0.083 †	0.569
Semimembranosus (Sol)	DBKT (Sol)	-0.198 ‡	0.169	0.203 ‡	0.158
Semimembranosus (Sol)	Otur-Uzan Testi	-0.145 ‡	0.313	0.243 ‡	0.089
Biceps Femoris (Sol)	ADET (Sol)	-0.075 †	0.604	0.072 †	0.617
Biceps Femoris (Sol)	DBKT (Sol)	-0.138 †	0.338	0.075 †	0.604
Biceps Femoris (Sol)	Otur-Uzan Testi	-0.009 †	0.952	-0.017 †	0.906

ADET: Aktif Diz Ekstansiyon Testi, DBKT: Düz Bacak Kaldırma Testi

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi

Hamstring SWE Değerleri ile Klinik Test Değerleri Arasındaki Korelasyonlar

Eğilim Çizgisi Veri Noktası
— A Grubu — B Grubu



Şekil 4.12 : Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.

4.3.6. Demografik değişkenler ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler

A Grubu'nda, VKİ ile sağ bacak ADET ($r = -0.323$, $p < 0.05$) ve Otur-Uzan Testi ($r = -0.312$, $p < 0.05$) arasında orta düzeyde negatif korelasyonlar hesaplanmıştır. Ayrıca boy uzunluğu ile Otur-Uzan Testi arasında orta düzeyde pozitif korelasyon ($r = 0.467$, $p < 0.001$) bulunmuştur.

B Grubu'nda, yaş ile sağ bacak ADET ($r = -0.378$, $p < 0.01$), sol bacak ADET ($r = -0.302$, $p < 0.05$), sağ bacak DBKT ($r = -0.367$, $p < 0.01$), sol bacak DBKT ($r = -0.324$, $p < 0.05$) ve Otur-Uzan Testi ($r = -0.281$, $p < 0.05$) arasında orta düzeyde negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Vücut ağırlığı ile sağ bacak ADET ($r = -0.499$, $p < 0.001$), sol bacak ADET ($r = -0.577$, $p < 0.001$), sağ bacak DBKT ($r = -0.432$, $p < 0.01$), sol bacak DBKT ($r = -0.525$, $p < 0.001$) ve Otur-Uzan Testi ($r = -0.404$, $p < 0.01$) arasında orta ile büyük şiddet arasında değişen negatif korelasyonlar hesaplanmıştır. VKİ ile sağ bacak ADET ($r = -0.646$, $p < 0.001$), sol bacak ADET ($r = -0.730$, $p < 0.001$), sağ bacak DBKT ($r = -0.638$, $p < 0.001$), sol bacak DBKT ($r = -0.677$, $p < 0.001$) ve Otur-Uzan Testi ($r = -0.649$, $p < 0.001$) arasında ise güçlü düzeyde negatif korelasyonlar saptanmıştır (Tablo 4.11) (Şekil 4.13).

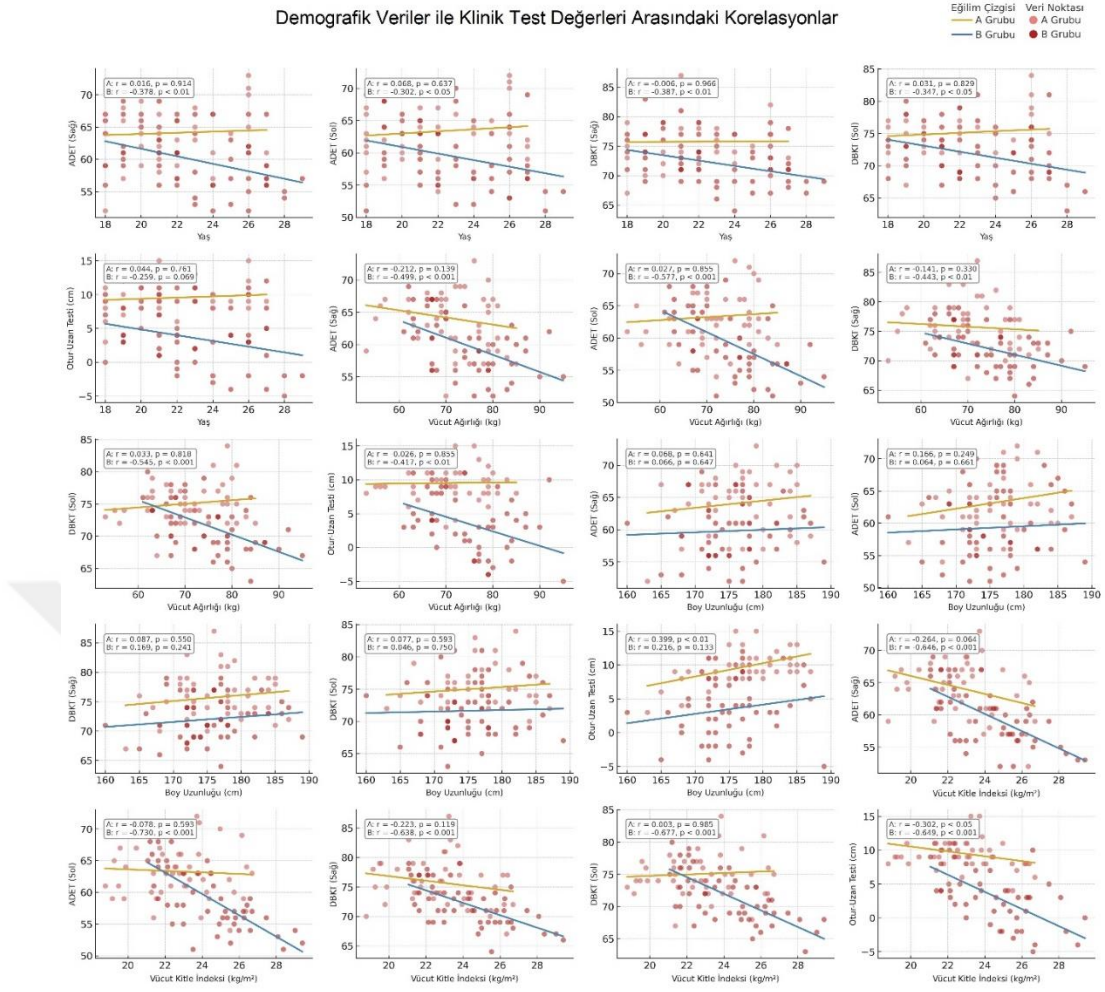
Tablo 4.11 : Demografik değişkenler ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.

Parametre		A Grubu		B Grubu	
Parametre 1	Parametre 2	r-değeri	p-değeri	r-değeri	p-değeri
Yaş	ADET (Sağ)	0.016 †	0.914	-0.378 †	p < 0.01
Yaş	ADET (Sol)	0.068 †	0.637	-0.302 †	p < 0.05
Yaş	DBKT (Sağ)	-0.006 †	0.966	-0.367 ‡	p < 0.01
Yaş	DBKT (Sol)	0.031 †	0.829	-0.324 ‡	p < 0.05
Yaş	Otur-Uzan Testi	0.044 †	0.761	-0.281 ‡	p < 0.05
Vücut Ağırlığı	ADET (Sağ)	-0.187 ‡	0.193	-0.499 †	p < 0.001
Vücut Ağırlığı	ADET (Sol)	0.085 ‡	0.559	-0.577 †	p < 0.001
Vücut Ağırlığı	DBKT (Sağ)	-0.088 ‡	0.542	-0.432 ‡	p < 0.01
Vücut Ağırlığı	DBKT (Sol)	0.125 ‡	0.386	-0.525 ‡	p < 0.001
Vücut Ağırlığı	Otur-Uzan Testi	0.024 ‡	0.867	-0.404 ‡	p < 0.01
Boy Uzunluğu	ADET (Sağ)	0.138 ‡	0.339	0.066 †	0.647
Boy Uzunluğu	ADET (Sol)	0.225 ‡	0.117	0.064 †	0.661
Boy Uzunluğu	DBKT (Sağ)	0.148 ‡	0.304	0.134 ‡	0.353
Boy Uzunluğu	DBKT (Sol)	0.116 ‡	0.421	0.032 ‡	0.828
Boy Uzunluğu	Otur-Uzan Testi	0.467 ‡	p < 0.001	0.177 ‡	0.219
VKİ	ADET (Sağ)	-0.323 ‡	p < 0.05	-0.646 †	p < 0.001
VKİ	ADET (Sol)	-0.060 ‡	0.681	-0.730 †	p < 0.001
VKİ	DBKT (Sağ)	-0.210 ‡	0.142	-0.638 †	p < 0.001
VKİ	DBKT (Sol)	0.067 ‡	0.642	-0.677 †	p < 0.001
VKİ	Otur-Uzan Testi	-0.312 ‡	p < 0.05	-0.649 †	p < 0.001

ADET: Aktif Diz Ekstansiyon Testi, DBKT: Düz Bacak Kaldırma Testi

†: Spearman testi, ‡: Pearson testi

Demografik Veriler ile Klinik Test Değerleri Arasındaki Korelasyonlar



Şekil 4.13 : Demografik değişkenler ile klinik esneklik testleri arasındaki ilişkiler.

4.4. Hamstring Kasları SWE Değerleri ile Klinik Muayene Testlerinin Bacak Dominansı Açısından Değerlendirilmesi

Bu analizde, A Grubu (amatör futbolcular) ve B Grubu (sağlıklı bireyler) içerisinde sağ ve sol bacağı dominant olan bireylerde, dominant ve non-dominant bacaklar arasındaki SWE değerleri ile klinik esneklik test sonuçları kıyaslanmıştır. Aynı bireylerin her iki bacağına ait ölçümler değerlendirildiğinden, istatistiksel analizlerde Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmış ve anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

A Grubu'nda sağ bacağı dominant olan bireylerde, Semimembranosus kası için dominant (34.93 ± 3.03 kPa) ve non-dominant (33.57 ± 2.60 kPa) bacaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p < 0.05$); fark dominant taraf lehinedir (fark = 1.37 kPa). Diğer kas gruplarında ve klinik esneklik testlerinde

(ADET, DBKT) ise dominant ve non-dominant bacaklar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

Sol bacağı dominant olan A Grubu bireylerinde yalnızca Semitendinosus kası açısından anlamlı fark belirlenmiştir. SWE değeri dominant (sol) bacakta daha yüksek bulunmuş olup (30.43 ± 2.21 kPa vs. 28.88 ± 2.43 kPa), fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$, fark = 1.77 kPa). Diğer kas grupları ve tüm klinik esneklik testleri açısından anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0.05$).

B Grubu'nda sağ bacağı dominant olan bireylerde, Semimembranosus kası dominant (33.38 ± 2.25 kPa) ve non-dominant (31.93 ± 2.23 kPa) bacaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiştir ($p < 0.01$, fark = 1.45 kPa). Semitendinosus kası için ise non-dominant (26.45 ± 2.70 kPa) bacak lehine anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0.05$, fark = -1.02 kPa). Biceps Femoris kası açısından da non-dominant bacak lehine anlamlı fark belirlenmiştir ($p < 0.01$, fark = -1.29 kPa). Klinik testlerde ise hem ADET ($63.46^\circ \pm 5.19$ vs. $62.03^\circ \pm 4.84$; $p < 0.05$; fark = 0.92°) hem de DBKT ($75.74^\circ \pm 3.74$ vs. $74.69^\circ \pm 3.82$; $p < 0.05$; fark = 1.05°) testlerinde, dominant (sağ) bacak lehine anlamlı fark bulunmuştur.

B grubu'nda sol bacağı dominant olan bireylerde SWE değerleri ve ADET sonuçları açısından dominant (sol) ve non-dominant (sağ) bacaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ancak DBKT testi, non-dominant (sağ) taraf lehine anlamlı fark göstermiştir ($76.10^\circ \pm 3.37$ vs. $74.10^\circ \pm 4.22$; $p < 0.01$; fark = -2.0°). Diğer kaslar ve klinik testlerde anlamlı farklılık gözlenmemiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12 : Hamstring kasları SWE değerleri ile klinik muayene testlerinin bacak dominansı açısından değerlendirilmesi.

Parametreler		A Grubu		B Grubu	
Dominant bacak	Non-Dominant bacak	p-değeri	Fark	p-değeri	Fark
Semitendinosus (Sağ)	Semitendinosus (Sol)	0.893	-0.05	p < 0.05	-1.02
Semimembranosus (Sağ)	Semimembranosus (Sol)	p < 0.05	1.37	p < 0.01	1.45
Biceps Femoris (Sağ)	Biceps Femoris (Sol)	0.117	0.87	p < 0.01	-1.29
ADET (Sağ)	ADET (Sol)	0.077	1.11	p < 0.05	0.92
DBKT (Sağ)	DBKT (Sol)	0.29	0.65	p < 0.05	1.05
Semitendinosus (Sol)	Semitendinosus (Sağ)	p < 0.05	-1.77	0.147	-1.32
Semimembranosus (Sol)	Semimembranosus (Sağ)	0.191	-0.59	0.175	1.96
Biceps Femoris (Sol)	Biceps Femoris (Sağ)	0.542	-0.79	0.465	-0.71
ADET (Sol)	ADET (Sağ)	0.783	-0.08	0.181	-1.0
DBKT (Sol)	DBKT (Sağ)	0.478	0.77	p < 0.01	-2.0

ADET: Aktif Diz Ekstansiyon Testi, DBKT: Düz Bacak Kaldırma Testi
p değerleri, Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılarak hesaplanmıştır.

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda LL açısı ve pelvik parametreler (SS, PT, PI) açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Bu bulgular, LL açısı ve pelvik parametrelerin, amatör erkek futbolcularda ve sağlıklı erkek bireylerde benzer düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durum, futbolun spinopelvik parametrelerde belirgin bir değişikliğe neden olmadığına işaret edebileceği gibi, çalışmadaki sağlıklı erkek bireylerin de futbolculara benzer spinopelvik dizilim sağlayacak fiziksel aktivitelere katıldığını düşündürebilir. Başka bir bakış açısıyla da spinopelvik parametrelerin, genel popülasyonda spesifik aktivitelerden bağımsız olarak sabit bir yapısal özellik olabileceği olasılığı da akla gelmektedir.

LL açısı ile SS açısı arasında hem amatör futbolcularda hem de sağlıklı bireylerde güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir. LL açısı ile PT açısı arasında amatör futbolcularda orta şiddette negatif bir ilişki bulunmuştur. SS açısı ile PT açısı arasındaki korelasyon ise her iki grupta da güçlü negatif düzeyde saptanmıştır. LL açısı ile PI açısı arasında her iki grupta da orta düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur. SS açısı ile PI açısı arasındaki korelasyon her iki grupta da güçlü pozitif düzeyde saptanmıştır. PT ile PI arasındaki korelasyon ise amatör futbolcularda orta şiddette pozitif bulunmuş, sağlıklı bireylerde ise anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Bu bulgular, LL açısı ve pelvik parametrelerin her iki grupta da birbirleriyle ilişkili şekilde değiştiğini ve bu parametreler arasında yapısal bir bütünlük olabileceğini göstermektedir. Le ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [94], sağlıklı Asya'lı bireylerden oluşan 115'i erkek, 209'u kadın olmak üzere 324 kişilik bir örnekleme (ortalama yaş 55 ± 13), ayakta duruş pozisyonunda çekilen lateral spinal grafiler üzerinde yapılan ölçümlerle, PI ile LL arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. Literatürde spinopelvik dizilim parametrelerinin çeşitli ırklarda farklılık gösterebildiğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır. Zhu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [95], Çinli bireyler ile beyaz ırk arasındaki spinopelvik parametreler kıyaslanmış, Çinli bireylerde PI ve SS'in beyaz ırka kıyasla anlamlı şekilde daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bir diğer çalışmada ise Bayraktar ve arkadaşları [96], genç erişkin Türk bireylerde sagittal spinopelvik parametreleri

değerlendirmiş, çalışmadaki Türk popülasyonundaki LL açılarının diğer ülkelerde yapılan (ABD, Fransa, Japonya, Güney Kore) çalışmalardakilere benzer olduğunu fakat PI açılarının bir miktar daha düşük olduğunu belirtmiş, bu durumun spinopelvik parametrelerin ırksal/genetik olarak farklılık gösterebileceği sonucuna varmışlardır.

Sağ ve sol bacak Semitendinosus, sağ ve sol bacak Semimembranosus ile sağ bacak Biceps Femoris kaslarından elde edilen SWE değerleri A grubunda, B grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Sol bacak Biceps Femoris kası SWE değeri açısından iki grup arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu bulgular hamstring kaslarının futbolcularda sağlıklı bireylere kıyasla daha sert olduğuna işaret etmektedir.

Futbolcularda sağ bacak Semitendinosus, Semimembranosus ve Biceps Femoris kaslarının SWE değerleri arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar saptanmış; sağ ve sol bacak Semitendinosus kaslarının SWE değerleri arasında da küçük fakat anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Buna karşılık, sağlıklı bireylerde hamstring kaslarının SWE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon gözlenmemiştir. Bu durum, futbolcularda hamstring kaslarının SWE ile elde edilen elastisite düzeylerinin sağlıklı bireylere kıyasla daha uyumlu seyrettiğini göstermektedir.

ADET, DBKT ve Otur-Uzan Testi sonuçlarına göre futbolcularda, sağlıklı bireylere kıyasla her iki bacak için ortalama esneklik skorları (ADET ve DBKT için açı dereceleri, Otur-Uzan Testi için cm cinsinden mesafe değerleri) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, hamstring kas grubu ve gövde-bel esnekliği açısından futbolcuların sağlıklı bireylere kıyasla daha esnek olduğuna işaret etmektedir.

Hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçları incelendiğinde, her iki grupta da ADET ve DBKT testlerinin sağ ve sol bacak ölçümleri arasında güçlü veya çok güçlü düzeyde korelasyonlar gözlenmiştir. Benzer şekilde, Otur-Uzan Testi ile ADET ve DBKT sonuçları arasında da anlamlı, güçlü düzeyde pozitif ilişkiler saptanmıştır. Bu bulgular, hem her iki bacak için yapılan klinik testlerdeki ölçümlerin birbirine yakın değerlerde olduğunu, hem de hamstring esnekliğini değerlendiren farklı klinik testlerin birbiriyle uyumlu bulgular sağladığına işaret etmektedir. Hansberger ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [97], 81 adet rekreasyonel olarak aktif bireyde (ortalama yaş: 23.7 ± 5.9 yıl), ADET, DBKT, V-Otur Uzan Testi ve Parmak–Zemin Mesafesi Testi arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş, V-Otur Uzan Testi ve Parmak–Zemin Mesafesi Testinin benzer hareket paternleri nedeniyle yüksek düzeyde

ilişkili olduğunu, ADET ve DBKT testlerinin ise birbirleriyle ve diğer testlerle daha düşük düzeyde de olsa anlamlı korelasyon gösterdiğini; dolayısıyla hamstring gerginliğinin çok boyutlu yapısını yansıtabilmek için bu testlerin birlikte değerlendirilmesinin daha uygun olacağı ifade edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde birden fazla klinik test kullanılmış olup, hem A hem de B grubunda ADET, DBKT ve Otur-Uzan Testi arasında güçlü düzeyde korelasyonlar saptanmış olması, korelasyon gücü açısından Hansberger ve arkadaşlarının çalışmasından farklılık göstermekle birlikte, ADET ile DBKT ve DBKT ile Otur-Uzan Testi arasındaki anlamlı korelasyonlar yönünden söz konusu çalışmanın bulgularıyla benzerlik arz etmektedir. Neto ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [98], 48'i erkek ve 54'ü kadın olmak üzere toplam 102 hamstring fleksibilite eksikliği olan bireyde, ADET ve DBKT testlerinin gözlemci içi güvenilirliği ile bu iki test arasındaki korelasyon değerlendirilmiş, her iki testin de çok yüksek düzeyde gözlemci içi güvenilirliğe sahip olduğu, iki test arasında dominant bacakta güçlü pozitif, non-dominant bacakta ise orta-üst düzeyde pozitif korelasyon saptandığı ve bu testlerin benzer ölçüm yapabildiği, ancak tamamen aynı yapıların esnekliğini yansıtmadığı sonucuna varılmıştır. Bir diğer çalışmada ise Ayala ve arkadaşları [99], 156'sı erkek ve 87'si kadın olmak üzere 243 üniversite öğrencisinde (yaş ortalaması ~21) Otur-Uzan Testi, Ayakta Parmak Ucu Dokunma Testi ve DBKT'nin geçerliliği ve güvenilirliği değerlendirilmiş, üç testin de klinik olarak güvenilir olduğu fakat Otur-Uzan Testi ile Ayakta Parmak Ucu Dokunma Testinin yüksek korelasyon göstermesine rağmen bu iki testin birbirinin yerine geçmeyeceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte Otur-Uzan Testi ile DBKT arasında anlamlı korelasyon saptanmış olup, bu iki testin klinik uygulamalarda kabul edilebilir bir eşleşme düzeyini yansıttığı belirtilmiştir. Çalışmamız, geçerliliği ve güvenilirliği belirtilen klinik testleri kapsayıcı bir şekilde ele almış ve klinik testlerle ilgili bulgularımız literatürdeki bulgularla çoğunlukla uyum göstermiştir.

Çalışmamızda yaş ortalaması ve vücut ağırlığı futbolcularda sağlıklı bireylere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Boy uzunluğu ve VKİ açısından gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Lisans yılı verisi yalnızca futbolculara ait olup ortalama 7.82 yıl olarak hesaplanmıştır.

Futbolcularda LL açısı ile yaş, vücut ağırlığı ve VKİ arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Ayrıca, PI açısı ile yaş, vücut ağırlığı ve boy uzunluğu arasında küçük düzeyde pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Sağlıklı bireylerde ise LL

açısı ile yaş, vücut ağırlığı ve VKİ arasında güçlü düzeyde pozitif korelasyonlar bulunmuş, PI açısı ile vücut ağırlığı ve boy uzunluğu arasında ise orta düzeyde pozitif ilişkiler saptanmıştır. Bu bulgular, her iki grupta da LL açısı ve pelvik parametrelerin, yaş, vücut ağırlığı ve VKİ değişkenleriyle ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Butzen ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [100], 272 kronik non-spesifik bel ağrılı bireyin (ortalama 54 yaş) PI açıları, vücut ağırlıkları ve VKİ'leri değerlendirilmiş, yüksek pelvis insidansa sahip bireylerin daha yüksek VKİ'ye sahip olduğu ifade edilmiştir. Wati ve arkadaşları tarafından yapılan bir literatür derlemesinde [101], VKİ ile LL ilişkisi ele alınmış, çalışmaya dahil edilen 5 araştırma makalesinin tümünde VKİ ile LL arasında pozitif korelasyon olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızdaki bulgular bu anlamda literatürle benzerdir.

Çalışmamızda, B grubunda sol bacak Biceps Femoris kasının SWE değeri ile PT açısı arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki saptanmıştır. Bunun dışında, her iki grupta da LL açısı veya pelvik açı parametreleri ile hamstring kaslarının SWE değerleri arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Bu bulgu, genel olarak kas elastisite düzeylerinin LL açısı ve pelvik açı parametreleriyle tutarlı bir ilişki göstermediğini düşündürmektedir. Nakamura ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [102], 15 sağlıklı erkekte semitendinosus, semimembranosus ve biceps femoris kaslarına uygulanan pasif gerilim düzeyleri SWE ile değerlendirilmiş, farklı pelvik pozisyonların (nötr, anterior tilt ve posterior tilt) bu kasların pasif sertliği üzerindeki etkisi incelenmiş ve tüm pelvik pozisyonlarda semimembranosus kasının diğer iki kasa kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek sertlik değerleri gösterdiği, anterior pelvik tilt pozisyonunda ise biceps femoris kası, semitendinosus kasına kıyasla daha sert bulunmuştur. Bahsedilen çalışmada üç kasın tamamında anterior pelvik tilt pozisyonunda elde edilen SWE değerleri, posterior ve nötr pozisyona kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuş, en düşük SWE değerleri ise posterior pelvik tilt pozisyonunda elde edilmiştir. Çalışmamızda her ne kadar PT açılarıyla kas SWE değerleri arasında bütüncül bir korelasyon saptanmamış olsa da, B grubunda elde edilen, 'PT açısı ile sol biceps femoris kası SWE değerleri arasındaki pozitif korelasyon' Nakamura ve arkadaşlarının çalışmasındaki bulguyla paralellik göstermektedir. Çalışmamızda hem amatör futbolcularda hem de sağlıklı bireylerde kas pasif sertliği değerlerinin (SWE) en yüksek olarak semimembranosus kasında elde edilmiş olması da bahsedilen çalışmanın bulgularıyla bir diğer benzerlik olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmamızda, her iki grupta da pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Bu bulgu, pelvik parametrelerin hamstring kas esnekliğiyle doğrudan ilişkili olmayabileceğini düşündürmektedir. A Grubu'nda LL açısı ile klinik esneklik testleri arasında anlamlı bir korelasyon bulunmazken, B Grubu'nda LL açısı ile ADET ve DBKT sonuçları arasında orta düzeyde negatif korelasyonlar belirlenmiştir. LL ile Otur-Uzan Testi arasında da benzer yönde bir ilişki eğilimi gözlenmiş, ancak bu bulgu istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Bu durum, LL açısındaki artışın hamstring esnekliğini yansıtan klinik test skorlarında düşüşle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Başka bir deyişle, LL açısının artması ile hamstring esnekliğini değerlendiren testlerde daha düşük skorlar elde edilmesi arasında ilişki bulunduğu gibi, daha düşük esneklik skorları da artmış LL değerleri ile ilişkilidir. Ancak bu bulgu, nedensel bir bağlamda değil, yalnızca istatistiksel bir ilişki düzeyinde değerlendirilmelidir. López-Miñarro ve arkadaşları tarafından 109 genç bireyi (65'i elit paddler (23 kadın kayakçı, 22 erkek kayakçı, 20 erkek kanocu) ve 44'ü kontrol grubu (22 erkek, 22 kadın spor yapmayan öğrenci)) değerlendiren bir çalışmada [90], oturarak öne eğilme testindeki lomber eğrilik ile hamstring esnekliği arasındaki ilişki ele alınmış; torasik ve lomber spinal eğrilikler, hem ayakta durma pozisyonunda hem de oturarak öne eğilme testinde inklinometre ile ölçülmüş, hamstring esnekliği de her iki bacakta pasif düz bacak kaldırma testi ile değerlendirilmiş, oturarak öne eğilme testindeki lomber eğrilik ile düz bacak kaldırma testinde ölçülen hamstring esnekliği arasında anlamlı bir ilişki bulunmamış ve dolayısıyla öne eğilme sırasındaki omurga hareketliliğinin sadece hamstring esnekliğine bağlı olmadığı sonucuna varmışlardır. Çalışmamız, amatör futbolculardan oluşan grupta LL derecesi ile hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testler arasında anlamlı bir ilişki saptanmamış olması bakımından ilgili çalışmayla benzerlik göstermektedir. Ancak sağlıklı bireylerden oluşan grupta LL derecesi ile sağ ve sol bacak ADET, sağ ve sol bacak DBKT ve Otur-Uzan Testi sonuçları arasında anlamlı korelasyonların bulunması, çalışmamızın bu yönüyle söz konusu çalışmanın bulgularından ayrıştığını ortaya koymaktadır. Cejudo ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [15], takım sporlarında aktif olarak yer alan 94 sporcuda (61 erkek, 33 kadın) hamstring kas esnekliğinin, pelvik tilt, torasik kifoz ve lomber lordoz ile tekrarlayan bel ağrısı varlığıyla olan ilişkisi cinsiyet temelli olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada hamstring esnekliği, hamstring kaslarının pasif olarak gerildiği Kalça Fleksiyonu-Diz Ekstansiyonu testi ile, lumbosakral açı, torasik

kifoz ve lomber lordoz açıları ise spinal mouse cihazı ile değerlendirilmiş, katılımcılar son 12 ay içerisinde tekrarlayan bel ağrısı yaşayıp yaşamadıklarına göre sınıflandırılmıştır. Bulgulara göre, kadın sporcuların hamstring esnekliğinin erkeklere kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiş, ancak kadınlarda hamstring esnekliği ile tekrarlayan bel ağrısı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamış, erkek sporcularda ise artmış hamstring gerginliğinin, azalmış LL ve PT ile ve tekrarlayan bel ağrısı ile anlamlı ilişki gösterdiği saptanmıştır. Çalışmamızda A grubunda spinopelvik parametreler ile klinik esneklik testleri arasında anlamlı ilişki saptanmamış olup, B grubunda ise klinik esneklik testleriyle değerlendirilen artmış hamstring gerginliği ile azalmış LL arasında ilişki saptanmıştır ve bu bağlamda çalışmamız, Cejudo ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmanın bulgularıyla paralellik göstermektedir. Ancak, çalışmamızda hamstring gerginliğini değerlendirmek için kullanılan klinik testler ile bahsedilen çalışmada kullanılan Kalça Fleksiyonu-Diz Ekstansiyonu testi farklılık göstermekte olup, ayrıca spinopelvik parametreler çalışmamızda radyografik görüntüler üzerinden, söz konusu çalışmada ise spinal mouse cihazı ile yüzeysel olarak değerlendirilmiştir. Allam ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise [103], 50'si erkek, 50'si kadın olmak üzere toplam 100 sağlıklı üniversite öğrencisinde hamstring gerginliğinin LL açısı ve gövde fleksibilitesi ile olan ilişkisi cinsiyet temelli olarak değerlendirilmiş, hamstring gerginliği ADET ve DBKT ile, gövde fleksibilitesi Parmak-Zemin Mesafesi testiyle, LL açısı ise flexi-curve yöntemiyle ölçülmüştür. Kadınlarda ADET ve DBKT test sonuçları ile gövde fleksibilitesi arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar saptanmışken, erkeklerde bu testlerle gövde fleksibilitesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmamış, LL açısı ile hamstring esnekliği arasında ise her iki cinsiyette de istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon belirlenmemiştir. Çalışmada ayrıca, kadınların erkeklere kıyasla daha yüksek LL açısına ve daha belirgin hamstring gerginliğine sahip oldukları, ancak buna rağmen gövde fleksibilitesi skorlarının anlamlı düzeyde daha düşük olduğu rapor edilmiş, hamstring gerginliği ile gövde fleksibilitesi kadınlarda ilişkili bulunmuş, erkeklerde ise ilişki saptanmamış, hamstring gerginliği ile LL arasındaki ilişki ise her iki cinsiyette de anlamlılık düzeyine ulaşmadığını sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda, futbolcu grubunda LL ve pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamışken, sağlıklı erkek bireylerden oluşan grupta LL açısı ile üç klinik test skorları arasında orta düzeyde negatif korelasyonlar saptanmıştır. Yani LL açısı ile hamstring gerginliğini değerlendiren klinik testlerin korelasyonu ile

ilgili tartışma, çalışmamızın bulgularından da elde edildiği üzere devam edecek gibi görünmektedir. Bu durumun birçok sebebi olabilir. Örneğin çalışmamızda LL açıları ve pelvik parametreler her iki grup için de anlamlı farklılık göstermezken, hamstring kaslarından elde edilen SWE değerleri A grubunda B grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek saptanırken, hamstring gerginliğini değerlendiren klinik testlerde ise yine A grubunda B grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek skorlar elde edilmiştir. Oysa klasik teorik bilgi olarak bir kasın sertliği arttıkça esnekliğinin/fleksibilitesinin azalması beklenmektedir. Çalışmamızın hipotezine dönecek olursak, ‘futbolcularda kas elastisitesinin daha yüksek olacağı’ kısmı doğrulanmakla birlikte ‘LL derecesi ile sagittal pelvik parametrelerde spora özgü yüklenmelerin etkisiyle anlamlı yapısal farklılıkların gelişeceği’ kısmı doğrulanmamıştır. Fakat ele alınması gereken bir diğer nokta da futbolcularda spora özgü germe antrenmanlarının sağlıklı erkek bireylere kıyasla daha fazla ve etkin şekilde yapıldığı öngörüldüğünde, futbolcu grubunda hem artmış hamstring kas sertliğinin hem de artmış hamstring kas esnekliğinin aynı anda meydana geldiği görülmektedir ki kanaatimizce çalışmamızın en önemli bulgularından biri budur.

Her ne kadar çalışmamızdaki metodolojiden farklı olarak, Çalışkan ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [104], 16 amatör erkek futbolcuda hamstring gerginliği ile postüral kontrol arasındaki ilişki incelenmiş, hamstring esnekliği ADET testi ile değerlendirilmiş, postüral kontrol ise Biodex Balance System (bilgisayar tabanlı bir denge analiz cihazı) kullanılarak, tek bacak üzerinde göz açık ve göz kapalı koşullarda ölçülmüş ve postüral stabilite parametreleri olarak genel denge skoru, anterior-posterior ve medial-lateral salınımlar kaydedilmiştir. Çalışmada, ADET testi ile postüral kontrol parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı ortaya koyulmuş, hamstring kas gerginliğinin tek başına postüral denge yetisi üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığı belirtilmiş ve postüral kontrolün çok boyutlu bir yapıya sahip olduğu ve yalnızca hamstring gerginliği ile açıklanamayacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmamızdaki spinopelvik dizilim ile hamstring gerginliği ilişkisi değerlendirmesinde bütünüyle korelasyon saptanmamış olması da Çalışkan ve arkadaşları tarafından belirtilen ‘hamstring kas gerginliğinin tek başına postüral denge yetisi üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığı’ savını destekleyici bir bulgu olarak düşünülebilir.

Çalışmamızdaki her iki grupta da hamstring kaslarının SWE değerleri ile demografik değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Bu

bulgular, SWE ile ölçülen hamstring kas sertliğinin demografik özellikler ile ilişkili olmadığını göstermektedir. Cummings ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [105], genç basketbolcularda SWE ile hamstring kas sertliğinin normal değerlerinin belirlenmesi ve hedeflenmiş nöromusküler antrenmanın hamstring sertliği üzerindeki etkisini ölçmek amaçlanmış, 321 lise ve üniversite basketbolcusu (177 kadın, 139 erkek) olmak üzere 642 alt ekstremité değerlendirilmiş, yaşla hamstring sertliği arasında doğrudan ilişki olmadığını, hem erkek hem de kadın basketbolcularda hamstring sertliğinin yaşla artış göstermediğini belirtmişlerdir. Bahsedilen çalışmada SWE ile biceps femoris kası üç farklı pasif fleksiyon pozisyonunda (40%, 60%, 80%) değerlendirilmiş, SWE'nin kas sertliğini objektif olarak ölçen, yaralanma riski tahmini ve müdahale takibi için umut verici bir araç olduğu belirtilmiş, ancak kas sertliğinin 'uygun' seviyesinin kişiye ve performansa göre değişebileceğinden, aşırı esnekliğin de risk faktörü olabileceği ifade edilmiştir. Çalışmamızda bu çalışmaya benzer olarak yaş ile kas sertliği (SWE) arasında ilişki bulunmamıştır, farklı olarak ise bizim çalışmamızda sadece biceps femoris kası değil, üç hamstring kasının da prone pozisyonunda istirahat halindeyken SWE değerleri elde edilmiştir.

Çalışmamızdaki her iki grupta da hamstring kaslarının SWE değerleri ile ADET, DBKT ve Otur-Uzan Testi sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir korelasyon saptanmamıştır. Bu durum, kas elastisite ölçümlerinin hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test sonuçlarıyla doğrudan bir ilişki göstermediğini ortaya koymaktadır. Miyamoto ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [106], hamstring sertliği (SWE ile değerlendirilmiş) ile pasif düz bacak kaldırma ve oturarak öne eğilme testleri arasındaki ilişki 76'sı erkek 22'si kadın olmak üzere 98 sağlıklı spor bilimleri öğrencisinde (ortalama ~21 yaş) değerlendirilmiş, sadece sağ bacak için semitendinosus, semimembranosus ve biceps femoris kaslarının SWE değerleri, kalça 70° fleksiyonda diz ekstansiyon pozisyonundayken elde edilmiş ve SWE değerleri ile pasif düz bacak kaldırma ve oturarak öne eğilme testleri arasında zayıf düzeyde anlamlı korelasyonlar bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte en yüksek kas sertliğinin (SWE) Semimembranosus kasında (diğerleri sırasıyla Semitendinosus ve Biceps femoris) elde edilmiş, klinik testlerin hamstring kas sertliğini doğrudan ve güvenilir şekilde ölçemeyeceğini çünkü çok sayıda başka faktörden etkilendiğini (kişisel ağrı eşiği, uygulayıcı farklılığı, pelvik pozisyon, tendon, bağ, sinir dokusu gibi diğer yapılar), SWE yöntemiyle doğrudan kas sertliği ölçümünün daha objektif bir değerlendirme sağlayabileceğini vurgulamışlardır. Çalışmamızın bu çalışmayla bir

benzerliği, hem amat3r futbolcularda hem de sağlıklı bireylerde kas sertliği değerlerinin (SWE) b3y3kten k3ç3đe, Semimembranosus > Semitendinosus > Biceps Femoris sırasıyla elde edilmiş olmasıdır. Farklı olarak ise, alışmamızda SWE değerleriyle klinik test skorları arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır ki bahsedilen çalışmada da bu anlamda elde edilen korelasyonun zayıf d3zeyde olduğu belirtilmektedir.

Çalışmamızda futbolcularda boy uzunluğu ile Otur-Uzan Testi arasında orta d3zeyde pozitif korelasyon saptanmıştır. Bu ilişki, boy uzunluğu arttıķa Otur-Uzan testinden elde edilen skorların da arttığını g3stermektedir. Aynı grupta VKİ ile sağ ADET ve Otur-Uzan Testi arasında saptanan orta d3zeyde negatif korelasyonlar ise, artan VKİ'nin hamstring esnekliğini olumsuz etkileyebileceğini d3ř3nd3rmektedir. Sağlıklı bireylerden oluşan B grubunda ise yaş, v3cut ağırlığı ve VKİ ile ADET, DBKT ve Otur-Uzan Testi sonuçları arasında orta ile g3çl3 d3zeyde negatif korelasyonlar bulunmuştur. Bu bulgular, sağlıklı bireylerde yaş, v3cut ağırlığı ve VKİ değerleri arttıķa hamstring esnekliğini yansıtan klinik test skorlarının belirgin biçimde azaldığını g3stermektedir. Akınoğlu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [107], farklı branşlardan (kano, jimnastik, atletizm, eskrim, kayak, y3zme vb.) 56 ad3lesanda (28 erkek, 28 kadın) Otur-Uzan testinin geleneksel ve r3latif değerlendirilmesi (geleneksel değerlendirmeden farklı olarak bacak ve g3vde uzunluğu gibi v3cut 3l3lerine orantılı bağıl değerlendirme) ile boy uzunluğu, bacak uzunluğu ve g3vde uzunluğu arasındaki ilişki incelenmiş, erkekler ile kadınlar arasında geleneksel Otur-Uzan testi skorları açısından farklılık bulunmazken, relatif Otur-Uzan testi skorları kadın sporcularda erkeklere kıyasla anlamlı daha y3ksek bulunmuş, bununla birlikte erkek sporcularda geleneksel ve relatif Otur-Uzan skorları ile yaş, boy, bacak uzunluğu, g3vde uzunluğu, v3cut ağırlığı, spor yılı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmamıştır. Hrazdira ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada [108], ek Cumhuriyeti'nde yaşayan 18–59 yaş arası toplam 843 sağlıklı bireyde (388 erkek, 455 kadın) g3vde-hamstring fleksibilitesi, Otur-Uzan Testi kullanılarak değerlendirilmiş ve esnekliğin yaş, cinsiyet, fiziksel aktivite d3zeyi ile v3cut kompozisyonu değişkenleriyle ilişkisi incelenmiş, kadınlar t3m yaş gruplarında erkeklere kıyasla anlamlı d3zeyde daha y3ksek g3vde-hamstring esnekliğine sahip bulunmuş, her iki cinsiyette de yaş ilerledikçe esneklik azalma eğilimi g3stermiş, bu azalma ise erkeklerde daha erken yaşlarda ve daha belirgin şekilde g3zlenmiştir. Bahsedilen çalışmada, g3vde uzunluğunun v3cut uzunluğuna

oranı ile Otur-Uzan Testi skorları arasında pozitif korelasyon saptanırken, VKİ ve bel-kalça oranı gibi vücut kompozisyonu parametreleri ile esneklik düzeyi arasında negatif yönde anlamlı ilişkiler belirlenmiş, fiziksel olarak aktif bireylerin test performansları genel olarak daha yüksek olmakla birlikte, bu durum tüm yaş gruplarında tutarlılık göstermemiştir. Çalışmamızda A grubunda boy uzunluğu ile Otur-Uzan Test skorları arasında orta düzeyde pozitif korelasyon saptanırken, B grubunda saptanmamıştır ve bu durum literatürle farklılık göstermekle birlikte, yukarıda bahsettiğimiz gibi futbolculardaki artmış hamstring kas esnetilebilirliğine bağlı olarak boy uzunluğu ile Otur-Uzan test skorları arasında pozitif korelasyon meydana gelmiş olabileceğini düşünmekteyiz. Yani Otur-Uzan testi için dezavantaj olarak görünen boy uzunluğunun, düzenli germe egzersizleri yapan sporcularda avantaja dönüşebileceği sonucuna varılabilir.

A Grubu'nda dominant ve non-dominant bacaklar karşılaştırıldığında, sağ bacağı dominant olan bireylerde Semimembranosus kasının SWE değerinin, sol bacağı dominant olan bireylerde ise Semitendinosus kasının SWE düzeyleri dominant bacak lehine anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Diğer kaslar ve klinik esneklik testleri açısından dominant ve non-dominant bacak arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. B Grubu'nda ise sağ bacağı dominant olan bireylerde, Semimembranosus kasının SWE değeri dominant bacakta, Semitendinosus ve Biceps Femoris kaslarının SWE değerleri ise non-dominant bacakta daha yüksek bulunmuş ve bu farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. Ayrıca, sağ bacağı dominant olan bireylerde yapılan klinik esneklik testlerinde dominant taraf lehine anlamlı farklar gözlenmiştir. Sol bacağı dominant olan B Grubu bireylerinde, SWE değerleri ve ADET testinde anlamlı fark bulunmazken, DBKT testinde non-dominant bacak lehine anlamlı bir fark saptanmıştır. Bu bulgular, hamstring kaslarının elastisite özelliklerinin bacak dominansı ile ilişkili olabileceğine işaret etmekle birlikte, bacak dominansının klinik esneklik testlerine de yansıtılabileceğini düşündürmektedir. Garcia ve Jimenez tarafından yapılan bir çalışmada [109], profesyonel futbolcularda cinsiyete bağlı olarak (15'i erkek, 15'i kadın 30 profesyonel futbolcudan) hamstring kas sertliğinin farklılık gösterip göstermediği SWE kullanılarak incelenmiş, her katılımcının semitendinosus, semimembranosus ve biceps femoris kasları hem dominant hem de non-dominant bacakta değerlendirilmiştir. Non-dominant bacakta semitendinosus kası erkeklerde kadınlara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek sertlik göstermiş, semimembranosus ve biceps femoris kaslarında da erkeklerin ortalama değerleri

kadınlara göre daha yüksek olmasına rağmen bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Erkek futbolcularda, dominant bacakta en yüksek sertlik semimembranosus, ardından semitendinosus ve sonra biceps femoris kaslarında ölçülmüş; non-dominant bacakta ise semitendinosus ve semimembranosus kaslarının sertlik düzeyleri birbirine yakın seviyede olup, biceps femoris kası bu iki kasta daha düşük olarak ölçülmüştür. Bahsedilen çalışmadaki bu farklılıkların kas yapısı, lif kompozisyonu ve hormonal etkiler gibi biyolojik faktörlerle ilişkili olabileceği belirtilmiş, SWE yönteminin, sporcularda bireyselleştirilmiş antrenman planlaması ve yaralanma riski yönetimi açısından güvenilir ve objektif bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır. McPherson ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada [110], lise düzeyindeki aktif basketbol oyuncularında (52'si erkek, 89'u kadın olmak üzere toplam 141 sporcu) biceps femoris kasının pasif hamstring sertliği SWE yöntemiyle değerlendirilmiş, kadın sporcularda dominant bacağına kıyasla non-dominant bacakta daha yüksek SWE değerleri saptanmış, ancak erkeklerde bu açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmamızın popülasyonu, hem A hem de B grubu için tamamen erkek bireylerden oluşmakta olup, McPherson ve arkadaşlarının çalışmasına benzer şekilde biceps femoris kasına ait SWE değerleri açısından dominant ve non-dominant bacaklar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Hamid ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise [111], ADET testinin değerlendiriciler arası ve değerlendirici içi güvenilirliği incelenmiş, dominant ve non-dominant bacaklar arasında ADET ölçümleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmamızda ise A grubunda ADET için bacak dominansı açısından fark bulunmamış, B grubunda ise ADET ve DBKT için dominant bacak lehine anlamlı farklılık saptanmıştır. Bu durum, sağlıklı erkek birey grubundan farklı olarak, futbolcularda her iki bacağın benzer düzeyde antrene edilmesinin, hamstring esnekliği açısından dominant/ non-dominant bacak arasındaki farkın azalmasına ya da tamamen ortadan kalkmasına neden olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızın sınırlılıklarından bahsetmek gerekirse, öncelikle çalışmanın örneklem grubu yalnızca erkek bireylerle sınırlı olup, cinsiyet farklılıklarına dayalı bulgular sunulamamıştır. Ayrıca, çalışma kesitsel bir tasarıma sahip olduğu için elde edilen korelasyonlar nedensellik yönüyle yorumlanamamakta, özellikle LL açısı ve hamstring esnekliği gibi parametreler arasındaki ilişkilerin yönü belirgin şekilde açıklanamamaktadır. SWE ölçümleri sadece istirahat pozisyonunda ve prone pozisyonda gerçekleştirilmiş, farklı diz ve kalça eklem pozisyonlarında yapılabilecek

değerlendirmelerle elde edilebilecek farklı bulgular sunulamamıştır. Klinik esneklik testleri için ise bireysel ağrı eşiği, farklı çalışmalardaki uygulayıcı farklılığı gibi faktörlerin etkisi elimine edilememektedir. Ek olarak, bacak uzunluğu ve gövde uzunluğu/ boy uzunluğu oranı gibi antropometrik parametrelerin Otur-Uzan Testi üzerindeki etkileri doğrudan analiz edilmemiştir. Son olarak, SWE ile klinik testler arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamış olması, bu iki değerlendirme yöntemi arasında muhtemel metodolojik veya fizyolojik ayrışmaların nedenlerini açıklayacak ileri analizlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, çalışmamızın güçlü yönlerini vurgulamak gerekirse; çalışmamız, spinopelvik parametreler (LL, PI, PT, SS), hamstring kas elastisitesi (SWE), klinik esneklik testleri (ADET, DBKT, Otur-Uzan Testi) ve demografik verilerin çok boyutlu olarak bir arada incelendiği ve yalnızca amatör futbolcu grubunun değil, sağlıklı erkek bireylerle futbolcuların bu parametreler açısından kıyaslanmış olması yönüyle kapsamlı bir yapıya sahiptir. Radyografik görüntüleme kullanılarak yapılan spinopelvik açı ölçümleri, mevcut verinin nesnelliğini artırmış ve yüzeysel değerlendirme yöntemlerine kıyasla daha güvenilir anatomik referanslar sunmuştur. Ayrıca, yalnızca tek bir hamstring kasının değil, tüm hamstring kas grubunun (semitendinosus, semimembranosus, biceps femoris) SWE yöntemiyle ayrı ayrı değerlendirilmiş olması, elastisite ölçümüne dair detaylı bilgi sağlamıştır. Çalışmada aynı zamanda kas elastisitesi (SWE), klinik esneklik test sonuçları ve bacak dominansı arasındaki ilişkiler detaylı olarak incelenmiştir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- Amatör futbolcular ve sağlıklı erkek bireyler arasında spinopelvik parametreler açısından anlamlı fark saptanmamış olması, futbolun spinopelvik parametrelerde belirgin bir değişikliğe neden olmadığına işaret edebileceği gibi, çalışmadaki sağlıklı erkek bireylerin de futbolculara benzer spinopelvik dizilim sağlayacak fiziksel aktivitelere katıldığını düşündürebilir. Başka bir bakış açısıyla da spinopelvik parametrelerin, genel popülasyonda spesifik aktivitelerden bağımsız olarak sabit bir yapısal özellik olabileceği olasılığı da akla gelmektedir. Bu anlamda ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.
- Çalışmada literatürle uyumlu şekilde spinopelvik parametreler (LL, SS, PI, PT) her iki grupta da kendi içinde anlamlı ilişkiler göstermiş olup, bu durum bu parametreler arasında yapısal bir bütünlük olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte spinopelvik parametrelerin ırksal/genetik olarak farklılık gösterebileceği de akılda tutulmalıdır.
- Çalışmada hamstring kaslarının SWE değerleri futbolcularda sağlıklı bireylere kıyasla genel olarak daha yüksek bulunmuş olup, bu durum futbol antrenmanlarının kas elastisitesi üzerinde yapısal adaptasyonlara yol açabileceğine işaret etmektedir. Ancak sol bacak Biceps Femoris kasında fark saptanmaması, bu etkinin tüm kaslara veya her iki bacağı eşit dağılmadığını ve dominant bacak kullanımı, antrenman asimetrisi ya da bireysel farklılıkların etkili olabileceğini düşündürmektedir.
- Çalışmada futbolcularda sağ bacak Semitendinosus, Semimembranosus ve Biceps Femoris kasları ile sağ ve sol bacak Semitendinosus kaslarının SWE değerleri arasında anlamlı korelasyonlar saptanırken, sağlıklı bireylerde bu kaslar arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bu bulgular, futbolcularda

- antrenman ve tekrarlayan yüklenmelere bağılı olarak hamstring kaslarında daha bütüncül bir elastisite adaptasyonu geliştiğine işaret etmektedir.
- Çalışmada klinik muayene test değerlendirmelerine göre futbolculardaki esneklik skorları, sağlıklı bireylere kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, futbolun düzenli fiziksel aktivite ve spor spesifik yüklenmeler yoluyla hamstring ve gövde-bel esnekliğini belirgin şekilde artırabileceğine işaret etmektedir.
- Çalışmada her iki grupta ADET ve DBKT testlerinin sağ ve sol taraf ölçümleri ile Otur-Uzan Testi sonuçları arasında anlamlı korelasyonlar saptanmıştır. Bu bulgular, hem sağ ve sol taraf ölçümleri arasında hem de farklı klinik testler arasında yüksek düzeyde uyum olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışmamız, geçerliliği kanıtlanmış klinik testleri kapsamlı biçimde değerlendirmiş ve literatürle büyük ölçüde uyumlu sonuçlar elde etmiştir. Ancak, çalışmada gözlenen bu yüksek uyum düzeyi, potansiyel ölçüm biaslarının tamamen ortadan kalktığını göstermek için yeterli değildir. Özellikle bireysel değerlendirici farklılıkları, ırksal ve genetik varyasyonlar, kültürel alışkanlıklar, ağrı eşiği değişkenlikleri, toplumun spora olan eğilimi ve çalışmaya dahil edilen nispeten genç yaş grubu gibi faktörlerin ölçüm sonuçları üzerinde etkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Çalışmamızda futbolcuların yaş ortalaması ve vücut ağırlığının sağlıklı bireylere göre daha düşük bulunması, gruplar arasında tam bir demografik eşleşme sağlanamadığını göstermektedir. Buna karşılık, boy uzunluğu ve VKİ'deki benzerlikler, fiziksel yapının karşılaştırılabilirliğini desteklemektedir. Futbolcuların ortalama 7.82 yıllık lisanslı spor geçmişine sahip olması ise, sportif adaptasyonlara ilişkin bulguların lisanslı futbolculuk süresi üzerinden değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Ancak bu ilişkinin doğruluğu ve yönü açısından ileri çalışmalarda daha homojen veya daha uzun spor geçmişine sahip gruplar üzerinde yapılacak araştırmalara ihtiyaç vardır. Demografik özellikler açısından daha da eşdeğer gruplarla yapılacak ileri çalışmalar, mevcut bulguların doğruluğunu ve genellenebilirliğini daha güçlü biçimde test edebilir.
- Çalışmamızda futbolcularda ve sağlıklı bireylerde LL açısı ile yaş, vücut ağırlığı ve VKİ arasında; PI açısı ile yaş, vücut ağırlığı ve boy uzunluğu

arasında anlamlı pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Bu bulgular, spinopelvik parametrelerin demografik faktörlerle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Bulgularımız, VKİ ile LL ve PI arasındaki pozitif ilişkileri ortaya koyan önceki çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

- Çalışmada spinopelvik parametreler ile hamstring kas elastisite değerleri arasında genel olarak ilişki saptanmamıştır (sadece sağlıklı bireylerde sol bacak Biceps Femoris kasının SWE değeri ile PT açısı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur). Bu bulgu, spinopelvik dizilim ile hamstring kas pasif özellikleri arasında doğrudan bir ilişki bulunmadığını ve her iki yapının farklı adaptasyon süreçlerine sahip olabileceğini göstermektedir. Ancak çalışmamız sadece kasların pasif elastisite özelliklerini ve tek bir pozisyonadaki SWE ölçümlerini değerlendirmiştir. Farklı diz fleksiyon açıları, değişen kas uzunlukları ve aktif kasılma tipleri (izometrik, konsantrik, eksantrik) altında yapılacak ileri çalışmalar, spinopelvik hizalanma ile kas mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri daha kapsamlı şekilde ortaya koyabilir.
- Çalışmamızda her iki grupta pelvik açı parametreleri ile klinik esneklik testleri arasında ilişki saptanmamıştır. Sadece sağlıklı bireylerde LL açısındaki artış, hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testlerde daha düşük skorlarla ilişkilendirilmiştir. Bu ilişki istatistiksel düzeyde olup, nedensel bir bağlamda yorumlanmamalıdır. İleri çalışmalarda, spinopelvik parametreler ile hamstring fonksiyonları arasındaki ilişki; aktif kas özellikleri ve farklı test koşulları da göz önünde bulundurularak daha kapsamlı ve ayrıntılı biçimde incelenebilir.
- Çalışmamızda futbolcularda hamstring kas sertliği (SWE değerleri) sağlıklı bireylere kıyasla yüksek bulunmasına rağmen, klinik esneklik testlerinde de daha yüksek skorlar elde edilmiştir. Bu bulgu, klasik beklentilerin aksine, kas sertliği (SWE) ve esnekliğinin (klinik test skorları) spora özgü adaptasyon süreçlerinde birlikte artabileceğini düşündürmektedir. Hipotezimizin futbolcularda kas elastisitesinin daha yüksek olacağı yönündeki kısmı doğrulanmış, ancak spinopelvik parametrelerde anlamlı yapısal farklılıklar oluşacağı yönündeki beklenti desteklenmemiştir. Özellikle hem artmış sertlik hem de artmış esnekliğin bir arada bulunması, kanaatimizce çalışmamızın en dikkat çekici bulgularından biridir. İleri çalışmalarda, spora özgü germe protokollerinin, antrenman yoğunluğunun ve aktif kas davranışlarının daha

ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi, bu çift yönlü adaptasyon olgusunun daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

- Çalışmamızda, her iki grupta da hamstring kaslarının SWE değerleri ile demografik değişkenler arasında ilişki saptanmamıştır. Bu bulgu, literatür doğrultusunda da kas sertliğinin demografik faktörlerden bağımsız olabileceğini ve kişisel özellikler ile performansa bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.
- Çalışmamızda, her iki grupta da hamstring kaslarının SWE değerleri ile klinik muayene test sonuçları arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Bu bulgu, kas elastisite ölçümlerinin hamstring esnekliğini değerlendiren klinik testlerle doğrudan ilişki göstermediğini düşündürmektedir. Ayrıca, çalışmamızda kas sertliği sıralamasının (Semimembranosus > Semitendinosus > Biceps Femoris) hem futbolcularda hem de sağlıklı bireylerde benzer şekilde elde edilmesi, literatürle uyumlu bulunmuştur. Bununla birlikte hamstring kaslarının SWE değerleri ile klinik test skorları arasındaki korelasyonlar, literatürdeki çalışmalarda da zayıf düzeyde kalmıştır.
- Çalışmamızda, futbolcu grubunda boy uzunluğu ile Otur-Uzan Testi skorları arasında pozitif bir ilişki bulunmuş, VKİ ile sağ ADET ve Otur-Uzan Testi skorları arasında ise negatif ilişkiler saptanmıştır. Sağlıklı bireylerden oluşan grupta ise yaş, vücut ağırlığı ve VKİ arttıkça hamstring esnekliğini değerlendiren klinik test skorlarının azaldığı gözlenmiştir. Bu bulgular, yaş, vücut ağırlığı ve VKİ'deki artışın hamstring esnekliği üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamız, VKİ ve vücut ağırlığı ile hamstring esnekliği arasındaki negatif ilişki yönüyle literatürle uyumlu bulgular gösterirken, boy uzunluğu ile esneklik testleri arasındaki pozitif ilişki yalnızca futbolcu grubunda saptanmış ve bu bulgu literatürdeki bazı çalışmalarla farklılık göstermiştir. Bu durum, düzenli germe antrenmanlarının etkisiyle boy uzunluğunun esneklik test performansı üzerindeki olası kısıtlayıcı etkilerinin azalabileceğini düşündürmektedir. Ancak çalışmamızda futbolcuların antrenman içerikleri doğrudan değerlendirilmediği için bu yorum kesinlik taşımamaktadır. Bu bağlamda, ileri çalışmalarda boy/ gövde/ bacak uzunluğu gibi antropometrik değişkenlerin yanı sıra, fiziksel aktivite düzeyi, antrenman alışkanlıkları ve germe protokollerinin de dikkate alındığı daha kapsamlı analizlere ihtiyaç vardır.

- Futbolcularda, sağ bacağı dominant olan bireylerde Semimembranosus kasının, sol bacağı dominant olan bireylerde ise Semitendinosus kasının SWE değerleri dominant bacak lehine anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Diğer kaslar ve klinik esneklik testleri açısından dominant ve non-dominant bacaklar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Sağlıklı erkek bireylerde ise, sağ bacağı dominant olan bireylerde Semimembranosus kasının SWE değeri dominant bacakta; Semitendinosus ve Biceps Femoris kaslarının SWE değerleri ise non-dominant bacakta anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, sağ bacağı dominant olan sağlıklı erkek bireylerde klinik esneklik testlerinde dominant taraf lehine anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Sağlıklı erkek bireylerden sol bacağı dominant olan bireylerde ise SWE değerleri ve ADET testinde anlamlı fark bulunmazken, DBKT testinde non-dominant bacak lehine anlamlı bir fark belirlenmiştir. Bu bulgular, hamstring kaslarının elastisite özelliklerinin ve klinik esneklik test sonuçlarının bacak dominansı ile ilişkili olabileceğini düşündürmekle birlikte tezatlıkları da barındırmaktadır. Zira örneğin sağ bacağı dominant olan bireyler için, semimembranosus kası SWE değerleri hem futbolcu grubunda hem de sağlıklı erkek bireyler grubunda dominant bacak lehine yüksek bulunmuşken; futbolculardan sol bacağı dominant olan bireylerde semitendinosus kası SWE değerleri yüksek bulunmuş, sağlıklı erkek bireylerde ise sağ bacağı dominant olan bireylerde semitendinosus kası SWE değerleri non-dominant bacak lehine yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte klinik muayene testlerinde futbolcu grubunda ADET ve DBKT için bacak dominansı farkının saptanmaması, sağlıklı erkek bireylerde ise sağ bacağı dominant olan bireylerde ADET ve DBKT değerlerinin dominant bacak lehine yüksek saptanmış olması, futbolcularda her iki bacağın benzer düzeyde antrene edilmesinin, hamstring esnekliği açısından dominant ve non-dominant bacaklar arasındaki farkı azaltabileceğini veya ortadan kaldırabileceğini düşündürmektedir.
- Sonuç olarak; bu çalışma, amatör futbolcularda spinopelvik parametrelerin sağlıklı bireylerle benzer olduğunu, futbolun bu yapılar üzerinde yapısal değişiklik oluşturmadığını ortaya koyarken; futbolcularda hamstring kaslarında SWE ile ölçülen artmış sertliğin yanı sıra klinik testlerde daha yüksek esneklik bulgularının birlikte görülmesi, futbolcuların hamstring kas grubunda spora özgü fonksiyonel adaptasyonlar geliştiğini

düşündürmektedir. Futbolcularda bacak dominansı açısından esneklik asimetrisi saptanmaması, spora özgü adaptasyonun iki bacağın dengeli şekilde fonksiyon göstermesini sağladığına işaret ederken, sağlıklı erkek bireylerde dominant tarafta semimembranosus sertliğinin ve non-dominant tarafta semitendinosus sertliğinin daha yüksek bulunması gibi çeşitli bulgular ise bu kas grubunun kompleks fonksiyonel doğasına işaret etmektedir. Spinopelvik parametrelerle hamstring esnekliği arasında anlamlı ilişki saptanmaması, bu anatomik yapıların farklı mekanizmalardan da etkilendiğini göstermekle birlikte, özellikle futbolcularda görülen "yüksek sertlik + yüksek esneklik" paradoksu, hamstring kas dokusunun spora özgü adaptif remodelasyon süreçlerini yansıtabileceğini düşündürmektedir. Bulgularımız, hipotezimizin 'futbolculardaki hamstring kas sertliğinin sağlıklı bireylere kıyasla daha yüksek olacağı' kısmını doğrularken spinopelvik parametrelerdeki beklenen farklılıkları desteklememiş, bu da futbolun lomber-pelvik yapılardan ziyade hamstring kas dokusunda adaptif değişikliklere yol açabileceğini göstermiştir. İleri çalışmalarla, bu adaptasyonların uzun dönem etkileri ve sporcu performansı ile ilişkisinin multidisipliner yöntemlerle araştırılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- [1] Celestre, P. C., Dimar, J. R., 2nd ve Glassman, S. D. (2018). Spinopelvic Parameters: Lumbar Lordosis, Pelvic Incidence, Pelvic Tilt, and Sacral Slope: What Does a Spine Surgeon Need to Know to Plan a Lumbar Deformity Correction? *Neurosurgery clinics of North America*. 29(3), 323-329.
- [2] McGregor, A. H. ve Hukins, D. W. (2009). Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 22(4), 219-222.
- [3] Aksoy, A., GÜNDOĞMUŞ, C., KESİMER, M., Nas, K., Duman, İ., Ekinci, G., ve ark. (2024). High sacral slope, lumbar lordosis, and sacral slope-to-pelvic incidence ratio are associated with new bone formation in ankylosing spondylitis. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 54(6), 1319-1326.
- [4] Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E. ve Troyanovich, S. J. (1999). Sitting biomechanics part I: review of the literature. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 22(9), 594-609.
- [5] Chevillotte, T., Coudert, P., Cawley, D., Bouloussa, H., Mazas, S., Boissière, L., ve ark. (2018). Influence of posture on relationships between pelvic parameters and lumbar lordosis: Comparison of the standing, seated, and supine positions. A preliminary study. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 104(5), 565-568.
- [6] Ekstrand, J., Hägglund, M. ve Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1226-1232.
- [7] Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C. ve Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high-speed running. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(3), 525-532.
- [8] Small, K., Mc Naughton, L. ve Matthews, M. (2008). A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury. *Research in sports medicine (Print)*, 16(3), 213-231.
- [9] Kujala, U. M., Orava, S. ve Järvinen, M. (1997). Hamstring injuries. Current trends in treatment and prevention. *Sports medicine (Auckland, NZ)*, 23(6), 397-404.
- [10] Hrysomallis, C. (2007). Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports medicine (Auckland, NZ)*, 37(6), 547-556.
- [11] Weerapong, P., Hume, P. A. ve Kolt, G. S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports medicine (Auckland, NZ)*, 35(3), 235-256.
- [12] Mason, D. L., Dickens, V. ve Vail, A. (2007). Rehabilitation for hamstring injuries. *The Cochrane database of systematic reviews*, (1), Cd004575.

- [13] **Muyor, J. M., Zemková, E. ve Chren, M.** (2017). Effects of Latin style professional dance on the spinal posture and pelvic tilt. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 30(4), 791-800.
- [14] **Mendiguchia, J., Garrues, M. A., Schilders, E., Myer, G. D. ve Dalmau-Pastor, M.** (2024). Anterior pelvic tilt increases hamstring strain and is a key factor to target for injury prevention and rehabilitation. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 32(3), 573-582.
- [15] **Cejudo, A., Centenera-Centenera, J. M. ve Santonja-Medina, F.** (2021). The Potential Role of Hamstring Extensibility on Sagittal Pelvic Tilt, Sagittal Spinal Curves and Recurrent Low Back Pain in Team Sports Players: A Gender Perspective Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(16).
- [16] **Yeager, V. L.** (1986). Anatomy of the lumbar vertebral column. *Seminars in neurology*, 6(4), 341-349.
- [17] **Ombregt, L.** (2013). *A System of Orthopaedic Medicine-E-Book: A System of Orthopaedic Medicine-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- [18] **Netter, F. H.** (2018). *Atlas of Human Anatomy*. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier.
- [19] **Chung, K. W. ve Chung, H. M.** (2008). *Gross anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia
- [20] **Seagal, Z. M.** (2020). *Topographical and pathotopographical medical atlas of the human body*. John Wiley & Sons.
- [21] **Waxenbaum, J. A., Reddy, V., Williams, C. ve Futterman, B.** (2025). Anatomy, back, lumbar vertebrae. *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*
- [22] **Gray, H.** (1924). *Anatomy of the human body*. Lea & Febiger.
- [23] **White, A. J.** (1990). Clinical biomechanics of the spine. *Lippincott. Philadelphia*
- [24] **Ahçı, E.** (1991). *Omurga hastalıkları ve deformiteleri*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [25] **Redwood, D. ve Cleveland, C. S.** (2003). *Fundamentals of chiropractic*. Elsevier Health Sciences.
- [26] **Somovilla-Gómez, F., Lostado-Lorza, R., Corral-Bobadilla, M., Escribano-García, R.** (2020). Improvement in determining the risk of damage to the human lumbar functional spinal unit considering age, height, weight and sex using a combination of FEM and RSM. *Biomechanics and modeling in mechanobiology*. 19, 351-387.
- [27] **Yıldırım, M.** (2006). *İnsan anatomisi 2: dolaşım sistemi, iç organlar, sinir sistemine giriş, duyu organları*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- [28] **Yıldırım, M.** (2002). *Sağlık yüksek okulları için resimli insan anatomisi*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- [29] **Drake, R., Vogl, A. W. ve Mitchell, A. W.** (2012). *Gray's Basic Anatomy E-Book: with STUDENT CONSULT Online Access*. Elsevier Health Sciences.
- [30] **Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Ross, L. M. ve Lamperti, E. D.** (2014). *Thieme atlas of anatomy: general anatomy and musculoskeletal system*. Thieme Medical Publishers, Incorporated.
- [31] **Moore, K. L. ve Dalley, A. F.** (2018). *Clinically oriented anatomy*. Wolters kluwer india Pvt Ltd.

- [32] **Farfan, H. F.** (1995). Form and function of the musculoskeletal system as revealed by mathematical analysis of the lumbar spine. An essay. *Spine*, 20(13), 1462-1474.
- [33] **Gracovetsky, S. A. ve Iacono, S.** (1987). Energy transfers in the spinal engine. *Journal of biomedical engineering*, 9(2), 99-114.
- [34] **Lin, R. M., Jou, I. M. ve Yu, C. Y.** (1992). Lumbar lordosis: normal adults. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi*, 91(3), 329-333.
- [35] **Damasceno, L. H. F., Catarin, S. R. G., Campos, A. D. ve Defino, H. L. A. J. A. O. B.** (2006). Lumbar lordosis: a study of angle values and of vertebral bodies and intervertebral discs role. *14*, 193-198.
- [36] **Hammerberg, E. M. ve Wood, K. B.** (2003). Sagittal profile of the elderly. *Journal of spinal disorders & techniques*, 16(1), 44-50.
- [37] **Been, E., Barash, A., Marom, A. ve Kramer, P. A.** (2010). Vertebral bodies or discs: which contributes more to human-like lumbar lordosis? *Clinical orthopaedics and related research*, 468(7), 1822-1829.
- [38] **Reichmann, S. ve Lewin, T.** (1971). The development of the lumbar lordosis. A post mortem study on excised lumbar spines. *Archiv fur orthopadische und Unfall-Chirurgie*, 69(3), 275-285.
- [39] **Duval-Beaupère, G., Schmidt, C. ve Cosson, P.** (1992). A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Annals of biomedical engineering*, 20(4), 451-462.
- [40] **Diebo, B. G., Varghese, J. J., Lafage, R., Schwab, F. J. ve Lafage, V.** (2015). Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? *Clinical neurology and neurosurgery*, 139, 295-301.
- [41] **Vazirian, M., Van Dillen, L. ve Bazrgari, B.** (2016). Lumbopelvic rhythm during trunk motion in the sagittal plane: A review of the kinematic measurement methods and characterization approaches. *Physical therapy and rehabilitation*, 3.
- [42] **Vazirian, M., Van Dillen, L. R. ve Bazrgari, B.** (2016). Lumbopelvic rhythm in the sagittal plane: A review of the effects of participants and task characteristics. *International musculoskeletal medicine*, 38(2), 51-58.
- [43] **Soames, R. W.** (1995). Skeletal system. *Gray's anatomy*. 674-675.
- [44] **Cheng, J. S. ve Song, J. K.** (2003). Anatomy of the sacrum. *Neurosurgical focus*, 15(2), E3.
- [45] **Çimen, M.** (2003). *Sistematik anatomi ders kitabı*. Cumhuriyet Üniversitesi.
- [46] **Chaléat-Valayer, E., Mac-Thiong, J. M., Paquet, J., Berthonnaud, E., Siani, F. ve Roussouly, P.** (2011). Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 20(Suppl 5), 634-640.
- [47] **Le Huec, J. C., Aunoble, S., Philippe, L. ve Nicolas, P.** (2011). Pelvic parameters: origin and significance. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 20 Suppl 5(Suppl 5), 564-571.
- [48] **KIRCELLİ, A., ÇÖVEN, İ., Pelin, Ş. ve ORMAN, O.** (2019). Spinopelvik Parametrelerden Lomber Lordoz ve Sakral Slop Açılarının Lomber Dejeneratif Disk Hastalığı Oluşumuna Etkisi. *Bezmialem Science*. 7(1):23-27.

- [49] **Vaz, G., Roussouly, P., Berthonnaud, E. ve Dimnet, J.** (2002). Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 11(1), 80-87.
- [50] **Iorio, J. A., Jakoi, A. M. ve Singla, A.** (2016). Biomechanics of Degenerative Spinal Disorders. *Asian spine journal*, 10(2), 377-384.
- [51] **Barrey, C., Roussouly, P., Perrin, G. ve Le Huec, J. C.** (2011). Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms? *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 20 Suppl 5(Suppl 5), 626-633.
- [52] **Barrey, C., Jund, J., Nosedà, O. ve Roussouly, P.** (2007). Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 16(9), 1459-1467.
- [53] **Endo, K., Suzuki, H., Tanaka, H., Kang, Y. ve Yamamoto, K.** (2010). Sagittal spinal alignment in patients with lumbar disc herniation. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 19(3), 435-438.
- [54] **Moore, K. L., Dalley, A. F. ve Şahinoğlu, K.** (2007). *Kliniğe yönelik anatomi*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- [55] **Karaduman, A. A., Yılmaz, Ö. T. ve Akel, B. S.** (2016). *Fizyoterapi ve rehabilitasyon*. Hipokrat Yayınevi.
- [56] **Arıncı, K. ve Elhan, A.** (2016). *Anatomi*. Ankara, Güneş Tıp kitabevleri
- [57] **Snell, R. S. ve Yıldırım, M.** (1998). *Tıp Fakültesi öğrencileri için klinik anatomi*. Nobel Tıp.
- [58] **Berge, C.** (1998). Heterochronic processes in human evolution: an ontogenetic analysis of the hominid pelvis. *American journal of physical anthropology*, 105(4), 441-459.
- [59] **Dubousset, J., Charpak, G., Dorion, I., Skalli, W., Lavaste, F., Deguise, J. e. c., ve ark.** (2005). Le système eos nouvelle imagerie ostéo-articulaire basse dose en position debout. *Memoires de Academie Nationale de Chirurgie*. 4(4), 22-27.
- [60] **Legaye, J., Duval-Beaupère, G., Hecquet, J. ve Marty, C.** (1998). Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 7(2), 99-103.
- [61] **Vialle, R., Levassor, N., Rillardon, L., Templier, A., Skalli, W. ve Guigui, P.** (2005). Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *The Journal of bone and joint surgery American volume*, 87(2), 260-267.
- [62] **Lazennec, J. Y., Riwan, A., Gravez, F., Rousseau, M. A., Mora, N., Gorin, M., ve ark.** (2007). Hip spine relationships: application to total hip arthroplasty. *Hip international : the journal of clinical and experimental research on hip pathology and therapy*, 17 Suppl 5, S91-104.

- [63] **Boulay, C., Tardieu, C., Hecquet, J., Benaim, C., Mouilleseaux, B., Marty, C., ve ark.** (2006). Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 15(4), 415-422.
- [64] **Bamber, J., Cosgrove, D., Dietrich, C. F., Fromageau, J., Bojunga, J., Calliada, F., ve ark.** (2013). EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall in der Medizin (Stuttgart, Germany : 1980)*, 34(2), 169-184.
- [65] **Drakonaki, E. E., Allen, G. M. ve Wilson, D. J.** (2012). Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *The British journal of radiology*, 85(1019), 1435-1445.
- [66] **Sandrin, L., Tanter, M., Catheline, S., Fink, M.** (2002). Shear modulus imaging with 2-D transient elastography. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 49(4), 426-435.
- [67] **Ferraioli, G., Tinelli, C., Zicchetti, M., Above, E., Poma, G., Di Gregorio, M., ve ark.** (2012). Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity. *European journal of radiology*, 81(11), 3102-3106.
- [68] **Barr, R. G. ve Zhang, Z.** (2015). Shear-wave elastography of the breast: value of a quality measure and comparison with strain elastography. *Radiology*, 275(1), 45-53.
- [69] **Garra, B. S.** (2007). Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound quarterly*, 23(4), 255-268.
- [70] **Taljanovic, M. S., Gimber, L. H., Becker, G. W., Latt, L. D., Klauser, A. S., Melville, D. M., ve ark.** (2017). Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 37(3), 855-870.
- [71] **Taş, S., Onur, M. R., Yılmaz, S., Soylu, A. R. ve Korkusuz, F.** (2017). Shear Wave Elastography Is a Reliable and Repeatable Method for Measuring the Elastic Modulus of the Rectus Femoris Muscle and Patellar Tendon. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, 36(3), 565-570.
- [72] **Vasilescu, D., Vasilescu, D., Dudea, S., Botar-Jid, C., Sfrângeu, S. ve Cosma, D.** (2010). Sonoelastography contribution in cerebral palsy spasticity treatment assessment, preliminary report: a systematic review of the literature apropos of seven patients. *Medical ultrasonography*, 12(4), 306-310.
- [73] **Botar Jid, C., Vasilescu, D., Damian, L., Dumitriu, D., Ciurea, A. ve Dudea, S. M.** (2012). Musculoskeletal sonoelastography. Pictorial essay. *Medical ultrasonography*, 14(3), 239-245.
- [74] **Goo, M., Johnston, L. M., Hug, F. ve Tucker, K.** (2020). Systematic Review of Instrumented Measures of Skeletal Muscle Mechanical Properties: Evidence for the Application of Shear Wave Elastography with Children. *Ultrasound in medicine & biology*, 46(8), 1831-1840.
- [75] **Öztürk, M., Çalışkan, E. ve Habibi, H. A.** (2021). Shear wave elastography of temporomandibular joint disc and masseter muscle stiffness in healthy children and adolescents: a preliminary study. *Oral radiology*, 37(4), 618-624.

- [76] **Balleyguier, C., Canale, S., Ben Hassen, W., Vielh, P., Bayou, E. H., Mathieu, M. C., ve ark.** (2013). Breast elasticity: principles, technique, results: an update and overview of commercially available software. *European journal of radiology*, 82(3), 427-434.
- [77] **Ozkan, F., Yavuz, Y. C., Inci, M. F., Altunoluk, B., Ozcan, N., Yuksel, M., ve ark.** (2013). Interobserver variability of ultrasound elastography in transplant kidneys: correlations with clinical-Doppler parameters. *Ultrasound in medicine & biology*, 39(1), 4-9.
- [78] **Shiina, T., Nightingale, K. R., Palmeri, M. L., Hall, T. J., Bamber, J. C., Barr, R. G., ve ark.** (2015). WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. *Ultrasound in medicine & biology*, 41(5), 1126-1147.
- [79] **Sigrist, R. M. S., Liao, J., Kaffas, A. E., Chammas, M. C. ve Willmann, J. K.** (2017). Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics*, 7(5), 1303-1329.
- [80] **Ozturk, A., Grajo, J. R., Dhyani, M., Anthony, B. W. ve Samir, A. E.** (2018). Principles of ultrasound elastography. *Abdominal radiology (New York)*, 43(4), 773-785.
- [81] **Kim, J. R., Suh, C. H., Yoon, H. M., Lee, J. S., Cho, Y. A. ve Jung, A. Y.** (2018). The diagnostic performance of shear-wave elastography for liver fibrosis in children and adolescents: A systematic review and diagnostic meta-analysis. *European radiology*, 28(3), 1175-1186.
- [82] **Qiu, L., Trout, A. T., Bennett, P. S. ve Dillman, J. R.** (2021). Pancreas ultrasound two-dimensional shear wave elastography in healthy children. *Pediatric radiology*, 51(3), 403-409.
- [83] **Uysal, E. ve Öztürk, M.** (2019). Quantitative Assessment of Thyroid Glands in Healthy Children With Shear Wave Elastography. *Ultrasound quarterly*, 35(3), 297-300.
- [84] **Bayramoğlu, Z., Öztürk, M., Çalışkan, E., Ayyıldız, H. ve Adaletli, İ.** (2020). Normative values of thymus in healthy children; stiffness by shear wave elastography. *Diagnostic and interventional radiology (Ankara, Turkey)*, 26(2), 147-152.
- [85] **Wang, Y. ve Insana, M. F.** (2013). Viscoelastic properties of rodent mammary tumors using ultrasonic shear-wave imaging. *Ultrasonic imaging*, 35(2), 126-145.
- [86] **Smith, J. F., Miller, C. V.** (1985). The effect of head position on sit and reach performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 56(1), 84-85.
- [87] **Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., ve ark.** (2010). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *British journal of sports medicine*, 44(13), 934-943.
- [88] **Kawano, M. M., Ambar, G., Oliveira, B. I., Boer, M. C., Cardoso, A. P. ve Cardoso, J. R.** (2010). Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Revista brasileira de fisioterapia (Sao Carlos (Sao Paulo, Brazil))*, 14(1), 10-15.
- [89] **Ansari, N. N., Alaei, P., Naghdi, S., Fakhari, Z., Komesh, S. ve Dommerholt, J.** (2020). Immediate Effects of Dry Needling as a Novel Strategy for Hamstring Flexibility: A Single-Blinded Clinical Pilot Study. *Journal of sport rehabilitation*, 29(2), 156-161.

- [90] **López-Miñarro, P. A., Alacid, F. ve Rodríguez-García, P. L.** (2010). Comparison of sagittal spinal curvatures and hamstring muscle extensibility among young elite paddlers and non-athletes. *International SportMed Journal*, 11(2), 301-312.
- [91] **Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T. ve Cambier, D.** (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *The American journal of sports medicine*, 31(1), 41-46.
- [92] **Liu, H., Shen, Y., Xiong, Y., Zhou, H., Mao, Y., Shen, Q., ve ark.** (2022). Psychometric Properties of Four Common Clinical Tests for Assessing Hamstring Flexibility in Young Adults. *Frontiers in physiology*, 13, 911240.
- [93] **Suzuki, H., Imai, N., Nozaki, A., Hirano, Y. ve Endo, N.** (2020). Anatomical sacral slope, a new pelvic parameter, is associated with lumbar lordosis and pelvic incidence in healthy Japanese women: A retrospective cross-sectional study. *Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)*, 28(1), 2309499019888809.
- [94] **Mi Le, J. R., Yeh, K. T., Chen, C. W., Jaw, F. S., Yang, S. H. ve Wu, W. T.** (2022). Quantitative evaluation of correlation between lumbosacral lordosis and pelvic incidence in standing position among asymptomatic Asian adults: a prospective study. *Scientific reports*, 12(1), 18965.
- [95] **Zhu, Z., Xu, L., Zhu, F., Jiang, L., Wang, Z., Liu, Z., ve ark.** (2014). Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations. *Spine*, 39(1), E1-6.
- [96] **Bayraktar, M. K.** (2019). Sagittal Spinopelvic Parameters in the Young Adult Turkish Population. *Journal of Turkish Spinal Surgery*, 30(1), 1-4.
- [97] **Hansberger, B. L., Loutsch, R., Hancock, C., Bonser, R., Zeigel, A. ve Baker, R. T.** (2019). EVALUATING THE RELATIONSHIP BETWEEN CLINICAL ASSESSMENTS OF APPARENT HAMSTRING TIGHTNESS: A CORRELATIONAL ANALYSIS. *International journal of sports physical therapy*, 14(2), 253-263.
- [98] **Neto, T., Jacobsohn, L., Carita, A. I. ve Oliveira, R.** (2015). Reliability of the Active-Knee-Extension and Straight-Leg-Raise Tests in Subjects With Flexibility Deficits. *Journal of sport rehabilitation*, 24(4).
- [99] **Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M. ve Santonja, F.** (2012). Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 13(4), 219-226.
- [100] **Butzen, D., Smolders, Y., Stroobants, T., Verleye, G., Thijs, D. ve Van de Kelft, E.** (2024). Correlation Between Spinopelvic Parameters, Body Mass Index, Waist Circumference, and Chronic Non-Specific Low Back Pain. *Life (Basel, Switzerland)*, 15(1).
- [101] **Wati, K. A. P., Kinandana, G. P., Adhitya, I. P.** (2024). Relationship between body mass index and lumbar lordosis curve. *Kinesiology and Physiotherapy Comprehensive*, 3(1), 1-5.
- [102] **Nakamura, M., Hasegawa, S., Umegaki, H., Nishishita, S., Kobayashi, T., Fujita, K., ve ark.** (2016). The difference in passive tension applied to the muscles composing the hamstrings - Comparison among muscles using ultrasound shear wave elastography. *Manual therapy*, 24, 1-6.

- [103] **Allam, N. M., Ebrahim, H. A., Megahed Ibrahim, A., Elneblawi, N. H., El-Sherbiny, M. ve Fouda, K. Z.** (2023). The association of hamstring tightness with lumbar lordosis and trunk flexibility in healthy individuals: gender analysis. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 11, 1225973.
- [104] **Çalışkan, Ö., Ünüvar, B. S., Arguz, A., Korkusuz, F., Göğebakan, R. ve Erkmen, N.** (2025). The Relationship Between Hamstring Shortness and Postural Control in Football Players: A Pilot Study. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*. 14(3), 419-428.
- [105] **Cummings, P., Schilaty, N. D., Nagai, T., Rigamonti, L., Ueno, R. ve Bates, N. A.** (2022). Application of Shear-Wave Elastography in the Evaluation of Hamstring Stiffness in Young Basketball Athletes. *International journal of sports physical therapy*, 17(7), 1236-1248.
- [106] **Miyamoto, N., Hirata, K., Kimura, N. ve Miyamoto-Mikami, E.** (2018). Contributions of Hamstring Stiffness to Straight-Leg-Raise and Sit-and-Reach Test Scores. *International journal of sports medicine*, 39(2), 110-114.
- [107] **Akınoğlu, B., Paköz, B., Hasanoğlu, A., Kocahan, T.** (2021). Investigation of the relationship between sit-and-reach flexibility and the height, the leg length and the trunk length in adolescent athletes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 13(4), 4.
- [108] **Hrazdíra, E., Grasgruber, P. ve Kalina, T.** (2013). The comparison of flexibility in the Czech population aged 18-59 years. *Journal of Human Sport and Exercise*. (8)(Suppl 2):135-140.
- [109] **Alvarez de Sierra Garcia, B. ve Expósito Jimenez, D.** (2024). Sex-based differences in hamstrings stiffness assessment in football players using ultrasound shear wave elastography. *Quantitative imaging in medicine and surgery*, 14(11), 7839-7847.
- [110] **McPherson, A. L., Nagai, T., Schilaty, N. D., Hale, R., Hewett, T. E. ve Bates, N. A.** (2020). High school male basketball athletes exhibit greater hamstring muscle stiffness than females as assessed with shear wave elastography. *Skeletal radiology*, 49(8), 1231-1237.
- [111] **Hamid, M. S., Ali, M. R. ve Yusof, A.** (2013). Interrater and Intrarater Reliability of the Active Knee Extension (AKE) Test among Healthy Adults. *Journal of physical therapy science*, 25(8), 957-961.

EKLER

EK A : Etik Kurul Onayı



EK A

Evrak Tarih ve Sayısı: 31.05.2024-152699



T.C.
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Teknoloji Transfer Ofisi
Etik Kurullar Birimi



Sayı : E-54022451-050.04-152699
Konu : 2024/251 Etik Kurul Kararı

31.05.2024

Sayın Uzm. Dr. Numan MERCAN
Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi - Ortopedi ve Travmatoloji

2024/251 numaralı "Amatör Futbolcularda Hamstring Gerginliği ile Lomber Lordoz İlişkisinin Değerlendirilmesi" başlıklı başvurunuz Üniversitemiz Etik Kurullar Birimi'nin 15.05.2024 tarihli, 09 sayılı Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurul toplantısında değerlendirilmiş olup, mevcudun oy birliğiyle onaylanmasına karar verilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini arz/rica ederim.

Prof.Dr. Hayrettin ÖZTÜRK
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik
Kurulu Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu :BSEBD2YU7C Ptn Kodu :19272

Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5394&eD=BSEBD2YU7C&eS=152699>

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Adnan Menderes Bulvarı (Vatan Caddesi)

Bilgi için: Zübeyde ÖZDEMİR

Fatih İstanbul

Unvan: Sorumlu

Telefon No:0 (212) 523 22 88 Faks No:0 (212) 533 23 36

e-Posta: info@bezmialem.edu.tr İnternet Adresi: www.bezmialem.edu.tr



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Numan Mercan

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi
- **İhtisas** : 2021, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji
- **Yüksek Lisans** : 2025, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Futbolcu Sağlığı Tezli Yüksek Lisans Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015-2016 Pratisyen Hekim, Gümüşhane Şiran Devlet Hastanesi
- 2016-2021 Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği
- 2021-2023 Uzman Hekim, Mardin Nusaybin Devlet Hastanesi
- 2023-halen Uzman Hekim, Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- 2021, Tıpta Uzmanlık Tezi: Tibiofibular sindesmoz yaralanmalarının biyomekanik analizi: Sonlu elemanlar çalışması
- Mercan N, Yıldırım A, Dere Y. Biomechanical analysis of tibiofibular syndesmosis injury fixation methods: a finite element analysis. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2023 Jan 1;62(1):107-14.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Ciftci S, Gulec A, Mercan N, Yildirim A. A new complication of femur head core decompression surgery: compartment syndrome. JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association. 2020 Sep;70(9):1642-4.

- Yurteri A, Mercan N, Çelik M, Doğar F, Kılıç M, Yıldırım A. The effect of caffeic acid on tendon healing in rats with an Achilles tendon injury model. *Joint Diseases and Related Surgery*. 2023 Dec;34(3):669.
- Yurteri A, Mercan N, Gem K, Bilgiç A, Kiliç M, Doğar F. Single-plate versus double-plate comparison in the surgical treatment of comminuted clavicle fractures: Is the secondary plate reliable?. *Medicine*. 2023 Dec 22;102(51):e36711.
- Yurteri A, Mercan N, Kılıç M, Yıldırım A. Comparison of the effects of lateral decubitus position and traction table on intramedullary nailing in trochanteric femur fractures. *Cukurova Medical Journal*.;48(4):1275-81.
- Özdemir A, Mercan N, Acar MA. Use of Instant Multimedia Messaging Applications in Patient Follow-up in Hand Surgery: Retrospective Analysis and Telemedicine Satisfaction Questionnaire Evaluation. *Hand and Microsurgery*. 2024 Jan 9;12(3):127-137.
- Yurteri A, Mercan N. Does the ulnohumeral angle have a role in the aetiopathogenesis of lateral epicondylitis?. *Medicine*. 2024 Apr 26;103(17):e37944.
- Mercan N, Yurteri A. Comparative analysis of third-generation intramedullary nails: Retrospective evaluation of PFNA and intertan nails in unstable trochanteric fractures. *Annals of Medical of Research*. 2024 May 1;31(5):397-403
- Yurteri A, Mercan N, Yıldırım A. Comparison of plate and compression screw in the treatment of hallux rigidus with arthrodesis: a retrospective study. *The European Research Journal*. 2024;10(6):609-616
- Yurteri A, Mercan N, Kiliç M, Çelik M, Doğar F, Yıldırım A. Does vanillic acid affect fracture healing? An experimental study in a rat model of femur fracture. *Journal of Applied Biomedicine*. 2024 Apr 1;22(2).
- Yurteri A, Mercan N, Uğur L. Comparison of the use of biocompatible materials and titanium in the treatment of midshaft clavicle fractures with a patient-specific plate: a finite element analysis study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2024 Aug;144(8):3255-66.
- Yurteri A, Mercan N, Kekeç AF, Yıldırım A. Arthrodesis using Iliac Crest autograft in revision surgery of the first metatarsophalangeal joint total arthroplasty for the treatment of Hallux Rigidus: a retrospective study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2024 Aug 27;19(1):508.
- Mercan N, Yurteri A, Dere Y. Do lateral ankle ligaments contribute to syndesmotic stability: a finite element analysis study. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2024 Oct 2;27(13):1768-80.
- Yurteri A, Mercan N, Kılıç M, Temiz A, Dogar F, Topak D, Yıldırım A. Impact of operative position on rotational alignment after intramedullary nailing of trochanteric fractures: a comparative analysis of lateral decubitus versus supine position. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2024 Oct 5;25(1):790.
- Mercan N, Eravşar E, Safalı S, Uğur L, Özdemir A. Biomechanical insights through finite element analysis of Bennett fracture fixation: a comparative study of four surgical techniques. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2025 Jan 23;20(1):90.
- Yurteri A, Mercan N, Çelik ZE, Yaykaşlı H, Yıldırım A. Does quercetin affect tendon healing? An experimental study in a rat model of Achilles tendon injury. *Frontiers in Medicine*. 2025 Feb 5;12:1522517.

- Eravsar E, Gulec A, Ciftci S, Mercan N, Safali S, Aydin BK. Which Factors Affect Functional Outcomes and Survival in Metastatic Humeral Fractures Treated With Nails?. Orthopaedic surgery. 2025. Epub ahead of print.

