

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**ULTRASON REHBERLİĞİNDE EKSTANSÖR HALLUSİS BREVİS KASI
KAYITLI PERONEAL SİNİR MOTOR SİNİR İLETİM ÇALIŞMASI**

**UZMANLIK TEZİ
DR. ESRA SENA ORBAK YENİDÜNYA**

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. MURAT ZİNNUROĞLU**

**ANKARA
MAYIS 2026**

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**ULTRASON REHBERLİĞİNDE EKSTANSÖR HALLUSİS BREVİS KASI
KAYITLI PERONEAL SİNİR MOTOR SİNİR İLETİM ÇALIŞMASI**

**UZMANLIK TEZİ
DR. ESRA SENA ORBAK YENİDÜNYA**

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. MURAT ZİNNUROĞLU**

**ANKARA
MAYIS 2026**

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde bilgi ve tecrübesinden faydalandığım, bana her zaman destek olan ve uzmanlık eğitimimde büyük emeği geçen Anabilim Dalı Başkanımız ve tez danışmanım Prof. Dr. Murat ZİNNUROĞLU'na

Eğitimimde sağlam adımlarla ilerlememi sağlayan, hekimlik sanatımı icra ederken örnek aldığım Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri, Prof. Dr. Nesrin Demirsoy'a, Prof. Dr. Feride Nur Göğüş'e, Prof. Dr. Gülçin Kaymak Karataş'a, Prof. Dr. Gökhan Tuna Öztürk'e, Prof. Dr. Zafer Günendi'ye, Prof. Dr. Jale Meray'a, Prof. Dr. Belgin Karaoğlan'a, Doç. Dr. Ayça Utkan Karasu'ya, Doç. Dr. Levent Karataş'a, Doç. Dr. Rezan Koçak Ulucaköy'e, Dr. Hafsa Feyza Özer'e

Yardım ve dostluklarını esirgemeyen, çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm asistan arkadaşlarıma ve Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı çalışanlarına,

Hayatım boyunca sevgileri, emekleri ve sonsuz destekleriyle her adımda yanımda olan; bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, doğduğum andan itibaren ellerimi hiç bırakmayan kıymetli annem Zerrin ORBAK'a ve sevgili babam Recep ORBAK'a ve varlığını, sevgisini ve desteğini daima hissettiğim sevgili halam Hanife ORBAK'a,

Hayatımın her anını birlikte paylaştığım, en yakın arkadaşlarım, canımdan çok sevdiğim biricik kardeşlerim Ebru Büşra ORBAK ATALAY ve Rukiye Yeliz ORBAK'a, bana gerçek anlamda abiliği hissettiren Mehmet Vehip ATALAY'a, gamzeli gülüşüyle hayatıma renk katan can parçam Kıvanç Burak ATALAY'a,

Sevgisi, anlayışı ve desteğiyle her zaman yanımda olan, varlığıyla güç veren sevgili eşim Mustafa Kemal YENİDÜNYA'ya ve en yorgun anlarımda bile yüzümde tebessüm olmayı başaran, hayatımın en kıymetli yanı olan biricik evladım Mehmet Mert YENİDÜNYA'ya

"Hayatta en hakiki mürşit ilimdir." sözünü ilke edinerek çıktığım bu yolda; bir kadın hekim olarak ayaklarımın üzerinde durmamı sağlayan, fikirleriyle yolumu aydınlatan ulu önderimiz Mustafa Kemal ATATÜRK'e,

En içten sevgi, saygı ve minnet duygularımla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar	iv
ŞEKİLLER	v
KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. PERONEAL SINIR ANATOMİSİ VE İŞLEVİ	3
2.1.1. Ortak Peroneal Sinir	4
2.1.2. Derin Peroneal Sinir	7
2.1.3. Anterior Tarsal Tünel ve Klinik Önemi	9
2.1.4. Derin Peroneal Sinirin Distal Dallanması ve Terminal Dalları	10
2.1.5. Peroneal Sinir Anatomik Varyasyonları	13
2.1.5.1. Aksesuar Derin Peroneal Sinir	14
2.1.5.2. Elektrofizyolojik Değerlendirmede Klinik Önemi	16
2.2. EKSTANSÖR DİJİTORUM BREVIS KASI ANATOMİSİ VE İŞLEVİ	17
2.2.1. Anatomik Özellikler	17
2.2.2. Fonksiyonel Rolü ve Klinik Önemi	19
2.2.3. Ultrasonografik Değerlendirme	20
2.3. EKSTANSÖR HALLUSIS BREVIS KASI ANATOMİSİ VE İŞLEVİ	22
2.3.1. Anatomik Özellikler	22
2.3.2. Fonksiyonel Roller	24
2.3.3. Ultrasonografik Değerlendirme	25
2.4. PERONEAL SINIR ELEKTROFİZYOLOJİK İNCELEME	26
2.4.1. Motor Sinir İletim Çalışması	26
2.4.2. Duyu Sinir İletim Çalışması	29
2.4.3. İğne Elektromiyografi (EMG)	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM	34
3.1. ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜ	34
3.2. ÇALIŞMA POPÜLASYONU	35
3.3. DEĞERLENDİRME	36
3.3.1. Anamnez ve Fizik Muayene	37
3.3.2. Ultrasonografik Değerlendirme ve Yapılan Ölçümler	37
3.3.3. Elektrofizyolojik İnceleme	40
3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	43
4. BULGULAR	46
4.1. KATILIMCILARIN DEMOGRAFİK VE YAŞAM TARZI ÖZELLİKLERİ	46

4.2.	ULTRASONOGRAFİK ÖLÇÜM BULGULARI.....	48
4.2.1.	<i>EDB ve EHB Kas Kesit Alanı Değerleri.....</i>	48
4.2.2.	<i>Ultrason ile Belirlenen EHB Kasının Anatomik Lokalizasyonu</i>	49
4.2.3.	<i>Kesit Alanı ile Demografik Değişkenlerin İlişkisi.....</i>	50
4.2.4.	<i>Normatif Kesit Alanı Değerleri.....</i>	51
4.3.	ELEKTROFİZYOLOJİK BULGULAR.....	51
4.3.1.	<i>BKAP Amplitüdü.....</i>	51
4.3.2.	<i>BKAP Amplitüdü ile Demografik Değişkenlerin İlişkisi</i>	54
4.3.3.	<i>Ekstansör Dijitorum Brevis Kası Atrofisi ve BKAP İlişkisi</i>	55
4.3.4.	<i>Motor Sinir İletim Hızları</i>	56
4.3.5.	<i>Distal Motor Latans.....</i>	57
4.3.6.	<i>Aksesuar Derin Peroneal Sinir Prevalansı</i>	58
4.3.7.	<i>Normatif Elektrofizyolojik Değerler</i>	59
4.3.8.	<i>EDB/EHB BKAP Oranı</i>	60
4.4.	ULTRASONOGRAFİK ÖLÇÜMLER İLE ELEKTROFİZYOLOJİK PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİ.....	60
4.5.	YAŞAM TARZI FAKTÖRLERİNİN ETKİSİ	63
4.5.1.	<i>Tek Değişkenli Analizler</i>	63
4.5.2.	<i>Çok Değişkenli Analizler</i>	67
4.5.3.	<i>Baskın Taraf Analizleri.....</i>	70
4.5.4.	<i>EDB Atrofisi Risk Faktörleri</i>	71
5.	TARTIŞMA.....	72
6.	SONUÇ	95
7.	KAYNAKLAR	98
8.	ÖZET.....	102
9.	ABSTRACT	104
10.	EKLER	106

TABLÖLAR

Tablo 1. Peroneal Sinir Motor ve Duyu İletim Çalışmalarında Normal Elektrofizyolojik Değerler.....	31
Tablo 2. Katılımcıların Demografik ve Yaşam Tarzı Özellikleri	47
Tablo 3. Sağ ve Sol EDB ile EHB Kaslarının KA Değerleri	48
Tablo 4. Sağ–Sol KA Karşılaştırması ve Korelasyon Analizi	49
Tablo 5. Cinsiyete Göre KA Değerlerinin Karşılaştırılması	50
Tablo 6. EDB ve EHB İçin Normatif KA Alt Sınırları	51
Tablo 7. BKAP Amplitüdlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	51
Tablo 8.Sağ–Sol BKAP Karşılaştırması	52
Tablo 9. EDB ve EHB kaslarının sağ-sol taraf korelasyon analizi	53
Tablo 10. EDB-EHB BKAP korelasyon analizi	53
Tablo 11.BKAP Amplitüdü ile Demografik Değişkenlerin İlişkisi	54
Tablo 12. Sağ ve Sol EDB Kasında Atrofi Varlığına Göre BKAP Amplitüdüleri	55
Tablo 13. EDB ve EHB Motor İletim Hızlarının Segmentlere Göre Karşılaştırılması ve Korelasyonu.....	57
Tablo 14. Sağ ve Sol Tarafta EDB ve EHB Distal Motor Latans Karşılaştırması.....	58
Tablo 15. Aksesuar Derin Peroneal Sinir Prevalansı ve Bilateral Olma Oranları	59
Tablo 16. EHB İçin Normatif Elektrofizyolojik Referans Değerler	59
Tablo 17. KA ile BKAP Amplitüdü Arasındaki Korelasyon Analizi	61
Tablo 18. Sportif Aktiviteye Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdüleri.....	63
Tablo 19. Topuklu Ayakkabı Giyme Durumuna Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdüleri	64
Tablo 20.Sıkı Ayakkabı Giyme Durumuna Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdüleri.....	64
Tablo 21. Ayak Üzerine Oturma Alışkanlığına Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdüleri	65
Tablo 22. Namaz Kılma Alışkanlığına Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdüleri.....	66
Tablo 23. Baskın Tarafta EDB/EHB BKAP Oranının Yaşam Tarzı Faktörlerine Göre Karşılaştırılması.....	67
Tablo 24. Sağ EDB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli.....	68
Tablo 25. Sağ EHB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli.....	69
Tablo 26. Sol EDB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	69
Tablo 27. Sol EHB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	70
Tablo 28. Baskın ve baskın olmayan tarafları BKAP amplitüdlerinin karşılaştırılması	71
Tablo 29. Sağ ve Sol EDB Atrofisi ile Yaşam Tarzı Faktörleri Arasındaki İlişki	71

ŞEKİLLER

Şekil 1. Ortak peroneal (fibular) sinirin L4–S2 köklerinden kökeni, motor dalları ve duyu alanlarının innervasyonu	4
Şekil 2. Siyatik sinirin uyluk posterior kompartmanındaki seyri ve terminal dallara ayrılması	6
Şekil 3. Ortak peroneal sinirin fibula boynu düzeyinde verdiği dallar ve yüzeysel–derin peroneal sinir ayrımı.....	6
Şekil 4. Ortak peroneal sinirin diz lateralinde fibula boynu seviyesindeki anatomik yerleşimi ve fibular tünelden geçişi.....	7
Şekil 5. Derin peroneal sinirin anterior tibial arter ile birlikte bacak ön kompartmanındaki ve ayak dorsumundaki seyri.....	8
Şekil 6. Ortak peroneal sinirin fibula boynu düzeyinde peroneal tünelden geçerek yüzeysel ve derin peroneal sinirlere ayrılması ve bu dalların bacak ön ve lateral kompartman kaslarına verdiği motor dallar	8
Şekil 7. A. Ayak sırtında superior ve inferior ekstansör retinakulumlar altında derin peroneal sinirin seyri ve m. Ekstansör dijitorum brevis’e uzanan motor dallarının anatomik ilişkisi B. Derin peroneal sinirin en sık kompresyona uğradığı anatomik bölgeler	10
Şekil 8. Ayak bileğinin anterior görünümünde derin peroneal sinirin dallanması ve komşu anatomik yapılarla ilişkisi (DPN: Derin Peroneal Sinir; EDB: Ekstansör Dijitorum Brevis kası; EHB: Ekstansör Hallusis Brevis kası; Nav: Naviküler kemik; CM: Os cuneiforme mediale; Cİ: Os cuneiforme intermedium; M1: 1. Metatars; M2: 2. Metatars).....	11
Şekil 9. Derin peroneal sinirin lateral terminal dalının anatomik seyri, EHB ve EDB kas innervasyonu	12
Şekil 10. Aksesuar derin peroneal sinirin şematik gösterimi	15
Şekil 11. Ekstansör dijitorum brevis kasının anatomik yerleşimi ve seyri	18
Şekil 12. EDB kasının USG ölçümü A. Prob yerleşimi, B. USG görünümü	21
Şekil 13. Ekstansör hallusis brevis kasının anatomik yerleşimi ve EDB ile komşuluğu	23
Şekil 14. Ekstansör dijitorum brevis kası kayıtlı peroneal sinir motor iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)	27
Şekil 15. Tibialis anterior kası kayıtlı peroneal sinir motor iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)	28
Şekil 16. Ekstansör dijitorum brevis kası kayıtlı peroneal sinir santimleme çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)	28
Şekil 17. Aksesuar derin peroneal sinirin EDB kasına katılım gösterdiği anatomik varyasyon ve uyarım noktaları (1: Fibula başı, 2: Ayak bileği, 3: Lateral malleol posterioru)	29

Şekil 18. Yüzeyel peroneal sinir duyu iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)	30
Şekil 19. Derin peroneal sinir duyu iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)	31
Şekil 20. Ekstansör Hallusis Brevis kası ultrasonografik görüntüsü ve prob yerleşimi. (*: Ekstansör hallusis brevis; Ok: Ekstansör dijitorum brevis, **: Kuboid; ***: Naviküla)	39
Şekil 21. Ekstensor hallucis brevis kasının motor noktasının lokalizasyonu.	39
Şekil 22. EHB ve EDB kasları elektrofizyolojik incelemede elektrot yerleşimi (T: Toprak elektrot)	41
Şekil 23. EHB ve EDB kasları elektrofizyolojik incelemede uyarım noktaları (ADPN: Aksesuar Derin Peroneal Sinir)	42
Şekil 24. EHB ve EDB kasları kayıtlı çift kanallı peroneal sinir motor iletim çalışma örneği	42
Şekil 25. EDB ve EHB kaslarında kesit alanı ile BKAP amplitüdü arasındaki ilişki.	62

KISALTMALAR

Abdüktör digiti minimi (ADM)
Aksesuar derin peroneal sinir (ADPN)
Bileşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP)
Confidence interval (CI)
Compound muscle action potential (CMAP)
Common peroneal nerve (CPN)
Cross-sectional area (kesitsel alan) (CSA)
Distal motor latans (DML)
Deep peroneal nerve (DPN)
Ekstansör dijitorum brevis (EDB)
Ekstansör dijitorum longus (EDL)
Ekstansör hallusis brevis (EHB)
Ekstansör hallusis longus (EHL)
Elektromiyografi (EMG)
First dorsal interosseous (FDI)
Güven aralığı (GA)
Hertz (Hz)
Metre/saniye (m/s)
Motor conduction velocity (MCV)
Motor iletim hızı (MİH)
Milisaniye (ms)
Örneklem sayısı (N)
Alt grup örneklem sayısı (n)
Odds ratio (OR)
Determinasyon katsayısı (R^2)
Sinir iletim hızı (SIH)
Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)
Standart sapma (SS)
Tibialis anterior (TA)
Ultrason (US)
Ultrasonografi (USG)
Varyans şişirme faktörü (VIF)
Vücut kitle indeksi (VKİ)
Waterloo Ayak Tercihi Anketi (WFQ-R)
Regresyon katsayısı (β)
Mikrovolt (μV)

1. GİRİŞ

Derin peroneal sinir, bacakta ekstansör kas grubunun ve ayak dorsumundaki kasların motor innervasyonunu sağlayarak ayak dorsifleksiyonunda ve parmak ekstansiyonunda temel rol oynar. Peroneal sinir motor iletim çalışmaları klinik pratikte yaygın olarak kullanılmakta; bu değerlendirmelerde standart kayıt kası olarak ekstansör dijitorum brevis (EDB) kası tercih edilmektedir.

Ekstansör dijitorum brevis kası yüzeysel yerleşimi nedeniyle elektrofizyolojik kayıt için uygun olmakla birlikte, kas atrofisi, anatomik varyasyonlar, skar dokusu ve lokal travma gibi faktörler kayıt kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle distal peroneal sinir motor iletiminin güvenilir değerlendirilmesi için alternatif kayıt kaslarının araştırılması klinik açıdan önem taşımaktadır. Derin peroneal sinirin dallarından innervasyon alan ekstansör hallusis brevis (EHB) kası, daha medial ve kompakt yerleşimi nedeniyle teorik olarak daha tutarlı bir kayıt noktası sunabilir. Bununla birlikte literatürde EHB'ye ait normatif elektrofizyolojik veriler yer almamakta ve EHB'nin EDB'ye alternatif kayıt kası olarak kullanılabilirliğine ilişkin çalışma mevcut değildir.

Motor iletim çalışmalarında kayıt elektrotunun hedef kasın motor noktasına doğru yerleştirilmesi, bileşik kas aksiyon potansiyelinin (BKAP) güvenilir biçimde elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. EHB kasının anatomik varyasyonlar gösterebilmesi nedeniyle, kas göbeğinin ultrasonografi (USG) ile görüntülenmesi kayıt

noktasının standardizasyonunu sağlayabilir, elektrofizyolojik ölçümlerin tekrarlanabilirliğini ve güvenilirliğini artırabilir. Ayrıca ultrasonografik kas kesitsel alanı (KA)(*Cross-sectional area-CSA*) ölçümleri, kas kitlesi ve fonksiyonel kapasite hakkında objektif bilgi sunmaktadır. Sinir iletim parametreleri ile birlikte değerlendirilmesi yapısal-fonksiyonel ilişkinin ortaya konmasına katkı sağlamaktadır.

Öte yandan aksesuar derin peroneal sinir (ADPN) gibi anatomik varyasyonlar, distal peroneal sinir motor iletim çalışmalarında amplitüd düşüklüğünün yanlış yorumlanmasına yol açabilmektedir. ADPN varlığının sistematik olarak değerlendirilmesi, elektrofizyolojik bulguların doğru yorumlanması açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, EHB kası kayıtlı motor iletim çalışmasının elektrofizyolojik özelliklerini sistematik olarak incelemek, EDB ile karşılaştırmak, ultrason rehberliğinde kas göbeği lokalizasyonu ile tekrarlanabilir kayıt noktası oluşturmak, her iki kas için ultrasonografik KA ile BKAP amplitüdü arasındaki ilişkiyi değerlendirmek, EHB için normatif referans değerler oluşturmak ve ADPN prevalansını saptamak ve bu anatomik varyasyonun elektrofizyolojik bulguların yorumuna etkisini değerlendirmektir. Ayrıca EHB'nin daha medial yerleşimi nedeniyle dış faktörlerden daha az etkilenip etkilenmediği de incelenmiştir.

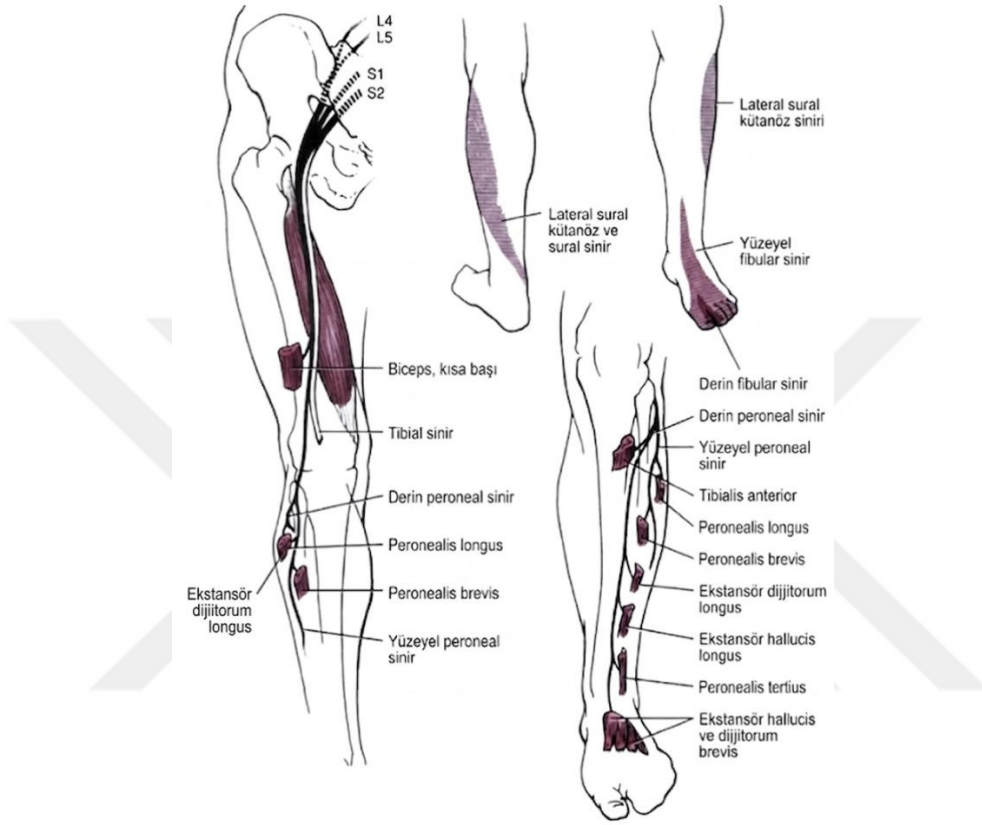
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Peroneal Sinir Anatomisi ve İşlevi

Peroneal sinir (*nervus peroneus, nervus fibularis*), alt ekstremitenin motor ve duyuusal innervasyonunda kritik rol oynayan bir periferik sinirdir. Ortak peroneal sinir (*nervus peroneus communis*), lumbosakral pleksustan çıkan siyatik sinirin iki terminal dalından biridir ve fibula başı düzeyinde yüzeyel peroneal sinir ile derin peroneal sinir olmak üzere iki terminal dala ayrılır (1).

Fonksiyonel olarak peroneal sinir, bacağın ön ve lateral kompartmanındaki kasların motor innervasyonunu sağlayarak ayak bileği dorsifleksiyonunu, eversiyonunu ve parmak ekstansiyonunu mümkün kılar. Bu fonksiyonlar yürüyüş sırasında ayağın salınım fazı, denge ve düzgün adım döngüsü için kritiktir. Duyusal olarak ise bacağın anterolateral yüzeyi ve ayak dorsumunun büyük bölümüne innervasyon sağlar (2).

Şekil 1'de ortak peroneal sinirin L4–S2 spinal sinir kökeni, innerve ettiği motor dallar ile yüzeyel ve derin peroneal (fibular) sinirler aracılığıyla bacağın ön ve lateral kompartman kasları ile ilgili duyu alanlarının innervasyonu gösterilmektedir (3).

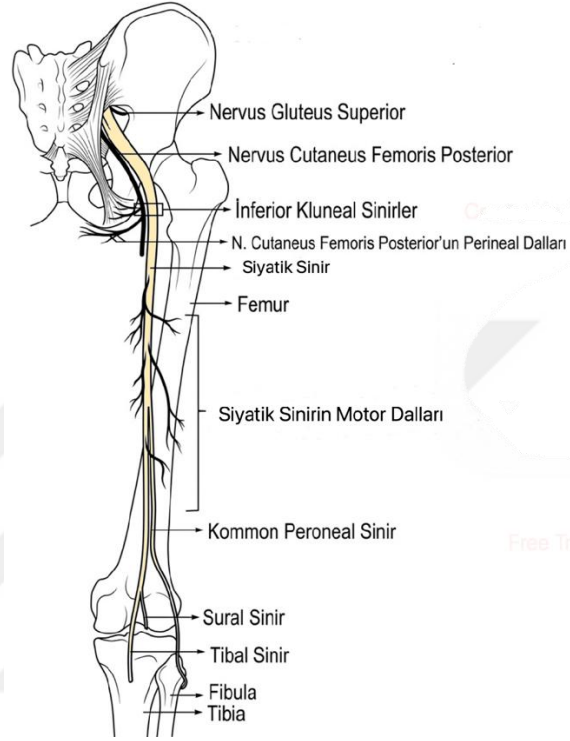


Şekil 1. Ortak peroneal (fibular) sinirin L4–S2 köklerinden kökeni, motor dalları ve duyu alanlarının innervasyonu

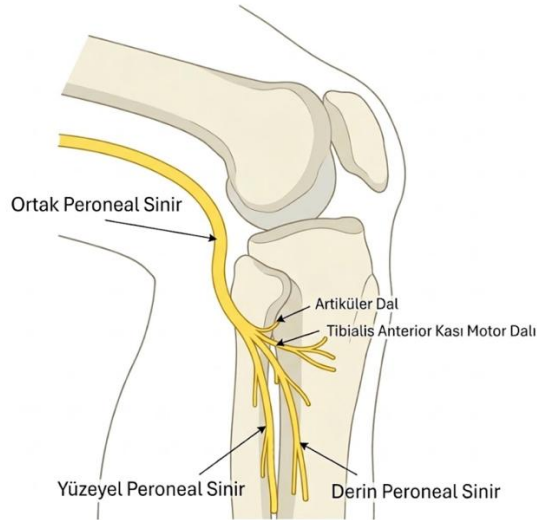
2.1.1. Ortak Peroneal Sinir

Ortak peroneal sinir, alt ekstremitenin innervasyonunu sağlayan, L4–S2 spinal sinirlerinin ventral dallarından köken alan lumbosakral pleksustan çıkan siyatik sinirin (*nervus ischiadicus*) iki terminal dalından biridir. Popliteal fossanın proksimalinde siyatik sinir, ortak peroneal ve tibial sinir olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 2). Ortak peroneal sinir, posterolateral yönde seyrederek popliteal fossanın lateral kenarı

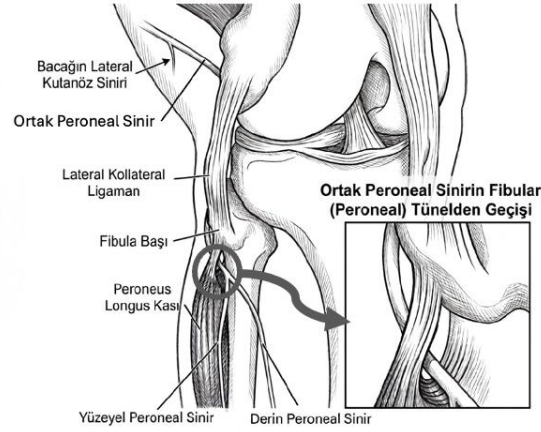
boyunca, biceps femoris kasının uzun başı tendonuna komşu şekilde distale ilerler. Bu seyir sırasında, ortak peroneal sinirin proksimal segmentinden biceps femoris kasının kısa başına motor dal ayrılır; ardından medial sural kutanöz sinir ile birleşerek sural siniri oluşturan sural kommunikan siniri verir (4). Popliteal fossayı geçerek fibula başının posterioruna ulaşır. Bacağın anterolateral yüzüne doğru ilerlerken lateral sural kutanöz sinir olarak adlandırılan bir duyu dalı daha verir (5-7). Fibula başı çevresinde yüzeysel hale gelir. Diz eklemine artiküler dal verdikten sonra fibula boynu etrafında dolanır (Şekil 3)(8). Peroneus longus kasının derininde yer alan fibular tünel içerisinden geçer. Bu tünel, soleus ve peroneus longus kasları ile intermusküler septum tarafından oluşturulan musküloaponevrotik bir ark yapısıdır. Anterior intermusküler septumu deldikten sonra yüzeysel peroneal sinir ve derin peroneal sinir olmak üzere iki terminal dala ayrılır (Şekil 4) (1, 5, 9, 10). Yüzeysel peroneal sinir bacağın lateral kompartmanında distale doğru seyrederek. Derin peroneal sinir ise proksimalde peroneus longus ve ekstansör dijitorum longus kaslarının derininde ilerledikten sonra interosseöz membranı delerek anterior kompartmana geçer ve burada seyrini sürdürür (1).



Şekil 2. Siyatik sinirin uyluk posterior kompartmanındaki seyri ve terminal dallara ayrılışı



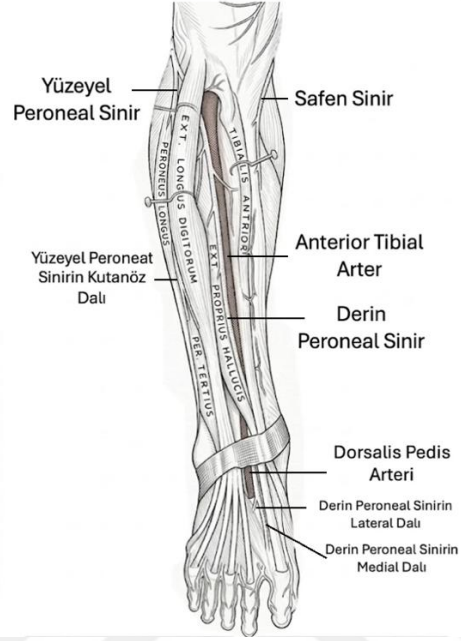
Şekil 3. Ortak peroneal sinirin fibula boynu düzeyinde verdiği dallar ve yüzeyel–derin peroneal sinir ayrılışı



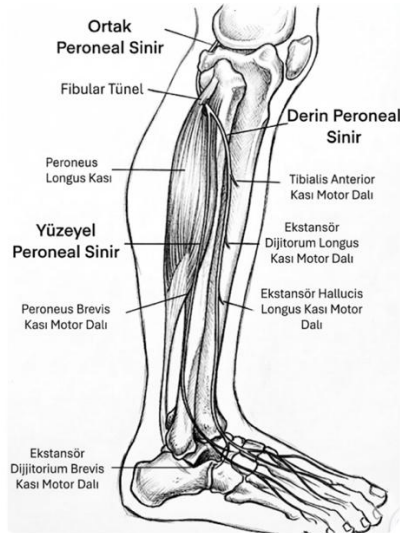
Şekil 4. Ortak peroneal sinirin diz lateralinde fibula boynu seviyesindeki anatomik yerleşimi ve fibular tünelden geçişi

2.1.2. Derin Peroneal Sinir

Derin peroneal sinir, ortak peroneal sinirin fibular tünel içinde yüzeyel peroneal sinir ile ayrıldığı terminal dallarından biridir. Proksimal tibiofibular ekleme bir artiküler dal verdikten sonra fibular tünelin yaklaşık 4 cm distalinde interosseöz membranı delerek ön kompartmana geçer. Ön kompartmanda bacağın üst üçte birlik kısmında anterior tibial arterin lateralinde, anterior tibial artere paralel seyrederek (Şekil 5), tibialis anterior, ekstansör dijitorum longus, ekstansör hallucis longus ve fibularis tertius kaslarına motor innervasyon sağlar (Şekil 6)(10, 11). Ayak bileği seviyesinde inferior ekstansör retinakulum distalinde anterior tibial arter dorsalis pedis arter adını alır, derin peroneal sinir bu arter ile birlikte seyrini sürdürür (Şekil 5)(1, 6, 11, 12).



Şekil 5. Derin peroneal sinirin anterior tibial arter ile birlikte bacak ön kompartmanındaki ve ayak dorsumundaki seyri

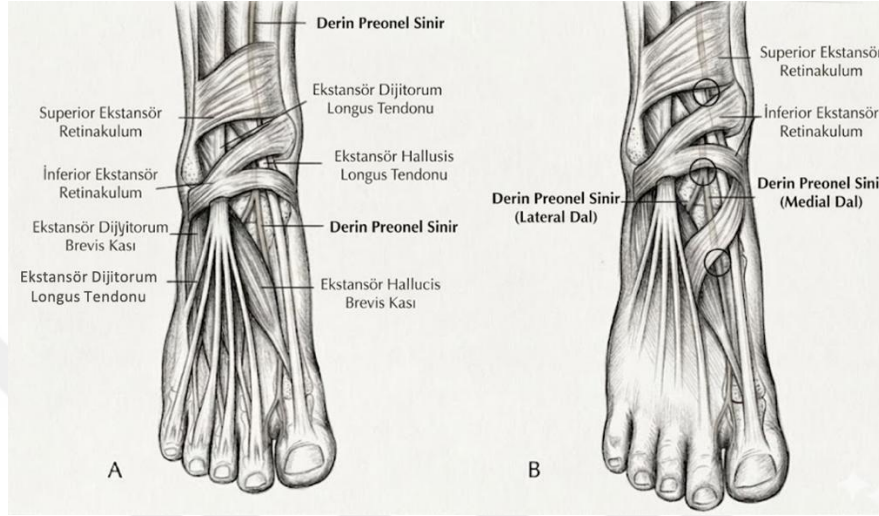


Şekil 6. Ortak peroneal sinirin fibula boynu düzeyinde peroneal tünelden geçerek yüzeyel ve derin peroneal sinirlere ayrılması ve bu dalların bacak ön ve lateral kompartman kaslarına verdiği motor dallar

2.1.3. Anterior Tarsal Tünel ve Klinik Önemi

Anterior tarsal tünel, superior ve inferior ekstansör retinakulum tarafından örtülen, tibia, talus ve naviküler kemiklerle ilişkili dar bir anatomik geçit olup derin peroneal sinir ile dorsalis pedis arterini içermektedir (13). Tünel, medialde tibialis anterior tendonu ve lateralde ekstansör hallucis longus tendonu ile sınırlandırılmıştır (Şekil 7A). Derin peroneal sinir bu tünel içinde dorsalis pedis arterinin lateralinde seyreder (1).

Anterior tarsal tünel sendromu, derin peroneal sinirin inferior ekstansör retinakulum altında kompresyonu sonucu ortaya çıkan bir tuzak nöropatisidir. Hastalarda ayak dorsumunda ağrı, birinci ve ikinci parmak arası bölgede hipoestezi, EDB kasında güçsüzlük ve atrofi görülebilir. Etiyolojide en önemli faktör sıkı ayakkabı kullanımı olup, ayak bileği travmaları ve tekrarlayan burkulmalar diğer sık nedenlerdir. Sendromun kadınlarda daha sık görülmesi, ayakkabı alışkanlıklarıyla ilişkilendirilmiştir (Şekil 7B)(14, 15).



Şekil 7. A. Ayak sırtında superior ve inferior ekstansör retinakulumlar altında derin peroneal sinirin seyri ve m. Ekstansör dijitorum brevis'e uzanan motor dallarının anatomik ilişkisi B. Derin peroneal sinirin en sık kompresyona uğradığı anatomik bölgeler

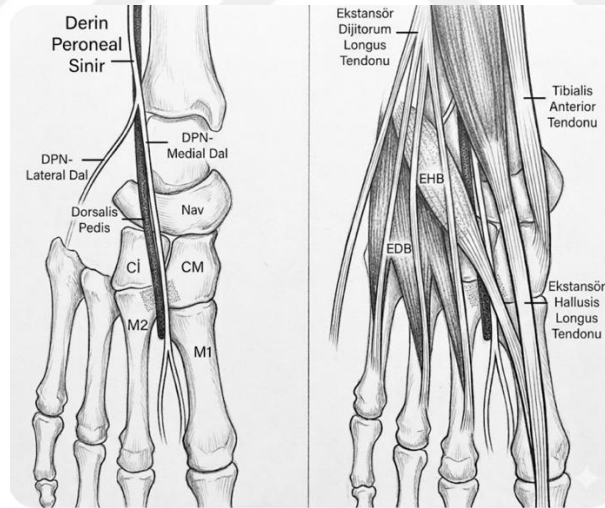
2.1.4. Derin Peroneal Sinirin Distal Dallanması ve Terminal Dalları

Derin peroneal sinir, ayak bileği ekleminin anteriorunda inferior ekstansör retinakulum düzeyinde artiküler dallarını verdikten sonra medial ve lateral terminal dallara ayrılır. Bifurkasyon seviyesi bireyler arasında değişkenlik gösterir ve inferior ekstansör retinakulum ile her zaman örtüşmeyebilir (1, 8, 9). Bu varyasyon özellikle ultrason eşliğinde sinir takibi ve sinir iletim çalışmaları sırasında değerlendirme hatalarını önlemek açısından önem taşır.

Medial terminal dal, dorsalis pedis arterine eşlik eder ve ayak dorsumunda ilerleyerek birinci interosseöz boşluğa ulaşır. Bu bölgede birinci metatarsofalangeal eklem için artiküler dal ve birinci dorsal interosseöz kas için motor dal verir. Lisfranc

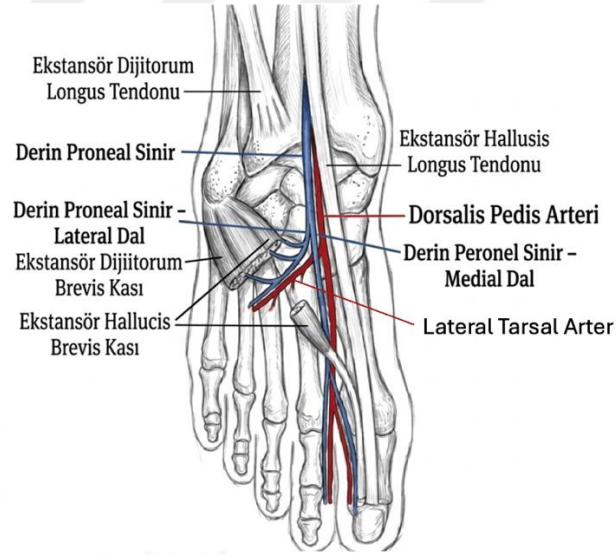
eklem hattı seviyesinde EHB tendonunun altından geçerek yüzeysel peroneal sinirin medial dalı ile birleşir. Birinci interdijital aralıkta birinci ve ikinci ayak parmakları arasındaki birinci dorsal web alanını besleyen iki dijital kutanöz sinir olarak sonlanır (1, 9, 12). Bu dağılım, derin peroneal sinirin ayak dorsumundaki en seçici duyusal alanı oluşturur ve klinik muayenede L5 dermatomunun periferik karşılığı olarak önemli tanısal değer taşır (2, 16).

Lateral terminal dal, lateral tarsal arter ile dorsolaterale doğru ilerleyerek ayak dorsumunun temel motor innervasyonunu sağlar (Şekil 8)(16, 17).



Şekil 8. Ayak bileğinin anterior görünümünde derin peroneal sinirin dallanması ve komşu anatomik yapılarla ilişkisi (DPN: Derin Peroneal Sinir; EDB: Ekstansör Dijitorum Brevis kası; EHB: Ekstansör Hallusis Brevis kası; Nav: Naviküler kemik; CM: Os cuneiforme mediale; Cİ: Os cuneiforme intermedium; M1: 1. Metatars; M2: 2. Metatars)

Lawrence ve Botte'nin anatomik çalışmasında, lateral terminal dalın dallanma paterninin bireyler arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Çoğu olguda tek trunkus şeklinde seyreder; ancak bifid ve trifid dallanma paternleri de sık görülür. EHB'ye giden motor dal genellikle daha proksimal seviyede ayrılırken, EDB'ye yönelik motor dallar daha distal segmentlerde ortaya çıkar ve kasa birden fazla noktadan innervasyon sağlar (Şekil 9)(17).



Şekil 9. Derin peroneal sinirin lateral terminal dalının anatomik seyri, EHB ve EDB kas innervasyonu

Kennedy ve arkadaşları, lateral terminal dalın beş ana alt dala ayrıldığını göstermiştir: rekürren kapsüler dal, sinüs tarsi dalları, EDB'ye giden geniş motor dal, nadir görülen subkutanöz duysal dal ve ikinci-dördüncü tarsometatarsal eklemlere uzanan interosseöz dallar (18). Bu çok dallı yapının klinik ve fonksiyonel yansımaları önemlidir. Yürüme sırasında ayak parmaklarının ekstansiyonunda rol oynarken, sinüs

tarsi ve tarsometatarsal eklem kaynaklı ağrı sendromlarının anatomik temelini de oluşturur.

Ayak bileği burkulmaları sonrası ortaya çıkan ve klasik tuzaklanma sendromları ile açıklanamayan dorsolateral ayak ağrısı, lateral dalın talus başı ile EDB proksimal sınırı düzeyinde sıkışmasına bağlı olabilir. Ayak inversiyon ve plantar fleksiyon pozisyonlarında ağrının provoke edilebilmesi, bu mekanik gerilmenin patofizyolojik önemini desteklemektedir (18).

Lateral terminal dalın yüzeyel seyri, cerrahi girişimler, ayak bileği artroskopisi ve elektrofizyolojik değerlendirmelerde özellikle dikkat edilmesi gereken bir anatomik özelliktir. EHB ve EDB kaslarının motor innervasyon varyasyonları, elektromiyografi ve sinir iletim çalışmalarının yorumlanmasında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (17, 18).

2.1.5. Peroneal Sinir Anatomik Varyasyonları

Peroneal sinir anatomisi, siyatik sinirin terminal dallanmasından ayak dorsumuna kadar uzanan seyri boyunca bireyler arasında belirgin varyasyonlar gösterir. Bu varyasyonlar elektrofizyolojik incelemelerin doğru yorumlanması, cerrahi yaklaşımların güvenli planlanması ve iyatrojenik sinir hasarlarının önlenmesi açısından büyük önem taşır.

Ortak peroneal sinirin bifurkasyon seviyesi, fibula başı ile ilişkisi ve artiküler dal varyasyonları bireyler arasında farklılık gösterir. Bifurkasyon bazı olgularda fibula başı seviyesinde, bazı olgularda ise daha proksimal düzeylerde gerçekleşebilir. Aynı bireyin iki tarafında farklı dallanma paternleri görülebilir (19-23).

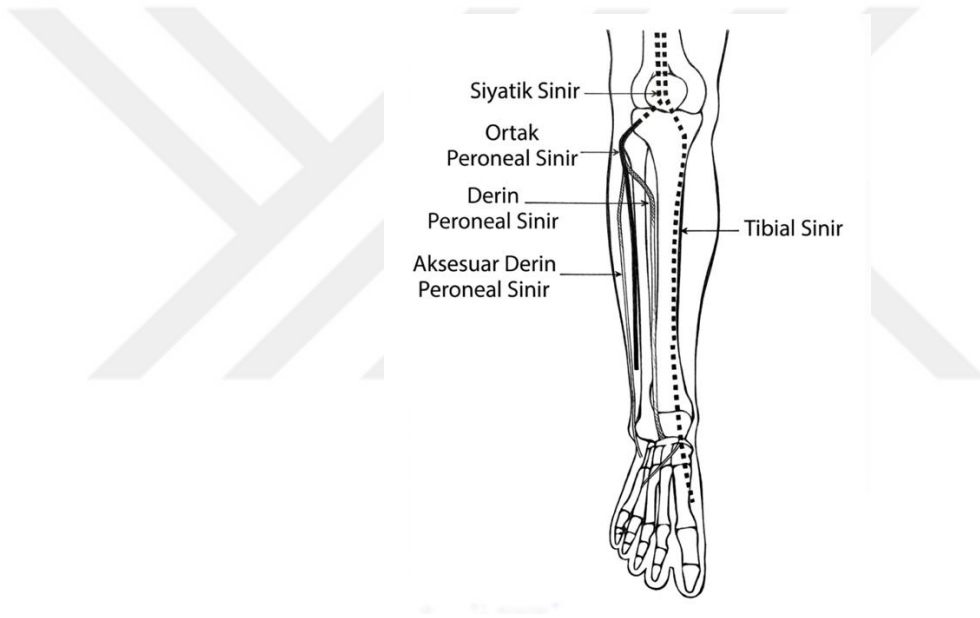
Ortak peroneal sinirin bu proksimal varyasyonlarına ek olarak, derin peroneal sinirin distal dallanma paternleri de klinik ve elektrofizyolojik açıdan dikkate alınmalıdır. Derin peroneal sinirin ayak bileği düzeyinde medial ve lateral terminal dallara ayrılma seviyesi bireyler arasında değişkenlik gösterir. Turbpaiboon ve arkadaşlarının geniş kadavra serisinde, bifurkasyonun olguların yaklaşık yarısında intermalleolar hat düzeyinde, önemli bir kısmında ise bu hattın distalinde veya proksimalinde gerçekleşebildiği gösterilmiştir (1). Bu değişkenlik, anterior tarsal tünel sendromu ve diğer distal peroneal nöropatilerin değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır.

Bifurkasyon varyasyonlarının yanı sıra, distal peroneal motor iletim çalışmalarını doğrudan etkileyen en önemli anatomik varyasyon aksesuar derin peroneal sinir (ADPN) varlığıdır.

2.1.5.1. Aksesuar Derin Peroneal Sinir

Aksesuar derin peroneal sinir (ADPN), ayak dorsumundaki motor innervasyon paternlerini etkileyen en sık görülen anatomik varyasyonlardan biridir (24, 25). ADPN

genellikle yüzeyel peroneal sinirin distal segmentinden köken alır ve ayak bileği düzeyinde derin peroneal sinire paralel bir seyir izleyerek lateral malleol arkasından geçer. Ekstansör dijitorum brevis (EDB) kasının motor innervasyonuna kısmen veya tamamen katılır (Şekil 10)(1, 24, 26)



Şekil 10. Aksesuar derin peroneal sinirin şematik gösterimi

Kadavra çalışmaları ve literatür derlemeleri, ADPN'nin köken seviyesi, seyir paterni ve terminal dallanma özellikleri açısından belirgin değişiklik sergileyebildiğini ortaya koymuştur (24, 27). Çoğunlukla yüzeyel peroneal sinirden köken alsa da, nadir olgularda derin peroneal sinirle erken birleşebilir veya ayak dorsumunda bağımsız bir seyir gösterebilir (1). ADPN prevalansı kadavra çalışmalarında yaklaşık %18-20, elektrofizyolojik çalışmalarda ise daha geniş bir dağılım aralığında bildirilmiştir (28). ADPN unilateral veya bilateral olarak

bulunabilir; bilateral olguların klinik açıdan anlamlı bir oran oluşturduğu ifade edilmiştir (29).

Aksesuar derin peroneal sinirin en önemli klinik özelliği, EDB kasının motor innervasyonuna kısmen veya tamamen katılabilmesidir. Bu durum ayak dorsumundaki motor dallanma paternlerinde belirgin çeşitliliğe yol açar (1, 24). Anatomik diseksiyon çalışmaları, ADPN'nin yalnızca EDB ile sınırlı olmadığını; peroneus brevis, peroneus longus ve diğer kaslara da motor dallar verebildiğini göstermiştir. Kudoh ve arkadaşları, ADPN'nin peroneus brevis kasının motor innervasyonunda baskın rol oynadığını ve bazı olgularda bu kasın motor innervasyonunun tamamen ADPN aracılığıyla sağlandığını bildirmiştir (27).

2.1.5.2. *Elektrofizyolojik Değerlendirmede Klinik Önemi*

Derin peroneal sinir ile ilgili tanımlanan anatomik varyasyonlar, elektrofizyolojik değerlendirmenin güvenilirliğini doğrudan etkileyebilir. EDB kası, motor iletim çalışmalarında sıklıkla kayıt kası olarak kullanılmaktadır. Ancak lateral dalın yüksek bifurkasyonu veya aksesuar derin peroneal sinir (ADPN) varlığı durumunda, elektrofizyolojik bulgular yanıltıcı olabilir.

ADPN varlığında, ayak bileği uyarımı ile elde edilen bileşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) amplitüdü, proksimal uyarıma kıyasla belirgin olarak daha düşük saptanabilir. Bu durum, peroneal sinir lezyonlarının yanlış lokalizasyonuna veya

şiddetinin hatalı değerlendirilmesine yol açabilir. ADPN varlığının tespiti için lateral malleol posteriorundan ek uyarım yapılması önerilmektedir (26, 30).

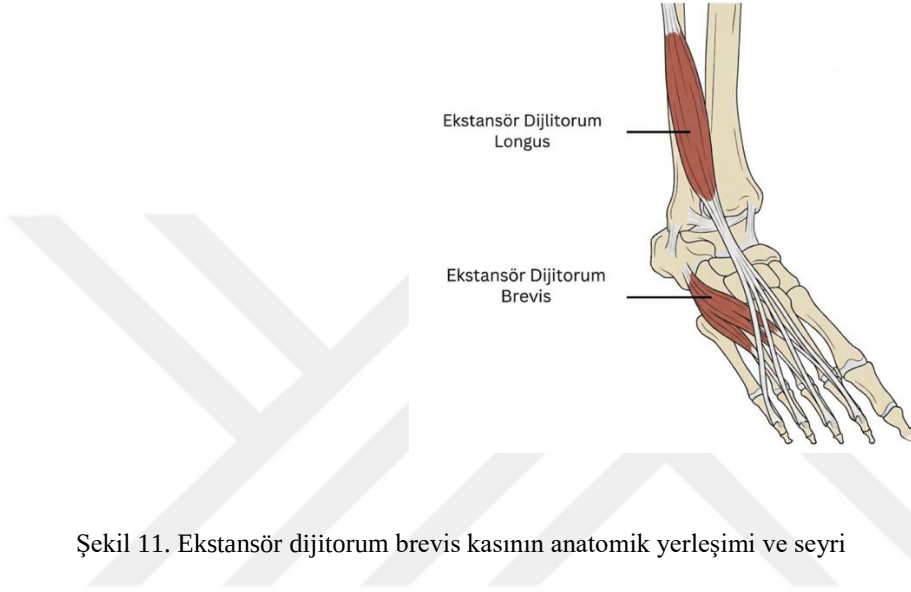
Benzer şekilde, lateral dalın yüksek bifurkasyonu veya ADPN katkısı nedeniyle, EDB kasında beklenen denervasyon bulguları ortaya çıkmayabilir ve bu durum yanlış negatif sonuçlara neden olabilir. Kennedy ve arkadaşları, bazı olgularda klinik olarak belirgin sinir basısı bulunmasına rağmen elektromiyografik incelemenin normal sonuç verebildiğini bildirmiştir (18). Bu bulgular, distal peroneal sinir patolojilerinde elektrofizyolojik testlerin tek başına tanısal yeterliliğinin sınırlı olabileceğini ve klinik-anatomik korelasyonun önemini vurgulamaktadır.

Motor iletim çalışmalarında düşük BKAP amplitüdü, taraflar arası belirgin asimetri veya beklenmeyen denervasyon bulgularının yokluğu saptandığında, anatomik varyasyonlar mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (18, 26, 30).

2.2. Ekstansör Dijitorum Brevis Kası Anatomisi ve İşlevi

2.2.1. Anatomik Özellikler

Ekstansör dijitorum brevis kası, kalkaneusun dorsolateral yüzü ve komşu eklem kapsüllerinden köken alır. İkinci, üçüncü ve dördüncü ayak parmaklarının ekstansör dijitorum longus (EDL) tendonlarına katılarak sonlanır (Şekil 11) (31-33). Kas lifleri ayak dorsumunda oblik bir seyir izler ve EHB kasının lateralinde yer alır (32).



Şekil 11. Ekstansör dijitorum brevis kasının anatomik yerleşimi ve seyri

Ekstansör dijitorum brevis kası morfolojik olarak trapezoid bir yapı sergiler. Kas karnının genişliği, kalınlığı ve yüzey alanı bireyler arasında belirgin varyasyon gösterebilir (34). Tendon sayısı açısından en sık üç tendonlu yapı görülür; ancak tendon sayısında azalma, hipoplazi veya nadiren aplazi gibi varyasyonlar da tanımlanmıştır (34, 35).

Ekstansör dijitorum brevis kasının motor innervasyonunu derin peroneal sinirin lateral terminal dalı sağlar (17, 31). Bu motor dal ayak bileği düzeyinde sinirden ayrılır ve kas karnına kısa bir seyirle ulaşır. Lateral terminal dalın seyri ve dallanma paterni, anterior tarsal tünel sendromu ve distal peroneal nöropatilerin patofizyolojisini anlamada önemli anatomik temel oluşturur (17, 33).

2.2.2. Fonksiyonel Rolü ve Klinik Önemi

Ekstansör dijitorum brevis kası, ekstansör dijitorum longus ile sinerjistik olarak çalışarak özellikle yürümenin salınım fazında ayak parmaklarının ekstansiyonuna katkı sağlar. EDB'nin fonksiyonel aktivitesi yürüme sırasında ayağın diğer ekstansör kaslarıyla koordineli biçimde gerçekleşir. Bu koordinasyon, parmakların yerden kalkması ve bacak salınımı sırasında ayak açıklığının sağlanması açısından önem taşır. Ayrıca ayak dorsumunun stabilizasyonuna ve dinamik denge kontrolüne katkıda bulunur (36).

Fonksiyonel olarak EDB kaybı veya zayıflığı çoğu bireyde belirgin klinik defisite yol açmaz; bu durum uzun ekstansör kasların telafi edici etkisi ile açıklanır (31, 33). Bu kompensasyon mekanizması nedeniyle EDB kası, derin peroneal sinirin distal dallarının değerlendirilmesinde elektrofizyolojik kayıt kası olarak yaygın biçimde kullanılsa da bazı klinik zorluklara yol açabilir (17, 31). Özellikle EDB'de izole atrofi veya konjenital hipoplazi varlığında BKAP amplitüdünün düşük olması veya alınamaması, L5 radikülopatisi veya peroneal nöropatiyi taklit edebilir (17). Öte yandan, uzun ekstansör kasların kompensasyon sağlaması nedeniyle, EDB kasında gerçek bir sinir hasarı olsa bile klinik muayenede ayak parmağı ekstansiyonu normal görünebilir. Bu durum, elektrofizyolojik bulgulara saptanan patolojinin klinik öneminin hafife alınmasına veya gerçek sinir lezyonlarının gözden kaçırılmasına yol

açabilir. Bu nedenle EDB kasının anatomik ve ultrasonografik özelliklerinin bilinmesi, yanlış tanı riskini azaltmak açısından klinik olarak büyük önem taşır (35, 37).

2.2.3. Ultrasonografik Değerlendirme

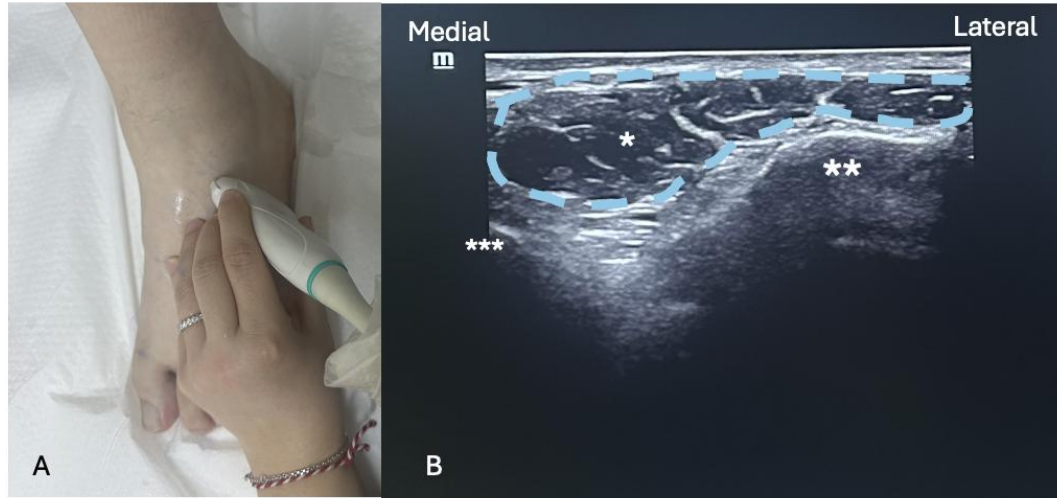
Ekstansör dijitorum brevis kası yüzeysel yerleşimi nedeniyle ultrasonografik incelemeye son derece elverişlidir. Kas kalınlığı ve hacmi güvenilir biçimde ölçülebilir ve peroneal sinir ile fonksiyonel ilişkisi nedeniyle distal nöromusküler fonksiyonun non-invaziv biçimde incelenmesine olanak tanır (37).

Normal popülasyonda EDB kasının yaş ve cinsiyetten etkilendiği saptanmıştır. Erkeklerde kas daha kalın olup yaşlı bireylerde kas kalınlığı azalır (37). Buna karşılık yaşam tarzı faktörlerinin ayak kasları üzerindeki etkisine ilişkin veriler sınırlıdır ve ileri çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynaklar, EDB kasının değerlendirilmesi için standart bir protokol sunar. İnceleme sırasında hasta sırtüstü (supine) pozisyonda yatar ve ayak bileği nötral pozisyonda tutulur. Görüntüleme, yüksek frekanslı (≥ 12 MHz) lineer array transdüser kullanılarak ayak dorsumundan gerçekleştirilir (37). Anatomik referans olarak EDB kasının kalkaneusun anterolateral, superior ve lateral yüzlerinden köken aldığı dikkate alınır ve tarama kalkaneal yapışma yerinden başlatılır (33). Kas gövdesi, Ekstansör dijitorum longus tendonlarının derininde yer alır; ultrasonografide yüzeysel tabakada tendon yapıları, bunların altında ise hipoekoik kas dokusu izlenir (37).

Ekstansör dijitorum brevis kasının ana vasküler beslenmesini sağlayan lateral tarsal arter, dorsalis pedis arterden ayrılan önemli bir anatomik işaret olup kasın proksimal bölümüne giriş yaptığı noktada görüntülenebilir (33). Bu vasküler yapı, kasın doğru lokalizasyonunun teyit edilmesinde yardımcı bir referans olarak kullanılabilir.

Ölçümler, kasın en kalın olduğu bölge olan kas karnı düzeyinde, prob kasa dik tutulacak şekilde enine kesitte gerçekleştirilir. Ölçüm sırasında prob basıncının minimal tutulması, kas dokusunun kompresyonunu önlemek ve ölçüm doğruluğunu artırmak açısından özellikle önemlidir (37). Şekil 12'de EDB kasının USG değerlendirilme pozisyonu ve ultrasonografik görünümü gösterilmiştir.



*: Ekstansör Dijitorum Brevis
**: Kalkaneus
***: Talus

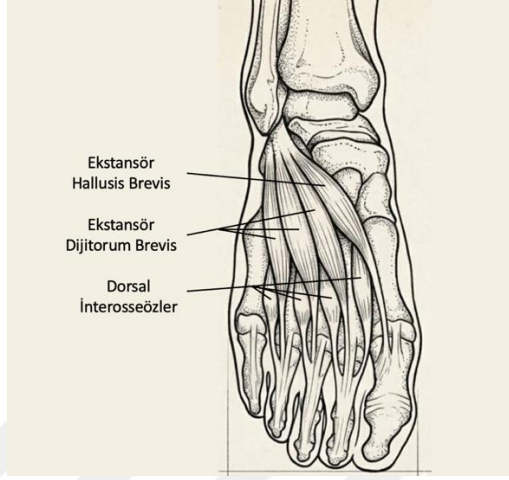
Şekil 12. EDB kasının USG ölçümü A. Prob yerleşimi, B. USG görünümü

Bu standart protokol ile elde edilen EDB kas kalınlığı değerlerinin, peroneal sinirden kaydedilen bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüdü ile anlamlı korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (37). Ultrasonografik değerlendirmede dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, EDB kasındaki anatomik varyasyonların yanlış atrofi veya patoloji yorumuna yol açabilmesidir. Bu nedenle USG incelemelerinde karşı tarafla kıyaslama ve klinik-elektrofizyolojik korelasyonun mutlaka yapılması önerilmektedir (35).

2.3. Ekstansör Hallusis Brevis Kası Anatomisi ve İşlevi

2.3.1. Anatomik Özellikler

Ekstansör hallusis brevis (EHB) kası, ayak dorsumunda EDB kasının medialinde yer alır (31, 32). Kalkaneus dorsalinden köken alır, tarsal kemiklerden kuboid, naviküler kemiğin laterali ve orta kuneiform üzerinden mediale doğru seyreder ve birinci proksimal falanks bazisinin dorsal yüzüne uzanan kısa bir tendon aracılığıyla sonlanır (Şekil 13) (32, 33).



Şekil 13. Ekstansör hallusis brevis kasının anatomik yerleşimi ve EDB ile komşuluğu

Ekstansör hallusis brevis, anatomik olarak ekstansör hallusis longus (EHL) tendonunun lateralinde yer alır ve ayak dorsumunda yüzeysel yerleşimi ile kolaylıkla ayırt edilebilir (31). Kasın morfolojisi ve tendon uzunluğu bireyler arasında değişkenlik gösterir. Bazı olgularda EHB kasının hipoplazik olduğu veya tamamen bulunmadığı bildirilmiştir (34, 35). Bu varyasyonlar, özellikle görüntüleme ve elektrofizyolojik değerlendirmelerde yanlış yorum riskini artırabilir (35).

Kasın motor innervasyonunu derin peroneal sinirin lateral terminal dalı sağlar (17, 31). Derin peroneal sinirin bu dalının ayak bileği ve dorsum düzeyindeki seyri, EHB kasının fonksiyonel bütünlüğü açısından önemlidir ve anterior tarsal tünel bölgesindeki patolojilerde doğrudan etkilenebilir (17).

2.3.2. Fonksiyonel Roller

Ekstansör hallusis brevis kası, başparmağın metatarsofalangeal eklem düzeyinde ekstansiyonuna katkı sağlayarak yürümenin salınım fazında halluksun yerden kaldırılmasında rol oynar. Zelik ve arkadaşları, yürüme sırasında EHB'nin ayak kasları ile ekstansör kaslar koordine olarak çalıştığını ve ayak dorsumunun dinamik stabilitesine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Yürüme biyomekaniğine ilişkin çalışmalar, ayak kaslarının sanıldığı gibi aksine pasif yapılar olmadığını, özellikle parmak ekstansiyonunun ince ayarlanmasında aktif rol aldıklarını göstermiştir (36). Bu bağlamda EHB, başparmağın pozisyonel kontrolü ve adım sonu itme fazına geçişte dengeleyici bir fonksiyon üstlenir (36).

Fonksiyonel açıdan EHB'nin izole kaybı genellikle belirgin bir klinik defisit oluşturmaz; bu durum EHL kasının telafi edici etkisi ile açıklanır (31). Ancak bu kompensasyon mekanizması, distal peroneal sinir lezyonlarının klinik olarak geç fark edilmesine yol açabilir (17).

Ekstansör hallusis brevis kası, derin peroneal sinirin distal dallarının etkilenmesine bağlı patolojilerde dolaylı klinik ipuçları sunabilir (17). Özellikle anterior tarsal tünel düzeyindeki sinir basılarında, EHB fonksiyonunun etkilenmesi başparmak ekstansiyonunda hafif zayıflık veya gecikme ile kendini gösterebilir (33). Ultrasonografik olarak EHB'de saptanan hacim kaybı, sertlik değişiklikleri veya mikrovasküler bozulmalar, distal nöromusküler etkilenmenin erken göstergeleri

arasında yer alabilir (38). Bu bağlamda EHB, klasik elektrofizyolojik yöntemlere tamamlayıcı bir değerlendirme aracı olarak klinik araştırmalarda giderek daha fazla önem kazanır (35).

2.3.3. Ultrasonografik Değerlendirme

Ekstansör hallusis brevis kasının ultrasonografik değerlendirilmesi, yüzeysel anatomik yerleşimi ve başparmak fonksiyonu ile ilişkisi nedeniyle hem morfolojik hem de fonksiyonel analizlere olanak tanır (33, 35).

İnceleme sırasında katılımcılar parmak ekstansör kaslarının pasif gevşemesini sağlamak amacıyla sırtüstü pozisyonda yatar; dizler hafif fleksiyonda ve ayaklar muayene masasında serbest şekilde desteklenir (38). Ultrasonografik değerlendirme EDB ile benzer protokol kullanılarak yapılır. Yüksek çözünürlüklü (≥ 12 MHz) lineer array transdüser kullanılır ve kas dokusunun kompresyonunu önlemek amacıyla minimal prob basıncı uygulanır.

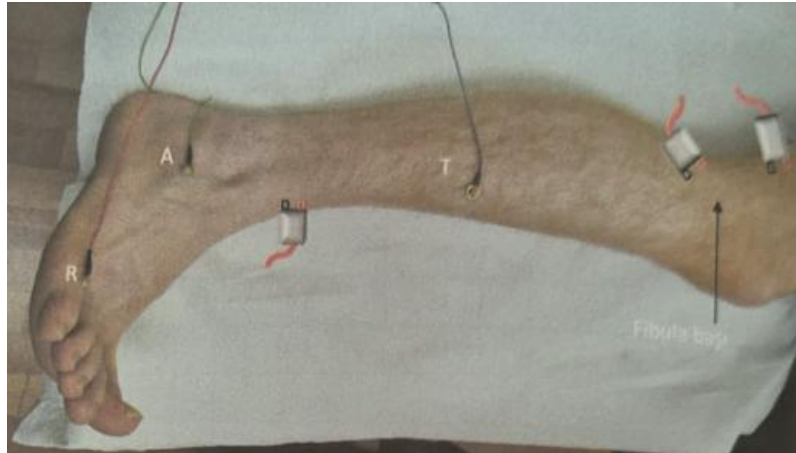
Boylamsal incelemede proksimal referans noktası olarak kasın kalkaneal yapışma yeri alınır. Prob bu noktaya yerleştirilir ve kas karnı ile tendon trasesi distal yönde takip edilir (32). Ultrasonografik incelemede, proksimalde kalkaneus, orta bölümde kuboid ve naviküler kemik, distalde ise birinci metatars EHB kasının derin komşulukları olarak izlenir ve bu kemikler anatomik landmark görevi görür. Kasın medial sınırının belirlenmesinde dorsalis pedis arter, lateral kısımda ekstansör

digitorum brevis kası önemli bir anatomik referans olarak kullanılır (33). Kasın sonlanma bölgesi başparmağın proksimal falanks bazisinde değerlendirilir. Tendon trasesinin ultrasonografik takibi ile lokal patolojiler veya halluks valgus gibi deformitelerin kas-tendon ilişkisine etkileri gözlemlenebilir (33).

2.4. Peroneal Sinir Elektrofizyolojik İnceleme

2.4.1. Motor Sinir İletim Çalışması

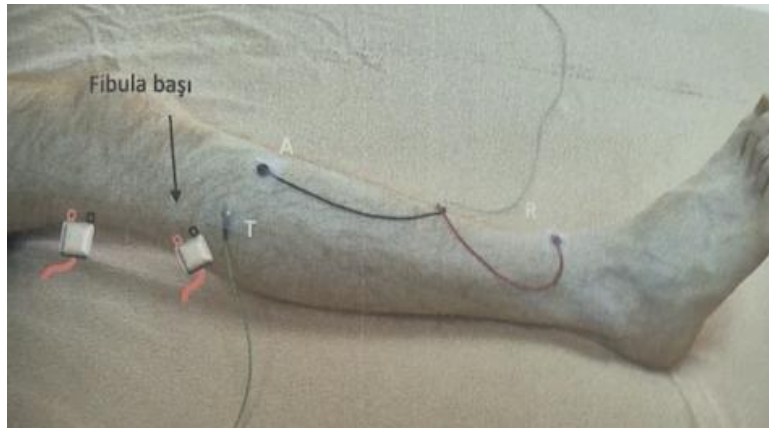
Peroneal sinirin motor iletim çalışması, standart olarak EDB kası üzerinden kayıt alınarak gerçekleştirilir. Kayıta aktif elektrot EDB kası üzerine, referans elektrot küçük parmak tabanına, toprak elektrot ise ayak sırtına veya tibialis anterior üzerine yerleştirilir. Sinir uyarımı sırasıyla ayak bileği düzeyinde, fibula başının hemen alt ve arka kısmından ve proksimalde popliteal fossanın lateral yarısından yapılır. Peroneal sinirin motor iletim çalışması Şekil 14'te gösterilmiştir (39).



Şekil 14. Ekstansör dijitorum brevis kası kayıtlı peroneal sinir motor iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)

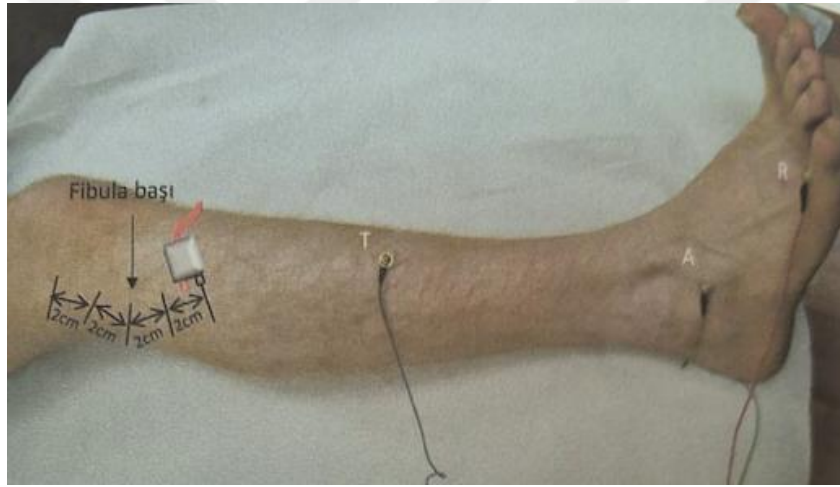
Rutin motor iletim çalışmasında distal latans, bileşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) amplitüdü ve sinir iletim hızı değerlendirilir. Fibula boynu düzeyinde saptanan fokal yavaşlama veya iletim bloğu, peroneal nöropatinin lokalizasyonu açısından önemlidir. Kısa bir segmentte amplitüd veya alanın %20'den fazla azalması fokal iletim bloğu lehine kabul edilir (40).

Ekstansör dijitorum brevis kasından motor yanıt alınamadığı durumlarda (atrofi, hipoplazi, skar, lokal travma gibi), tibialis anterior (TA) kası kayıtlı motor iletim çalışması yapılmalıdır (40). TA kası kayıtlı çalışmada aktif elektrot kas göbeğinin proksimal üçte birlik kısmına yerleştirilir ve fibula başının hemen alt ve arka kısmından ve proksimalde popliteal fossanın lateral yarısından uyarım gerçekleştirilir (Şekil 15) (39).



Şekil 15. Tibialis anterior kası kayıtlı peroneal sinir motor iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)

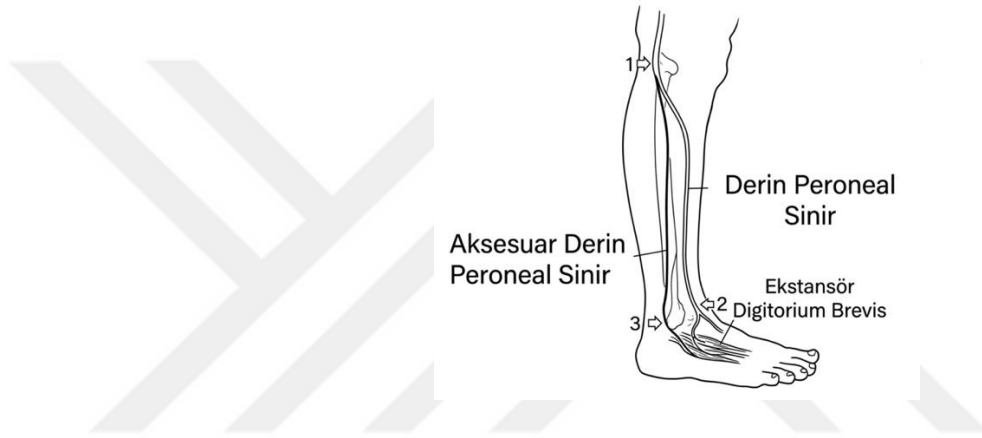
Fibula boynu düzeyinde fokal lezyon şüphesinde, sinirin bu bölgede 2 cm aralıklarla santimleme tekniği ile uyarılması, iletim bloğu veya fokal demiyelinizasyonun daha hassas biçimde gösterilmesini sağlar (Şekil 16) (39).



Şekil 16. Ekstansör dijitorum brevis kası kayıtlı peroneal sinir santimleme çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)

Aksesuar derin peroneal sinir (ADPN) varlığında, EDB kasının innervasyonu kısmen veya tamamen bu varyant dal aracılığıyla sağlanabilir. Bu durumda Şekil 17'de görüldüğü üzere üç farklı uyarım noktasında farklı yanıtlar elde edilir: Fibula başı seviyesinden yapılan uyarımda (1) elde edilen BKAP amplitüdü normal izlenir. Ayak bileği düzeyinden derin peroneal sinir uyarımında (2) amplitüd belirgin olarak daha düşük saptanır. Lateral malleol posteriorundan yapılan uyarımda (3) aksesuar dal

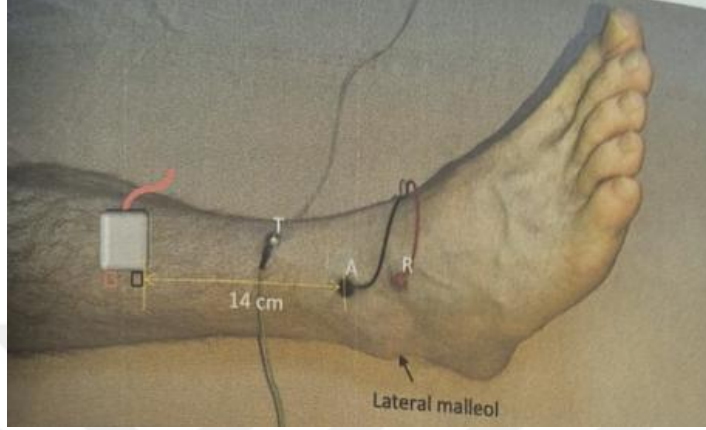
üzerinden ek bir BKAP yanıtı kaydedilir. Bu elektrofizyolojik patern, peroneal sinir lezyonlarının değerlendirilmesinde yanlış yorumlara yol açabileceğinden, motor iletim çalışmaları sırasında ADPN varlığı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (41).



Şekil 17. Aksesuar derin peroneal sinirin EDB kasına katılım gösterdiği anatomik varyasyon ve uyarım noktaları (1: Fibula başı, 2: Ayak bileği, 3: Lateral malleol posterioru)

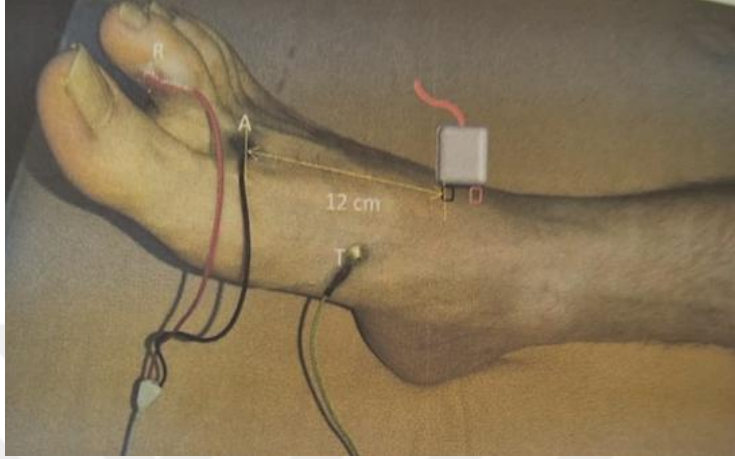
2.4.2. Duyu Sinir İletim Çalışması

Peroneal sinirin duyu iletim çalışmaları, yüzeysel peroneal sinirin medial ve intermediate dorsal kutanöz dalları üzerinden gerçekleştirilir. Kayıt, ayak sırtında ilgili dalın innerve ettiği alandan yapılır; uyarım noktası ise bacağın anterolateral yüzünde aktif elektrodun yaklaşık 14 cm proksimalindedir (Şekil 18). Ölçümlerde başlangıç latansı, negatif tepe latansı, amplitüd ve sinir iletim hızı değerlendirilir (39).



Şekil 18. Yüzeyel peroneal sinir duyu iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)

Derin peroneal sinirin duyu iletim çalışması daha sınırlı kullanım alanına sahip olmakla birlikte, özellikle ayak sırtının birinci intermetatarsal aralığındaki duyu değerlendirmesinde yararlıdır. Antidromik yöntemle, aktif elektrot birinci ve ikinci metatars başları arasına yerleştirilir (Şekil 19). Bu yöntemde normal değerlerin amplitüd açısından düşük olabileceği ve teknik olarak dikkat gerektirdiği vurgulanmaktadır (39).



Şekil 19. Derin peroneal sinir duyu iletim çalışması (A: Aktif elektrot, R: Referans elektrot, T: Toprak elektrot)

Peroneal sinir motor iletim çalışması (EDB ve TA kayıtlı), yüzeysel ve derin peroneal sinir duyu iletim çalışması normal değerleri Tablo 1’de gösterilmektedir (39).

Tablo 1. Peroneal Sinir Motor ve Duyu İletim Çalışmalarında Normal Elektrofizyolojik Değerler

Kayıt kası / Dal	Parametre	Ortalama $\pm$ SS	Normal sınır
Peroneal sinir motor iletimi			
EDB	Distal latans (ms)	$3,72 \pm 0,53$	$\leq 4,78$
	SIH (fibula başı–ayak bileği) (m/sn)	$49,51 \pm 3,93$	$\geq 41,65$
	SIH (popliteal fossa–fibula başı) (m/sn)	$53,93 \pm 7,11$	$\geq 39,11$
	BKAP amplitüdü (mV)	$10,09 \pm 4,81$	$\geq 4,0$
TA	Distal latans (ms)	$3,0 \pm 0,6$	—
	Proksimal SIH (m/sn)	$66,3 \pm 12,9$	—
	BKAP amplitüdü (mV)	$3,9 \pm 1,2$	—
Süperfişiyal peroneal sinir duyu iletimi (Oh metodu)			

Kayıt kası / Dal	Parametre	Ortalama $\pm$ SS	Normal sınır
Medial dorsal kutanöz	Başlangıç latansı (ms)	$2,7 \pm 0,3$	$\leq 3,3$
	Negatif tepe latansı (ms)	$3,5 \pm 0,3$	$\leq 4,0$
	Maksimum SIH (m/sn)	$53,2 \pm 6,0$	$\geq 38,3$
	Amplitüd (μV)	$15,0 \pm 6,9$	$\geq 4,8$
Intermediate dorsal kutanöz	Başlangıç latansı (ms)	$2,5 \pm 0,3$	$\leq 3,1$
	Negatif tepe latansı (ms)	$3,3 \pm 0,3$	$\leq 3,9$
	Maksimum SIH (m/sn)	$55,9 \pm 6,9$	$\geq 42,0$
	Amplitüd (μV)	$14,2 \pm 5,5$	$\geq 6,0$
Derin peroneal sinir duyu iletimi (Lee metodu, antidromik)			
	Başlangıç latansı (ms)	$2,9 \pm 0,4$	$\leq 3,7$
	Negatif tepe latansı (ms)	$3,6 \pm 0,4$	$\leq 4,6$
	Sinir iletim hızı (m/sn)	42 ± 5	≥ 32
	Amplitüd (μV)	$3,4 \pm 1,2$	$\geq 1,6$

Kısaltmalar: EDB: Ekstansör dijitorum brevis; TA: Tibialis anterior; BKAP: Birleşik kas aksiyon potansiyeli; SIH: Sinir iletim hızı. **Birimler:** ms: milisaniye; m/sn: metre/saniye; mV: milivolt; μV : mikrovolt.

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Elektrofizyoloji Laboratuvarında kullanılan referans değerlere göre verilmiştir.

2.4.3. İğne Elektromiyografi (EMG)

Sinir iletim çalışmaları tamamlandıktan sonra, iletim çalışmasında anormallik saptanması durumunda lezyonun lokalizasyonunu doğrulamak, şiddetini değerlendirmek ve ayırıcı tanıyı genişletmek amacıyla iğne EMG incelemesi yapılır. Rutin olarak en az iki derin peroneal sinir innervasyonlu kas (tibialis anterior, ekstansör hallusis longus), en az bir yüzeysel peroneal sinir innervasyonlu kas (peroneus longus veya brevis) ve tibial sinir innervasyonlu kaslar (özellikle tibialis posterior) değerlendirilmelidir (40).

Peroneal nöropati şüphesinde, biceps femoris kasının kısa başı kritik öneme sahiptir. Bu kas, siyatik sinirin peroneal komponenti tarafından innerve edilen ve fibula boynunun proksimalinden köken alan tek hamstring kasıdır. Bu kasta saptanan denervasyon bulguları, lezyonun peroneal sinirin proksimalinde, siyatik sinir düzeyinde veya daha yukarıda olabileceğini düşündürür (40).

Akut-subakut aksonal lezyonlarda iğne EMG'de fibrilasyon potansiyelleri ve pozitif keskin dalgalar izlenirken, kronik olgularda uzun süreli, yüksek amplitüdlü ve polifazik motor ünite aksiyon potansiyelleri ile azalmış rekrütman paterni görülür. Saf demiyelinizan lezyonlarda ise aktif denervasyon bulguları olmaksızın yalnızca rekrütman azalması saptanabilir (40).

Aksesuar derin peroneal sinir varlığında, EDB kasında saptanan EMG bulgularının yanlışlıkla derin peroneal sinir lezyonu olarak yorumlanabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle, özellikle EDB kası ile sınırlı bulgular varlığında, anatomik varyasyon olasılığı dikkate alınmalı ve iğne EMG bulguları klinik ve sinir iletim çalışmaları ile birlikte değerlendirilmelidir (41).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma 08 Ocak 2026 ile 18 Şubat 2026 tarihleri arasında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bölümü EMG laboratuvarında gerçekleştirildi. Belirtilen tarihler arasında Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon polikliniğine başvuran ve çalışmaya katılmayı kabul eden 52 sağlıklı gönüllü çalışmaya dahil edildi.

Çalışmanın amacı ve içeriği hakkında sözel olarak ayrıntılı bilgi verildikten sonra “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” kullanılarak yazılı bilgi verildi ve katılımcıların onamları alındı.

Çalışma sürecinde Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi ve İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu kurallarına uyuldu. “Ultrason Rehberliğinde Ekstansör Hallusis Brevis Kası Kayıtlı Peroneal Sinir Motor Sinir İletim Çalışması” konulu bu çalışma için Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’ndan onay alındı (Karar No: 232).

Çalışmamız kesitsel bir çalışma olarak tek merkezde yürütüldü.

3.1. Örneklem Büyüklüğü

Çalışmanın birincil amacı, EHB kasının peroneal sinir motor iletim çalışmasında EDB kasına alternatif güvenilir bir kayıt noktası olarak

kullanılabilirliğinin değerlendirilmesidir. Örneklem büyüklüğü, birincil sonlanım noktası olan EHB ve EDB kasları kayıtlı elektrofizyolojik parametrelere arasındaki korelasyon için hesaplanmıştır (42).

G*Power 3.1 programı kullanılarak, iki yönlü anlamlılık düzeyi $\alpha=0,05$ ve hedef güç $(1-\beta)=0,80$ alınarak, orta düzey etki büyüklüğü varsayımı ($r=0,45$) ile gerekli minimum katılımcı sayısı $n=44$ olarak hesaplanmıştır. Olası veri kaybı ve ölçüm dışı kalabilecek olgular da dikkate alınarak çalışmaya toplam 52 gönüllü dahil edildi.

Yaşa bağlı olası karıştırıcı etkileri azaltmak amacıyla, katılımcılar 18–29, 30–39, 40–49, 50–59 ve 60–70 yaş gruplarına ayrılarak tabakalı örnekleme yöntemiyle dahil edildi.

Çalışmanın ikincil amaçları kapsamında, EDB kası için normatif değerlerin oluşturulması, EHB kasının EDB'ye kıyasla daha medial yerleşimi nedeniyle günlük yaşam faktörlerinden daha az etkilenip etkilenmediğinin değerlendirilmesi ve ADPN varlığının EHB kası innervasyonu üzerindeki olası etkisinin incelenmesi hedeflendi.

3.2. Çalışma Popülasyonu

Alt ekstremitede semptomu olmayan 52 katılımcı çalışmaya dahil edildi. Başlangıçta katılımcıların demografik verileri olan yaş, cinsiyet, boy, kilo ve vücut kitle indeksi bilgileri alındı. Sıkı ayakkabı giyme, topuklu ayakkabı kullanma durumu,

düzenli sportif aktivite katılımı ve ayak dorsumuna bası oluşturacak tekrarlayıcı pozisyonlar (ayak üzerine oturma, namaz kılma) anamnez alınırken sorgulandı. Baskın ayak tercihi için Olgu Rapor Formunda yer alan Yenilenmiş Waterloo Ayak Tercihi Anketi (WFQ-R) her katılımcıda yapıldı. Klinik değerlendirilmenin ardından USG ve EMG incelemesi yapıldı. Gönüllüler çalışmaya aşağıdaki kriterlere göre dahil edildi:

Dahil edilme kriterleri:

- 18-70 yaş arası olmak
- EMG incelemesi ve çalışmaya gönüllü katılımı kabul etmek

Dışlama kriterleri:

- Polinöropati tanısı, muayene veya EMG bulgusu olanlar
- L5 radikülopati düşündürecek muayene, EMG ve manyetik rezonans

(MR) görüntüleme bulgusu olanlar

- Ortak peroneal sinir ve dallarında tuzak nöropatisi olanlar
- Santral sinir sistemi hastalığı olanlar
- Alt ekstremitte deformitesi olanlar
- Nörotoksik ilaç almış veya almakta olanlar

3.3. Değerlendirme

3.3.1. Anamnez ve Fizik Muayene

Anamnez özgeçmiş sorgulamasıyla başlandı. Geçirilmiş veya mevcut olan santral sinir sistemi hastalıkları, polinöropati bulguları, nörotoksik ilaç alımına neden olabilecek hastalıklar sorgulandı. Katılımcılara bel ağrısı ve alt ekstremitte semptom sorgusu yapıldı. Özellikle alt ekstremitte yayılan ağrı, ayaklarda uyuşma-karınalanma, hissizlik, güçsüzlük olup olmadığı soruldu.

Fizik muayenesinde katılımcının alt ekstremitte eklem hareket açıklığı, motor, duyu ve derin tendon refleksi muayenesi yapıldı. Lomber disk hernisi için yapılan düz bacak kaldırma (SLR) ve Lasègue özel testleri katılımcılara yapıldı. Polinöropati, radikülopatiyi düşündürecek pozitif Lasègue/SLR testi veya alt ekstremitte deformitesi olan katılımcılar çalışmaya dahil edilmedi.

Fizik muayenede istemli EDB kas kontraksiyon istenildiğinde palpasyonla kontraksiyon hissedilemeyen katılımcılar EDB atrofisi mevcut olarak değerlendirildi.

3.3.2. Ultrasonografik Değerlendirme ve Yapılan Ölçümler

Ultrasonografik görüntülemelerde Mindray marka DC 60 model ultrason cihazı ve yüksek çözünürlüklü lineer prob (L14-6NE, 6-14 MHz) 14 MHz frekans ayarında kullanıldı. Tüm katılımcılarda değerlendirme standart protokol ile gerçekleştirildi.

Tüm katılımcılarda ultrasonografik değerlendirme standart protokol ile yapıldı. İnceleme supin pozisyonda yapıldı. Dizler hafif fleksiyonda tutuldu ve ayaklar muayene masasında serbest şekilde desteklendi. Ayak bileği nötral pozisyonda konumlandırılarak parmak ekstansör kaslarının pasif gevşemesi sağlandı.

Ekstansör dijitorum brevis (EDB) ve ekstansör hallusis brevis (EHB) kasları B-mod ultrasonografi ile değerlendirildi. Her iki kas için ölçümler, kasın en kalın olduğu bölge olan kas göbeği düzeyinde, prob kasa dik tutulacak şekilde enine (cross-sectional) kesitte gerçekleştirildi.

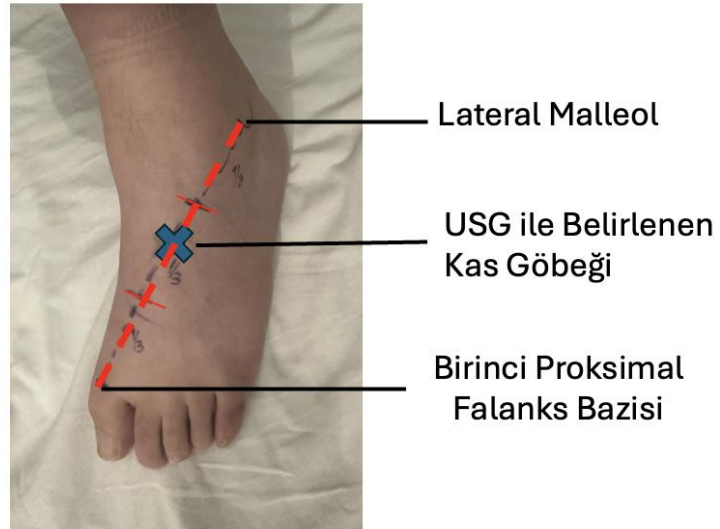
EDB kası için anatomik referans olarak kasın kalkaneusun anterolateral yüzünden köken aldığı bölge dikkate alınarak taramaya kalkaneal yapışma yerinden başlandı ve kas karnı distal yönde takip edildi, kasın en kalın olduğu nokta belirlenerek işaretlendi. Lateral tarsal arter, EDB kasının doğru lokalizasyonunun teyit edilmesinde yardımcı anatomik referans olarak kullanıldı.

EHB kası değerlendirilirken, incelemeye proksimalde kalkaneal yapışma yerinden başlandı ve kas karnı ile tendon trasesi distal yönde takip edildi. Kuboid ve naviküla anatomik referans olarak kullanıldı, kasın en kalın bölgesi KA olarak alındı (Şekil 20). Kas göbeği belirlendikten sonra belirlenen nokta işaretlendi. Baş parmak ekstansiyonu hastadan yapması istenerek belirlenen nokta palpe edildi. Şekil 21’de gösterildiği üzere lateral malleol ile birinci proksimal falanks bazisi arasındaki mesafe üç eşit parçaya bölündü (kırmızı kesikli çizgi). Bu segmentasyon yöntemiyle elde

edilen üç bölge: proksimal 1/3 (lateral malleole yakın), orta 1/3 ve distal 1/3 (birinci metatarsofalangeal ekleme yakın) olarak tanımlandı. Ultrasonografi ile belirlenen motor nokta (mavi X ile işaretli), bu çizgi üzerindeki konumuna göre kaydedildi.



Şekil 20. Ekstansör Hallusis Brevis kası ultrasonografik görüntüsü ve prob yerleşimi. (*: Ekstansör hallusis brevis; Ok: Ekstansör dijitorum brevis, **: Kuboid; ***: Naviküla)



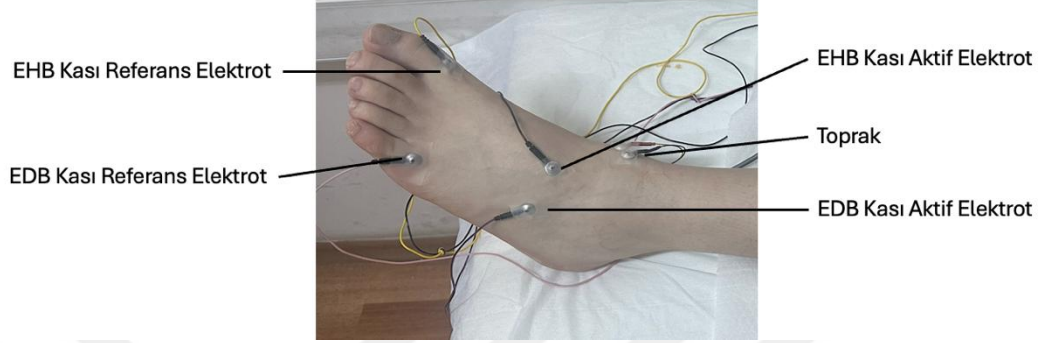
Şekil 21. Ekstensor hallucis brevis kasının motor noktasının lokalizasyonu.

Kas kesit alanı (KA) ölçümleri standart düzlemde gerçekleştirildi. Ölçümlerin güvenilirliğini artırmak amacıyla tüm değerlendirmeler aynı araştırmacı tarafından yapıldı. Her kas için aynı kesit düzleminde beş ayrı ölçüm alınarak ortalamaları hesaplandı. Ölçümler, tüm katılımcılarda belirlenen anatomik referans noktalarından yapılarak ölçümler arası güvenilirlik ve tekrarlanabilirlik sağlandı.

3.3.3. Elektrofizyolojik İnceleme

Elektrofizyolojik değerlendirme, standart sinir iletim çalışmaları protokolüne uygun olarak gerçekleştirildi. Tüm katılımcılar supin pozisyonda incelendi ve alt ekstremiteler gevşek pozisyonda desteklendi. İncelemelerde yüzeysel bipolar kayıt elektrotları kullanıldı ve motor sinir iletim çalışmaları çift kanallı olarak gerçekleştirildi.

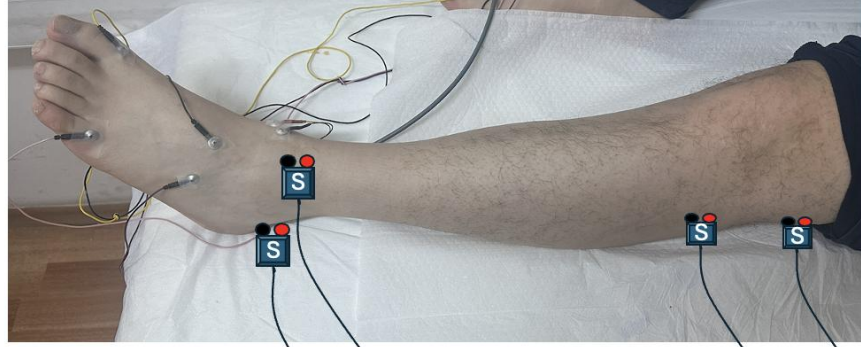
Ekstansör hallusis brevis kası için aktif kayıt elektrodu, ultrasonografi ile önceden belirlenen kas göbeği (en geniş bölge) üzerine yerleştirildi. Referans elektrodu, birinci parmağın proksimal falanksı üzerine yerleştirildi. EDB kası için aktif ve referans elektrot yerleşimi standart protokole uygun şekilde yapıldı (Şekil 21). Toprak elektrodu, ayak dorsumuna yerleştirildi.



Şekil 22. EHB ve EDB kasları elektrofizyolojik incelemede elektrot yerleşimi (T: Toprak elektrot)

Peroneal sinir motor iletim çalışmaları ayak bilek hizası, fibula başı ve popliteal bölge olmak üzere üç farklı noktadan uyarım yapılarak gerçekleştirildi (Şekil 23). Sinir uyarımları supramaksimal şiddette (maksimal BKAP amplitüdünün %20 üzerinde) uygulandı. Distal ve proksimal uyarımlardan elde edilen yanıtlar kullanılarak distal latans, BKAP amplitüdü ve motor sinir iletim hızları hesaplandı. Hacim iletkenliğini ya da anatomik varyasyonları düşündüren başlangıçta pozitif defleksiyon olmamasına özellikle dikkat edildi. Şekil 24'te örnek elektrofizyolojik çalışma ve değerler gösterilmiştir.

Ekstansör dijitorum brevis atrofisi olanlarda olası peroneal sinir hasarını dışlamak için TA kayıtlı peroneal sinir iletim çalışması yapıldı.



BİLEK HİZASI

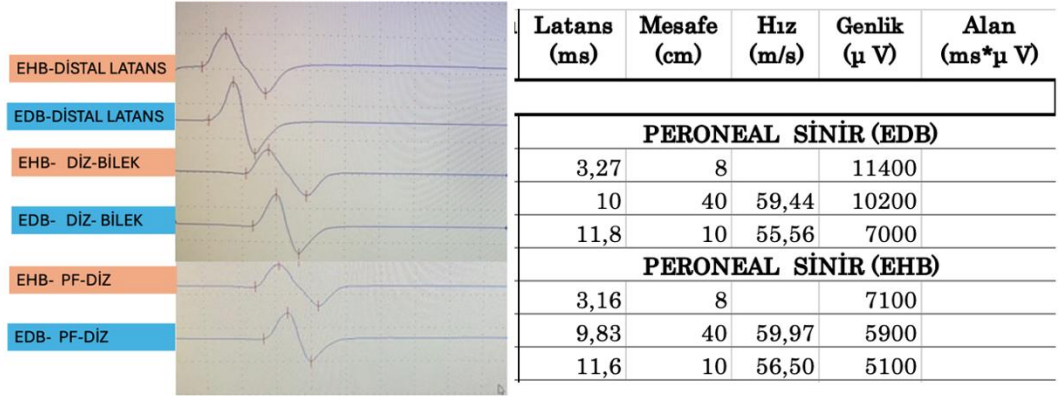
FİBULA BAŞI

POPLİTEAL FOSSA

ADPN AÇISINDAN LATERAL MALLEOL ARKASINDAN EK UYARI

Şekil 23. EHB ve EDB kasları elektrofizyolojik incelemede uyarım noktaları (ADPN: Aksesuar Derin Peroneal Sinir)

Motor İletim Çalışması



Şekil 24. EHB ve EDB karları kayıtlı çift kanallı peroneal sinir motor iletim çalışma örneği

Aksesuar derin peroneal sinir varlığı olasılığı göz önünde bulundurularak, lateral malleol arkasından ek uyarım yapıldı.

Tüm elektrofizyolojik değerlendirmeler aynı oturumda tamamlandı ve elde edilen bulgular ultrasonografik ölçümler ile birlikte analiz edildi.

3.4. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics Version 31.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram ve Q-Q grafikleri ile görsel olarak incelendi; Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren değişkenler ortalama $\pm$ standart sapma, normal dağılım göstermeyenler medyan (minimum–maksimum) olarak sunuldu. Kategorik değişkenler sayı ve yüzde (%) şeklinde ifade edildi ve $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Demografik ve yaşam tarzı değişkenlerinin dağılımı tek örneklem ki-kare testi ile değerlendirildi. Grup karşılaştırmalarında bağımsız örneklem t-testi, sağ-sol karşılaştırmalarda eşleştirilmiş örneklem t-testi kullanıldı. Korelasyon analizlerinde normal dağılım durumuna göre Pearson veya Spearman tercih edildi ve etki büyüklükleri Cohen's d ile hesaplandı.

Her yaşam tarzı faktörü bağımsız bir hipotezi test ettiğinden, çoklu karşılaştırma düzeltmesi faktör-bazlı olarak uygulandı. Her faktör için 4 BKAP parametresi (sağ EDB, sol EDB, sağ EHB, sol EHB) bir 'test ailesi' olarak

değerlendirildi ve Benjamini-Hochberg False Discovery Rate (FDR) düzeltmesi ayrı ayrı uygulandı ($FDR \alpha = \text{Sıra/Toplam Test} \times 0.05$).

Ultrasonografik değerlendirmede EDB ve EHB kaslarına ait kesitsel alan (KA) değerleri tanımlayıcı istatistiklerle raporlandı. Sağ-sol karşılaştırmalar eşleştirilmiş t-testi ile yapılırken, taraflar arası ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelendi. KA'nın yaş ve VKİ ile ilişkisi Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi, cinsiyete göre karşılaştırmalar bağımsız örneklem t-testi ile yapıldı. KA için normatif alt sınırlar için baskın taraf ele alınarak ortalama - 2SS yöntemi ile oluşturuldu.

Elektrofizyolojik değerlendirmede EDB ve EHB kaslarından elde edilen BKAP amplitüdü, distal motor latans ve motor iletim hızları analiz edildi. Sağ-sol karşılaştırmalar eşleştirilmiş t-testi ile yapılırken, değişkenler arası ilişkiler Pearson veya Spearman korelasyon analizi ile değerlendirildi. Aynı tarafta kaslar arası BKAP amplitüdü ve iletim hızları eşleştirilmiş t-testi ile karşılaştırıldı. Distal motor latans için ortalama fark ve %95 güven aralıkları raporlandı. EHB için normatif değerler için baskın taraf ele alınarak ortalama $\pm$ 2SS yöntemi ile oluşturuldu.

KA ile BKAP amplitüdü arasındaki ilişki Pearson korelasyon ve basit doğrusal regresyon analizi ile değerlendirildi (R^2). Yaş, cinsiyet ve VKİ için kısmi korelasyon analizleri yapıldı. Yaşam tarzı faktörleri ile BKAP amplitüdü ilişkisi bağımsız örneklem t-testi ile incelendi ve sonuçlar etki büyüklükleri ile birlikte yorumlandı. BKAP amplitüdünü etkileyen bağımsız faktörler çoklu doğrusal regresyon analizi ile

değerlendirildi; yaş, cinsiyet ve VKİ modele dahil edilirken, $p < 0,10$ olan değişkenler eklendi. Model uyumu F testi ve R^2 ile, çoklu doğrusal bağlantı tolerans ve VIF ile kontrol edildi. EDB kas atrofisi için Fisher Exact testi kullanıldı.

Aksesuar derin peroneal sinir varlığı kategorik değişken olarak değerlendirilerek prevalans ve %95 güven aralıkları hesaplandı; bilateral oran ayrıca belirlendi.

4. BULGULAR

Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov testleri ile değerlendirildi. Demografik değişkenler (yaş, boy, kilo, VKİ), ultrasonografik kas kesit alanı ölçümleri ve elektrofizyolojik parametrelerin (BKAP amplitüdlere, motor iletim hızları, distal latans) tümü normal dağılım gösterdi (tüm değişkenler için $p>0,05$). Bu nedenle parametrik testler (Pearson korelasyon, eşleştirilmiş ve bağımsız örneklem t-testleri) kullanıldı.

4.1. Katılımcıların Demografik ve Yaşam Tarzı Özellikleri

Çalışmaya toplam 52 katılımcı dahil edildi. Katılımcıların yaş ortalaması $44,7 \pm 14,8$ yıl, ortalama boyu $166,7 \pm 9,9$ cm, ortalama kilosu $75,1 \pm 14,0$ kg ve ortalama vücut kitle indeksi $27,2 \pm 5,5$ kg/m² olarak saptandı. Yaş gruplarına göre katılımcı dağılımı incelendiğinde, gruplar arasında belirgin bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$) ve yaş gruplarının dengeli bir dağılım gösterdiği görüldü.

Katılımcıların %51,9'u kadın ($n=27$), %48,1'i erkekti ($n=25$). Cinsiyet dağılımı değerlendirildiğinde, kadın ve erkek sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0,05$). WFQ-R anketine göre alt ekstremitelerde baskın taraf incelendiğinde, katılımcıların %84,6'sında sağ, %15,4'ünde sol taraf baskın olduğu görüldü ($p<0,001$).

Katılımcıların sportif aktivite durumları incelendiğinde, %86,5'i (n=45) sportif aktivite yapmadığını, %13,5'i (n=7) ise düzenli sportif aktivite yaptığını bildirdi. Sportif aktivite yapmayan bireylerin oranı istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksekti ($p<0,001$). Katılımcıların %57,7'si (n=30) sıkı ayakkabı giymediğini, %42,3'ü (n=22) sıkı ayakkabı giydiğini bildirdi. %46,2'sinin (n=24) namaz kıldığını, %53,8'inin (n=28) namaz kılmadığını saptandı. %57,7'si (n=30) ayak üzerine oturma alışkanlığı olmadığını, %42,3'ü (n=22) ayak üzerine oturduğunu bildirdi. %90,4'ü (n=47) topuklu ayakkabı giymediğini, %9,6'sı (n=5) topuklu ayakkabı giydiğini bildirdi; topuklu ayakkabı giymeyenlerin oranı istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksekti ($p<0,001$).

Katılımcıların demografik ve yaşam tarzı özellikleri Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların Demografik ve Yaşam Tarzı Özellikleri

	N	Ort. $\pm$ SS	Min-Maks	Yüzde	p
Yaş (yıl)	52	44,7 $\pm$ 14,8	21-70		0,998
Boy (cm)	52	166,7 $\pm$ 9,9	150-185		
Kilo (kg)	52	75,1 $\pm$ 14	45-104		
Vücut Kitle İndeksi (kg/m²)	52	27,2 $\pm$ 5,5	17,7-39,6		
Cinsiyet					0,782
Kadın	27			51,9	
Erkek	25			48,1	
Baskın taraf					<0,001
Sağ	44			84,6	
Sol	8			15,4	
Yaşam tarzı					
Düzenli sportif aktivite					<0,001
Var	7			13,5	
Yok	45			86,5	
Sıkı ayakkabı giyme					0,267
Var	22			42,3	

Yok	30	57,7	0,579
Namaz kılma alışkanlığı			
Var	24	46,2	0,267
Yok	28	53,8	
Ayak üzerine oturma alışkanlığı			<0,001
Var	22	42,3	
Yok	30	57,7	<0,001
Topuklu ayakkabı giyme			
Var	5	9,6	<0,001
Yok	47	90,4	

N: Kişi sayısı; Ort.: Ortalama; SS: Standart sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum.

4.2. Ultrasonografik Ölçüm Bulguları

4.2.1. EDB ve EHB Kas Kesit Alanı Değerleri

Çalışmaya dahil edilen katılımcılarda sağ EDB kas ultrasonografik kesitsel alan (KA) değeri $1,94 \pm 0,56 \text{ cm}^2$, sol EDB kas KA değeri ise $2,04 \pm 0,62 \text{ cm}^2$ olarak saptandı. Sağ EHB kas KA değeri $1,10 \pm 0,46 \text{ cm}^2$, sol EHB kas KA değeri ise $1,13 \pm 0,46 \text{ cm}^2$ idi (Tablo 3).

Tablo 3. Sağ ve Sol EDB ile EHB Kaslarının KA Değerleri

	N	Minimum	Maksimum	Ort.	SS
Sağ EDB Kas KA (cm ²)	52	0,68	3,26	1,94	0,56
Sağ EHB Kas KA (cm ²)	52	0,15	2,50	1,10	0,46
Sol EDB Kas KA (cm ²)	52	0,67	3,38	2,04	0,62
Sol EHB Kas KA (cm ²)	52	0,15	2,39	1,13	0,46

N: Kişi sayısı; Ort.: Ortalama; SS: Standart sapma; EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; KA: Kas kesit alanı.

Sağ ve sol taraf EDB kas KA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$). Benzer şekilde, sağ ve sol EHB kas KA değerleri arasında da anlamlı fark izlenmedi ($p>0,05$). EDB kası için sağ ve sol ölçümler arasında güçlü, EHB kası için ise çok güçlü derecede pozitif korelasyon mevcuttu (Pearson korelasyon analizi, $p<0,001$) (Tablo 4).

Tablo 4. Sağ–Sol KA Karşılaştırması ve Korelasyon Analizi

Kas	Sağ KA (cm ²) $\pm$ SS	Sol KA (cm ²) $\pm$ SS	p*	Korelasyon (r)	p**
EDB	1,94 $\pm$ 0,56	2,04 $\pm$ 0,62	0,143	0,672	<0,001
EHB	1,10 $\pm$ 0,46	1,13 $\pm$ 0,46	0,288	0,890	<0,001

SS: Standart sapma; EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; KA: Kas kesit alanı; p* değeri: Sağ ve sol KA karşılaştırması (paired t-test); p** değeri: Korelasyon analizi

4.2.2. Ultrason ile Belirlenen EHB Kasının Anatomik Lokalizasyonu

Lateral malleol ile birinci proksimal falanks bazisi arasındaki belirlenen mesafe üç eşit segmente bölündü. Bu anatomik referans çizgisi üzerinde proksimal 1/3 (lateral malleole komşu), orta 1/3 ve distal 1/3 (birinci metatarsofalangeal ekleme komşu) olmak üzere üç bölge tanımlandı.

Ultrasonografik inceleme ile belirlenen motor noktaların lokalizasyonu değerlendirildiğinde; 9 ekstremitede (%8,65) motor nokta proksimal 1/3 segmentinin distal kısmında, geri kalan 95 ekstremitede (%91,35) ise orta 1/3 segmentte tespit

edildi. Motor noktanın distal 1/3 segmentinde lokalize olduğu herhangi bir olgu saptanmadı.

4.2.3. Kesit Alanı ile Demografik Değişkenlerin İlişkisi

Ultrasonografik kas kesit alanı (KA) değerlerinin demografik değişkenlerle ilişkisi incelendi. Pearson korelasyon analizi sonucunda yaş ve vücut kitle indeksi ile sağ ve sol EDB ile EHB kaslarına ait KA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı (tüm karşılaştırmalar için $p>0,05$).

Cinsiyete göre yapılan karşılaştırmalarda ise hem EDB hem de EHB kasları için sağ ve sol tarafta erkeklerin KA değerlerinin kadınlara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlendi (tüm karşılaştırmalar için $p<0,001$). Etki büyüklüğü analizlerinde farkın büyük-çok büyük düzeyde olduğu saptandı (Cohen's $d = 1,09-1,45$) (Tablo 5).

Tablo 5. Cinsiyete Göre KA Değerlerinin Karşılaştırılması

Kas	Taraf	Kadın (Ort±SS)	Erkek (Ort±SS)	p	Cohen's d
EDB	Sağ	1,68 ± 0,51	2,23 ± 0,49	<0,001	1,09
EDB	Sol	1,69 ± 0,54	2,42 ± 0,46	<0,001	1,43
EHB	Sağ	0,86 ± 0,38	1,37 ± 0,38	<0,001	1,35
EHB	Sol	0,87 ± 0,39	1,42 ± 0,36	<0,001	1,45

Ort: Ortalama; SS: Standart sapma; EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis.

4.2.4. Normatif Kesit Alanı Değerleri

EDB ve EHB kaslarına ait KA için normatif alt sınırlar, ortalama – 2SS yöntemi ile baskın taraf üzerinden hesaplandı. EDB kası KA için normatif alt sınır $\geq 0,90 \text{ cm}^2$, EHB kası için $\geq 0,20 \text{ cm}^2$ olarak belirlendi (Tablo 6).

Tablo 6. EDB ve EHB İçin Normatif KA Alt Sınırları

Kas	Ort. (cm ²)	SS	Normatif Alt Sınır ($\approx \text{Ort}-2\text{SS}$)
EDB KA	1,988	0,543	$\geq 0,90 \text{ cm}^2$
EHB KA	1,109	0,456	$\geq 0,20 \text{ cm}^2$

Ort: Ortalama; SS: Standart sapma; KA: Kas kesit alanı; EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis.

4.3. Elektrofizyolojik Bulgular

4.3.1. BKAP Amplitüdleri

Her katılımcının bilateral EDB ve EHB kaslarından elde edilen BKAP amplitüdleri elektrofizyolojik olarak değerlendirildi. Çalışmaya dahil edilen katılımcılarda sağ EDB kasından kaydedilen BKAP amplitüdü $6371,9 \pm 3049,9 \mu\text{V}$, sağ EHB kasından kaydedilen BKAP amplitüdü ise $6675,4 \pm 2623,4 \mu\text{V}$ olarak saptandı. Sol EDB kasından elde edilen BKAP amplitüdü $7635,4 \pm 3070,3 \mu\text{V}$, sol EHB kasından elde edilen BKAP amplitüdü ise $7123,3 \pm 3263,0 \mu\text{V}$ idi (Tablo 7).

Tablo 7. BKAP Amplitüdlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

BKAP amplitüdü (µV)	N	Ort. ± SS	Min-Maks
Sağ EDB	52	6371,9 ± 3049,9	1000–13700
Sağ EHB	52	6675,4 ± 2623,4	610–12000
Sol EDB	52	7635,4 ± 3070,3	1740–14000
Sol EHB	52	7123,3 ± 3263,0	610–15300

BKAP: Bileşik kas aksiyon potansiyeli; µV: mikrovolt; Ort.: ortalama; SS: Standart sapma, EDB: ekstansör dijitorum brevis, EHB: ekstansör hallusis brevis, N: kişi sayısı, Min: minimum, Maks: maksimum.

Sağ ve sol taraf BKAP amplitüdü değerlerinin karşılaştırılmasında, EDB kası için iki taraf arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. Sol EDB kasından kaydedilen BKAP amplitüdü değerlerinin, sağ tarafa kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görüldü (eşleştirilmiş t-testi; $p<0,05$) (Tablo 8).

Tablo 8.Sağ–Sol BKAP Karşılaştırması

Kas	Sağ BKAP (µV) Ort. ± SS	Sol BKAP (µV) Ort. ± SS	p değeri
EDB	6371,9 ± 3049,9	7635,4 ± 3070,3	0,002
EHB	6675,4 ± 2623,4	7123,3 ± 3263,0	0,387

BKAP: Bileşik kas aksiyon potansiyeli; µV: mikrovolt; Ort.: Ortalama; SS: Standart sapma, EDB: ekstansör dijitorum brevis, EHB: ekstansör hallusis brevis.

Sağ ve sol taraf BKAP amplitüdü değerleri arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi. Sağ ve sol EDB kaslarından kaydedilen BKAP amplitüdü değerleri arasında pozitif yönde, orta–iyi düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptandı ($r=0,609$; $p<0,001$). Benzer şekilde, sağ ve sol EHB kaslarından elde edilen BKAP amplitüdü değerleri arasında pozitif yönde, güçlü düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulundu ($r=0,731$; $p<0,001$) (Tablo 9).

Tablo 9. EDB ve EHB kaslarının sağ-sol taraf korelasyon analizi

Kas	Korelasyon katsayısı (Pearson r)	p
EDB	0,609	< 0,001
EHB	0,731	< 0,001

EDB: ekstansör dijitorum brevis, EHB: ekstansör hallusis brevis.

Sağ tarafta EDB ve EHB kasları arasındaki BKAP amplitüdleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=0,452$). EDB ve EHB BKAP amplitüdleri arasında orta düzeyde pozitif korelasyon bulundu ($r=0,489$; $p<0,001$). Etki büyüklüğü analizinde farkın çok küçük olduğu görüldü. Benzer olarak, sol EDB ve EHB kasları arasındaki BKAP amplitüdleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=0,218$). EDB ve EHB BKAP amplitüdleri arasında orta düzeyde pozitif korelasyon bulundu ($r=0,564$; $p<0,001$). Etki büyüklüğü analizinde farkın küçük olduğu görüldü (Tablo 10).

Tablo 10. EDB-EHB BKAP korelasyon analizi

Taraf	Karşılaştırma	p	Korelasyon (r)	p (korelasyon)	Cohen's d
Sağ	EDB – EHB BKAP	0,452	0,489	< 0,001	-0,105
Sol	EDB – EHB BKAP	0,218	0,564	< 0,001	0,173

BKAP: Bileşik kas aksiyon potansiyeli; EDB: ekstansör dijitorum brevis, EHB: ekstansör hallusis brevis.

4.3.2. BKAP Amplitüdü ile Demografik Değişkenlerin İlişkisi

BKAP amplitüdü ile demografik değişkenler arasındaki ilişki analiz edildi. Yaş ve vücut kitle indeksi için Pearson korelasyon analizi, cinsiyet için de t-testi kullanıldı.

Pearson korelasyon analizinde, yaş ile BKAP amplitüdü arasında özellikle EDB kasında negatif yönde anlamlı korelasyon saptandı. Sağ EDB kasında orta düzeyde negatif korelasyon ($r=-0,418$; $p=0,002$), sol EDB kasında ise zayıf düzeyde negatif korelasyon ($r=-0,301$; $p=0,030$) izlendi. Buna karşılık EHB kası için yaş ile BKAP amplitüdü arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmadı ($p>0,05$).

Vücut kitle indeksi (VKİ) ile BKAP amplitüdü arasında hem EDB hem de EHB kasları için anlamlı korelasyon izlenmedi (tüm karşılaştırmalar için $p>0,05$).

Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde, erkek katılımcılarda bazı kas gruplarında BKAP amplitüdü kadınlara göre daha yüksek bulundu. Bu fark sol EDB ($p=0,010$), sağ EHB ($p=0,025$) ve sol EHB ($p=0,028$) kaslarında istatistiksel olarak anlamlıydı. Sağ EDB kasında ise cinsiyete bağlı anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$). Etki büyüklükleri küçük ile orta düzey arasında değişmekteydi (Tablo 11).

Tablo 11.BKAP Amplitüdü ile Demografik Değişkenlerin İlişkisi

Kas	Taraf	Yaş (r)	Yaş p	VKİ p	Cinsiyet p	Etki büyüklüğü (Cohen's d)
EDB	Sağ	-0,418	0,002	0,865	0,237	0,33

Kas	Taraf	Yaş (r)	Yaş p	VKİ p	Cinsiyet p	Etki büyüklüğü (Cohen's d)
EDB	Sol	-0,301	0,030	0,370	0,010	0,74
EHB	Sağ	-0,211	0,133	0,906	0,025	0,64
EHB	Sol	-0,237	0,090	0,555	0,028	0,63

r: Pearson korelasyon katsayısı, EDB: Ekstansör dijitorum brevis, EHB: Ekstansör hallusis brevis

4.3.3. Ekstansör Dijitorum Brevis Kası Atrofisi ve BKAP İlişkisi

Fizik muayenede saptanan sağ EDB kasında **atrofisi** bulunan katılımcılarda BKAP amplitüdü, atrofisi olmayanlara kıyasla anlamlı derecede düşüktü (atrofi olanlar: $2865,0 \pm 901,3 \mu V$; olmayanlar: $7930,6 \pm 2255,1 \mu V$; $p < 0,001$). Etki büyüklüğü çok yüksek düzeydeydi (Cohen's $d=2,59$). Benzer şekilde sol EDB kasında da atrofi varlığında BKAP amplitüdü anlamlı olarak daha düşük bulundu (atrofi olanlar: $2748,6 \pm 588,1 \mu V$; olmayanlar: $8395,6 \pm 2547,4 \mu V$; $p < 0,001$). Etki büyüklüğü çok yüksekti (Cohen's $d=2,35$) (Tablo 12).

Tablo 12. Sağ ve Sol EDB Kasında Atrofi Varlığına Göre BKAP Amplitüdüleri

Taraf	Atrofi	N	Ort $\pm$ SS (μV)	p	Cohen's d
Sağ	Yok	36	$7930,6 \pm 2255,1$	<0,001	2,59
	Var	16	$2865,0 \pm 901,3$		
Sol	Yok	45	$8395,6 \pm 2547,4$	<0,001	2,35
	Var	7	$2748,6 \pm 588,1$		

μV : Mikrovolt; Ort.: Ortalama; SS: Standart sapma; N: kişi sayısı.

4.3.4. Motor Sinir İletim Hızları

Sağ tarafta bilek–fibula başı segmentinde EDB ve EHB kaslarına ait motor iletim hızları sırasıyla $49,68 \pm 5,19$ m/s ve $49,22 \pm 4,90$ m/s olarak saptandı. İki kas arasındaki motor iletim hızları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi ($p>0,05$). EDB ve EHB motor iletim hızları arasında çok güçlü pozitif korelasyon bulundu ($p<0,001$). Etki büyüklüğü analizinde farkın küçük olduğu görüldü.

Sağ tarafta fibula başı–popliteal fossa segmentinde motor iletim hızları sırasıyla $49,96 \pm 5,80$ m/s ve $49,75 \pm 6,88$ m/s olarak saptandı. İki kas arasındaki karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi ($p>0,05$). EDB ve EHB motor iletim hızları arasında güçlü düzeyde pozitif korelasyon bulundu ($p<0,001$). Etki büyüklüğü analizinde farkın çok küçük olduğu görüldü.

Sol tarafta bilek–fibula başı segmentinde EDB ve EHB motor iletim hızları sırasıyla $51,02 \pm 5,56$ m/s ve $50,23 \pm 5,21$ m/s olarak saptandı. İki kas arasındaki karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi ($p>0,05$). EDB ve EHB motor iletim hızları arasında güçlü pozitif korelasyon bulundu ($p<0,001$). Etki büyüklüğü analizinde farkın küçük olduğu görüldü.

Sol tarafta fibula başı–popliteal fossa segmentinde EDB ve EHB motor iletim hızları sırasıyla $50,65 \pm 5,38$ m/s ve $50,50 \pm 4,91$ m/s olarak saptandı. İki kas arasındaki

karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi ($p>0,05$). EDB ve EHB motor iletim hızları arasında orta düzeyde pozitif korelasyon bulundu ($p<0,001$). Etki büyüklüğü analizinde farkın ihmal edilebilir düzeyde olduğu görüldü.

Tablo 13'te EDB ve EHB motor iletim hızlarının segmentlere göre karşılaştırılması ve korelasyonu verilmiştir.

Tablo 13. EDB ve EHB Motor İletim Hızlarının Segmentlere Göre Karşılaştırılması ve Korelasyonu

Taraf	Segment	EDB (Ort $\pm$ SS) m/s	EHB (Ort $\pm$ SS) m/s	p	r	p (r)	Cohen's d
Sağ	B-FB	49,68 $\pm$ 5,19	49,22 $\pm$ 4,90	0,192	0,881	<0,001	0,183
Sağ	FB-PF	49,96 $\pm$ 5,80	49,75 $\pm$ 6,88	0,793	0,606	<0,001	0,037
Sol	B-FB	51,02 $\pm$ 5,56	50,23 $\pm$ 5,21	0,167	0,723	<0,001	0,195
Sol	FB-PF	50,65 $\pm$ 5,38	50,50 $\pm$ 4,91	0,837	0,478	<0,001	0,029

EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; r: Pearson korelasyon katsayısı; B-FB: Bilek-Fibula Başı; FB-PF: Fibula Başı-Popliteal Fossa

4.3.5. Distal Motor Latans

Sağ alt ekstremitede EDB kasından elde edilen distal motor latans değeri ($3,99 \pm 0,56$ ms), EHB kasına ait distal latans değerine ($3,60 \pm 0,54$ ms) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha uzun bulundu (eşleştirilmiş örneklem t-testi, $p<0,001$). Etki büyüklüğünün yüksek düzeyde olduğu saptandı (Cohen's $d=1,31$). Sağ alt ekstremitede EDB ve EHB distal latans değerleri arasında çok güçlü düzeyde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptandı ($r = 0.845$, $p < 0.001$).

Sol alt ekstremitede de benzer şekilde, EDB kayıtlı distal latans ($4,03 \pm 0,54$ ms), EHB kayıtlı distal latansa ($3,57 \pm 0,49$ ms) göre anlamlı olarak daha uzun bulundu ($p < 0,001$). Etki büyüklüğünün çok yüksek düzeyde olduğu görüldü (Cohen's $d=1,93$). Benzer şekilde, sol alt ekstremitede de EDB ve EHB distal latans değerleri arasında çok güçlü düzeyde pozitif korelasyon bulundu ($r = 0.898$, $p < 0.001$) (Tablo 14).

Tablo 14. Sağ ve Sol Tarafta EDB ve EHB Distal Motor Latans Karşılaştırması

Taraf	EDB (Ort $\pm$ SS) m/s	EHB (Ort $\pm$ SS) m/s	p*	r	p**	Cohen's d
Sağ	$3,99 \pm 0,56$	$3,60 \pm 0,54$	$<0,001$	0,845	$<0,001$	1,31
Sol	$4,03 \pm 0,54$	$3,57 \pm 0,49$	$<0,001$	0,898	$<0,001$	1,93

EDB: Ekstansör dijitorum brevis, EHB: Ekstansör hallusis brevis, Ort: ortalama, SS: Standart sapma, ms: milisaniye; p: eşleştirilmiş örneklem t-testi; p* değeri: Sağ ve sol EDB-EHB karşılaştırması; p** değeri: Korelasyon analizi

4.3.6. Aksesuar Derin Peroneal Sinir Prevalansı

Aksesuar derin peroneal sinir varlığı 11 ekstremitede saptandı ve prevalans %21,2 olarak bulundu (%95 GA: %11,8–%33,6). Aksesuar sinir saptanmayan ekstremiteler oranı %78,8 idi (%95 GA: %66,4–%88,2). Bu olguların 4'ünde (%36,4; %95 GA: %10,9–69,2) EHB kasında aksesuar sinir kaynaklı BKAP yanıtı elde edildi. Saptanan tüm aksesuar derin peroneal sinir olgularında parsiyel (kısmi) innervasyon paterni gözlemlendi. Tam innervasyon (EDB kasının yalnızca aksesuar sinir tarafından innerve edilmesi) gösteren herhangi bir olgu saptanmadı.

Katılımcıların 4'ünde bilateral aksesuar derin peroneal sinir saptandı ve bilateral aksesuar derin peroneal sinir oranı %7,7 olarak bulundu (%95 GA: %2,7–%17,3). Bilateral aksesuar sinir saptanmayan ekstremitte oranı %92,3 idi (%95 GA: %82,7–%97,3). Tablo 15'de aksesuar derin peroneal sinir prevalansı ve bilateral aksesuar sinir oranları gösterilmiştir.

Tablo 15. Aksesuar Derin Peroneal Sinir Prevalansı ve Bilateral Olma Oranları

Parametre	n	%
Aksesuar sinir varlığı (en az bir taraf)	11	21,2
Aksesuar sinir yok	41	78,8
Bilateral aksesuar sinir	4	7,7
Unilateral veya yok	48	92,3
Aksesuar olanlar içinde bilateral oran	4/11	36,4
İnnervasyon tipi		
Kısmi innervasyon	11/11	100
Tam innervasyon	0	0
EHB'de aksesuar sinir yanıtı	4	7,7

4.3.7. Normatif Elektrofizyolojik Değerler

EHB kası için normatif elektrofizyolojik değerler baskın taraf üzerinden oluşturuldu. Normal sınırlar, ortalama ± 2 standart sapma yöntemi esas alınarak belirlendi. Tablo 16'te EHB için normatif elektrofizyolojik referans değerler gösterilmiştir.

Tablo 16. EHB İçin Normatif Elektrofizyolojik Referans Değerler

Parametre	Ort. $\pm$ SS	Normal Sınır
EHB BKAP amplitüdü (μ V)	6784 $\pm$ 2578	$\geq$ 1628
Distal latans (ms)	3,57 $\pm$ 0,52	$\leq$ 4,62
B-FB Segment MİH (m/s)	49,25 $\pm$ 4,80	$\geq$ 39,65
FB-PF Segment MİH (m/s)	49,71 $\pm$ 6,35	$\geq$ 37,01

EHB: Ekstansör hallusis brevis; BKAP: bileşik kas aksiyon potansiyeli; Ort.: Ortalama, MİH: motor iletim hızı; SS: standart sapma; B-FB: Bilek-Fibula Başı; FB-PF: Fibula başı-Popliteal Fossa; μ V: mikrovolt; ms: milisaniye; m/s: metre/saniye.

4.3.8. EDB/EHB BKAP Oranı

EDB ve EHB kaslarından elde edilen BKAP amplitüdlerinin oranı (EDB BKAP / EHB BKAP) hesaplandı. Bu oran, EDB kasının seçici etkilenimini değerlendirmek amacıyla kullanıldı.

Baskın tarafta ortalama EDB/EHB BKAP oranı $1,13 \pm 0,95$, baskın olmayan tarafta $1,21 \pm 0,71$ olarak bulundu. Baskın ve baskın olmayan taraflar arasında EDB/EHB BKAP oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$).

4.4.Ultrasonografik Ölçümler İle Elektrofizyolojik Parametreler Arasındaki İlişki

Ultrasonografik kas kesit alanı (KA) ile BKAP amplitüdü arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi. Hem sağ hem de sol tarafta EDB ve EHB kasları için KA ile BKAP amplitüdü arasında pozitif yönde, orta-iyi düzeyde ve

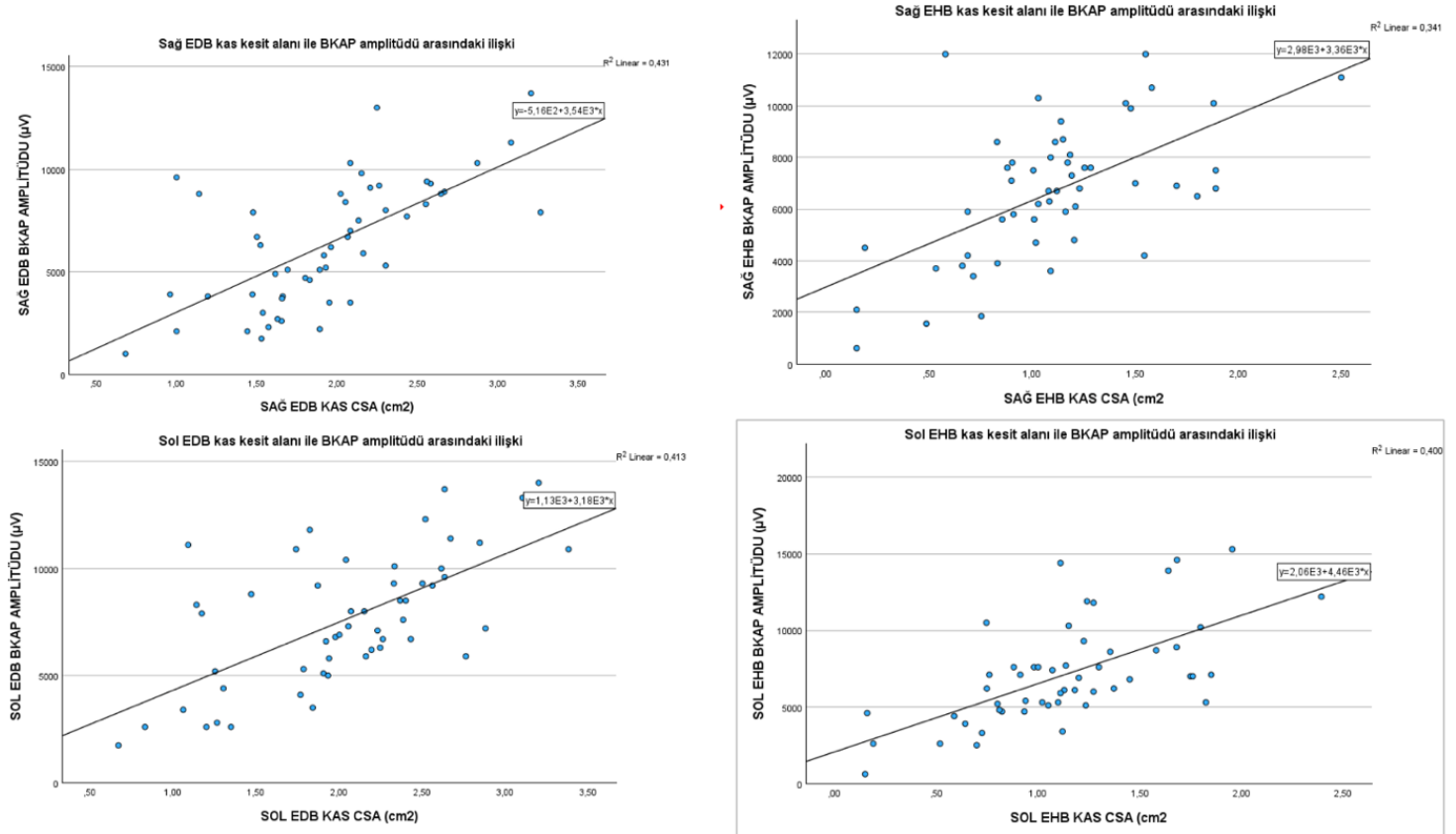
istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptandı (tüm karşılaştırmalar için $p<0,001$). Sağ EDB kasında korelasyon katsayısı $r=0,656$, sol EDB'de $r=0,642$, sağ EHB'de $r=0,584$ ve sol EHB'de $r=0,632$ olarak bulundu (Şekil 25, Tablo 17).

Yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi ayrı ayrı ve birlikte kontrol edilerek yapılan kısmi korelasyon analizlerinde de bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığını koruduğu ve korelasyon katsayılarında belirgin bir değişiklik olmadığı görüldü (tüm karşılaştırmalar için $p<0,001$) (Tablo 17).

Tablo 17. KA ile BKAP Amplitüdü Arasındaki Korelasyon Analizi

Kas	Taraf	Pearson r	p değeri	Kısmi r*	p*
EDB	Sağ	0,656	<0,001	0,641	<0,001
EDB	Sol	0,642	<0,001	0,628	<0,001
EHB	Sağ	0,584	<0,001	0,571	<0,001
EHB	Sol	0,632	<0,001	0,619	<0,001

EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis. * Kısmi korelasyon: Yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi kontrol edilerek hesaplanmıştır.



Şekil 25. EDB ve EHB kaslarında kesit alanı ile BKAP amplitüdü arasındaki ilişki

4.5. Yaşam Tarzı Faktörlerinin Etkisi

4.5.1. Tek Değişkenli Analizler

Sportif aktivite, topuklu ayakkabı giyme, sıkı ayakkabı giyme, ayak üzerine oturma ve namaz kılma değişkenlerine göre sağ ve sol EDB ile EHB kaslarının BKAP amplitüdlere bağımsız örneklem t-testi ile karşılaştırıldı.

Sportif aktivite yapan ve yapmayan bireyler arasında sağ ve sol EDB ile EHB kaslarına ait BKAP amplitüdü açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$). Etki büyüklükleri çok küçük düzeydeydi (Tablo 18).

Tablo 18. Sportif Aktiviteye Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdlere

Parametre	Sportif Aktivite	N	Ortalama $\pm$ SS	p
Sağ EDB BKAP (μV)	Hayır	45	6347,6 $\pm$ 2947,6	0,886
	Evet	7	6528,6 $\pm$ 3914,4	
Sağ EHB BKAP (μV)	Hayır	45	6653,6 $\pm$ 2446,8	0,881
	Evet	7	6815,7 $\pm$ 3817,2	
Sol EDB BKAP (μV)	Hayır	45	7617,8 $\pm$ 2935,7	0,918
	Evet	7	7748,6 $\pm$ 4112,1	
Sol EHB BKAP (μV)	Hayır	45	7280,0 $\pm$ 3201,3	0,385
	Evet	7	6115,7 $\pm$ 3739,4	

EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; BKAP: bileşik kas aksiyon potansiyeli; N: kişi sayısı; μV : mikrovolt; SS: standart sapma.

Topuklu ayakkabı giyen katılımcı sayısı 5 idi. Sağ ve sol EDB ile EHB kaslarına ait BKAP amplitüdlere açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (tüm karşılaştırmalar için $p>0,05$) (Tablo 19).

Tablo 19. Topuklu Ayakkabı Giyme Durumuna Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdlere

Parametre	Topuklu Ayakkabı	N	Ortalama $\pm$ SS	P değeri
Sağ EDB BKAP (μV)	Hayır	47	6439,2 $\pm$ 3196,3	0,631
	Evet	5	5740,0 $\pm$ 750,3	
Sağ EHB BKAP (μV)	Hayır	47	6696,2 $\pm$ 2591,6	0,863
	Evet	5	6480,0 $\pm$ 3233,7	
Sol EDB BKAP (μV)	Hayır	47	7707,2 $\pm$ 3053,4	0,610
	Evet	5	6960,0 $\pm$ 3513,3	
Sol EHB BKAP (μV)	Hayır	47	7215,1 $\pm$ 3346,9	0,539
	Evet	5	6260,0 $\pm$ 2429,6	

EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; BKAP: bileşik kas aksiyon potansiyeli; μV : mikrovolt; N: Kişi sayısı; SS: Standart Sapma

Sağ ve sol EDB ile EHB kaslarına ait BKAP amplitüdlere sıkı ayakkabı giyinen katılımcılarda daha düşük bulundu. Sağ EDB, sağ EHB ve sol EHB kaslarında bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0,05$). Sol EDB kasında fark istatistiksel sınırda olup ($p=0,057$), etki büyüklüğü orta düzeydeydi (Cohen's $d=0,494$) (Tablo 20).

Tablo 20. Sıkı Ayakkabı Giyme Durumuna Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdlere

Parametre	Sıkı Ayakkabı	N	Ortalama $\pm$ SS (μV)	p
Sağ EDB BKAP	Hayır	30	7246,7 $\pm$ 3159,7	0,012

Parametre	Sıkı Ayakkabı	N	Ortalama $\pm$ SS (μ V)	p
Sağ EHB BKAP	Evet	22	6059,1 $\pm$ 2918,2	0,005
	Hayır	30	7483,3 $\pm$ 2035,4	
Sol EDB BKAP	Evet	22	5469,1 $\pm$ 2959,9	0,057
	Hayır	30	8013,3 $\pm$ 2473,7	
Sol EHB BKAP	Evet	22	6494,6 $\pm$ 3748,4	0,018
	Hayır	30	7983,3 $\pm$ 2839,9	
	Evet	22	5836,8 $\pm$ 3504,5	

EDB: Ekstansör dijitorumbrevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; BKAP: bileşik kas aksiyon potansiyeli; μ V: mikrovolt; N: Kişi sayısı; SS: Standart Sapma

Ayak üzerine oturan bireylerde sağ EDB BKAP amplitüdü anlamlı olarak daha düşük bulundu ($p=0,012$). Sol EDB BKAP açısından fark istatistiksel olarak sınırda çıktı ($p=0,057$). Sağ EHB BKAP ve sol EHB BKAP değerlerinde ayak üzerine oturan grup ile oturmayan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$) (Tablo 21).

Tablo 21. Ayak Üzerine Oturma Alışkanlığına Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdləri

Parametre	Ayak Üzerine Oturma	N	Ort. $\pm$ SS (μ V)	p
Sağ EDB BKAP	Hayır	30	7646,7 $\pm$ 2874,7	0,012
	Evet	22	5513,6 $\pm$ 2998,9	
Sağ EHB BKAP	Hayır	30	7203,3 $\pm$ 2356,6	0,068
	Evet	22	5850,9 $\pm$ 2856,5	
Sol EDB BKAP	Hayır	30	8076,7 $\pm$ 2636,0	0,057
	Evet	22	6408,2 $\pm$ 3551,9	
Sol EHB BKAP	Hayır	30	7786,7 $\pm$ 3162,6	0,068
	Evet	22	6105,0 $\pm$ 3268,3	

EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; BKAP: bileşik kas aksiyon potansiyeli; μV : mikrovolt; N: Kişi sayısı; Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma

Namaz kılan katılımcılarda sağ EDB BKAP amplitüdü anlamlı olarak daha düşük bulundu ($p < 0,05$). Sol EDB BKAP, sağ EHB BKAP ve sol EHB BKAP değerleri namaz kılan grup ile kılmayan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermedi ($p > 0,05$) (Tablo 22).

Tablo 22. Namaz Kılma Alışkanlığına Göre EDB ve EHB BKAP Amplitüdüleri

Parametre	Namaz Kılma	N	Ort. $\pm$ SS (μV)	p değeri
Sağ EDB BKAP	Hayır	28	7860,7 $\pm$ 2758,3	0,015
	Evet	24	5441,7 $\pm$ 2987,1	
Sağ EHB BKAP	Hayır	28	6878,9 $\pm$ 2751,4	0,470
	Evet	24	6342,1 $\pm$ 2532,3	
Sol EDB BKAP	Hayır	28	7962,1 $\pm$ 3115,8	0,144
	Evet	24	6680,8 $\pm$ 3081,8	
Sol EHB BKAP	Hayır	28	7600,4 $\pm$ 3663,2	0,216
	Evet	24	6462,5 $\pm$ 2728,4	

EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; BKAP: bileşik kas aksiyon potansiyeli; μV : mikrovolt; N: Kişi sayısı; Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma

Benjamini–Hochberg FDR düzeltmesi sonrası, sıkı ayakkabı kullanımının sağ EDB, sağ EHB ve sol EHB kaslarında BKAP amplitüdünde anlamlı azalma ile ilişkili olduğu doğrulanmıştır. Ayak üzerine oturma sağ EDB kası üzerinde anlamlı etkisi bulundu. Namaz kılma alışkanlığın ise sağ EDB kası üzerinde anlamlı etkisi kayboldu.

EDB kasının seçici etkilenimini değerlendirmek amacıyla hesaplanan EDB/EHB BKAP oranının yaşam tarzı faktörleriyle ilişkisi incelendi. Ayak üzerine

outran bireylerde baskın tarafta EDB/EHB oranının, oturmayanlara kıyasla anlamlı olarak daha düşük bulundu ($p=0,045$; Cohen's $d=-0,07$). Namaz kılma ve sıkı ayakkabı giyme ile EDB/EHB oranı arasında istatistiksel olarak anlamlılık saptanmadı ($p > 0,05$) (Tablo 23).

Tablo 23. Baskın Tarafta EDB/EHB BKAP Oranının Yaşam Tarzı Faktörlerine Göre Karşılaştırılması

Değişken	Grup	N	Oran (Ort $\pm$ SS)	p	Cohen's d
Namaz kılma	Hayır	28	1,40 $\pm$ 1,19	0,075	0,63
	Evet	24	0,82 $\pm$ 0,35		
Ayak üzerine oturma	Hayır	30	1,13 $\pm$ 0,70	0,045	-0,07
	Evet	22	1,14 $\pm$ 1,23		
Sıkı ayakkabı giyme	Hayır	30	0,92 $\pm$ 0,38	0,063	-0,53
	Evet	22	1,42 $\pm$ 1,36		

N: Kişi sayısı; Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma

4.5.2. Çok Değişkenli Analizler

Çok değişkenli modellerde yaş ve cinsiyet literatürde periferik sinir iletim parametrelerini etkileyebilecek temel karıştırıcılar olarak kabul edildiğinden modele dahil edildi. VKİ hem literatürde karıştırıcı olarak yer almaması hem de tek değişkenli analizlerde anlamlı bulunmaması üzerine modele dahil edilmedi. Yaşam tarzı değişkenleri (namaz kılma, ayak üzerine oturma, sıkı ayakkabı giyme, sportif aktivite, topuklu ayakkabı) ise tek değişkenli analizlerde BKAP amplitüdü ile ilişkisi gözlenen

($p<0,10$) veya biyolojik olarak olası etkisi bulunan değişkenler olarak değerlendirilerek modele dahil edildi.

Sağ EDB BKAP amplitüdünü etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde model istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0,001$) ve BKAP amplitüdündeki varyansın yaklaşık %30,8'ini açıklamaktadır ($R^2=0,308$; düzeltilmiş $R^2=0,250$). Modelde yaş değişkeni BKAP amplitüdü ile güçlü ve bağımsız negatif ilişki gösterdi ($\beta=-0,394$; $p=0,002$). Yaş arttıkça BKAP amplitüdünün anlamlı şekilde azaldığı izlendi. Ayak üzerine oturma ($\beta=-0,280$; $p=0,033$) ve sıkı ayakkabı giyme ($\beta=-0,291$; $p=0,024$) değişkenleri de bağımsız ve negatif belirleyiciler olarak saptandı. Namaz kılma alışkanlığı ve cinsiyet ile BKAP arasındaki ilişki bu modelde anlamlı bulunmadı (Tablo 24).

Tablo 24. Sağ EDB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Değişken	β	B	p
Yaş (yıl)	-0,394	-82,282	0,002
Cinsiyet	0,124	+759	0,281
Ayak üzerine oturma	-0,280	-1734,003	0,033
Namaz kılma	-0,184	-1126,702	0,171
Sıkı Ayakkabı	-0,291	-1799	0,024

B: regresyon katsayısı; β : standartlaştırılmış katsayı; p: anlamlılık düzeyi

Sağ EHB BKAP amplitüdünü etkileyen bağımsız faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde model istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$) ve BKAP amplitüdündeki varyansın %29,1'ini açıklamaktadır

($R^2=0,291$; düzeltilmiş $R^2=0,231$). Modelde yaş ($\beta=-0,280$; $p=0,038$) ve cinsiyet ($\beta=0,264$; $p=0,037$) bağımsız belirleyiciler olarak saptandı. Sıkı ayakkabı giyme değişkeni ise en güçlü bağımsız belirleyici olarak ortaya çıktı ($\beta=-0,427$; $p=0,001$) (Tablo 25).

Tablo 25. Sağ EHB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Değişken	B	β	p
Yaş (yıl)	-50,065	-0,280	0,038
Cinsiyet	1379,872	0,264	0,037
Sıkı ayakkabı giyme	-2262,039	-0,427	0,001

B: regresyon katsayısı; β : standartlaştırılmış katsayı; p: anlamlılık düzeyi

Sol EDB BKAP amplitüdünü etkileyen bağımsız faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde model istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,001$) ve BKAP amplitüdündeki varyansın %39,8'ini açıklamaktadır ($R^2=0,398$; düzeltilmiş $R^2=0,347$). Modelde yaş ($\beta=-0,447$; $p<0,001$), cinsiyet ($\beta=0,373$; $p=0,002$) ve sıkı ayakkabı giyme ($\beta=-0,294$; $p=0,015$) bağımsız belirleyiciler olarak saptandı (Tablo 26).

Tablo 26. Sol EDB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Değişken	B	β	p
Yaş (yıl)	-94,834	-0,447	<0,001
Cinsiyet	2316,180	0,373	0,002
Sıkı ayakkabı giyme	-1851,116	-0,294	0,015

B: regresyon katsayısı; β : standartlaştırılmış katsayı; p: anlamlılık düzeyi

Sol EHB BKAP amplitüdünü etkileyen bağımsız faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde model istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$) ve BKAP amplitüdündeki varyansın %28,1'ini açıklamaktadır ($R^2=0,281$; düzeltilmiş $R^2=0,220$). Modelde yaş ($\beta=-0,333$; $p=0,015$), cinsiyet ($\beta=0,264$; $p=0,039$) ve sıkı ayakkabı giyme ($\beta=-0,371$; $p=0,005$) bağımsız belirleyiciler olarak saptandı (Tablo 27).

Tablo 27. Sol EHB BKAP Amplitüdü için Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Değişken	B	β	p
Yaş	-74,030	-0,333	0,015
Cinsiyet	1717,230	0,264	0,039
Sıkı ayakkabı	-2442,483	-0,371	0,005

B: regresyon katsayısı; β : standartlaştırılmış katsayı; p: anlamlılık düzeyi

Tüm modeller birlikte değerlendirildiğinde, sağ EDB kasında yaş, ayak üzerine oturma ve sıkı ayakkabı giyme bağımsız belirleyiciler olarak saptanırken; sağ ve sol EHB ile sol EDB kaslarında yaş ve sıkı ayakkabı kullanımı öne çıkan bağımsız faktörler olarak bulundu.

4.5.3. Baskın Taraf Analizleri

Baskın ve baskın olmayan taraf BKAP amplitüdləri karşılaştırıldığında, EDB kasında baskın olmayan taraf amplitüdü ($7387,3 \pm 3228,8 \mu V$), baskın tarafa ($6620,0 \pm 2969,4 \mu V$) göre daha yüksek olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı değildi

(eşleştirilmiş t-testi, $p>0,05$; Cohen's $d=0,26$). EHB kasında ise baskın taraf ($6832,1 \pm 2555,7 \mu V$) ve baskın olmayan taraf ($6966,5 \pm 3330,4 \mu V$) arasında anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$; Cohen's $d=0,05$) (Tablo 28).

Tablo 28. Baskın ve baskın olmayan tarafları BKAP amplitüdlerinin karşılaştırılması

Kas	Baskın Taraf (Ort $\pm$ SS) μV	Baskın olmayan taraf (Ort $\pm$ SS) μV	p	Cohen's d
EDB	6620,0 $\pm$ 2969,4	7387,3 $\pm$ 3228,8	0,065	0,26
EHB	6832,1 $\pm$ 2555,7	6966,5 $\pm$ 3330,4	0,695	0,05

Ort: Ortalama; SS: Standart sapma; EDB: Ekstansör dijitorum brevis; EHB: Ekstansör hallusis brevis; μV : mikrovolt

4.5.4. EDB Atrofisi Risk Faktörleri

Sağ ve sol EDB atrofisi olanlar ile BKAP ile anlamlılık tespit edilen yaşam tarzı faktörleri arasındaki ilişki Fisher Exact test ile değerlendirildi.

Yaş ve ayak üzerine oturma alışkanlığı her iki taraf EDB atrofisi ile ilişkili bulunurken, sıkı ayakkabı kullanımı yalnızca sol tarafta anlamlılık göstermiştir. Buna karşılık namaz kılma alışkanlığı her iki taraf için de anlamlı bir ilişki ortaya koymamıştır (Tablo 29).

Tablo 29. Sağ ve Sol EDB Atrofisi ile Yaşam Tarzı Faktörleri Arasındaki İlişki

Değişken	Sağ Atrofi p	Sol Atrofi p
Yaş	0,035	0,009
Namaz kılma	0,067	0,531
Ayak üzerine oturma	0,001	0,015
Sıkı ayakkabı	0,548	0,001

5. TARTIŞMA

Peroneal sinir motor iletim çalışmaları, periferik nöropatilerin tanı ve takibinde yaygın olarak kullanılan elektrofizyolojik incelemelerdir. Standart kayıt noktası olan EDB kasının çeşitli nedenlerle değerlendirilemediği klinik durumlar, alternatif kayıt stratejilerine duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, EHB kasının alternatif kayıt noktası olarak kullanılabilirliği elektrofizyolojik ve ultrasonografik parametreler ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, anatomik varyasyonlar ve yaşam tarzı faktörlerinin etkileri çoklu karşılaştırmalar için düzeltme yöntemleri uygulanarak araştırılmıştır. EDB ve EHB kası kayıtlı peroneal sinir motor iletim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Ekstansör dijitorum brevis kasının alternatif kayıt noktası olarak değerlendirilmesinden önce, çalışmamızda elde edilen EDB bulgularının literatürle uyumu incelenmiştir. Literatürde sağlıklı erişkinlerde EDB için ortalama BKAP amplitüdünün 5000–7000 μ V, distal latansın yaklaşık 4,1 ms ve motor iletim hızının 48–52 m/s aralığında olduğu bildirilmektedir (43). Çalışmamızda elde edilen değerler (BKAP amplitüdü: sağ $6371,9 \pm 3049,9 \mu$ V, sol $7635,4 \pm 3070,3 \mu$ V; distal latans: sağ $3,99 \pm 0,56$ ms, sol $4,03 \pm 0,54$ ms; iletim hızı: sağ $49,68 \pm 5,19$ m/s, sol $51,02 \pm 5,56$ m/s) literatürle uyumlu bulunmuştur. Ayrıca sağ ve sol taraf arasında BKAP amplitüdü ve iletim parametreleri açısından anlamlı fark saptanmamış olması, ölçümlerin iç

tutarlılığını desteklemektedir. Bu bulgular, kullanılan elektrofizyolojik yöntemin güvenilirliğini desteklemektedir.

Ekstansör dijitorum brevis kası ile elde edilen parametrelerin literatürle uyumlu olduğunun gösterilmesinin ardından, iki kasın elektrofizyolojik parametreleri doğrudan karşılaştırılmıştır. EDB ve EHB kaslarına ait BKAP amplitüdlere karşılaştırıldığında, sağ ve sol tarafta kaslar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olmakla birlikte (sağ: $p=0,452$; sol: $p=0,218$), bu durum mutlak eşdeğerlik anlamına gelmemektedir. Buna karşın her iki tarafta istatistiksel olarak anlamlı ve orta düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur (sağ: $r=0,489$; sol: $r=0,564$; $p<0,001$). Farklı periferik sinirlerde yapılan çalışmalarda da klasik kayıt kasına alternatif kasların benzer büyüklükte amplitüdlere ve korelasyon paternleri ile karşılaştırılabilir elektrofizyolojik bilgi sağlayabildiği gösterilmiştir (44). Benzer şekilde 2011 yılında yapılan bir çalışmada, FDI ve ADM kaslarından elde edilen normatif elektrofizyolojik değerler arasında anlamlı fark saptanmamış ve FDI'nin alternatif kayıt noktası olarak güvenle kullanılabileceği gösterilmiştir (42). Çalışmamızda EDB-EHB arasında saptanan anlamlı korelasyon ve amplitüd benzerliği, iki kasın distal peroneal sinirin motor fonksiyonu benzer biçimde yansıttığını göstermektedir.

Elde edilen amplitüd ve korelasyon bulgularıyla uyumlu olarak, çalışmamızda segmental motor iletim hızları incelendiğinde de EDB ve EHB arasında her iki tarafta ve her iki segmentte istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmemiştir (tüm karşılaştırmalar için $p>0,05$). Bilek-fibula başı segmentinde hız değerleri 49–51 m/s

aralığında, fibula başı–popliteal fossa segmentinde ise 49–50 m/s düzeyinde saptanmıştır. EDB ve EHB motor iletim hızları arasında orta ile çok güçlü düzey arasında değişen pozitif korelasyon bulunması ($r=0,478-0,881$; $p<0,001$), iletim hızının hedef kas değişse dahi sinir segmentine özgü olarak tutarlı kaldığını düşündürmektedir. Bununla birlikte, iletim hızının sinir segmentine özgü bir parametre olması nedeniyle, kaslar arası yüksek korelasyonun beklenen bir bulgu olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Beekman ve ark., ADM ve FDI kayıtları arasında motor iletim hızının tanısal duyarlılık açısından anlamlı farklılık göstermediğini bildirmiştir (44). Elektrofizyolojik açıdan motor iletim hızının esas olarak miyelin bütünlüğü ve aksonal özelliklerle ilişkili olduğu; miyelin kalınlığı ve akson çapının iletim hızının temel belirleyicileri olduğu deneysel çalışmalarda gösterilmiştir (45). Klinik uygulamada da iletim hızının sinir segmentinin fizyolojik özelliklerini yansıttığı ve kayıt alınan hedef kas değişse dahi aynı segment boyunca ölçülen hızın benzer kalmasının beklendiği vurgulanmaktadır (46).

Çalışmamızda incelenen diğer elektrofizyolojik parametrelerden distal motor latans değerleri EDB kasında EHB'ye göre anlamlı olarak daha uzun saptandı ($p<0,001$). Etki büyüklüklerinin yüksek olması, bu farklılığın klinik açıdan da anlamlı olduğunu göstermiştir. İki kas arasında bu parametre açısından pozitif korelasyon gözlenmiştir. Bununla birlikte segmental motor iletim hızlarının iki kas arasında benzer bulunması, gözlenen latans farkının sinir iletim yavaşlamasından değil, distal terminal

segment uzunluğu ve uyarım–motor nokta arasındaki anatomik mesafeden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Distal motor latans, nöromüsküler kavşak ve ilk kas yanıtına kadar geçen süreye ek olarak distal sinir segmentteki iletim süresini içeren bir parametredir (46). Dolayısıyla distal latans uyarım noktası ile hedef kas arasındaki anatomik mesafeyi de yansıtabilir. Derin peroneal sinirin distal dallanma paterni bireyler arasında değışkenlik gösterebilmekte olup, EHB kasını innerve eden motor dalın ayırım seviyesinin EDB’ye kıyasla daha proksimalde olduğu literatürde gösterilmiştir (17). Aynı zamanda iletim çalışmasında uyarım noktası ile kayıt elektrodu arasındaki mesafenin daha kısa olması distal motor latansın daha kısa ölçülmesine katkıda bulunmuş olabilir. Bu bağlamda çalışmamızda EHB için saptanan daha kısa distal latans, patolojik bir yavaşlamadan ziyade anatomik ve elektrofizyolojik ölçüm mesafesiyle uyumlu, beklenen fizyolojik bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Elektrofizyolojik parametrelerin yanı sıra kasların yapısal özelliklerinin ultrasonografik olarak değerlendirilmesi, yapısal-fonksiyonel ilişkinin anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Çalışmamızda EDB kas kesitsel alanı (KA) değeri sağ tarafta $1,94 \pm 0,56 \text{ cm}^2$, sol tarafta $2,04 \pm 0,62 \text{ cm}^2$ olarak saptanırken; EHB kas KA değeri sağda $1,10 \pm 0,46 \text{ cm}^2$, solda $1,13 \pm 0,46 \text{ cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Her iki kas için sağ ve sol taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamakla birlikte, sağ ve sol ölçümler arasında güçlü (EDB: $r=0,672$) ve çok güçlü (EHB: $r=0,890$) düzeyde pozitif

korelasyon izlenmiştir ($p<0,001$). Bu bulgu, her iki kas için ultrasonografik ölçümlerin yüksek düzeyde tutarlılık gösterdiğini desteklemektedir.

Yapısal ve fonksiyonel parametreler arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, çalışmamızda EHB ve EDB kasları için KA ile BKAP amplitüdü arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmuştur ($r=0,584-0,656$; $p<0,001$). KA-BKAP ilişkisinin potansiyel karıştırıcı değişkenlerden bağımsız olup olmadığını değerlendirmek amacıyla kısmi korelasyon analizleri yapılmıştır. Hem EHB hem de EDB kasları için KA ile BKAP amplitüdü arasında yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi (VKİ) ayrı ayrı ve birlikte kontrol edilerek yapılan analizlerde korelasyonun istatistiksel anlamlılığını koruduğu ve korelasyon katsayılarında belirgin bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir (tüm karşılaştırmalar için $p<0,001$). Bu bulgu, KA-BKAP ilişkisinin olası karıştırıcı değişkenlerden bağımsız olduğunu düşündürmektedir.

Daha geniş kesitsel alana sahip kaslarda daha yüksek BKAP amplitüdü elde edilmesi, motor ünite sayısı ve kas lif kütlesi ile elektrofizyolojik yanıt büyüklüğü arasındaki fizyolojik ilişkiyle uyumludur. BKAP amplitüdünün esas olarak aktive olan motor ünite sayısı ve kas liflerinin toplam elektriksel aktivitesini yansıttığı göz önüne alındığında, KA ile amplitüd arasındaki bu pozitif ilişki beklenen bir bulgudur. Kas kesitsel alanının fonksiyonel çıktılarla ilişkili olduğu literatürde de bildirilmiş olup, kas ultrason ölçümleri ile kas gücü ve fonksiyonel performans arasında anlamlı korelasyonlar gösterilmiştir (47, 48).

Elektrofizyolojik olarak motor iletim hızının sinir segmentine özgü bir parametre olduğu; BKAP amplitüdünün ise kas kitlesi ve aktif motor ünite sayısını daha yakından yansıttığı bilinmektedir. Çalışmamızda EDB ve EHB kasları arasında BKAP amplitüdlerinin benzer bulunması, her iki kasın distal peroneal sinirin fonksiyonel kapasitesini karşılaştırılabilir düzeyde yansıttığını düşündürmektedir. Ayrıca segmental motor iletim hızlarının iki kas arasında farklılık göstermemesi ve parametreler arasında saptanan pozitif korelasyonlar, distal peroneal sinir iletim özelliklerinin hedef kas değişse dahi tutarlı biçimde değerlendirilebildiğini desteklemektedir. Bununla birlikte her iki kasta kas kesitsel alanı ile BKAP amplitüdü arasında pozitif korelasyon saptanması, bu benzerliğin yalnızca elektrofizyolojik değil, aynı zamanda yapısal temellerle de desteklendiğini göstermektedir. Bu bulgular, EHB'nin distal peroneal sinir değerlendirmesinde güvenilir bir alternatif kayıt noktası olduğunu ortaya koymaktadır.

Ekstansör hallusis brevis kasının motor noktasının anatomik lokalizasyonu, kayıtların standardizasyonu açısından önemli bir parametredir. Çalışmamızda olguların %91,3'ünde motor noktanın, lateral malleol ile birinci proksimal falanks bazisi arasındaki mesafenin orta üçte birlik bölümünde yer aldığı saptanmıştır. Bu yüksek tutarlılık, klinik pratikte kolay uygulanabilir bir anatomik referansın kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca orta segmentte aktif kontraksiyonun palpe edilebildiği bölgenin elektrot yerleşimi için daha standart ve tekrarlanabilir bir hedef alan oluşturduğu görülmüştür.

Çalışmamızda anatomik varyasyonların elektrofizyolojik yoruma etkisi de değerlendirilmiştir. Literatürde aksesuar derin peroneal sinir (ADPN), klasik olarak EDB kasının kısmi veya tam innervasyonuna katkı sağlayan bir yapı olarak tanımlanmıştır. Elektrofizyolojik olarak diz ve ayak bileği seviyesindeki uyarımlar arasındaki amplitüd farklılıkları ya da lateral malleol posteriorundan elde edilen ek BKAP yanıtı ile gösterilmiş olup, EDB kaydı ile bildirilen prevalansı %12-19 aralığında, bu olguların bazılarında bilateral olduğu bildirilmiştir (25, 29).

Çalışmamızda ADPN prevalansı %21,2 (%95 GA: %11,8–%33,6) olarak saptanmış; 4 olguda bilateral bulunmuştur (%7,7; %95 GA: %2,7–%17,3). Saptanan tüm ADPN olgularında parsiyel innervasyon paterni gözlenmiş, tam innervasyon (yalnızca aksesuar sinirden yanıt) saptanmamıştır. Prevalansın literatürün üst sınırına yakın bulunması, çalışmamızda parsiyel innervasyonların da sistematik olarak değerlendirilmesine bağlanabilir. Tam innervasyonun prevalansı oldukça düşüktür; Murad ve arkadaşlarının tüm çalışmaları derleyerek yaptığı hesaplamada %0.49 (49, 50), Neundorfer ve arkadaşlarının popülasyon çalışmasında ise %1.9 olarak bildirilmiştir (51). Çalışmamızda tam innervasyonlu vakaların saptanmaması, bu varyasyonun düşük prevalansı ile uyumludur.

Mevcut literatürde ADPN'nin EHB kası innervasyonuna katkısına ilişkin elektrofizyolojik veri bulunmamaktadır. Çalışmamızda ADPN saptanan olguların %36,4'ünde (4/11; %95 GA: %10,9–%69,2) EHB kasında aksesuar sinir kaynaklı

BKAP yanıtı elde edilmiştir. Bu bulgu, ADPN'nin yalnızca EDB'ye değil, EHB kasına da katkı sağlayabileceğini elektrofizyolojik olarak gösteren ilk bulgulardan biri olup, distal peroneal sinirin innervasyon paterninin klasik tanımlardan daha değişken olabileceğini düşündürmektedir. Aksesuar sinirin distal dallanma paternlerindeki bireysel varyasyonlar ve uygulanan uyarımın tüm aksesuar lifleri aktive edememesi, her olguda EHB'den aksesuar yanıt elde edilememesini açıklayabilir. Bununla birlikte, güven aralığının geniş olması, özellikle ADPN saptanan olgu sayısının sınırlı olmasına bağlı olarak bu oranın kesin prevalansı yansıtmama gücünün sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle elde edilen bulgu, prevalans tahmininden ziyade ADPN'nin EHB kasını da innerve edebileceğinin klinik ve elektrofizyolojik değerlendirmelerde göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Aksesuar derin peroneal sinir varlığı, standart protokolle yapılan peroneal motor iletim çalışmalarında BKAP amplitüdünün beklenenden düşük bulunması veya taraflar arası belirgin asimetri saptanması gibi durumlarda “aksonal kayıp” ya da “distal lezyon” şeklinde yanlış yorumlanma riskini artırabilir. Standart uyarım, aksesuar sinir yolu üzerinden hedef kasa ulaşan motor lifleri yeterince aktive edemeyebilir; bu durum ölçülen BKAP amplitüdünün gerçek motor ünite rezervini tam olarak yansıtmamasına neden olabilir. Bu nedenle klinik uygulamada, özellikle bilek seviyesinde fibula başına kıyasla daha düşük BKAP amplitüdü veya belirgin asimetri saptandığında ADPN varlığı akılda tutulmalı; değerlendirme ek uyarım noktaları, alternatif kayıt kasları ve ultrasonografik bulgular ile birlikte yapılmalıdır.

Çalışmamızda EHB kası için oluşturulan normatif amplitüd değerleri, distal latans ve motor iletim hızları, distal peroneal sinirin değerlendirilmesinde referans aralık sağlayabilecek niteliktedir. Bu veriler baskın ayak tercihi üzerinden oluşturulmuş olup, literatürde EHB kası için bildirilen ilk normatif elektrofizyolojik veri setlerinden birini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, örneklem büyüklüğünün sınırlı olması, elde edilen referans aralıkların genellenebilirliğini ve kesin sınır değerlerin belirlenmesini kısıtlayabilir.

Ekstansör dijitorum brevis kası kayıtlı EMG incelemesinde yanıtların düşük olduğu bazı klinik durumlarda bu verilerin değerlendirmeyi destekleyebileceği düşünülmekle birlikte, çalışmanın tek merkez ve tek cihaz protokolü ile yürütülmüş olması, sonuçların farklı cihazlar ve laboratuvarlara genellenebilirliğini sınırlayabilir. Bu nedenle klinik uygulamada tek bir eşik değere dayanarak yorum yapmak yerine, referans aralıkların hastanın klinik bulguları, karşı taraf ölçümleri ve diğer elektrofizyolojik parametrelerle birlikte bütüncül olarak değerlendirilmesi daha uygun olacaktır.

Çalışmamızda elde edilen kas kesitsel alanı (KA) ölçümlerinde baskın ayak dikkate alınarak EDB ve EHB kasları için normatif alt sınırlar tanımlanmıştır. Ortalama - 2 standart sapma (SS) yaklaşımıyla belirlenen bu alt sınırlar (EDB KA $\geq 0,90$ cm²; EHB KA $\geq 0,20$ cm²), beklenenin altında kas kütesinin saptanmasında pratik bir referans çerçevesi sunabilir. Bununla birlikte, örneklem büyüklüğünün sınırlı olması

bu eşik değerlerin genellenebilirliğini kısıtlayabileceğinden, daha geniş popülasyonlarda doğrulanması gerekmektedir. Klinik uygulamada bu tür eşik değerler, özellikle atrofi şüphesi olan olgularda ultrasonografik bulguların standartlaştırılmasına katkı sağlayabilir ve elektrofizyolojik verilerle birlikte bütüncül değerlendirmeyi kolaylaştırabilir.

Alt ekstremitelerde fonksiyonel yanıtların taraf baskınlığı ile ilişkisi de incelenmiştir. Çalışmamızda baskın ve baskın olmayan alt ekstremiteler arasında BKAP amplitüdü karşılaştırıldığında hem EDB hem de EHB kasları için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. EDB kasında baskın olmayan taraf amplitüdü baskın tarafa kıyasla daha yüksek olmakla birlikte bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ve etki büyüklüğü küçük düzeydedir (Cohen's $d=0,26$). EHB kasında ise fark hem istatistiksel hem de etki büyüklüğü açısından ihmal edilebilir düzeydedir (Cohen's $d=0,05$). Bu bulgular, distal peroneal motor yanıtın taraf baskınlığından büyük ölçüde bağımsız olduğunu düşündürmektedir.

Örnekleminizin büyük çoğunluğu (%84,6) sağ ayak baskın olduğundan, eğer baskınlık BKAP amplitüdünü belirgin şekilde etkileseydi, baskın ve baskın olmayan taraf karşılaştırmasında anlamlı fark saptanması beklenirdi. Ancak bu karşılaştırmada fark izlenmemesi, daha önce bildirilen sağ-sol asimetrisinin (sol EDB > sağ EDB) biyolojik baskınlıktan ziyade çevresel veya mekanik faktörlerden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Alt ekstremitelerin günlük yaşamda yük taşıma ve postüral stabilite fonksiyonlarını eş zamanlı yürütmesi, üst ekstremiteye kıyasla daha az belirgin lateralizasyon göstermesi ile açıklanabilir. Literatürde de ekstremit baskınlığının motor sinir iletim parametreleri üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu bildirilmiştir. Bhorania ve arkadaşlarının da sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmada baskın ve baskın olmayan ekstremiteler arasında motor sinir iletim hızı ve amplitüd açısından anlamlı fark saptamadıkları görülmüştür (52). Benzer şekilde, Kashif ve arkadaşlarının peroneal ve median sinirleri değerlendirdikleri çalışmada baskınlık ile motor iletim parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gösterilememiştir (53). Bu veriler, çalışmamızda baskın taraf ile BKAP amplitüdü arasında ilişki saptanmaması bulgusunu desteklemektedir.

Taraf baskınlığının elektrofizyolojik parametreler üzerinde belirgin bir etkisinin bulunmaması ve gözlenen varyasyonların açıklanması açısından demografik değişkenlerin etkinliği incelenmiştir.

Yaş faktörü değerlendirildiğinde, literatürde yaşı hem elektrofizyolojik parametreler hem de kas morfolojisi üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir. Elektrofizyolojik parametreler açısından ise Stetson ve ark. motor ve duysal iletim çalışmalarında yaşı özellikle amplitüd değerleri üzerinde anlamlı etkisi olduğunu ve yaş ilerledikçe amplitüdlere azalma eğiliminde olduğunu bildirmiştir (54). 2023 yılında Shelly ve arkadaşlarının yaptığı geniş popülasyonlu bir çalışmada ise motor

sinir amplitüdleri üzerinde yaşı etkisinin duysal parametrelere kıyasla daha az belirgin olduğu ve sinirler arasında heterojenlik gösterdiği bildirilmiş, BKAP amplitüdlere yaşla beraber azalmasına rağmen korelasyon katsayılarının düşük olduğu ifade edilmiştir (55).

Çalışmamızda EDB kasında yaş ile BKAP amplitüdü arasında negatif yönde zayıf ila orta düzey arasında değişen anlamlı korelasyon saptanması ($r \approx -0,30$ ila $-0,42$) bu bulgularla paralellik göstermekte ve literatürde bildirilen aralık içinde yer almaktadır. Buna karşın EHB kasında yaş ile BKAP amplitüdü arasında tek değişkenli analizlerde anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Bu durum, literatürde motor sinir parametrelerinin yaşla ilişkisi açısından bildirilen heterojenite ile uyumlu olabilir. Bununla birlikte, çok değişkenli analizlerde yaşı bağımsız bir belirleyici olarak ortaya çıkması, tek değişkenli analizlerde gözlenmeyen ilişkinin cinsiyet ve VKİ gibi potansiyel karıştırıcı değişkenlerin etkisi altında maskelenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgu, elektrofizyolojik parametreler üzerinde demografik değişkenler arasındaki etkileşimin önemini göstermektedir.

Yapısal ve fonksiyonel parametrelerin yaşla ilişkisi açısından değerlendirildiğinde, KA ile yaş arasında ilişki izlenmemiştir. Yagi ve arkadaşlarının yaptığı KA çalışmasında da yaşla birlikte kas kesitsel alanında azalma eğilimi raporlanmış olup yaşı referans değerlerin belirlenmesinde dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (56). Benzer şekilde literatürde ayak intrinsik kaslarında yaşla birlikte

KA'nın azaldığı bildirilmiştir. Mickle ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yaşlı bireylerde (60+ yaş) genç bireylere (18-50 yaş) kıyasla ayak kaslarının kalınlık ve kesitsel alanlarında anlamlı azalma saptanmıştır (57). Çalışmamızda yaşın KA üzerindeki etkisinin saptanamaması, birkaç faktörle açıklanabilir. İlk olarak, KA üzerinde cinsiyetin çok güçlü etkisi (Cohen's $d>1,0$) yaş etkisini maskeleyebilir. İkinci olarak, örneklemimizin yaş aralığı (18-74 yaş, ortalama $38,4\pm13,7$) ve çoğunluğunun orta yaş grubunda yer alması, yaş etkisinin belirginleştiği ileri yaş grubunun (75+ yaş) yetersiz temsil edilmesine yol açmış olabilir. Literatürde de kas morfolojik ölçümlerinde yaş etkisinin 60 yaş üzerinde belirginleştiği ve lineer olmayan bir seyir gösterdiği bildirilmiştir (57, 58). Üçüncü olarak, küçük kaslarda ultrasonografik ölçüm varyasyonunun yüksek olması ve örneklem gücünün sınırlı kalması saptanmasını zorlaştırmış olabilir.

Demografik değişkenlerin etkileri değerlendirildiğinde, BKAP amplitüdü açısından erkeklerde sol EDB ($p=0,010$), sağ EHB ($p=0,025$) ve sol EHB ($p=0,028$) kaslarında kadınlara göre anlamlı derecede daha yüksek değerler saptanmıştır. Ancak sağ EDB kasında cinsiyete bağlı anlamlı bir fark izlenmemiştir ($p>0,05$). Literatürde Shelly ve arkadaşlarının geniş ölçekli çalışmasında, peroneal sinir motor iletim incelemelerinde EDB kaydında erkeklerde daha yüksek BKAP amplitüdlere bildirildiği gösterilmiştir (55). Çalışmamızda sağ EDB'de cinsiyet farkının izlenmemesi, bu kasın yaşam tarzı ve mekanik faktörlere daha duyarlı olması ile açıklanabilir. Nitekim çalışmamızda sıkı ayakkabı kullanımı ve ayak üzerine oturma gibi faktörlerin özellikle

EDB amplitüdü üzerinde bağımsız etkiler gösterdiği saptanmıştır. Bu durum, cinsiyete bağlı fizyolojik farkların çevresel ve davranışsal faktörler tarafından maskelenmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Kas kesitsel alanı açısından değerlendirildiğinde hem EDB hem de EHB kasları için erkeklerde KA değerleri kadınlara göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuş ve etki büyüklükleri büyük–çok büyük düzeyde saptanmıştır (Cohen's $d=1,09-1,45$). Kas morfolojisinin cinsiyete duyarlı olduğu literatürde de iyi bilinmektedir. Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalarda erkeklerde kas kesitsel alanı ve kas kalınlığı değerlerinin sistematik olarak daha yüksek olduğu gösterilmiştir (56, 58).

Van der Broeck ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kas morfolojik ölçümlerinin VKİ ile ilişkisi sınırlı düzeyde bulunmuş ve VKİ'nin kas ölçümleri üzerindeki etkisinin zayıf olduğu belirtilmiştir (58). Benzer şekilde, VKİ ile BKAP amplitüdü arasındaki ilişki literatürde anlamlı bulunmamıştır. Çalışmamızda da VKİ ile KA ve BKAP amplitüdü arasında anlamlı ilişki izlenmemesi bu verilerle uyumludur.

Çalışmamızda distal peroneal motor fonksiyon ile yaşam tarzı faktörleri arasındaki olası ilişkiler hem tek değişkenli analizler hem de çok değişkenli regresyon modelleri ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, çoklu karşılaştırmalara bağlı tip I hata olasılığını kontrol etmek amacıyla tek değişkenli analizlerde elde edilen p değerlerine faktör-bazlı Benjamini–Hochberg False Discovery Rate (FDR) düzeltmesi

uygulanmıştır. Bu yaklaşım, gözlenen ilişkilerin yalnızca yüzeysel istatistiksel birliktelikler mi yoksa potansiyel bağımsız belirleyiciler mi olduğunu ayırt etmek açısından önem taşımaktadır.

Yaş ve cinsiyet literatürde periferik sinir iletim parametrelerini etkileyebilecek temel değişkenler olarak kabul edildiğinden, bu değişkenler modellerde önceden kontrol edilmiştir. Yaşam tarzı faktörleri ise tek değişkenli analizlerde anlamlılık veya biyolojik olasılık temelinde modele dahil edilmiştir. Tek değişkenli analizlerde sportif aktivite ve topuklu ayakkabı kullanımı ile BKAP amplitüdları arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Bununla birlikte, sportif aktivite yapan (n=7) ve topuklu ayakkabı kullanan (n=5) birey sayısının sınırlı olması, istatistiksel gücün düşük kalmasına yol açmış olabilir. Ayrıca sportif aktivite değişkeninin heterojen yapısı (yürüyüş, futbol, pilates gibi farklı yüklenme paternleri) ve tüm aktivitelerin tek bir değişken altında değerlendirilmiş olması, spesifik mekanik etkilerin seyrilmesine neden olmuş olabilir.

Literatürde, özellikle tekrarlayıcı ve yüksek talep gerektiren aktivitelerde, intrinsik ayak kaslarında yapısal adaptasyonlar ve hipertrofi gelişebileceği gösterilmiştir. Nitekim 2014 yılında yayımlanan bir olgu raporunda, uzun süreli ve tekrarlayıcı parmak ekstansiyonu ile ilişkili bir bale dansçısında ekstansör hallusis brevis (EHB) kas kitlesi artışı gösterilmiştir (59). Benzer şekilde, uzun süreli parmak ekstansiyonu gerektiren aktiviteler veya topuklu ayakkabı kullanımı gibi durumlarda intrinsik kaslar üzerinde artmış mekanik yüklenme nedeniyle yapısal ve fonksiyonel etkilenim beklenebilir. Ancak çalışmamızda bu tür etkilerin gösterilememesi, büyük

olasılıkla ilgili alt gruplardaki örneklem büyüklüğünün yetersizliği ve maruziyetin nicel olarak ölçülememiş olması ile açıklanabilir.

Sıkı ayakkabı giyme değişkeninin ise hem EDB hem de EHB kasları için BKAP amplitüdü ile bağımsız ve negatif yönde ilişkili olduğu saptanmıştır. Bu ilişki, yaş ve cinsiyet kontrol edildikten sonra dahi istatistiksel anlamlılığını korumuştur.

Sıkı ayakkabı kullanımının BKAP amplitüdü ile ilişkisi, aynı bireylerde distal motor latans ve segmental iletim hızlarının normal sınırlarda olması ile birlikte değerlendirildiğinde, miyelin bütünlüğünün korunduğunu; buna karşın BKAP amplitüdündeki azalmanın daha çok kas düzeyinde veya motor ünite aktivasyon kapasitesinde değişikliklerle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, sıkı ayakkabı kullanımının öz-bildirim ile değerlendirilmiş olması, olası sınıflandırma hatasına yol açarak ilişkinin büyüklüğünün olduğundan daha düşük görünmesine neden olmuş olabilir.

Ekstansör dijitorum brevis ve EHB kaslarının ayak dorsumunda yüzeysel yerleşimi ve sıkı ayakkabının bu bölgede kronik mekanik basıya yol açabilmesi, gözlenen ilişkiyi açıklayan olası bir mekanizma olarak değerlendirilebilir. Deneysel çalışmalarda mekanik basının kas dokusunda atrofi, fibrozis ve mikrovasküler değişiklikler ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (60). Bu bulgular birlikte ele alındığında, kronik mekanik basının distal ayak kaslarında yapısal ve fonksiyonel düzeyde

subklinik etkiler oluşturabileceği ve bunun BKAP amplitüdünde azalma ile yansıyabileceği düşünülmektedir.

Postüral faktörler değerlendirildiğinde, namaz kılma ve ayak üzerine oturma alışkanlıklarının tek değişkenli analizlerde özellikle sağ EDB kası ile ilişkili olduğu görülmüş; FDR düzeltmesi sonrası ve çok değişkenli analizde yalnızca ayak üzerine oturma değişkeni bağımsız belirleyici olarak anlamlılığını korumuş, namaz kılma ise anlamlılığını kaybetmiştir. Bu durum, namaz kılma ile gözlenen ilişkinin bağımsız bir etkiden ziyade diğer değişkenlerle olan birliktelikten kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Buna karşın, ayak üzerine oturma alışkanlığının bağımsız belirleyici olarak kalması, çalışma popülasyonunun büyük çoğunluğunun (%85) sağ taraf baskın olması ile birlikte değerlendirildiğinde, bireylerin baskın ekstremitayı daha sık yük altına alan postürleri tercih edebileceğini düşündürmektedir. Bu pozisyon sırasında ayak dorsumuna binen tekrarlayıcı mekanik yüklenmenin özellikle sağ EDB kası üzerinde etkili olabileceği olası bir mekanizma olarak değerlendirilebilir.

Geleneksel oturma pozisyonlarının distal ayak kasları üzerinde etkili olabileceği literatürde de gösterilmiştir. Kishimoto ve ark. Japon popülasyonunda diz fleksiyonu ve ayak plantar fleksiyonu içeren “seiza” oturma alışkanlığının bilateral EDB atrofisi ile bağımsız olarak ilişkili olduğunu bildirmiştir (61). Ayak üzerine

oturma gibi benzer biyomekanik özellikler içeren postürlerin çalışmamızda saptanan EDB amplitüd değişiklikleri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Ekstansör dijitorum brevis kas atrofisi ile yaşam tarzı faktörleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, sağ tarafta yaş ve ayak üzerine oturma alışkanlığının atrofi ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Sol tarafta ise yaş, ayak üzerine oturma ve sıkı ayakkabı giyme ile atrofi arasında anlamlı ilişkiler izlenmiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte, sol taraf analizinde olgu sayısının sınırlıdır, ancak tanımlayıcı bulgular sağ taraf ile benzer bir eğilime işaret etmektedir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, yaşla ilişkili kas kesitsel alanındaki azalma ile ayak dorsumuna binen tekrarlayıcı mekanik yüklenmenin EDB kas atrofisi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Aynı bireyde, aynı ölçüm koşullarında iki farklı kastan alınan yanıtların oranlanması, teknik faktörlerin (cihaz kalibrasyonu, elektrot yerleşimi, deri empedansı) normalize edilmesini ve seçici kas etkileniminin objektif değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, EDB kasının lateralde ve yüzeyel yerleşimi nedeniyle dış basılara daha açık olması, EHB kasının ise daha medialde yerleşimli olması göz önüne alınarak, EDB kasının seçici etkilenimini değerlendirmek amacıyla her iki kastan elde edilen BKAP amplitüdlerinin oranı (EDB BKAP / EHB BKAP) hesaplanmıştır. Bu oran aynı zamanda gözlenen EDB amplitüd değişikliklerinin genel bir nöropatiden mi yoksa lokal/mekanik faktörlerden mi kaynaklandığını ayırt etmeye olanak tanımaktadır.

Yaşam tarzı faktörleri ile EDB/EHB oranı incelendiğinde, ayak üzerine oturanlarda istatistiksel olarak anlamlı seçici EDB etkilenim gözlenmiştir. Bu bulgu, basının EDB kasına spesifik etki gösterdiğini objektif olarak ortaya koymaktadır. Tekrarlayan plantar fleksiyon pozisyonunda ayak dorsumu üzerine gelen mekanik basının, EDB kasında daha belirgin fonksiyonel etki yaratabileceği hipotezi desteklenmektedir.

Sonuç olarak, yaşam tarzı faktörlerinin distal peroneal motor fonksiyon üzerinde bağımsız etkileri olduğu gösterilmiştir. Çok değişkenli regresyon analizlerinde sıkı ayakkabı kullanımı tüm kas gruplarında (sağ ve sol EDB ile EHB) BKAP amplitüdünü azaltan bağımsız bir faktör olarak saptanmış; ayak üzerine oturma alışkanlığının ise özellikle sağ EDB kasında anlamlı negatif etkiler göstermiştir. Bu bulgular, distal peroneal motor iletimin yalnızca anatomik ve biyolojik belirleyicilerden değil, kronik mekanik ve postüral yüklenmelerden de etkilendiğini göstermektedir.

Çalışmamızın bulguları, EHB kaydının EDB'ye alternatif veya tamamlayıcı bir kayıt noktası olarak kullanılabileceği spesifik klinik durumları ortaya koymaktadır.

Öncelikle, EDB kasında düşük BKAP ve kas atrofisi saptanan olgularda EHB kasından tanısal değerde yanıt alınabilmesi dikkat çekicidir. EDB'nin ayak dorsumunda yüzeysel yerleşimi nedeniyle mekanik faktörlerden daha fazla

etkilenmesine karşın, EHB'nin daha medial yerleşimi bu kasın relatif olarak korunmasına ve daha güvenilir kayıt elde edilmesine olanak sağlayabilir.

İkinci olarak, kompresyon risk faktörlerine sahip hastalarda (ayak üzerine oturma, sıkı ayakkabı giyme) EHB kaydı daha az etkilendiği için erken dönem nöropati tespitinde veya hastalık takibinde daha güvenilir sonuçlar verebilir. Nitekim çalışmamızda EDB/EHB oran analizinde, mekanik yüklenmenin EDB kasını daha seçici olarak etkilediği gösterilmiştir.

Üçüncü olarak, bilateral karşılaştırma gerektiğinde EHB kaydı daha tutarlı sonuçlar sağlamaktadır. Çalışmamızda sağ-sol EHB BKAP amplitüdü korelasyonunun EDB'den daha kuvvetli olması ve sağ-sol EHB amplitüdleri arasında anlamlı fark saptanmaması bu tutarlılığı göstermektedir.

Bu bulgular ışığında, özellikle ultrasonografik incelemede EDB atrofisi görülen, kompresyon öyküsü bulunan veya EDB yanıtı düşük/alınamayan hastalarda EHB kaydının rutin protokole eklenmesi tanısal hassasiyeti artırabilir.

Çalışmanın güçlü yönlerinden biri, derin peroneal sinirin distal motor değerlendirmesinde EHB kası kayıtlı motor iletim özelliklerinin sistematik biçimde tanımlanmış olması ve EDB ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmesidir. Ultrasonografi eşliğinde EHB kas göbeğinin hedeflenmesiyle kayıt noktasının standardize edilmesi, ölçüm doğruluğunu ve klinik uygulanabilirliği artıran önemli bir metodolojik katkı

sunmaktadır. Ayrıca, EHB motor noktasının anatomik lokalizasyonunun belirlenmesi, klinik uygulamada güvenilir kayıt protokolünün geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Ayrıca, elektrofizyolojik parametrelerin (BKAP amplitüdü, distal motor latans, segmental iletim hızları) ultrasonografik kas kesitsel alan ölçümleri ile birlikte değerlendirilmesi ve KA–BKAP ilişkisinin demografik değişkenlerden bağımsız olarak gösterilmesi, yapısal-fonksiyonel entegrasyon açısından çalışmanın değerini artırmaktadır.

EHB'ye ait normatif elektrofizyolojik referans aralıkların oluşturulması ve ADPN'nin sistematik olarak değerlendirilmesi ve EHB kas innervasyonunun gösterilmesi de literatüre özgün katkılar sağlamaktadır. Son olarak, yaşam tarzı faktörlerine ilişkin bulguların yalnızca tek değişkenli analizlerle sınırlı kalmayıp çok değişkenli modellerle sınanması ve etki büyüklüklerinin raporlanması, bulguların klinik anlamlılığının daha sağlıklı yorumlanmasına katkıda bulunmuştur.

Çalışmanın başlıca kısıtlılıkları arasında tek merkezli ve kesitsel tasarım yer almakta olup, bu durum nedensel ilişkilerin değerlendirilmesini sınırlamaktadır. Ayrıca örneklemin sağlıklı bireylerden oluşması, bulguların patolojik popülasyonlara genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. EHB kaydının anterior tarsal tünel sendromu, peroneal nöropati ve diyabetik polinöropati gibi klinik durumlarda tanısal duyarlılığı ve özgüllüğü henüz prospektif olarak değerlendirilmemiştir.

Örneklem büyüklüğünün sınırlı olması ve bazı alt gruplarda birey sayısının düşük kalması (düzenli sportif aktivite yapan: n=7; topuklu ayakkabı kullanan: n=5) istatistiksel gücü azaltmış ve olası gerçek etkilerin saptanmasını zorlaştırmış olabilir. Sportif aktivite değişkeninin heterojen yapısı (yürüyüş, futbol, pilates) ve tüm aktivitelerin tek bir değişken altında değerlendirilmiş olması, olası etkilerin seyrelmesine neden olmuş olabilir. Yaşam tarzı değişkenlerinin öz-bildirim temelli olarak ölçülmesi, maruziyetin süresi/şiddeti/ayakkabı tipi-topuk yüksekliği gibi kantitatif özelliklerin objektif biçimde değerlendirilmemiş olması ve postür süresi, sıklığı ve yüklenme özelliklerinin kantitatif olarak ölçülmemiş olması ölçüm yanlılığı olasılığını artırmaktadır. Sıkı ayakkabı kullanım süresinin objektif olarak ölçülmemiş olması da öz-bildirim temelli değerlendirmenin potansiyel yanlılık riskini artırmaktadır. Ayrıca çok sayıda kas-araf-değişken için ayrı analiz yapılması tip I hata riskini yükseltmekte olup, sınırda anlamlılık gösteren bulgular temkinli yorumlanmalıdır. Sol EDB atrofisi analizinde vaka sayısının yetersizliği nedeniyle çok değişkenli istatistiksel model oluşturulamaması da ilgili sonuçların genellenebilirliğini kısıtlayan bir sınırlılık oluşturmaktadır.

Gelecek çalışmalarda daha geniş ve çok merkezli örneklemle EHB normatif değerlerinin doğrulanması, yaşam tarzı maruziyetlerinin süre ve yoğunluk açısından kantitatif olarak ölçülmesi, ADPN'nin farklı dallanma paternlerinin ayrıntılı elektrofizyolojik ve ultrasonografik haritalanması önerilir. Klinik açıdan, EHB kaydının anterior tarsal tünel sendromu, peroneal nöropati, diyabetik polinöropati ve

ayak dorsumunu etkileyen lokal patolojilerde tanısal duyarlılık ve özgüllüğünün prospektif kohort çalışmalarıyla değerlendirilmesi, yöntemin klinik kullanılabilirliğini ortaya koymak açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca EDB yanıtının düşük veya alınamadığı olgularda EHB kaydının rutin değerlendirmeye eklenmesinin tanısal doğruluğa katkısının karşılaştırmalı çalışmalarla gösterilmesi önerilmektedir. Bu tür çalışmalar, EHB'nin rutin peroneal sinir motor iletim değerlendirmesine alternatif ya da tamamlayıcı bir kayıt noktası olarak kullanımına yönelik kanıt düzeyini güçlendirecektir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, ekstansör hallusis brevis (EHB) kasının peroneal sinir motor iletim çalışmalarında alternatif veya tamamlayıcı bir kayıt noktası olarak elektrofizyolojik ve ultrasonografik özellikleri sistematik biçimde değerlendirilmiş, ekstansör dijitorum brevis (EDB) ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve anatomik varyasyonlar ile yaşam tarzı faktörlerinin motor iletim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

EHB ve EDB kasları arasında BKAP amplitüdlere ve segmental motor iletim hızları açısından anlamlı fark saptanmamış olup, pozitif korelasyon bulunmuştur. EHB motor noktasının %91,3 olguda tutarlı anatomik lokalizasyon göstermesi, klinik uygulamada standardizasyonu kolaylaştırmaktadır. Ultrasonografik kas kesitsel alanı ile BKAP amplitüdü arasındaki pozitif korelasyon, yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi kontrolünde korunmuştur. Çalışmada oluşturulan normatif elektrofizyolojik değerler ve ultrasonografik referans aralıkları, literatürde EHB kası için bildirilen ilk veri setini oluşturmaktadır.

Demografik faktörler açısından cinsiyet farkı belirgin olup, erkeklerde anlamlı derecede daha yüksek değerler saptanmıştır. Aksesuar derin peroneal sinir (ADPN) prevalansı %21,2 olarak bulunmuş ve ilk kez ADPN'nin EHB kasına da katkı sağlayabileceği elektrofizyolojik olarak gösterilmiştir. Yaşam tarzı faktörleri

açısından, sıkı ayakkabı kullanımının tüm kas gruplarında BKAP amplitüdünü azaltan bağımsız bir faktör olduğu, ayak üzerine oturma gibi postüral faktörlerin ise özellikle sağ EDB kasını seçici olarak etkilediği saptanmıştır. EDB/EHB BKAP oranı analizi, mekanik basının yüzeysel yerleşimli EDB kasında daha belirgin fonksiyonel etki yarattığını objektif olarak ortaya koymuştur.

Klinik pratikte EHB kaydı, özellikle EDB kas atrofisi saptanan hastalarda, pozisyonel kompresyon risk faktörlerine sahip bireylerde ve bilateral karşılaştırma gerektiren durumlarda güvenilir sonuçlar sağlamaktadır. Ultrasonografik incelemede EDB atrofisi görülen, pozisyonel kompresyon öyküsü bulunan veya EDB yanıtı düşük/alınamayan hastalarda EHB kaydının rutin protokole eklenmesi tanısal hassasiyeti artırabilir.

Çalışmanın başlıca kısıtlılıkları tek merkezli ve kesitsel tasarımı, sağlıklı gönüllülerden oluşan örneklem ve bazı alt gruplarda sınırlı vaka sayısıdır. Aynı zamanda yaşam tarzı faktör değerlendirmesi öz-bildirim temelli olup kantitatif olarak incelenmemiştir. Gelecek çalışmalarda, EHB kaydının patolojik durumlarda tanısal duyarlılık ve özgüllüğünün prospektif olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma EHB kasının peroneal sinir motor iletim değerlendirmesinde EDB'ye alternatif ya da tamamlayıcı bir kayıt noktası olarak güvenle kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, özellikle EDB

değerlendirmesinin zorlaştığı klinik durumlarda peroneal sinir motor fonksiyonunun doğru değerlendirilmesine önemli katkı sağlayabilir.



7. KAYNAKLAR

1. Turbpaiboon C, Puprasert C, Lohasammakul S, Dacharux W, Numwong T, Pandeya A, et al. Deep Peroneal Nerve: From an Anatomical Basis to Clinical Implementation. *Siriraj Medical Journal*. 2022;74(7):448–62.
2. Lezak B, Massel DH, Varacallo MA. Peroneal Nerve Injury. *StatPearls*. Treasure Island (FL)2025.
3. Baima J, Krivickas L. Evaluation and treatment of peroneal neuropathy. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2008;1(2):147–53.
4. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. *Gray's Atlas of Anatomy*. 2 ed. Philadelphia: Elsevier; 2010.
5. Aminoff MJ. *Fibular (Peroneal) Neuropathies*. 4 ed: Elsevier; 2023.
6. Hardin JM, Devendra S. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Calf Common Peroneal Nerve (Common Fibular Nerve)*. *StatPearls*. Treasure Island (FL)2025.
7. Palmisano L, Launico MV. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Calf Deep Peroneal Nerve (Deep Fibular Nerve)*. *StatPearls*. Treasure Island (FL)2025.
8. Giuffre J, Bishop A, Spinner R, Levy B, Shin A. Partial Tibial Nerve Transfer to the Tibialis Anterior Motor Branch to Treat Peroneal Nerve Injury After Knee Trauma. *Clinical orthopaedics and related research*. 2011;470:779–90.
9. Becciolini M, Pivec C, Riegler G. Ultrasound Imaging of the Deep Peroneal Nerve. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2021;40(4):821–38.
10. McCrory P, Bell S, Bradshaw C. Nerve entrapments of the lower leg, ankle and foot in sport. *Sports Med*. 2002;32(6):371–91.
11. Waldman SD. Scott English : A 32-Year-Old Truck Mechanic With Pain and Electric Shocklike Sensation Radiating Into the Dorsum of the Foot In: Waldman SD, editor. *Pain Medicine: A Case-Based Learning Series – The Ankle and Foot*. Philadelphia: Elsevier; 2023. p. 50–65.
12. De Maeseneer M, Madani H, Lenchik L, Kalume Brigido M, Shahabpour M, Marcellis S, et al. Normal Anatomy and Compression Areas of Nerves of the Foot and Ankle: US and MR Imaging with Anatomic Correlation. *Radiographics*. 2015;35(5):1469–82.
13. Aktan Ikiz ZA, Ucerler H, Uygur M. Dimensions of the anterior tarsal tunnel and features of the deep peroneal nerve in relation to clinical application. *Surg Radiol Anat*. 2007;29(7):527–30.
14. Gear BJ. Neurogenic Disorders. In: Canale ST, Beaty JH, editors. *Campbell's Operative Orthopaedics*. 14 ed. Philadelphia: Elsevier; 2021. p. 4345–81.e3.
15. Krause KH, Witt T, Ross A. The anterior tarsal tunnel syndrome. *J Neurol*. 1977;217(1):67–74.
16. Bianchi S, Droz L, Le Corroller T, Delmi M. Partial anterior tunnel syndrome: a retrospective analysis of ultrasound findings in four surgically proven cases. *Skeletal Radiology*. 2019;48(5):807–12.

17. Lawrence SJ, Botte MJ. The deep peroneal nerve in the foot and ankle: an anatomic study. *Foot Ankle Int.* 1995;16(11):724–8.
18. Kennedy JG, Brunner JB, Bohne WH, Hodgkins CW, Baxter DB. Clinical importance of the lateral branch of the deep peroneal nerve. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;459:222–8.
19. Watt T, Hariharan AR, Brzezinski DW, Caird MS, Zeller JL. Branching patterns and localization of the common fibular (peroneal) nerve: an anatomical basis for planning safe surgical approaches. *Surgical and Radiologic Anatomy.* 2014;36(8):821–8.
20. Rausch V, Hackl M, Oppermann J, Leschinger T, Scaal M, Müller LP, et al. Peroneal nerve location at the fibular head: an anatomic study using 3D imaging. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* 2019;139(7):921–6.
21. Le ELH, Allenby TH, Fisher M, Constantine RS, McNamara CT, Barnhill C, et al. Intraneural Topography and Branching Patterns of the Common Peroneal Nerve: Studying the Feasibility of Distal Nerve Transfers. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2024;12(10):e6258.
22. Goral K, Marur T. A unique variation of the common peroneal nerve: a case report. *Anatomy.* 2024;18(1):30–4.
23. Grechenig P, Hohenberger G, Maier M, Grechenig C, Holweg P, Vielgut I, et al. The articular branch of the peroneal nerve to the proximal tibiofibular joint descends at a mean height of approximately 18 mm distal to the postero-lateral tip of the fibular head. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(4):1232–7.
24. Tzika M, Paraskevas GK, Kitsoulis P. The accessory deep peroneal nerve: a review of the literature. *Foot (Edinb).* 2012;22(3):232–4.
25. Tomaszewski KA, Roy J, Vikse J, Pekala PA, Kopacz P, Henry BM. Prevalence of the accessory deep peroneal nerve: A cadaveric study and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2016;144:105–11.
26. Sander HW, Quinto C, Chokroverty S. Accessory deep peroneal neuropathy: collision technique diagnosis. *Muscle Nerve.* 1998;21(1):121–3.
27. Kudoh H, Sakai T, Horiguchi M. The consistent presence of the human accessory deep peroneal nerve. *Journal of Anatomy.* 1999;194.
28. Tomaszewski KA, Roy J, Vikse J, Pękala PA, Kopacz P, Henry BM. Prevalence of the accessory deep peroneal nerve: A cadaveric study and meta-analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery.* 2016;144:105–11.
29. Sinanović O, Zukić S, Muftić M, Tinjić N. Prevalence of Accessory Deep Peroneal Nerve in Sample of Bosnia and Herzegovina Subjects: an Electrophysiological Study. *Acta Informatica Medica.* 2021;29:193–6.
30. Saba EKA. Electrophysiological study of accessory deep peroneal nerve in a sample of Egyptian subjects. *Egyptian Rheumatology and Rehabilitation.* 2019;46(4):251–6.
31. D'Antoni A. Clinically Oriented Anatomy, 7th Edition, by Keith L. Moore, Arthur F. Dalley II, and Anne M. R. Agur, Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2014, 1134 pages, Paperback, ISBN 978-1-4511-1945-9. Price: \$92.99. *Clinical Anatomy.* 2014;27.
32. Standring S, Ellis H, Healy JC, Johnson D, Williams A, Collins P. Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice. *Am J Neuroradiol.* 2005;26.
33. Kelikian AS. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: Descriptive, topographic, functional: Third edition 2012. 1–736 p.

34. Sirasanagandla SR, Swamy RS, Nayak SB, Somayaji NS, Rao MK, Bhat KM. Analysis of the morphometry and variations in the extensor digitorum brevis muscle: an anatomic guide for muscle flap and tendon transfer surgical dissection. *Anat Cell Biol.* 2013;46(3):198–202.
35. Posnik M, Zielinska N, Gonera B, Olewnik L, Glowacka M, Maslanka K, et al. A Literature Review of the Morphological Variability in the Intrinsic Muscles of the Foot: Traps Awaiting Clinicians during Ultrasound. *J Clin Med.* 2024;13(15).
36. Zelik KE, La Scaleia V, Ivanenko YP, Lacquaniti F. Coordination of intrinsic and extrinsic foot muscles during walking. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(4):691–701.
37. Seok JI, Walker FO, Kwak SG. Evaluation of extensor digitorum brevis thickness in healthy subjects: A comparative analysis of nerve conduction studies and ultrasound scans. *Clin Neurophysiol.* 2016;127(2):1664–8.
38. Yan F, Cai M, Li M, Huang S, Guo J, Lin J, et al. Assessment of extensor hallucis brevis stiffness and microcirculation in diabetes: shear wave elastography and contrast-enhanced ultrasound. *Frontiers in Endocrinology.* 2025;Volume 16 - 2025.
39. Zinnuroğlu M, editor. *EMG Akıl Notları.* Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2022.
40. Preston DC, Shapiro BE. *Electromyography and Neuromuscular Disorders: Clinical-Electrophysiologic-Ultrasound Correlations.* 4 ed. Philadelphia: Elsevier; 2021.
41. Oh SJ. *Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies.* 3 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
42. Kim DH. Ulnar nerve conduction study of the first dorsal interosseous muscle in korean subjects. *Ann Rehabil Med.* 2011;35(5):658–63.
43. Buschbacher RM. Peroneal nerve motor conduction to the extensor digitorum brevis. *Am J Phys Med Rehabil.* 1999;78(6 Suppl):S26–31.
44. Beekman R, Van Der Plas JP, Uitdehaag BM, Schellens RL, Visser LH. Clinical, electrodiagnostic, and sonographic studies in ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve.* 2004;30(2):202–8.
45. Waxman SG. Determinants of conduction velocity in myelinated nerve fibers. *Muscle Nerve.* 1980;3(2):141–50.
46. Mallik A, Weir AI. Nerve conduction studies: essentials and pitfalls in practice. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2005;76 Suppl 2(Suppl 2):ii23–31.
47. Cassiers E, Bastijns S, Perkisas S, Vandewoude M, De Cock AM. Muscle measurements in daily clinical practice: correlations between ultrasound, bioelectrical impedance analysis and hand grip strength. *J Frailty Sarcopenia Falls.* 2022;7(4):192–8.
48. Noda Y, Sekiguchi K, Kohara N, Kanda F, Toda T. Ultrasonographic diaphragm thickness correlates with compound muscle action potential amplitude and forced vital capacity. *Muscle Nerve.* 2016;53(4):522–7.
49. Kayal R, Katirji B. Atypical deep peroneal neuropathy in the setting of an accessory deep peroneal nerve. *Muscle Nerve.* 2009;40(2):313–5.
50. Murad H, Neal P, Katirji B. Total innervation of the extensor digitorum brevis by the accessory deep peroneal nerve. *Eur J Neurol.* 1999;6(3):371–3.
51. Neundorfer B, Seiberth R. The accessory deep peroneal nerve. *J Neurol.* 1975;209(2):125–9.
52. Bhorania S, Ichaporia RB. Effect of limb dominance on motor nerve conduction. *Indian J Physiol Pharmacol.* 2009;53(3):279–82.

53. Ali K, Singhal S, Rizvi SAA, Muzammil M. Comparison of NCV of Right and Left Limb in Right handed Male Subjects. *Annals of International medical and Dental Research*. 2016;2.
54. Stetson DS, Albers JW, Silverstein BA, Wolfe RA. Effects of age, sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures. *Muscle Nerve*. 1992;15(10):1095–104.
55. Shelly S, Ramon-Gonen R, Paul P, Klein CJ, Klang E, Rahman N, et al. Nerve Conduction Differences in a Large Clinical Population: The Role of Age and Sex. *J Neuromuscul Dis*. 2023;10(5):925–35.
56. Yagi M, Taniguchi M, Tateuchi H, Hirono T, Fukumoto Y, Yamagata M, et al. Age- and sex-related differences of muscle cross-sectional area in iliocapsularis: a cross-sectional study. *BMC Geriatrics*. 2022;22(1):435.
57. Mickle KJ, Angin S, Crofts G, Nester CJ. Effects of Age on Strength and Morphology of Toe Flexor Muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2016;46(12):1065–70.
58. Van den Broeck J, Héréus S, Cattrysse E, Raeymaekers H, Scafoglieri A. Ultrasound cut-off values for muscle thickness, cross-sectional area, and echo intensity in Caucasian adults: a narrative review. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*; Vol 15, No 4 (April 01, 2025): Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. 2025.
59. Tennant JN, Rungprai C, Phisitkul P. Bilateral anterior tarsal tunnel syndrome variant secondary to extensor hallucis brevis muscle hypertrophy in a ballet dancer: a case report. *Foot Ankle Surg*. 2014;20(4):e56–8.
60. Tam B, Yu A, Tam E, Monks D, Wang X, Pei X, et al. Ablation of Bax and Bak protects skeletal muscle against pressure-induced injury. *Scientific Reports*. 2018;8.
61. Kishimoto S, Sasaki H, Kurisu S, Ogawa K, Matsuno S, Furuta H, et al. Bilateral atrophy of the extensor digitorum brevis muscle might be a useful sign for diagnosing diabetic polyneuropathy in Japanese men who do not sit in the traditional "seiza" style. *J Diabetes Investig*. 2021;12(3):398–408.

8. ÖZET

Giriş: Ekstansör dijitorum brevis (EDB), peroneal sinir motor iletim çalışmalarında standart kayıt kasıdır; ancak atrofi, anatomik varyasyonlar ve lokal travma kayıt kalitesini olumsuz etkileyebilir. Aynı derin peroneal sinir dalı tarafından innerve edilen ekstansör hallusis brevis (EHB) kasının güvenilir bir alternatif kayıt noktası olarak kullanılıp kullanılamayacağını araştırdık.

Yöntem: Elli iki sağlıklı gönüllü (27 kadın, 25 erkek; ortalama yaş $44,7 \pm 14,8$ yıl) bilateral ultrason rehberliğinde kesit alanı (KA) ölçümleri ve EDB ile EHB'den eş zamanlı kayıt yapılan çift kanallı peroneal sinir motor iletim çalışmalarına alındı. Aksesuar derin peroneal sinir (ADPN), lateral malleol posteriorundan uyarım ile değerlendirildi. Sıkı ayakkabı, ayak dorsumuna oturma, namaz kılma ve düzenli spor yapma gibi yaşam tarzı faktörlerinin etkileri çok değişkenli doğrusal regresyon ile incelendi.

Bulgular: BKAP amplitüdlere (EDB: $6372 \pm 3050 \mu V$; EHB: $6675 \pm 2623 \mu V$; $p = 0,452$) ve motor iletim hızları kaslar arasında anlamlı farklılık göstermedi. EHB distal motor latansı EDB'den daha kısaydı ($3,60$ vs. $3,99$ ms; $p < 0,001$); bu durum motor dal çıkış yerindeki proksimal farklılıklarla uyumluydu. EHB motor noktası olguların %91,3'ünde orta 1/3 segmentte tekrarlanabilir şekilde lokalize idi. KA her iki kas için BKAP ile pozitif korelasyon gösterdi ($r = 0,584-0,656$; $p < 0,001$). ADPN prevalansı %21,2 idi; 4 katılımcıda (%7,7) ADPN'nin EHB

innervasyonuna katkısı elektrofizyolojik olarak ilk kez gösterildi. Çok değişkenli analizlerde sıkı ayakkabı giyme tüm kas gruplarında BKAP'ı bağımsız olarak azaltırken, ayak dorsumuna oturma sağ EDB BKAP'ını seçici olarak etkiledi.

Sonuç: EHB, EDB ile karşılaştırılabilir elektrofizyolojik parametreler sunmakta ve peroneal sinir motor iletim çalışmalarında güvenilir bir alternatif kayıt noktası olarak kullanılabilir. EDB atrofi, pozisyonel kompresyon veya yetersiz EDB yanıtı varlığında EHB kaydı özellikle önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Peroneal sinir, motor iletim çalışması, ekstansör hallusis brevis, ekstansör dijitorum brevis, ultrasonografi, aksesuar derin peroneal sinir

9. ABSTRACT

Introduction: Extensor digitorum brevis (EDB) is the standard recording muscle for peroneal nerve motor conduction studies; however, atrophy, anatomical variations, and local trauma may compromise recording quality. We investigated whether extensor hallucis brevis (EHB), innervated by the same deep peroneal nerve branch, can serve as a reliable alternative recording site.

Methods: Fifty-two healthy volunteers (27 women, 25 men; mean age 44.7 ± 14.8 years) underwent bilateral ultrasound-guided cross-sectional area (CSA) measurements and dual-channel peroneal nerve motor conduction studies recording simultaneously from EDB and EHB. The accessory deep peroneal nerve (ADPN) was assessed by stimulation posterior to the lateral malleolus. Effects of lifestyle factors—including tight shoes, sitting on the foot dorsum, Islamic prayer in kneeling position, and regular sports participation—were examined using multivariate linear regression.

Results: CMAP amplitudes (EDB: 6372 ± 3050 μ V vs. EHB: 6675 ± 2623 μ V; $p = 0.452$) and motor conduction velocities did not differ significantly between muscles. EHB distal motor latency was shorter than EDB (3.60 vs. 3.99 ms; $p < 0.001$), consistent with proximal differences in motor branch origin. The EHB motor point was reproducibly located in the middle one-third segment in 91.3% of limbs. CSA correlated positively with CMAP for both muscles ($r = 0.584$ – 0.656 ; $p < 0.001$). ADPN prevalence was 21.2%; ADPN contribution to EHB innervation was demonstrated electrophysiologically for the first time in 4 participants (7.7%). In multivariate

analyses, tight shoe-wearing independently reduced CMAP in all muscle groups, while sitting on the foot dorsum selectively affected the right EDB CMAP.

Conclusions: EHB provides electrophysiological parameters comparable to EDB and can serve as a reliable alternative recording site for peroneal nerve motor conduction studies. EHB recording is particularly recommended when EDB atrophy, positional compression, or an inadequate EDB response is present.

Keywords: peroneal nerve; motor conduction study; extensor hallucis brevis; extensor digitorum brevis; ultrasonography; accessory deep peroneal nerve

10. EKLER

EK-1: OLGU RAPOR FORMU

AD SOYAD:

TARİH:

YAŞ:

CİNSİYET:

BOY:

KİLO:

VKİ:

TEL:

Fizik muayene:

EDB Atrofî Varlığı ☐

Ayağı altına alıp ayağın üzerine oturma. ☐

Sıkı ayakkabı giyme. ☐

Topuklu ayakkabı giyme. yok ☐

Varsa. Alçak ☐

Orta ☐

Yüksek ☐

Düzenli sportif aktivite ☐

Namaz kılma ☐

Yenilenmiş Waterloo Ayak Tercihi Anketi		Daima Sol	Genellikle Sol	Eşit	Genellikle Sağ	Daima Sağ
1.	Duran bir topa öntünüzdeki bir hedef doğrultusunda tekme atmada hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
2.	Bir ayak üzerinde durmanız gerekirse, o hangi ayağınız olur?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
3.	Plajda kumu düzeltmek için hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
4.	Bir sandalyenin üzerine çıkmanız gerekirse, sandalyenin üzerine önce hangi ayağınızı koyarsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
5.	Hızlı hareket eden bir böcek üzerine ayağınızı basmak için hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
6.	Bir demiryolu rayı üzerinde tek ayağınızda dengedeyseniz, hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
7.	Ayak parmaklarınızla bir misket almak isterseniz, hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
8.	Bir ayakta hoplamak isterseniz, hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
9.	Bir küreği toprağın içine itmeye yardımcı hangi ayağınızı kullanırsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
10.	Rahat bir şekilde ayakta durma sırasında, insanlar ağırlıklarının çoğunu öncelikle bir ayağı üzerine koyar, diğer bacaklarını hafif bükük bırakırlar. Ağırlığınızın çoğunu öncelikle hangi ayağınıza koyarsınız?	Dsol	Gsol	Eşit	Gsağ	Dsağ
11.	Yukarıdaki hareketlerin herhangi birisi için ayak tercihinizi değiştirmenizin herhangi bir nedeni (örneğin: sakatlanma) var mı?	EVET	HAYIR	(birisini daire içine alın)		
12.	Belirli hareketler için yalnız bir ayağınızı kullanmada özel eğitim ya da teşvik aldınız mı?	EVET	HAYIR	(birisini daire içine alın)		
13.	11. ya da 12. soru için EVET cevabı verdinizse, lütfen açıklayınız:					

USG

SAĞ						
USG çap ölçümü	ÖLÇÜM 1	ÖLÇÜM 2	ÖLÇÜM 3	ÖLÇÜM 4	ÖLÇÜM 5	ORTALAMA
Ekstansör Digitorum Brevis						
Ekstansör Hallusis Brevis						
SOL						
USG çap ölçümü	ÖLÇÜM 1	ÖLÇÜM 2	ÖLÇÜM 3	ÖLÇÜM 4	ÖLÇÜM 5	ORTALAMA
Ekstansör Digitorum Brevis						
Ekstansör Hallusis Brevis						

EMG

GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ FTR ABD. EMG LABORATUVARI										
Ad Soyad:		Tarih:			Yaş:					
SAĞ						SOL				
Latans (ms)	Mesafe (cm)	Hız (m/s)	Genlik (µ V)	Alan (ms*µ V)	Latans (ms)	Mesafe (cm)	Hız (m/s)	Genlik (µ V)	Alan (ms*µ V)	
MOTOR İLETİM										
PERONEAL SİNİR (EDB)					PERONEAL SİNİR (EDB)					
DL										
Diz-Bilek										
PF-Diz										
PERONEAL SİNİR (EHB)					PERONEAL SİNİR (EHB)					
DL										
Diz-Bilek										
PF-Diz										
					SICAKLIK: °C		Boy: cm			
P: Parmak, B: Bilek, D: Dirsek, KA: Koltuk altı, DL: Distal latans, DA: Dirsekaltı, DÜ: Dirsek üstü, PF: Popliteal fossa										
BSAP: Birleşik sinir aksiyon potansiyeli					BKAP: Birleşik kas aksiyon potansiyeli					