



T. C.

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PARKİNSON HASTALARINDA ETKİLENİM GÖSTEREN
KASLARIN BİYOMEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
MYOTONPRO CİHAZI İLE İNCELENMESİ**

Rümeysa İNCE

DOKTORA TEZİ

ANATOMİ ANABİLİM DALI

Anatomi Doktora Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ömer Faruk CİHAN

Gaziantep

2025



T. C.

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PARKİNSON HASTALARINDA ETKİLENİM GÖSTEREN
KASLARIN BİYOMEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
MYOTONPRO CİHAZI İLE İNCELENMESİ**

Rümeysa İNCE

DOKTORA TEZİ

ANATOMİ ANABİLİM DALI

Anatomi Doktora Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ömer Faruk CİHAN

Gaziantep

2025

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

**PARKİNSON HASTALARINDA ETKİLENİM GÖSTEREN KASLARIN
BİYOMEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN MYOTONPRO CİHAZI İLE
İNCELENMESİ**

RÜMEYSA İNCE

Tez Savunma Tarihi: 12.11.2025

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Davut Sinan KAPLAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışmasının bir “Doktora” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Piraye KERVANCIOĞLU

Anatomi Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Doktora” tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ömer Faruk CİHAN

Tez Danışmanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Doktora” tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

İmzası

Prof. Dr. Piraye KERVANCIOĞLU

Prof. Dr. Erdem GÜMÜŞBURUN

Doç. Dr. Ömer Faruk CİHAN

Doç. Dr. Rabia TAŞDEMİR

Doç. Dr. Çağtay MADEN

BEYAN

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

12.11.2025

Rümeysa İNCE

TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında bilimsel desteğini sunan, bir danışmandan çok daha fazlası olan, ailemin bir parçası olarak hissettiğim çok kıymetli tez danışmanım Doç. Dr. Ömer Faruk CİHAN'a,

Başta akademik çalışmalar olmak üzere her konuda bize öncülük eden Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Piraye KERVANCIOĞLU'na,

Doktora süresince hem ders dönemi içerisinde hem de tez sürecinde bilgisi ve tecrübesiyle her konuda bana ışık tutan ve yardımlarını esirgemeyen, eğitimime katkıda bulunan Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Mustafa ORHAN, Prof. Dr. Erdem GÜMÜŞBURUN, Doç. Dr. Orhan BEGER ve Doç. Dr. İlhan BAŞI'ye

Tez çalışmam sırasında hem klinik hem de akademik desteğini sunan Prof. Dr. Sırma GEYİK'e ve emeğini esirgemedi desteklerini sunan Asistan Dr. Nurnihan ÖRTLEK'e

Beni yetiştiren ve bu günlere gelmemi sağlayan sevgili ailem Annem ve Babam'a, abim Mehmet İktbal İNCE'ye, abim Ahmet Hakan İNCE'ye ve bana yengeden çok abla olan en büyük destekçilerimden ve şanslarımdan Halime Eren İNCE'ye her daim yanımda oldukları için,

Ve varlığıyla hayatımıza renk katan, en büyük motivasyon ve enerji kaynağım sevgili yeğenim Ali Çağan İNCE'ye,

Çalışkanlığı, başarısı, temiz kalbi ve güler yüzüyle bana her daim örnek olan bu sürecin tüm zor aşamalarında sıkıntımı paylaşan, mutlu olduğum her başarıda benimle sevinen, sürecin görünmez kahramanı, ilk iş arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Dilek TALHAOĞLU'na

Uzakta olsalar da kalben her zaman yanımda olduklarını hissettiğim yılların eskitemediği dostlarım Uzm. Dr. Aliye YÜZGÜLEÇ'e ve Uzm. Fzt. Vafra Büşra EMEK'e, yollarımız geç kesişmiş olsa da bana kalıcı bir dost olan Hatice Rümeysa CEYHAN'a

Ve tek tek adlarını sayamadığım yanımda olan değerli Anatomi Anabilim Dalı'ndaki tüm arkadaşlarıma;

Sonsuz Teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
RESİM LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ	3
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Nuclei Basales Anatomisi	6
2.2. Nuclei Basales ve Bağlantıları	8
2.2.1. Doğrudan bağlantıları	9
2.2.2. Dolaylı bağlantıları	9
2.3. Parkinson Tarihçesi.....	10
2.4. Epidemiyolojisi	10
2.5. Etiyoloji ve Risk Faktörleri.....	11
2.5.1. Yaş	12
2.5.2. Cinsiyet	12
2.5.3. Çevresel faktörler.....	12
2.5.4. Genetik faktörler	13
2.6. Koruyucu Faktörler	14
2.7. Patolojisi ve Patofizyolojisi	17
2.8. Klinik Belirti ve Bulgular	19
2.8.1. Bradikinezi	21
2.8.2. Tremor.....	22
2.8.3. Rijidite.....	23
2.8.4. Postüral instabilite (duruş bozukluğu)	24
2.8.5. Diğer motor bulgular.....	24
2.8.6. Non-motor bulgular	25
2.9. Tanı Kriterleri	28

2.10.	Parkinson Hastalığının Tedavisi	30
2.10.1.	Medikal tedavi	30
2.10.2.	Cerrahi tedavi.....	31
2.10.3.	Egzersiz.....	31
2.11.	Parkinson Klinik Ölçekleri	32
3.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	33
3.1.	Birleşik Parkinson Hastalığı Derecelendirme Ölçeği (UPDRS).....	35
3.2.	Kasların Viskoelastik Değerlerinin Ölçümü	37
3.2.1.	M. orbicularis oris'in viskoelastik değerlerinin ölçümü	40
3.2.2.	M. massater'in viskoelastik değerlerinin ölçümü	40
3.2.3.	M. semispinalis capitis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	41
3.2.4.	M. sternocleidomastoideus'un viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	41
3.2.5.	M. trapezius'un viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	42
3.2.6.	M. deltoideus'un viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	42
3.2.7.	M. triceps brachii'nin viskoelastik değerlerinin ölçümü	43
3.2.8.	M. biceps brachii'nin viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	43
3.2.9.	M. brachioradialis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü	44
3.2.10.	M. extensor digitorum'un viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	44
3.3.	İstatistiksel Analiz.....	45
4.	BULGULAR.....	46
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	74
5.1.	M. orbicularis oris'in İncelenmesi	86
5.2.	M. massater'in İncelenmesi	90
5.3.	M. semispinalis capitis'in İncelenmesi	97
5.4.	M. sternocleidomastoideus'un İncelenmesi.....	100
5.5.	M. trapezius'un İncelenmesi.....	106
5.6.	M. deltoideus'un İncelenmesi.....	111
5.7.	M. triceps brachii'nin İncelenmesi	115
5.8.	M. biceps brachii'nin İncelenmesi.....	119
5.9.	M. brachioradialis'in İncelenmesi	128
5.10.	M. extensor digitorum'un İncelenmesi	130
6.	SONUÇ.....	133

7. EKLER.....	152
8. ÖZGEÇMİŞ.....	156



KISALTMALAR VE SEMBOLLER

PH	Parkinson Hastası
UPDRS	Birleşik Parkinson Hastalığı Derecelendirme Ölçeği
F	Tonus
S	Sertlik
D	Elastikiyet
F1	1. ölçümdeki tonus değeri
F2	2. ölçümdeki tonus değeri
F3	3. ölçümdeki tonus değeri
F4	4. ölçümdeki tonus değeri
S1	1. ölçümdeki sertlik değeri
S2	2. ölçümdeki sertlik değeri
S3	3. ölçümdeki sertlik değeri
S4	4. ölçümdeki sertlik değeri
D1	1. ölçümdeki elastikiyet değeri
D2	2. ölçümdeki elastikiyet değeri
D3	3. ölçümdeki elastikiyet değeri
D4	4. ölçümdeki elastikiyet değeri
OO	M. orbicularis oris
MAS	M. massater
SCAP	M. semispinalis capitis
SCM	M. sternocleidomastoideus
DLT	M. deltoideus
TBR	M. triceps brachii
BBR	M. biceps brachii
BR	M. brachioradialis
EXD	M. extensor digitorum

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Nuclei basales telencephali.....	8
Şekil 2.2. Parkinson hastalığından etkilenen dopamin yolları.....	10
Şekil 2.3. Parkinson hastalığının semptomları.....	21
Şekil 3.1. İş-akış şeması.....	34
Şekil 3.2. MyotonPRO cihazı (135).....	38
Şekil 4.1. UPDRS skoru ile lineer artış gösteren viskoelastik değerlerin saçılım grafiği	73



RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. M. orbicularis oris'in viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	40
Resim 3.2. M. massater'in viskoelastik değerlerinin ölçümü	40
Resim 3.3. M. semispinalis capitis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	41
Resim 3.4. M. sternocleidomastoideus'un viskoelastik değerlerinin ölçümü	41
Resim 3.5. M. trapezius'un viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	42
Resim 3.6. M. deltoideus'un viskoelastik değerlerinin ölçümü	42
Resim 3.7. M. triceps brachii'in viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	43
Resim 3.8. M. biceps brachii'nin viskoelastik değerlerinin ölçümü	43
Resim 3.9. M. brachioradialis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü.....	44
Resim 3.10. M. extensor digitorum'un viskoelastik değerlerinin ölçümü	44

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Birleşik Krallık Parkinson Hastalığı Derneği Beyin Bankası Klinik Tanı Ölçütleri	28
Tablo 4.1. Katılımcıların demografik bilgileri.....	46
Tablo 4.2. Ölçümlere göre katılımcı bilgileri	47
Tablo 4.3. Parkinson hastalarındaki ekstremitelerin tutulum taraflarının yüzdelik oranı	48
Tablo 4.4. Parkinson hastalarında cinsiyetlere göre yaş, hastalık süresi ve UPDRS şiddetinin karşılaştırılması	48
Tablo 4.5. Parkinson hastalarında UPDRS şiddetine göre alt grupların hastalık süresi karşılaştırılması.....	49
Tablo 4.6. Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm değerleri ile hastalık süresinin karşılaştırılması.....	49
Tablo 4.7. Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm değerleri ile UPDRS skoruna göre şiddetinin karşılaştırılması	51
Tablo 4.8. Parkinson hastalarında etkilenim olan ve olmayan tarafların viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	52
Tablo 4.9. Parkinson hastalarında etkilenmeyen taraf ile sağ ve sol taraf etkilenimi gösteren ekstremitelerin viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması	53
Tablo 4.10. Bilateral ve unilateral tutulum gösteren Parkinson hastalarında ekstremitelerinin viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	54
Tablo 4.11. Parkinson bilateral, unilateral sağ ve unilateral sol tutulumlu hastaların viskoelastik özelliklerinin karşılaştırılması.....	56
Tablo 4.12. Parkinson hastaları ve kontrol grubunun viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	57
Tablo 4.13. Parkinson hastalarında etkilenimi olan ve etkilenimi olmayan ile kontrol grubunun viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması	58
Tablo 4.14. Parkinson hastalarında yapılan tekrarlı ölçümlerden elde edilen F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerleri.....	60
Tablo 4.15. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerlerinin cinsiyetlere göre karşılaştırılması	61
Tablo 4.16. Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm parametreleri arasındaki ilişkilerin karşılaştırmalı analizi	65

Tablo 4.17. Kontrol grubunda viskoelastik ölçüm parametreleri arasındaki ilişkilerin analizi.....	67
Tablo 4.18. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen F (tonus) parametreleri arasındaki korelasyonların analizi	69
Tablo 4.19. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen S (sertlik) parametreleri arasındaki korelasyonların analizi	70
Tablo 4.20. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen D (elastikiyet) parametreleri arasındaki korelasyonların analizi	72
Tablo 5.1. Literatürdeki Parkinson hastalarındaki kasların viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar.....	81
Tablo 5.2. Literatürdeki m. orbicularis oris'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	86
Tablo 5.3. Literatürdeki m. massater'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	91
Tablo 5.4. Literatürdeki m. semispinalis capitis'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	98
Tablo 5.5. Literatürdeki m. sternocleidomastoideus'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar.....	101
Tablo 5.6. Literatürdeki m. trapezius'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	106
Tablo 5.7. Literatürdeki m. deltoideus'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	112
Tablo 5.8. Literatürdeki m. triceps brachii'nin viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	116
Tablo 5.9. Literatürdeki m. biceps brachii'nin viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	119
Tablo 5.10. Literatürdeki m. brachioradialis'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar	128
Tablo 5.11. Literatürdeki m. extensor digitorum'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar.....	130

ÖZET

PARKİNSON'LU HASTALARDA ETKİLENİM GÖSTEREN KASLARIN BİYOMEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN MYOTONPRO CİHAZI İLE İNCELENMESİ

Rümeysa İNCE

Doktora Tezi, Anatomi Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer Faruk CİHAN

Kasım 2025, 156

Parkinson hastalığı, substantia nigra'daki dopaminerjik hücre kaybı sonucu ortaya çıkan, bradikinezi, istirahat tremoru, rijidite ve postüral instabiliteyle karakterize ilerleyici bir nörodejeneratif hastalıktır. Bu çalışmanın amacı, Parkinson hastalığı için klinikte kullanılan tanı ve evreleme ölçekleriyle, kas viskoelastik özelliklerini kantitatif olarak ilişki kurmak ve subjektif değerlendirmelerin objektif sayısal verilerle desteklenmesini sağlamaktır. Ayrıca hastalığın şiddetiyle primer etkilenim gösteren bölgeler bütüncül olarak incelenerek her evre için kantitatif değerlere dayalı bir prognoz haritası oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışmaya Parkinson tanılı 10 kadın, 21 erkek birey ve kontrol grubu olarak herhangi bir nörolojik hastalığı bulunmayan 12 kadın, 20 erkek birey dâhil edilmiştir. Katılımcılar nörolojik muayeneleri yapılarak UPDRS ölçeğine göre değerlendirilmiştir. Baş, boyun ve üst ekstremitelerde primer hareket sağlayan 10 kasın (m. orbicularis oris, m. masseter, m. semispinalis capitis, m. sternocleidomastoideus, m. trapezius, m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. brachioradialis, m. extensor digitorum) tonus (F), sertlik (S) ve elastisite (D) değerleri MyotonPRO cihazı ile dört farklı zamanda ölçülmüştür. Parkinson hastalarında hastalık süresi erkeklerde 5.14 ± 4.76 yıl, kadınlarda 7.44 ± 5.50 yıl; UPDRS skoru erkeklerde 19.43 ± 11.54 , kadınlarda 35.40 ± 30.76 olarak saptanmıştır. Bulgular, cinsiyet ve kas düzeyinde anlamlı farklılıklar göstermiştir. Parkinson grubunda özellikle proksimal kaslarda daha yüksek tonus ve sertlik; distal kaslarda azalan elastikiyet ve artan sertlik, rijiditenin yayılım yönünü göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada, aksiyalden distale ilerleyen rijiditenin hastalığın klinik progresyonunu yansıtan temel biyomekanik ve viskoelastik bir gösterge olduğunu kantitatif değerlerle ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: Parkinson hastalığı, UPDRS, Musculus, Viskoelastisite, MyotonPRO

ABSTRACT

EXAMINATION OF BIOMECHANICAL PROPERTIES OF AFFECTED MUSCLES IN PARKINSON'S PATIENTS WITH THE MYOTONPRO DEVICE

Rümeysa İNCE

PhD Thesis, Department of Anatomy

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk CİHAN

November 2025, 156

Parkinson's disease is a progressive neurodegenerative disease characterized by bradykinesia, resting tremor, rigidity, and postural instability, resulting from dopaminergic cell loss in the substantia nigra. The aim of this study was to quantitatively correlate muscle viscoelastic properties with clinically used diagnostic and staging scales for Parkinson's disease and to support subjective assessments with objective numerical data. Furthermore, by holistically examining the disease severity and the primary affected regions, a prognosis map based on quantitative values was developed for each stage. The study included 10 female and 21 male individuals diagnosed with Parkinson's disease and a control group of 12 female and 20 male individuals without any neurological disease. Participants underwent neurological examinations and were assessed using the UPDRS scale. Tone(F), stiffness(S) and elasticity(D) values of 10 muscles that provide primary movement in the head, neck and upper extremities (m. orbicularis oris, m. masseter, m. semispinalis capitis, m. sternocleidomastoideus, m. trapezius, m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. brachioradialis, m. extensor digitorum) were measured with the MyotonPRO device at four different times. The disease duration in Parkinson's patients was 5.14 ± 4.76 years in males and 7.44 ± 5.50 years in females; UPDRS score was 19.43 ± 11.54 in males and 35.40 ± 30.76 in females. Findings showed significant differences in terms of gender and muscle level. Higher tone and stiffness especially in the proximal muscles in the Parkinson's group; Decreased elasticity and increased stiffness in distal muscles indicate the direction of spread of rigidity. In addition, this study demonstrated with quantitative values that rigidity progressing from axial to distal is a basic biomechanical and viscoelastic indicator reflecting the clinical progression of the disease.

Key words: Parkinson's disease, UPDRS, Muscle, Viscoelasticity, MyotonPRO

1. GİRİŞ

Parkinson, substantia nigradaki dopaminerjik hücrelerin kaybı sonucunda bradikinezi ve istirahat tremoruna ek rijidite ve postüral instabilite gibi dört temel motor belirtiyile tanımlanan ilerleyici bir nörodejeneratif hastalıktır. Genellikle ipsilateral başlangıçlı olup ilerleyen süreçlerde bilateral olarak klinik bulgular verebilir (1-3). Substantia nigra yapısının pars compacta bölgesindeki dopaminerjik nöronların dejenerasyonu ve nöronların sitoplazmalarında Lewy cisimciklerinin birikimi, Parkinson hastalığının karakteristik patolojik bulguları arasında yer almaktadır (3-5).

Parkinson hastalığı, giderek artan küresel prevalansı, ilerleyici dejeneratif yapısı ve geniş semptom spektrumu sebebiyle önemli halk sağlığı problemi olarak kabul edilmiştir. 2019 yılı itibarıyla dünya genelinde 8,5 milyondan fazla bireyin Parkinson hastalığıyla yaşadığı bildirilmiş olup, bu sayı son 25 yıl içerisinde iki kattan fazla artış göstermiştir (1, 6). Alzheimer'dan sonra dünya genelinde en yaygın ikinci nörodejeneratif hastalık olarak kabul edilir. Genellikle 60 yaş ve üzerindeki bireyleri etkileyen Parkinson hastalığı, sanayileşmiş ülkelerde %1,3 oranında yaygınlığa sahiptir. Türkiye'de yapılan bir prevalans çalışmasında ise, gelişmiş ülkelere benzer şekilde 310.4/100.000 oranında olduğu bulunmuştur (7).

1980'lerin sonlarına kadar İdiopatik Parkinson hastalığı için resmi olarak kabul edilmiş bir tanı kriteri bulunmamaktaydı. İlk resmi tanı kriterleri, Birleşik Krallık Parkinson Hastalığı Derneği Beyin Bankası (UKPDSBB) tarafından oluşturulmuştur. Dahil edilme kriterleri: bradikinezi (mutlak kriter), kas rijiditesi, istirahat tremoru, postüral instabilite. Bu kriterlerden en az birinin bulunması gerekmektedir. Bu kriterlere ek: tek taraflı başlangıç, progresif seyir, belirtilen tarafta belirgin asimetri, L-Dopa'ya iyi yanıt gibi destekleyici kriterler de bulunmaktadır (8).

Bu hastalığın semptomları, zayıf denge, azalan fiziksel aktivite ve ciddi yürüme bozukluklarıyla birlikte değişken fiziksel bozukluklara dönüşür ve bu da sonuçta düşmelerde, bağımsızlık kaybında ve hareketsizlikte artışa neden olur. Araştırmalar, Parkinson hastalarının işitsel ve görsel uyaranlara yanıt sürelerinin sağlıklı bireylere göre daha uzun olduğunu ve adım atmaya başlamadan önce yanlış postüral düzeltmeler

yaptıklarını göstermektedir. Parkinson hastalarında adım atma süresi, kognitif dalgalanmalar, dikkat eksiklikleri ve yürütücü işlevlerdeki değişiklikler gibi faktörler nedeniyle farklılık gösterebilmektedir (9, 10). Parkinson hastalığında, serebral motor devrelerdeki dopaminerjik iletim azalması sonucu ortaya çıkan reaksiyon zamanı uzamaları, çevresel uyarılara karşı motor yanıtların gecikmesine yol açmaktadır. Bu durum; postüral instabilite, denge bozuklukları ve yürüme disfonksiyonu ile düşme insidansında artışa ve fonksiyonel bağımsızlığın kaybına neden olmaktadır. İlerlemiş motor disfonksiyon; düşmeye bağlı ortopedik travmalar, mobilite kısıtlılığı, yaşam kalitesinin düşmesi ve sağlık sistemine olan ekonomik yükte artış gibi çok boyutlu sonuçlar doğurmaktadır. Klinik araştırmalar, nöroplastisiteyi hedefleyen egzersiz temelli müdahale programlarının, özellikle kortikospinal yollar üzerinden istemli motor kontrol mekanizmalarını güçlendirebileceğini göstermektedir. Bu tür terapötik yaklaşımlar, sensorimotor entegrasyonu artırarak motor performansı stabilize etme potansiyeline sahiptir (11). Uygun tedavi programını belirlemek için kasların viskoelastik özelliklerindeki değişimin bilinmesi gerekmektedir.

Semptomları azaltmak için kullanılan ilaçlar ve fizik tedavileri klinik olarak değerlendirmek zordur. Klinikte hastalığın şiddetini belirlemek amacıyla çeşitli ölçekler kullanılmaktadır. Birleşik Parkinson Hastalığı Derecelendirme Ölçeği (UPDRS) bu ölçeklerdendir. Parkinson hastalığında bir diğer ölçek çeşidi Birleşik Parkinson Hastalığı Derecelendirme Ölçeği (UPDRS)'dir. İlk olarak 1980'lerde geliştirilmiştir ve Parkinson hastalığı için en sık kullanılan klinik değerlendirme ölçeğidir. Parkinson hastalarının motor fonksiyonlarını, aktivitelerini, genel sağlık durumunu değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu ölçek sayesinde, Parkinson hastalığının seyri, hastalığın şiddeti ve tedaviye yanıtı değerlendirmek mümkün olmaktadır (7).

MyotonPRO cihazı kasların biyomekaniksel değişimlerini ölçen, elle taşınabilir, kullanımı kolay, invaziv olmayan bir cihazdır. Literatürde, klinik pratikte iskelet kaslarının biyomekanik parametrelerini nesnel biçimde değerlendirmeye yönelik standartlaştırılmış ve geçerliliği kanıtlanmış bir ölçüm aracının bulunmadığı belirtilmektedir. Ancak MyotonPRO cihazının, kas dokusunun viskoelastik karakteristiklerini kantitatif biçimde analiz edebilen, invaziv olmayan, taşınabilir ve yüksek güvenilirlik düzeyine sahip bir değerlendirme aracı olduğu ifade edilmektedir. Bu cihaz kasların tonus, elastikiyet, sertlik değerlerini ölçerek sayısal bir veri sunmaktadır.

Bu cihaz yardımıyla Parkinson hastalarının kaslarındaki viskoelastik özelliklerinin değişimleri ölçülecektir. Aynı zamanda UPDRS ölçeğine göre sınıflandırılan hastaların her sınıfın kendi içerisinde tekrarlı ölçümleri yapılarak rutin tedavi süreçleri içerisinde Parkinson şiddeti ile prognozu arasındaki ilişki incelenecektir.

Bu çalışmanın amacı klinikte kullanılan tanı ve evreleme ölçekleri ile kas viskoelastik özelliklerini kantitatif olarak ölçerek kıyaslamaktır. Subjektif değerlendirmelerle yapılan bu evrelemelerin viskoelastik özelliklerin kantitatif değerleriyle ölçülebilirliğini araştırarak kullanılan ölçeklerin uygunluğunu objektif sayısal veriler ile kliniğe sunmaktır. Ayrıca hastalığın şiddetini gösteren klinik evresi ile prognozu incelenerek her evre için tahmin edilebilir ve kantitatif değerlerle ortaya konabilir bir prognoz haritası ortaya koymaktır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farklılığı Parkinson hastalığının başlangıcında tutulum gösteren kasların viskoelastik özelliklerini inceleyerek baş boyun ve üst ekstremitedeki hareketlerde primermover olarak etkin rol oynayan kas gruplarındaki değişimin bütüncül olarak ele alınmasıdır.

UPDRS gibi ölçekler, kas tonusu veya sertliğindeki değişiklikleri değerlendirmek için objektif, doğru ve güvenilir bir yöntem değildir subjektif ve takibi zordur. Bu sebeple hastaların motor aktivite bozukluklarına bağlı olarak görülen kas biyomekanisindeki ve viskoelastisindeki değişimlerini incelemek için objektif kantitatif verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Parkinson, nuclei basales telencephali'deki dopaminerjik nörotransmisyonun bozulmasıyla gelişen; hastada rijidite, tremor ve bradikinezinin ortaya çıktığı motor ve nonmotor semptomlar görülen ilerleyici nörodejeneratif bir hastalıktır (12, 13). Parkinson hastalığı, Alzheimer hastalığından sonra en sık karşılaşılan nörodejeneratif bozukluk olup, esas olarak istemli hareketlerin düzenlenmesinde görülen bozulmalarla tanımlanmaktadır (5, 14). Parkinson hastalarında rijidite, bradikinezi ve tremor gibi motor; depresyon, koku kaybı ve uyku bozuklukları gibi nonmotor semptomlar görülmektedir (15). Ayrıca bu hastalarda özellikle yürütücü işlevler, bellek ve görsel-uzamsal beceriler alanlarında gözlemlenen bilişsel yetersizlikler ön plana çıkmaktadır (16, 17). Özellikle bilişsel bozukluk Parkinson hastalarında erken dönemde ortaya çıkan çok yaygın bir özelliktir (12). Tanı alan bireylerin çoğunda hastalığı takiben on yıl içerisinde demans geliştiği görülmüş olsa da Parkinson hastalarında demansı tetikleyen ve bilişsel bozulmalara sebebiyet veren mekanizmalar yeterince aydınlatılamamıştır (18, 19). Motor semptomlar ise giderek belirginleşen, telencephalon'da substantia nigra'nın pars compacta'daki dopaminerjik nöronların ilerleyici ve kronik hasarına bağlı olarak şiddetlenmektedir (13, 15). Motor ve psikomotor işlevlerdeki bozulmalarla ilişkili olarak ortaya çıkan istirahat tremoru, bradikinezi, kas rijiditesi ve postüral dengesizlik gibi karakteristik klinik semptomlar; hastaların günlük yaşam aktivitelerinde ciddi kısıtlılıklara yol açmakta, yaşam kalitesini olumsuz etkilemekte ve uzun vadede sağlık hizmetleriyle ilişkili maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (1, 20).

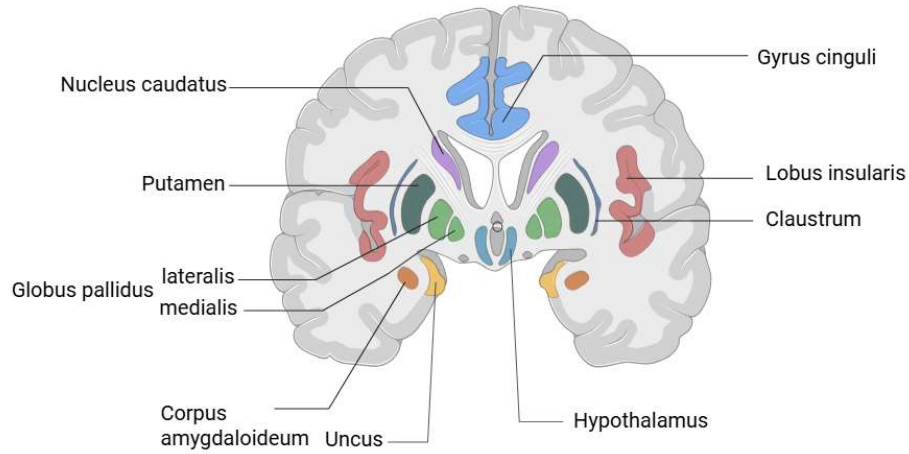
2.1. Nuclei Basales Anatomisi

Basal ganglia (nuclei basales telencephali), hemisphaerium cerebri'nin derin bölgelerinde, beyaz cevher dokusu (substantia alba) içerisinde yerleşmiş gri cevher (substantia grisea) yapılarıdır. Bu çekirdek grubu, motor aktivitenin başlatılması, modülasyonu ve ince koordinasyonunda görev üstlenmesinin yanı sıra, bilişsel ve duygusal süreçlerde de önemli rol oynar. Motor davranışlara ilişkin kararlar, kortikal duyuya yönelik assosiasyon bölgelerinde oluşturulduktan sonra, hareket komutları inen

yollar aracılığıyla omuriliğe aktarılır. Bu süreçte, motor sistemle bağlantılı verilerin düzenlenmesi ve denetlenmesinde cerebellum ile basal ganglia'lar (nuclei basales telencephali) rol alır. Cerebellum hem çevresel kaynaklı bilgileri hem de kas ve tendonlardan iletilen proprioseptif girdileri işleyerek postüral denge ve vücut pozisyonunun korunmasında kritik görev üstlenir. Buna karşılık nuclei basales, tüm kortikal alanlardan gelen sinyalleri değerlendirerek motor faaliyetlerin uyumlu biçimde yürütülmesi için cortex cerebri'ye geri bildirim sağlar (21-23). Ayrıca, alt ve üst motor nöron sistemiyle hem doğrudan hem de dolaylı bağlantılar kurarak, cerebellum'a kıyasla daha karmaşık motor aktivitelerin eşgüdümlü biçimde yürütülmesinde ve kontrol edilmesinde görev alır. Duygusal süreçlerin motor yansımalarının ortaya çıkışında rol oynamaları nedeniyle, bu yapılarda meydana gelen hasarlar hareket bozukluklarının yanı sıra bazı bilişsel işlevlerde kayıplara ve duygu durumunda değişimlere neden olabilir. Nuclei basales, özellikle prefrontal ve temporal cortex nöronlarıyla kurdukları yoğun bağlantılar sayesinde yalnızca motor hareketlerle sınırlı kalmayıp; hafıza, kavrama, değerlendirme gibi bilişsel ve duygusal işlevlerle de yakından ilişkilidir. Nuclei basales; substantia nigra, putamen, globus pallidus, nucleus caudatus ve nucleus subthalamicus'tan oluşur (23, 24). Nucleus caudatus ile putamen'in birlikteliği striatum, globus pallidus ve putamen'in kombinasyonu ise nucleus lentiformis terimleriyle tanımlanır. Striatum ve putamen birleşerek corpus striatum kompleksini meydana getirir. Geleneksel sınıflandırmalarda corpus amygdaloideum ve claustrum da bu gruba dahil edilmişse de, claustrum'un işlevsel sınırlarının belirlenememesi ve corpus amygdaloideum'un limbik sistemle daha fazla ilişkilendirilmesi nedeniyle günümüzde ayrı kabul edilmektedir (23).

Hemisphaerium cerebri'lerin derinlerinde lokalize bu yapılar, hareketlerin yürütülmesinde karar verme mekanizmalarını modüle ederler. Cerebellum'dan farklı olarak, nuclei basales'ler kortikostriatal devreler aracılığıyla cortex cerebri'ye etki eder ve motor kontrolün özellikle istemli ve öğrenilmiş hareket paternlerinde düzenleyici görev görürler (23). Corpus striatum, thalamus'un lateralinde pozisyonlanır ve capsula interna tarafından nucleus caudatus ile nucleus lentiformis olarak ayrılır. Striatum terimi, gri cevher liflerinin oluşturduğu çizgili anatomik görünümünden kaynaklanmaktadır (25, 26). Nucleus lentiformis, putamen ve globus pallidus'un anatomik birlikteliğini ifade eder. Putamen, lateralde ve geniş hacimli bir yapı iken, globus pallidus daha mediale yerleşmiş ve lamina medullaris medialis ile iç ve dış segmentlere ayrılmıştır. Lentiform

kompleks lobus insularis derinlerinde konumlanmakta olup, claustrum'dan ince beyaz cevher tabakasıyla ayrılır (26). Medulla spinalis ile doğrudan afferent ya da efferent bir bağlantısı bulunmayan nuclei basales'ler, etkilerini thalamus ve cortex cerebri üzerinden ortaya koyar. Cortex cerebri ile nuclei basales'ler arasındaki direkt bağlantı, kortikal aktiviteyi artırıcı yönde işlev görür. Normal koşullarda globus pallidus medialis ve pars reticularis substantiae nigrae'daki nöronların spontan aktivitesi, thalamus'tan cortex cerebri'ye giden impulsları inhibe eder. Ancak direkt yol, bu inhibitör nöronların etkinliğini baskılayarak talamokortikal iletimin artmasına ve kortikal aktivitenin yükselmesine katkı sağlar. Buna karşılık, indirekt bağlantı kortikal aktiviteyi azaltıcı etkiye sahiptir. Cortex'ten neostriatum'a ulaşan impulslar, indirekt yol aracılığıyla inhibitör nöronların aktivitesini güçlendirir; bu durum thalamus'tan cortex'e giden impulsların baskılanmasına ve dolayısıyla kortikal aktivitenin azalmasına yol açar.



Şekil 2.1 Nuclei basales telencephali

2.2. Nuclei Basales ve Bağlantıları

Motor cortex kaynaklı sinyaller, nuclei basales'lere striatum üzerinden giriş yapar. Striatum, çok sayıda nörotransmitter reseptörünü barındırması nedeniyle ana giriş bölgesi olarak işlev görürken, burada temel eksitator nörotransmitter glutamattır. Striatum'dan çıkan sinyaller esas olarak globus pallidus'un internal ve external segmentleri ile pars reticularis substantiae nigrae yönünde ilerler. Bu sinyal ayrışımı, nuclei basales'lerdeki devresindeki doğrudan ve dolaylı yolları oluşturur (27). Mesencephalon'da yer alan substantia nigra, yoğun dopaminerjik nöron içeriğine sahip olup pars compacta ve pars

reticularis olmak üzere iki bölüme ayrılır. Pars compacta'dan striatum'a uzanan dopaminerjik projeksiyonlar hem doğrudan hem dolaylı yolları etkiler. Doğrudan yoldaki putaminal nöronlarda bulunan D1 reseptörleri dopaminle aktive olurken; dolaylı yoldaki putaminal nöronlardaki D2 reseptörleri dopaminle inhibe edilir. Böylece nigrostriatal yol, dolaylı yol üzerindeki inhibisyonu artırıp doğrudan yolu aktive ederek motor hareketleri kolaylaştırır. İdiyopatik Parkinson hastalığında dopaminerjik nöron dejenerasyonu bu dengede bozulmaya yol açar (28).

2.2.1. Doğrudan bağlantıları

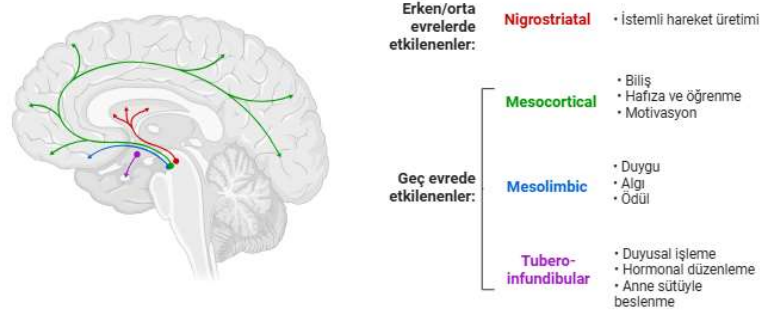
Cortex cerebri'den iletilen uyarılar doğrudan neostriatum'a yönlendirilir. Buradaki inhibitör özellikteki nöronlar, globus pallidus medialis ile substantia nigra'nın pars reticularis bölgesindeki baskılayıcı nöronların faaliyetini azaltır. Bu durum, thalamus'un işlevini güçlendirir ve sonuç olarak, thalamus'tan cortex cerebri'ye gönderilen sinyaller artar; böylece kortikal aktivasyon seviyesinde yükselme meydana gelir (25).

Doğrudan yolda, striatum'dan gelen inhibitör sinyaller globus pallidus'un internal segmentleri ve substantia nigra'ya ulaşır. Globus pallidus'un internal segmentleri ve substantia nigra'nın thalamus üzerine uyguladığı baskının azalması, talamokortikal bağlantıların güçlenmesine ve sonuçta kortikal eksitasyonun artmasına neden olur. Dolaylı yolda ise striatum'dan globus pallidus'un external segmentlerine gönderilen inhibitör sinyaller, globus pallidus'un external segmentlerinin nucleus subthalamicus'u baskılamasını azaltır. Bu durum nucleus subthalamicus'un aktivasyonuna ve bunun sonucunda globus pallidus'un internal segmentinin uyarılmasına yol açar. Artan globus pallidus'un internal segment aktivitesi, thalamus'un inhibisyonunu artırarak kortikal aktiviteyi azaltır (27, 29).

2.2.2. Dolaylı bağlantıları

Cortex cerebri'den çıkan impulslar, neostriatum'a ulaştıktan sonra globus pallidus lateralis üzerinden iletilir. Bu iletim, nucleus subthalamicus'taki eksitator nöronların aktivasyonunu tetikler. Aktive olan bu nöronlar, globus pallidus medialis ile substantia nigra'nın pars reticularis'ine sinyaller gönderir. Sonuç olarak, bu yapılardaki inhibitör

nöronlar devreye girer ve thalamus'tan cortex cerebri'ye yönelen uyarıların iletimi azalır; böylece kortikal aktivite seviyesinde düşüş gözlenir (25, 26).



Şekil 2.2. Parkinson hastalığından etkilenen dopamin yolları

2.3. Parkinson Tarihçesi

1817 yılında, James Parkinson isimli hekim tarafından kaleme alınan “An Essay on the Shaking Palsy” başlıklı çalışmada, bu nörolojik tablo ilk kez “shaking palsy” (titrek felç) terimiyle tanımlanarak literatüre kazandırılmıştır (30, 31). Başlangıçta “paralysis agitans” terimiyle anılan bu nörolojik bozukluk, daha sonra Fransız nörolog Jean-Martin Charcot tarafından “Maladie de Parkinson” (Parkinson Hastalığı) olarak adlandırılmış ve hastalığın terminolojik çerçevesi bu şekilde netleştirilmiştir (32). James Parkinson döneminde bu hastalık yeterince ilgi görmese de Jean Martin Charcot’un detaylandırmasıyla tıp dünyasına kazandırılmıştır ve hastalığın ilk kez anlamlandırılmasına verdiği katkıdan dolayı Parkinson’un adını yaşatmıştır (33). 1957 yılına gelindiğinde Arvid Carlsson ve ark. Levadopa’yı keşfetmesine rağmen etkili klinik sonuçları 1967’de George Cotzias tarafından olmuştur (34).

2.4. Epidemiyolojisi

Parkinson hastalığı nörodejeneratif bir hastalıktır ve Alzheimer’dan sonra en sık görülür (35). Yaşla birlikte prevalansı ve insidansı giderek artmaktadır (36). Gelişmiş ülkelerde Parkinson hastalığının prevalansının %0,3 olduğunu altmış yaş üstü bireylerde bu oranın %1’e seksen yaş üstü bireylerde ise %3’e çıktığı belirtilmiştir (14). Parkinson çoğunlukla yaşla birlikte giderek artar elli yaş öncesi hastalık görülme oranı düşük iken altmış yaş ve

sonrası prevelans ve insidansı giderek artar (36). Parkinson hastalığının insidansı 100.000 kişi/yıl başına 8 ila 18 arasındadır ve etnik kökene göre farklılık gösterebilmektedir (37). Parkinson prevelansı ise 50-59 yaş aralığındaki bireylerde 100.000 kişide 107 iken, 70-79 yaş arasındaki bireylerde 100.000 kişide 1.1'lerde yer alır (36). 80 yaşından sonra ise risk oldukça artar 90'lı yaşlara kadar görülme sıklığı 5-10 kat artırmaktadır (38). 2010 yılında yapılan bir çalışmada ABD verilerine göre 2030 yılına kadar nüfusun yaşlanmasıyla birlikte görülme oranının iki katına çıkabileceği tahmin edilmektedir (14).

Cinsiyete göre dağılımına bakıldığında erkeklerde daha yaygın olarak görüldüğü bildirilmektedir. Ayrıca görülme sıklığının erkek/kadın oranının 1,5 olduğu görülmektedir (39). Hastalığa başlangıç yaşının erkeklerde kadınlardan yaklaşık iki yıl daha erken olduğu görülmektedir (40). Parkinson hastalığına yaşam boyu yakalanma olasılığı kırk yaş üstü erkeklerde %2 iken kadınlarda bu oran %1,3'tür (41). Bu farklılıkların X kromozomuna genlerin ve östrojen hormonunun nöroprotektif etkileri olabileceği düşünülmektedir (39).

Bazı çalışmalar çevresel faktörlerin de Parkinson riski oranıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir. Bunlardan ilki pestisit maruziyetidir. Sanayileşmiş gelişmiş ülkelerde kırsal bölgede yaşam, pestisit maruziyeti ve kuyu suyu tüketimi, çiftçilik, çiftlik hayvanlarına maruz kalma veya çiftlikte yaşamak Parkinson'a yakalanma riskini arttırdığını tespit etmişlerdir (42). Bunun yanı sıra kafein kullanımının Parkinson'a yakalama riskini azalttığı da tespit edilmiş fakat kafeinle ilişkisi net bir şekilde açıklanamamıştır (43).

2.5. Etiyoloji ve Risk Faktörleri

Parkinson hastalığının altında yatan nedenler hâlen tam olarak ortaya konamamıştır; bu nedenle vakaların büyük bir kısmı, etiyojisi bilinmeyen yani 'idiopatik' olarak tanımlanmaktadır. Parkinson hastalığının etiyojisinde çevresel ve genetik faktörler ve bunların kombinasyonu önemli faktörlerdir. Fakat James Parkinson'un hastalığı tarifinden bu yana etiyojisi net olarak aydınlatılamamıştır (44).

2.5.1. Yaş

Yaşlılık birçok hastalıkta olduğu gibi Parkinson'da da önemli risk faktörüdür. Hastalık riski elli yaşından itibaren giderek artmaktadır (45). İleri yaşla birlikte dopamin sentezleyen nöronlarda meydana gelen kayıp hız kazanmaktadır ve bu durum, Parkinson hastalığına karşı duyarlılığı artıran bir etken olarak değerlendirilmektedir (46). Literatürde yer alan pek çok çalışmada Parkinson hastalığının ortalama başlangıç yaşının 60'ların başı olduğu bildirilmektedir. Erken başlangıçlı Parkinson hastalığına dair net bir tanımsal uzlaşma bulunmamaktadır; bazı araştırmalar motor belirtilerin 40 yaşından önce başlamasını temel alırken, diğerleri bu sınırı 50 yaş altı şeklinde genişletmiştir. Genel olarak, erken başlangıçlı vakalarının Parkinson hastalığı olgularının %5 ila %10'unu oluşturduğu saptanmıştır. Geç başlangıçlı Parkinson hastalığına ilişkin yaş aralığı da çalışmalarda farklılık göstermektedir; ancak çoğunlukla 60 yaş sonrası başlayan durumlar bu kategoriye dahil edilmektedir. Yaşa göre hastalık yaygınlığını inceleyen bir meta-analiz çalışması, prevalansın yaşla birlikte belirgin biçimde arttığını ortaya koymuştur: 40–50 yaş grubunda bu oran 100.000 kişide 41 iken, 80 yaş üzerindeki bireylerde 100.000 kişide 1903'e yükselmektedir (36, 47).

2.5.2. Cinsiyet

Bazı araştırmalar, Parkinson hastalığının erkek bireylerde kadınlara kıyasla daha yüksek oranda görüldüğünü ortaya koymuştur. Özellikle 50–59 yaş aralığında erkeklerdeki etkilenme oranı daha fazladır; bu yaş grubunda prevalans, her 100.000 kişide sırasıyla 134 erkek ve 41 kadın şeklinde bildirilmiştir. Diğer bir meta-analiz çalışmasında ise, 40 yaş üstü popülasyonda yıllık insidans kadınlarda 100.000 kişi başına 37,6; erkeklerde ise 61,2 olarak rapor edilmiştir. Her iki cinsiyette de yaş ilerledikçe hastalığın görülme sıklığında artış gözlemlenmektedir (36, 48).

2.5.3. Çevresel faktörler

Çevresel etkenlerin parkinsonizm gelişiminde rol oynayabileceği düşüncesi, 1983 yılında 1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridin (MPTP) adlı bileşiğin dopamin üreten nöronlara özgül hasar oluşturduğunun ortaya konmasıyla gündeme gelmiştir. MPTP'ye yapısal ya

da işlevsel açıdan benzeyen bazı toksik maddelerin de benzer klinik tabloya neden olabileceği bilinmektedir (49).

Kurşun, demir, manganez gibi metaller, alkol ve uyuşturucu madde kullanımı, tarım ilaçları (organofosfatlar, fungisidler, paraquat ve retonon gibi böcek öldürücüler), kuyu suyu kullanımı Parkinson hastalığına yakalanma riskini arttırmaktadır. Ayrıca toksik madde alınımları ve kafa travması gibi durumlar da mitokondriyal disfonksiyon, kan-beyin bariyerinde bozulma, protein birikimi, oksidatif stres, dopaminerjik nöronların dejenerasyonu gibi sebeplerle Parkinson hastalığına yol açabilmektedir (50). 2019 yılında gerçekleştirilen retrospektif bir kohort analizinde, eski profesyonel futbolcular arasında travmatik beyin yaralanmalarının Parkinson hastalığı açısından potansiyel bir risk faktörü olabileceği ortaya konmuştur (51).

COVID-19 pandemisi süresince, bu viral enfeksiyonun parkinsonizm gelişimini tetikleyebileceğini öne süren bazı bilimsel çalışmalar yayımlanmıştır. Koku alma duyusundaki azalma, hem COVID-19 enfeksiyonunda hem de Parkinson hastalığında sık gözlenen bir belirti olup, SARS-CoV-2'nin olfaktör yol aracılığıyla çeşitli nörodejeneratif mekanizmaları başlatabileceği düşünülmektedir (52). Epidemiyolojik ve beslenme temelli gözlemsel çalışmalar, diyet bileşenlerinin Parkinson hastalığının etiyolojisinde potansiyel belirleyiciler olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, doymuş ve doymamış yağ asitleri açısından zengin beslenme modelleri, nöroprotektif etkiler göstererek hastalık riskinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Öte yandan, glisemik indeksi yüksek karbonhidrat kaynaklarının aşırı tüketimi, oksidatif stres ve insülin direnci üzerinden nörodejeneratif süreçleri tetikleyebileceği gerekçesiyle, Parkinson hastalığına yatkınlığı artıran bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Bu bulgular, beslenme stratejilerinin yalnızca metabolik değil, aynı zamanda nörolojik sağlık üzerinde de belirleyici rol oynayabileceğine işaret etmektedir (53).

2.5.4. Genetik faktörler

Parkinson sadece genlere ya da sadece çevresel faktörlere bağlı olmayıp multifaktöriyel gelişen bir hastalıktır. Bu multifaktörler arasında ailesel yatkınlık da yadsınamaz (1). Çalışmalar aile bireylerinde Parkinson hastalığı olanlarda bu hastalığın riskinin üç, dört kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (54). Hastalık başlangıç yaşının otuz yaşından

önce olması genetik yatkınlık oranını oldukça arttırmaktadır (55). Parkinson'a sebep olan otozomal dominant geçişli genlerin başında; alfa synüklein gelmektedir. Bu küçük protein Lewy cisimciklerinin temel bileşenidir. Ve nöral sistemde yaygın şekilde eksprese edilir. Alfa-sinüklein proteinini fibril yapılar oluşturarak agregatlara dönüşmeye yatkın hâle getiren genetik mutasyonların, bu proteini kodlayan gendeki nokta mutasyonları ya da gen çoğalması biçiminde ortaya çıktığı ve otozomal dominant geçiş gösterdiği vakalar literatürde tanımlanmıştır. PARK8 lokusunda bulunan ve lösin açısından zengin tekrar motifleri içeren kinaz 2 (LRRK2) genindeki mutasyonlar, en yaygın otozomal dominant kalıtsal Parkinson Hastalığı tipinin temel nedenidir (56). LRRK2 gen mutasyonuna, Aşkenaz Yahudi topluluğu ile Kuzey Afrika kökenli Arap bireylerde yaklaşık %30 oranında rastlanmaktadır (57). Otozomal resesif kalıtılan Parkinson hastalığının en yaygın genetik nedeni, PARK2 lokusunda yer alan PARKİN genindeki mutasyonlardır. Normal koşullarda PARKİN, mitokondri onarımı süreçlerinde görev alır ve hücresel dengeyi sağlamak amacıyla proteinlerin yıkımına katkıda bulunur. Söz konusu genetik değişiklik, E3 ubiquitin ligazın işlev kaybına neden olarak nörotoksik bileşiklerin hücrede birikimini tetikler (58). Parkin gen mutasyonuna bağlı gelişen parkinsonizm, özgün klinik özellikler sergileyen bir alt tiptir. Motor semptomlar başlangıçta iki taraflı olabilir; erken evrede belirgin distoni gözlemlenebilir. Levodopa tedavisine yüksek yanıt alınmasına rağmen, kısa sürede motor komplikasyonlar gelişme riski yüksektir; bilişsel işlevler ise genellikle korunur (59).

Parkinson hastalığı ile ilişkilendirilen çeşitli genetik mutasyonlar tanımlanmış olsa da, bu mutasyonlar yalnızca bilinen hastalık alt tipleriyle bağlantılıdır ve tüm vakaların %10'undan daha azını açıklamaktadır (60).

2.6. Koruyucu Faktörler

Sigara içiminin, kahve alımının, anti-inflamatuar ajanların kullanımıyla birlikte yüksek plazma ürat seviyelerinin ve düzenli fiziksel aktivitenin, Parkinson hastalığı riskini azaltabileceği düşünülmektedir. Bu tür koruyucu etmenler, hastalığın gidişatını değiştirmeye yönelik araştırmaların planlanmasına katkı sağlamıştır. Özellikle, biyolojik, epidemiyolojik ve klinik açıdan potansiyel koruyucu olarak değerlendirilen yüksek plazma ürat düzeyi bu duruma örnek gösterilebilir (61). Ancak, Eylül 2019'da

tamamlanan ve erken evre Parkinson hastalarında ürik asit öncüsü olan inozin ile yürütülen bir klinik çalışma, serum ve beyin omurilik sıvısındaki ürat düzeylerini yükseltmede etkili olmasına karşın, beklenen olumlu sonuçları vermemiştir. Bu hastalığa ilişkin koruyucu ya da risk artırıcı unsurların sağlıklı biçimde değerlendirilebilmesi için uzun vadeli izlem çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Elde edilen epidemiyolojik bulgular, fiziksel aktivite düzeyi ile Parkinson hastalığına yakalanma olasılığı arasında ters yönlü bir korelasyon olduğunu desteklemektedir (62). Preklinik deneyler, düzenli egzersizin çeşitli nörotrofik faktörlerin üretimini artırarak ve anjiyojenik süreçleri tetikleyerek dopaminerjik sistem üzerinde nöroprotektif etkiler sağladığını göstermektedir (63). İdiopatik Parkinson'a yönelik farmakolojik olmayan müdahaleler arasında yer alan egzersiz uygulamaları, hastalığın ilerleyici etkilerini yavaşlatma potansiyeline sahiptir. Bu bireylerde, sağlıklı kişilerle kıyaslandığında enerji tüketiminin yaklaşık %29 daha düşük olduğu bildirilmiş; bu durum, motor bozulmaların artışına ve günlük işlevselliğin azalmasına katkıda bulunmaktadır (64). Egzersizle birlikte dopamin düzeyleri yükselmekte, nörotransmitter reseptörlerinin duyarlılığı artmakta ve bazal gangliyonlarda görülen aşırı uyarılabilirlik azalmaktadır. Sonuç olarak, egzersiz yalnızca önleyici değil, aynı zamanda hastalık sürecini yavaşlatıcı bir müdahale niteliğindedir (63). Yapılan bazı çalışmalar, kafein alımındaki artışla birlikte idiyopatik Parkinson gelişme riskinde belirgin bir azalma olduğunu göstermiştir (65). Kafein, adenosin A2A reseptörlerini antagonize eden ve dünya genelinde en yaygın tüketilen psikoaktif bileşiklerden biridir. Parkinson hastalığı bağlamında yalnızca sinir hücrelerini koruyucu etkiler sunmakla kalmayıp, aynı zamanda motor ve motor dışı (özellikle bilişsel) semptomlara olumlu katkılar sağladığı kanıtlanmıştır. Deneysel hayvan modellerinde elde edilen bulgular, bu bileşiğin mitokondriyal toksinlerin (MPTP, 6-OHDA, rotenon) yanı sıra alfa-sinüklein (α-Syn) ekspresyonunu modifiye ederek dopaminerjik hücre kaybına karşı koruyucu etkiler sağladığını ortaya koymaktadır. Yakın tarihli çalışmalar, Parkinson modellerinde kafein aracılığıyla otofajik süreçlerin desteklendiğini, bağırsak-beyin ekseninde yer alan mikrobiyota dengesinin etkilendiğini ve α-Syn birikiminin azaltıldığını öne süren yeni mekanizmalar tanımlamıştır (66).

Çeşitli vaka-kontrol ve prospektif çalışmalarda elde edilen bulgular, sigara kullanımının idiyopatik Parkinson hastalığına karşı potansiyel bir koruyucu etkiye sahip olabileceğini göstermektedir (67). Bunlardan birinde, uzun süreli tütün tüketimi ile hastalık riskindeki azalma arasında doza bağlı bir ilişki saptanmıştır (68). 2020 yılında yapılan bir çalışmada

öne sürülen bir hipoteze göre, sigara kullanımı bağırsak mikrobiyotasının yapısını modifiye ederek gastrointestinal inflamasyonun azalmasına katkı sağlayabilir. Nikotinin anti-enflamatuvar mekanizmalar üzerindeki düzenleyici etkisi, enterik sinir sisteminde nörodejeneratif süreçleri tetikleyen alfa-sinüklein proteininin hatalı katlanma düzeyini düşürebilir ve bunun sonucunda patolojik protein birikimlerinin merkezi sinir sistemine yayılımı sınırlandırılabilir (69). Striatal bölgede dopaminerjik, kolinerjik ve nikotinik sistemler arasında kurulan yapısal etkileşimler doğrultusunda; nikotin, dopaminerjik uçlardaki nAChR'lerin aktivasyonu yoluyla dopamin salınımını etkileyerek striatal işlevleri modüle eder. Ayrıca, nikotinin beyin CYP enzimlerini indüklemesi sonucu oluşan enzim düzeyi artışı, nörotoksinlerin detoksifikasyonunu kolaylaştırabilir ve bu da Parkinson patogenezi yavaşlatıcı bir etki yaratabilir (70).

Liu ve arkadaşları, alkol kullanımının idiopatik Parkinson hastalığı tanısı alma olasılığını artırabileceğini öne sürmektedir (71). Bazı araştırmalar, alkolün Parkinson ile ilişkili nöronal dejenerasyona karşı koruyucu etki gösterebileceğini belirtse de, diğer çalışmalar bu iki değişken arasında anlamlı bir bağlantı saptayamamıştır (72). Dolayısıyla, alkol tüketiminin Parkinson gelişimi üzerindeki etkisi konusunda literatürde görüş birliği bulunmamaktadır.

Ürat düzeyleri ile Parkinson hastalığı arasındaki ilişkiye dair ilk bulgular, substantia nigra'da bu antioksidanın miktarının kontrol gruplarına kıyasla azaldığını bildiren postmortem bir incelemeden elde edilmiştir. Ürik asit hem dolaşımda hem de merkezi sinir sisteminde süperoksit, peroksinitrit ve hidroksil radikali gibi reaktif türleri etkisiz hale getiren endojen bir antioksidan olarak bilinmektedir. Ayrıca, bu bileşiğin Parkinson tanısı almış bireylerin kaudat ve substantia nigra bölgelerinden elde edilen örneklerde dopaminin oto-oksidasyon sürecini yavaşlattığı tespit edilmiştir (73). İspanya, Finlandiya, Yunanistan, ABD ve Çin'de yürütülen çok sayıda vaka-kontrol araştırmasında, sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında Parkinson tanılı kişilerde plazma veya serum ürat konsantrasyonlarının sürekli olarak daha düşük seviyelerde olduğu rapor edilmiştir. Artmış serum ürik asit konsantrasyonları ise Parkinson hastalığına yakalanma ihtimalinin anlamlı biçimde azaldığı durumlarla ilişkilendirilmiştir (74, 75). İlişkili bulunan bir diğer biyobelirteç ise Koenzim Q10'dir. Koenzim Q10 düzeylerinin İdiopatik Parkinson Hastalığı tanılı bireylerde azalmış olduğu ve bu azalmanın hastalığın ilerlemesiyle birlikte daha da belirginleştiği saptanmıştır (76).

2.7. Patolojisi ve Patofizyolojisi

Parkinson hastalığında öne çıkan patolojik unsurlar arasında dopamin üreten nöronların azalması, substantia nigra'nın pars compacta bölümünde pigment kaybı ve Lewy yapılarının varlığı bulunmaktadır (77). Bu nörodejeneratif süreçte, beyinde yaygın kortikal atrofi gözlemlenmemekte; sinir hücresi kayıpları yalnızca spesifik anatomik bölgelerde ve seçici nöronal alt gruplarda sınırlı kalmaktadır. Hastalığın erken evrelerinde, dopamin üreten nöronların dejenerasyonu özellikle ventrolateral substantia nigra bölgesinde yoğunlaşmakta olup, mezensefalon içerisinde yer alan diğer dopaminerjik nöron popülasyonları bu aşamada büyük oranda korunmaktadır. Ancak süreç ilerledikçe, bu sinir hücrelerinin kaybı daha geniş beyin alanlarını kapsayacak şekilde yayılım gösterir (78, 79). Parkinson hastalığında nörodejeneratif süreç öncelikli olarak substantia nigra adı verilen mezensefalik çekirdekte yoğunlaşır; bu bölgenin özellikle pars compacta kısmı, dopamin sentezleyen nöronları içermesi nedeniyle motor kontrol açısından kritik öneme sahiptir. Dopamin, motor korteks ile striatum arasındaki iletişimi modüle ederek hareketin başlatılması, sürdürülmesi ve durdurulmasında görev alır. Substantia nigra pars compacta'daki dopaminerjik nöronların ölümüne bağlı olarak dopamin seviyelerinde belirgin bir azalma meydana gelir. Bu nörokimyasal azalma, bazal gangliyon devreleri içerisinde yer alan doğrudan (D1 reseptör aracılı) ve dolaylı (D2 reseptör aracılı) yolların işleyişini bozar. Özellikle globus pallidus internus ve subthalamic nucleus üzerinden talamokortikal uyarının inhibisyonu artar. Sonuç olarak, istemli motor hareketlerde yavaşlama (bradikinezi), kas tonusunda artış (rijidite) ve istirahat tremoru gibi temel motor belirtiler ortaya çıkar. Moleküler düzeyde ise α -sinüklein protein birikimi, mitokondriyal disfonksiyon, oksidatif stres ve nöroinflamasyon, bu nöronal kaybı hızlandıran patojenik mekanizmalar arasında yer almaktadır (80-82).

Parkinson hastalığının karakteristik patolojik bulgularından biri, alfa-sinüklein adlı proteinin çözünmeyen agregatlar oluşturarak hücre içinde birikmesidir; bu yapılar literatürde Lewy cisimcikleri olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu protein birikimi, hücresel düzeyde stres yanıtlarını tetiklemekte ve bu süreçler çoğu zaman apoptoz ile sonuçlanmaktadır. Alfa-sinüklein agregasyonunun, endoplazmik retikulum stresi, mitokondriyal disfonksiyon ve proteostaz bozuklukları gibi çeşitli patofizyolojik mekanizmaları harekete geçirdiği düşünülmektedir. Bu patolojik yapılar sadece

substantia nigra bölgesiyle sınırlı kalmayıp, limbik sistem ve kortikal alanlar gibi diğer beyin bölgelerine de yayılım gösterebilir. Bu yayılım bilişsel yıkım, duygudurum dengesizlikleri ve diğer non-motor semptomlarla ilişkilendirilmiştir. Lewy patolojisi, Parkinson hastalığını diğer nörodejeneratif tablolardan ayıran önemli bir biyobelirteç olarak değerlendirilse de benzer yapılar Lewy cisimcikli demans ve bazı atipik parkinsonizmler gibi hastalıklarda da gözlenebilmektedir. Bu oluşumların moleküler düzeyde anlaşılması, hastalığın seyrine müdahale etmeye yönelik geliştirilebilecek terapötik stratejiler açısından büyük önem taşımakta olup, bu alan günümüzde nörodejenerasyon araştırmalarında aktif olarak incelenmektedir (83).

Parkinson hastalarında gözlemlenen nöroinflamatuvar süreçler, postmortem incelemelerde yaygın biçimde saptanan karakteristik patolojiler arasındadır. Bu analizler, inflamatuvar yanıtın esas itibarıyla mikrogial hücrelerin aktive olmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Mikroglialinin etkinleşmesi sonucunda NF-kB yolu üzerinden TNF-alfa, IL-6 ve prostaglandin benzeri proinflamatuvar sitokinlerin salınımı gerçekleşir. Bu hücrel aktivite artışı, sinir dokusunda inflamatuvar tepkilerin güçlenmesine ve fagositik işlevlerin belirginleşmesine neden olmaktadır. Deneysel hayvan modellerinde yapılan çalışmalar, substantia nigra bölgesinde mikrogial hücre yoğunluğunun artmasıyla birlikte dopamin üreten nöronların sayısında dikkat çekici bir azalma yaşandığını ortaya koymaktadır (84). Enerji üretimi açısından temel bir organel olan mitokondri, aynı zamanda kalsiyum dengesi ve hücrel ölüm süreçlerinin düzenlenmesi gibi çeşitli yaşamsal fonksiyonlarda görev almaktadır. Parkinson hastalığı ile ilişkili mitokondriyal işlev bozuklukları üzerine çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmıştır (85). Bu hastalıkta mitokondriyal DNA'nın (mtDNA) bütünlüğünün bozulduğu ve bunun sonucunda dopaminerjik sinir hücrelerinde kayıplar meydana geldiği öne sürülmektedir. Bu nedenle, söz konusu dengesizliğin PH'nin patofizyolojik mekanizmalarından biri olduğu düşünülmektedir (86). Mitokondriyal hasar, bu yapıların otofaji ile uzaklaştırılmasıyla sonuçlanmakta ve bu sürece mitofaji adı verilmektedir. PH'de mitofajinin, proteinler arası etkileşimlerle düzensiz şekilde aktive olduğu ve bu durumun işlevini yitirmiş mitokondrilerin elimine edilmesine neden olduğu gösterilmiştir (87). Endoplazmik retikulum içerisinde yanlış biçimlenmiş proteinlerin birikimi, hücrel stres yanıtlarını devreye sokarak şaperon proteinlerinin ve strese bağlı bazı faktörlerin gen düzeyindeki ifadesinin artmasına neden olan bir geri bildirim sürecini başlatır. Bu yanıt, endoplazmik retikulum fonksiyonunun sürekliliğini sağlamak adına geliştirilen homeostatik bir

mekanizma olarak tanımlanabilir. Doğru şekilde katlanmamış proteinler, endoplazmik retikuluma özgü yıkım yollarıyla elimine edilirken; yanlış yapı kazanmış olanlar sitozole yönlendirilerek ubiquitin–proteazom sistemi ile lizozomal süreçler aracılığıyla ortadan kaldırılır. Bu tür stres yanıtlarının, Parkinson hastalığının gelişiminde etkili olabileceği ileri sürülmektedir (88).

2.8. Klinik Belirti ve Bulgular

Parkinson hastalığında, ilk motor belirtilerin gözlemlenmesi, substantia nigra'daki dopaminerjik nöronların yaklaşık %60–70'inin dejenerasyonuna bağlı olarak ve tahmini 4 ila 6 yıllık bir preklinik süreci takiben gerçekleşmektedir (89).

Parkinson hastalığının semptomatik evresinin başlangıcında, en erken klinik belirtiler arasında etkilenen üst ekstremitelerde ince motor becerilerde azalma, el yazısında karakteristik boyut küçülmesi (mikrografi), yüz kaslarında ekspresyonel hareketlerin azalması (hipomimi), yürüyüş sırasında unilateral bacakta motor donukluk ve ayağın sürünmesi yer almaktadır. Hastalığın genç başlangıçlı formlarında, özellikle yürüyüş esnasında belirginleşen tek taraflı ayak distonisi nadiren de olsa prodromal dönemi izleyen ilk başvuru nedeni olabilir (90, 91). Hastalığın progresyonu süresince başlangıçta izlenen unilateral semptomatoloji, genellikle ipsilateral ekstremitte boyunca yayılım gösterir ve zamanla kontralateral ekstremitelerde de benzer motor bulgular ortaya çıkmaya başlar (92).

Erken motor evrede en sık gözlemlenen ilk semptom, etkilenen elde istirahatte görülen tremor ile bu ekstremiteye ait yürüyüş esnasındaki kol salınım hareketinin amplitüdünde belirgin bir azalmadır. Tremor vakalarının küçük bir alt grubunda, titreme ayakta, çenede ya da dilde başlayabilirken, baş tremoru tipik olarak Parkinson hastalarında beklenen bir bulgu değildir. Tremor eşlik etmeksizin izlenen bradikinezi de hastalığın başlangıç belirtisi olarak ortaya çıkabilir. Bradikinetik belirtiler çoğu zaman yürüyüşe eşlik eden kol salınımının asimetrik azalması biçiminde klinik olarak fark edilir hale gelir (92). Bu hastalığa özgü motor belirtiler belirgin şekilde lateralize olur; bu asimetrik dağılım yalnızca başlangıç evresine özgü olmayıp hastalık süreci boyunca da çoğu vakada korunur (92). Yapılan çalışmalarda, bu lateralizasyonun ilerleyici dejenerasyona rağmen nöronal hasarın başlangıç paternine paralel şekilde sürdüğü gösterilmiştir. Bu bulgu,

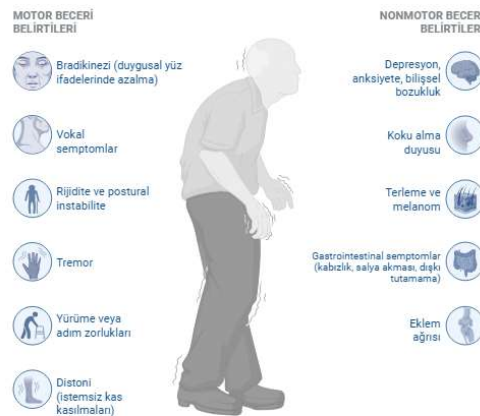
Parkinson patofizyolojisinde bölgesel nöronal duyarlılığın ve selektif nöron kaybının belirleyici rol oynadığını düşündürmektedir (93).

İPH, etiyopatogenezi tam olarak aydınlatılamamış, küratif tedavisi bulunmayan, ilerleyici seyirli bir nörodejeneratif bozukluk olarak tanımlanmaktadır. Klinik olarak; istirahat tremoru, bradikinezi, rijidite ve postural instabilite gibi temel motor semptomlarla birlikte; gövdenin öne eğik duruşu, yürüyüşte hızlanma (festinasyon), eşlik eden hareketlerde azalma (akinezi), konuşma bozuklukları (dizartri) ve yutma güçlüğü (disfaji) gibi ikincil motor bulgular da gözlemlenebilir. Bununla birlikte, ağrı, kas yorgunluğu, REM uykusu davranış bozukluğu, depresyon, anksiyete, apati, demans ve psikoz gibi nöropsikiyatrik ve duyuşal semptomlar da tabloya eşlik edebilmektedir. Ayrıca, otonom sinir sisteminin tutulumu sonucunda gelişen cinsel disfonksiyon, konstipasyon, üriner inkontinans, postural hipotansiyon, paroksizmal terleme ve ateş basması gibi non-motor belirtiler, hastalığın klinik spektrumunu daha da karmaşık hâle getirmektedir (89). Araştırmalar, alfa-synüklein protein agregasyonunun dikkate alındığı durumlarda, patolojik süreçlerin substantia nigra'dan çok önce başladığını ve ilk olarak olfaktör yapıların, kaudal beyin sapı bölgelerinin ve periferik otonom sistemin (özellikle kardiyak ve gastrointestinal sistemler) etkilendiğini ortaya koymaktadır (94). Zamanla bu patolojiye yaygın kortikal tutulumun da eşlik ettiği gözlemlenmektedir. Prodromal evrede en sık rastlanan belirtiler arasında hipozmi, konstipasyon, depresif semptomlar, REM uykusu davranış bozukluğu (REM-UDB) ve Q-T intervalinde uzama yer almakta; bu semptomlar aynı zamanda erken nöropatolojik değişimlerle de örtüşmektedir (95). Bununla birlikte, bu prodromal bulguların çoğu (özellikle REM-UDB dışındakiler) tek başına değerlendirildiğinde özgüllükten uzak olup, İdiyopatik Parkinson Hastalığı'nın (İPH) öngörüsü açısından sınırlı prediktif değere sahiptir (96). İdiyopatik Parkinson Hastalığı (İPH), klinik seyir bakımından bireyler arasında belirgin heterojenlik sergileyen, multifaktöriyel bir nörodejeneratif bozukluktur. Bu klinik varyasyonun temelinde, hastalığın başlangıç evresinde baskın olan motor belirtilerin tipi (örneğin tremor-dominant, akinetik-rijid tip) kadar, motor semptomların vücut yarımları arasındaki dağılım paterni (asimetrik/simetrik tutulum), ilerleme hızı ve nöromotor sistem dışındaki eşlikçi semptomlar yer alır (89). Özellikle başlangıçta unilateral tutulum gösteren semptomların zamanla bilateral hale gelmesi, hastalığın dinamik doğasına işaret etmektedir (15). Motor belirtilerin yanı sıra, İPH'nin seyri boyunca ortaya çıkan non-motor semptomlar, hastalık yükünü önemli ölçüde artırmaktadır. Otonom sinir sistemi

disfonksiyonu, özellikle ortostatik hipotansiyon, hastalarda senkop, baş dönmesi ve düşme riskinde artış gibi yaşam kalitesini doğrudan etkileyen komplikasyonlara neden olabilmektedir (97). Ayrıca, REM uykusu davranış bozukluğu (REM-UDB), üriner inkontinans ve konstipasyon gibi non-motor belirtiler de yüksek prevalansla bildirilmekte olup, hastaların hem fiziksel hem de psikolojik iyilik hâlini bozabilmektedir. REM-UDB, hastalığın prodromal döneminde dahi görülebilen önemli bir biyobelirteç olarak değerlendirilmektedir (98). Bu motor dışı semptomların klinik yönetimi, yalnızca hastalığın progresyonunu değil, aynı zamanda terapötik yanıtı ve hastaya özgü bireysel bakım planlamasını da doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, İPH'nin tanı ve izlem süreçlerinde motor olmayan belirtilerin erken saptanması, multidisipliner tedavi yaklaşımlarının etkinliği açısından büyük önem taşımaktadır (99).

2.8.1. Bradikinezi

Parkinson hastalığının tanısında ilk ve temel adım, hareketlerin yavaşlamasıyla karakterize edilen bradikinezi bulgusunun saptanmasıdır. Motor sistemdeki işlev bozuklukları arasında yer alan akinezi (hedefe yönelik hareketin başlatılamaması veya belirgin gecikme) ve hipokinezi (hareket amplitüdünde azalma), terminolojik olarak farklı olsalar da klinik gözlemde çoğunlukla bradikinezi kapsamında değerlendirilir. Bu kapsam, yalnızca hareket hızında azalmayı değil, aynı zamanda Parkinson'da gözlenen



Şekil 2.3. Parkinson hastalığının semptomları

otomatik motor davranışların azalması ya da kaybını da içermektedir (100). Yürüyüşle ilişkili kol salınım hareketlerinde azalma, adım hızındaki yavaşlama, el yazısının

küçülmesi (mikrografi), mimik kaslarının ifadesizleşmesi (hipomimi) ile birlikte monoton ve düşük yoğunluklu konuşma gibi semptomlar, bradikinezi kapsamında değerlendirilebilecek klinik belirtiler arasında yer almaktadır. Bu belirti grubunun varlığı, hastaya oturma pozisyonundan ayağa kalkma, yatakta yön değiştirme, araçtan inme ya da kıyafetlerini giyme gibi günlük yaşam aktivitelerinde güçlük yaşayıp yaşamadığı sorularak sorgulanabilir. Klinik değerlendirme sırasında ise, baş ve işaret parmaklarının art arda temas ettirilmesi, elin açılıp kapanması, ön kolun pronasyon-supinasyon hareketleri ile ayak tabanının zeminden kaldırılıp indirilmesi gibi testlerle motor performansın hızı ve hareket genliği gözlemlenerek analiz edilir (101).

Kesintisiz motor aktivite sırasında, özgün bradikinezi tablosu genellikle ilerleme gösterir; bu süreçte hareketlerin amplitüdü azalır ya da performans düşer. Bradikinezi, İdyopatik Parkinson Hastalığı'nın tanısında temel bir klinik ölçüt olarak kabul edilmekle birlikte, özellikle hastalığın tremor-dominant fenotipiyle seyreden erken evrelerinde bu semptomun doğrudan saptanması güç olabilir (102).

2.8.2. Tremor

Parkinson hastalarının yaklaşık %70 ila 75'inde gözlenen, hastalıkla sık ilişkilendirilen temel motor belirtilerden biridir. Genellikle istirahat esnasında kendini gösterir ve başlangıçta unilateral, yani vücudun yalnızca bir yarısında ortaya çıkar. Özellikle el bölgesinde izlenen, "parmak uçlarının birbirine sürtülmesi" şeklinde tanımlanan hareket paterni (sıklıkla "para sayma" olarak adlandırılır) karakteristiktir. Tremorun şiddeti emosyonel stres gibi dışsal faktörlerle artış gösterebilirken, uyku sürecinde kaybolduğu gözlemlenmektedir. Hastalığın ilerleyen safhalarında, titreme semptomları genellikle vücudun diğer yarısına da yayılım gösterebilir ve bilateral hâle gelir (103). Tremorun frekansı genellikle 4 ila 6 Hz arasında değişkenlik gösterir. En yaygın olarak ellerde izlenmekle birlikte, üst ve alt ekstremitelerde (kol, bacak, ayak), ayrıca çene, dudak ve dilde de meydana gelebilir. Baş bölgesinde görülen tremor ise daha çok esansiyel tremor lehine değerlendirilir. Duygusal uyarılar, özellikle heyecan ve anksiyete, tremorun şiddetini artırabilmektedir. Bazı olgularda uyku sırasında da izlenebilir. Parkinson hastalarında klasik istirahat tremoruna ek olarak postural ve aksiyon tremoru da gözlemlenebilir. Özellikle istirahat pozisyonundan postural pozisyona geçiş esnasında

tremorun yaklaşık 9 saniyelik bir gecikmenin ardından yeniden ortaya çıkması, Parkinson lehine özgül bir bulgu olarak kabul edilir. Literatürde, hastalığın seyrinde postural instabilitenin ön plana çıktığı ileri evrelerde tremor semptomlarının gerileyebileceği gösterilmiştir (104).

2.8.3. Rijidite

Rijidite, eklem çevresinde pasif harekete karşı gelişen kas direncinin hızdan bağımsız şekilde artması durumu olarak tanımlanır. Klinik değerlendirmede muayene eden uzman tarafından saptanan bu belirti, hasta tarafından genellikle “sertlik” hissi şeklinde algılanır ve bu biçimde ifade edilir. Kavramsal olarak, pasif hareket sırasında eklemde gözlenen artmış kas tonusu şeklinde ortaya çıkar (100). Parkinson hastalığında gözlenen tek taraflı rijidite, etkilenen eklem hareket açıklığında belirgin bir azalmaya neden olurken, özellikle omuz bölgesinde hissedilen ağrılar ile kendini gösterebilir. Bu durum çoğu zaman hastaların ortopedi, fizik tedavi ve rehabilitasyon gibi farklı tıp disiplinlerine başvurarak yanlış tanı almasına neden olabilir. Rijiditenin bu şekilde atipik sunumu, tanısal sürecin gecikmesine ve dolayısıyla hastalığın uygun yönetiminin ötelenmesine yol açabilir. Ayrıca rijiditenin neden olduğu kas tonusu artışı, hastaların geceleri yatakta dönmelerini zorlaştırarak hem uyku kalitesini hem de genel yaşam konforunu olumsuz etkileyebilir (102).

Hastalığın erken evrelerinde özellikle gövde merkezli (aksiyel) rijiditenin belirgin olması tipiktir; bu tür rijidite daha çok progresif supranükleer palsi (PSP) gibi Parkinson dışı atipik parkinsonian sendromlarda gözlemlenir ve ayırıcı tanıda klinisyen için önemli bir ipucu sağlar. Rijiditenin objektif değerlendirmesinde, Parkinson hastalığına özgü kas tonusu artışının; paratoni (gegenhalten) adı verilen ve genellikle frontal lob patolojileriyle ilişkilendirilen, pasif harekete karşı değişken ve bilinçli olmayan kas direncinden ayrılması büyük önem taşır. Ayrıca, esansiyel tremor ya da diğer tremor spektrum bozukluklarında karşılaşılan “dişli çark fenomeni” ile karıştırılmaması tanı doğruluğu açısından kritiktir. Muayene sırasında rijidite belirgin değilse veya subjektif olarak algılanamıyorsa, Froment fenomeni adı verilen klinik manevra uygulanabilir. Bu yöntemle, hastadan karşı ekstremitesiyle istemli bir motor görev yapması istenir; bu esnada muayene edilen uzuvda rijiditenin ortaya çıkması ya da artması sağlanabilir. Bu

fenomen, rijiditenin ortaya çıkışını kolaylaştırarak özellikle hafif olgularda tanısal duyarlılığı artırmak açısından yararlı bir tekniktir (100).

2.8.4. Postüral instabilite (duruş bozukluğu)

Bu belirti, genellikle hastalığın ileri safhalarında ortaya çıkar ve postüral reflekslerdeki bozulmalar sonucunda dengeyi koruma kapasitesinde azalmaya yol açar. Postüral instabilite, hastalarda denge kaybı ve buna bağlı düşme riskinde artışla karakterizedir. Denge bozukluğu, bireylerin bağımsız yaşamlarını ciddi ölçüde kısıtlayan bir klinik bulgu olup, bu tabloya karşı dopaminerjik tedaviler genellikle etkisiz kalmaktadır. Tedaviye dirençli bu semptomun yönetiminde, derin beyin stimülasyonu uygulamalarının dikkat çekici ölçüde olumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir (105). Klinik değerlendirme amacıyla kullanılan çekme testi, hekimin hastanın arkasında konumlanarak omuzlardan ani ve güçlü bir şekilde geriye çekmesiyle gerçekleştirilir. Sağlıklı postüral reflekslere sahip bireylerin, bu durumda en fazla bir veya iki adımda dengeyi yeniden sağlaması beklenir. Eğer birey daha fazla adım atmak zorunda kalır ya da düşmesini engellemek için fiziksel destek gerekirse, bu durum postüral instabilite lehine yorumlanır (75). Ancak bu bulgu yalnızca Parkinson hastalığına özgü değildir; yaşlı bireylerde de sık gözlenebilen bir durumdur. Bu nedenle, postüral instabilite Parkinson hastalığının başlangıç tanısında sınırlı değere sahip olmakla birlikte, klinik uzman açısından alternatif tanımlar veya birlikte seyreden durumların değerlendirilmesi bakımından faydalı ipuçları sağlayabilir (106).

2.8.5. Diğer motor bulgular

Bradikinezi, tremor, rijidite ve postüral instabilite Parkinson hastalığının temel motor semptomları arasında yer almakla birlikte, bunların ötesinde çeşitli ek motor belirtiler de klinik tabloda önemli yer tutmaktadır. Bu ikincil motor bulgular; yürüyüş bozuklukları, donma (freezing of gait), istemsiz hareket artışı (diskinezi), yüz mimiklerinde azalma (hipomimi), maske yüz görünümü, yutma güçlüğü (disfaji), ses kısıklığı ve monoton konuşma (hipofoni), oküler hareketlerde kısıtlılık, yürüyüş sırasında adım boyunun azalması ve ivmelenme ile karakterize festinasyon, torakolomber omurganın istemsiz fleksiyonu ile seyreden kamptokormia ve gövdenin yana eğilmesi ile karakterize Pisa

sendromu şeklinde sınıflandırılabilir. Pisa sendromu; sıklıkla uzun süreli dopamin antagonisti antipsikotik ajanların kullanımı sonrasında gelişen, aksiyel kas tonusunun asimetrik artışı nedeniyle gövdenin lateral deviasyonu ve sagittal düzlemde hafif posterior rotasyonu ile tanımlanan kompleks bir postural deformitedir. Bu durum hareket sırasında belirginleşirken, otururken ya da sırtüstü yatış pozisyonunda semptomların gerileyebildiği gözlenmektedir (107). Festinasyon; anteropulsiyon sonucu ağırlık merkezinin öne kayması nedeniyle hastaların dengesini koruma çabasıyla kısa ve hızlı adımlar atarak yürümelerine yol açan karakteristik bir yürüyüş bozukluğudur. Kamptokormia ise; kazanılmış postural deformiteler arasında yer almakta olup, torakolomber omurganın öne doğru fleksiyonu ile seyreden, istemsiz ve progresif eğilme ile karakterize klinik bir antitedir. Kamptokormia bazen “bükülmüş omurga sendromu” veya “histerik kifo” olarak da adlandırılmaktadır. Bu motor bozukluklar, Parkinson hastalarının fonksiyonel kapasitesini sınırlayarak yaşam kalitesini olumsuz etkileyen ve multidisipliner bir yaklaşımla değerlendirilmesi gereken önemli klinik bulgulardır (108).

2.8.6. Non-motor bulgular

Non-motor belirtilerin başlangıcı ile Parkinson gelişimi arasındaki bağın açıklığa kavuşturulması, hastalığın patolojik mekanizmalarının anlaşılması bakımından kritiktir. Parkinsonun erken safhasının tanınması klinik olarak oldukça zordur. Motor belirtiler görünmeden yaklaşık bir dekad önce REM uyku bozukluğu, bağırsak hareketlerinde azalma, koku duyusunun zayıflaması ve ağrı gibi bulgular gözlenebilir (109). Tanı, dopaminerjik yetersizliğin yol açtığı motor bulgulara dayansa da kolinerjik, serotonerjik ve noradrenerjik sistemlerdeki bozulmalar da çeşitli motor dışı semptomların ortaya çıkmasına katkı sağlar. Örneğin, hiposmi, REM uyku bozukluğu, depresif belirtiler ve bağırsak fonksiyon bozuklukları motor şikayetlerden yıllar önce gelişebilir (110).

Anosmi, İdiopatik Parkinson hastalığının erken dönemlerinde sık karşılaşılan non-motor semptomlardan biridir. Pek çok hastada motor belirtilerden önce başlamakta ve tanıdan yıllar önce kendini gösterebilmektedir. Bu durum, bulbus olfactorius ve tractus olfactorius dejenerasyonu ile ilişkilendirilmektedir. Koku alma duyusundaki bu bozulma, Parkinson hastalığının nörodejeneratif sürecine ait potansiyel bir biyobelirteç olarak değerlendirilmektedir ve erken tanıda değerli bilgiler sağlayabilir. Bu bağlamda, bulbus

olfactorius, tractus olfactorius ve insula'nın volümetrik ölçümleri, erken tanı süreçlerine katkı sağlayabilmektedir. Araştırmalar, Parkinson hastalarının %90'ından fazlasında olfaktör disfonksiyon geliştiğini ve bunun substantia nigra ile limbik sistemdeki patolojik değişimlerle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (109).

Otonomik disfonksiyon, İdiopatik Parkinson hastalığında sık karşılaşılan non-motor belirtilerden biridir ve hastaların yaşam kalitesini ciddi şekilde olumsuz etkileyebilir. Bu disfonksiyon; kabızlık, ortostatik hipotansiyon (ayağa kalkıldığında tansiyon düşmesi), üriner problemler ve cinsel işlev bozuklukları şeklinde klinik tabloya yansımaktadır (98). Parkinson hastalarında konstipasyon gelişimi, bağırsak mikrobiotasındaki değişiklikler ve bağırsak bariyer bütünlüğünün bozulmasıyla ilişkili disbiyozis ve inflamatuvar süreçlere bağlanmaktadır (111). Kardiyovasküler sistemdeki otonomik disfonksiyon ise hem preganglionik (barorefleks kaybı) hem de postganglionik (sempatik denervasyon) etkilenimlerle karakterize olup, bu kombinasyon nörojenik ortostatik hipotansiyona neden olmaktadır (112). Ayrıca, siyalore, artmış terleme, üriner ve seksüel disfonksiyon da hastalarda sık görülen diğer otonomik non-motor belirtiler arasında yer almaktadır. Üriner sistemde; acil idrar yapma ihtiyacı, sık idrara çıkma ve idrar retansiyonu gözlenmekte olup, bu bulgular detrusör kas aktivitesindeki anormalliklerle ilişkilidir. Erken dönemde erektil disfonksiyon ve ejakülasyon bozuklukları da non-motor semptomlar arasında ortaya çıkabilmektedir (113).

Uyku bozuklukları, Parkinson hastalarında sık karşılaşılan non-motor belirtilerdendir ve REM uykusu davranış bozukluğu (RBD), huzursuz bacak sendromu ve gündüz aşırı uyku hali gibi çeşitli uyku sorunlarını içermektedir. Özellikle REM uykusu davranış bozukluğu (RBD), rüya görme sırasında hastaların kas atonisini sağlayamaması nedeniyle rüyalarını fiziksel olarak yaşamasıyla karakterize edilen bir parasomni tablosudur. Bu durum, Parkinson hastalığının ilerleyici yapısının erken bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. RBD'de hastalar uykuda iken istemsiz ve şiddetli hareketler sergileyebilirler (114). Hiposmiden farklı olarak, RBD; Parkinson hastalığı ve Lewy cisimcikli demans gibi sinükleinopatiler açısından daha özgül bir klinik belirti niteliği taşımaktadır. Parkinson hastalarında RBD'nin varlığı, nörodejeneratif sürecin prodromal evrelerinde tanısal açıdan önemli ipuçları sağlayabilir (3).

Yorgunluk, Parkinson hastalarının %50'sinden fazlasında görülen ve hem yaşam kalitesini hem de günlük işlevselliği önemli ölçüde olumsuz etkileyen yaygın bir non-

motor semptomudur. Etiyoloji ve patofizyolojisinin çok faktörlü bir yapıya sahip olması, tedavi yaklaşımlarında zorluklara neden olmaktadır. Farklı biyolojik, psikolojik ve çevresel mekanizmaların etkileşimi, bu semptomun yönetimini kompleks hale getirmektedir (115).

Bilişsel Bozukluk ve Demans; Parkinson hastalığı ilerledikçe hastaların yaklaşık %20-50'sinde bilişsel bozukluk gelişmekte, ileri evrelerde ise demans prevalansı %80'e kadar yükselmektedir. Etkilenen bilişsel alanlar arasında dikkat, yürütücü işlevler, hafıza ve görsel-uzaysal beceriler öne çıkmaktadır. Sinsi başlangıçlı ve yavaş seyirli olan Parkinson hastalığı demansı (PHD), özellikle yürütücü işlevler ve dikkat üzerinde belirgin bozulmalara yol açar. Hastalığın seyri sırasında psikoz gelişimi sıkça gözlemlenmektedir. Bu özellikleriyle PHD, bellek ve dil fonksiyonlarının daha fazla etkilendiği Alzheimer hastalığı demansından ayırt edilmektedir (5).

Parkinson hastalarında depresyon ve anksiyete yaygındır. Motor semptomların yanı sıra kaygı, ümitsizlik ve emosyonel dalgalanmalar yaşanabilir. Bu psikiyatrik belirtiler, hastalığın erken ya da ileri dönemlerinde görülebilir. Depresyon, bağımsız bir klinik durum olarak veya hareket bozukluğunun psikososyal etkisiyle ortaya çıkabilir. Depresif semptomlar, hastaların %40-60'ında saptanmakta; motor bulgular başlamadan önce veya hastalığın herhangi bir aşamasında gelişebilmektedir. Anksiyete ile panik ataklar ise sıklıkla eşlik eden diğer bulgulardandır (116).

Ağrı ve Duyusal Bozukluklar; Parkinson hastalarında sık görülen non-motor belirtilerden biri ağrıdır ve tanınma oranı giderek artmaktadır. Görülme sıklığı %40-85 arasında değişir. Hastalık ilerledikçe bu oran yükselme eğilimindedir. Ağrı çok etkenli bir yapıya sahiptir ve olası klinik ya da anatomik niteliklere göre beş grupta sınıflanır: iskelet-kas kaynaklı, radiküler veya nöropatik, distoniyle bağlantılı, akatitik türde ve primer parkinsoniyen ağrı (10). Parkinson hastalığı bulunan bireylerde dokunma duyusuna ilişkin hassasiyetin azaldığı bildirilmektedir (117). Dokunsal algı; motor sistemden kaynaklanan komutlarla ilişkili olarak ortaya çıkan proprioseptif, taktil ve basınç duyularının bir araya getirilmesiyle oluşur (118). Bu bağlamda, proprioseptif sistemdeki değişimlerin daha ayrıntılı biçimde ele alınması mümkündür. Bazal gangliyon yapıları hem görsel girdileri hem de proprioseptif kaynaklı bilgileri alır; ancak Parkinson hastalığında bu yapılardaki dopamin düzeyinin azalması, söz konusu bilgilerin uygun biçimde bütünleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Propriyosepsiyon, motor işlevlerin yerine

getirilmesinde kritik öneme sahiptir. Bu sistemde meydana gelen bozulmalar; istemli hedefe yönelik hareketlerin gerçekleştirilmesi, refleks yanıtların ortaya çıkışı ve duruşun korunması gibi çeşitli motor beceriler üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (119).

2.9. Tanı Kriterleri

Günümüzde Parkinson hastalığının tanısında hâlâ 1992 yılında klinikopatolojik çalışmalar temelinde geliştirilen “Birleşik Krallık Parkinson Hastalığı Derneği Beyin Bankası Klinik Tanı Ölçütleri” esas alınmaktadır (Tablo 2.1). Bu ölçütler kapsamında, tanı koyulabilmesi için bradikinezi varlığı zorunlu olup; buna ek olarak istirahat tremoru, rijidite ya da postüral dengesizlik bulgularından en az birinin daha bulunması gerekmektedir. Ayrıca, hastalığın başlangıcında belirtilerin asimetrik seyretmesi ve levodopa tedavisine yanıt alınması da tanıyı destekleyen kriterler arasındadır. Buna ek olarak, tanıyı güçlendirmek için en az üç destekleyici kriterin bulunması ve herhangi bir dışlayıcı kriterin olmaması zorunludur (120).

Tablo 2.1. Birleşik Krallık Parkinson Hastalığı Derneği Beyin Bankası Klinik Tanı Ölçütleri

Kriter Türü	Kriterler
1. Giriş Kriterleri (Tanı için gerekli olanlar)	- Bradikinezi (Hareketlerde Yavaşlama): İstemli hareketlerin yavaşlaması ve azalmış hızda devamlılık. - Aşağıdaki ek bulgulardan en az biri: • Kas rijiditesi (sertlik). • İstirahat tremoru (4-6 Hz). • Postüral instabilite (denge bozukluğu), primer görsel, vestibüler, serebellar veya proprioseptif bozukluklar olmaksızın.
2. Dışlama Kriterleri (Parkinson hastalığını dışlayan bulgular)	- Tekrarlayan inme öyküsü: Belirgin basamaklı progresyona neden olan. - Tekrarlayan kafa travması öyküsü. - Ensefalit öyküsü. - Başlangıçta veya hastalık seyrinde ortaya çıkan: • Göz hareketleri bozuklukları (örneğin supranükleer bakış felci). • Şiddetli otonomik disfonksiyon. • Erken, ciddi demans. • Babinski işareti ile piramidal bulgular. - Beyin tümörü ya da serebral enfarkt gibi alternatif nörolojik nedenlerin bulunması. - İlaçlarla indüklenen parkinsonizm. - Negatif Levodopa (L-dopa) yanıtı (yeterli doz ve sürede verilmesine rağmen).

Kriter Türü	Kriterler
	- Erken başlangıçta (>70 yaş öncesinde) serebellar bulgular. - Wilson hastalığı veya Huntington hastalığı gibi başka genetik ya da nörolojik bir hastalığın varlığı.
3. Destekleyici Kriterler (Parkinson hastalığı tanısını güçlendiren bulgular)	- Tek taraflı başlangıç (hastalığın ilk belirtilerinin vücutta tek bir tarafta olması). - İstirahat tremoru. - Hastalık progresyonunun sürekli olması. - Levodopa'ya mükemmel yanıt (>5 yıl). - Levodopa kullanımının motor komplikasyonlara yol açması (diskinezi veya "on-off" dalgalanmaları). - Levodopa tedavisine uzun süre (>10 yıl) devam edilebilmesi.

Günümüzde Hareket Bozuklukları Derneği (Movement Disorders Society- MDS), Parkinson hastalığının tanısına yönelik yeni kriterler ortaya koymuştur. Bu kriterlerin temelinde, parkinsonizm bulgularının varlığı yer almaktadır. Bradikineziye ek olarak, rijidite ya da tremorun eşlik etmesi gerekliliği vurgulanmaktadır. Ayrıca, MDS kriterlerinde, BKPHDBB kriterlerinden farklı biçimde, postüral instabilite esas tanısal bulgular arasında değerlendirilmemektedir. MDS tarafından önerilen klinik tanı sistemine göre, parkinsonizm mevcut olduğunda kesin Parkinson hastalığı tanısının konulabilmesi için üç koşulun sağlanması gerekmektedir: kesin dışlayıcı kriterlerin bulunmaması, en az iki destekleyici bulgunun varlığı ve kırmızı bayrakların olmaması. Klinik olası Parkinson hastalığı tanısı açısından ise, dışlayıcı kriterlerin mevcut olmamasıyla birlikte kırmızı bayrakların destekleyici bulgular ile dengelenmesi gereklidir. Tek bir kırmızı bayrağın bulunması halinde en az bir destekleyici kriterin varlığı aranırken, iki kırmızı bayrak durumunda ise en az iki destekleyici bulgu gereklidir. Ancak ikiden fazla kırmızı bayrağın tespit edilmesi durumunda, bu olgular klinik olası Parkinson hastalığı kategorisine dahil edilmez. Bu tanı ölçütleri, Parkinson hastalığının teşhisinde doğruluğu artırmak amacıyla geliştirilmiştir (121).

Son dönemlerde transkraniyal sonografi, Parkinson hastalığının tanısında yardımcı görüntüleme yöntemleri arasında önemli bir yer edinmiştir. Bu yöntemin uygulanması sırasında, Parkinson hastalarında substansiya nigra bölgesinde hiperekojenite saptanmaktadır. Söz konusu hiperekojenitenin, ilgili dokudaki demir birikiminin artması ve nöroinflamatuvar süreçlerin sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir. Önceki araştırmalar, transkraniyal sonografinin Parkinson hastalarını sağlıklı bireylerden ayırt etmede etkili olduğunu ortaya koymuştur (122).

2.10. Parkinson Hastalığının Tedavisi

2.10.1. Medikal tedavi

Parkinson hastalığı, klinik olarak farklı hızlarda seyreden heterojen bir bozukluk olup, etiyolojisi çoklu faktörlerin etkileşimi sonucu şekillenmektedir. Günümüzde hastalığın ilerleyişini tamamen durdurabilen bir tedavi mevcut değildir; uygulanan tedavi yaklaşımları, yalnızca mevcut semptomların hafifletilmesini hedeflemektedir. Tedavinin temelini dopaminerjik sistem üzerinde etkili ilaçlar oluşturmaktadır (123). Levodopa, dopaminin biyolojik öncülü olarak genellikle ilk tercih edilen ajan olup, hastalığın erken evrelerinde belirgin fayda sağlamaktadır. Ancak zamanla dopamin rezervlerinin azalmasıyla birlikte, ilaca verilen yanıt süresinde kısalma, motor dalgalanmalar, "on-off" fenomeni ve diskineziler ortaya çıkabilmektedir. Bu tür motor komplikasyonları kontrol altına alabilmek için çeşitli dopaminerjik ilaç kombinasyonları uygulanmaktadır. İdiyopatik Parkinson hastalığı, farmakolojik tedaviye yanıt açısından en başarılı nörodejeneratif hastalıklardan biri olarak kabul edilmekte olup, doğru ve kesin tanı konulması tedavi başarısında kritik öneme sahiptir.

1957 yılında Carlsson ve ekibinin, ardından 1960'da Ehringer ve Hornykiewicz'in gerçekleştirdiği çalışmalar, Parkinson hastalığında striatal dopamin eksikliğine işaret eden önemli bulgular sağlamıştır. Bu bulgular, 3,4-dihidroksifenilalanin (DOPA) ile gerçekleştirilen semptomatik tedavi yaklaşımlarının temelini oluşturmuştur. İlk denemeler tutarsız sonuçlar vermiş olsa da, 1967'de Cotzias ve çalışma arkadaşları Levodopa'nın uzun süreli oral uygulamasının dikkate değer antiparkinson etkiler sağladığını göstermiştir. Günümüzde tedavide, Levodopa'nın periferik dekarboksilaz inhibitörleri ile birlikte uygulanması sayesinde etkinlik artırılmakta, aromatik amino asit dekarboksilaz (AADC) inhibitörleriyle kombine dopamin replasman tedavisi tercih edilmektedir. Ancak uzun süreli kullanımda etkinliğin azalmasıyla birlikte dalgalı motor yanıtlar ve diskineziler gelişebilmektedir (124). İlaç tedavisiyle kontrol sağlanamayan motor bulgular söz konusu olduğunda ise, seçilmiş vakalarda derin beyin stimülasyonu gibi cerrahi müdahaleler uygulanabilmektedir (125).

2.10.2. Cerrahi tedavi

Derin Beyin Stimülasyonu, Parkinson hastalığında motor semptomların kontrol altına alınmasında en sık uygulanan cerrahi yöntemlerden biridir. İleri evrelerde tıbbi tedaviye rağmen gün içinde sıkça karşılaşılan "kapalı" dönemlerin süresini azaltma potansiyeline sahiptir. Ancak, postür ve yürüme bozuklukları ile bilişsel gerileme, uyku sorunları, yutma ve konuşma gibi motor dışı belirtiler üzerindeki etkileri değişkenlik göstermektedir (126). Yapılan araştırmalarda, Derin Beyin Stimülasyonu'nun özellikle tremor, diskinezi ve motor dalgalanmalarda belirgin iyileşme sağladığı ve dünya genelinde birçok hastada başarıyla uygulandığı gösterilmiştir (127). İlaç tedavisine rağmen motor belirtileri yeterince kontrol edilemeyen hastalarda cerrahi yaklaşımlar gündeme gelmektedir (127). Farklı farmakolojik seçenekler mevcut olsa da bazı bireyler şiddetli tremor ve kontrolsüz motor dalgalanmalar nedeniyle yaşam kalitesinde ciddi kayıplar yaşamaya devam etmektedir. Bu durumlarda cerrahi müdahaleler önemli bir rahatlama sağlayabilmektedir (128).

Derin Beyin Stimülasyonu'nu, beyin devrelerinin elektriksel uyarı yoluyla modüle edilmesini sağlar (127). Bu yöntemde elektrotlar, subtalamik çekirdek veya globus pallidus interna (GPi) bölgelerine tek ya da çift taraflı yerleştirilir. Elektrotlar daha sonra genellikle göğüs bölgesine konumlandırılan implante edilebilir bir puls üreticisine (IPG) bağlanır. Mekanizması tam olarak aydınlatılamamakla birlikte, kortiko-bazal ganglion ağındaki anormal ateşleme paternlerini düzenlediği düşünülmektedir. Özellikle kontrol edilemeyen motor dalgalanmalar, diskineziler ve titreme tedavisinde etkili olup, dopaminerjik tedaviye yanıt veren belirtilerde de iyileşme sağlamaktadır. DBS'nin en iyi tıbbi tedaviye kıyasla diskinezi oluşturmazın "açık" süreyi artırdığı belirtilmiştir. Bazı bulgular bradikinezi ve rijidite üzerindeki etkisinin yaklaşık beş yıl ile sınırlı olabileceğini öne sürse de, hastaların önemli bir kısmı on yıl ve daha uzun süreli faydalar bildirmektedir (128).

2.10.3. Egzersiz

Parkinson hastalığında egzersiz ve fizik tedavi uygulamalarının hem motor hem de motor dışı semptomların yönetiminde önemli katkılar sağladığı birçok sistematik derleme ve meta-analizle ortaya konmuştur. Fizyoterapinin motor fonksiyonlar üzerindeki olumlu

etkileri, hastaların genel yaşam kalitesi üzerinde de anlamlı iyileşmelere yol açmaktadır. Çeşitli sürelerde (1 ila 12 ay arasında) yürütülen kısa ve uzun dönemli takip çalışmalarında; fizik tedavi gören hastalarda yürüme yeteneği, denge, hareket kabiliyeti, kas kuvveti artışı ve düşme oranlarında anlamlı düzelmeler saptanmıştır. Bunun yanında, 20 randomize kontrollü çalışmayı içeren kapsamlı bir meta-analiz, nörokognitif bozukluklar, duygudurum problemleri, uyku düzensizlikleri ve fizik tedaviye bağlı olarak yorgunluk gibi motor dışı semptomlarda da kayda değer iyileşmeler gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, Tai Chi ve dans gibi alternatif egzersiz yaklaşımlarının da benzer şekilde hem motor hem de motor dışı belirtilerde olumlu sonuçlar sağladığı gözlemlenmiştir (129). Aerobik egzersizlerin, özellikle düşme sıklığını azaltmada etkili olduğu ve yüksek yoğunluktaki antrenmanların semptom kontrolünde daha belirgin yarar sağladığı bildirilmektedir. Buna karşın, esneme egzersizleri üzerine yapılan araştırmalar, bu tür uygulamaların klinik iyileşmeye anlamlı katkı sunmadığını ve motor bulgulara ilerleyen dönemlerde kötüleşme gözlemlenebileceğini göstermektedir (11). Egzersizin Parkinson hastalığı üzerindeki etkilerinin yalnızca semptom yönetimine mi yönelik olduğu yoksa hastalığın seyri üzerinde modülatör etkiler gösterip göstermediği ise henüz kesinleşmemiştir ve bu konuda çalışmalar halen sürdürülmektedir (52).

2.11. Parkinson Klinik Ölçekleri

Klinikte hastalığın şiddetini belirlemek amacıyla en sık kullanılan UPDRS ve Hoehn-Yahr ölçeğidir. Hoehn-Yahr ölçeği beş evreden oluşur ve evre ilerledikçe hastalığın ilerlemiş olduğu anlaşılır. Evre 0 hastalık bulgunun yokluğunu, evre 3 orta düzeyde fonksiyon bozukluğunun varlığını ve denge sorunlarının daha belirgin hale gelmesini, evre 5 ise hastanın immobil olduğu ve tamamen bağımlı hale geldiğini ifade eder. Evre 1-2 erken, evre 3-5 ise ileri evre olarak tanımlanmıştır. Parkinson Hastalığında bir diğer ölçek çeşidi Birleşik Parkinson Hastalığı Derecelendirme Ölçeği (UPDRS)'dir. Geniş kapsamda değerlendirme yapan bu ölçek ilk olarak 1980'lerde geliştirilmiştir ve Parkinson hastalığı için en sık kullanılan klinik değerlendirme ölçeğidir. Ölçeğin son hali 2007 yılında Goetz CG. ve arkadaşları tarafından düzenlenmiştir. Parkinson hastalarının motor fonksiyonlarını, aktivitelerini, genel sağlık durumunu değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu ölçek sayesinde, Parkinson Hastalığının seyri, hastalığın şiddeti ve tedaviye yanıtı değerlendirmek mümkün olmaktadır (130-132).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma in vivo, prospektif ve tanımlayıcı olarak planlanmış olup Eylül 2024-Temmuz 2025 tarihleri arasında, Gaziantep Üniversitesi Anatomi Tıp Fakültesi Anabilim Dalı ve Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı'nda yapılmıştır. Çalışma için, Gaziantep Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu 11.09.2024, 2024/315 sayılı kararı ile gerekli izin ve onay alınmıştır (Ek-1).

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı'na herhangi bir sebeple başvurmuş olan 50 yaş ve üzerinde Parkinson tanılı bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden tüm hastalara ilk muayenede araştırmacı tarafından çalışmanın amacı, süresi ve çalışma için ekstra yapılacak olan miyotonometrik ölçümler hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. Hastalara “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” imzalatılarak onayları alınmıştır. Araştırmanın her aşamasında etik kurallara dikkat edilmiştir. Katılımcılara ait klinik içerikli bilgiler ile kimliksel veriler gizlilik esaslarına uygun şekilde korunmuş; değerlendirme sürecinde veriler kişisel tanımlayıcılardan arındırılmış biçimde incelenmiştir.

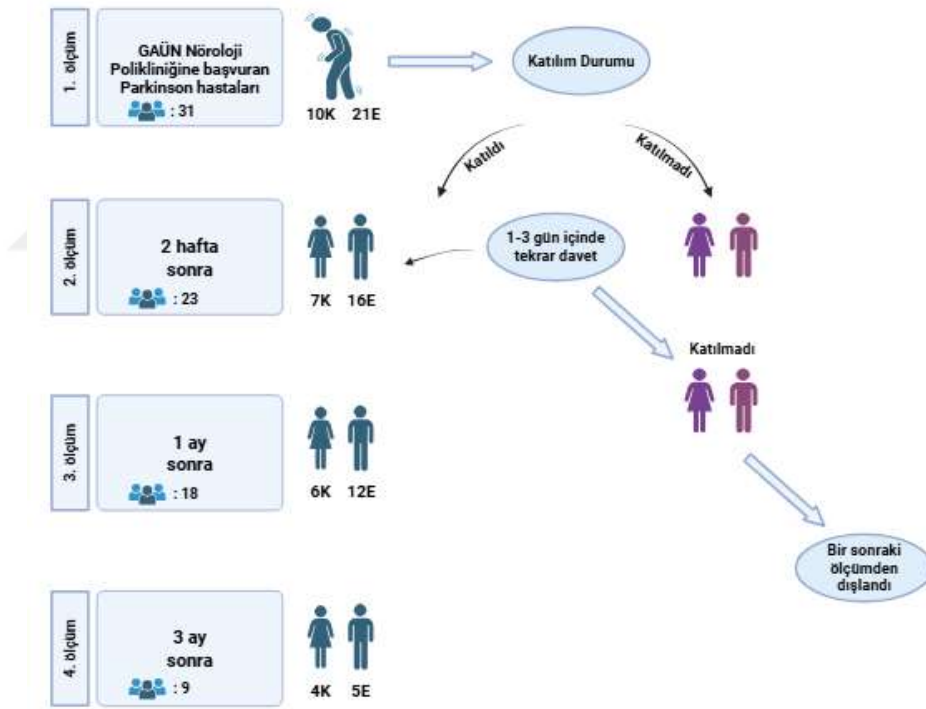
Bireylerin yaşları (yıl), tanı yaşları (yıl), cinsiyetleri (kız/erkek), boyları (cm), kiloları (kg) kaydedilmiştir. Vücut kitle indeksi (VKİ) ise vücut ağırlığı boy uzunluğunun karesine bölünerek (kg/m^2) elde edilmiştir. Ayrıca hastaların hastalık süresi, medikal tedavi dışında fizik tedavi alıp almadıkları sorulmuş ve hasta formuna kaydedilmiştir.

Katılımcılar Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı'nda hekim tarafından nörolojik muayenesi yapılmış olup UPDRS ölçeğine göre değerlendirilmiştir.

Hastaların Parkinson hastalığında tutulum gösteren baş-boyun ve üst ekstremiteler kaslarından MyotonPRO cihazı ile ölçülebilir olanlar belirlenmiştir. Belirlenen 10 kas (M. orbicularis oris, M. massater, M. semispinalis capitis, M. sternocleidomastoideus, M. trapezius, M. deltoideus, M. biceps brachii, M. triceps brachii, M. brachioradialis, M. extensor digitorum) her hastada Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı'na muayeneye ilk geldiği zaman: birinci ölçüm, birinci ölçümden 2 hafta sonra: ikinci ölçüm, bir ay sonra: üçüncü ölçüm ve üç ay sonra: dördüncü ölçüm olmak üzere dört kez tekrarlanarak kasların viskoelastik özellikleri değerlendirilmiştir. Bu ölçüm için

MyotonPRO, dijital palpasyon cihazı (Myoton AS, Tallinn, Estonya) kullanılarak literatürde ve cihazın kendi web sitesinde belirtilen referans noktalarından ölçümler yapılmıştır.

Tekrarlı ölçümlerde, her katılımcıya bir sonraki ölçümün günü ve saati önceden bildirilmiş; tüm ölçümler bireylerin gün içindeki fizyolojik dalgalanmalarının etkisini en aza indirmek amacıyla bireylerin ilk değerlendirmeye alındığı saatle aynı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Kas ölçümleri öncesinde, katılımcılara ölçümden bir gün önce ve ölçüm günü olmak üzere toplam iki kez hatırlatma yapılmıştır. Belirtilen gün ve saatte ölçüme katılamayan bireyler, 1 ila 3 gün içinde yeniden değerlendirmeye davet edilmiş; bu süre zarfında da katılım sağlayamayan bireyler, ölçüm standardizasyonunun korunması amacıyla çalışmadan dışlanmıştır. Bu nedenle, her ölçüm oturumunda yer alan katılımcı sayıları değişkenlik göstermektedir.



Şekil 3.1. İş-akış şeması

Dahil edilme kriterleri;

- 1) 50 yaş ve üzeri olmak
- 2) Parkinson tanısına sahip olmak

- 3) Ölçüme oryante olabilecek fiziksel ve ruhsal sağlığa sahip olmak
- 4) Çalışmaya dahil olmaya gönüllü olmak
- 5) 29,9'un altında Vücut Kitle İndeksi'ne sahip olmak

Dışlanma kriterleri;

- 1) Parkinson'a eşlik edebilecek patolojiler dışında farklı bir nörolojik ve kas iskelet sistemi hastalığına sahip olmak
- 2) Mental retardasyonu olmak
- 3) Çalışmaya katılmaya isteksiz olmak
- 4) Çalışmanın standardizasyonunu bozacak şekilde planlanan zaman aralıklarında ölçüme katılmamak
- 5) MyotonPRO ile yapılan palpasyon analizinde yağ dokunun kalınlığının kas dokusuna ulaşmada engel teşkil etmesi sebebiyle obez olmak
- 6) MyotonPRO cihazının uygulamasını engelleyen cilt lezyonlarına sahip olmak dışlanma kriteri olarak belirlenmiştir.

Yapılan miyotonometrik ölçümlerle kasların viskoelastik özellikleri elde edilirken, kullanılan klinik ölçekle (UPDRS Ölçeği) hastanın klinik evresi saptanmıştır. Subjektif değerlendirmelerle yapılan bu evrelemeler ile viskoelastik özelliklerin kantitatif değerleriyle uygunluğu araştırılarak; kullanılan ölçeklerle kantitatif değerler kıyaslanmıştır.

Hastalığın şiddetini gösteren klinik evresi ile gelişimi incelenerek her evre için tahmin edilebilir ve kantitatif değerlerle ortaya konabilir bir prognoz haritası ortaya koyulması amaçlanmıştır. Ayrıca nörolojik bulgusu olmayan 50 yaş üzeri 10 kadın 21 erkekten oluşan 31 kontrol grubu birey dahil edilmiştir. Kontrol grubu ile Parkinson hastaları arasında incelenen kasların viskoelastik özelliklerin karşılaştırılmıştır.

3.1. Birleşik Parkinson Hastalığı Derecelendirme Ölçeği (UPDRS)

1980'li yıllarda geliştirilen ve Parkinson Hastalığı'nın klinik değerlendirmesinde en yaygın kullanılan ölçeklerden biri olan UPDRS'in güncel versiyonu, 2007 yılında Goetz ve çalışma arkadaşları tarafından revize edilmiştir. Bu araç, hastaların motor becerileri, günlük yaşam aktiviteleri ve genel sağlık durumunu kapsamlı şekilde değerlendirmeye

olarak tanır. UPDRS sayesinde hastalığın seyri, şiddeti ve tedaviye verilen yanıt objektif olarak izlenebilir. Ölçek, dört ana bölümden meydana gelmektedir.

1. Bölüm: Mental durum, davranış ve ruh hali non-motor bulguların değerlendirilmesi,
2. Bölüm: Günlük yaşam aktivitelerin değerlendirilmesi,
3. Bölüm: Motor bulguların muayene ile değerlendirilmesi,
4. Bölüm: Komplikasyonların değerlendirilmesi

UPDRS, 0 ile 4 arasında değişen bir puanlama sistemiyle değerlendirilir. Puanlama şu şekilde yapılır;

0-Yok: semptom ve işlevde hiçbir sorun yok.

1-Silik: semptom ve işlevde silik bir sorun vardır ancak günlük aktiviteleri etkilenmiyor.

2-Hafif: semptom ve işlevde hafif bir sorun vardır ve günlük aktiviteler hafifçe etkilenir.

3-Orta: semptom ve işlevde orta düzeyde sorun vardır ve günlük aktiviteler orta düzeyde etkilenir.

4-Şiddetli: semptom ve işlevde ciddi sorun vardır ve günlük aktiviteler şiddetli biçimde etkilenir.

Her bölüm için ayrı puanlama yapılır ve toplam skor, hastanın Parkinson hastalığındaki semptomlarının şiddeti ve işlevsellik düzeyi hakkında bilgi verir. Ayrıca, bu puanlar tedavi yanıtının izlenmesinde de önemli bir göstergedir. UPDRS motor puanlarındaki öncesi sonrası arasındaki değişim ≥ 2.5 ise minimal klinik fark, ≥ 5.2 ise orta düzeyde değişim ve ≥ 10.8 puan farkı ise belirgin iyileşme olarak tanımlanmıştır (133). UPDRS puanlarında ise yüksek skorlar, ağır klinik tabloya ve işlevsellikte düşüşe işaret ederken, düşük skorlar daha hafif belirtileri ve nispeten iyi işlevselliği gösterir. Genellikle hastanın başlangıç skoruyla takip skorlarının karşılaştırılması, hastalığın seyrini değerlendirmek ve tedavi stratejilerini belirlemek için kullanılır. Ancak UPDRS tek başına tanı koymada yeterli olmayıp, diğer klinik ve nörolojik incelemelerle birlikte değerlendirilmelidir (131, 132). UPDRS, Parkinson hastalığının hem motor hem non-motor yönlerini değerlendiren çok boyutlu ve güvenilir bir araçtır. Movement Disorder Society (MDS) öncülüğünde

2007 ve 2008’de yapılan revizyonlarla MDS-UPDRS versiyonu ortaya çıkmıştır. Bu versiyon, özellikle non-motor yaşantı bozukluklarını daha iyi ayırtırmak üzere yeniden yapılandırılmıştır. Yenilenmiş MDS-UPDRS versiyonu özellikle non-motor ve günlük yaşam üzerindeki etkilerin daha sistematik takibini sağlar. Bu ölçekler hem klinik uygulamada hem de araştırma ortamında yaygın şekilde kullanılır. Revize edilmiş MDS-UPDRS versiyonu ile orijinal UPDRS ölçeğinde değiştirilen bölümler Ek-2’de verilmiştir (134).

Bu çalışmaya dahil edilen Parkinson hastalığına sahip bireylerin UPDRS skoru Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Nöroloji Bölümü’nde Nörologlar tarafından belirlenmiştir. Kullanılan hasta formu örneği tablo Ek-3’te verilmiştir.

Nörologlar tarafından değerlendirilen tüm hastalar, ilaç etkisinin sürdüğü ‘ON’ fazında bulunmaktaydı. Her ölçüm öncesinde hastaların klinik muayenesi yapılmış, ilaç dozları gözden geçirilmiş ve ilaçlarını düzenli kullanıp kullanmadıkları nörologlar tarafından doğrulanmıştır. UPDRS ölçeği değerlendirmesine göre hastalar 0-216 arasında puan almaktadır. Yapılan değerlendirme sonucunda hastalar; literatürde kullanılan sınıflama yöntemine göre UPDRS skoru 0-32 puan arasında olanlar ‘Hafif Düzey Parkinson’ skoru 33-58 arası olanlar ‘Orta Düzey Parkinson’ 59 ve üzeri olanlar ise ‘İleri Düzey Parkinson’ olarak kategorize edilmiştir.

3.2. Kasların Viskoelastik Değerlerinin Ölçümü

MyotonPRO, dijital palpasyon cihazı (Myoton AS, Tallinn, Estonya), iskelet kaslarının viskoelastik özelliklerini; tonusunu sertliğini ve elastikiyetini ölçülmesine imkân sağlayan el tipi bir cihazdır (Şekil 3.2). MyotonPRO cihazı, yumuşak dokuların dijital palpasyonunu mümkün kılan, invaziv olmayan, güvenilir ve hassas bir değerlendirme aracıdır. Bu taşınabilir cihaz; yüzeysel iskelet kasları, tendonlar, bağ dokular ve deri gibi çeşitli biyolojik dokuların mekanik özelliklerini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Akıllı telefon boyutlarındaki kompakt yapısı sayesinde kullanım kolaylığı sunan MyotonPRO, hızlı uygulama imkânı ve çok yönlü işlevselliğiyle dikkat çekmektedir. Cihazın etkinliği ve pratikliği, çeşitli bilimsel çalışmalarla da ortaya konmuştur. Çalışma prensibinde doğadan esinlenen Myoton, vahşi yaşamda organizmaların besin arayışı, yön tayini ve çevreyle iletişim kurmak için başvurduğu temel stratejilerden biri olan “dokun ve algıla”

ilkesine dayanan bir yaklaşımlı benimsenmektedir. Bu doğrultuda, cihazın ölçüm mekanizması “Mekanik Dinamik Tepki” (Mechanical Dynamic Response) yöntemi olarak adlandırılan özgün bir prensibe dayanmaktadır. Bu yöntem kapsamında, hedef dokuya mekanik bir uyarı uygulanmakta; bu uyarıya karşı oluşan fiziksel yer değıştirme ve salınım ivmesi kaydedilmektedir. Elde edilen dinamik yanıt verileri kullanılarak dokunun gerilim durumu, biyomekanik özellikleri ve viskoelastik davranışı ile ilişkili parametreler nicel olarak hesaplanmaktadır (135,136).



Şekil 3.2. MyotonPRO cihazı (135)

MyotonePRO cihazı, kasın üzerinde bulunan cilt yüzeyindeki kısa süreli (15 ms) 0,58N kuvvetli bir mekanik dürtüye karşı kasın tonusunu ve biyomekanik, viskoelastik tepkisini ölçmektedir. Ve Tonus (F), Sertlik (S), Elastisite (D) değerlerini vermektedir (135-137).

Tonus (F) için salınım frekansı (Hz), hücresel düzeyde biyolojik yumuşak dokuların içsel mekanik gerginliğini tanımlayan bir parametredir. Bu frekans, yüzeysel iskelet kaslarının istemli kasılma olmaksızın, pasif durumda ya da istirahat hâlinde sahip oldukları tonusu nitelendirir. Bu esnada elektromiyografi (EMG) sinyali genellikle sessizdir. Kas kasılma hâlindeyken ölçülen salınım frekansı ise ilgili kas dokusunun gerginlik düzeyini belirleyen bir göstergedir. F ne kadar yüksekse, kasın pasif tonusu o kadar fazladır. Birimi: Hertz (Hz) (135).

Sertlik (S) için; Dinamik sertlik (N/m), biyolojik yumuşak dokuların dış kuvvetler karşısındaki deformasyona gösterdiği direnç düzeyini tanımlayan bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Bu kavram, Myoton teknolojisinde kullanılan dinamik ölçüm prensibine dayanmaktadır. Sertliğe karşılık gelen özellik ise dokunun uyumluluk

(compliance) derecesidir; yani deformasyona ne ölçüde izin verdiğidir. S değeri yüksekse, kas daha rijit/katı davranıyor demektir. Rijidite veya kas hipertoni durumlarında S artar. Birimi: Newton/metre (N/m) (135).

Elastisite (D) için; Logaritmik Azalma [arb], dokuların titreşimlerinin zamanla sönümlenme derecesini ifade eden bir parametredir. Doku titreşiminin hızlı bir şekilde zayıflaması, darbenin yol açtığı mekanik enerji kaybının fazla olduğuna işaret eder. Bu bağlamda, dokuların doğal titreşimlerinin azalması, elastikiyet ile ters orantılıdır. Elastikiyet, yumuşak dokuların deformasyona uğradıktan sonra orijinal şekillerine geri dönebilme yetisini tanımlayan önemli bir biyomekanik özelliktir. Logaritmik azalmanın yüksek olması, elastikiyetin düşük olduğunu gösterir. Kuramsal olarak, sıfır logaritmik azalma, mutlak elastikiyeti ‘yani hiçbir sönümün olmamasını’ temsil eder. Yani düşük D değeri kasın daha elastik ve sağlıklı olduğunu gösterir (135).

Bu cihaz ile;

Baş, boyun bölgesinde: 1. M. orbicularis oris, 2. M. massater, 3. M. semispinalis capitis, 4. M. sternocleidomastoideus, 5. M. trapezius,

Üst ekstremité bölgesinde: 6. M. deltoideus, 7. M. biceps brachii, 8. M. triceps brachii, 9. M. brachioradialis, 10. M. extensor digitorum.

Kaslarının miyotonometrik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler için kaslarda referans alınan noktalar cihazın kendi sitesinde (<https://myoton.com/applications/>) yer alan uygulama şekli ve yapılan literatür araştırması sonucu belirlenmiştir. Ölçümler aynı odada ve aynı oda sıcaklığında, tekrar ölçümleri günün aynı saatinde olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tüm kaslar için; hasta oturur pozisyonda, yüzü karşıya dönük, kolları masaya yaslı ve nötral pozisyonda hastaya gevşemesi belirtilerek yapılmıştır. Kasların venter kısımlarındaki en belirgin nokta tespit edilerek, bu noktaya prop dik bir şekilde yerleştirilmiş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. M. orbicularis oris'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

Ölçüm için M. orbicularis oris kasının üst bölümünde, “philtrum” çizgisinin sağ ve sol latereline, yaklaşık 1 cm uzaklıktaki noktalar referans olarak belirlenmiştir. Cihaz, bu noktalara dik (90° açıyla) olacak şekilde yerleştirilmiştir (136, 137). Baş, nötral pozisyonda olacak şekilde yüz kaslarının gevşemesi için katılımcıya çene ve dudaklarını serbest bırakması söylenerek ölçüm gerçekleştirilmiştir (Resim 3.1).



Resim 3.1. M. orbicularis oris'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.2. M. massater'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

M. massater kası için bireyler oturur pozisyonda; baş dik, dişler kapalı kas istirahat durumunda kasın en kalın kısmı palpe edilerek (gl. parotidea'nın önünde, angulus mandibulae yukarısından) ölçülmüştür (Resim 3.2) (138).



Resim 3.2. M. massater'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.3. M. semispinalis capitis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

Occiput'un altında suboccipital bölgede C2 hizasında ve m. sternocloideomastoideus'un kafa tabanına tutunduğu yerin hemen arkasından ölçülmüştür (resim 3.4) (139).



Resim 3.3. M. semispinalis capitis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.4. M. sternocleidomastoideus'un viskoelastik değerlerinin ölçümü

Oturur pozisyonda, baş nötralde, sternum'un üst köşesi ile processus mastoideus'un orta noktası belirlenerek kasın venteri palpe edilmiştir, cihaz kasa dik olacak şekilde ölçüm gerçekleştirilmiştir (Resim 3.4) (140).



Resim 3.4. M. sternocleidomastoideus'un viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.5. M. trapezius'un viskoelastik değerlerinin lm

Kas istirahat halinde iken; hasta sırtı dik ve kol serbest şekilde oturur pozisyonda C7 vertebranın 2-4 cm lateralinden kası palpasyonla belirleyerek; cihaz kasa dik açıyla yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirilmiştir (Resim 3.5) (140-142).



Resim 3.5. M. trapezius'un viskoelastik değerlerinin lm

3.2.6. M. deltoideus'un viskoelastik değerlerinin lm

Hasta sırtı dik bir şekilde oturtulmuştur, kollar yanlarda serbest bırakılır. Acromion'un 2-4 cm aşağısına inilerek kasın en şişkin noktası tespit edilmiştir. Kas istirahat pozisyonunda ve aktivitesi olmadığında ölçüm yapılmıştır (Resim 3.6) (143).



Resim 3.6. M. deltoideus'un viskoelastik değerlerinin lm

3.2.7. M. triceps brachii'nin viskoelastik değerlerinin ölçümü

Hasta dik oturur; kollar yanlara sarkıtılır. M. triceps brachii'nin caput longum'u, kolun posterior kısmından palpasyonla belirlenir. Cihaz, kasa üzerine dik açıyla yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır (Resim 3.7) (143, 144).



Resim 3.7. M. triceps brachii'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.8. M. biceps brachii'nin viskoelastik değerlerinin ölçümü

Kol sarkıtılmış, oturur postürde hastanın önkolu masada desteklenerek istirahat durumunda kasın en şişkin noktasından ölçüm yapılmıştır (Resim 3.8).



Resim 3.8. M. biceps brachii'nin viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.9. M. brachioradialis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

Önkol pronasyonda masaya yaslanarak destek verilmiştir. Kas istirahat pozisyondayken crista supracondylaris lateralis ile proc. styloideus arası mesafe 1/3 üst kısmından cihaz kasa dik tutularak ölçülmüştür (Resim 3.9).



Resim 3.9. M. brachioradialis'in viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.2.10. M. extensor digitorum'un viskoelastik değerlerinin ölçümü

Hasta oturur pozisyonda iken cihazı, önkolun dorsal yüzeyinde, epicondylus lateralis'in birkaç santim distalinde, m. extensor digitorum'un kas gövdesi üzerine, kas liflerine dik açıyla yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır (Resim 3. 10) (143).



Resim 3.10. M. extensor digitorum'un viskoelastik değerlerinin ölçümü

3.3. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yer alan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri, veri türlerine göre ayrı ayrı özetlenmiştir. Nitel (kategorik) değişkenler, sayı (frekans) ve yüzde (%) değerleri ile ifade edilmiştir. Nicel (sürekli) değişkenlerin dağılım özellikleri, normal dağılıma uygunluk açısından Shapiro–Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren nicel değişkenler, ortalama $\pm$ standart sapma (Ort $\pm$ SS) şeklinde özetlenmiş; normal dağılım göstermeyen değişkenler için ise uygun parametrik olmayan tanımlayıcı istatistikler (medyan, minimum–maksimum) ayrıca dikkate alınmıştır. Gruplar arası karşılaştırmalarda, kategorik değişkenler için Ki-kare testi (χ^2) uygulanmıştır. Nicel değişkenlerin ikiden fazla bağımsız grup arasında karşılaştırılmasında, Bonferroni düzeltilmeli tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) kullanılmış; ikili grup karşılaştırmalarında ise Student’s t-testi tercih edilmiştir. Değişkenler arası doğrusal ilişkiler, Pearson korelasyon katsayısı (r) yardımıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca, UPDRS (Unified Parkinson’s Disease Rating Scale) skorları ile biyomekanik parametreler arasındaki etkileşimleri belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizleri gerçekleştirilmiş ve bu analizler sonucunda ilişkilerin yönü ve gücü saçılım (scatter) grafikleri aracılığıyla görselleştirilmiştir. Tüm istatistiksel testlerde $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmaya Gaziantep Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı'na başvuran Parkinson tanılı 10 kadın 21 erkek birey ve kontrol grubu için herhangi bir nörolojik bulgusu olmayan 12 kadın 20 erkek birey dahil edilmiştir (Tablo 4.1). Çalışma prospektif bir çalışma olup Eylül 2024 – Temmuz 2025 arasında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1. Katılımcıların demografik bilgileri

		N	%	Yaş
Hasta	Erkek	21	67.7	66.14±8.9
	Kadın	10	32.3	71.00±15.34
	Toplam	31	100	68.57±12.12
Kontrol	Erkek	20	62.5	59.85±9.05
	Kadın	12	37.5	54.75±6.19
	Toplam	32	100	57.3±7.62

N: Kişi sayısı

Katılımcıların baş, boyun, üst ekstremité kaslarından 1. M. orbicularis oris 2. M. massater 3. M. semispinalis capitis 4. M. sternocleidomastoideus 5. M. trapezius 6. M. deltoideus 7. M. biceps brachii 8. M. triceps brachii 9. M. brachioradialis 10. M. extensor digitorum kaslarının viskoelastik özellikleri MyotonPRO cihazı ile değerlendirilmiştir. Herhangi bir nörolojik hastalığı olmayan kontrol grubuna bir kez yapılan bu ölçümler, Parkinson hastalarında belirli zaman aralıklarıyla tekrarlanmıştır. Parkinson hastalarında kliniğe ilk başvurduğu gün 1. ölçüm, iki hafta sonra: 2. ölçüm, bir ay sonra: 3. ölçüm ve üç ay sonra: 4. ölçüm olmak üzere dört kez tekrarlanmıştır. Bu ölçümler sırasında her tekrarda katılımcılara hatırlatmalar yapılmış olup ölçüm standardizasyonunu bozacak zaman aşımına uğrayan hastalar çalışmadan çıkartılmıştır. Bu durum her tekrar ölçümündeki katılımcı sayısının değişken olmasına sebep olmuştur.

İlk ölçüm; 10 kadın ve 21 erkek bireyden oluşan toplam 31 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Parkinson hastalığının karakteristik ve en erken belirtilerinden biri olan istirahat tremoru ile rijiditenin belirgin şekilde gözlemlendiği ve baskın olarak etkilendiği ekstremiteler incelendiğinde; 12 bireyde sağ taraf, 14 bireyde sol taraf ve 5 bireyde bilateral ekstremitte tutulumu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

İkinci ölçüm; 7 kadın ve 16 erkek bireyden oluşan toplam 23 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. İstirahat tremoru ile rijiditenin belirgin şekilde gözlemlendiği ve baskın olarak etkilendiği ekstremiteler incelendiğinde; 7 bireyde sağ taraf, 11 bireyde sol taraf ve 5 bireyde bilateral ekstremitte tutulumu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Üçüncü ölçüm; 6 kadın ve 12 erkek bireyden oluşan toplam 18 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. İstirahat tremoru ile rijiditenin belirgin şekilde gözlemlendiği ve baskın olarak etkilendiği ekstremiteler incelendiğinde; 5 bireyde sağ taraf, 8 bireyde sol taraf ve 5 bireyde bilateral ekstremitte tutulumu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Dördüncü ölçüm; 4 kadın ve 5 erkek bireyden oluşan toplam 9 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. İstirahat tremoru ile rijiditenin belirgin şekilde gözlemlendiği ve baskın olarak etkilendiği ekstremiteler incelendiğinde; 2 bireyde sağ taraf, 4 bireyde sol taraf ve 3 bireyde bilateral ekstremitte tutulumu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Ölçümlere göre katılımcı bilgileri

Ölçüm	Katılımcı		Ekstremitte Tutulumu		
	Erkek	Kadın	Sağ	Sol	Bilateral
1. Ölçüm	21	10	12	14	5
2. Ölçüm	16	7	7	11	5
3. Ölçüm	12	6	5	8	5
4. Ölçüm	5	4	2	4	3

Tüm ekstremiteler bireylerden bağımsız olarak ayrı ayrı tutulum tarafına göre de incelenmiş olup etkilenim yüzdeliği tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Parkinson hastalarındaki ekstremitelerin tutulum taraflarının yüzdelik oranı

Etkilenim Durumu	Ekstremiteler	Yüzdelik
Etkilenim yok	26	%41,93
Sağ Etkilenim	17	%27,41
Sol Etkilenim	19	%30,66
Toplam	62	%100

Çalışmaya katılan bireylerin Parkinson hastalığı teşhis ve tedavi süreleri birbirinden farklıdır. Hastalık süresinin cinsiyetlere göre ortalama değerleri ve karşılaştırılması tablo 4.4'te verilmiştir. Geniş skaladaki farklılıklar sebebiyle katılımcılar hastalık teşhisi konulma sürelerine göre 0-1 yıl, 1-5 yıl, 5 yıl ve üzeri olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Cinsiyetlere göre ortalama UPDRS da skoru tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Parkinson hastalarında cinsiyetlere göre yaş, hastalık süresi ve UPDRS şiddetinin karşılaştırılması

Parametre	Erkek (Ort±SS)	Kadın (Ort±SS)	p-değeri
Yaş	66.14±8.98	71.00±15.34	0.274
Hastalık Süresi	5.14±4.76	7.44±5.50	0.749
UPDRS	19.43±11.54	35.40±30.76	0.043*

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma

Elde edilen bulgular kadınların UPDRS skorunun erkeklerden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu görülmüştür.

Hastaların UPDRS skoru da geniş dağılım göstermektedir bu sebeple hastalar literatürde kullanılan puanlama sınıflamasına göre; skoru 0-32 arası olanlar hafif şiddetli, skoru 33 ve üzeri olanlar orta ve üstü şiddetli olarak sınıflandırılmıştır. Hastalık süresine göre alt gruplara ayrıldığındaki katılımcı sayısı ile UPDRS şiddet grubu katılımcı sayısı karşılaştırılmış olup tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Parkinson hastalarında UPDRS şiddetine göre alt grupların hastalık süresi karşılaştırılması

Hastalık Süresi	Hafif	Orta ve üzeri	Toplam	p
0-1 yıl	12 (%75)	4 (%25)	16	0.140
1-5 yıl	20 (%90,9)	2 (%9,1)	22	0.117
>5 yıl	16 (%66,7)	8 (%33,3)	24	0.404
	48	14	62	

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05)

Tablo 4.5'teki bulgulara göre hastalık süresi ve şiddeti dağılımında katılımcı sayılarında anlamlı fark saptanmamıştır. Bu durum süre ve şiddet dağılımının standardize olduğunu herhangi bir grup lehine katılımcı sayısı bulunmadığını göstermektedir.

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen viskoelastik parametreler hastalık süresine göre karşılaştırılmış olup tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm değerleri ile hastalık süresinin karşılaştırılması

Parametre	0-1 yıl (Ort ± SS)	1-5 yıl (Ort ± SS)	>5 yıl (Ort ± SS)	p-değeri
F1-OO	26.18±3.53	23.08±4.37 b*	28.29±5.09	0.001*
S1-OO	1038.88±263.55	816.95±351.80 b*	1028.00±283.13	0.035*
D1-OO	1.86±0.20	1.92±0.13	1.89±0.21	0.587
F1-MAS	18.41±3.29	17.05±4.07	17.61±3.57	0.535
S1-MAS	507.81±103.86 a*	414.23±112.64	479.29±93.84	0.019*
D1-MAS	2.63±0.41	3.24±3.51	2.79±0.42	0.641
F1-SCAP	17.61±2.62	17.81±2.64	17.47±2.47	0.901
S1-SCAP	365.31±55.63	354.68±71.58	358.58±54.04	0.869
D1-SCAP	1.91±0.34 a*	1.63±0.34 b*	1.83±0.25	0.017*
F1-SCM	13.68±2.25	12.75±1.76	12.83±1.65	0.266

S1-SCM	263.25±62.77	244.00±71.58	260.63±54.51	0.572
D1-SCM	2.04±0.56	2.10±0.41	2.23±0.41	0.373
F1-DLT	16.04±3.17	16.56±4.07	15.45±3.20	0.569
S1-DLT	290.31±108.62	304.68±88.51	285.46±88.13	0.777
D1-DLT	1.33±0.21	1.45±0.42	1.53±0.38	0.242
F1-TBR	10.56±2.31	11.85±4.62	11.94±4.31	0.523
S1-TBR	190.38±70.15	204.59±85.76	237.00±139.39	0.364
D1-TBR	2.10±0.70	1.82±0.56	2.10±0.57	0.214
F1-BBR	10.90±0.92	10.30±1.06	11.16±3.56	0.465
S1-BBR	165.88±26.75	155.64±30.90	187.17±116.98	0.369
D1-BBR	1.85±0.34	1.72±0.36	1.88±0.41	0.332
F1-BR	13.53±1.51	13.47±1.59	13.68±1.85	0.914
S1-BR	244.81±46.00	238.77±41.80	238.79±51.68	0.907
D1-BR	1.87±0.46 <i>a*</i> , <i>b*</i>	1.59±0.40	1.58±0.26	0.034*
F1-EXD	15.26±2.44 <i>b*</i>	16.57±2.35 <i>b*</i>	18.25±2.59	0.001*
S1-EXD	298.44±52.01 <i>b*</i>	334.82±72.94	366.71±67.37	0.008*
D1-EXD	1.47±0.38	1.46±0.24	1.36±0.20	0.325

a: 1-5 ile kıyaslamada anlamlı fark, *b*: >5 ile kıyaslamada anlamlı fark * İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgular sonucunda m. orbicularis oris'te F ve S değerlerinin, m. semispinalis capitis D değerinin ve m. extensor digitorum'un F değerinin 5 yıl ve sonrasında 1-5 yıl arasındaki değerlerden istatistiksel olarak anlamlı derecede büyük olduğu saptanmıştır. F ve S artışı tonus ve sertlikte artma, D artışı ise elastikiyette azalma olduğunu göstermektedir. M. brachioradialis D değeri, m. extensor digitorum'un F ve S değerleri ilk bir yıl içerisinde 5 yıl sonrasında olduğundan istatistiksel olarak daha az değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca m. massater S değeri, m. semispinalis capitis ve m. brachioradialis'in D değerinde bir yıl sonrasında 1-5 yıl arasına gelindiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalış olduğu görülmüştür. Elastikiyet artmıştır. Katılımcılar UPDRS skoruna göre literatürde kullanılan derecelendirme yöntemi ile skoru 0-32 arası olanlar hafif şiddetli, skoru 33 ve üzeri olanlar orta ve üstü şiddetli olarak sınıflandırılmış olup yapılan ölçümler bu sınıflandırmaya göre karşılaştırılmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm değerleri ile UPDRS skoruna göre şiddetinin karşılaştırılması

Parametre	Hafif (Ort ± SS)	Orta ve üstü (Ort ± SS)	p-değeri
F1-OO	24.76±4.22	29.7825±5.45	0.001*
S1-OO	894.92±299.76	1165.07±294.83	0.004*
D1-OO	1.90±0.18	1.84±0.19	0.256
F1-MAS	17.32±3.65	18.63±3.69	0.244
S1-MAS	441.73±103.95	538.43±92.97	0.003*
D1-MAS	2.92±2.38	2.88±0.45	0.959
F1-SCAP	17.29±2.62	18.80±1.81	0.048*
S1-SCAP	352.19±62.85	382.07±45.48	0.104
D1-SCAP	1.80±0.33	1.71±0.31	0.394
F1-SCM	12.83±1.76	13.66±2.17	0.148
S1-SCM	250.00±60.59	273.93±68.41	0.211
D1-SCM	2.13±0.46	2.15±0.44	0.886
F1-TRAP	18.91±3.46	18.45±3.73	0.665
S1-TRAP	380.96±109.93	364.71±137.83	0.648
D1-TRAP	1.50±1.49	1.27±0.22	0.567
F1-DLT	16.31±3.73	14.92±2.41	0.193
S1-DLT	295.77±95.18	285.86±86.73	0.728
D1-DLT	1.45±0.39	1.46±0.28	0.953
F1-TBR	11.82±4.42	10.65±1.89	0.341
S1-TBR	221.08±116.22	187.36±63.00	0.303
D1-TBR	2.02±0.65	1.96±0.43	0.760
F1-BBR	10.89±2.60	10.43±1.17	0.519
S1-BBR	173.90±85.15	158.79±32.96	0.520
D1-BBR	1.82±0.41	1.80±0.22	0.853
F1-BR	13.58±1.71	13.50±1.50	0.870
S1-BR	237.27±47.54	250.86±41.20	0.337
D1-BR	1.66±0.41	1.65±0.30	0.961
F1-EXD	17.03±2.70	16.36±2.80	0.421
S1-EXD	337.23±74.91	339.64±54.02	0.911
D1-EXD	1.40±0.24	1.51±0.36	0.192

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular m. orbicularis oris'in F ve S değerlerinin, m. massater'in S değerinin ve m. semispinalis capitis'in F değerinin orta ve üstü şiddetli hastalarda hafif şiddette seyreden hastalara göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Değerlendirilen 31 Parkinson hastası 62 taraf olarak incelenmiş olup, 17'si sağ 19'u sol olmak üzere tutulum gösteren 36 taraf ve tutulum bulunmayan 26 taraf karşılaştırılmıştır (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Parkinson hastalarında etkilenim olan ve olmayan tarafların viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Etkilenim Yok (Ort ± SS)	Etkilenim Var (Ort ± SS)	p-değeri
F1-OO	25.99±4.89	25.82±5.06	0.893
S1-OO	948.65±316.83	961.1±322.15	0.880
D1-OO	1.91±0.20	1.87±0.15	0.377
F1-MAS	17.99±3.78	17.34±3.61	0.496
S1-MAS	470.50±109.98	458.55±109.15	0.673
D1-MAS	3.24±3.20	2.66±0.43	0.291
F1-SCAP	17.86±2.67	17.45±2.45	0.541
S1-SCAP	359.61±62.20	358.44±59.87	0.941
D1-SCAP	1.71±0.27	1.82±0.35	0.202
F1-SCM	13.20±1.57	12.88±2.06	0.513
S1-SCM	261.42±56.90	251.05±66.96	0.525
D1-SCM	2.07±0.44	2.18±0.46	0.359
F1-TRAP	19.78±3.51	18.10±3.34	0.040*
S1-TRAP	412.15±131.13	352.11±97.66	0.043*
D1-TRAP	1.25±0.23	1.58±1.70	0.334
F1-DLT	15.77±3.52	16.16±3.53	0.668
S1-DLT	282.61±88.51	301.41±96.12	0.435
D1-DLT	1.37±0.29	1.50±0.39	0.180
F1-TBR	12.49±5.35	10.87±2.51	0.116
S1-TBR	229.23±143.45	202.08±70.30	0.328
D1-TBR	1.92±0.55	2.054±0.64	0.427

F1-BBR	10.61±1.20	10.91±2.92	0.618
S1-BBR	162.34±32.79	176.36±96.73	0.481
D1-BBR	1.75±0.33	1.85±0.40	0.270
F1-BR	13.33±1.42	13.73±1.79	0.347
S1-BR	235.34±41.56	243.94±49.56	0.474
D1-BR	1.66±0.40	1.65±0.37	0.894
F1-EXD	16.51±2.75	17.14±2.69	0.370
S1-EXD	330.03±63.64	343.36±75.17	0.466
D1-EXD	1.45±0.32	1.39±0.22	0.460

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgulara m. trapezius'un F ve S değerlerinin etkilenim olmayan tarafta istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Etkilenim olmayan ekstremiteler ile etkilenim tarafı sağ ve sol olan ekstremiteler karşılaştırılmış olup tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Parkinson hastalarında etkilenmeyen taraf ile sağ ve sol taraf etkilenimi gösteren ekstremitelerin viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Etkilenim yok (Ort±SS)	Sağ Etkilenim (Ort±SS)	Sol Etkilenim (Ort±SS)	p-değeri
F1-OO	25.99±4.89	25.92±6.05	25.73±4.15	0.985
S1-OO	948.65±316.83	987.64±352.69	937.47±299.95	0.887
D1-OO	1.91±0.20	1.87±0.16	1.86±0.15	0.675
F1-MAS	17.99±3.78	17.11±3.44	17.55±3.84	0.746
S1-MAS	470.50±109.98	449.11±108.69	467.00±111.82	0.814
D1-MAS	3.24±3.20	2.62±0.48	2.71±0.39	0.571
F1-SCAP	17.86±2.67	17.48±2.56	17.43±2.41	0.829
S1-SCAP	359.61±62.20	350.52±59.06	365.52±61.29	0.762
D1-SCAP	1.71±0.27	1.78±0.28	1.86±0.40	0.339
F1-SCM	13.20±1.57	12.73±1.69	13.02±2.39	0.730
S1-SCM	261.42±56.90	252.17±79.96	250.05±55.08	0.814

D1-SCM	2.07±0.44	2.10±0.41	2.24±0.50	0.446
F1-DLT	15.77±3.52	15.60±3.78	16.66±3.30	0.607
S1-DLT	282.61±88.51	282.82±98.99	318.05±92.92	0.390
D1-DLT	1.37±0.29	1.61±0.44	1.40±0.32	0.091
F1-TBR	12.49±5.35	9.947±2.56	11.70±2.21	0.122
S1-TBR	229.23±143.45	194.76±64.56	208.63±76.26	0.578
D1-TBR	1.92±0.55	2.24±0.74	1.88±0.50	0.142
F1-BBR	10.61±1.20	10.34±.974	11.42±3.89	0.348
S1-BBR	162.34±32.79	156.47±25.55	194.15±130.02	0.266
D1-BBR	1.75±0.33	1.85±0.49	1.86±0.31	0.542
F1-BR	13.33±1.42	13.33±1.77	14.08±1.78	0.254
S1-BR	235.34±41.56	228.11±46.90	258.10±48.71	0.116
D1-BR	1.66±0.40	1.59±0.35	1.70±0.39	0.690
F1-EXD	16.51±2.75	16.67±2.12	17.56±3.11	0.416
S1-EXD	330.03±63.64	323.17±65.98	361.42±79.92	0.205
D1-EXD	1.45±0.32	1.32±0.18	1.46±0.24	0.252

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgularda etkilenim olmayan, sağ etkilenimi olan ve sol etkilenimi olan arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmektedir.

Tutulum şekline göre sağ ve sol taraf ayırmadan unilateral ve biletaral olarak hastalar sınıflandırılmış olup F, S, D değerlerinin bu gruplara göre karşılaştırılması tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Bilateral ve unilateral tutulum gösteren Parkinson hastalarında ekstremitte kaslarının viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Bilateral Etkilenim (Ort±SS)	Unilateral Etkilenim (Ort±SS)	p-değeri
F1-OO	26.48±2.90	25.57±5.71	0.636
S1-OO	1022.10±244.40	937.73±348.91	0.490
D1-OO	1.87±0.19	1.87±0.15	0.972

F1-MAS	17.11±2.79	17.43±3.94	0.813
S1-MAS	453.00±93.85	460.69±116.16	0.853
D1-MAS	2.59±0.43	2.70±0.44	0.510
F1-SCAP	16.37±1.55	17.88±2.62	0.099
S1-SCAP	346.10±49.69	363.19±63.60	0.451
D1-SCAP	1.99±0.37	1.76±0.33	0.081
F1-SCM	12.37±1.98	13.08±2.11	0.361
S1-SCM	231.20±65.50	258.69±67.20	0.276
D1-SCM	2.27±0.41	2.15±0.48	0.463
F1-TRAP	17.57±3.46	18.31±3.35	0.562
S1-TRAP	330.80±98.23	360.31±98.04	0.424
D1-TRAP	1.30±0.15	1.70±2.01	0.535
F1-DLT	16.91±3.91	15.88±3.41	0.440
S1-DLT	336.10±101.44	288.08±92.54	0.183
D1-DLT	1.56±0.52	1.48±0.35	0.578
F1-TBR	11.50±2.15	10.63±2.64	0.360
S1-TBR	235.20±78.57	189.35±63.99	0.079
D1-TBR	2.30±0.63	1.96±0.63	0.154
F1-BBR	10.65±0.79	11.02±3.42	0.740
S1-BBR	169.70±26.33	178.92±113.26	0.802
D1-BBR	1.90±0.35	1.85±0.43	0.736
F1-BR	13.93±2.03	13.66±1.73	0.690
S1-BR	246.30±42.30	243.04±52.84	0.863
D1-BR	1.87±0.54	1.57±0.26	0.028*
F1-EXD	17.89±1.94	16.86±2.91	0.311
S1-EXD	366.50±66.81	334.46±77.51	0.258
D1-EXD	1.40±0.12	1.40±0.26	0.956

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgulara sadece m. brachioradialis'in D değeri bilaterale göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Bu durum bilaterale göre elastikiyetin daha düşük olduğunu göstermektedir. Unilateral etkilenimi olanlar da kendi içlerinde sağ ve sol taraf olarak ayrılarak bilaterale etkilenimli hastaların viskoelastik özellikleri ile karşılaştırılmış olup sonuçlar tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Parkinson bilateral, unilateral sağ ve unilateral sol tutulumlu hastaların viskoelastik özelliklerinin karşılaştırılması

Parametre	Bilateral (Ort±SS)	Unilateral Sağ (Ort±SS)	Unilateral Sol (Ort±SS)	p-değeri
F1-OO	26.48±2.90	25.53±7.18	25.61±4.38	0.895
S1-OO	1022.10±244.40	956.67±401.92	921.50±311.14	0.762
D1-OO	1.87±0.19	1.86±0.19	1.88±0.11	0.974
F1-MAS	17.11±2.79	16.98±3.99	17.83±4.00	0.820
S1-MAS	453.00±93.85	449.50±124.68	470.29±112.16	0.880
D1-MAS	2.59±0.43	2.70±0.56	2.70±0.34	0.807
F1-SCAP	16.37±1.55	17.75±2.99	17.99±2.38	0.254
S1-SCAP	346.10±49.69	347.83±68.96	376.36±57.89	0.368
D1-SCAP	1.99±0.37	1.73±0.29	1.79±0.37	0.200
F1-SCM	12.37±1.98	12.74±1.60	13.38±2.49	0.492
S1-SCM	231.20±65.50	257.33±79.67	259.86±57.54	0.555
D1-SCM	2.27±0.41	2.07±0.48	2.21±0.49	0.562
F1-TRAP	17.57±3.46	17.56±2.91	18.95±3.68	0.494
S1-TRAP	330.80±98.23	346.08±107.67	372.50±91.24	0.581
D1-TRAP	1.30±0.15	2.09±2.97	1.37±0.24	0.473
F1-DLT	16.91±3.91	14.97±3.69	16.66±3.07	0.361
S1-DLT	336.10±101.44	259.08±94.35	312.93±86.59	0.148
D1-DLT	1.56±0.52	1.62±0.44	1.36±0.19	0.211
F1-TBR	11.50±2.15	9.35±2.56 <i>b</i> *	11.73±2.24	0.031*
S1-TBR	235.20±78.57	174.42±51.33	202.14±72.55	0.130
D1-TBR	2.30±0.63	2.20±0.74	1.75±0.46	0.073
F1-BBR	10.65±0.79	10.29±1.13	11.64±4.53	0.487
S1-BBR	169.70±26.33	152.67±23.40	201.43±151.73	0.438
D1-BBR	1.90±0.35	1.81±0.52	1.88±0.34	0.874
F1-BR	13.93±2.03	13.01±1.58	14.21±1.72	0.219
S1-BR	246.30±42.30	221.58±47.94	261.43±51.34	0.121
D1-BR	1.87±0.54	1.54±0.30	1.59±0.23	0.088
F1-EXD	17.89±1.94	16.01±1.53	17.59±3.62	0.196
S1-EXD	366.50±66.81	300.83±38.51 <i>b</i> *	363.29±91.43	0.050*
D1-EXD	1.40±0.12	1.30±0.21	1.49±0.27	0.104

a: unilateral sağ'dan farklı, *b*: unilateral soldan farklı * İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgulara m. triceps brachii F değeri ve m. extensor digitorum S değeri sol unilateral etkilenimlerde sağ unilateral etkilenimden istatistiksel olarak daha büyük olduğu saptanmıştır.

Yapılan ölçümler Parkinson hastaları ile kontrol grubu karşılaştırılarak değerlendirilmiş olup tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Parkinson hastaları ve kontrol grubunun viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Parkinson (Ort ± SS)	Kontrol (Ort ± SS)	p-değeri
F1-OO	25.99±4.95	25.07±5.51	0.175
S1-OO	955.92±317.38	952.83±387.05	0.432
D1-OO	1.89±0.18	1.9±0.26	0.792
F1-MAS	17.62±3.67	17.7±3.88	0.907
S1-MAS	463.56±108.76	457.16±130.87	0.461
D1-MAS	2.91±2.1	2.64±0.4	0.798
F1-SCAP	17.63±2.53	16.99±2.55	0.164
S1-SCAP	358.94±60.36	354.38±74.09	0.336
D1-SCAP	1.78±0.32	1.86±0.28	0.161
F1-SCM	13.02±1.87	12.33±2.05	0.012*
S1-SCM	255.4±62.67	231.34±48.42	0.028*
D1-SCM	2.14±0.45	2.01±0.33	0.050*
F1-TRAP	18.81±3.49	19.75±3.81	0.056
S1-TRAP	377.29±115.78	423.25±120.61	0.010*
D1-TRAP	1.45±1.31	1.35±0.31	0.516
F1-DLT	16.0±3.5	17.61±5.08	0.070
S1-DLT	293.53±92.74	347.47±146.21	0.036*
D1-DLT	1.45±0.36	1.29±0.26	0.012*
F1-TBR	11.55±4.0	11.41±2.76	0.913
S1-TBR	213.47±107.02	194.44±57.47	0.560
D1-TBR	2.0±0.61	1.97±0.66	0.703
F1-BBR	10.79±2.35	10.97±1.76	0.477
S1-BBR	170.48±76.54	169.67±35.65	0.426
D1-BBR	1.81±0.38	1.74±0.47	0.273
F1-BR	13.56±1.65	13.05±1.93	0.012*
S1-BR	240.34±46.22	230.38±49.13	0.133
D1-BR	1.66±0.38	1.47±0.27	0.004*
F1-EXD	16.88±2.71	15.38±3.64	0.001*
S1-EXD	337.77±70.33	306.67±91.41	0.001*
D1-EXD	1.42±0.27	1.55±0.25	0.003*

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgulara m. sternocleidomastoideus'un F, S, D değerlerinin Parkinson hastalarında anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. M. trapezius ve m. deltoideus'un S değerlerinin ve m. extensor digitorum'un D değerinin ise kontrol grubunda anlamlı derecede daha yüksek olduğu görülmektedir. Fakat m. deltoideus'un D değeri incelendiğinde Parkinson hastalarında istatistiksel olarak daha büyük olduğu tespit edilmektedir.

Yine m. brachioradialis F ve D değeri ile m. extensor digitorum'un F ve S değerlerinin Parkinson hastalarında anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmaktadır.

Parkinson hastalarının ekstremiteleri etkilenim olması ve olmaması durumlarına göre alt gruplara ayrılarak kontrol grubu verileriyle karşılaştırılmış olup analiz sonuçları tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Parkinson hastalarında etkilenimi olan ve etkilenimi olmayan ile kontrol grubunun viskoelastik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Etkilenim Yok (Ort±SS)	Etkilenim Var (Ort±SS)	Kontrol Grubu (Ort±SS)	p-değeri
F1-OO	26.00±4.90	25.82±5.06	25.07±5.51	0.673
S1-OO	948.65±316.83	961.17±322.15	952.83±387.05	0.990
D1-OO	1.91±0.21	1.87±0.16	1.90±0.26	0.727
F1-MAS	17.99±3.78	17.34±3.62	17.70±3.88	0.796
S1-MAS	470.50±109.98	458.56±109.15	457.16±130.87	0.889
D1-MAS	3.24±3.21	2.67±0.44	2.64±0.40	0.200
F1-SCAP	17.86±2.67	17.46±2.45	16.99±2.55	0.316
S1-SCAP	359.62±62.21	358.44±59.87	354.38±74.09	0.930
D1-SCAP	1.72±0.28	1.82±0.35	1.86±0.28	0.147
F1-SCM	13.20±1.57	12.89±2.07	12.33±2.05	0.121
S1-SCM	261.42±56.91 b*	251.06±66.97	231.34±48.42	0.046*
D1-SCM	2.07±0.45	2.18±0.46	2.01±0.33	0.120
F1-TRAP	19.79±3.52	18.10±3.35	19.75±3.81	0.072
S1-TRAP	412.15±131.13	352.11±97.60 b*	423.25±120.61	0.014*
D1-TRAP	1.26±0.24	1.59±1.71	1.35±0.31	0.333

F1-DLT	15.77±3.52	16.16±3.53	17.61±5.08	0.117
S1-DLT	282.62±88.52 b*	301.42±96.12	347.47±146.21	0.044*
D1-DLT	1.38±0.30	1.50±0.40 b*	1.29±0.26	0.006*
F1-TBR	12.50±5.35	10.87±2.51	11.41±2.76	0.177
S1-TBR	229.23±143.45	202.08±70.33	194.44±57.47	0.217
D1-TBR	1.93±0.56	2.05±0.64	1.97±0.66	0.713
F1-BBR	10.61±1.21	10.92±2.92	10.97±1.76	0.752
S1-BBR	162.35±32.79	176.36±96.74	169.67±35.65	0.656
D1-BBR	1.75±0.34	1.86±0.40	1.74±0.47	0.361
F1-BR	13.33±1.43	13.73±1.80	13.05±1.93	0.192
S1-BR	235.35±41.57	243.94±49.56	230.38±49.13	0.398
D1-BR	1.67±0.40 b*	1.65±0.38 b*	1.47±0.27	0.006*
F1-EXD	16.52±2.75	17.15±2.69 b*	15.38±3.64	0.027*
S1-EXD	330.04±63.65	343.36±75.17	306.67±91.41	0.089
D1-EXD	1.45±0.33	1.40±0.23 b*	1.55±0.25	0.019*

a*: Etkilenim var ile anlamlı fark, **b***: kontrol grubu ile anlamlı fark, * İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

M. sternocleidomastoideus ve m. deltoideus'un S değeri, m. brachioradialis'in D değeri Parkinson hastalarında etkilenim olmayan tarafta, kontrol grubundan anlamlı derecede fazla bulunmuştur.

M. trapezius'un S değeri ile m. extensordigitorum'un D değeri Parkinson bulguları görülen tarafta kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha düşük olduğu tespit edilirken; m. deltoideus'un ve m. brachioradialis'in D değeri ile, m. extensor digitorum'un F değeri Parkinsondan etkilenen ekstremitelerde kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Parkinson hastalarında yapılan tekrarlı ölçümlerden elde edilen F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerlerine ilişkin veriler tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Parkinson hastalarında yapılan tekrarlı ölçümlerden elde edilen F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerleri

Parametre	1. ölçüm (Ort±SS)	2. ölçüm (Ort±SS)	3. ölçüm (Ort±SS)	4. ölçüm (Ort±SS)	p-değeri
F-OO	26.86±5.07	28.76±8.30	28.26±7.66	28.41±7.87	0.56
S-OO	1045.22±242.72	1008.44±282.11	1021.39±374.41	1030.22±368.15	0.972
D-OO	1.90±0.16	1.82±0.29	1.84±0.25	1.78±0.33	0.530
F-MAS	15.73±2.83	17.42±3.06	18.32±5.01	18.14±4.65	0.134
S-MAS	418.28±104.62	464.72±114.03	483.94±195.02	511.94±229.58	0.166
D-MAS	2.59±0.48	2.55±0.37	2.50±0.31	2.55±0.48	0.877
F-SCAP	16.91±3.15 <i>b*</i>	18.61±3.24	19.16±3.97	17.48±2.78	0.040*
S-SCAP	341.94±78.47	377.22±71.46	384.06±78.55	370.61±69.56	0.154
D-SCAP	1.84±0.40	1.62±0.26	1.93±0.55	1.84±0.34	0.090
F-SCM	13.01±1.74 <i>b*c*</i>	13.42±2.15 <i>b*c*</i>	19.16±3.97	17.48±2.78	0.001*
S-SCM	230.89±60.31 <i>b*c*</i>	251.22±51.24 <i>b*c*</i>	384.06±78.55	370.61±69.56	0.001*
D-SCM	1.93±0.34	1.85±0.46	1.93±0.55	1.84±0.34	0.672
F-TRAP	17.51±2.99 <i>a*b*</i>	20.94±4.47	21.61±4.82	19.84±3.60	0.028*
S-TRAP	333.83±82.41 <i>a*b*</i>	463.39±150.38	450.67±152.19	414.72±115.91	0.009*
D-TRAP	1.26±0.18	1.46±0.52	1.38±0.29	1.18±0.12	0.081
F-DLT	15.69±3.01	16.89±4.89	16.33±3.52	19.21±5.16	0.050
S-DLT	295.94±78.24	335.61±134.83	274.22±93.43 <i>c*</i>	364.72±142.63	0.047*
D-DLT	1.36±0.43	1.37±0.31	1.32±0.21	1.31±0.27	0.869
F-TBR	11.28±4.59	10.98±2.15 <i>c*</i>	12.56±3.13	13.93±4.10	0.020*
S-TBR	197.00±66.12	173.06±59.34 <i>c*</i>	210.33±88.53	254.89±113.69	0.010*
D-TBR	1.73±0.56 <i>c*</i>	1.76±0.48 <i>c*</i>	1.68±0.52	1.45±0.38	0.014*
F-BBR	10.22±0.78	11.33±2.33	11.04±1.32	11.78±1.93	0.062
S-BBR	154.06±26.84	161.94±25.48	165.22±45.09	183.06±54.32	0.166
D-BBR	1.84±0.37 <i>a*b*c*</i>	1.51±0.37	1.52±0.34	1.44±0.43	0.001*
F-BR	13.93±1.67	13.58±2.42	13.04±1.20	13.36±1.61	0.305
S-BR	252.82±44.35	246.76±67.43	224.88±48.97	246.76±47.59	0.167
D-BR	1.63±0.36	1.54±0.34	1.66±0.35	1.53±0.27	0.397
F-EXD	17.15±2.12	16.74±2.30	17.49±2.73	16.03±2.17	0.121
S-EXD	343.12±65.52	341.18±72.43	355.41±71.26	323.12±69.98	0.403
D-EXD	1.33±0.22	1.43±0.28	1.38±0.27	1.47±0.48	0.545

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet, a: 2.ölçümle, b: 3.ölçümle, c: 4. ölçümle anlamlı fark var

Tekrarlı ölçümler sonucunda bazı kaslarda tonus (F), sertlik (S) ve elastisite (D) parametrelerinde anlamlı değişiklikler gözlenmiştir. F-SCAP, ilk ölçüme kıyasla 2. ve 3. ölçümlerde artış göstermiş, 4. ölçümde bir miktar azalmıştır. F-SCM ve S-SCM değerleri 1. ve 2. ölçümlerden itibaren belirgin şekilde artmış ve 3. ölçümde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. F-TRAP ve S-TRAP ölçümleri 1. ölçümde 2. ve 3. ölçümlere doğru artış göstermiş, 4. ölçümde bir miktar düşüş gözlenmiştir. S-DLT değerleri 3. ölçümde geçici olarak azalmıştır. F-TBR ve S-TBR parametreleri 2. ölçümde kısa süreli düşüş, 3. ve 4. ölçümlerde artış eğilimi göstermiştir. D-TBR elastisite değerleri 1. ve 2. ölçümlerde nispeten yüksekken, 4. ölçümde düşüş göstermiştir. Son olarak, D-BBR değerleri ilk ölçümde itibaren kademeli olarak azalmıştır. Diğer kaslarda ve parametrelerde ölçümler arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Cinsiyetlere göre parametreler değerlendirilmiş olup yapılan 4 ölçüm de karşılaştırılarak tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerlerinin cinsiyetlere göre karşılaştırılması

Parametre	Erkek (Ort±SS)	Kadın (Ort±SS)	p-değeri
F1-OO	24.53 ± 4.19	28.76 ± 5.31	0.001*
S1-OO	851.86 ± 284.59	1174.45 ± 272.79	0.001*
D1-OO	1.90 ± 0.18	1.88 ± 0.18	0.702
F2-OO	25.46 ± 4.59	31.76 ± 7.88	0.001*
S2-OO	852.66 ± 276.97	1189.21 ± 395.71	0.002*
D2-OO	1.90 ± 0.18	1.79 ± 0.29	0.118
F3-OO	26.05 ± 12.23	31.35 ± 7.56	0.180
S3-OO	852.71 ± 373.22	1219.75 ± 395.69	0.010*
D3-OO	1.87 ± 0.18	1.82 ± 0.27	0.520
F4-OO	26.87 ± 7.21	30.34 ± 8.71	0.368
S4-OO	897.90 ± 328.10	1195.63 ± 366.70	0.088
D4-OO	1.85 ± 0.26	1.68 ± 0.39	0.284
F1-MAS	17.16 ± 3.46	18.58 ± 3.99	0.155
S1-MAS	446.50 ± 94.32	499.40 ± 129.56	0.073
D1-MAS	3.06 ± 2.53	2.59 ± 0.48	0.417

F2-MAS	17.12 ± 3.45	18.21 ± 3.98	0.351
S2-MAS	464.47 ± 102.79	521.21 ± 198.68	0.207
D2-MAS	2.66 ± 0.36	2.62 ± 0.60	0.796
F3-MAS	16.65 ± 3.35	18.60 ± 6.10	0.223
S3-MAS	432.50 ± 102.31	505.00 ± 244.18	0.215
D3-MAS	2.55 ± 0.53	2.63 ± 0.44	0.672
F4-MAS	17.53 ± 3.43	18.91 ± 6.02	0.547
S4-MAS	489.80 ± 104.29	539.63 ± 335.32	0.661
D4-MAS	2.71 ± 0.49	2.37 ± 0.41	0.137
F1-SCAP	17.37 ± 2.24	18.17 ± 3.06	0.248
S1-SCAP	363.62 ± 55.96	349.10 ± 69.21	0.380
D1-SCAP	1.85 ± 0.33	1.63 ± 0.27	0.009*
F2-SCAP	17.36 ± 2.77	18.23 ± 3.48	0.372
S2-SCAP	369.53 ± 68.17	350.21 ± 90.52	0.429
D2-SCAP	1.88 ± 0.34	1.69 ± 0.41	0.103
F3-SCAP	17.10 ± 3.12	18.48 ± 5.02	0.315
S3-SCAP	356.00 ± 80.51	347.00 ± 88.61	0.762
D3-SCAP	1.41 ± 0.47*	1.92 ± 0.72	0.488
F4-SCAP	18.20 ± 2.19	16.59 ± 3.32	0.233
S4-SCAP	403.20 ± 35.43	329.88 ± 81.99	0.021*
D4-SCAP	1.87 ± 0.21	1.79 ± 0.46	0.607
F1-SCM	12.79 ± 1.86	13.50 ± 1.85	0.164
S1-SCM	251.10 ± 59.97	264.45 ± 68.71	0.437
D1-SCM	2.24 ± 0.44	1.92 ± 0.43	0.008*
F2-SCM	12.37 ± 1.84	14.01 ± 2.06	0.010*
S2-SCM	245.81 ± 41.30	249.57 ± 56.91	0.802
D2-SCM	2.16 ± 0.43	1.76 ± 0.41	0.005*
F3-SCM	17.10 ± 3.12	18.48 ± 5.02	0.315
S3-SCM	356.00 ± 80.51	347.00 ± 88.61	0.762
D3-SCM	1.41 ± 0.47*	1.92 ± 0.72	0.488
F4-SCM	18.20 ± 2.19	16.59 ± 3.32	0.233
S4-SCM	403.20 ± 35.43	329.88 ± 81.99	0.021*
D4-SCM	1.87 ± 0.21	1.79 ± 0.46	0.607

F1-TRAP	18.63 ± 3.22	19.19 ± 4.08	0.559
S1-TRAP	372.38 ± 106.28	387.60 ± 136.01	0.632
D1-TRAP	1.58 ± 1.58	1.18 ± 0.13	0.274
F2-TRAP	20.89 ± 3.61	19.02 ± 4.12	0.129
S2-TRAP	429.88 ± 98.78	409.79 ± 171.28	0.618
D2-TRAP	1.46 ± 0.35	1.53 ± 0.56	0.635
F3-TRAP	19.45 ± 4.14	21.00 ± 6.35	0.382
S3-TRAP	394.54 ± 126.12	408.42 ± 162.77	0.779
D3-TRAP	1.41 ± 0.29	1.54 ± 0.30	0.220
F4-TRAP	20.82 ± 3.34	18.61 ± 3.74	0.205
S4-TRAP	437.40 ± 126.37	386.38 ± 102.20	0.369
D4-TRAP	1.21 ± 0.13	1.15 ± 0.11	0.289
F1-DLT	16.34 ± 3.36	15.29 ± 3.77	0.271
S1-DLT	304.14 ± 88.29	271.25 ± 100.10	0.194
D1-DLT	1.48 ± 0.33	1.38 ± 0.42	0.311
F2-DLT	17.18 ± 4.23	15.95 ± 4.11	0.363
S2-DLT	331.53 ± 111.97	280.14 ± 130.76	0.180
D2-DLT	1.48 ± 0.35	1.16 ± 0.18	0.002*
F3-DLT	16.50 ± 4.13	15.25 ± 3.23	0.367
S3-DLT	299.38 ± 97.94	230.17 ± 86.00	0.045*
D3-DLT	1.44 ± 0.20	1.17 ± 0.14	0.001*
F4-DLT	19.30 ± 5.27	19.10 ± 5.38	0.938
S4-DLT	374.70 ± 137.74	352.25 ± 157.15	0.751
D4-DLT	1.39 ± 0.19	1.20 ± 0.33	0.140
F1-TBR	12.38 ± 4.19	9.81 ± 2.96	0.017*
S1-TBR	245.14 ± 113.91	146.95 ± 43.56	0.001*
D1-TBR	2.13 ± 0.63	1.73 ± 0.46	0.014*
F2-TBR	12.24 ± 2.93	10.49 ± 1.62	0.042*
S2-TBR	233.25 ± 66.01	145.00 ± 40.36	0.001*
D2-TBR	1.93 ± 0.47	1.68 ± 0.45	0.100
F3-TBR	13.29 ± 2.88	11.68 ± 2.01	0.093
S3-TBR	244.17 ± 60.83	175.25 ± 65.97	0.004*
D3-TBR	1.86 ± 0.42	1.62 ± 0.55	0.169

F4-TBR	14.48 ± 3.72	13.25 ± 4.71	0.544
S4-TBR	291.10 ± 102.43	209.63 ± 116.99	0.135
D4-TBR	1.58 ± 0.33	1.29 ± 0.38	0.095
F1-BBR	10.94 ± 2.75	10.47 ± 1.15	0.466
S1-BBR	181.31 ± 88.92	147.75 ± 30.72	0.107
D1-BBR	1.90 ± 0.39	1.64 ± 0.28	0.010*
F2-BBR	11.09 ± 1.98	12.73 ± 6.42	0.193
S2-BBR	169.59 ± 44.00	197.79 ± 117.88	0.241
D2-BBR	1.63 ± 0.30	1.58 ± 0.38	0.591
F3-BBR	11.71 ± 1.47	10.23 ± 0.82	0.003*
S3-BBR	187.50 ± 41.52	138.33 ± 25.05	0.001*
D3-BBR	1.58 ± 0.23	1.54 ± 0.41	0.742
F4-BBR	11.66 ± 1.73	11.94 ± 2.26	0.771
S4-BBR	176.80 ± 52.14	190.88 ± 59.54	0.600
D4-BBR	1.47 ± 0.22	1.40 ± 0.63	0.767
F1-BR	13.45 ± 1.61	13.80 ± 1.74	0.443
S1-BR	236.38 ± 47.01	248.65 ± 44.52	0.333
D1-BR	1.72 ± 0.42	1.53 ± 0.24	0.067
F2-BR	13.81 ± 1.95	14.39 ± 2.40	0.399
S2-BR	249.75 ± 53.00	270.08 ± 73.77	0.305
D2-BR	1.58 ± 0.31	1.53 ± 0.29	0.617
F3-BR	13.56 ± 1.78	13.24 ± 1.95	0.625
S3-BR	235.83 ± 55.31	234.92 ± 71.85	0.966
D3-BR	1.58 ± 0.35	1.60 ± 0.27	0.880
F4-BR	13.56 ± 1.72	13.06 ± 1.40	0.519
S4-BR	243.90 ± 49.43	244.13 ± 48.67	0.992
D4-BR	1.42 ± 0.17	1.66 ± 0.31	0.056
F1-EXD	17.18 ± 2.93	16.27 ± 2.13	0.219
S1-EXD	342.71 ± 72.68	327.40 ± 65.69	0.427
D1-EXD	1.40 ± 0.27	1.46 ± 0.27	0.441
F2-EXD	16.60 ± 2.15	16.82 ± 2.38	0.766
S2-EXD	334.72 ± 58.01	336.23 ± 71.33	0.941
D2-EXD	1.46 ± 0.29	1.40 ± 0.20	0.562

F3-EXD	18.60 ± 2.95	17.11 ± 1.97	0.122
S3-EXD	400.58 ± 137.12	344.25 ± 55.48	0.183
D3-EXD	1.34 ± 0.28	1.51 ± 0.24	0.075
F4-EXD	16.54 ± 2.57	15.45 ± 1.24	0.288
S4-EXD	334.30 ± 81.93	314.25 ± 50.32	0.554
D4-EXD	1.52 ± 0.56	1.45 ± 0.35	0.773

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen bulgulara göre F1-OO, S1-OO, F2-OO, S2-OO, S3-OO, F2-SCM kadınlarda anlamlı derecede daha yüksek olduğu, D1-SCAP, S4-SCAP, D1-SCM, D2-SCM, S4-SCM, D2-DLT, S3-DLT, D3-DLT, F1-TBR, S1-TBR, D1-TBR, F2-TBR, S2-TBR, S3-TBR, D1-BBR, F3-BBR, S3-BBR erkeklerde anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Parkinson hastalarında ölçülen parametrelerin yaş, hastalık süresi, UPDRS skoru ve birbirleriyle olan ilişkisi de incelenmiş olup anlamlı korelasyonu olanlar tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16. Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm parametreleri arasındaki ilişkilerin karşılaştırmalı analizi

Parametre çifti	r (derece)	p-değeri
Yaş / F1-OO	0.430 (orta)	0.016
Yaş / S1-OO	0.425 (orta)	0.017
Yaş / S1-MAS	0.398 (orta)	0.027
Yaş / F1-SCAP	0.639 (güçlü)	<0.001
Yaş / S1-SCAP	0.612 (güçlü)	<0.001
Yaş / F1-SCM	0.441 (orta)	0.013
Yaş / F1-TRAP	0.393 (orta)	0.029
Yaş / D1-EXD	0.415 (orta)	0.020
Hastalık süresi / UPDRS	0.622 (güçlü)	<0.001
UPDRS / F1-MAS	0.394 (orta)	0.028

UPDRS / S1-MAS	0.586 (güçlü)	0.001
UPDRS / D1-MAS	0.370 (orta)	0.041
UPDRS / F1-SCAP	0.482 (orta)	0.006
UPDRS / S1-SCAP	0.411 (orta)	0.022
F1-OO / S1-OO	0.852 (güçlü)	<0.001
F1-SCAP / S1-SCAP	0.855 (güçlü)	<0.001
F1-SCAP / F1-SCM	0.374 (orta)	0.003
S1-SCAP / F1-SCM	0.289 (zayıf)	0.023
F1-SCM / S1-SCM	0.553 (güçlü)	<0.001
S1-SCM / D1-SCM	0.272 (zayıf)	0.033
D1-SCAP / F1-BR	0.330 (orta)	0.009
D1-SCAP / S1-BR	0.329 (orta)	0.009
F1-TRAP / S1-TRAP	0.941 (güçlü)	<0.001
F1-DLT / S1-DLT	0.896 (güçlü)	<0.001
F1-DLT / D1-TBR	0.322 (orta)	0.011
S1-DLT / D1-TBR	0.282 (zayıf)	0.026
F1-TBR / S1-TBR	0.826 (güçlü)	<0.001
F1-BBR / S1-BBR	0.950 (güçlü)	<0.001
F1-BR / S1-BR	0.847 (güçlü)	<0.001
F1-EXD / S1-EXD	0.914 (güçlü)	<0.001
F1-EXD / D1-EXD	-0.477 (orta)	<0.001

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut ($p<0.05$), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Parkinson hastalarında viskoelastik ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, çoğu parametre arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişkiler saptanmıştır. Yaş ile bazı kas parametreleri arasında orta ile güçlü düzeyde pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Özellikle F1-SCAP ve S1-SCAP parametreleri yaşla en yüksek düzeyde ilişki göstermiştir.

Hastalık süresi ile UPDRS arasında güçlü pozitif korelasyon saptanmış, bu da klinik ilerleme ile motor semptom şiddetinin paralel arttığını göstermektedir. UPDRS ile kas

parametreleri (S1-MAS, F1-SCAP, S1-SCAP) arasında orta ile güçlü düzeyde pozitif ilişkiler görülmüştür.

Aynı kas grubunun farklı viskoelastik değerler (F1-OO/S1-OO, F1-SCAP/S1-SCAP, F1-TRAP/S1-TRAP, F1-BBR/S1-BBR) arasında çok güçlü pozitif korelasyonlar gözlenmiş, bu da ölçümlerin yüksek tekrarlanabilirliğini ve tutarlılığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, F1-EXD/D1-EXD çifti arasında orta düzeyde negatif korelasyon bulunmuş olup, bu kas grubunda ölçüm zamanları arasında farklı yönde değişim olabileceğini düşündürmektedir.

Kontrol grubunda yapılan viskoelastik ölçümlerin değişkenlerle ilişkisi incelenmiş olup tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17. Kontrol grubunda viskoelastik ölçüm parametreleri arasındaki ilişkilerin analizi

Parametre çifti	r (derece)	p-değeri
Yaş / F1-OO	0.415 (orta)	0.018*
Yaş / D1-TRAP	0.605 (güçlü)	<0.001*
Yaş / F1-EXD	0.583 (güçlü)	<0.001*
Yaş / S1-EXD	0.607 (güçlü)	<0.001*
Yaş / F1-BBR	0.537 (güçlü)	0.002*
Yaş / S1-BBR	0.556 (güçlü)	0.001*
F1-OO / S1-OO	0.852 (güçlü)	<0.001*
F1-OO / F1-MAS	0.465 (orta)	<0.001*
S1-OO / S1-MAS	0.252 (zayıf)	0.045*
F1-MAS / S1-MAS	0.672 (güçlü)	<0.001*
F1-SCAP / S1-SCAP	0.720 (güçlü)	<0.001*
F1-SCAP / F1-SCM	0.451 (orta)	<0.001*
S1-SCAP / F1-SCM	0.499 (orta)	0.001*
F1-SCM / S1-SCM	0.828 (güçlü)	0.001*
D1-SCM / F1-SCM	0.382 (orta)	0.002*
D1-SCM / S1-SCM	0.530 (güçlü)	0.001*
F1-TRAP / S1-TRAP	0.946 (güçlü)	0.001*

D1-TRAP / F1-TRAP	0.248 (zayıf)	0.048*
D1-TRAP / S1-TRAP	0.466 (orta)	0.001*
D1-TRAP / F1-DLT	0.442 (orta)	0.001*
D1-TRAP / S1-DLT	0.351 (orta)	0.004*
D1-TRAP / F1-BR	0.378 (orta)	0.002*
D1-TRAP / S1-BR	0.546 (güçlü)	0.001*
D1-TRAP / F1-EXD	0.526 (güçlü)	0.001*
F1-DLT / S1-DLT	0.932 (güçlü)	0.001*
F1-DLT / F1-TBR	0.413 (orta)	0.001*
S1-DLT / F1-TBR	0.360 (orta)	0.004*
F1-TBR / S1-TBR	0.779 (güçlü)	0.001*
F1-TBR / D1-TBR	-0.676 (güçlü)	0.001*
F1-BBR / S1-BBR	0.790 (güçlü)	0.001*
F1-BBR / F1-BR	0.415 (orta)	0.001*
S1-BBR / F1-BR	0.454 (orta)	0.001*
F1-BR / S1-BR	0.745 (güçlü)	0.001*
D1-BR / F1-BR	0.389 (orta)	0.001*
D1-BR / S1-BR	0.295 (zayıf)	0.025*
F1-EXD / S1-EXD	0.933 (güçlü)	0.001*
F1-EXD / F1-SCM	0.478 (orta)	0.001*
S1-EXD / F1-SCM	0.372 (orta)	0.003*
D1-EXD / F1-SCM	0.314 (orta)	0.012*

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut ($p<0.05$), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Tablo 4.17’de, kontrol grubundaki bireylerin viskoelastik ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiler korelasyon analiziyle değerlendirilmiştir. Yaş ile kas viskoelastik ölçümleri arasında anlamlı ilişkiler gözlenmiştir; özellikle D1-TRAP, F1-EXD ve S1-EXD parametreleriyle güçlü pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Aynı kas grubuna ait farklı viskoelastik değerler (F1-OO/S1-OO, F1-SCAP/S1-SCAP, F1-TRAP/S1-TRAP, F1-DLT/S1-DLT, F1-EXD/S1-EXD) arasında çok güçlü pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Bu bulgu, kontrol grubunda yapılan kas ölçümlerinin yüksek düzeyde tutarlılığa ve ölçüm güvenilirliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan tekrarlı ölçümlerdeki F değerleri arasındaki ilişki incelenmiş olup tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen F (tonus) parametreleri arasındaki korelasyonların analizi

Parametre çifti	r (derece)	p-değeri
UPDRS / Hastalık Süresi	0.622 (güçlü)	0.000*
F2-OO / F1-OO	0.623 (güçlü)	0.000*
F3-OO / F2-OO	0.608 (güçlü)	0.000*
F4-OO / F2-OO	0.777 (güçlü)	0.000*
F4-OO / F3-OO	0.781 (güçlü)	0.000*
F2-MAS / UPDRS	0.627 (güçlü)	0.001*
F4-MAS / F1-OO	0.624 (güçlü)	0.006*
F4-MAS / F2-OO	0.762 (güçlü)	0.000*
F4-MAS / F4-OO	0.602 (güçlü)	0.008*
F4-MAS / F3-MAS	0.828 (güçlü)	0.000*
F1-SCAP / Yaş	0.639 (güçlü)	0.000*
F1-SCAP / F4-OO	0.668 (güçlü)	0.002*
F3-SCAP / F2-OO	0.627 (güçlü)	0.000*
F3-SCAP / F4-OO	0.757 (güçlü)	0.000*
F3-SCAP / F4-MAS	0.742 (güçlü)	0.000*
F4-SCAP / Yaş	0.762 (güçlü)	0.017*
F3-SCM / F2-OO	0.627 (güçlü)	0.000*
F3-SCM / F4-OO	0.757 (güçlü)	0.000*
F3-SCM / F4-MAS	0.742 (güçlü)	0.000*
F3-SCM / F3-SCAP	1.000 (güçlü)	0.000*
F4-SCM / Yaş	0.762 (güçlü)	0.017*
F4-SCM / F4-SCAP	1.000 (güçlü)	0.000*
F4-TRAP / F4-SCAP	0.717 (güçlü)	0.001*
F4-TRAP / F4-SCM	0.717 (güçlü)	0.001*
F1-DLT / F4-MAS	0.689 (güçlü)	0.002*
F3-DLT / F4-TRAP	0.651 (güçlü)	0.003*
F2-TBR / F4-SCAP	0.616 (güçlü)	0.007*
F2-TBR / F4-SCM	0.616 (güçlü)	0.007*

F2-TBR / F4-DLT	0.664 (güçlü)	0.003*
F3-BBR / F2-TBR	0.667 (güçlü)	0.000*
F4-BBR / F4-TBR	0.655 (güçlü)	0.003*
F4-BR / F2-SCAP	0.605 (güçlü)	0.008*
F4-BR / F3-DLT	0.679 (güçlü)	0.002*
F4-BR / F2-BBR	0.617 (güçlü)	0.006*
F4-EXD / F1-TRAP	-0.626 (güçlü)	0.005*
F4-EXD / F3-TBR	0.606 (güçlü)	0.008*

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut ($p < 0.05$), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Tablo 4.18’de, Parkinson hastalarında yapılan tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen F (tonus) parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Aynı kas grubuna ait ardışık ölçümler arasında (F2-OO/F1-OO, F3-OO/F2-OO, F4-OO/F3-OO) güçlü pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Bu sonuçlar, tekrarlanan ölçümlerin yüksek düzeyde tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Yaş ile bazı kas parametreleri (F1-SCAP, F4-SCAP, F4-SCM) arasında güçlü pozitif korelasyonlar bulunmuştur; bu da tonus değerlerinin yaşla birlikte artma eğiliminde olduğunu düşündürmektedir. Kaslar arası karşılaştırmalarda (F3-SCM/F3-SCAP, F4-SCM/F4-SCAP) mükemmel düzeyde korelasyon ($r=1.000$, $p < 0.001$) elde edilmiştir; bu durum ölçümlerin çok yüksek düzeyde paralellik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yapılan tekrarlı ölçümlerdeki S değerleri arasındaki ilişki incelenmiş olup tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen S (sertlik) parametreleri arasındaki korelasyonların analizi

Parametre çifti	r (derece)	p-değeri
UPDRS / Hastalık Süresi	0.622 (güçlü)	0.000*
S3-OO / Hastalık Süresi	0.635 (güçlü)	0.005*
S3-OO / UPDRS	0.602 (güçlü)	0.008*
S3-OO / S2-OO	0.717 (güçlü)	0.000*
S4-OO / S2-OO	0.607 (güçlü)	0.007*

S2-MAS / UPDRS	0.618 (güçlü)	0.002*
S3-MAS / S2-OO	0.632 (güçlü)	0.000*
S3-MAS / S2-MAS	0.653 (güçlü)	0.000*
S4-MAS / S2-OO	0.652 (güçlü)	0.003*
S4-MAS / S3-MAS	0.861 (güçlü)	0.000*
S1-SCAP / Yaş	0.612 (güçlü)	0.000*
S4-SCAP / Yaş	0.727 (güçlü)	0.026*
S3-SCM / S3-SCAP	1.000 (güçlü)	0.000*
S4-SCM / Yaş	0.727 (güçlü)	0.026*
S4-SCM / S4-SCAP	1.000 (güçlü)	0.000*
S4-TRAP / S1-SCAP	0.740 (güçlü)	0.000*
S4-TRAP / S3-SCAP	0.628 (güçlü)	0.005*
S4-TRAP / S4-SCAP	0.617 (güçlü)	0.006*
S4-TRAP / S3-SCM	0.628 (güçlü)	0.005*
S4-TRAP / S4-SCM	0.617 (güçlü)	0.006*
S4-BBR / S4-TBR	0.656 (güçlü)	0.003*
S4-BR / S2-SCM	0.629 (güçlü)	0.005*
S4-BR / S3-DLT	0.851 (güçlü)	0.000*

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut (p<0.05), F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Tablo 4.19’da, Parkinson hastalarında yapılan tekrarlı ölçümlerde elde edilen S (sertlik) parametreleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. S3-OO parametresi hem hastalık süresi hem de UPDRS ile güçlü pozitif ilişki göstermiştir. Bu bulgu, sertlik parametrelerinin klinik tabloyla doğrudan ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Aynı kas gruplarına ait ardışık ölçümler (S3-OO/S2-OO, S4-OO/S2-OO, S3-MAS/S2-MAS, S4-MAS/S3-MAS) arasında güçlü pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Yaş ile bazı sertlik parametreleri (S1-SCAP, S4-SCAP, S4-SCM) arasında güçlü pozitif ilişkiler bulunmuştur; bu da yaşın kas sertliği üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir. Kas grupları arası korelasyonlarda özellikle S3-SCM/S3-SCAP ve S4-SCM/S4-SCAP çiftleri arasında mükemmel düzeyde korelasyon ($r = 1.000$, $p < 0.001$) elde edilmiştir.

Yapılan tekrarlı ölçümlerdeki D değerleri arasındaki ilişki incelenmiş olup tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20. Tüm tekrarlı ölçümlerde elde edilen D (elastikiyet) parametreleri arasındaki korelasyonların analizi

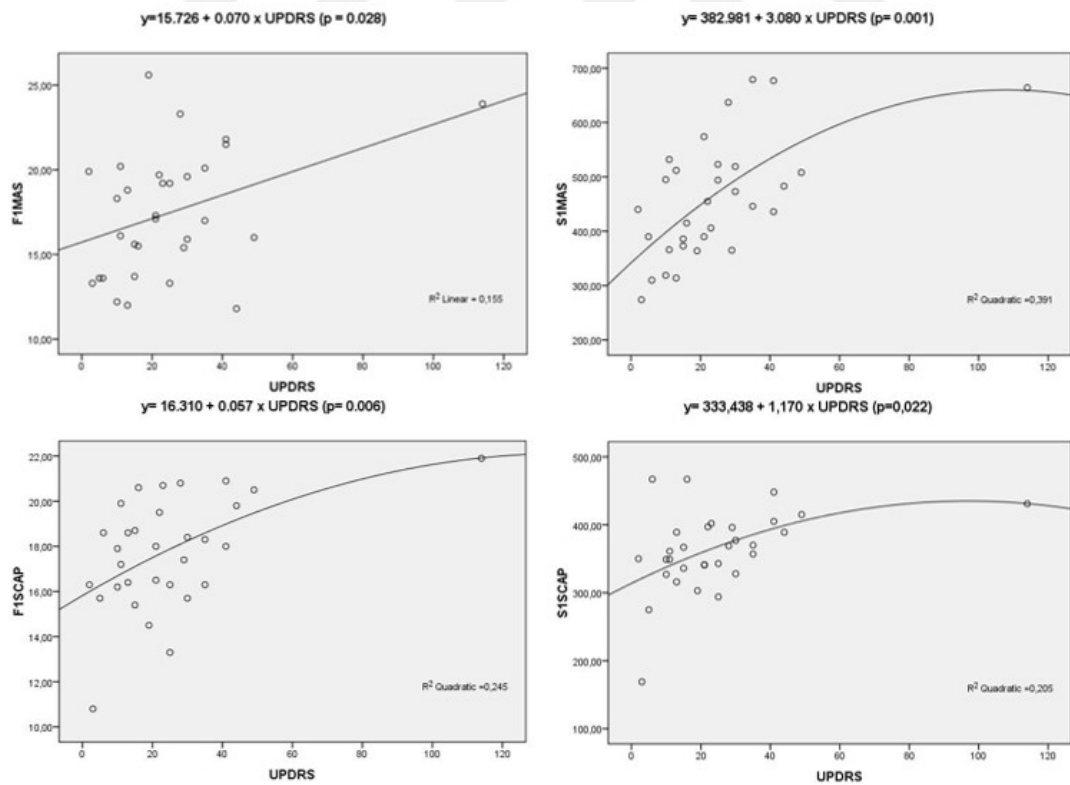
Parametre çifti	r (derece)	p-değeri
UPDRS / Hastalık Süresi	0.622 (güçlü)	0.000
D4-MAS / Hastalık Süresi	0.817 (güçlü)	0.007
D4-SCAP / D1-MAS	0.776 (güçlü)	0.000
D4-SCAP / D3-SCAP	0.871 (güçlü)	0.000
D2-SCM / Hastalık Süresi	0.659 (güçlü)	0.001
D3-SCM / D3-SCAP	1.000 (güçlü)	0.000
D3-SCM / D4-SCAP	0.871 (güçlü)	0.000
D4-SCM / D1-MAS	0.776 (güçlü)	0.000
D4-SCM / D3-SCAP	0.871 (güçlü)	0.000
D4-SCM / D4-SCAP	1.000 (güçlü)	0.000
D4-SCM / D3-SCM	0.871 (güçlü)	0.000
D1-TRAP / D3-MAS	0.670 (güçlü)	0.000
D4-TRAP / D4-SCAP	0.626 (güçlü)	0.005
D4-TRAP / D4-SCM	0.626 (güçlü)	0.005
D3-TBR / UPDRS	0.636 (güçlü)	0.005
D3-TBR / D2-TBR	0.663 (güçlü)	0.000
D4-TBR / D1-TBR	0.734 (güçlü)	0.001
D4-TBR / D2-TBR	0.654 (güçlü)	0.003
D1-BBR / D4-TBR	0.810 (güçlü)	0.000
D3-BBR / D2-BBR	0.645 (güçlü)	0.000
D4-BBR / D3-OO	-0.678 (güçlü)	0.002
D4-BBR / D1-MAS	0.698 (güçlü)	0.001
D4-BBR / D3-SCAP	0.681 (güçlü)	0.002
D4-BBR / D4-SCAP	0.671 (güçlü)	0.002
D4-BBR / D3-SCM	0.681 (güçlü)	0.002
D4-BBR / D4-SCM	0.671 (güçlü)	0.002
D4-BBR / D3-BBR	0.759 (güçlü)	0.000
D3-BR / D4-MAS	0.661 (güçlü)	0.003
D4-EXD / Hastalık Süresi	0.768 (güçlü)	0.016
D4-EXD / UPDRS	0.731 (güçlü)	0.025

* İstatistiksel olarak anlamlı fark mevcut ($p < 0.05$), Ort: ortalama, SS: standart sapma, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Elde edilen sonuçlara göre; hastalık süresi ile UPDRS, D4-MAS, D2-SCM ve D4-EXD parametreleri arasında güçlü pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Kas grupları arasındaki karşılaştırmalarda (D4-SCAP/D3-SCAP, D4-SCM/D4-SCAP) çok yüksek düzeyde ilişkiler gözlenmiştir. D4-BBR parametresi birçok kas ölçümüyle güçlü pozitif korelasyon göstermesine karşın, D3-OO ile negatif yönlü güçlü ilişki ($r=-0.678$, $p=0.002$) dikkat çekmektedir.

Genel olarak sonuçlar, hem hastalığın ilerlemesiyle kas fonksiyonlarında belirgin ilişkiler bulunduğunu hem de farklı kas gruplarının ölçümlerinin birbirleriyle yüksek düzeyde bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Yapılan tekrarlı ölçümler ile UPDRS skoru lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiş F1-MAS, S1-MAS ve F1-SCAP, S1-SCAP değerlerinde doğrusal bir artış görülmüştür (Şekil 4.1). Bu lineer artış UPDRS skoru ile tonus ve sertlik değerlerinde paralel bir artış olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.1. UPDRS skoru ile lineer artış gösteren viskoelastik değerlerin saçılım grafiği

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Parkinson hastalığı, özellikle motor sistem üzerinde etkili olan ve istirahat tremoru, bradikinezi, rijidite ve postural instabilite gibi semptomlarla karakterize kronik ve ilerleyici bir nörodejeneratif hastalıktır. Bu semptomların hem tanı hem de tedavi sürecinde izlenmesi büyük önem taşımaktadır (2, 5, 109, 145). Klinik pratikte Parkinson hastalarının değerlendirilmesi genellikle subjektif yöntemlere dayanmaktadır. UPDRS Ölçeği gibi ölçekler Parkinson'u klinik olarak değerlendirmek için en sık kullanılan ölçeklerdir ve subjektif değerlendirmeler içerir (130, 146). Son yıllarda MyotonPRO gibi taşınabilir mekanik ölçüm cihazları bu alanda objektif, tekrarlanabilir ve kantitatif veriler sağlayarak dikkat çekmektedir. Literatürde birçok nörolojik hastalıklarda bu ölçüm yöntemi kullanılmış olup elde edilen kantitatif verilerin geçerliliği ve güvenilirliği değerlendirilmiştir (147-150). Örneğin; Yılmaz ve ark. spinal musküler atrofi tip I ve II olan çocuklarda üst ve alt ekstremitte mekanik özelliklerini ölçmede bir miyotonometrenin (MyotonPRO) kendi içi ve değerlendiriciler arası güvenilirliğini incelemiş ve birçok parametrede mükemmel intra ve inter-rater güvenilirlik analizleri gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca periferik değişiklikleri kolayca gözlemlemeyi amaçlayan MyotonPRO'nun iskelet kaslarının mekanik özelliklerini ölçmek için EMG'ye kıyasla kolay ve hızlı bir değerlendirme yaklaşımı sunabileceğini de belirtmiştir (147). Garcia-Bernal ve ark. inme geçiren hastalarda viskoelastik kas özelliklerini değerlendirmiş geçerli ve güvenilir bir tamamlayıcı araç olduğunu bildirmiştir (148). Smoter ve ark. serebral palsili çocuklarda yaptıkları çalışmada MyotonPRO'nun serebral palsy'deki klinik değişikliklerin izlenmesinde güvenilir bir değerlendirme aracı olabileceğini ifade etmiştir (149). Birçok nörolojik hastalıkta olduğu gibi Parkinson hastalarında da MyotonPRO cihazı kullanılarak yapılan sınırlı sayıdaki çalışmada, farklı kas gruplarına yönelik tonus, sertlik ve elastikiyet parametreleri değerlendirilmiş, cihazın güvenilirliği araştırılmıştır (151-156). Rätsep ve Asser tarafından yapılan çalışmada, ileri evre Parkinson hastalarında m. extensor digitorum kasında medikal tedavi öncesi ve sonrası tonus ve sertlik değerlerinde anlamlı azalma raporlanmıştır. Bu çalışma, rijiditenin farmakolojik tedaviye yanıtını objektif olarak izleme potansiyeli nedeniyle MyotonPRO'nun klinik değerini ortaya koymaktadır. Ayrıca cihazın küçük bir kas grubunda bile hassas değişiklikleri yakalayabilmesi, bireyler arası farkların yanı sıra

bireyin kendi içindeki değişimi de ölçebileceğini göstermektedir (150). Benzer şekilde Marusiak ve ark. yaptığı çalışmada, m. biceps brachii ve m. triceps brachii'de Parkinson hastalarında kontrol grubuna kıyasla artmış kas sertliği ve tendon rijiditesi bulmuştur. Böylece, rijiditenin kas-tendon ünitesi düzeyinde ölçülebilir mekanik bir özellik olduğunu ve MyotonPRO gibi cihazlarla kantitatif olarak saptanabileceğini ortaya koymuştur (157). Ayrıca MyotonPRO, yalnızca kasların sertliği değil, elastikiyet ve relaksasyon gibi viskoelastik özellikleri de değerlendirilebilmektedir ve bu yönüyle cihaz, rijidite fenomeninin farklı bileşenlerini analiz edebilme potansiyeline sahiptir (135). Agoriwo ve ark. tarafından yürütülen güncel bir çalışmada (2023), Parkinson hastalarında m. biceps brachii, m. flexor carpi radialis ve m. tibialis anterior kaslarında yapılan ölçümlerde cihazın yüksek güvenilirlik sunduğu raporlanmıştır (ICC> 0.90). Ayrıca çalışmada, uygulayıcıların kısa eğitim sonrası cihazı saha koşullarında etkili biçimde kullanabildikleri ve pozisyonlandırma protokollerinin uygulanabilir olduğu da vurgulanmıştır. Bu durum, MyotonPRO'nun klinik dışı ortamlarda da kas değerlendirmesi için uygun bir araç olduğunu göstermektedir (152). Tüm bu çalışmaların ortak noktası, MyotonPRO cihazıyla Parkinson hastalarında viskoelastik özelliklerin sayısal olarak ölçülebileceği, tedaviye verilen cevabın objektif biçimde izlenebileceği ve cihazın hem tekrar edilebilir olduğunu hem de klinik olarak geçerli veriler sunduğunu bildirmesidir.

Sonuç olarak, Parkinson hastalarında kasların viskoelastik özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılan MyotonPRO tabanlı çalışmalar, cihazın bu alandaki potansiyelini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, bu cihazın sadece kas tonusu değil, tedavi etkilerini izleme, klinik progresyonu değerlendirme ve rehabilitasyon süreçlerine yön verme açısından da önemli bir araç olabileceğini göstermektedir (136,137). Bu durum Parkinson hastalarında MyotonPRO cihazıyla ölçüm yapmayı geçerli ve güvenilir bir yöntem kılmaktadır. Bu sebeple mevcut çalışmanın ölçüm yöntemi miyotonometrik değerlendirme olarak belirlenmiştir. Ancak mevcut literatür bazı sınırlılıklar da barındırmaktadır. Parkinson hastalarında yapılan çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır ve çoğu çalışma küçük örneklem gruplarıyla gerçekleştirilmiştir. Literatürde daha geniş örneklemli, çok merkezli, kontrollü ve kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu çalışmanın amacı literatürdeki eksikliği gidermek üzere Parkinson hastalarında baş, boyun ve üst ekstremitelerdeki bazı kas gruplarının viskoelastik özelliklerini MyotonPRO cihazı ile değerlendirerek kontrol grubuyla karşılaştırmak,

tekrarlayan ölçümlerle klinik prognozu değerlendirmek ve klinik karar süreçlerine daha güçlü biçimde entegre edilebilir kantitatif veriler oluşturmaktır. Ayrıca klinikte kullanılan subjektif değerlendirme yöntemlerinden UPDRS ölçeğiyle miyotonometrik kantitatif değerler karşılaştırılarak klinik değerlendirme ile uyumu incelenmiş olup, klinik evrelemelerde subjektif değerlendirmeler yerine objektif verilerle karar verme noktasında kliniğe katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın literatüre olan önemli katkılarından biri de kapsamlı ve bütüncül değerlendirme yapılmış olmasıdır. Literatürdeki çalışmalar birkaç kas grubuna odaklanırken bu çalışmada Parkinson hastalarının en çok etkilenebileceği baş, boyun ve üst ekstremitte kaslarının viskoelastik değişimleri bütüncül olarak değerlendirilmiş ve primer mover kaslar başta olmak üzere geniş çaplı bir alanda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Böylece olası etkilenimlerin başlıca görülebileceği alanlar kapsamlı olarak taranmış ve birçok kas grubunun viskoelastik özellik değişimleri göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çalışmada Parkinson hastalarındaki baş, boyun ve üst ekstremitte kaslarının yaş, cinsiyet, UPDRS şiddeti, ekstremitte tarafları, tutulum biçimleri ve benzer popülasyondaki kontrol grubu verileriyle karşılaştırması yapılmıştır. Hasta grubunun yaş ortalaması $67,6 \pm 10,8$ yıl, ortalama hastalık süresi $6,1 \pm 5,0$ yıl olup, UPDRS ortalaması $23,8 \pm 18,4$ 'tür. Kadınlarda UPDRS puanlarının erkeklere kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu ve kadın hastaların %50'sinin 'orta ve üzeri' şiddet grubunda, erkeklerin ise yalnızca %9,5'inin bu grupta yer aldığı görülmüştür. Bu sonuç, hastalık şiddetinin cinsiyetle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Parkinson hastaları ile kontrol grubu karşılaştırıldığında m. sternocleidomastoideus'un tonus (F1-SCM $\uparrow$) ve sertliğinin (S1-SCM $\uparrow$) Parkinson hastalarında anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu artışın, başın öne eğik postürü (antefleksiyon) ve aksiyal rijiditenin biyomekanik yansıması olabileceği düşünülmektedir. M. trapezius sertliğinin (S1-TRAP $\downarrow$) ise Parkinson hastalarında istatistiksel olarak daha az olduğu görülmüştür. Baş ve omuz postürünün Parkinson'da öne eğik hale gelmesi, m. trapezius'un uzamış pozisyonda pasif geriliminin azalması ile açıklanabilir. Bu, karşılıklı kas dengesizliği (tonus uyumsuzluğu) Parkinson semptomları ile uyumludur. M. deltoideus'un ise kontrol grubuna göre Parkinson hastalarında sertlik (S1-DLT $\downarrow$) ve elastikiyeti (D1-DLT $\uparrow$) azalmıştır. M. extensor digitorum tonusu, sertliği (F1-EXD, S1-EXD $\uparrow$) ve m. brachioradialis'in tonusunun (F1-BR $\uparrow$) Parkinson grubunda anlamlı

olarak yüksek olduğu saptanmıştır. M. brachioradialis'in elastikiyetinin (D1-BR↑) Parkinson grubunda kontrol grubuna göre daha düşük olduğu görülürken M. extensor digitorum'un Parkinson hastalarında daha elastik olduğu (D1-EXD↓) saptanmıştır. Bu bulgunun, Parkinson hastalarında distal kaslarda belirgin rijidite artışı ve bazı kaslarda elastikiyet kaybı olduğunu böylece ince motor becerilerdeki azalma (yazma, küçük nesne tutma, kavrama) ile parmak ekstansiyonundaki yavaşlama ve titreme gibi klinik semptomlarla doğrudan ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Mevcut çalışmada, 0–1 yıl, 1–5 yıl ve >5 yıl hastalık süresine sahip bireyler arasında yapılan karşılaştırmalarda bazı kaslarda anlamlı farklar elde edilmiştir. Bu farklar özellikle orofasiyal (OO, MAS), distal ekstremite kasları (EXD, BR) ve ense (SCAP) kaslarında belirgindir. M. orbicularis oris kasının tonus ve sertlik değerlerinin en yüksek ' >5 yıl' grubunda, en düşük ise '1–5 yıl' grubunda olduğu görülmektedir. Orofasiyal kaslarda (özellikle m. orbicularis oris) hastalık süresinin artışıyla tonus ve sertlikte U şeklinde bir değişim gözlenmektedir. Erken evrede tonus yüksektir, orta dönemde (1–5 yıl) azalma izlenirken ileri dönemde yeniden artış saptanmaktadır. Bu durum, Parkinson hastalığının başlangıcında dopaminerjik disfonksiyon nedeniyle gelişen adaptif kas sertliğinin orta evrede kısa süreli bir kompensasyon dönemine girdiğini, ancak ileri evrede rijiditenin yeniden baskın hale geldiğini düşündürmektedir. Elastikiyetin değişmemesi ($p>0,05$), bu kasın yapısal özelliklerinin hastalık süresince büyük oranda korunduğunu gösterir. M. massater'in sertlik (S1-MAS) değeri '0–1 yıl' grubunda en yüksek değerde olduğu ($507,81\pm103,86$), '1–5 yıl' grubunda anlamlı düşüş ($414,23\pm112,64$; $p=0,019$) yaşandığı saptanmıştır. Bu durum, erken dönemde yüz kaslarında kompensatuar kas tonusu artışıyla rijiditenin geliştiğini, fakat hastalık süresi uzadıkça bu artışın kas yorgunluğu nedeniyle azaldığını düşündürmektedir. M. semispinalis capitis elastikiyet değeri (D1-SCAP) de U şeklinde bir değişim göstermektedir. 0–1 yıl grubunda en düşük elastikiyet ($1,91\pm0,34$), 1–5 yıl grubunda en yüksek ($1,63\pm0,34$), 5 yıl grubunda kısmen tekrar esneklik kaybı ($1,83\pm0,25$) görülmektedir. M. extensor digitorum'un tonus (F1-EXD) ve sertlik (S1-EXD) değeri hastalık süresiyle anlamlı artış göstermektedir. M. brachioradialis elastikiyeti (D1-BR↓) ise hastalık süresiyle birlikte artış göstermektedir. Bu durum Parkinson hastalarında ekstansiyon hareketlerinin dengesiz ve kontrolsüzlüğü, bradikinezi ve motor yavaşlama gibi semptomlarla paraleldir ve rijiditenin progresif hale geldiğini ve oluşan dengesizliklerin motor performansın azalmasına katkı sağladığını göstermektedir.

Cinsiyetler arası farklar incelendiğinde F1-OO, F2-OO, S1-OO, S2-OO, S3-OO parametrelerinde kadınlarda erkeklere göre daha yüksek tonus ve sertlik değerleri saptanmıştır. Bu bulgu, kadınlarda yüz kaslarının daha yüksek pasif gerilme özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Kadınlarda m. orbicularis oris kasının daha yüksek tonus ve sertlik göstermesi, mimik kaslarının yapısal olarak daha yoğun bağ dokusu içermesi ve subkutan yağ tabakasının farklı dağılımı ile ilişkilendirilebilir. D1-OO, D2-OO, D3-OO, D4-OO değerlerinde ise anlamlı fark yoktur, bu da elastikiyetin cinsiyetten bağımsız bir özellik olduğunu düşündürmektedir. D1-SCAP değeri erkeklerde anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır yani m. semispinalis capitis kası kadınlarda daha esnektir. S4-SCAP sertlik değerlerinde ise kadınlarda düşüş gözlenmiştir. F1-SCM ve F2-SCM parametrelerinde kadınlarda tonus anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. D1-SCM ve D2-SCM parametrelerindeki fark erkeklerin elastikiyetinin kadınlardan belirgin biçimde az olduğu göstermiştir. Bu fark, kas içi bağ dokusu oranı, kas fiber tipi dağılımı ve hormonal etkilerle (özellikle östrojenin kas viskoelastisitesi üzerindeki etkisi) açıklanabilir. D2-DLT, D3-DLT, parametrelerinde erkeklerde elastikiyetin daha az olduğu ve S3-DLT sertlik değerlerinin ise kadınlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. M. deltoideus kası hem tonus hem elastikiyet açısından erkeklerde daha rijit ama daha dayanıklı, kadınlarda ise daha gevşek ama düşük viskoelastik dirençli bir profil sergilemektedir. M. triceps brachii kası (özellikle F1, S1, D1, F2, S2) parametrelerinde erkeklerde tüm değerler anlamlı biçimde yüksek bulunmuştur. F3-BBR ve S3-BBR parametrelerinde de erkeklerde anlamlı biçimde yüksek olduğu saptanmıştır. Üst ekstremité kaslarında gözlenen bu farklar, erkeklerdeki daha yüksek kas kütlesi, tip II lif oranı ve mekanik dayanıklılık ile açıklanabilir. Bu bulgular, cinsiyetin Parkinson hastalığında kas viskoelastik özellikleri üzerinde bölgesel ve farklılaşmış etkiler yarattığını göstermektedir. Kadınlarda orofasiyal ve servikal kaslarda daha yüksek tonus, mimik ve konuşma bozukluklarının daha belirgin seyredeceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte erkeklerin kas sertliğindeki artış, üst ekstremité tremor ve yavaşlamaya karşı direnç sağlarken; kadınlarda yüksek elastikiyet, mobilite kaybını hızlandırabilir.

Mevcut çalışmada Parkinson hastaları, etkilenmiş ekstremité (motor semptomların baskın olduğu taraf) ve etkilenmemiş ekstremité (daha az belirti gösteren taraf) olarak iki grupta değerlendirilmiştir. Anlamlı fark yalnızca m. trapezius'ta saptanmıştır. M. trapezius tonus (F1-TRAP) ve sertlik (S1-TRAP) değerleri etkilenim olmayan tarafta anlamlı derecede daha büyük olduğu görülmüştür. Bu durumun, kompensatuar postural aktivasyon ile

açıklanabileceği, etkilenmeyen tarafın hareket kısıtlılığını ve dengesizliği telafi etmek için daha fazla kas aktivitesi sergilemesiyle bu tablonun oluşabileceği düşünülmektedir. Etkilenimi olan ve olmayan taraflar kontrol grubu ile kıyaslandığında ise m. sternocleidomastoideus'un sertliğinin (S1-SCM↑) etkilenimi olmayan tarafta kontrol grubuna göre anlamlı biçimde yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum Parkinson hastalığında boyun kas sertliğinin etkilenimden bağımsız biçimde genel olarak arttığını göstermektedir. Bir başka analizde aynı zamanda etkilenimin sağ veya sol olması istatistiksel olarak fark etmeksizin Parkinson'un genel olarak yayıldığı da görülmektedir.

Yaş ile kasların viskoelastik özellikleri arasındaki korelasyonlar, yaş ilerledikçe kas tonusu ve sertliğinin arttığını göstermektedir. En güçlü ilişkiler m. semispinalis capitis'te görülmektedir. Bu durumun Parkinsonda başın anfleksiyon pozisyonu ve yaşla birlikte değişen postürel bozukluklarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Kasların viskoelastik özellikleri ile güçlü korelasyon gösteren bir diğer önemli parametre UPDRS'tir. Bu durum cihazın hastalık şiddeti takibinde objektif bir gösterge olarak kullanılabileceğini desteklemektedir.

Parkinson hastalarında sağ ve sol taraftaki kaslarda etkilenim tarafından bağımsız olarak bilateral tonus ve sertlik değerinde güçlü korelasyonlar görülmektedir. Bu son derece yüksek korelasyonlar, rijiditenin bilateral olarak geliştiğini göstermektedir. Parkinson genellikle tek taraflı başlasa da hastalık ilerledikçe her iki hemisferde etkilenim olmakta, böylece bilateral kas tonusu artışı görülmektedir. Yani, hastalık süresi arttıkça rijidite artık "tek taraflı motor semptom" olmaktan çıkar, simetrik kas zincirlerini etkileyen sistemik bir fenomene dönüşür. Klinik olarak bu durum, bilateral rijidite nedeniyle postüral fleksiyon ve gövde öne eğilmesi gibi semptomların ortaya çıkışını açıklayabileceği düşünülmektedir.

Yapılan regresyon analizlerinde m. masseter'in tonusu (F1-MAS) ile UPDRS puanı arasında pozitif yönde anlamlı bir doğrusal ilişki bulunmuştur. UPDRS puanı arttıkça, yani hastalık şiddeti yükseldikçe m. masseter'in tonus değerinde de artış gözlenmektedir. Bu sonuç, Parkinson hastalığının ilerlemesiyle birlikte m. masseter'de istirahat tonusunun arttığını, yani çene ve yüz kaslarında rijidite geliştiğini ortaya koymaktadır. Kas tonusundaki bu artış, yutma (disfaji), konuşma (dizartri) ve mimiksel hareketlerin azalması gibi klinik belirtilere zemin hazırlayabilir. Bu bulgu, özellikle UPDRS'in rijidite

alt boyutunda gözlenen artışla uyumludur ve orofasiyal rijiditenin hastalık progresyonunun erken bir göstergesi olabileceğini düşündürmektedir. Yine m. masseter'in sertlik (S1-MAS) değeri ile UPDRS puanı arasında kuadratik eğilimli güçlü bir ilişki bulunmuştur. Bu bulgu, Parkinson hastalarında çiğneme fonksiyonunun erken dönemde bozulabileceğini desteklemektedir. M. semispinalis capitis tonus (F1-SCAP) ve sertlik (S1-SCAP) değerleri ile UPDRS puanı arasında ise anlamlı ve pozitif doğrusal ilişki saptanmıştır. Bu durum postüral rijiditenin ve boyun-gövde hizalama bozukluklarının artışına yol açtığı özellikle başın öne eğilmesi (antefleksiyon) ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Bu dört regresyonun sonucu UPDRS skorlarındaki artışın hem orofasiyal (m. masseter) hem de servikal (m. semispinalis capitis) kasların mekanik özelliklerinde belirgin değişimlere yol açtığını göstermektedir.

Yapılan tekrarlı ölçümler karşılaştırıldığında İki ölçüm arasında OO, MAS, SCAP, TRAP, DLT, TBR, BR ve BBR kaslarında anlamlı değişiklikler saptanmıştır. Üç ölçüm karşılaştırmasında SCM, BBR ve EXD kaslarında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Dört ölçüm karşılaştırmasında ise SCM, TRAP, SCAP, DLT, TBR ve BBR kasları anlamlı değişim göstermiştir. Genel olarak aksiyal kaslarda artan tonus ve sertlik, distal kaslarda ise azalan elastikiyet eğilimi gözlenmiştir. Zaman serisi ölçümlerine göre kasların mekanik özellikleri, zaman içinde farklı adaptif değişimler göstermektedir. Aksiyal kaslarda (SCM, TRAP) ölçümler ilerledikçe rijidite ve tonus artmıştır. Bu, Parkinson hastalığında aksiyal rijiditenin progresif doğasını göstermektedir. Servikal (SCAP) ve deltoid (DLT) kaslarda tonus ve sertlikte dalgalanma eğilimi görülmektedir bu da postüral dengeyi korumak için kompensatuar yüklenmeler olduğunu düşündürmektedir. Distal kaslarda (BBR, TBR) elastikiyet ve sertlik artışı, zamanla distal rijiditenin belirginleştiğini göstermektedir. Bu farklılaşma, Parkinson hastalığında rijiditenin kasın fonksiyonel konumuna ve görevine bağlı olarak asimetrik ilerlediğini ortaya koymaktadır.

Literatürde MyotonPRO cihazı kullanılarak Parkinson hastalarının kaslarındaki viskoelastik özellikleri değerlendiren çalışmalar tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Literatürdeki Parkinson hastalarındaki kasların viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	Yıl	Ülke	Katılımcı	Yaş	İncelenen Kas(lar)	Yöntem / Cihaz	Ana Bulgular
Marusiak ve ark. (158)	2010	Polonya	PH: 8, Kontrol: 10	77 ± 3	M. biceps brachii	Myoton-3	PH'da kas sertliği daha yüksek (p=0.004); rijidite ile korelasyon mevcut
Rätsep ve Asser (159)	2010	Estonya	PH: 6	44-68 yaş arası	M. extensor digitorum	Myoton-3	DBS-on, DBS-off arasında elastikiyet farkı yok; sertlik farkı var
Marusiak ve ark. (157)	2011	Polonya	PH: 12, Kontrol: 12	71 ± 8	M. biceps brachii, M. triceps brachii	Myoton-3, EMG, MMG	Hem kas gövdesi hem tendon sertliği PH'da yüksek
Marusiak ve ark. (160)	2012	Polonya	PH: 10	51-80 yaş arası	M. biceps brachii, M. triceps brachii, M. brachioradialis	Myoton-3 & EMG	Dopamin tedavisi sonrası kas sertliğinde anlamlı azalma mevcut
Rätsep ve Asser (150)	2017	Estonya	PH: 15, Kontrol: 15	44-75 yaş arası	M. extensor digitorum	Myoton PRO	DBS-on fazında sertlik azalma mevcut; viskoelastik ölçümler rijidite ile uyumlu
Marusiak ve ark. (151)	2018	Polonya & İsveç	PH: 8, Kontrol: 40	İki grup 77 ± 3 22 ± 2	M. biceps brachii, M. triceps brachii	Myoton-3	3-5 tekrarlı ölçüm yeterli ve güvenilir; maksimum kasılmada güvenilirlik düşüyor
Marusiak ve ark. (161)	2018	Polonya	PH: 10	68 ± 10	M. biceps brachii, M. brachioradialis	Myoton-3 & EMG	Tedavi sonrası dirsek açısı, EMG oranları değişti; sertlik azaldı
Rätsep ve Asser (162)	2019	Estonya	PH: 10, Kontrol: 10	52-75 yaş arası	M. extensor digitorum	Myoton PRO	Uyarıcı sesle kas sertliği artışı; stim-on ile sertlik azaldı
Brandín-de la Cruz ve ark. (164)	2021	İspanya	PH: 33	69,9 ± 7	M. semitendinosus, M. gastrocnemius, M. soleus, M. rectus femoris	Myoton PRO & Klinik testler	Dry needling sonrası kas tonusunda azalma ve yürümede iyileşme
Agoriwo ve ark. (152)	2022	Gana	PH: 30	18 yaş üstü	M. biceps brachii, M. flexor carpi radialis, M. tibialis anterior	Myoton PRO	Klinik ortamlarda kullanılabilir ve güvenilirdir
Zippenfening ve ark. (153)	2023	Romanya	PH: 49, Kontrol: 42	60,5 ± 6	M. pectoralis major, M. biceps brachii, M. biceps femoris, M. tibialis anterior	Myoton PRO	Tedavi öncesi-sonrası karşılaştırmada Myoton etkili
Upachit ve ark. (163)	2025	-	PH(FNF+): 10, PH(FNF-): 10 Kontrol: 10	61,1 ± 10	M. sternocleidomastoideus, M. scalenus anterior	Myoton PRO	PH'da sertlik artmış, elastikiyet azalmış; FNF'nin etkisi yok
Üğüt ve Genç (154)	2023	Türkiye	Derleme	Derleme	-	Myoton PRO	Myoton ile rijidite değerlendirmesi yapılabilir ve duyarlıdır
Celicanin ve ark. (155)	2024	Danimarka	Derleme	Derleme	-	Myoton, EMG, EMG-Torque vb.	En güvenilir yöntemler karşılaştırılmıştır

Ferreir a- Sánchez ve ark. (156)	2020	İspanya	Derleme	Derle me	-	Çeşitli	Nesnel ölçüm yöntemleri analiz edilmiş; Myoton çalışmaları da dahil edilmiştir
---	------	---------	---------	-------------	---	---------	--

PH: parkinson hastası, EMG: elektromiyografi, DBS: derin beyin stimülasyonu

Literatürdeki bir çalışma, anti-parkinson tedavilerinin yalnızca klinik semptomatik iyileşmeye değil, aynı zamanda kas dokusunun biyomekanik özelliklerine de doğrudan etki edebileceğini göstermektedir. Marusiak ve ark. anti-parkinson ilaçlarıyla dopaminerjik tedavi sonrasında istirahat kas sertliği değerlerinde anlamlı azalma ve elektriksel aktivitede belirgin düşüş olduğunu ortaya koymuştur. İlaç alımını takiben tüm kaslarda miyotonometrik sertlik değerlerinin anlamlı düzeyde azaldığını ve kasların elektriksel aktivitesinin belirgin biçimde düştüğünü göstermektedir. Bu sonuçların, anti-parkinson ilaçlarının yalnızca klinik semptomatik iyileşmeye katkı sağlamakla kalmadığını, aynı zamanda kas dokusunun biyomekanik özelliklerini ve nöromüsküler aktiviteyi modüle ettiğini de bildirilmiştir. Bu bulgu, anti-parkinson ilaçlarının rijiditeyi azaltıcı etkisinin yalnızca klinik ölçeklerde değil, kasın mekanik ve nörofizyolojik parametrelerinde de nesnel olarak gözlenebildiğini göstermektedir. Ayrıca, miyotometri yönteminin kısa sürede uygulanabilir ve tekrarlanabilir olması, klinik pratiğe entegrasyon açısından önemli bir avantaj sunduğunu da bildirmişlerdir (160). Mevcut çalışmanın bulguları da literatürdeki bu bilgiyi destekler niteliktedir. Mevcut çalışmada Parkinson hastalarındaki kas grupları ile kontrol grubu arasında SCM, TRAP, DLT, BR ve EXD kaslarında anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Bu bulgular, Parkinson hastalarında özellikle boyun (SCM, TRAP), omuz (DLT) ve distal ekstremit (BR, EXD) kaslarında mekanik özelliklerin anlamlı biçimde değiştiğini ortaya koymaktadır. SCM ve TRAP kaslarında daha yüksek tonus ve sertlik; distal kaslarda (BR, EXD) artan elastikiyet ve sertlik, rijiditenin yayılım yönünü göstermektedir. Bu bulgular, Parkinson hastalığının aksiyalden distale ilerleyen rijidite modelini desteklemekte ve hastalığın biyomekanik profilini objektif ve kantitatif verilerle ortaya koymaktadır.

Agoriwo ve ark. MyotonPRO cihazının klinik ortamlarda uygulanabilirliğini, güvenilirliğini ve elde edilen verilerin UPDRS skoru ile korelasyonunu incelemiştir. MyotonPRO'nun m. biceps brachii, m. tibialis anterior ve m. flexor carpi radialis için iyi ile mükemmel düzeyde güvenilirlik sağladığını belirtmiştir. UPDRS motor skorları ile viskoelastik özellikler arasındaki ilişki incelendiğinde; orta düzeyde bir korelasyon kas

tonusu ile ($r=0.62$), zayıf korelasyon sertlik ile ($r=0.43$), anlamsız korelasyon elastikiyet ile ($r=-0.13$) bulunduğu bildirilmiştir (152). Buna karşın Celicanin ve ark. yaptıkları sistematik derleme çalışmalarında, Parkinson hastalarının UPDRS değerleri ile rijiditeyi nesnel yöntemlerle ölçmeye yönelik fizyolojik teknikleri karşılaştırarak, güvenilirliklerini ve klinik uygulanabilirliklerini incelemiştir. Miyotonometrinin kas sertliğini ölçmede güvenilir olduğu fakat UPDRS ile korelasyonunun düşük bulunduğunu bildirmiştir (155). Bu durum, UPDRS'nin öznel değerlendirmeye dayalı kısıtlılıklarını, nesnel biyomekanik ölçümlerin klinik değerini ve tamamlayıcı rolünü bir kez daha ortaya koymaktadır. Mevcut çalışmada UPDRS skorlarına göre oluşturulan 'hafif' ve 'orta ve üstü' şiddet grupları karşılaştırıldığında; OO, MAS ve SCAP kaslarında sertlik ve tonus değerlerinin 'orta ve üstü' grup hastalarda anlamlı şekilde yüksek olduğu ($p<0,05$) saptanmıştır. UPDRS skoru arttıkça m. orbicularis oris'te hem tonus hem de sertlik artışı gözlenmektedir. Bu, Parkinson hastalığında orofasiyal rijiditenin hastalık şiddetiyle doğru orantılı olarak geliştiğini kas sertliği ve tonus artışı, özellikle ileri evrelerde mimik azlığı (hipomimi), konuşma bozuklukları (dizartri) ve dudak kapanma güçlüğü gibi bulguların fizyolojik temelini oluşturduğunu düşündürmektedir. Aksiyal kaslarda (SCM, TRAP, DLT) ise anlamlı olmasa da tonus artışı eğilimi bulunduğu saptanmıştır. Linear regresyon analizlerinde UPDRS ile F1-MAS, S1-MAS ve F1-SCAP, S1-SCAP gibi parametreler arasında pozitif eğilimli saçılım gözlemlenmiştir. UPDRS skorunun hastalık şiddetini yansıtan ve nesnel miyotonometrik ölçümlerle uyumlu bir biyomekanik gösterge olabileceği düşünülmektedir.

Marusiak ve ark. bir başka çalışmasında dopaminerjik tedavinin kas rijiditesi, istirahat kas sertliği (miyotonometri ile), kas elektriksel aktivitesi (EMG ile) ve bunların eklem açısıyla ilişkisini incelemiştir. Dopaminerjik tedavinin, Parkinson hastalarında istirahat dirsek eklem açısını iyileştirdiğini ve bu etkinin kasların elektriksel (EMG) ve mekanik (miyotonometri) özelliklerindeki azalmalarla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Tedavi dozu ile UPDRS skorları arasında negatif ilişki bulunmuştur (161). Mevcut çalışmada Parkinson hastalığında kas mekanik özelliklerinin kasın fonksiyonel rolüne göre farklı etkilendiğini ve genel olarak hastanın UPDRS skoruyla paralel ilerlediği saptanmıştır.

Kas-tendon kompleksine odaklanan diğer bir çalışmada Marusiak ve ark., hem kas hem de tendon sertliğinin Parkinson hastalarında kontrol grubuna göre belirgin şekilde arttığını, bunun ise klinik rijidite skorları ile pozitif yönde ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Buna karşılık elastikiyet parametrelerinde Parkinson hastaları ile kontrol grubu arasında farklılık gözlenmediği belirtilmiştir. Bu durumun kas-tendon kompleksinde rijiditeye özgü biyomekanik bir değişim olduğunu düşündürdüğü ifade edilmiştir (157). Mevcut çalışmada literatüre uyumlu olarak tonus ve sertliğin bazı kaslarda (SCM, BR, EXD) Parkinson hastalarında anlamlı derecede artış gösterdiği saptanmıştır. Fakat literatürün aksine elastikiyet değerinin bazı kaslarda (SCM, BR) Parkinson hastalarında anlamlı derecede azaldığı, bazı kaslarda ise (TRAP, DLT) sertlik azalması olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar, Parkinson hastalığında kas mekanik özelliklerinin kasın fonksiyonel rolüne göre farklı etkilendiğini, kompensatuar mekanizmaların olduğunu göstermektedir.

Ayrıca Marusiak ve ark. bir başka çalışmasında, ilaçlı dönem (on-phase) ve ilaç kullanımından 12 saat sonrası (off-phase) olmak üzere iki değerlendirme ile Parkinson hastalarında görülen rijidite ile ilişkili istirahat kas sertliğinin anti-parkinson ilaç (Levodopa, Piribedil, Ropinirol) alımı sonrasında nasıl değiştiğini incelemiştir. On-phase döneminde tüm kaslarda sertlik değerlerinin off-phase dönemine göre anlamlı derecede daha düşük olduğu bildirmiştir. Bu durum, ilaçların dopamin aracılı nöral yapılardaki düzelmeye bağlı olarak, nöron aktivitesini ve kasların tonik aktivitesini düzenlemesiyle açıklanmaktadır. İlaçlı (on-phase) ve ilaçsız (off-phase) dönemler arasındaki anlamlı farklar; dopaminerjik tedavinin yalnızca klinik rijiditeyi değil aynı zamanda istirahatteki kas sertliğini de azalttığını doğrulamaktadır. Ayrıca EMG ile miyotonometri arasında pozitif korelasyon olduğu saptanmış olup, bu durumun kas sertliğinin nöral aktiviteyle bağlantılı olduğunu desteklediği de bildirilmiştir (160).

Farmakolojik olmayan yaklaşımlar arasında Brandin-de la Cruz ve ark. tarafından yürütülen randomize, çift-kör klinik çalışmada kuru iğnelemenin Parkinson hastalığı olan bireylerin yürüyüş ve alt ekstremité kas tonusu üzerindeki akut etkileri değerlendirilmiştir. Tek seanslık kuru iğneleme, plasebo uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak üstün bir etki göstermemiştir. Gözlemlenen iyileşmelerin minimal klinik fark eşiğinin altında kaldığı ve bu nedenle klinik olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Gelecekteki araştırmaların, daha uzun takip süreleri, çoklu seanslar ve kuru iğnelemenin diğer çağdaş tedavilerle kombine edilmesinin kümülatif ve klinik olarak anlamlı etkilerini değerlendirmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu bulgu, tamamlayıcı tedavilerin potansiyel etkinliğini değerlendirmek için daha uzun takip süreli ve çok merkezli çalışmaların gerekliliğine işaret etmektedir (164). Mevcut çalışmada (hastanın

çalışmadan bağımsız olarak aldığı medikal tedavi dışında) herhangi bir fizik tedavi veya tamamlayıcı tedavi alıp almadıkları sorulmuş olup, tüm katılımcı hastalarda kas iskelet sistemini etkileyebilecek herhangi bir ekstra tedavi bulunmamaktadır.

Cerrahi müdahaleler bağlamında, Ratsep ve Asser tarafından ileri evre Parkinson hastalarında subtalamik çekirdek derin beyin stimülasyonu (DBS) uygulamasının, m. extensor digitorum'un viskoelastik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. DBS-on ve DBS-off dönemleri arasında kas sertliği ve elastikiyet değerleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Aynı zamanda elastikiyet değerleri UPDRS ile de anlamlı ilişki göstermemiştir. Ancak yüksek UPDRS skoruna sahip hastalarda kas sertliği değerleri anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Artmış rijiditenin, artmış kas sertliği ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. UPDRS skorları ile miyotonometrik sertlik değerleri arasındaki bu paralellik, miyotonometri yönteminin rijiditeyi nesnel ve duyarlı bir şekilde yansıtabileceğini göstermektedir (159). Mevcut çalışmada m. extensor digitorum'un UPDRS skoru ile anlamlı fark göstermediği saptanmıştır. Oluşan bu farkın daha gelişmiş olan MyotonPRO kullanımından kaynaklanabileceği mevcut çalışmanın sahip olduğu verilerin daha ayrıntılı sonuçlara sebep olabileceğini düşündürmektedir.

Genel olarak bakıldığında, mevcut bulgular anti-parkinson ilaçlarının ve DBS'nin klinik rijiditeyi modüle edici etkilerini doğrulamakta, miyotonometri gibi nesnel ölçüm yöntemlerinin bu süreçte önemli tamamlayıcı araçlar olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, UPDRS ile biyomekanik parametreler arasındaki düşük ve orta düzey korelasyonlar, tek başına klinik ölçeklere dayalı değerlendirmenin sınırlı olduğunu göstermekte ve multidisipliner ölçüm yaklaşımlarının önemini vurgulamaktadır. Gelecekteki araştırmaların daha büyük örneklem büyüklükleri, uzun dönem takipler ve farmakolojik olmayan tedavilerin entegrasyonunu içermesi, Parkinson hastalarında kas rijiditesinin bütüncül ve objektif değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu çalışma baş, boyun ve üst ekstremitayı bütüncül olarak değerlendirmiştir.

5.1. M. orbicularis oris'in İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda, yüz kasları içerisinde önemli bir fonksiyonel role sahip olan m. orbicularis oris kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. orbicularis oris'in ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 25.99 ± 4.95 iken, kontrol grubunda 25.07 ± 5.51 idi. M. orbicularis oris'in ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 955.92 ± 317.38 iken, kontrol grubunda 952.83 ± 387.05 idi. M. orbicularis oris'in ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 1.89 ± 0.18 iken, kontrol grubunda 1.9 ± 0.26 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. orbicularis oris kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.2). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. orbicularis oris'i inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.2' de verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı, yüz egzersizi gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir. Bu durum, mevcut çalışmanın bulgularını daha önceki literatürle karşılaştırılabilir ve genellenebilir kılmaktadır.

Tablo 5.2. Literatürdeki m. orbicularis oris'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Ramazanoğlu et al. (2022) (137)	128 sağlıklı	20–70 yaş arası	Supin/ İstirahat	Üst dudak, philtrum sağ/sol laterale 1 cm	Sağ: 20.56 ± 3.61 Sol: 20.34 ± 3.87	Sağ: 518.52 ± 167.30 Sol: 527.20 ± 161.41	Sağ: 1.71 ± 0.18 Sol: 1.68 ± 0.17	Yaşa göre biyomekanik değişim analizi
Turhan et al. (2022) (136)	28 MS hastası + 27 sağlıklı	18–45 yaş arası	Supin/ İstirahat	Philtrum bölgesi, M. orbicularis oris üst	Sağlıklı Sağ: 22.79 ± 4.55 Sağlıklı Sol: 22.77 ± 4.56	Sağlıklı Sağ: 585.37 ± 155.85 Sağlıklı Sol: 581.44 ± 156.21	Sağlıklı Sağ: 1.50 ± 0.1 Sağlıklı Sol: 1.60 ± 0.1	MS'li bireylerle sağlıklı bireylerin karşılaştırılması

					MS Sağ: 20.19±3 .24 MS Sol: 19.89±3 .33	MS Sağ: 514.76± 135.49 MS Sol: 527.11± 115.95	MS Sağ: 1.73±0. 2 MS Sol: 1.76±0. 1	
Hodgkinson et al. (2022) (165)	83 birey	12- 26 yaş arası	Oturur/ İstirahat	Üst ve alt m. orbicularis oris noktaları	Üst: 19.1 ± 1.9 Alt: 24.2 ± 2.5	Üst: 393.3 ± 91.1 Alt: 503.4 ± 56.8	Üst: 1.57 ± 0.1 Alt: 1.53 ± 0.01	Ortodonti başvurusu yapan ergen/genç erişkin bireylerin kraniofasiyal morfolojiye göre karşılaştırılması
Güzel ve ark. (2025) (166)	12 sağlıklı kadın	49.75 ±3.76	Oturur/ İstirahat	Üst dudak orta hattı üzerinde	-	-	-	8 haftalık Face Yoga etkisinin değerlendirilmesi
Nguyen ve ark. (2025) (167)	34 Birey	16> bireyler	Belirtilmemiş	Üst ve alt dudaklarda m. orbicularis oris ortası	Üst: 19.1 ± 1.9 Alt: 24.2 ± 2.5	Üst: 393.3 ± 91.1 Alt: 503.4 ± 56.8	Üst: 1,57 ± 0,1 Alt: 1,53 ± 0,01	MyotonPRO ve stereofotogrammetri/ Dudak-dış ilişkisinin perioral doku özellikleriyle belirlenmesi
Ferran de la Cierva ve ark. (2025) (139)	10 birey	K: 43 ± 1 E: 36 ± 1 6	Oturur/ İstirahat	Üst dudak ortası	1. ölçümcü : 18.89 ± 2.17 2. ölçümcü : 21.53 ± 4.03	1. ölçümcü : 408.03 ± 81.83 2. ölçümcü : 686.92 ± 230.37	1. ölçümcü : 1.74 ± 0.22 2. ölçümcü : 1.74 ± 0.19	Biyomekanik özellikleri ölçmede güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olup olmadığının analizi

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet, MS: Multiple Skleroz

Ramazanoğlu ve ark. 20 ila 70 yaş aralığındaki sağlıklı bireylerde m. orbicularis oris'in yaşla ilişkili biyomekanik değişimlerini incelemiş ve katılımcıları 40 yaş üstü ve 40 yaş altı olarak gruplandırarak değerlendirmiştir. 40 yaş üzerindeki bireylerde kas tonusu ve sertlik değerleri anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur Elastikiyet değerlerinde ise 40 yaş altı ile üstü arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Cinsiyete göre farklılığı incelendiğinde 40 yaş altı grupta kadın ve erkek arasında tüm mekanik özelliklerde anlamlı fark olduğu; genç kadınlarda kas tonusu, sertlik ve elastikiyet değerlerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. 40 yaş üzeri grupta ise elastikiyet değerlerinde cinsiyetler arasında fark olmaması dikkat çekmiştir. 40 yaş altı bireylerde kadınların hem tonus hem sertlik hem de elastikiyet değerlerinin erkeklerden yüksek olması, hormonal ve yapısal faktörlerin genç yaş grubunda kas biyomekaniği üzerinde belirleyici olabileceğini düşündürmektedir. Ancak 40 yaş üstü grupta elastikiyet açısından cinsiyet farkının ortadan kalkması, yaşlanma sürecinin elastikiyet parametresinde cinsiyete bağlı farklılıkları baskıladığı şeklinde yorumlanabileceğini bildirmişlerdir (137). Mevcut çalışmada 50 yaş üstü 32 sağlıklı birey kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. M.

orbicularis oris kası için yapılan analizlerde kontrol grubunda taraflar arasında ve cinsiyetler arasında anlamlı farka rastlanmamıştır.

Turhan ve ark. ise 28 multipl skleroz (MS) hastası ve 27 sağlıklı bireyden oluşan çalışmasında multipl skleroz hastalarında yüz kaslarının değerlendirilmesini amaçlamış, hasta ve sağlıklı kontrol grubu arasında m. orbicularis oris kasının mekanik özelliklerini karşılaştırmıştır. Tonus ve elastikiyet değerlerinin; sağlıklı bireylerde hem sağ hem sol m. orbicularis oris'te, MS hastalarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğunu bildirmiştir. Sağlıklı ve MS'li bireyler arasında sertlik açısından fark bulunmadığını da belirtmişlerdir. Yazarlar, m. orbicularis oris kasının yüz bölgesinde merkezi bir konuma sahip olduğunu ve MS'de ortaya çıkan pek çok nörolojik mekanizma nedeniyle bu kasın etkilenmesinin, klinik semptomlarda önemli rol oynayabileceğini savunmuşlardır (136). Bu çalışmada m. orbicularis oris'in üst parçası ölçülmüş olup Parkinson hastaları ile sağlıklı kontrol grubu arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Tonus, sertlik ve elastikiyet değerlerinde Parkinson hastaları ile kontrol grubu arasında anlamlı farka rastlanmamıştır.

Hodgkinson ve ark. tarafından yapılan çalışmada, 12–26 yaş aralığındaki ergen ve genç yetişkin bireylerde üst ve alt dudakların biyomekanik özelliklerinin niceliksel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ölçümler, bireylerin ortodontik tedaviye başlamadan önceki durumları esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Alt dudağın hem tonus hem de sertlik açısından üst dudağa kıyasla anlamlı derecede daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Elastikiyet açısından ise dudaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Kadın bireylerde tonus ve sertlik değerlerinin genellikle daha yüksek olduğu; buna karşın, erkek bireylerde özellikle üst dudak elastikiyetinin daha fazla olduğu, yani daha esnek bir yapının gözlemlendiği bildirilmiştir. Ortodontik sınıflamalara göre Sınıf III maloklüzyona (ileri alt çene pozisyonu) sahip bireylerde, üst ve alt dudakların tonus ve sertlik değerlerinin daha düşük olduğu ortaya konmuştur. Dudakların tonus ve sertlik düzeylerinin, ortodontik tedavi planlamasında yumuşak doku uyumunun sağlanması açısından önemli bir parametre olduğu vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, bu biyomekanik özelliklerin cinsiyet, dudak kalınlığı, maloklüzyon tipi ve yüz morfolojisi gibi bireysel faktörlerden etkilendiği sonucuna varılmıştır (165). Bu çalışmada m. orbicularis oris'in üst parçası ölçülmüş olup Parkinson hastalarında

cinsiyetler arasında kadınlarda erkeklere göre daha yüksek tonus ve sertlik değerleri saptanmıştır. Elastikiyet değerlerinde ise anlamlı fark gözlenmemiştir.

Güzel ve ark. (2025) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, orta yaşlı kadınlarda yoğun yüz yogası uygulamasının yüz kaslarının viskoelastik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Katılımcılar 8 hafta boyunca haftada iki kez yüz yüze, ayrıca evde beş gün uygulanacak şekilde programı gerçekleştirmiştir. M. orbicularis oris tonus anlamlı şekilde azalmış olduğu, bu durumun dinlenme halindeki gerilimin azaldığını gösterdiği bildirilmiştir. Yine bu kasta sertlik değerinin azalmış olduğu, kasların daha esnek ve pasif deformasyona uygun hâle geldiği gözlemlendiği belirtilmiştir. Yazarlar tüm ölçülen kaslarda olduğu gibi m. orbicularis oris'te de elastikiyet değerinin arttığını, yani kasların deformasyona karşı geri dönme kapasitesi yükselmiş olduğunu; kas dokusunun daha esnek ve adaptif hâle geldiğini bildirmişlerdir (166). Mevcut çalışmada bireylerin fizik tedavi veya egzersiz yapıp yapmadığı sorulmuş olup, herhangi bir aktivite yapan hastaya rastlanmamıştır.

Nguyen ve ark. dudakların viskoelastik özelliklerinin, üst ön dişlerin öne hareketi sırasında nasıl değiştiğini incelemiş ve alt dudağın, üst dudağa göre anlamlı şekilde daha yüksek tonus ve sertlik değerlerine sahip olduğunu bu durumun, alt dudağın pasif viskoelastik özelliklerinin üst dudaktan farklı olduğunu ve protraksiyona karşı daha dirençli olduğunu gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca üst ve alt dudaklar arasında elastikiyet açısından anlamlı fark bulunmadığını, ortodontik planlama sırasında bireysel yumuşak doku özelliklerinin dikkate alınmasının önemini vurgulamışlardır (167). Mevcut çalışmada m. orbicularis oris'in sadece üst parçası incelenmiştir.

Mevcut çalışmada Parkinson hastalarının yüz kaslarındaki biyomekanik özellikleri miyotonometrik yöntemle değerlendirilmiş ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. Bulgular, özellikle m. orbicularis oris kasında hastalıkla ilişkili belirgin değişimlerin ortaya çıktığını göstermektedir. Parkinson grubunda saptanan artmış tonus ve sertlik değerleri ile azalmış elastikiyet düzeyi, bu kasın viskoelastik özelliklerinin dopaminerjik sistem bozukluğu ve hastalığa özgü rijidite mekanizmaları ile doğrudan ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Klinik ölçeklerle karşılaştırıldığında, bizim bulgularımız literatürde bildirilen sonuçlarla uyumludur. UPDRS skorları ile kas tonusu arasında anlamlı bir ilişki gözlenirken, sertlik

ve elastikiyet parametreleriyle daha zayıf veya anlamsız düzeyde korelasyon bulunmuştur. Bu durum, miyotonometri ölçümlerinin klinik rijiditeyi nesnel ve duyarlı bir şekilde yansıtmasına rağmen, UPDRS'in öznel doğası nedeniyle bazı parametrelerle sınırlı düzeyde ilişki kurabildiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut çalışma Parkinson hastalarında m. orbicularis oris kasının biyomekanik özelliklerinin bozulduğunu, bunun da klinik rijidite skorlarıyla kısmen ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürdeki diğer nörolojik hastalık ve sağlıklı popülasyon verileri ile karşılaştırıldığında, Parkinson hastalığının yüz kaslarında karakteristik bir sertlik artışıyla seyrettiği görülmektedir. Bu durum, myotonometri yönteminin hem hastalık progresyonunu izleme hem de tedavi etkinliğini değerlendirme açısından güçlü ve tamamlayıcı bir araç olabileceğini düşündürmektedir.

5.2. M. massater'in İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda, yüz kasları içerisinde önemli bir fonksiyonel role sahip olan m. massater kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. massater ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 17.62 ± 3.67 iken, kontrol grubunda 17.7 ± 3.88 idi. M. massater'in ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 463.56 ± 108.76 iken, kontrol grubunda 457.16 ± 130.87 idi. M. massater'in ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 2.91 ± 2.1 iken, kontrol grubunda 2.64 ± 0.4 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. massater kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.3). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. massater'i inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.3'te verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı, egzersiz gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir.

Tablo 5.3. Literatürdeki m. massater'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Szajkowski ve ark. (2025) (168)	137 birey	55-70 yaş arası	Oturur/ İstirahat + Kontraksiyon	Angulus mandibula e ile os zygomaticum arası orta nokta	İstirahat : 16.4 Kontraksiyon: 25.4	İstirahat : 353 Kontraksiyon: 612	İstirahat: 2.2 Kontraksiyon: 1.66	Diş eksikliği sonrası uygulanan protez tedavilerinin masseter kasına etkisi
Magdic ve ark. (2025) (169)	12 birey	19-40 yaş arası	Oturur/ İstirahat	Mandibular açı ile zigomatik ark arasında kasın en kalın bölgesi	Egzersiz öncesi: 16.65 ± 2.00 Sonrası: 17.82 ± 2.30	Egzersiz öncesi: 364.03 ± 64.05 Sonrası: 416.67 ± 98.76	Egzersiz öncesi: 1.87 ± 0.21 Sonrası: 1.87 ± 0.34	Çiğneme veya egzersiz sonrası değişim
Galczyńska - Rusin ve ark. (2025) (170)	58 birey	28.6	Supin/ İstirahat + Maksimum kontraksiyon	Zigomatik ark ile mandibula köşesi arasında palpasyonla belirlenen kasın en kalın karın bölgesi	İstirahat : 15.7 ± 4.1 Kontraksiyon: 18.6 ± 3.3	İstirahat : 327.3 ± 93.3 Kontraksiyon: 428.0 ± 136.2	İstirahat: 1.94 ± 0.37 Kontraksiyon: 1.51 ± 0.40	Subjektif masseter hipertrofisi tanısı ile Myoton ölçümlerinin ilişkisi
Ferran de la Cierva ve ark. (2025) (139)	10 birey	K: 43 ± 1 E: 36 ± 1 6	Oturur/ İstirahat	Zigomatik ark ile mandibula köşesi arasındaki kasın en belirgin şişkin kısmı	1.ölçüm cü: 17.81 ± 2.9 2.ölçüm cü: 19.37 ± 3.02	1. ölçüm cü : 366.08 ± 92.36 2. ölçüm cü : 438.02 ± 104.77	1. ölçüm cü: 1.99 ± 0.34 2. ölçüm cü: 1.9 ± 0.27	Biyomekanik özellikleri ölçmede güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olup olmadığı
Campos Lopez ve ark. (2025) (171)	15 birey	31.07 ± 13.24	Oturur/ İstirahat	Zigomatik ark ile mandibula köşesi arası orta nokta	16.05 ± 2.26	315.84 ± 57.95	1.88 ± 0.34	Ölçmede güvenilir bir yöntem olup olmadığı
Szajkowski ve ark. (2024) (172)	74 birey	20.1 ± 1.7	Oturur/İstirahat + Maksimum kontraksiyon	Masseter kasının karın bölgesinin en şişkin noktası	Tedavi alan: 15.41 ± 1.90 Kontrol: 15.93 ± 1.94	Tedavi alan: 370.03 ± 70.98 Kontrol: 381.40 ± 74.28	Tedavi alan: 1.16 ± 0.23 Kontrol: 1.19 ± 0.25	Maloklüzyon tedavisinde kullanılan sabit ortodontik aparatların etkisinin incelenmesi
Maden ve ark. (2022) (173)	21 birey	39.60 ± 3.65	İstirahat		Kontrol: 14.81 ± 1.615 Yb'lu MS: 14.58 ± 2.39 Yb'siz MS:	Kontrol: 320.11 ± 50.77 Yb'lu MS: 314.50 ± 51.81	Kontrol: 2.075 ± 0.15 Yb'lu MS: 1.985 ± 0.275	Yutma bozukluğu olmayan MS hastaları ile olan MS hastaları arasındaki fark

					15.535 ± 2.32	Yb'siz MS: 315.41 ± 51.99	Yb'siz MS: 1.87 ± 0.24	
Galczynska - Rusin ve ark. (2022) (174)	36 birey	18 yaş ve üstü	İstirahat + Maksimum kontraksiyon	Masseter kasının en geniş kesiti	İstirahat : 14.6 ± 1.6 Kontraksiyon: 20.3 ± 4.2	İstirahat : 291.3 ± 50.1 Kontraksiyon: 515.3 ± 183.5	İstirahat: 1.8 ± 0.2 Kontraksiyon: 1.4 ± 0.3	Masseter kasının biyomekanisini cinsiyet bazında değerlendirmek; bruksizm semptomları ile ilişkilendirmek
Taş ve ark. (2021) (175)	20 birey	29 ± 6	İstirahat	Alt çene açısının hemen önünde, masseter kasının en kalın en belirgin noktası	1. Ölçümcü : 12.6 ± 1.0 2. Ölçümcü: 12.9 ± 1.2	1. Ölçümcü : 206.9 ± 25.2 2. Ölçümcü: 213.0 ± 24.1	1. Ölçümcü: 1.4 ± 0.2 2. Ölçümcü: 1.5 ± 0.2	Boyun ve orofasiyal kaslarda intrater güvenilirliğini değerlendirmek
Song ve ark. (2021) (176)	20 inmeli hasta	61.5 ± 12.2	Oturur/İstirahat	Kasın en kalın ve belirgin hissedildiği nokta	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Felç (inme) geçmiş hastalarda masseter kas sertliği ile çiğneme performansı arasındaki ilişki ve interater güvenilirlik
Ramazanoglu ve ark. (2021) (177)	389 birey	28.64 ± 9.68	Supin/istirahat	Kas karın kısmının en belirgin yüksek noktası	14.87 ± 2.12	283.78 ± 70.79	1.78 ± 0.33	Viskoelastik özelliklerin yaş ve cinsiyet ile ilişkisini incelemek
Lee ve Chon (2021) (178)	60 birey	20-27 yaş arası	Supin/istirahat	Zigomatik ark ile mandibula açısı arasındaki orta nokta	TMD: 24.1 ± 2.8 Kontrol: 21.4 ± 2.4	TMD: 507.2 ± 63.4 Kontrol: 435.2 ± 71.2	TMD: 1.5 ± 0.3 Kontrol: 1.6 ± 0.3	Temporomandibular bozukluğu olan bireylerle olmayan bireyleri karşılaştırmak- Ultrasonografi ve kaliper
Yu ve ark. (2020) (138)	20 birey	25.40 ± 11.55	Oturur/İstirahat + kontraksiyon	Kasın kalın ve orta kısmı	-	İstirahat dominant: 369.5 ± 94.9 İstirahat non-dominant: 347.5 ± 83.5 Kontraksiyon dominant: 618.3 ± 150.7 Kontraksiyon non-dominant: 607.1 ± 158.7	-	Masseter kasının sertlik değerlendirmesi ve kas kontraksiyonunun sertlik üzerine etkisi, ölçüm güvenilirliği

Hara ve ark. (2020) (179)	119 birey	79.4 ± 6.3	Oturur/ istirahat ve kontraksiyon	Mandibul a açısının hemen önündeki kasın kalın kısmı	-	Kadın: 753.7 (617.0-862.3) Erkek: 810.0 (567.2-892.9)	-	Masseter kası sertliği ile maksimum ısırma kuvveti arasındaki ilişki
Dietrich ve ark. (2015) (180)	40 birey	18-40 yaş ve 60+ yaş	Yatarak ve oturarak	Masseter kası üzerinden	Oturur: 18.1±4.43 Yatar: 17.6±4.34	Oturur: 384.3±49.47 Yatar: 370.0 ± 107.28	Oturur: 2.2± 0.38 Yatar: 2.5 ± 0.43	Yaş, cinsiyet ve vücut pozisyonunun (oturur - yatar) sağlıklı yetişkinlerde orofasiyal kas tonusu üzerindeki etkileri
Dietrich et al. (2014) (181)	70 birey	59.3 ± 14.2	Belirtilmemiş	Masseter, kası üzerinden	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Algısal ve enstrümantal değerlendirmelerin karşılaştırılması

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Bu çalışmada Parkinson hastalarında m. masseter'in viskoelastik özellikleri myotonometrik yöntemle değerlendirilmiş ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. Bulgular, hasta ve sağlıklı grup arasında tonus ve sertlik ile azalmış elastikiyet değerlerinin anlamlı fark göstermediğini olduğunu ortaya koymuştur. M. masseter kası güçlü bir çiğneme kasıdır ve bu bulgular hastalıkla ilişkili rijiditeye rağmen istirahat tonusunun büyük ölçüde korunduğunu göstermektedir.

M. masseter'e yönelik literatürde farklı hasta grupları ve klinik müdahalelerden elde edilen bulgular, çalışmamızın sonuçlarını anlamlandırmada önemli bir çerçeve sunmaktadır. Szajkowski ve ark. diş eksikliği sonrası uygulanan protez tedavilerinin m. masseter'in biyomekanik özellikleri (ton, elastikiyet, sertlik) üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu değerlendirmiştir. Özellikle, farklı tipte protezlerin (sabit-çıkartılabilir) m. masseter'in fonksiyonel durumuna katkısı araştırılmıştır. Szajkowski ve ark. protez rehabilitasyonunun m. masseter'in fonksiyonel özelliklerini koruyabildiğini, özellikle sabit protezlerin çıkartılabilir protezlere kıyasla biyomekanik parametreleri daha iyi desteklediğini bildirmiştir. Ayrıca, protez uygulanmamış bireylerle protez kullanıcıları arasındaki farkların istatistiksel anlamda küçük olması, protezlerin kas üzerindeki olumsuz etkilerin bir kısmını telafi edebildiğini gösterdiği ifade edilmiştir (168). Mevcut çalışmanın bulguları da m. masseter'in nörolojik hastalıklarda da viskoelastik özelliklerini korumaya eğilimli olduğunu ortaya koymuştur.

Magdic ve ark. iki farklı akut müdahalenin m. masseter'in myotonometrik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için katılımcılara boyun ve çiğneme kaslarını kapsayan üst beden esnetme ile koordinasyon egzersizleri ve altı adet sakız ile yoğun çiğneme aktivitesi yaptırmışlardır. Esneme ve koordinasyon egzersizleri m. masseter kasında tonus ve sertlik değerlerini arttırırken; çiğneme ise tersine etki göstererek tonus ve sertlik değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bu durum viskoelastik mekanğin yalnızca “aktif yük” (çiğneme gibi) tarafından değil, aynı zamanda “pasif/yarı pasif” germe/esnetme aktiviteleri tarafından da modüle edilebileceğini göstermektedir (169). Bu sonuç, Parkinson hastalarında da m. masseter'in viskoelastik özelliklerinin hem aktif hem pasif müdahalelerle modüle edilebileceğine işaret etmektedir.

Szajkowski ve ark. sabit ortodontik aparey tedavisinin m. masseter'in biyomekanik özellikleri üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır. Kas tonusu (F), sertlik (S) ve elastikiyet (D) değerleri açısından tedavi grubuyla kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Ölçümler hem istirahat durumunda hem de maksimum kasılma sırasında yapılmış olup, her iki durumda da gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Ayrıca sağ ve sol m. masseter'ler arasında belirgin bir asimetri bulunmamıştır. Ortalama 12 aylık tedavi süresi boyunca sabit aparey kullanımı sırasında m. masseter'in fonksiyonel ve mekanik bütünlüğünü koruduğu ve apareyin çiğneme kaslarının fizyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır (172).

Galczyńska-Rusin ve ark., m. masseter hipertrofisinin subjektif yöntemlerle (palpasyon, görsel değerlendirme) tanılandığı bireylerde, cihaz aracılığıyla elde edilen viskoelastik özelliklerin farklılık gösterip göstermediği değerlendirilmiştir. Sonuçlar, hipertrofik m. masseter'e sahip bireylerde kontraksiyon sırasında artmış tonus ve sertlik ile azalmış gevşeme ve creep değerlerinin saptandığını göstermiştir. Bu durum, hipertrofik kasın daha sert, daha gergin ve deformasyona karşı daha dirençli bir yapıya sahip olduğunu işaret etmektedir. İstirahat halinde ise yalnızca elastikiyet parametresinde anlamlı bir farklılık gözlenmiş, diğer ölçümlerde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonuç, palpasyonla saptanan hipertrofi ile MyotonPRO ölçümlerinin tam bir örtüşme göstermediğini ve bazı parametrelerin özellikle kontraksiyon sırasında belirginleştiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, viskoelastik özelliklerin yalnızca istirahat halinde değil, fonksiyonel aktivite sırasında da farklılık gösterebilmesi,

miyotonometrik ölçümlerin fonksiyonel kas özelliklerini yansıtmada önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu özelliklerin, terapötik girişimlerin, botulinum toksin uygulamalarının ve fizyoterapi stratejilerinin etkinliğini takip etmede klinik açıdan yararlı olabileceği vurgulanmaktadır (170). Mevcut çalışmada ise subjektif klinik değerlendirme olan UPDRS ile viskoelastik özellikler karşılaştırılmış olup m. masseter tonus ve sertliğinde güçlü korelasyonlar olduğu saptanmıştır. Yani MyotonPRO ölçümleriyle klinik derecelendirme örtüşmektedir.

Maden ve ark. çalışmasında elde edilen bulgular, m. masseter'in viskoelastik özelliklerinin MS hastalarında yutma sorunu olup olmamasına bağlı olarak anlamlı bir farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır. Sağlıklı bireyler, yutma güçlüğü olmayan MS hastaları ve yutma güçlüğü bulunan MS hastaları arasında kas tonusu, sertlik ve elastikiyet parametreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu sonuç, m. masseter'in biyomekanik özelliklerinin yutma fonksiyonu ile doğrudan etkilenmediğini ve yutma problemi olsa dahi bu kasın viskoelastik yapısının korunabildiğini düşündürmektedir (173).

Galczyńska-Rusin ve ark.nın bulguları, m. masseter'in istirahat durumundaki tonus, sertlik ve elastikiyet değerlerinin kadın ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, cinsiyetin kas gevşekliğinde m. masseter kasının temel viskoelastik özelliklerini etkilemediğini göstermektedir. Ancak maksimum kontraksiyon sırasında erkeklerde m. masseter kasının tonus ve sertlik değerlerinin kadınlara kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunması, kasılma sırasında cinsiyetler arasında belirgin bir farklılık olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan, elastikiyet değerlerinin kontraksiyon halinde dahi anlamlı bir farklılık göstermemesi, bu parametrenin cinsiyetler arası ayırt ediciliğinin sınırlı olduğunu düşündürmektedir. Bu sonuçlar, erkeklerin m. masseter kasının kasılma sırasında daha yüksek mekanik yük taşıdığını işaret etmektedir (174). Bu çalışmada sağlıklı kontrol grubu değerlendirilmiş olup tonus, sertlik ve elastikiyet değerleri kontrol grubunda cinsiyetler arasında ve sağ sol taraf ile anlamlı fark saptanmamıştır. Bulgular m. masseter'in simetrik ve fizyolojik sınırlar içinde olduğunu göstermiştir.

Song ve ark.nın çalışması, inme geçirmiş bireylerde m. masseter'in sertliğinin ölçümünde yüksek düzeyde intra- ve interrater güvenilirlik elde edildiğini göstermektedir. Bulgular, etkilenen taraf ile etkilenmeyen taraf arasında belirgin bir sertlik farklılığı bulunduğunu,

etkilenen tarafta sertlik deęerlerinin daha dūřuk olduęunu ortaya koymaktadır. Ayrıca m. masseter'in kas sertlięi ile çięneme performansı arasında, özellikle etkilenen tarafta, orta dūzeyde negatif bir iliřki saptanmıřtır. Bu durum, sertlik deęerlerinin azalmasının çięneme performansında bozulma ile iliřkili olduęunu dūřündürmektedir (176).

Ramazanoęlu ve ark. tarafından yapılan çalışmada m. masseter'in yař ve cinsiyet grupları açısından değerlendirilmiştir. Bulgulara göre erkeklerde kas tonusu daha yüksek bulunurken, kadınlarda elastikiyet daha yüksek saptanmış ve bu durum kadınlarda kasın elastikiyet açısından daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Sertlik açısından ise cinsiyetler arasında tutarlı bir fark belirlenmemiştir. Yař grupları incelendiğinde, 18–28 yař aralığında tonus ve sertlik daha dūřuk, elastikiyet ise daha yüksek bulunmuş; ileri yař gruplarında ise bunun tersine değerler elde edilmiştir. Ayrıca yař ile ton arasında zayıf, sertlik ile orta dūzeyde pozitif korelasyon, elastikiyet ile ise daha güçlü pozitif korelasyon saptanmıştır. Bu sonuçlar, yař ilerledikçe kas tonusu ve sertliğinin arttığını, elastikiyetin ise azaldığını ve böylelikle kas dokularının yaşla birlikte viskoelastik özelliklerinde değişim meydana geldiğini göstermektedir. Cinsiyet açısından ise erkeklerde tonusun daha yüksek, kadınlarda elastikiyetin daha iyi olması biyolojik farklılıklarla uyumlu bulunmuş; sertlik parametresinde ise belirgin bir cinsiyet farkı gözlenmemiştir (177).

Lee ve Chon, temporomandibular bozukluk bulunan bireylerde m. masseter'in kas kalınlığının azaldığını, buna karşın kas tonusunun ve sertliğin arttığını bildirmiştir. Bu bulgu, söz konusu bireylerde masseter kasının daha katı, gergin ve sıkı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmada ayrıca temporomandibular bozuklukların tedavi planlamasında m. masseter'in tonusunu azaltmaya yönelik yaklaşımların, örneğin gevşeme teknikleri, manuel terapi ve uygun egzersizlerin, yararlı olabileceği önerilmektedir (178) .

Yu ve ark.nın çalışmasında, MyotonPRO cihazı ile yapılan ölçümlerde m. masseter'in sertliğinin değerlendirilmesinde yüksek dūzeyde güvenilirlik elde edilmiştir; intra-rater güvenilirlik iyi ($ICC=0.78$), inter-rater güvenilirlik ise mükemmel ($ICC=0.95$) bulunmuştur. Ölçümler hem istirahat hem de maksimum kontraksiyon sırasında yapılmış ve dominant taraf ile non-dominant taraf arasında anlamlı bir sertlik farkı saptanmamıştır. Bu bulgular, m. masseter'in her iki tarafının fiziksel özelliklerinin benzer olduğunu desteklemektedir (138).

Hara ve ark.nın çalışmasında, m. masseter'in sertliği ile maksimum ısırma kuvveti arasındaki ilişki incelenmiştir. Bulgular, m. masseter'in miyotonometrik sertlik ölçümlerinin yaşlı bireylerde maksimum ısırma kuvvetini öngörmeye güvenilir bir parametre olduğunu göstermektedir. Ayrıca diş sayısı ve kas kontraksiyonunun birlikte değerlendirilmesiyle, bu ölçümlerin oklüzal fonksiyonun objektif bir göstergesi olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur (179).

Dietsch ve ark. tarafından yapılan çalışmada, yaş, cinsiyet ve vücut pozisyonunun sağlıklı yetişkinlerde orofasiyal kas tonusu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, 60 yaş ve üzerindeki bireylerde m. masseter'in sertliğinin genç yetişkinlere (18–40 yaş) kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum, yaşlanmaya bağlı kas dokusu değişiklikleri ile orofasiyal kas fonksiyonunda ortaya çıkan adaptasyonların bir yansıması olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca m. masseter kasında erkeklerde kadınlara kıyasla daha yüksek tonus değerleri saptanmıştır. Buna karşılık, oturur ve yatar pozisyonlar arasında kas tonusu açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmanın en dikkat çekici sonucu, yaş ve cinsiyetin m. masseter'in tonusu üzerinde vücut pozisyonuna kıyasla daha belirgin ve tutarlı etkilere sahip olduğunu ortaya konmuş olmasıdır (180).

Dietsch ve ark. tarafından yürütülen çalışmada, dizartri olgularında algısal değerlendirmeler ile aletsel ölçümler arasındaki ilişki incelenmiş ve normal konuşan bireylerle karşılaştırılarak orofasiyal kas tonusundaki farklılıklar ortaya konmaya çalışılmıştır. Araştırmada, Myoton-3 cihazı ile elde edilen doku sertliği ölçümlerinin konuşma patolojilerinde geçerliliği ve duyarlılığı sorgulanmıştır. Bulgular, konuşma terapistlerinin yaptığı algısal tonal değerlendirmeler ile Myoton-3 cihazı ölçümleri arasında uyumsuzluklar bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca doku kalınlığının yaklaşık 10 mm'ye kadar olan değerlerde sertlik ölçümlerini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Bu durum, dizartri grubunda atrofi ya da spastisiteye bağlı olarak değişen doku kalınlıklarının ölçümlerin güvenilirliğini azaltabileceğini ve gruplar arası farklılıkların tespit edilmesini güçleştirebileceğini ortaya koymaktadır (181).

5.3. M. semispinalis capitis'in İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda m. semispinalis capitis kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. semispinalis

capitis'in ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında $17,63 \pm 2,53$ iken, kontrol grubunda $16,99 \pm 2,55$ idi. M. semispinalis capitis'i n ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında $358,94 \pm 60,36$ iken, kontrol grubunda $354,38 \pm 74,09$ idi. M. semispinalis capitis'in ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında $1,78 \pm 0,32$ iken, kontrol grubunda $1,86 \pm 0,28$ idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. semispinalis capitis kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.3). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. semispinalis capitis'i inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.4'te verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzemektedir.

Tablo 5.4. Literatürdeki m. semispinalis capitis'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
García-Luque ve ark. (2025) (182)	74	18–65 yaş arası	Prone pozisyon, istirahat	M. semispinalis capitis (C4 düzeyinde palpasyonla belirlenmiş; sağ ve sol ayrı ölçülmüş)	ANP: 16.5 ± 1.8 Hz / Kontrol: 15.0 ± 2.1	ANP: 297.3 ± 49.8 N/m / Kontrol: 253.1 ± 68.9 N/m	ANP: 1.43 ± 0.19 Kontrol: 1.22 ± 0.23	Boyun ağrısı olan bireylerde kaslarının mekanik değerlendirilmesi; ağrı, hareket ve kısa dinlenmenin etkisini incelemek
Ferran de la Cierva ve ark. (2024) (139)	10 birey	K: 43 ± 1 E: 36 ± 16	Oturma	Boynun arka orta hattının biraz lateralinde, oksipital kemiğin altına yakın	1. ölçümcü: 17.26 ± 2.11 2. ölçümcü: 18.12 ± 2.28	1. ölçümcü: 300.73 ± 55.56 2. ölçümcü: 342.47 ± 61.63	1. ölçümcü: 1.18 ± 0.19 2. ölçümcü: 1.16 ± 0.18	Biyomekanik özellikleri ölçmede güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olup olmadığını incelemek
Maden ve ark. (2021) (183)	33	21.24 ± 1.82	Oturma istirahat	Mastoid çıkıntından 4 cm aşağısı	12.42	199.0	1.16	-6 dk yürüme testi -Spirometri - Fiziksel Aktivite İndeksi - Boyun Özürlülük İndeksi Amaç: Baş pozisyon kaslarının viskoelastik özellikleri ile

								pulmoner/ fonksiyonel kapasite ilişkisini incelemek
--	--	--	--	--	--	--	--	---

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

García-Luque ve ark.nın çalışması, akut boyun ağrısı bulunan bireylerde boyun kaslarının mekanik özelliklerinin sağlıklı kontrollerle karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, akut boyun ağrısı grubunda tonus değerlerinin kontrol grubuna kıyasla belirgin derecede yüksek olduğunu ve bu durumun ağrı varlığında kasların istirahat halindeki geriliminin arttığını gösterdiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde sertlik değerleri de akut boyun ağrısı grubunda daha yüksek bulunmuş, bu da ağrıya bağlı kas dokusunda mekanik direnç artışını yansıtmaktadır. Öte yandan elastikiyet parametresi akut boyun ağrısı grubunda kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük saptanmış; ayrıca bu grubun decrement değerlerinin hareket ve kısa süreli dinlenme sonrasında azaldığı, dolayısıyla elastikiyetin arttığı gözlenmiştir. Kontrol grubunda ise zaman içerisinde anlamlı bir değişim görülmemiştir. Bu bulgular, akut boyun ağrısı olan bireylerde kas dokusunun daha gergin, daha sert ve daha az elastik özellikler sergilediğini göstermektedir. Özellikle elastikiyetin kısa süreli mobilizasyon ve dinlenmeye duyarlılığı, bu ölçümün klinik değerlendirmelerde öncelikli olarak dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır (182).

Maden ve ark. çalışmasında, ileriye dönük baş duruşu (Forward Head Posture – FHP) ile baş duruşuna ait kasların viskoelastik özellikleri ve bunun pulmoner ile fonksiyonel kapasite üzerindeki etkilerini sağlıklı bireylerde incelemiştir. Bulgular, incelenen kasların tonus, sertlik ve elastikiyet değerlerinde baş duruşu bozukluğu olan bireylerle normal baş duruşlu bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermiştir. Bu sonuç, FHP bulunan sağlıklı bireylerde söz konusu viskoelastik parametrelerin erken dönemde veya hafif düzeyde etkilenmeyebileceğini düşündürmektedir. Aynı zamanda, MyotonPRO ile elde edilen bu ölçümlerin baş duruşunun solunum fonksiyonları üzerindeki etkilerine ilişkin değişiklikleri yakalamada yeterince duyarlı olmayabileceğini de ortaya koymaktadır (183).

Klinik açıdan, m. semispinalis capitis kası, servikal ekstansör zincirin önemli bir bileşenidir ve başın pozisyon kontrolü, duruş stabilitesi ve ağrı modülasyonunda kritik

rol oynamaktadır. Bu kasın tonusu ve elastikiyetindeki değişimler, özellikle servikojenik baş ağrısı, mekanik boyun ağrısı ve postüral disfonksiyonlar gibi klinik tablolarla ilişkilidir. Bu nedenle, kasın objektif, kantitatif değerlendirmesi hem tanısal süreci hem de tedaviye yanıt takibini doğrudan etkilemektedir.

Mevcut çalışmada Parkinson hastalarında m. semispinalis capitis kasının mekanik özellikleri miyotonometrik yöntemle değerlendirilmiş ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. F, S ve D parametreleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Bu kas baş ve boyun ekstansiyonunda görev alır. Parkinson hastalarında postüral rijidite bu kas grubunu genellikle etkiler; ancak ölçümlerin istirahatte yapılmış olması farkın ortaya çıkmamasını açıklayabileceği düşünülmektedir. Buna rağmen sonuçlar, klinik rijidite skorları (UPDRS) ile m. semispinalis capitis'in tonus ve sertliği ile güçlü korelasyon göstermiştir bu sonuç hastalığa özgü rijidite mekanizmalarının servikal ekstansör zincirin derin kaslarına da yansıdığını ortaya koymuştur.

5.4. M. sternocleidomastoideus'un İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda, m. sternocleidomastoideus kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. sternocleidomastoideus'un ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 13.02 ± 1.87 iken, kontrol grubunda 12.33 ± 2.05 idi. M. sternocleidomastoideus'un ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 255.4 ± 62.67 iken, kontrol grubunda 231.34 ± 48.42 idi. M. sternocleidomastoideus'un ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 2.14 ± 0.45 iken, kontrol grubunda 2.01 ± 0.33 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. sternocleidomastoideus'un kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.5). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. sternocleidomastodeus'u inceleyen çalışmaların değerleri Tablo 5.5'te verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir.

Tablo 5.5. Literatürdeki m. sternocleidomastoideus'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Yong ve Lee (2025) (184)	24 birey	21.7 ± 1.1	Ayakta, istirahat	Kasın orta karın kısmı	İleri Baş: 13.25 ± 1.01 Kontrol: 13.02 ± 0.75	İleri Baş: 210.85 ± 31.99 Kontrol: 195.24 ± 19.30	İleri Baş: 1.24 ± 0.19 Kontrol: 1.22 ± 0.11	Kas biyomekanik özelliklerinin ileri baş duruşu ile ilişkili değişikliklerin analizi
Maden ve Doğru (2025) (185)	60 birey	Belirtilmemiştir	İstirahat	Sternum clavicula ile mastoid çıkıntı arasındaki kasın orta kısmı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	KOAH hastaları ile sağlıklı kontrol bireylerini karşılaştırma
Campos Lopez ve ark. (2025) (171)	15 birey	31.07 ± 13.24	Oturur/İstirahat	Mastoid çıkıntı ile sternum arasındaki orta kısım	12.94 ± 1.34	212.59 ± 42.69	1.51 ± 0.25	İntra-/inter-rater ve inter-/intra-session güvenilirliğini
Uzun ve ark. (2024) (186)	37 servikal baş ağrısı hastası	32.30 ± 9.17	Supin/İstirahat	Boynun ön-yan kısmında palpasyonla	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	PostureScreen., Doppler ultrason ile kan akımı ölçümleri yapılmış. Amaç: Servikojenik baş ağrısı olan bireylerde baş-omuz postürü sapmaları, baş-boyun kas sertliği ile kan akışı arasındaki ilişkiyi incelemek.
Lettnier ve ark. (2024) (143)	1673 birey	11–98 yaş (çalışmalara göre değişken)	Supin, oturur, ayakta; istirahat veya kontraksiyon	Kas/tendon üzerine	-	-	-	Sistematik derleme; 48 çalışmanın metodolojik kalitesini ve MyotonPRO'nun güvenilirliğini değerlendirme
Kim ve ark. (2024) (187)	32 birey	-	Supin, istirahat, 3 farklı yastık yüksekliği (düz, 6 cm, 12 cm)	Mastoid-clavicula orta noktasına	Düz: 13.11 ± 1.10 6 cm: 12.51 ± 0.86 12 cm: 12.73 ± 0.96	-	-	Ultrasonografi (kas kalınlığı ölçümü), EMG (kas aktivasyonu), MyotonPRO Amaç: yastık yüksekliğinin kas tonusu, kalınlığı ve aktivasyonuna etkisini incelemek; optimal yüksekliği belirlemek.
Ferran de la Cierva ve ark. (2024) (139)	10 birey	K: 43 ± 11 E: 36 ± 16	Oturur/İstirahat	Mastoid çıkıntı ile sternum arasındaki orta noktası	1.ölçüm cü: 13.23 ± 1.26 2.ölçüm cü: 13.11 ± 1.28	1.ölçüm cü: 217.15 ± 36.97 2.ölçüm cü: 219.4 ± 42.84	1.ölçüm cü: 1.41 ± 0.25 2.ölçüm cü: 1.44 ± 0.28	Biyomekanik özellikleri ölçmede güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olup olmadığı

Maden ve ark. (2024) (173)	21 birey	39.60 ± 3.65	Supin/ istirahat	Origo-insertio ortası	Kontrol: 13.29 ± 0.725 Yb'lu MS: 13.70 ± 2.93 Yb'siz MS: 13.87 ± 1.41	Kontrol: 208.0 ± 14.26 Yb'lu MS: 233.21 ± 29.085 Yb'siz MS: 208.455 ± 29.21	Kontrol: 1.545 ± 0.15 Yb'lu MS: 1.585 ± 0.225 Yb'siz MS: 1.38 ± 0.215	Yutma sorunu olan MS hastaları ile olmayan MS arasındaki fark
Rubine-Gatin ve ark. (2022) (188)	41 birey	18-35 (Ort. 25 ± 3.3)	Oturur/ İstirahat baş 5 farklı açıda: 0°, +30°, +60°, -30°, -60°	SCM uzunluğu ölçülüp orta nokta işaretlendi	-60°: 12.33 ± 1.20 -30°: 12.29 ± 0.76 0°: 13.16 ± 0.92 +30°: 15.56 ± 2.11 +60°: 17.54 ± 2.64	-60°: 190.35 ± 31.17 -30°: 185.54 ± 25.32 0°: 198.24 ± 25.76 +30°: 255.22 ± 60.99 +60°: 313.57 ± 83.77	-60°: 1.54 ± 0.24 -30°: 1.43 ± 0.23 0°: 1.25 ± 0.15 +30°: 1.11 ± 0.14 +60°: 1.11 ± 0.15	Amaç: Baş pozisyonuna göre SCM biyomekanik parametrelerini belirlemek; ergonomik monitör yüksekliği önerileri geliştirmek. MyotonPRO, gonyometre ve antropometrik ölçümler kullanıldı.
Taş ve ark. (2021) (175)	20 birey	29 ± 6	İstirahat	Clavicula'nın medial ucu ile processus mastoideus arasındaki kasın orta üçte birlik kısmı	1. Ölçümcü : 13.5 ± 0.7 2. Ölçümcü : 13.1 ± 0.7	1. Ölçümcü : 196 ± 22.0 2. Ölçümcü : 185.2 ± 20.6	1. Ölçümcü : 1.3 ± 0.2 2. Ölçümcü : 1.2 ± 0.2	Kaslarda intrarater intrarater ve orofasiyal kaslarda intrarater ve interrater güvenilirliğini değerlendirmek
Lee ve Chon (2021) (178)	60 birey	20-27 yaş arası	Supin/ istirahat	Sternal çentik ile mastoid çıkıntı arasındaki orta nokta	TMD: 16.5 ± 1.3 Kontrol: 14.8 ± 1.5	TMD: 281.6 ± 52.8 Kontrol: 246.0 ± 41.2	TMD: 1.4 ± 0.2 Kontrol: 1.4 ± 0.2	Temporomandibular bozukluk olan bireylerle olmayan bireyleri karşılaştırmak- Ultrasonografi ve kaliper
Maden ve ark. (2021) (183)	33 birey	21.24 ± 1.82	Oturma istirahat	Origo-insertio ortası	14.23	211.78	1.18	Pulmoner kapasite ve fonksiyonel kapasite üzerindeki etkileri 6 dk yürüme testi - Spirometri - Fiziksel Aktivite İndeksi - Boyun Özürlülük İndeksi
Yeo ve ark. (2019) (189)	22 kadın birey	49.1 ± 9.2	Oturur/ İstirahat	Mastoid – klavikula başı arası orta nokta.	Etkilenen 13.8 ± 0.8 Etkilenmeyen 13.7 ± 0.9	Etkilenen 235 ± 29 Etkilenmeyen 233 ± 34	Etkilenen 1.54 ± 0.26 Etkilenmeyen 1.60 ± 0.25	Güvenilirliğini test etmek; mastektomi sonrası etkilenen ve etkilenmeyen taraf kas özelliklerini karşılaştırmak.
Kocur ve ark. (2017) (140)	75 kadın birey	Genç: 21.1 ± 1,8 yıl Yaşlı: 67 ± 5,9 yıl	Supin, istirahat, ardından oturma	Sternum ile mastoid arasında orta nokta	Genç/yaşlı Supin: 13.2 ± 3.3 / 15.2 ± 1.8	Genç/yaşlı Supin: 186.3 ± 47.8 / 243.3 ± 51.6	Genç/yaşlı Supin: 1.2 ± 0.3 / 1.6 ± 0.3 Oturma:	Yaşlanmanın ve yatar pozisyonundan oturmaya geçişin kas tonusu, sertlik ve elastikiyet üzerindeki etkilerini karşılaştırmak.

					Oturma: 12.6 ± 3.3 / 14.2 ± 1.6	Oturma: 175.8 ± 45.3 / 235.0 ± 44.4	1.2 ± 0.3 / 1.6 ± 0.3	
--	--	--	--	--	---	---	-----------------------------	--

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Yong ve Lee'nin çalışmasında, ileriye dönük baş duruşu (Forward Head Posture, FHP) ile servikal ve torako-skapular kasların mekanik özellikleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bulgular, m. sternocleidomastoideus'un tonus, sertlik ve elastikiyet açısından FHP grubuyla kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermektedir (184).

Maden ve Doğru'nun çalışması, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) olan bireylerde aksesuar solunum kasları ile bazı periferik kasların viskoelastik özelliklerini sağlıklı bireylerle karşılaştırmıştır. Bulgular, KOAH grubunda tonus ve sertlik değerlerinin sağlıklı kontrollere kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca elastikiyet parametresinde gözlenen azalma, m. sternocleidomastoideus'un daha rijit bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır (185).

Uzun ve ark. çalışmasında, sol servikojenik baş ağrısı olan bireylerde postüral değişiklikler ile kas mekanik özelliklerinin beyin kan dolaşımı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, m. sternocleidomastoideus'un kas sertliği ile baş açısı arasında pozitif korelasyon bulunduğunu, yani m. sternocleidomastoideus'un sertliği arttıkça başın öne eğilme açısının da arttığını göstermektedir. Ayrıca sol m. sternocleidomastoideus'un sertliği ile internal karotid arterin sistolik pik akımı ve vertebral arterin diyastolik akımının anlamlı düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, servikojenik baş ağrılı bireylerde artmış kas sertliği ve bozulmuş baş-omuz postürünün beyin ve boyun damarlarında kan akımında azalma ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (186).

Lettner ve ark. tarafından yapılan çalışmada, toplam 48 çalışma üzerinden 31 farklı kasa ait ölçümler değerlendirilmiş hem sağlıklı bireyler hem de çeşitli klinik ve nörolojik durumlara sahip bireyler incelenmiştir. Bulgular, tonus ve sertlik değerleri açısından hem intra-rater hem de inter-rater güvenilirliğin genel olarak yüksek olduğunu göstermektedir (143).

Kim ve ark. tarafından yürütülen çalışmada, farklı yastık yüksekliklerinin (düz yüzey, 6 cm ve 12 cm) m. sternocleidomastoideus ve m. trapezius'un üst parçası kaslarının kalınlığı, tonusu ve aktivitesi üzerindeki etkileri incelenmiş ve sırtüstü yatış pozisyonu için optimal yastık yüksekliği değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bulgular, m. sternocleidomastoideus'un tonusunun 6 cm ve 12 cm yükseklikte, düz yüzeye kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir (187).

Rubine-Gatina ve ark. tarafından yapılan çalışmada, baş pozisyonuna bağlı olarak m. sternocleidomastoideus'un kasının biyomekanik parametreleri değerlendirilmiş ve ergonomik monitör yüksekliği için öneriler geliştirilmiştir. Bulgular, başın fleksiyon açısı arttıkça m. sternocleidomastoideus'un sertliği ve titreşim frekansının yükseldiğini, buna karşın elastikiyetin göstergesi olan decrement değerinin ve gevşeme zamanının azaldığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, artan baş fleksiyonunun m. sternocleidomastoideus'un daha gergin ve daha az esneyebilir hale getirdiğini göstermektedir. Ergonomik açıdan değerlendirildiğinde, ekran ve görsel odaklı yüzeylerin görme hattına uygun biçimde konumlandırılması ve başın -30° ila -60° fleksiyon aralığında tutulmasının m. sternocleidomastoideus üzerindeki gerilimi azaltarak boyun rahatsızlıklarını önleyebileceği belirtilmektedir (188).

Yeo ve ark. mastektomi uygulanmış meme kanseri hastalarında omuz çevresindeki kasların mekanik özelliklerini ve ölçüm güvenilirliğini değerlendirmiştir. Bulgular, m. sternocleidomastoideus ve m. trapezius'un üst parçası kaslarında etkilenen taraf ile etkilenmeyen taraf arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermektedir. Buna karşılık pectoralis major kasında, etkilenen tarafta kas tonusu ve sertliğinde artış, elastikiyette ise azalma saptanmıştır. Bu sonuçlar, mastektomi sonrasında özellikle pectoralis major kasının viskoelastik özelliklerinde belirgin değişimlerin ortaya çıktığını ortaya koymaktadır (189).

Kocur ve ark.'nın çalışması, yaşlanmanın m. ark. nın m. trapezius'un üst parçasının viskoelastik özellikleri üzerindeki etkilerini ve farklı vücut pozisyonlarında ortaya çıkan değişimleri incelemiştir. Bulgular, yaşlı kadınlarda hem sırtüstü hem de oturur pozisyonda m. sternocleidomastoideus'un ve m. trapezius kaslarının tonus ve sertlik değerlerinin genç kadınlara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir. Elastikiyet açısından ise yaşlı kadınlarda belirgin bir düşüş saptanmış ve bu durum, kas dokularının genç gruba göre daha az elastik olduğunu ortaya koymuştur.

Ayrıca m. sternocleidomastoideus'un sırtüstü pozisyonundan oturur pozisyona geçişin, hem genç hem de yaşlı grupta tonus ve sertlik değerlerinde azalma ile sonuçlandığı; buna karşın elastikiyetin pozisyon değişimine bağlı olarak anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir (140).

Maden ve ark.nın çalışmasında, yutma sorunu olmayan MS hastaları ile sağlıklı bireyler karşılaştırıldığında m. m. sternocleidomastoideus'un elastikiyet değerlerinde gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ancak m. sternocleidomastoideus'un sol tarafında, yutma sorunu bulunan MS hastalarında tonus ve sertlik düzeylerinin diğer gruplara kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, yutma sürecinde ortaya çıkan adaptasyon veya kompensasyon mekanizmalarına işaret edebilmektedir. Ayrıca boyun bölgesi kaslarının, özellikle tek taraflı olarak, yutma fonksiyonuna bağlı değişiklik gösterebileceği ve klinik değerlendirmelerde bu tür kaslarda asimetri ile postüral duruş bozukluklarının dikkate alınması gerektiği önerilmektedir (173).

Lee ve Chon tarafından yapılan çalışmada, temporomandibular bozukluğu bulunan bireylerde m. masseter ve m. sternocleidomastoideus kaslarının kalınlığında azalma gözlenirken, bu kasların tonus ve sertliğinin arttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, söz konusu kasların daha katı, gergin ve sıkı bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. Çalışmada ayrıca, temporomandibular bozuklukların tedavi planlamasında m. masseter ve m. sternocleidomastoideus'un tonusunu azaltmaya yönelik gevşeme teknikleri, manuel terapi ve uygun egzersiz gibi yaklaşımların faydalı olabileceği önerilmektedir (178) .

Bu çalışmada Parkinson hastalarında m. sternocleidomastoideus kasının viskoelastik özellikleri myotonometrik yöntemle değerlendirilmiş, sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmış ve klinik ölçeklerle (UPDRS) ilişkilendirilmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırılan tüm parametrelerde Parkinson grubunda anlamlı fark saptanmıştır (F: $p=0.012$; S: $p=0.028$; D: $p=0.050$). Bu bulgular, Parkinson hastalarında baş rotasyonu ve boyun stabilitesini sağlayan m. sternocleidomastoideus kasının belirgin şekilde rijit hale geldiğini göstermektedir. Bu sonuç, rijiditenin yalnızca ekstremit kaslarıyla sınırlı kalmayıp, baş-boyun bölgesinin postüral ve fonksiyonel kontrolünde kritik rol üstlenen SCM kasına da yansıdığını ortaya koymaktadır.

5.5. M. trapezius'un İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda, m. trapezius kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. trapezius'un ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında $18,81 \pm 3,49$ iken, kontrol grubunda $19,75 \pm 3,81$ idi. M. trapezius'un ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında $377,29 \pm 115,78$ iken, kontrol grubunda $423,25 \pm 120,61$ idi. M. trapezius'un ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında $1,45 \pm 1,31$ iken, kontrol grubunda $1,35 \pm 0,31$ idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. trapezius kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.6). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. trapezius'u inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.6'da verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzemektedir.

Tablo 5.6. Literatürdeki m. trapezius'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Ferran de la Cierva ve ark. (2025) (139)	10 birey	K: 43 ± 11 E: 36 ± 16	Oturur/ İstirahat	Ense ile omuz arasında, boynun arka-yan tarafında kas karnının en kalın noktası	1. ölçümcü: 15.74 ± 1.53 2. ölçümcü: 16.18 ± 1.5	1. ölçümcü: 257 ± 39.46 2. ölçümcü: 270.22 ± 48.17	1. ölçümcü: 1.1 ± 0.19 2. ölçümcü: 1.12 ± 0.19	Biyomekanik özellikleri ölçmede güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olup olmadığı
Magdic ve ark. (2025) (169)	12 birey	19-40 yaş arası	Oturur/ İstirahat	C7 spinöz çıkıntı ile akromion lateral uç arasındaki orta nokta	Egzersiz öncesi: 20.77 ± 2.95 Sonrası: 19.18 ± 2.56	Egzersiz öncesi: 387.45 ± 69.67 Sonrası: 379.27 ± 79.32	Egzersiz öncesi: 1.21 ± 0.27 Sonrası: 1.07 ± 0.19	Çiğneme veya egzersiz sonrası değişim durumlarında
Yong ve Lee (2025) (184)	24 birey	$21,7 \pm 1.1$	Ayakta, istirahat	Akromion ile boyun arasındaki orta nokta	İleri Baş: 17.41 ± 0.70 Kontrol: 16.11 ± 0.70	İleri Baş: 304.16 ± 21.55 Kontrol: 272.48 ± 19.82	İleri Baş: 0.89 ± 0.14 Kontrol: 0.88 ± 0.12	Kas biyomekanik özelliklerinin ileri baş duruşu ile ilişkili değişikliklerin analizi

Maden ve Doğru (2025) (185)	60 birey	Belirtilmemiş	İstirahat	Akromion ile C7 spinos çıkıntısı arasından	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	KOAH hastaları ile sağlıklı kontrol bireylerini karşılaştırma
Wendt ve ark. (2024) (141)	60 birey	19–21	Supin İstirahat	C7 spinal çıkıntı ile akromion arası orta nokta	-	Deney grubu (E): Sağ 261.5±45.3, Sol 249.9±46.4 Kontrol grubu (C): Sağ 251.0±42.5, Sol 250.5±40.6	-	Servikal omurga rotasyon asimetrisi olan/olmayan bireylerde üst trapezius kası sertliğini incelemek.
Uzun ve ark. (2024) (186)	37 servikal baş ağrısı hastası	32.30±9.17	Oturur / istirahat	Omuz ile boyun arasında yer alan kas kütlelerinin üst kısmı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	PostureScreen, Doppler ultrason ile kan akımı ölçümleri yapılmış. Amaç: Servikojenik baş ağrısı olan bireylerde baş-omuz postürü sapmaları, baş-boyun kas sertliği ile kan akışı arasındaki ilişkiyi incelemek.
Kim ve ark. (2024) (187)	32 birey	-	Supin, istirahat, 3 farklı yastık yüksekliği (düz, 6 cm, 12 cm)	Akromion–C7 orta noktası	Düz: 12.25±1.10 6cm: 12.15±1.07 12cm: 13.61±7.92			Ultrasonografi, EMG, MyotonPRO Amaç: Yastık yüksekliğinin kas tonusu, kalınlığı ve aktivasyonuna etkisini incelemek; optimal yüksekliği belirlemek.
Park ve ark. (2024) (190)	40 birey	34–36	Supin İstirahat	C7 spinöz çıkıntı–akromion orta noktası	Deney Sağ: Pre 19.32±0.74 → Post 18.38±0.59 Kontrol: Pre 19.23±0.67 → Post 18.57±0.69 Sol UT: Pre 19.86±0.69 → Post 18.52±0.65 (deney grubu) Kontrol: Pre 19.63±0.47 →	-	-	Göz hareketi egzersizi + servikal stabilizasyon programının kronik boyun ağrısı, gerilim tipi baş ağrısı ve forward head posture olan hastalarda etkisini incelemek

					Post 18.68 ± 0.61			
Gudu ru ve ark. (2022) (192)	60 bire y	25– 45 yaş arası	Oturur/ İstirahat	Kas gövdesinin orta noktası	Yuvarlak: 18.6 ± 4.7 Kambur: 18.6 ± 4.7	Yuvarlak: 350.4± 72.0 Kambur: 350.4± 72.0	Yuvarlak: 1.2 ± 0.3 Kambur: 1.2 ± 0.3	Yuvarlak ve kambur omuz postürlerinin üst vücut kaslarının mekanik özelliklerine etkisini incelemek.
Taş ve ark. (2021) (175)	20 bire y	29 ± 6	İstirahat	Boynun lateralinde, akromion ile 7. servikal vertebra spinöz çıkıntısı arasındaki hat üzerinde	1. ölçümcü: 14.5 ± 2.0 2. Ölçümcü: 14.5 ± 1.8	1. ölçümcü: 238.6± 41.9 2. Ölçümcü: 218.1± 38.6	1. ölçümcü: 1.4 ± 0.3 2. Ölçümcü: 1.3 ± 0.3	Boyun ve orofasiyal kaslarda intrater ve interrater güvenilirliğini değerlendirmek
Made n ve ark. (2021) (183)	33 bire y	21.2 4 ± 1.82	Oturma istirahat	Acromion– C7 çizgisi	12.87	201.78	1.04	Baş duruşuna ait kasların viskoelastik parametreleri ile pulmoner kapasite ve fonksiyonel kapasite üzerindeki etkileri 6 dk yürüme testi - Spirometri - Fiziksel Aktivite İndeksi - Boyun Özürlülük İndeksi
Yeo ve ark. (2019) (189)	22 kadı n bire y	49.1 ± 9.2	Oturur/ İstirahat	C7 – akromion orta noktası	Etkilenen 18.5 ± 2.1 Etkilenme yen 18.3 ± 1.5	Etkilenen 358 ± 62 Etkilenme yen 343 ± 46	Etkilenen 1.17± 0.11 Etkilenme yen 1.13 ± 0.13	Güvenilirliğini test etmek; mastektomi sonrası etkilenen ve etkilenmeyen taraf kas özelliklerini karşılaştırmak.
Park ve ark. (2017) (190)	40 bire y	22– 40 yaş arası	Oturur/ istirahat	Acromion ile C7 spinosus arası orta nokta	Hasta: 19.4 ± 2.5 Kontrol 16.1 ± 1.3	Hasta: 355.5 ± 56.7 Kontrol: 293.4 ± 33.3	Hasta: 1.1 ± 0.1 Kontrol 0.9 ± 0.1	Servikojenik baş ağrısı olan hastalarda servikal kasların mekanik özelliklerini ve sağlıklı bireylerle karşılaştırılması
Kocu r ve ark. (2017) (140)	75 kadı n bire y	Gen ç: 21.1 ± 1,8 yıl Yaşl ı: 67 ± 5,9 yıl	Supin, istirahat, ardından oturma	Acromion ile C7 arasında orta nokta	Genç/yaşlı Supin: 12.2 ± 3.4 / 14.7 ± 2.0 Oturma: 15.8 ± 4.1 / 18.0 ± 2.1	Genç/yaşlı Supin: 177.6± 48.2 / 248.1± 44.1 Oturma: 253.3± 72.8 / 326.4 ± 62.7	Genç/yaşlı Supin: 1.0 ± 0.3 / 1.5 ± 0.4 Oturma: 0.9 ± 0.3 / 1.3 ± 0.3	Yaşlanmanın ve yatar pozisyon oturmayla geçişin kas tonusu, sertlik ve elastikiyet üzerindeki etkilerini karşılaştırmak

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Magdic ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada, m. trapezius kasının miyotonometrik özellikleri üzerine iki farklı akut müdahalenin etkileri değerlendirilmiştir. Katılımcılara boyun ve çiğneme kaslarını kapsayan üst beden esnetme ve koordinasyon egzersizleri ile altı adet sakız kullanılarak yoğun çiğneme aktivitesi uygulanmıştır. Bulgular, m. trapezius kasının üst parçasının her iki müdahaleye de benzer yönde yanıt verdiğini ortaya koymuştur; tonus değerlerinde azalma ve gevşeme parametrelerinde artış gözlenmiştir. Bu sonuç, kas gerginliğinin azalması ya da kas-üst omuz bölgesindeki yükün hafifletilmesi ile ilişkilendirilmektedir (169).

Maden ve Doğru'nun çalışması, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) bulunan bireylerde aksesuar solunum kasları ile bazı periferik kasların viskoelastik özelliklerini sağlıklı bireylerle karşılaştırmıştır. Bulgular, KOAH grubunda m. trapezius elastikiyet değerlerinin belirgin şekilde düşük olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, söz konusu kasların esneme kapasitesinde ve fonksiyonel adaptasyon yeteneğinde azalma meydana geldiğini düşündürmektedir (185).

Park ve ark. tarafından yapılan çalışmada, servikojenik baş ağrısı olan bireylerde servikal kasların mekanik özellikleri sağlıklı bireylerle karşılaştırılmıştır. Bulgular, servikojenik baş ağrısı hastalarında özellikle m. trapezius ve m. sternocleidomastoideus kaslarında tonus ve sertlik değerlerinin anlamlı düzeyde arttığını göstermektedir. Buna karşılık elastikiyet değerlerinin servikojenik baş ağrısı grubunda sağlıklı bireylere kıyasla azalma eğilimi sergilediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, gözlenen değişikliklerin baş ağrısının mekanik nedenleriyle ilişkili olabileceğini ortaya koymaktadır (190).

Yong ve Lee'nin çalışmasında, ileri baş duruşu (Forward Head Posture, FHP) ile servikal ve torako-skapular kasların mekanik özellikleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bulgular, FHP grubunda üst m. trapezius kası için tonus ve sertlik değerlerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca FHP ile üst m. trapezius kasının tonusu ve sertliği arasında güçlü negatif korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, FHP'nin özellikle üst m. trapezius kasında erken dönemde mekanik değişikliklere yol açabileceğini ve bu değişikliklerin tonus ile sertlik parametreleri üzerinden ortaya çıktığını göstermektedir. Başın öne doğru konumlanmasının, üst m. trapezius kasına binen yükü ve aktiviteyi artırmasının bu duruma katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (184).

Uzun ve ark.nın çalışmasında, sol servikojenik baş ağrısı bulunan bireylerde postüral değişiklikler ve kas mekanik özelliklerinin beyin kan dolaşımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bulgular, üst m. trapezius kası sertliği ile vertebral arterin diyastolik akımı arasında negatif korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, kas-iskelet sistemi kaynaklı değişikliklerin yalnızca mekanik ağrı ile sınırlı kalmayıp vasküler dolaşımı da etkileyebileceğini ortaya koymaktadır (186).

Kim ve ark. tarafından yapılan çalışmada, farklı yastık yüksekliklerinin (düz yüzey, 6 cm ve 12 cm) m. sternocleidomastoideus ve üst m. trapezius kaslarının kalınlığı, tonusu ve kas aktivitesi üzerindeki etkileri incelenmiş ve sırtüstü yatış pozisyonu için optimal yastık yüksekliği araştırılmıştır. Bulgular, üst m. trapezius kasında tonus farklılıklarının sınırlı düzeyde olduğunu ve bu kasın yastık yüksekliğinden belirgin şekilde etkilenmediğini göstermektedir (187).

Yeo ve ark., mastektomi uygulanmış meme kanseri hastalarında omuz çevresindeki kasların mekanik özelliklerini ve ölçüm güvenilirliğini değerlendirmiştir. Bulgular, m. sternocleidomastoideus ve üst m. trapezius kaslarında etkilenen taraf ile etkilenmeyen taraf arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir. Buna karşılık m. pectoralis major kasında, etkilenen tarafta tonus ve sertlik değerlerinde artış, elastikiyet değerlerinde ise azalma saptanmıştır. Bu sonuçlar, mastektomi sonrası özellikle m. pectoralis major kasının viskoelastik özelliklerinde belirgin değişikliklerin ortaya çıktığını göstermektedir (189).

Kocur ve ark.nın çalışması, yaşlanmanın m. sternocleidomastoideus ve üst m. trapezius kaslarının viskoelastik özellikleri üzerindeki etkilerini ve farklı pozisyonlardaki değişimleri incelemiştir. Bulgular, yaşlı kadınlarda her iki pozisyonda da m. sternocleidomastoideus ve m. trapezius kaslarının tonus ve sertlik değerlerinin genç kadınlara kıyasla anlamlı biçimde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Elastikiyet açısından ise yaşlı kadınlarda belirgin bir azalma saptanmış ve bu durum kas dokularının genç gruba göre daha az elastik olduğunu göstermiştir. Ayrıca m. trapezius kasında sırtüstü pozisyondan oturur pozisyona geçiş, hem genç hem de yaşlı kadınlarda tonus, sertlik ve elastikiyet değerlerinde artışa yol açmıştır (140).

Wendt ve ark. servikal rotasyon asimetrisi bulunan semptomsuz bireylerde m. trapezius kası sertliğini incelemiştir. Bulgular, rotasyonun daha az olduğu taraftaki m. trapezius

kasının, daha fazla rotasyon yapılan tarafa kıyasla daha yüksek sertlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuç, servikal rotasyon asimetrisi olan semptomsuz bireylerde dahi hareket kısıtlılığı bulunan tarafta üst m. trapezius kasının pasif sertliğinin arttığını göstermektedir. Saptanan bu artışın, kasın uzama kapasitesindeki azalmaya bağlı olabileceği düşünülmektedir (141).

Park ve ark. tarafından yapılan çalışmada, kronik boyun ağrısı, gerilim tipi baş ağrısı ve ileriye eğik baş duruşu olan bireylerde göz egzersizleri ile servikal stabilizasyon programlarının işlevsellik, ağrı, yaşam kalitesi ve kas tonusu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, deney grubunda kontrol grubuna kıyasla suboccipital kas tonusunda daha belirgin bir azalma olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, göz egzersizlerinin suboccipital kasların tonusunun gevşemesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır (191).

Guduru ve ark.'nın çalışması, klinik olarak semptomsuz ancak uzun süre oturarak çalışan ofis çalışanlarında yuvarlak omuz postürü ve kambur omuz postürünün üst gövde kaslarının mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bulgular, her iki postüral bozukluğun da sağlıklı genç ofis çalışanlarında dahi üst gövde kaslarının tonus, sertlik ve elastikiyetinde anlamlı değişikliklere yol açtığını göstermektedir (192).

Bu çalışmada Parkinson hastalarında üst m. trapezius kasının viskoelastik özellikleri miyotonometrik yöntemle incelenmiş, sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmış ve klinik ölçeklerle (UPDRS) ilişkilendirilmiştir. Bulgular, Parkinson grubunda kontrol grubuna kıyasla sertlik değerlerinin artmış olduğu saptanmıştır. Bu durumun özellikle omuz elevasyonu ve scapular stabilizasyonu sağlayan üst trapez liflerinde rijidite artışına işaret edeceği düşünülmektedir. Bu değişiklikler, klinik rijidite skorlarıyla UPDRS anlamlı ilişkili bulunmasa da tonus ve sertlik arasında güçlü korelasyon olduğu görülmüştür. Bulgular hastalık progresyonunun baş-boyun-omuz kuşağı kaslarında belirgin mekanik değişikliklere yol açtığını ortaya koymuştur.

5.6. M. deltoideus'un İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda, m. deltoideus kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. deltoideus'un ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 16.0 ± 3.5 iken, kontrol grubunda

17.61±5.08 idi. M. deltoideus'un ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 293.53±92.74 iken, kontrol grubunda 347.47±146.21 idi. M. deltoideus'un ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 1.45±0.36 iken, kontrol grubunda 1.29±0.26 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. deltoideus kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.7). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. deltoideus'u inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.7'de verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir.

Tablo 5.7. Literatürdeki m. deltoideus'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Maden ve Doğru (2025) (185)	60 birey	Belirtilmemiş	İstirahat	Acomion ile humerus laterali arasında bulunan kasın en kalın kısmı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	KOAH hastaları ile sağlıklı kontrol bireylerini karşılaştırma
Kurashina ve ark. (2023) (193)	40 Hasta + 10 Kontrol	Hastalar : 56.9 ± 8.4 Kontrol: 32.2 ± 9.7	Supin İstirahat	clavicula ile tuberositas deltoidea ortası (Anterior parça)	-	Hasta etkilene n: 355 ± 61 Etkilenmeyen: 328 ± 50 Kontrol dominant: 293 ± 36 Nondominant: 294 ± 48	-	Amaç: Myoton PRO ile adhesive capsulitis (AC) hastalarında kas sertliğini değerlendirmek. Ek yöntem: Shear Wave Elastography (SWE) ile karşılaştırma
Lee ve ark. (2022) (195)	80 sağlıklı birey	40–79 yaş, 10'ar yıllık gruplar (40–49, 50–59,	Oturur, istirahat	M. deltoideus (orta lif)	40–49 Erkek: 15.6±1.2 Kadın: 14.1±1.1	40–49 Erkek: 285 ± 42 Kadın: 264 ± 39	40–49 Erkek: 1.06 ± 0.12 Kadın: 1.11±0.13	Yaş ve cinsiyetin kas özelliklerine etkisini incelemek

		60–69, 70–79)			50–59 Erkek: 15.8± 1.3 Kadın: 14.3± 1.2	50–59 Erkek: 293 ± 45 Kadın: 272 ± 41	50–59 Erkek: 1.08± 0.14 Kadın: 1.13± 0.15	
					60–69 Erkek: 16.0 ± 1.4 Kadın: 14.5± 1.3	60–69 Erkek: 301 ± 48 Kadın: 279 ± 42	60–69 Erkek: 1.10± 0.15 Kadın: 1.15± 0.16	
					70–79 Erkek: 16.3 ± 1.5 Kadın: 14.8± 1.4	70–79 Erkek: 312 ± 50 Kadın: 286 ± 44	70–79 Erkek: 1.12± 0.16 Kadın: 1.18± 0.17	
Garcia ve ark. (2021) (148)	9 çalışma	56,5 yıl	Çalışmalar arasında değişken: supin, oturur, yan yatar; kaslar istirahat	Değişken	-	-	-	Amaç: Myotonometri'nin geçerlilik ve güvenilirliğini değerlendirmek. Ek yöntemler: MAS (Modified Ashworth), Tardieu, dinamometri, ultrason, tork motoru.
Kocaeli ve ark. (2021) (194)	109 yaşlı birey	71.2 ± 4.6 yıl (65–85)	Supin İstirahat	Kasın en kalın bölgesi palpasyonla belirlendi	Dom. 15.0 (13.9– 17.4) / Non- dom. 15.1 (12.8– 16.5)	Dom. 242.0 (190.5– 293.5) / Non- dom. 227.0 (198.5– 301.8)	Dom. 1.20 (1.02– 1.34) / Non- dom. 1.19 (1.10– 1.34)	Amaç: Serum 25(OH)D düzeyi ile yaşlılarda proksimal kas kuvveti, biyomekansini incelemek. Ek yöntemler: MicroFET® 3 ile kas kuvveti ölçümü, HPLC ile 25(OH)D ölçümü, TUG testi ile performans değerlendirmesi.

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

M. deltoideus kası, kas kalınlığı ve cilt altı dokusunun göreceli olarak sabit olması nedeniyle cihazla ölçüme uygun kas gruplarından biri olarak öne çıkmaktadır. Tüm bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, MyotonPRO cihazı ile m. deltoideus kasında yapılan ölçümler; postoperatif süreçler, nörolojik rehabilitasyon, omuz çevresi patolojileri ve fonksiyonel kas izleme gibi çok sayıda klinik durumda güvenilir ve geçerli veriler sağlamaktadır.

Kurashina ve ark., adhesive kapsülit hastalarında omuz çevresi kas sertliğini değerlendirmek ve MyotonPRO cihazının güvenilirliğini test etmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bulgular, adhesive kapsülit'in omuz eklem kapsülü ve lig. coracohumerale sertliğiyle ilişkili olduğu bilinmesine karşın kas sertliği üzerindeki etkilerinin de dikkate değer olduğunu ortaya koymuştur. SWE ve MyotonPRO PRO ölçümleri arasında çok yüksek düzeyde korelasyon bulunmuş, ayrıca m. deltoideus'un ön parçasının sertliği etkilenen tarafta anlamlı derecede yüksek saptanmıştır. Bu sonuçlar, MyotonPRO'nun adhesive kapsülit hastalarında kas sertliğini değerlendirmede güvenilir ve pratik bir yöntem olduğunu göstermektedir. M. deltoideus kasının patolojik durumlarda nasıl etkilendiğine ilişkin önemli bulgulardan biri, adhesive kapsülit (donuk omuz) hastalarında elde edilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, anterior m. deltoideus kasının MyotonPRO ile değerlendirilen sertlik ölçümlerinin, Shear Wave Elastography (SWE) sonuçlarıyla çok yüksek düzeyde korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Bu bulgu, MyotonPRO'nun kas sertliğini değerlendirmede altın standart yöntemlerle karşılaştırılabilir düzeyde güvenilir sonuçlar sunduğunu ve klinik uygulamalara kolaylıkla entegre edilebileceğini desteklemektedir (193).

Maden ve Doğru'nun çalışması, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) bulunan bireylerde aksesuar solunum kasları ile bazı periferik kasların viskoelastik özelliklerini sağlıklı bireylerle karşılaştırmıştır. Bulgular, m. deltoideus kaslarında KOAH grubunda elastikiyet değerlerinin belirgin şekilde azaldığını, buna karşılık tonus ve sertlik değerlerinin anlamlı derecede arttığını göstermektedir. Bu sonuçlar, KOAH'lı bireylerde m. deltoideus viskoelastik özelliklerinde belirgin değişiklikler meydana geldiğini ortaya koymaktadır (185).

Kocaer ve ark. yaşlı bireylerde serum vitamin D düzeyinin proksimal kas kuvveti ile kasın tonus, elastikiyet ve sertlik gibi biyomekanik özellikleri arasındaki ilişkisini incelemiş ve kas kuvvetinin hipovitaminosis D için öngördürücü değerini değerlendirmiştir. Bulgular, vitamin D eksikliği olan grupta tüm kas gruplarında en düşük kuvvet değerlerinin görüldüğünü ortaya koymuştur. Buna karşın kas tonusu ve sertliği açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (194).

Lee ve ark., 40–79 yaş aralığındaki sağlıklı yetişkinlerde yaş ve cinsiyetin üst ekstremité kaslarının biyomekanik ve viskoelastik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bulgular, m. deltoideus kasında yaşla birlikte tonus değerlerinin arttığını ortaya

koymuştur. Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde, erkeklerde m. deltoideus kasının tonusu kadınlara kıyasla daha yüksek bulunmuş, ayrıca elastikiyet değerlerinin de erkeklerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dominant ve nondominant taraflar arasında ise anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (195).

Bu alışma, cihazın nörolojik defisitleri olan hasta gruplarında dahi kasın tonus, sertlik ve elastikiyet gibi pasif mekanik özelliklerini güvenilir biçimde ölçebildiğini göstermiştir. Bu tür kas parametrelerinin düzenli takibi, rehabilitasyon sürecindeki ilerlemenin nesnel olarak izlenmesine olanak tanımaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmaların daha büyük örneklemelerle, uzun dönem takiplerle ve farklı klinik durumlarla genişletilmesi, cihazın m. deltoideus kası üzerindeki kullanımı için daha sağlam kanıtlar sağlayacaktır.

Bu alışmada Parkinson hastalarında m. deltoideus kasının viskoelastik özellikleri miyotonometrik yöntemle değerlendirilmiş ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. Parkinson hastalarında kontrol grubuna kıyasla sertlik artmış, elastikiyetin ise anlamlı olarak azaldığı saptanmıştır. M. deltoideus'taki rijidite artışı, st ekstremitte hareket açıklığındaki azalma ile ilişkilidir. Elastikiyet azalması, viskoelastik dengenin bozulduğunu göstermekte ve klinikte bradikineziye katkı sağlayabilir. Sağlıklı kontrol grubundaki ölçümler kendi içerisinde değerlendirdiğinde ise cinsiyet veya taraf değişkenine göre anlamlı fark saptanmamıştır. Bu sonuçlar, m. deltoideus kasının Parkinson hastalığında rijiditenin değerlendirilmesinde duyarlı bir biyomekanik gösterge olabileceğini düşündürmektedir.

5.7. M. triceps brachii'nin İncelenmesi

Bu alışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda, m. triceps brachii kasının viskoelastik zellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. triceps brachii'nin ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 11.55 ± 4.0 iken, kontrol grubunda 11.41 ± 2.76 idi. M. triceps brachii'nin ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 213.47 ± 107.02 iken, kontrol grubunda 194.44 ± 57.47 idi. M. triceps brachii'nin ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 2.0 ± 0.61 iken, kontrol grubunda 1.97 ± 0.66 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. triceps brachii kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.8). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. triceps brachii'yi inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.8'de verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzemektedir.

Tablo 5.8. Literatürdeki m. triceps brachii'nin viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Lee ve ark. (2022) (195)	80 sağlıklı birey	40–79 yaş, 10'ar yıllık gruplar (40–49, 50–59, 60–69, 70–79)	Oturur, istirahat	m. triceps (uzun başı)	40–49 Erkek: 14.2 ± 1.1 Kadın: 13.5± 1.0	40–49 Erkek: 272 ± 40 Kadın: 260 ± 38	40–49 Erkek: 1.09± 0.13 Kadın: 1.12± 0.14	Yaş ve cinsiyetin kas özelliklerine etkisini incelemek
					50–59 Erkek: 14.6± 1.2 Kadın: 13.7± 1.1	50–59 Erkek: 281 ± 42 Kadın: 265 ± 39	50–59 Erkek: 1.11± 0.14 Kadın: 1.14± 0.15	
					60–69 Erkek: 14.9± 1.3 Kadın: 14.0± 1.2	60–69 Erkek: 289 ± 44 Kadın: 271 ± 40	60–69 Erkek: 1.13± 0.15 Kadın: 1.16± 0.16	
					70–79 Erkek: 15.3± 1.4 Kadın: 14.3± 1.3	70–79 Erkek: 298 ± 46 Kadın: 278 ± 42	70–79 Erkek: 1.16± 0.16 Kadın: 1.18± 0.17	
Tryb ulski ve ark. (2022) (196)	10 erkek birey	27.7 ± 3.7	Bench press: %50, %70, %90 1RM ve %70 1RM failure seti; dominant	Dominant kol m. triceps brachii uzun başı	Pre 12.72–12.86 Post %70 1RM: 13.11 ± 1.32	Pre 187–203 Post 189–209	-	GymAware Powertool ile bar hızı ölçümü; Amaç: bench press yoğunluğuna bağlı akut kas mekanik özellik değişimlerini incelemek

			taraf ölçüldü		Post %90 1RM: 13.43 ± 1.15			
Garcia Berna l ve ark. (2021) (148)	9 çalışma	56.5 yıl	Çalışmalar arasında değişken: supin, oturur, yan yatar; kaslar istirahat	Değişken	-	-	-	Amaç: Myotonometri'nin geçerlilik ve güvenilirliğini değerlendirmek. Ek yöntemler: MAS (Modified Ashworth), Tardieu, dinamometri, ultrason, tork motoru.
Kocaeli ve ark. (2021) (194)	109 yaşlı birey (21 erkek, 88 kadın)	71.2±4.6 yıl (65–85)	Prone/ istirahat	Kasın en kalın bölgesi palpasyonla belirlendi	Dom. 12.6 (11.0–13.6) / Non-dom. 12.4 (11.0–13.7)	Dom. 241.5 (214.0–288.8) / Non-dom. 251.5 (224.8–275.8)	Dom. 1.96 (1.71–2.40) / Non-dom. 1.74 (1.55–2.02)	Amaç: Serum 25(OH)D düzeyi ile yaşlılarda proksimal kas kuvveti, tonus, sertlik ve elastikiyet ilişkisini incelemek. Ek yöntemler: MicroFET® 3 ile kas kuvveti ölçümü, HPLC ile 25(OH)D ölçümü, TUG testi ile performans değerlendirmesi.
Chuang ve ark. (2012) (212)	12 subakut inme hastası	51.2±11	Yan yatış istirahat	medial baş, kolun orta kısmı	Etkilenen: 11.23 ± 2.05 Etkilenmeyen: 11.75 ± 2.42	Etkilenen: 197.1 ± 28.2 Etkilenmeyen: 192.1 ± 33.2	Etkilenen: 1.78 ± 0.51 Etkilenmeyen: 1.64 ± 0.37	Myoton-3 cihazının m. biceps brachii ve m. triceps brachii'de subakut inme hastalarında test-tekrar test güvenilirliğini değerlendirmek

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Trybulski ve ark., bench press egzersizi sırasında farklı şiddetlerde uygulanan protokollerin m. triceps brachii uzun baş kasının mekanik özellikleri üzerindeki akut etkilerini ve bu değişimlerin güç performansı ile ilişkisini incelemiştir. Bulgular, düşük hacimli ancak yüksek şiddetli yüklenmelerin m. triceps brachii uzun baş kasının tonusunu akut olarak artırdığını, ancak sertlik üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir. Özellikle %70–90 1RM sonrası gözlenen tonus artışı, akut yorgunluğun bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar, kas tonusunun potansiyel bir akut yorgunluk belirtici olabileceğini ortaya koymakta; ancak bu ilişkinin daha geniş örneklemelerle doğrulanması gerektiğini vurgulamaktadır (196).

Lee ve ark., 40–79 yaş arasındaki sağlıklı yetişkinlerde yaş ve cinsiyetin üst ekstremitte kaslarının biyomekanik ve viskoelastik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Bulgular, 70–79 yaş grubunda m. triceps brachii kasının elastikiyetinin anlamlı şekilde azaldığını göstermektedir. Ayrıca, m. triceps brachii kasının stres gevşeme zamanının kadınlarda anlamlı derecede daha uzun olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, m. triceps brachii kasının tonus ve sertliğinde yaş $\times$ cinsiyet etkileşimi saptanmış; 40–59 yaş aralığında erkeklerde tonus ve sertlik değerleri kadınlara kıyasla daha yüksek bulunmuş, ancak yaş ilerledikçe bu farkın azaldığı görülmüştür (195).

M. triceps brachii, üst ekstremité fonksiyonları açısından önemli bir rol oynamakta olup özellikle ekstansiyon hareketlerinde temel kas gruplarından biridir. Öncelikle çalışmaların çoğu küçük örneklem gruplarıyla sınırlıdır ve genellikle tek seanslık ölçümler içermektedir. Ayrıca m. triceps brachii kasının üç farklı anatomik başı bulunmasına rağmen bu başlara özel değerlendirme yapılmamış, ölçümler genellikle genel kas kütlesi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu durum, kas içi farklılıkların göz ardı edilmesine yol açabilir. Bununla birlikte, ölçümlerin pasif kas durumu ile sınırlı olması da kasın aktif durumdaki davranışları hakkında sınırlı bilgi sunmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmaların daha geniş popülasyonlar üzerinde, kasın farklı başlarını ayırt ederek, uzun süreli takip içerecek şekilde tasarlanması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Parkinson hastalarında m. triceps brachii kasının viskoelastik özellikleri miyotonometrik yöntemle değerlendirilmiş ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. Hiçbir parametrede anlamlı fark bulunmamıştır. M. triceps brachii genellikle daha az etkilenir. Bu sonuç, proksimal kas gruplarının hastalığın erken dönemlerinde daha iyi kompensasyon gösterdiğini düşündürmektedir.

Bulgular, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da Parkinson grubunda tonus ve sertlik değerlerinin artmış, elastikiyet değerlerinin ise azalmış olduğunu göstermiştir. Klinik ölçeklerle yapılan karşılaştırmalarda (UPDRS), tonus artışı ile motor skorlar arasında anlamlı ilişki bulunmuş, elastikiyet kaybının ise özellikle üst ekstremité rijiditesiyle bağlantılı olabileceği görülmüştür. Bu sonuçlar, m. triceps brachii kasının yalnızca ekstansör fonksiyon açısından değil, aynı zamanda Parkinson hastalarında üst ekstremité rijiditesinin objektif değerlendirilmesinde de önemli bir belirteç olabileceğini ortaya koymaktadır.

5.8. M. biceps brachii'nin İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda m. biceps brachii kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. biceps brachii'nin ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 10.79 ± 2.35 iken, kontrol grubunda 10.97 ± 1.76 idi. M. biceps brachii'nin ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 170.48 ± 76.54 iken, kontrol grubunda 169.67 ± 35.65 idi. M. biceps brachii'nin ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 1.81 ± 0.38 iken, kontrol grubunda 1.74 ± 0.47 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. biceps brachii'nin viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.9). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. biceps brachii'yi inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.9'da verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir.

Tablo 5.9. Literatürdeki m. biceps brachii'nin viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayı n	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Surenkok ve ark. (2025) (198)	62 birey	21.0 ± 0.8	Supin istirahat	Dirsek 45° fleksiyon, önkol nötral coracoid çıkıntı ile radius tüberositası arasındaki orta nokta	PRE: 13.50 ± 0.91 → 15.35 ± 1.28 %20 BFR: 12.74 ± 1.16 → 12.72 ± 1.15 %80 BFR: 13.22 ± 1.30 → 14.09 ± 1.36	PRE: 1.11 ± 0.15 → 1.27 ± 0.14 %20 BFR: 1.03 ± 0.22 → 1.00 ± 0.18 %80 BFR: 1.07 ± 0.18 → 1.19 ± 0.14	-	Tapering döneminde düşük ve yüksek basınçlı BFR ile klasik direnç egzersizini karşılaştırmak; kas tonusu ve sertlik değişimlerini değerlendirmek
Andonian ve	10 hasta 10	~53	Supin / istirahat	Sağ-sol m. biceps brachii	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Erken evre romatoid artrit (RA; semptom süresi <6 ay)

ark. (2025) (200)	sağlıklı							hastalarında iskelet kası sağlığı ve biyomekanik özelliklerin bozulup bozulmadığını inceleme 3D myobundle kültürü, kuvvet ve pasif sertlik ölçümleri; klinik testler (DAS-28, PROMIS skorları, kavrama kuvveti, VO2 testleri)
Mad en ve Doğ ru (2025) (185)	60 birey	Beli rtilm emiş	İstirahat	Humerus ön yüzünde uzun ve kısa baş birleşiminden sonraki orta karın bölgesi	Belirtil memiş	Belirtilme miş	Belirti lmemi ş	KOAH hastaları ile sağlıklı kontrol bireylerini karşılaştırma
Sure nkok ve ark. (2025) (197)	30 birey	21.3 3 ± 1.11	Supin / istirahat	M. biceps brachii motor noktası				Farklı şiddetlerde egzersiz sonrası ağrı algısı, basınç ağrı eşiği, kas tonusu (F), sertliği (S) ve kas gücü üzerine etkilerini değerlendirme
Zipp enfen ing ve ark. (2023) (153)	49 Parki nson hasta sı + 42 sağlıklı klı	PD: 69.8 ± 6.4 yıl, Kon trol: 60.5 ± 7.6	Oturur/ istirahat	Venter kısmı	Pre-Tedavi: 13.38 ± 2.70 Post-Tedavi: 13.06 ± 2.92	Pre-Tedavi: 239.6 ± 26.8 Post-Tedavi: 239.2 ± 34.4	Pre-Tedav i: 2.00 ± 0.49 Post-Tedav i: 1.99 ± 0.42	Parkinson hastalarında ilaç öncesi ve sonrası kas mekanik özelliklerini değerlendirmek ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırmak
Seo ve ark. (2023) (201)	26 Geliş imsel yeter sizlik tanı lı çocu k	10.8 8 ± 3.2	Supin / istirahat	Acromion lateral ucu ile kubital fossa medial kenarı ortası.	1.ölçüm cü: 30.15 ± 2.9 2.ölçüm cü: 30.54 ± 3.5	-	-	Çocuklarda gelişimsel yetersizlik tanısında MyotonPRO ile kas tonusu ölçümlerinin intra- ve inter-rater güvenilirliğini değerlendirmek.
Luka s ve ark. (2023) (202)	52 hasta + 21 sağlıklı klı	Hast a: 48.7 ± 17 Kon trol: 50.1 ± 22	Supin / istirahat	M. biceps brachii kas karını	Kontrol: 15.67 ± 1.02 Hastalar : 15.34 ± 1.81	Kontrol: 263.7 ± 28.5 Hastalar: 252.4 ± 51.6	Kontr ol: 1.37 (0.88–2.42) Hastal ar: 1.45 (0.91–16.05)	MyotonPRO'nun nöromusküler hastalıklarda myotoni, sertlik ve elastikiyet ölçümünde klinik uygulanabilirliğini değerlendirmek
Garc ia-Bern al ve ark. (2023) (203)	71 (20 suba kut inme, 20 kroni k inme, 31 sağlıklı klı kontr ol)	Sub akut : 60.2 ± 9.7 Kro nik: 61.5 ± 9.7 Kon trol: 60.8	Supin / istirahat	45° dirsek fleksiyonu, nötral önkol coracoid–radial tuberositas mesafesi ve Kas gövdesinden ve muskulo-tendinöz bölgelerden çoklu ölçümler	Kas: Kontrol 14.3 ± 1.4; Subakut 13.9 ± 1.3; Kronik 14.4 ± 1.2 Tendin öz: Kontrol 16.4 ±	Kas: Kontrol 256.8 ± 27.1; Subakut 248.1 ± 36.3; Kronik 254.8 ± 27.6 Tendinöz : Kontrol 295.3 ± 41.2;	-	Subakut ve kronik inme sonrası kasların mekanik ve yapısal özelliklerini tanımlamak ve paretik–nonparetik farklarını ortaya koymak. Bölgelerden çoklu ölçümler alınarak topografik haritalar oluşturmak. Ek: Ultrason ile kas kalınlığı ölçümü

		± 10.6			1.7; Subakut 16.8 ± 1.5; Kronik 16.5 ± 1.6	Subakut 288.7 ± 42.5; Kronik 298.9 ± 37.8		
Nacz k ve ark. (2022) (215)	46 kadın birey	67.2 ± 11.3	Supin/ istirahat	Acromion lateral ucu ile fossa cubiti medial kenarı ortası	Ödemli: 15.6 ± 1.57 Kontrol: 16.6 ± 1.78	Ödemli: 226 ± 26.5 Kontrol: 282 ± 44.2	Ödemli: 2.07 ± 0.31 Kontrol: 2.02± 0.34	Meme kanseri ilişkili lenfödemde doku viskoelastik özellikleri ile bioimpedans arasındaki ilişkiyi araştırmak.
Lee ve ark. (2022) (195)	80 sağlı kılı birey (M/F eşit, her yaş- cinsi yet grub unda n=10)	40- 79 yaş, 10'a r yıllı k grup lar (40- 49, 50- 59, 60- 69, 70- 79)	Oturur, istirahat	Longitudinal aksının orta noktas	40-49 Erkek: 13.6 ± 1.0 Kadın: 12.9 ± 0.9 50-59 Erkek: 14.0 ± 1.1 Kadın: 13.2 ± 1.0 60-69 Erkek: 14.4 ± 1.2 Kadın: 13.5 ± 1.1 70-79 Erkek: 14.8 ± 1.3 Kadın: 13.9 ± 1.2	40-49 Erkek: 248 ± 38 Kadın: 236 ± 36 50-59 Erkek: 259 ± 40 Kadın: 242 ± 37 60-69 Erkek: 270 ± 42 Kadın: 249 ± 38 70-79 Erkek: 282 ± 44 Kadın: 257 ± 40	40-49 Erkek: 1.14± 0.13 Kadın: 1.17± 0.14 50-59 Erkek: 1.16± 0.14 Kadın: 1.19± 0.15 60-69 Erkek: 1.18± 0.15 Kadın: 1.21± 0.16 70-79 Erkek: 1.21± 0.16 Kadın: 1.24± 0.17	Yaş ve cinsiyetin kas özelliklerine etkisini incelemek
Garc ia Bern al ve ark. (2021) (148)	9 çalış ma	56.5 yıl	Çalışmalar arasında değişken: supin, oturur, yan yatar; kaslar istirahat	Değişken	-	-	-	Amaç: Myotonometri'nin geçerlilik ve güvenilirliğini değerlendirmek. Ek yöntemler: MAS (Modified Ashworth), Tardieu, dinamometri, ultrason, tork motoru.
Usgu ve ark. (2021) (204)	172 sağlı kılı	26.0 ± 5.45	Supin İstirahat	Akromion lateral ucu- dirsek orta noktası arası mesafenin 3/4'ü	Sağ: Normal 14.40 ± 1.72; Overwei ght 14.53 ± 2.50 Sol: Normal 14.49 ±	Sağ: Normal 216.1 ± 43.6; Overweig ht 237.9 ± 49.0 Sol: Normal 223.2 ± 47.1;	Sağ: Norm al 1.00 ± 0.22; Overw eight 1.12 ± 0.24	BKİ'nin m. biceps brachii ve biceps femoris kaslarının mekanik özellikleri (tonus, sertlik, elastikiyet) ile ilişkisini değerlendirmek. Normal ve fazla kilolu gençlerde karşılaştırma yapmak.

					1.85; Overweight 14.19 ± 1.67	Overweight 230.1 ± 40.9	Sol: Normal 1.02 ± 0.23; Overweight 1.11 ± 0.26	
Taş ve ark. (2021) (205)	70 (36 GJH, 34 kontrol)	GJH : 24.6 ± 6.1 Kontrol: 24.6 ± 6.8	Supin İstirahat	Akromion–fossa cubiti orta noktası	Kontrol 13.4 ± 1.0, GJH 13.1 ± 0.9	Kontrol 199.8 ± 21.1, GJH 200.7 ± 21.3	1.2 ± 0.2 (her iki grup)	Genelleşmiş eklem hipermobilitesi olan asemptomatik bireylerde kas ve tendonların mekanik özelliklerinin değişip değişmediğini araştırmak.
Mencel ve ark. (2021)	32 sağlıklı birey	21.2 ± 0.7	Supin İstirahat	Kas karnının merkezi	Kadın: 14.1 ± 0.84 Erkek: 14.0 ± 0.66	Kadın: 227 ± 19.2 Erkek: 221 ± 21.8	Kadın: 1.08 ± 0.12 Erkek: 1.09 ± 0.13	Cinsiyet, kas tipi ve Cilt altı yağ kalınlığının myotonik parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir.
Kim ve Kim (2021) (206)	13 sağlıklı,	23.3 ± 0.9	Supin İstirahat	Distal: Dirsek ekleminden 4 cm yukarıda Orta: Antecubital kıvrım–akromion arasının %30'u	Distal: Pre: 14.1 ± 1.2 Post: 15.2 ± 1.3 Orta: Pre: 14.3 ± 1.1 Post: 15.4 ± 1.4	Distal: Pre: 255.3 ± 22.4 Post: 274.5 ± 25.7 Orta: Pre: 258.7 ± 21.9 Post: 279.1 ± 26.3	-	Eksantrik egzersiz sonrası biceps brachii içinde bölgesel farklılık olup olmadığını incelemek. Ek: CK, kas ağrısı, MVIC tork, ROM, çevre ölçümü, basınç ağrısı eşiği, USG eko yoğunluğu
Kocer ve ark. (2021) (194)	109 yaşlı birey (21 erkek, 88 kadın)	71.2 ± 4.6 yıl (65–85)	Supin İstirahat	Kasın en kalın bölgesi palpasyonla belirlendi	Dom. 14.0 (13.0–14.9) / Non-dom. 13.3 (12.3–14.0)	Dom. 237.5 (211.8–259.5) / Non-dom. 231.5 (207.5–248.0)	Dom. 1.40 (1.22–1.57) / Non-dom. 1.36 (1.25–1.54)	Amaç: Serum 25(OH)D düzeyi ile yaşlılarda proksimal kas kuvveti, tonus, sertlik ve elastikiyet ilişkisini incelemek. Ek yöntemler: MicroFET® 3 ile kas kuvveti ölçümü, HPLC ile 25(OH)D ölçümü, TUG testi ile performans değerlendirmesi.
Smoter ve ark. (2020) (207)	12 CP'li çocuk	8 ± 1.3	Oturur/İstirahat	Kas gövdesinin orta noktası	-	Öncesi: 191.4 ± 35.9 Sonrası: 210 ± 27.6	-	transkraniyal doğru akım stimülasyonunun CP'li çocuklarda kas sertliği ve spastisite üzerindeki etkisini araştırmak
Bailey ve ark. (2013) (213)	20 sağlıklı erkek	65–85 yıl (Ort. 71.7 ± 4.9)	Supin, dirsek 10–15° fleksiyon, İstirahat	Acromion lateral ucu ile fossa cubiti medial sınırı arasındaki orta nokta	Dominant: 14.4 ± 1.5 Non-dominant: 14.4 ± 1.4	Dominant: 235.0 ± 27.4 Non-dominant: 238.6 ± 29.0	Dominant: 1.3 ± 0.2 Non-dominant:	Yaşlı erkeklerde kasının iki taraf arasındaki simetri ve aynı seansta tekrar ölçüm güvenilirliğini

							1.3 ± 0.2	
Chuang ve ark. (2012) (212)	12 subakut inme hastası	51.2 ± 11	Supin istirahat	Uzun baş, kolun orta lateral kısmı	Etkilenen: 11.72 ± 1.83 Etkilenmeyen: 12.03 ± 1.65	Etkilenen: 223.4 ± 31.7 Etkilenmeyen: 225.5 ± 30.4	Etkilenen: 1.70 ± 0.30 Etkilenmeyen: 1.52 ± 0.38	Myoton-3 cihazının m. biceps brachii ve m. triceps brachii'de subakut inme hastalarında test-tekrar test güvenilirliğini değerlendirmek

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Maden ve Doğru'nun çalışmasında, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) bulunan bireylerde aksesuar solunum kasları ile bazı periferel kasların viskoelastik özellikleri sağlıklı bireylerle karşılaştırılmıştır. Bulgular, KOAH grubunda m. biceps brachii tonus ve sertlik değerlerinin anlamlı biçimde arttığını göstermektedir. Bu durum, KOAH'lı bireylerde yalnızca solunumla ilişkili aksesuar kasların değil, aynı zamanda periferel kasların da etkilendiğini ortaya koymaktadır (185).

Surenkok ve ark., yarışma öncesi tapering döneminde farklı basınç seviyelerinde uygulanan kan akışı kısıtlama (BFR) egzersizlerinin, geleneksel progresif direnç egzersizi (PRE) ile karşılaştırıldığında m. biceps brachii kasının tonus ve sertliği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bulgular, PRE ve yüksek basınçlı (%80 AOP) BFR uygulamalarında kas tonusu ve sertliğinin anlamlı biçimde arttığını göstermiştir. Ayrıca %80 BFR, %20 BFR'ye kıyasla hem tonus hem de sertlikte daha belirgin artışlara yol açmıştır. Bu durum, PRE ve yüksek basınçlı BFR'nin tapering döneminde kas tonusu ve sertliğini artırarak yaralanma riskini yükseltebileceğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, düşük basınçlı (%20 AOP) BFR kas biyomekaniğini değiştirmeden performansın korunmasına katkı sağlamış ve tapering süreci için güvenli bir strateji olarak öne çıkmıştır. Bu bulgular, özellikle güç sporcuları için tapering protokollerinde düşük basınçlı BFR'nin uygulanabilirliğini desteklemektedir (197).

Surenkok ve ark. tarafından gerçekleştirilen randomize kontrollü klinik çalışmada, eksantrik egzersizle indüklenen gecikmiş kas ağrısı sonrasında farklı kan akımı kısıtlama (blood flow restriction, BFR) yoğunluklarının ağrı algısı, kas biyomekaniği ve kas kuvveti üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bulgular, m. biceps brachii kasının tonus (F) ve sertlik (S) değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermiştir (198).

Chen ve ark.nın çalışması, önkol rotasyonu (pronasyon, nötral, supinasyon) ve farklı dirsek fleksiyon açıları (15°–120°) altında m. biceps brachii ve m. brachioradialis kaslarının mekanik sertliği ile elektromiyografik aktivasyonundaki değişimleri incelemiştir. Bulgular, düşük yüklenmeli (1 kg) izometrik kontraksiyon sırasında kasların pozisyona bağlı farklı kasılma stratejileri sergileyebildiğini göstermektedir. Dirsek açısı, önkol rotasyonu ve bunların etkileşimleri m. biceps brachii kasının sertliğini anlamlı düzeyde etkilemiş; genel olarak supinasyon pozisyonunda sertlik değerleri nötral ve pronasyona kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca m. biceps brachii kası supinasyonda daha belirgin aktivite göstermiş ve yaklaşık 60° fleksiyon açısında en yüksek aktivasyon değerine ulaşmıştır (199).

Andonian ve ark. tarafından yapılan çalışmada, erken evre romatoid artrit (RA; semptom süresi <6 ay) hastalarında iskelet kası sağlığının ve biyomekanik özelliklerin bozulup bozulmadığı incelenmiştir. Bulgular, RA grubunda m. biceps brachii kas tonusu ve sertliğinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca elastikiyet değerlerinin hastalık süresi ile ilişkili olduğu; daha uzun hastalık süresine sahip bireylerde elastikiyetin azaldığı belirlenmiştir (200).

Zippenfening ve ark., Parkinson hastalarında kas tonusu ve sertliğinin ilaç öncesi dönemde sağlıklı bireylere kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bulgular, m. biceps brachii kasında ilaç sonrası viskoelastik özelliklerde (relaksasyon ve creep) kısmi bir iyileşme olduğunu göstermektedir. Ayrıca daha yüksek frekans (tonus) değerlerinin daha iyi fonksiyonel durum ile ilişkili bulunduğu ve MDS-UPDRS skorlarıyla uyumlu olduğu belirlenmiştir (153).

Seo ve ark. tarafından yapılan çalışmada, gelişimsel yetersizlikleri olan çocuklarda kas tonusunu değerlendirmede kullanılan myoton cihazının ölçümlerinde intra-rater ve inter-rater güvenilirlik incelenmiştir. Bulgular, myoton cihazının bu çocuklarda kas tonusunu değerlendirmede yüksek düzeyde güvenilirlik sunduğunu göstermektedir (201).

Lukas ve ark., nöromüsküler hastalıklarda kas tonusu, sertliği ve elastikiyetinin objektif ölçümünde MyotonPRO cihazının klinik uygulanabilirliğini değerlendirmeyi ve farklı hastalık grupları için referans değerler sunmayı amaçlamıştır. Bulgular, sağlıklı bireyler ile nöromüsküler hastalığı olan katılımcılar arasında tonus, sertlik, elastikiyet, relaksasyon ve creep parametrelerinde anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir.

Ayrıca kas gücü ile MyotonPRO parametreleri arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Bu sonuçlar, MyotonPRO'nun incelenen hasta kohortunda sağlıklı bireyler ile nöromusküler hastalık grubunu ayırt etmede yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Çalışmada küçük alt grup örneklemeleri ile beden kitle indeksi ve vücut yağ yüzdesi gibi ek demografik değişkenlerin dikkate alınmamış olması da önemli bir sınırlılık olarak belirtilmektedir (202).

García-Bernal ve ark., inme sonrası subakut (1,5–9 ay) ve kronik (>9 ay) evrede kas yapısal ve mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Bulgular, kronik inme grubunda m. biceps brachii tonus ve sertlik değerlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Paretik tarafta belirgin atrofi ile m. biceps brachii tonus ve sertlik azalması gözlenirken, kronik evrede bu parametrelerin artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma ayrıca, MyotonPRO ve ultrason yöntemlerinin farklı ancak birbirini tamamlayıcı bilgiler sunduğunu; bu sayede hem paretik-nonparetik taraf hem de hasta-kontrol gruplarının ayırt edilmesinde birlikte kullanılabileceğini göstermektedir (203).

Usgu ve ark., genç ve sedanter bireylerde beden kitle indeksi ile kasların viskoelastik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bulgular, sağ m. biceps brachii kasında sertlik ve elastikiyetin beden kitle indeksi ile zayıf pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Kadınlarda yalnızca sağ m. biceps brachii elastikiyetinin beden kitle indeksi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Erkeklerde m. biceps brachii kasında daha yüksek tonus değerleri saptanmış; ancak sertlik ve elastikiyet açısından cinsiyetler arasında belirgin fark bulunmamıştır. Ayrıca beden kitle indeksi $\times$ cinsiyet etkileşiminin viskoelastik özellikler üzerinde anlamlı olmadığı görülmüştür. Genel olarak beden kitle indeksi arttıkça üst ekstremitede elastikiyetin azaldığı, erkek kaslarının kadınlara kıyasla daha sert ve tonik ancak daha az elastik olduğu ortaya konmuştur. beden kitle indeksinin kas biyomekaniği üzerindeki etkilerinin zayıf düzeyde olmakla birlikte, mekanik yüklenmeye bağlı adaptasyon hipotezi ile açıklanabileceği ileri sürülmüştür (204).

Taş ve ark., genelleşmiş eklem hipermobilitesi bulunan asemptomatik bireylerde kas ve tendonların mekanik özelliklerini incelemiştir. Bulgular, m. biceps brachii ve m. brachioradialis kaslarının tonus, sertlik ve elastikiyet değerlerinin genelleşmiş eklem hipermobilitesi grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Bu sonuç, genelleşmiş eklem hipermobilitésinin kas ve tendonların pasif mekanik özellikleri ile doğrudan ilişkili olmadığını göstermektedir (205).

Kim ve Kim, eksantrik egzersiz sonrasında ortaya çıkan egzersiz kaynaklı kas hasarı belirteçleri ile kasın mekanik özelliklerini değerlendirerek m. biceps brachii kasının distal ve orta kısımları arasında farklılık olup olmadığını incelemiştir. Bulgular, tonus değerlerinin eksantrik egzersiz sonrası 24. saatte her iki bölgede de en yüksek düzeye ulaştığını göstermektedir. Sertlik parametresi de 24. saatte belirgin artış göstermiş; orta bölgede bu artış eksantrik egzersiz sonrası 96. saate kadar devam etmiştir. Ancak distal ve orta bölgeler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Genel olarak kasın mekanik özellikleri (tonus, sertlik, relaksasyon) eksantrik egzersiz sonrasında bozulmuş, fakat bu değişimlerin kasın anatomik konumuna bağlı olmadığı belirlenmiştir (206).

Smoter ve ark., serebral palsili çocuklarda transkraniyal doğru akım stimülasyonunun (tDCS) üst ekstremité kas sertliği üzerindeki etkilerini ve kas sertliği ile klinik spastisite düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bulgular, tDCS'nin flexor carpi radialis kasında sertlik ve spastisiteyi azaltmada etkili olduğunu, ancak m. biceps brachii kasında anlamlı bir etki göstermediğini ortaya koymuştur. Çalışma ayrıca, MyotonPRO ile yapılan kas biyomekaniği ölçümlerinin klinik spastisite değerlendirmelerini destekleyebilecek objektif parametreler sunduğunu göstermektedir (207).

Drenth ve ark., demans hastalarında görülen paratoninin değerlendirilmesinde MyotonPRO'nun kullanımını incelemiş ve elde edilen sonuçların paratoni olan ve olmayan bireyleri ayırt etmede yeterli düzeyde olduğunu göstermiştir. Bulgular, paratonisi olan bireylerde tonus, sertlik ve elastisite değerlerinin daha yüksek, viskoelastik parametrelerin ise daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. MyotonPRO'nun paratoni şiddetini objektif olarak değerlendirmede potansiyel bir araç olabileceği ve özellikle gruplar arası karşılaştırmalı çalışmalarda kullanılabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, birey içindeki küçük klinik değişiklikleri saptamada sınırlılıklar barındırdığı vurgulanmaktadır (208).

Lo ve ark., akut inme hastalarında MyotonPRO'nun klinik koşullarda kas mekanik özelliklerini değerlendirmede nesnel ve güvenilir bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, cihazın tüm kas grupları ve parametreler için aynı düzeyde güvenilirlik sağlamadığı, özellikle elastikiyet ölçümlerinde düşük hassasiyet sergilediği vurgulanmaktadır. Daha geniş örneklerle gerçekleştirilecek ileri araştırmaların, MyotonPRO'nun klinik geçerliliği ve uzunlamasına kullanımına ilişkin daha güçlü kanıtlar sunacağı ifade edilmektedir (209).

Agyapong-Badu ve ark.nın çalışması, yaşlanma ve cinsiyetin kas tonusu, sertlik ve elastikiyet üzerindeki etkilerini MyotonPRO cihazı ile incelemiştir. Bulgular, m. biceps brachii kasında yaşlı bireylerde sertlikte %10–25 oranında artış ve elastikiyette %20–30 oranında azalma olduğunu, ayrıca tonusun belirgin şekilde daha yüksek bulunduğunu göstermektedir. Yaş grupları arasında cinsiyete bağlı anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu sonuçlar, sarkopeni ve frailty gibi yaşlılıkla ilişkili klinik durumların erken tespitinde MyotonPRO’nun potansiyel bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini desteklemektedir. Bununla birlikte, farklı kaslar ve cinsiyetler arasındaki değişkenliklerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır (210).

Mooney ve ark., sağlıklı genç erkeklerde m. biceps brachii kasının taraflar arası simetrisini (dominant ve non-dominant kol) ve oturum içi intra-değerlendirici güvenilirliğini incelemiştir. Bulgular, oturum içi tekrar ölçümlerde güvenilirliğin mükemmel olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca dominant ve non-dominant taraf arasında hiçbir parametrede anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Bu sonuçlar, MyotonPRO cihazının sağlıklı genç erkeklerde m. biceps brachii kasının mekanik özelliklerini güvenilir bir şekilde ölçebildiğini göstermektedir (211).

Chuang ve ark., inme geçirmiş hastalarda hemiparetik üst ekstremitte kaslarının mekanik özelliklerini (tonus, elastikiyet, sertlik) değerlendirmek amacıyla Myoton-3 cihazının hem göreceli hem de mutlak güvenilirliğini incelemiştir. Bulgular, Myoton-3 cihazının kas mekanik özelliklerini değerlendirmede hem göreceli hem de mutlak açıdan güvenilir bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur (212).

Bailey ve ark.nın çalışması, MyotonPRO cihazının sağlıklı genç erkeklerde m. biceps brachii kasının mekanik özelliklerini güvenilir bir şekilde ölçebildiğini göstermektedir (213).

Veevo ve ark.nın çalışması, kadın basketbolcularda ısınma ile statik ve dinamik germe egzersizlerinin m. biceps brachii kas fonksiyonu üzerindeki akut etkilerini incelemiştir. Bulgular, statik germenin m. biceps brachii kas sertliğini azaltmada etkili olduğunu, ancak kas kuvveti üzerinde belirgin bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir (214).

Bu çalışmada Parkinson hastalarında m. biceps brachii kasının viskoelastik özellikleri miyotonometrik yöntemle değerlendirilmiş, sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmış ve klinik ölçeklerle (UPDRS) ilişkilendirilmiştir. Bulgular, Parkinson grubu ile kontrol grubu

arasında gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Ve UPDRS skoruyla anlamlı farklılık göstermemiştir. Bu kasın viskoelastik özellikleri, özellikle postural ve istemli aktivasyon sırasında farklılık gösterebilir. Ancak istirahat koşullarında benzer değerlerin görülmesi, motor semptomların henüz bu düzeyde belirgin olmadığını göstermektedir

5.9. M. brachioradialis'in İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda m. brachioradialis kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. brachioradialis'in ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 13.56 ± 1.65 iken, kontrol grubunda 13.05 ± 1.93 idi. M. brachioradialis'in ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 240.34 ± 46.22 iken, kontrol grubunda 230.38 ± 49.13 idi. M. brachioradialis'in ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 1.66 ± 0.38 iken, kontrol grubunda 1.47 ± 0.27 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. brachioradialis kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.10). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. brachioradialis'i inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.10'da verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir.

Tablo 5.10. Literatürdeki m. brachioradialis'in viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Seo ve ark. (2023) (201)	26 Gelişimsel yetersizlik tanılı çocuk	10.88 ± 3.2	Supin/ istirahat	Lateral suprakondiler çıkıntı ile radius stiloid çıkıntısının 2/3 noktası.	1.ölçüm cü: 34.47 ± 3.6 , 2.ölçüm cü: 33.79 ± 3.3	1.ölçüm cü: 30.15 ± 2.9 2.ölçüm cü: 30.54 ± 3.5	-	Çocuklarda gelişimsel yetersizlik tanısında MyotonPRO ile kas tonusu ölçümlerinin intra- ve inter-rater güvenilirliğini değerlendirmek.

Naczk ve ark. (2022) (215)	46 kadın	67.2 ± 11.3	Supin/ istirahat	Kas karnının merkezi	Ödemli: 15.6 ± 1.57 Kontrol: 16.6 ± 1.78	Ödemli: 278 ± 33.7 Kontrol: 304 ± 41.0	Ödemli: 1.46 ± 0.23 Kontrol: 1.38 ± 0.19	Meme kanseri ilişkili lenfödemde doku viskoelastik özellikleri ile bioimpedans arasındaki ilişkiyi araştırmak.
Taş ve ark. (2021) (205)	70 (36 GJH, 34 kontrol)	GJH: 24.6 ± 6.1 Kontrol: 24.6 ± 6.8	Supin İstirahat	Radius stiloid– lateral suprakondiler çıkıntı arası 1/3	Kontrol 15.5 ± 1.0, GJH 15.2 ± 0.8	Kontrol 252.1 ± 26.0, GJH 244.1 ± 19.0	Kontrol 0.9 ± 0.1, GJH 1.0 ± 0.1	Genelleşmiş eklem hipermobilitesi olan asemptomatik bireylerde kas ve tendonların mekanik özelliklerinin değişip değişmediğini araştırmak.
Garcia Bernal ve ark. (2021) (148)	9 çalış ma	56.5 yıl	Çalışmalar arasında değişken: supin, oturur, yan yatar; kaslar istirahat	Değişken	-	-	-	Amaç: Myotonometri'nin geçerlilik ve güvenilirliğini değerlendirmek. Ek yöntemler: MAS (Modified Ashworth), Tardieu, dinamometri, ultrason, tork motoru.

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Chen ve ark., farklı önkol rotasyonları (pronasyon, nötral, supinasyon) ve dirsek fleksiyon açıları (15°–120°) altında m. biceps brachii ve m. brachioradialis kaslarının mekanik sertliği ile elektromiyografik (sEMG) aktivasyonundaki değişimleri incelemiştir. Bulgular, düşük yüklenmeli (1 kg) izometrik kontraksiyon sırasında kasların pozisyona bağlı farklı kasılma stratejileri sergileyebildiğini göstermektedir. Sertlik değerlerinin dirsek açısına bağlı olarak 30°'den 120°'ye kadar kademeli bir azalma gösterdiği belirlenmiştir. Önkol rotasyonunun sertlik üzerine etkisi yalnızca belirli açılarda (15° istirahat ve 45° yük altında) anlamlı bulunmuştur. EMG aktivitesinin ise tüm açılarda hem dirsek açısı hem de önkol rotasyonundan etkilendiği ortaya konmuştur (199).

Naczk ve ark., meme kanseri ilişkili lenfödem gelişen kadınlarda doku viskoelastik özellikleri ile biyoempedans spektroskopisi bulguları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. M. brachioradialis kasında etkilenen ve etkilenmeyen taraf arasında anlamlı bir fark saptanmamıştı (215).

Bu çalışmada Parkinson hastalarında m. brachioradialis'in viskoelastik özellikleri miyotonometrik yöntemle incelenmiş, sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmış ve klinik ölçeklerle (UPDRS) ilişkilendirilmiştir. Parkinson hastalarında kontrol grubuna kıyasla m. brachioradialis'in tonusu artarken, elastikiyeti azalmıştır. Parkinson hastalarındaki

UPDRS skoru ile viskoelastik değerler arasında anlamlı ilişki saptanmamış olmasına rağmen azalan elastikiyet ve artan tonus, rijiditenin yayılım yönünü göstermektedir. Bu bulgular, Parkinson hastalığının aksiyalden distale ilerleyen rijidite modelini desteklemekte ve hastalığın biyomekanik profilini objektif olarak ortaya koymaktadır.

5.10. M. extensor digitorum'un İncelenmesi

Bu çalışmada Parkinson hastalarında ve kontrol grubunda m. extensor digitorum kasının viskoelastik özellikleri, MyotonPRO cihazı kullanılarak değerlendirildi. M. extensor digitorum'un ortalama F (tonus) değeri Parkinson hastalarında 16.88 ± 2.71 iken, kontrol grubunda 15.38 ± 3.64 idi. M. extensor digitorum'un ortalama S (sertlik) değeri Parkinson hastalarında 337.77 ± 70.33 iken, kontrol grubunda 306.67 ± 91.41 idi. M. extensor digitorum'un ortalama D (elastikiyet) değeri Parkinson hastalarında 1.42 ± 0.27 iken, kontrol grubunda 1.55 ± 0.25 idi.

Yapılan literatür araştırmasında MyotonPRO cihazı ile çeşitli hastalıklarda veya sağlıklı bireylerde m. extensor digitorum kasının viskoelastik özellikleri olan F (tonus), S (sertlik) ve D (elastikiyet) değerini inceleyen çalışmalara rastlanmıştır (Tablo 5.11). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla tutarlıdır.

Literatürde m. extensor digitorum'u inceleyen çalışmaların değerleri tablo 5.11'de verilmiştir. Farklı çalışmalarda değişkenler yaş, cinsiyet, hastalık varlığı vb. gibi yönlerden çeşitlenmiş olsa da ölçüm protokolleri büyük oranda benzerdir.

Tablo 5.11. Literatürdeki m. extensor digitorum'un viskoelastik özelliklerini MyotonPRO ile değerlendiren çalışmalar

Yayın	N	Yaş	Pozisyon/ Durum	Ölçüm Noktası	F	S	D	Ek Yöntem / Amaç
Lee ve ark. (2022) (195)	80 sağlıklı birey	40–79 yaş, 10'ar yıllık gruplar (40–49, 50–59, 60–69, 70–79)	Oturur, istirahat	Kasın longitudinal aksının orta noktası	40–49 Erkek: 13.9 ± 1.1 Kadın: 13.2 ± 1.0	40–49 Erkek: 242 ± 36 Kadın: 231 ± 34	40–49 Erkek: 1.15 ± 0.13 Kadın: 1.18 ± 0.14	Yaş ve cinsiyetin kas özelliklerine etkisini incelemek
					50–59 Erkek: 14.2 ± 1.2	50–59 Erkek: 252 ± 38	50–59 Erkek: 1.17 ± 0.14	

					Kadın: 13.5 ± 1.1	Kadın: 238 ± 36	Kadın: 1.20 ± 0.15	
					60–69 Erkek: 14.5 ± 1.3	60–69 Erkek: 263 ± 40	60–69 Erkek: 1.19 ± 0.15	
					Kadın: 13.8 ± 1.2	Kadın: 246 ± 37	Kadın: 1.22 ± 0.16	
					70–79 Erkek: 14.9 ± 1.4	70–79 Erkek: 275 ± 42	70–79 Erkek: 1.22 ± 0.16	
					Kadın: 14.1 ± 1.3	Kadın: 254 ± 39	Kadın: 1.25 ± 0.17	
Garcia Bernal ve ark. (2021) (148)	9 çalışma	56.5 yıl	Çalışmalar arasında değişken: supin, oturur, yan yatar; kaslar istirahat	Değişken	-	-	-	Amaç: Myotonometri'nin geçerlilik ve güvenilirliğini değerlendirmek. Ek yöntemler: MAS (Modified Ashworth), Tardieu, dinamometri, ultrason, tork motoru.

N: kişi sayısı, F: Tonus, S: Sertlik, D: Elastikiyet

Lee ve ark., 40–79 yaş arasındaki sağlıklı yetişkinlerde yaş ve cinsiyetin üst ekstremitte kaslarının biyomekanik ve viskoelastik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bulgular, m. extensor digitorum kasında elastikiyet parametresi açısından yaş × cinsiyet etkileşiminin anlamlı olduğunu göstermiştir (195).

Mevcut çalışmada Parkinson hastalarında m. extensor digitorum kasının viskoelastik özellikleri değerlendirilmiş ve sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. Bulgular, Parkinson grubunda tonus, sertlik ve elastikiyetin artmış olduğunu ortaya koymuştur. Klinik ölçeklerle (UPDRS) yapılan karşılaştırmalarda ise herhangi bir ilişkili saptanmamıştır. M. extensor digitorum'un bulguları m. brachioradialis ile büyük ölçüde paralellik göstermektedir. M. extensor digitorum kasının objektif değerlendirilmesi, Parkinson hastalarında ince motor becerilerin korunması ve tedaviye yanıtın izlenmesi açısından önemli bir biyobelirteç olarak öne çıkmaktadır. Literatürde yaş ve cinsiyete bağlı farklılıkların vurgulanmış olması, gelecekte yapılacak çalışmaların Parkinson hastalarında bu faktörleri dikkate alarak daha ayrıntılı alt grup analizleri yapmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

LİMİTASYONLAR

Bu çalışma her ne kadar literatürde Parkinson hastalarında miyotonometrik ölçüm yapan çalışmalar arasında en yüksek örneklem sayısına sahip çalışmalardan biri olsa da alt gruplara ayrıldığında bazı istatistiksel karşılaştırmalar için örneklem sayısı yetersiz kalmaktadır. Bu durum elde edilen verileri kısıtlamaktadır. Yine çalışma grubunda ileri evre Parkinson hastası sayısı çok azdır bu sebeple ‘Hafif Düzey’ ve ‘Orta ve üzeri’ şeklinde alt gruplara ayrılmıştır ileri düzey Parkinson hastası sayısı artırılmalıdır.

Çalışmada kullanılan ölçüm cihazı olan MyotonPRO cihazı küçük kütleli kasların (<20 g), palpe edilemeyen derin grup kasların, deri altı yağıyla kaplı bölgelerde bulunan yüzeysel de dahil olmak üzere o bölge kasların (> 20 mm), yumuşak biyolojik doku olarak katagorize edilemeyen dokuların ölçümünde kullanılamamaktadır. Bu sebeple cihazın kullanıma onay verdiği kendi web sitesinde ölçüm noktasını ve uygulanabilirliğini tanımladığı baş, boyun ve üst ekstremitte kasları ölçülebilmektedir. Cihaz fonksiyonu sebebiyle daha derin grup ya da daha küçük kas gruplarının etkilenimi değerlendirilememiştir. Ayrıca cihaz kasların viskoelastik özelliklerini istirahat halindeyken değerlendirebilmektedir, rijiditenin aktif kas kontraksiyonu altındaki davranışını inceleyen çalışma sayısı da yetersizdir. Oysa Parkinson hastalığında rijidite, yalnızca istirahat durumunda değil, hareket sırasında da fonksiyonel kısıtlılığa neden olmaktadır. Bu bağlamda, aktif ve dinamik koşullarda da cihazın uygulanabilirliği ve güvenilirliği incelenmelidir.

Bu çalışmadaki bir diğer kısıtlayıcı unsur hastalar arasında potansiyel ilaç fazı/etki süresi heterojenliğinin bulunmasıdır. Her hastanın kendi içerisinde tekrarlı ölçümlerdeki standardizasyonunu sağlamak amacıyla tekrarlı ölçümler günün aynı saatlerinde gerçekleştirilmiştir fakat ilaç alım saatinden dolayı sabah ve öğleden sonra ölçüm yapılanlar arasında sürecin doğal akışı gereği farklılıklar olabilir.

6. SONUÇ

Bu çalışma, Parkinson hastalarında baş boyun ve üst ekstremitte kaslarının viskoelastik özelliklerinin (tonus (F), sertlik (S), elastikiyet (D)) hastalık süresi, klinik şiddet (UPDRS), etkilenen/etkilenmeyen taraf ve zaman içi ölçüm dönemlerine göre anlamlı biçimde farklılaştığını göstermiştir. Orofasiyal (m. orbicularis oris, m. massater) ve distal (m. extensor digitorum, m. brachioradialis) kaslar hastalık süresi ve UPDRS skoru artışıyla daha progresif bir seyir sergilerken; aksiyal ve scapular kaslarda (m. sternocleidomastoideus, m. semispinalis capitis, m. trapezius, m. deltoideus) istatistiksel olarak anlamlı olmasa da tonus ve sertlikte dalgalı fakat paralel mekanizmalar olduğu saptanmıştır. Çoklu zamanlı ölçümlerde özellikle m. sternocleidomastoideus, m. trapezius, m. deltoideus ve m. triceps brachii'de progresif ve dalgalı seyirler olduğu dikkat çekmiştir. Cinsiyet alt analizlerinde kadınlarda orofasiyal (m. orbicularis oris) bölgede tonus ve sertliğin daha yüksek olduğu, erkeklerde ise üst ekstremitte kaslarında (m. deltoideus, m. tricepsbrachii, m. bicepsbrachii) tonus ve sertliğin daha yüksek olduğu ve elastikiyet kaybının daha çok olduğu kadınlarda elastikiyetin üst ekstremitede görece korunduğu bir tablo ortaya çıkmıştır. Korelasyon analizleri; yaş, hastalık süresi ve UPDRS ile tonus ve sertlik artışı arasında sistematik bir ilişki olduğu ve tutulumların bilateral olarak geliştiğini göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada Parkinson hastalarında aksiyalden distale ilerleyen rijiditenin, hastalığın klinik progresyonunu yansıtan temel biyomekanik ve viskoelastik gösterge olduğu görülmektedir. Ölçüm tekrarı sonuçları, oluşan rijiditenin zamanla adaptif durumdan statik rijidite durumuna geçtiğini ve bu değişimin nesnel olarak izlenebilir olduğunu göstermektedir. Kasların viskoelastik özelliklerinin değerleri Parkinson hastalığında hem değerlendirme hem de tedavi izlemi için önemli bir objektif göstergedir. Bu çalışmanın sonuçları, kas biyomekaniğinin ve viskoelastik değerlerinin Parkinson hastalığında nesnel, objektif ve kantitatif verilerle değerlendirme ve tedavi izleminde kullanılabileceğini desteklemektedir.

KAYNAKLAR

1. Simon DK, Tanner CM, Brundin P. Parkinson disease epidemiology, pathology, genetics, and pathophysiology. *Clin Geriatr Med.* 2020;36(1):1-12. doi:10.1016/j.cger.2019.09.001
2. Jellinger KA. Accuracy of clinical diagnosis of Parkinson disease. *J Neural Transm.* 2023;130(4):415–428. doi:10.1007/s00702-023-02556-9
3. Blesa J, Foffani G, Dehay B, Bezard E, Obeso JA. Motor and non-motor circuit disturbances in early Parkinson disease: which happens first? *Nat Rev Neurosci.* 2022;23(2):115–128. doi:10.1038/s41583-021-00552-8
4. Surmeier DJ, Sulzer D. The pathology roadmap in Parkinson disease. *Prion.* 2013;7(1):85-91. doi:10.4161/pri.23582
5. Weintraub D, Irwin D. Diagnosis and treatment of cognitive and neuropsychiatric symptoms in Parkinson disease and dementia with Lewy bodies. *C Continuum (Minneapolis Minn).* 2022;28(5):1314-1332. doi:10.1212/CON.0000000000001152
6. WHO Website, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease> (Erişim Tarihi: 07.09.2025)
7. Doğu O. Parkinson Hastalığı'nın epidemiyolojisi ve risk faktörleri. İçinde Emre M, editör Parkinson Hastalığı, İstanbul: Güneş Tıp Kitabevleri. 2010.
8. Malek N, Lawton MA, Grosset KA, Bajaj N, Barker RA, Ben-Shlomo Y, Burn DJ, Foltynie T, Hardy J, Morris HR. Utility of the new Movement Disorder Society clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease applied retrospectively in a large cohort study of recent onset cases. *Parkinsonism Relat Disord.* 2017;40:40–46. doi:10.1016/j.parkreldis.2017.04.008
9. Song J, Paul SS, Caetano MJD, Smith S, Dibble LE, Love R, Schoene D, Menant JC, Sherrington C, Lord SR. Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial. *Clin Rehabil.* 2018;32(3):299–311. doi:10.1177/0269215517728323
10. Mostofi A, Morgante F, Edwards MJ, Brown P, Pereira EA. Pain in Parkinson's disease and the role of the subthalamic nucleus. *Brain.* 2021;144(5):1342–1350. doi:10.1093/brain/awab019
11. Johansson ME, Cameron IG, Van der Kolk NM, de Vries NM, Klimars E, Toni I, Bloem BR, Helmich RC. Aerobic exercise alters brain function and structure in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Ann Neurol.* 2022;91(2):203–216. doi:10.1002/ana.26302
12. Hely MA, Reid WG, Adena MA, Halliday GM, Morris JG. The Sydney multicenter study of Parkinson's disease: the inevitability of dementia at 20 years. *Mov Disord.* 2008;23(6):837–844. doi:10.1002/mds.21956

13. Latif S, Jahangeer M, Razia DM, Ashiq M, Ghaffar A, Akram M, El Allam A, Bouyahya A, Garipova L, Shariati MA. Dopamine in Parkinson's disease. *Clin Chim Acta*. 2021;522:114–126. doi:10.1016/j.cca.2021.09.015
14. Lee A, Gilbert RM. Epidemiology of Parkinson disease. *Neurol Clin*. 2016;34(4):955–965. doi:10.1016/j.ncl.2016.06.012
15. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, Volkmann J, Schrag A-E, Lang AE. Parkinson disease. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3(1):17013. doi:10.1038/nrdp.2017.13
16. Kehagia AA, Barker RA, Robbins TW. Neuropsychological and clinical heterogeneity of cognitive impairment and dementia in patients with Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2010;9(12):1200–1213. doi:10.1016/S1474-4422(10)70212-X
17. Muslimovic D, Post B, Speelman JD, Schmand B. Cognitive profile of patients with newly diagnosed Parkinson disease. *Neurology*. 2005;65(8):1239–1245. doi:10.1212/01.wnl.0000180516.69442.95
18. Sampedro F, Marín-Lahoz J, Martínez-Horta S, Pagonabarraga J, Kulisevsky J. Dopaminergic degeneration induces early posterior cortical thinning in Parkinson's disease. *Neurobiol Dis*. 2019;124:29–35. doi:10.1016/j.nbd.2018.11.015
19. Caviness JN, Aarsland D. Developing predictive biomarkers for dementia of Parkinson's disease. *Expert Rev Neurother*. 2011;11(12):1661–1663. doi:10.1586/ern.11.157
20. De Lau LM, Breteler MM. Epidemiology of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2006;5(6):525–535. doi:10.1016/S1474-4422(06)70471-9
21. Büyükmumcu M, Uysal İİ, Doğan NÜ. *Sistematik Nöroanatomî*. 2021.
22. Özkan O. *Dere Atlaslı Nöroanatomî Fonksiyonel Nöroloji*. Akademisyen Kitabevi, 2024.
23. Taner D, Atasever A, Durgun B. *Fonksiyonel nöroanatomî*. ODTÜ Geliştirme Vakfı, 2008.
24. Herrero M-T, Barcia C, Navarro J. Functional anatomy of thalamus and basal ganglia. *Childs Nerv Syst*. 2002;18:386–404. doi:10.1007/s00381-002-0604-1
25. Snell RS. *Clinical neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
26. Drake R, Vogl AW, Mitchell AW. *Gray's anatomy for students E-book*. Elsevier Health Sciences, 2009.
27. Nambu A. A new approach to understand the pathophysiology of Parkinson's disease. *J Neurol*. 2005;252(Suppl 4):iv1–iv4. doi:10.1007/s00415-005-4002-5

28. Neumann W-J, Schroll H, de Almeida Marcelino AL, Horn A, Ewert S, Irmen F, Krause P, Schneider G-H, Hamker F, Kühn AA. Functional segregation of basal ganglia pathways in Parkinson's disease. *Brain*. 2018;141(9):2655–2669. doi:10.1093/brain/awy172
29. Wichmann T, DeLong MR, Guridi J, Obeso JA. Milestones in research on the pathophysiology of Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2011;26(6):1032–1041. doi:10.1002/mds.23695
30. Elbaz A, Bower JH, Maraganore DM, McDonnell SK, Peterson BJ, Ahlskog JE, Schaid DJ, Rocca WA. Risk tables for parkinsonism and Parkinson's disease. *J Clin Epidemiol*. 2002;55(1):25–31. doi:10.1016/S0895-4356(01)00423-2
31. Parkinson J. An essay on the shaking palsy. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 2002;14(2):223–236. doi:10.1176/jnp.14.2.223
32. Kempster PA, Hurwitz B, Lees AJ. A new look at James Parkinson's Essay on the Shaking Palsy. *Neurology*. 2007;69(5):482–485. doi:10.1212/01.wnl.0000266622.30334.43
33. Walusinski O. Jean-Martin Charcot and Parkinson's disease: Teaching and teaching materials. *Rev Neurol (Paris)*. 2018;174(7–8):491–505. doi:10.1016/j.neurol.2018.03.001
34. Fahn S. The 200-year journey of Parkinson disease: Reflecting on the past and looking towards the future. *Parkinsonism Relat Disord*. 2018;46(Suppl 1):S1–S5. doi:10.1016/j.parkreldis.2017.07.020
35. Pirtošek Z, Bajenaru O, Kovács N, Milanov I, Relja M, Skorvanek M. Update on the management of Parkinson's disease for general neurologists. *P Parkinsons Dis*. 2020;2020:9131474. doi:10.1155/2020/9131474
36. Pringsheim T, Jette N, Frolkis A, Steeves TD. The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Mov Disord*. 2014;29(13):1583–1590. doi:10.1002/mds.25945
37. Van Den Eeden SK, Tanner CM, Bernstein AL, Fross RD, Leimpeter A, Bloch DA, Nelson LM. Incidence of Parkinson's disease: variation by age, gender, and race/ethnicity. *Am J Epidemiol*. 2003;157(11):1015–1022. doi:10.1093/aje/kwg068
38. Twelves D, Perkins KS, Counsell C. Systematic review of incidence studies of Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2003;18(1):19–31. doi:10.1002/mds.10305
39. Wooten G, Currie L, Bovbjerg V, Lee J, Patrie J. Are men at greater risk for Parkinson's disease than women?. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2004;75(4):637–639. doi:10.1136/jnnp.2003.020982
40. Hayes MT. Parkinson's disease and parkinsonism. *Am J Med*. 2019;132(7):802–807. doi:10.1016/j.amjmed.2019.02.018

41. Georgiev D, Hamberg K, Hariz M, Forsgren L, Hariz GM. Gender differences in Parkinson's disease: a clinical perspective. *Acta Neurol Scand.* 2017;136(6):570–584. doi:10.1111/ane.12788
42. Priyadarshi A, Khuder SA, Schaub EA, Priyadarshi SS. Environmental risk factors and Parkinson's disease: a metaanalysis. *Environ Res.* 2001;86(2):122–127. doi:10.1006/enrs.2001.4264
43. Ross GW, Abbott RD, Petrovitch H, Morens DM, Grandinetti A, Tung K-H, Tanner CM, Masaki KH, Blanchette PL, Curb JD. Association of coffee and caffeine intake with the risk of Parkinson disease. *JAMA.* 2000;283(20):2674–2679. doi:10.1001/jama.283.20.2674
44. Schapira AH, Jenner P. Etiology and pathogenesis of Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2011;26(6):1049–1055. doi:10.1002/mds.23696
45. Pagano G, Ferrara N, Brooks DJ, Pavese N. Age at onset and Parkinson disease phenotype. *Neurology.* 2016;86(15):1400–1407. doi:10.1212/WNL.0000000000002461
46. Collier TJ, Kanaan NM, Kordower JH. Ageing as a primary risk factor for Parkinson's disease: evidence from studies of non-human primates. *Nat Rev Neurosci.* 2011;12(6):359–366. doi:10.1038/nrn3039
47. Ferguson LW, Rajput AH, Rajput A. Early-onset vs. Late-onset Parkinson's disease: A Clinical-pathological Study. *Can J Neurol Sci.* 2016;43(1):113–119. doi:10.1017/cjn.2015.315
48. Hirsch L, Jette N, Frolkis A, Steeves T, Pringsheim T. The incidence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Neuroepidemiology.* 2016;46(4):292–300. doi:10.1159/000445751
49. Nonnekes J, Post B, Tetrud JW, Langston JW, Bloem BR. MPTP-induced parkinsonism: an historical case series. *Lancet Neurol.* 2018;17(4):300–301. doi:10.1016/S1474-4422(18)30071-7
50. Di Monte DA, Lavasani M, Manning-Bog AB. Environmental factors in Parkinson's disease. *Neurotoxicology.* 2002;23(4–5):487–502. doi:10.1016/S0161-813X(02)00094-6
51. Mackay DF, Russell ER, Stewart K, MacLean JA, Pell JP, Stewart W. Neurodegenerative disease mortality among former professional soccer players. *N Engl J Med.* 2019;381(19):1801–1808. doi:10.1056/NEJMoa1908483
52. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. *Lancet.* 2021;397(10291):2284–2303. doi:10.1016/S0140-6736(21)00218-X
53. Chen Y, Sun X, Lin Y, Zhang Z, Gao Y, Wu IX. Non-genetic risk factors for Parkinson's disease: an overview of 46 systematic reviews. *J Parkinsons Dis.* 2021;11(3):919–935. doi:10.3233/JPD-202383

54. Warner TT, Schapira AH. Genetic and environmental factors in the cause of Parkinson's disease. *A Ann Neurol.* 2003;53(Suppl 3):S16–S25. doi:10.1002/ana.10487
55. Blauwendraat C, Nalls MA, Singleton AB. The genetic architecture of Parkinson's disease. *Lancet Neurol.* 2020;19(2):170–178. doi:10.1016/S1474-4422(19)30287-X
56. Gloeckner CJ, Kinkl N, Schumacher A, Braun RJ, O'Neill E, Meitinger T, Kolch W, Prokisch H, Ueffing M. The Parkinson disease causing LRRK2 mutation I2020T is associated with increased kinase activity. *Hum Mol Genet.* 2006;15(2):223–232. doi:10.1093/hmg/ddi438
57. Gilks WP, Abou-Sleiman PM, Gandhi S, Jain S, Singleton A, Lees AJ, Shaw K, Bhatia KP, Bonifati V, Quinn NP. A common LRRK2 mutation in idiopathic Parkinson's disease. *Lancet.* 2005;365(9457):415–416. doi:10.1016/S0140-6736(05)70241-3
58. Hedrich K, Eskelson C, Wilmot B, Marder K, Harris J, Garrels J, Meija-Santana H, Vieregge P, Jacobs H, Bressman SB. Distribution, type, and origin of Parkinson mutations: review and case studies. *Movement disorders: official journal of the Mov Disord.* 2004;19(10):1146–1157. doi:10.1002/mds.20217
59. West A, Periquet M, Lincoln S, Lücking CB, Nicholl D, Bonifati V, Rawal N, Gasser T, Lohmann E, Deleuze JF. Complex relationship between Parkinson mutations and Parkinson disease. *Am J Med Genet.* 2002;114(5):584–591. doi:10.1002/ajmg.10414
60. Hernandez DG, Reed X, Singleton AB. Genetics in Parkinson disease: Mendelian versus non-Mendelian inheritance. *J J Neurochem.* 2016;139(Suppl 1):59–74. doi:10.1111/jnc.13623
61. Noyce AJ, Bestwick JP, Silveira-Moriyama L, Hawkes CH, Giovannoni G, Lees AJ, Schrag A. Meta-analysis of early nonmotor features and risk factors for Parkinson disease. *Ann Neurol.* 2012;72(6):893–901. doi:10.1002/ana.23687
62. Oliveira de Carvalho A, Murillo-Rodriguez E, Rocha NB, Carta MG, Machado S. Physical exercise for Parkinson's disease: Clinical and experimental evidence. *Clin Pract Epidemiol Ment Health.* 2018;14(1):3–12. doi:10.2174/1745017901814010003
63. Frazzitta G, Balbi P, Maestri R, Bertotti G, Boveri N, Pezzoli G. The beneficial role of intensive exercise on Parkinson disease progression. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013;92(6):523–532. doi:10.1097/PHM.0b013e31828cd254
64. Crizzle AM, Newhouse IJ. Is physical exercise beneficial for persons with Parkinson's disease?. *Clin J Sport Med.* 2006;16(5):422–425. doi:10.1097/01.jsm.0000244590.16968.5b
65. KAHIR N, GEZER C. Kahve: Hastalıklara Karşı Koruyucu mu?. *J Tradit Med Complement Ther.* 2021;4(2):55–61. doi:10.5336/jtmct.2021-83952

66. Özdatlı Ş, Sucu BO, Güzel M. Parkinson Hastalığı Tedavisi İçin Yeni A2A Adenosin Reseptör Antagonistlerinin Sentezi Ve Aktivitelerinin Değerlendirilmesi. *Türk Farmasötik Bilimler Dergisi*. 2023;20(2):102–110.
67. Grandinetti A, Morens DM, Reed D, MacEachern D. Prospective study of cigarette smoking and the risk of developing idiopathic Parkinson's disease. *Am J Epidemiol*. 1994;139(12):1129–1138. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a117189
68. Ritz B, Ascherio A, Checkoway H, Marder KS, Nelson LM, Rocca WA, Ross GW, Strickland D, Van Den Eeden SK, Gorell J. Pooled analysis of tobacco use and risk of Parkinson disease. *Arch Neurol*. 2007;64(7):990–997. doi:10.1001/archneur.64.7.990
69. Konturek P, Konturek K, Zopf Y, Harsch IA. Intestinal microbiota—A vital “organ” with manifold functions. *MMW Fortschr Med*. 2020;162(6):9–14. doi:10.1007/s15006-020-0416-7
70. Doğuç DK, Cüre M, Kara Y, Sütçü R, Delibaş N. Nikotinin sıçan hipokampusunda lipid peroksidasyonu ve nitrik oksit düzeylerine etkisi. *Türk Klinik Biyokimya Dergisi*. 2008;6(3):81-86.
71. Liu R, Guo X, Park Y, Wang J, Huang X, Hollenbeck A, Blair A, Chen H. Alcohol consumption, types of alcohol, and Parkinson's disease. *Plos one*. 2013;8(6):e66452. doi:10.1371/journal.pone.0066452
72. Lang A, Marsden C, Obeso J, Parkes J. Alcohol and Parkinson disease. *Ann Neurol*. 1982;12(3):254–256. doi:10.1002/ana.410120306
73. Sperber S. Untersuchung der Plasmaoxidierbarkeit und des Antioxidantienstatus im Blutplasma von Patienten mit Morbus Parkinson: ein Beitrag zur Frage des oxidativen Streß in der Pathogenese des Morbus Parkinson. 2000, Staats-und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky.
74. Constantinescu R. Cerebrospinal Fluid Biomarkers in Neurodegenerative Movement Disorders: Parkinsonian Disorders and Huntington's Disease. Gothenburg: University of Gothenburg; 2013.
75. Alves G. Clinical Disease Progression in Parkinson's Disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2006;12(3):139–145. doi:10.1016/j.parkreldis.2005.12.006
76. Liu J, Wang L, Zhan SY, Xia Y. Coenzyme Q10 for Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;(12):CD008150. doi:10.1002/14651858.CD008150.pub2
77. Balestrino R, Schapira AH. Parkinson disease. *Eur J Neurol*. 2020;27(1):27–42. doi:10.1111/ene.14108
78. Fearnley JM, Lees AJ. Ageing and Parkinson's disease: substantia nigra regional selectivity. *Brain*. 1991;114(5):2283–2301. doi:10.1093/brain/114.5.2283

79. Damier P, Hirsch E, Agid Y, Graybiel A. The substantia nigra of the human brain: II. Patterns of loss of dopamine-containing neurons in Parkinson's disease. *Brain*. 1999;122(8):1437–1449. doi:10.1093/brain/122.8.1437
80. Aslan S, Karahilal B. Oxidative stress and Parkinson disease Oksidatif Stres ve Parkinson hastalığı. *Ankara Univ Eczacilik Fak Derg*. 2019;43(1):1–12.
81. Dexter DT, Jenner P. Parkinson disease: from pathology to molecular disease mechanisms. *Free Radic Biol Med*. 2013;62:132–144. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2013.01.018
82. Surmeier DJ. Determinants of dopaminergic neuron loss in Parkinson's disease. *FEBS J*. 2018;285(19):3657–3668. doi:10.1111/febs.14402
83. Spillantini MG, Goedert M. The α -synucleinopathies: Parkinson's disease, dementia with Lewy bodies, and multiple system atrophy. *Ann N Y Acad Sci*. 2000;920(1):16–27. doi:10.1111/j.1749-6632.2000.tb06900.x
84. Qian L, Flood PM. Microglial cells and Parkinson's disease. *Immunol Res*. 2008;41(3):155–164. doi:10.1007/s12026-008-8017-0
85. Moon HE, Paek SH. Mitochondrial dysfunction in Parkinson's disease. *Exp Neurobiol*. 2015;24(2):103–113. doi:10.5607/en.2015.24.2.103
86. Dickson DW. Parkinson's disease and parkinsonism: neuropathology. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2012;2(8):a009258. doi:10.1101/cshperspect.a009258
87. Burchell VS, Nelson DE, Sanchez-Martinez A, Delgado-Camprubi M, Ivatt RM, Pogson JH, Randle SJ, Wray S, Lewis PA, Houlden H. The Parkinson's disease-linked proteins Fbxo7 and Parkin interact to mediate mitophagy. *Nat Neurosci*. 2013;16(9):1257–1265. doi:10.1038/nn.3489
88. Colla E, Coune P, Liu Y, Pletnikova O, Troncoso JC, Iwatsubo T, Schneider BL, Lee MK. Endoplasmic reticulum stress is important for the manifestations of α -synucleinopathy in vivo. *J Neurosci*. 2012;32(10):3306–3320. doi:10.1523/JNEUROSCI.5367-11.2012
89. Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2008;79(4):368–376. doi:10.1136/jnnp.2007.131045
90. Racette B, McGee-Minnich L, Moerlein S, Mink J, Videen T, Perlmuter J. Welding-related parkinsonism: clinical features, treatment, and pathophysiology. *Neurology*. 2001;56(1):8–13. doi:10.1212/WNL.56.1.8
91. Jankovic J, Tintner R. Dystonia and parkinsonism. *Parkinsonism Relat Disord*. 2001;8(2):109–121. doi:10.1016/S1353-8020(01)00025-1
92. Camara C, Isasi P, Warwick K, Ruiz V, Aziz T, Stein J, Bakštejn E. Resting tremor classification and detection in Parkinson's disease patients. *Biomed Signal Process Control*. 2015;16:88–97. doi:10.1016/j.bspc.2014.10.001

93. Ham JH, Lee JJ, Kim JS, Lee PH, Sohn YH. Is Dominant Side Onset Associated With a Better Motor Compensation in Parkinson's Disease? *Mov Disord.* 2015;30(14):1921–1925. doi:10.1002/mds.26366
94. Burke RE, Dauer WT, Vonsattel JPG. A critical evaluation of the Braak staging scheme for Parkinson's disease. *Ann Neurol.* 2008;64(5):485–491. doi:10.1002/ana.21596
95. Postuma RB, Berg D. Advances in markers of prodromal Parkinson disease. *Nat Rev Neurol.* 2016;12(11):622–634. doi:10.1038/nrneurol.2016.152
96. Sixel-Döring F, Trautmann E, Mollenhauer B, Trenkwalder C. Associated factors for REM sleep behavior disorder in Parkinson disease. *Neurology.* 2011;77(11):1048–1054. doi:10.1212/WNL.0b013e31822e560e
97. Goldstein DS. Orthostatic hypotension as an early finding in Parkinson's disease. *Clin Auton Res.* 2006;16(1):46–54. doi:10.1007/s10286-006-0302-9
98. Chaudhuri KR, Healy DG, Schapira AH. Non-motor symptoms of Parkinson's disease: diagnosis and management. *Lancet Neurol.* 2006;5(3):235–245. doi:10.1016/S1474-4422(06)70373-8
99. Martinez-Martin P, Rodriguez-Blazquez C, Kurtis MM, Chaudhuri KR, Group NV. The impact of non-motor symptoms on health-related quality of life of patients with Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2011;26(3):399–406. doi:10.1002/mds.23462
100. Mazzoni P, Shabbott B, Cortés JC. Motor control abnormalities in Parkinson's disease. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2012;2(6):a009282. doi:10.1101/cshperspect.a009282
101. Gelb DJ, Oliver E, Gilman S. Diagnostic criteria for Parkinson disease. *Arch Neurol.* 1999;56(1):33–39. doi:10.1001/archneur.56.1.33
102. Hess CW, Okun MS. Diagnosing parkinson disease. *Continuum (Minneap Minn).* 2016;22(4):1047–1063. doi:10.1212/CON.0000000000000335
103. Politis M, Wu K, Molloy S, G. Bain P, Chaudhuri KR, Piccini P. Parkinson's disease symptoms: the patient's perspective. *Mov Disord.* 2010;25(11):1646–1651. doi:10.1002/mds.23135
104. Hallett M. Parkinson's disease tremor: pathophysiology. *Parkinsonism Relat Disord.* 2012;18(Suppl 1):S85–S86. doi:10.1016/S1353-8020(11)70027-1
105. Shivitz N, Koop MM, Fahimi J, Heit G, Bronte-Stewart HM. Bilateral subthalamic nucleus deep brain stimulation improves certain aspects of postural control in Parkinson's disease, whereas medication does not. *Mov Disord.* 2006;21(8):1088–1097. doi:10.1002/mds.20930
106. Weiner WJ, Nora LM, Glantz RH. Elderly inpatients: postural reflex impairment. *Neurology.* 1984;34(7):945–947. doi:10.1212/WNL.34.7.945

107. Suzuki T, Matsuzaka H. Drug-induced Pisa syndrome (Pleurothotonus) epidemiology and management. *CNS Drugs*. 2002;16(3):165–174. doi:10.2165/00023210-200216030-00002
108. Lenoir T, Guedj N, Boulu P, Guigui P, Benoist M. Camptocormia: the bent spine syndrome, an update. *Eur Spine J*. 2010;19(8):1229–1237. doi:10.1007/s00586-010-1455-4
109. Tolosa E, Garrido A, Scholz SW, Poewe W. Challenges in the diagnosis of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2021;20(5):385–397. doi:10.1016/S1474-4422(21)00030-2
110. Schapira AH, Chaudhuri KR, Jenner P. Non-motor features of Parkinson disease. *Nat Rev Neurosci*. 2017;18(7):435–450. doi:10.1038/nrn.2017.62
111. Tan AH, Lim S-Y, Chong KK, A Manap MAA, Hor JW, Lim JL, Low SC, Chong CW, Mahadeva S, Lang AE. Probiotics for constipation in Parkinson disease: a randomized placebo-controlled study. *Neurology*. 2021;96(5):e772–e782. doi:10.1212/WNL.0000000000011372
112. Pfeiffer RF. Autonomic dysfunction in Parkinson's disease. *Neurotherapeutics*. 2020;17(4):1464–1479. doi:10.1007/s13311-020-00933-5
113. Palma JA, Kaufmann H. Treatment of autonomic dysfunction in Parkinson disease and other synucleinopathies. *Mov Disord*. 2018;33(3):372–390. doi:10.1002/mds.27292
114. Iranzo A, Tolosa E, Gelpi E, Molinuevo JL, Valldeoriola F, Serradell M, Sanchez-Valle R, Vilaseca I, Lomeña F, Vilas D. Neurodegenerative disease status and post-mortem pathology in idiopathic rapid-eye-movement sleep behaviour disorder: an observational cohort study. *Lancet Neurol*. 2013;12(5):443–453. doi:10.1016/S1474-4422(13)70056-5
115. Lin I, Edison B, Mantri S, Albert S, Daeschler M, Kopil C, Marras C, Chahine LM. Triggers and alleviating factors for fatigue in Parkinson's disease. *PLoS One*. 2021;16(2):e0245285. doi:10.1371/journal.pone.0245285
116. Weintraub D, Comella CL, Horn S. Parkinson's disease—Part 3: Neuropsychiatric symptoms. *Am J Manag Care*. 2008;14(2 Suppl):S59–S69.
117. Konczak J, Abbruzzese G. Focal dystonia in musicians: linking motor symptoms to somatosensory dysfunction. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:297. doi:10.3389/fnhum.2013.00297
118. Mori L, Putzolu M, Bonassi G, Galeoto G, Mezzarobba S, Trompetto C, Avanzino L, Marchese R, Abbruzzese G, Pelosin E. Haptic perception of verticality correlates with postural and balance deficits in patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2019;66:45–50. doi:10.1016/j.parkreldis.2019.06.004

119. Maschke M, Gomez CM, Tuite PJ, Konczak J. Dysfunction of the basal ganglia, but not the cerebellum, impairs kinaesthesia. *Brain*. 2003;126(10):2312–2322. doi:10.1093/brain/awg230
120. Clarke CE, Patel S, Ives N, Rick CE, Woolley R, Wheatley K, Walker MF, Zhu S, Kandiyali R, Yao G. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of physiotherapy and occupational therapy versus no therapy in mild to moderate Parkinson's disease: a large pragmatic randomised controlled trial (PD REHAB). *Health Technol Assess*. 2016;20(63):1–96. doi:10.3310/hta20630
121. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Olanow CW, Oertel W, Obeso J, Marek K, Litvan I, Lang AE. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2015;30(12):1591–1601. doi:10.1002/mds.26424
122. Mei Y-L, Yang J, Wu Z-R, Yang Y, Xu Y-M. Transcranial Sonography of the Substantia Nigra for the Differential Diagnosis of Parkinson's Disease and Other Movement Disorders: A Meta-Analysis. *Parkinson's Disease*. *Parkinsons Dis*. 2021;2021:8891874. doi:10.1155/2021/8891874
123. Gibb W, Lees A. The relevance of the Lewy body to the pathogenesis of idiopathic Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1988;51(6):745–752. doi:10.1136/jnnp.51.6.745
124. Bonifácio MJ, Palma PN, Almeida L, Soares-da-Silva P. Catechol-O-methyltransferase and its inhibitors in Parkinson's disease. *CNS Drug Rev*. 2007;13(3):352–379. doi:10.1111/j.1527-3458.2007.00018.x
125. Sveinbjornsdottir S. The clinical symptoms of Parkinson's disease. *J Neurochem*. 2016;139(Suppl 1):318–324. doi:10.1111/jnc.13691
126. Lee C-H, Sun T-L. Evaluation of postural stability based on a force plate and inertial sensor during static balance measurements. *J Physiol Anthropol*. 2018;37(1):1–16. doi:10.1186/s40101-018-0168-8
127. Zesiewicz TA. Parkinson disease. *Continuum (Minneap Minn)*. 2019;25(4):896–918. doi:10.1212/CON.0000000000000740
128. Nemade D, Subramanian T, Shivkumar V. An update on medical and surgical treatments of Parkinson's disease. *Aging Dis*. 2021;12(4):1021–1034. doi:10.14336/AD.2020.1003
129. Langer A, Gassner L, Hasenauer S, Gruber J, Wizany L, Pokan R, Maetzler W, Zach H. How COVID-19 will boost remote exercise-based treatment in Parkinson's disease: a narrative review. *NPJ Parkinsons Dis*. 2021;7(1):25. doi:10.1038/s41531-021-00178-9
130. Goetz CG, Poewe W, Rascol O, Sampaio C, Stebbins GT, Counsell C, Giladi N, Holloway RG, Moore CG, Wenning GK. Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations the Movement Disorder Society Task Force on rating scales for Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2004;19(9):1020–1028. doi:10.1002/mds.20213

131. Martínez-Martín P, Rodríguez-Blázquez C, Alvarez M, Arakaki T, Arillo VC, Chaná P, Fernández W, Garretto N, Martínez-Castrillo JC, Rodríguez-Violante M. Parkinson's disease severity levels and MDS-Unified Parkinson's Disease Rating Scale. *Parkinsonism Relat Disord.* 2015;21(1):50–54. doi:10.1016/j.parkreldis.2014.10.026
132. Disease MDSTFoRSfPs. The unified Parkinson's disease rating scale (UPDRS): status and recommendations. *Mov Disord.* 2003;18(7):738–750. doi:10.1002/mds.10473
133. Shulman LM, Gruber-Baldini AL, Anderson KE, Fishman PS, Reich SG, Weiner WJ. The clinically important difference on the unified Parkinson's disease rating scale. *Arch Neurol.* 2010;67(1):64–70. doi:10.1001/archneurol.2009.295
134. Goetz CG, Tilley BC, Shaftman SR, Stebbins GT, Fahn S, Martinez-Martin P, Poewe W, Sampaio C, Stern MB, Dodel R. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. *Mov Disord.* 2008;23(15):2129–2170. doi:10.1002/mds.22340
135. MyotonPRO official website, <https://myoton.com/> Erişim Tarihi: 17.05.2025.
136. Turhan B, Maden T, Maden Ç. The comparison of tone and viscoelastic properties of superior orbicularis oris muscle in multiple sclerosis patients to healthy individuals. *Mult Scler Relat Disord.* 2022;65:104019. doi:10.1016/j.msard.2022.104019
137. Ramazanoglu E, Turhan B, Usgu S. Age Related Changes of Superior Orbicularis Oris Muscle in Terms of Tone and Viscoelastic Properties. *J Craniofac Surg.* 2022;33(1):236–239. doi:10.1097/SCS.00000000000008119
138. Yu J-f, Chang T-t, Zhang Z-j. The reliability of MyotonPRO in assessing masseter muscle stiffness and the effect of muscle contraction. *Medical Science Monitor: International Med Sci Monit.* 2020;26:e926578. doi:10.12659/MSM.926578
139. Ferran de la Cierva S, Terrasa D, Garaycochea O, Del Rio B, Urdin M, Fernandez S. MyotonPRO as a new valid tool for measuring cervical muscle tension. A reliability study. *Logoped Phoniatr Vocol.* 2024;1–8. doi:10.1080/14015439.2024.2418827
140. Kocur P, Grzeskowiak M, Wiernicka M, Goliwas M, Lewandowski J, Łochyński D. Effects of aging on mechanical properties of sternocleidomastoid and trapezius muscles during transition from lying to sitting position—A cross-sectional study. *Arch Gerontol Geriatr.* 2017;70:14–18. doi:10.1016/j.archger.2017.01.011
141. Wendt M, Waszak M. Assessment of the stiffness of the upper trapezius muscle in a group of asymptomatic people with cervical spine rotation asymmetry. *PLoS One.* 2024;19(2):e0298544. doi:10.1371/journal.pone.0298544
142. Lettner J, Królikowska A, Ramadanov N, Oleksy Ł, Hakam HT, Becker R, Prill R. Evaluating the reliability of MyotonPro in assessing muscle properties: a

- systematic review of diagnostic test accuracy. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(6):851. doi:10.3390/medicina60060851
143. Lettner J, Krolikowska A, Ramadanov N, Oleksy L, Hakam HT, Becker R, Prill R. Evaluating the reliability of MyotonPro in assessing muscle properties: a systematic review of diagnostic test accuracy. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(6):851. doi:10.3390/medicina60060851
 144. Taş S, Aktaş A, Tufek MT, Dağ F. MyotonPRO is a reliable and repeatable tool for measuring mechanical properties of the upper limb muscles in patients with chronic stroke. *Phys Med Rehabil Kurortmed*. 2023;33(5):286–292. doi:10.1055/a-2078-2584
 145. Coukos R, Krainc D. Key genes and convergent pathogenic mechanisms in Parkinson disease. *Nat Rev Neurosci*. 2024;25(2):102–121. doi:10.1038/s41583-024-00874-8
 146. Patrick SK, Denington AA, Gauthier MJ, Gillard DM, Prochazka A. Quantification of the UPDRS rigidity scale. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2001;9(1):31–41. doi:10.1109/7333.918276
 147. Kutlutürk Yıkılmaz S, Çevik Saldıran T, Öztürk Ö, Öktem S. Intersession intra-rater and inter-rater reliability of myotonometer for upper and lower extremity muscles in children with spinal muscular atrophy. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(20):2300. doi:10.3390/diagnostics14202300
 148. Garcia-Bernal M-I, Heredia-Rizo AM, Gonzalez-Garcia P, Cortés-Vega M-D, Casuso-Holgado MJ. Validity and reliability of myotonometry for assessing muscle viscoelastic properties in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021;11(1):5062. doi:10.1038/s41598-021-84555-5
 149. Smoter M, Jędrzejczyk-Góral B, Chen A, Ciszek B, Ignasiak Z. Effects of tDCS on muscle stiffness in children with cerebral palsy measured by myotonometry: a preliminary study. *Appl Sci (Basel)*. 2020;10(7):2616. doi:10.3390/app10072616
 150. Ratsep T, Asser T. The effect of subthalamic stimulation on viscoelastic stiffness of skeletal muscles in patients with Parkinson's disease. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2017;44:94–98. doi:10.1016/j.clinbiomech.2017.03.009
 151. Marusiak J, Jarocka E, Jaskolska A, Jaskolski A. Influence of number of records on reliability of myotonometric measurements of muscle stiffness at rest and contraction. *Acta Bioeng Biomech*. 2018;20(3):123–131.
 152. Agoriwo MW, Muckelt PE, Yeboah CO, Sankah BE, Agyapong-Badu S, Akpalu A, Stokes M. Feasibility and reliability of measuring muscle stiffness in Parkinson's Disease using MyotonPRO device in a clinical setting in Ghana. *Ghana Med J*. 2022;56(2):78–85. doi:10.4314/gmj.v56i2.3
 153. Zippenfening HA, Amaricai E, Lupsa Matichescu M, Militaru M, Simu M. Myotonometry in Patients with Parkinson's Disease: Assessment of Pre and Post Treatment through Comparisons with Healthy Controls. *Appl Sci (Basel)*. 2023;13(10):6164. doi:10.3390/app13106164

154. Ügüt BO, Genç A. Parkinson Hastalığı'nda Myotonometri Yönteminin Rijidite Değerlendirmesinde Kullanımı. İzmir Kâtip Çelebi Univ Sağlık Bil Fak Derg. 2023;8(3):1095–1098.
155. Celicanin M, Harrison A, Bartels E. A Comparison of the Accuracy of Objective Physiological Measuring Techniques for Rigidity in Parkinson's Disease—A Systemic Review. J Neurol Res Rev Rep. 2024;6(2):201–209. doi:10.47363/JNRRR/2024.6.2
156. Ferreira-Sanchez MdR, Moreno-Verdu M, Cano-de-La-Cuerda R. Quantitative measurement of rigidity in Parkinson's disease: a systematic review. Sensors (Basel). 2020;20(3):880. doi:10.3390/s20030880
157. Marusiak J, Jaskolska A, Budrewicz S, Koszewicz M, Jaskolski A. Increased muscle belly and tendon stiffness in patients with Parkinson's disease, as measured by myotonometry. Mov Disord. 2011;26(11):2119–2122. doi:10.1002/mds.23841
158. Marusiak J, Kisiel-Sajewicz K, Jaskolska A, Jaskolski A. Higher muscle passive stiffness in Parkinson's disease patients than in controls measured by myotonometry. Arch Phys Med Rehabil. 2010;91(5):800–802. doi:10.1016/j.apmr.2010.01.010
159. Ratsep T, Asser T. Changes in viscoelastic properties of skeletal muscles induced by subthalamic stimulation in patients with Parkinson's disease. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2011;26(2):213–217. doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.09.008
160. Marusiak J, Jaskolska A, Koszewicz M, Budrewicz S, Jaskolski A. Myometry revealed medication-induced decrease in resting skeletal muscle stiffness in Parkinson's disease patients. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2012;27(6):632–635. doi:10.1016/j.clinbiomech.2012.03.007
161. Marusiak J, Jaskolska A, Budrewicz S, Koszewicz M, Andrzejewska R, Kisiel-Sajewicz K, Jaskolski A. Influence of dopaminergic treatment on resting elbow joint angle control mechanisms in patients with Parkinson's disease—a preliminary report. Acta Bioeng Biomech. 2018;20(4):75–82.
162. Ratsep T, Asser T. Influence of alarming auditory cues on viscoelastic stiffness of skeletal muscles in patients with Parkinson's disease. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2019;62:93–95. doi:10.1016/j.clinbiomech.2019.01.006
163. Upachit T, Piyaselakul S, Srivanitchapoom P, Tretriluxana J. Investigation of passive tone and viscoelasticity in neck muscles in pre-symptomatic neck flexion abnormality in Parkinson's disease: Observational study. J Bodyw Mov Ther. 2025;42:397–401. doi:10.1016/j.jbmt.2025.06.011
164. Brandin-de la Cruz N, Calvo S, Rodriguez-Blanco C, Herrero P, Bravo-Esteban E. Effects of dry needling on gait and muscle tone in Parkinson's disease: A randomized clinical trial. Acupunct Med. 2022;40(1):3–12. doi:10.1177/09645284211010667

165. Hodgkinson D, Prasad S, Antoun JS, Mei L, Farella M. Biomechanical properties of the lips in a pre-orthodontic sample of adolescents and young adults. *Eur J Orthod.* 2022;44(2):232–239. doi:10.1093/ejo/cjab066
166. Güzel HÇ, Keçelioğlu Ş, Kurtoğlu A, Elkholi SM. Effect of Intensive Face Yoga on Facial Muscles Tonus, Stiffness, and Elasticity in Middle-Aged Women: A Pre-Experimental Clinical Trial. *Medicina (Kaunas).* 2025;61(5):840. doi:10.3390/medicina6100840
167. Nguyen KT, Farella M, Bennani V, Mei L. Effect of Biomechanical Properties of Perioral Soft Tissues on Lip Response to Simulated Protraction of Upper Front Teeth. *J Oral Rehabil.* 2025;52(5):632–640. doi:10.1111/joor.13701
168. Szajkowski S, Pasek J, Cieslar G. Dentures Used for Rehabilitation of Mastication After Loss of Teeth Maintain Proper Biomechanical Properties of Masseter Muscles—A Comparative Study. *Clin Pract.* 2025;15(2):32. doi:10.3390/clinpract15020032
169. Magdic M, Kalc M, Vogrin M. Acute myotonometric changes in the masseter and upper trapezius muscles after upper body quarter stretching and coordination exercises or chewing. *Appl Sci (Basel).* 2025;15(1):344. doi:10.3390/app15010344
170. Galczynska-Rusin M, Pobudek-Radzikowska M, Maciejewska-Szaniec Z, Przysańska A, Czajka-Jakubowska A. Evaluating the reliability of myotonometry for assessing masseter muscle hypertrophy in healthy subjects. 2025.
171. Campos Lopez A, Estebanez-de-Miguel E, Camou Acedo T, Garcia-Pelagio KP, Albarova-Corral I, Malo Urries M, Villanueva-Melendez P. Reliability of myotonometry in the assessment of cervico-mandibular musculature: Inter/intra-examiner and inter/intra-session reliability study. *Cranio.* 2025;1–10. doi:10.1080/08869634.2025.2510793
172. Szajkowski S, Pasek J, Cieslar G. The Condition of the Masseter Muscles After Orthodontic Treatment with Fixed Appliances. *Diagnostics.* 2024;14(23):2755.
173. Maden T, Usgu G, Tuncer A. Myotonometric comparison of sternocleidomastoideus and masseter muscles in multiple sclerosis patients with swallowing problem and healthy individuals. *Mult Scler Relat Disord.* 2022;57:103387. doi:10.1016/j.msard.2021.103387
174. Galczynska-Rusin M, Pobudek-Radzikowska M, Gawriolek K, Czajka-Jakubowska A. Gender-related biomechanical properties of masseter muscle among patients with self-assessment of bruxism: a comparative study. *J Clin Med.* 2022;11(3):845. doi:10.3390/jcm11030845
175. Taş S, Yaşar Ü, Kaynak BA. Interrater and intrarater reliability of a handheld myotonometer in measuring mechanical properties of the neck and orofacial muscles. *J J Manipulative Physiol Ther.* 2021;44(1):42–48. doi:10.1016/j.jmpt.2020.05.001

176. Song C, Yu Y-F, Ding W-L, Yu J-Y, Song L, Feng Y-N, Zhang Z-J. Quantification of the masseter muscle hardness of stroke patients using the MyotonPRO apparatus: intra-and inter-rater reliability and its correlation with masticatory performance. *Med Sci Monit.* 2021;27:e928109. doi:10.12659/MSM.928109
177. Ramazanoglu E, Turhan B, Usgu S. Evaluation of the tone and viscoelastic properties of the masseter muscle in the supine position, and its relation to age and gender. *Dent Med Probl.* 2021;58(2):155–161. doi:10.17219/dmp/133443
178. Lee K, Chon S, (Editörler). Assessments of muscle thickness and tonicity of the masseter and sternocleidomastoid muscles and maximum mouth opening in patients with temporomandibular disorder. *Healthcare*; 2021: MDPI.
179. Hara K, Namiki C, Yamaguchi K, Kobayashi K, Saito T, Nakagawa K, Ishii M, Okumura T, Tohara H. Association between myotonometric measurement of masseter muscle stiffness and maximum bite force in healthy elders. *J J Oral Rehabil.* 2020;47(6):750–756. doi:10.1111/joor.12918
180. Dietsch AM, Clark HM, Steiner JN, Solomon NP. Effects of age, sex, and body position on orofacial muscle tone in healthy adults. *J J Speech Lang Hear Res.* 2015;58(4):1145–1150. doi:10.1044/2015_JSLHR-S-14-0278
181. Dietsch AM, Solomon NP, Sharkey LA, Duffy JR, Strand EA, Clark HM. Perceptual and instrumental assessments of orofacial muscle tone in dysarthric and normal speakers. *J Speech Lang Hear Res.* 2014;57(2):566–574. doi:10.1044/2013_JSLHR-S-12-0336
182. García-Luque L, Alcaraz-Clariana S, Rodrigues-de-Souza DP, Carmona-Pérez C, Garrido-Castro JL, Albuquerque-Sendín F. Influence of pain, sequential movement or short-term rest performance on the evaluation results of neck muscle mechanical properties: a case-control study. *Physiother Theory Pract.* 2025;1–10. doi:10.1080/09593985.2025.2461528
183. Maden C, Turhan B, Maden T, Bayramlar K. Investigating the effects of head posture muscles' viscoelastic parameters on pulmonary and functional capacity in healthy individuals. *Physiother Q.* 2021;29(3):62–67. doi:10.5114/pq.2021.107429
184. Yong M-S, Lee H-Y. Does Forward Head Posture Influence Muscle Tone, Stiffness, and Elasticity in University Students? *J Clin Med.* 2025;14(6):1888. doi:10.3390/jcm14061888
185. Maden Ç, Doğru S. Changes in the Viscoelastic Properties of Accessory Respiratory and Peripheral Muscles in Patients with Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Eur J Ther.* 2025;31(1):19–27. doi:10.58600/eurjther.2567
186. Uzun M, Fırat YE, İkidağ MA, Ergun N, Akbayrak T. The relationship between posture, muscle stiffness and blood flow in cervicogenic headache. *Exp Appl Med Sci.* 2024;5(3):160–167. doi:10.46871/eams.1489388

187. Kim E-m, Park M-g, Yu E-j, Lee D, Hong J-H, Yu J-H, Kim J-S, Nam YG, Kim S-G. Comparison of Thickness, Tension, and Activation of the Scm and Upper Trapezius Muscles According To The Pillow Height. *Korean Soc Phys Med*. 2024;19(1):53–60. doi:10.13066/kspm.2024.19.1.53
188. Rubine-Gatina S, Rimere N, Zundane Z, Gulajeva A, Reste J. Sternocleidomastoid muscle and head position: how to minimize muscle tension. *IISE Trans Occup Ergon Hum Factors*. 2022;10(4):192–200. doi:10.1080/24725838.2022.2126502
189. Yeo SM, Kang H, An S, Cheong I, Kim Y, Hwang JH. Mechanical properties of muscles around the shoulder in breast cancer patients: intra-rater and inter-rater reliability of the MyotonPRO. *PM R*. 2020;12(4):374–381. doi:10.1002/pmrj.12291
190. Park SK, Yang DJ, Kim JH, Heo JW, Uhm YH, Yoon JH. Analysis of mechanical properties of cervical muscles in patients with cervicogenic headache. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(2):332–335. doi:10.1589/jpts.29.332
191. Park S-H, Oh Y-J, Lee M-M. Improving function and quality of life in patients with chronic neck pain, tension-type headache, and forward head posture: the role of eyeball exercise and cervical stabilization programs. *Med Sci Monit*. 2024;30:e944315. doi:10.12659/MSM.944315
192. Guduru RKR, Domeika A, Domeikienė A. Effect of rounded and hunched shoulder postures on myotonometric measurements of upper body muscles in sedentary workers. *Appl Sci (Basel)*. 2022;12(7):3333. doi:10.3390/app12073333
193. Kurashina W, Iijima Y, Sasanuma H, Saito T, Takeshita K. Evaluation of muscle stiffness in adhesive capsulitis with Myoton PRO. *JSES Int*. 2023;7(1):25–29. doi:10.1016/j.jseint.2022.10.012
194. Kocaer A, Sarpel T, Gökçen N, Başaran S, Benlidayı İC. Proximal muscle strength as a predictor of vitamin D insufficiency in elderly. *Turk J Phys Med Rehabil*. 2021;67(1):84–90. doi:10.5606/tftrd.2021.6789
195. Lee M-T, Wu C-Y, Chen C-W, Cheng H-L, Chen C-C, Hsieh Y-W. Age and sex differences in the biomechanical and viscoelastic properties of upper limb muscles in middle-aged and older adults: A pilot study. *J Biomech*. 2022;134:111002. doi:10.1016/j.jbiomech.2022.111002
196. Trybulski R, Wojdala G, Alexe DI, Komarek Z, Aschenbrenner P, Wilk M, Zajac A, Krzysztófik M. Acute effects of different intensities during bench press exercise on the mechanical properties of triceps brachii long head. *Appl Sci (Basel)*. 2022;12(6):3197. doi:10.3390/app12063197
197. Surenkok O, Destan M, Kenddal K, Atıcı E, Aydın G. Bridging Training and Competition: Blood Flow Restriction as a Novel Tapering Approach. *Appl Sci (Basel)*. 2025;15(3):1058. doi:10.3390/app15031058

198. Surenkok O, Aydin G, Ciftci EA, Kendal K, Atici E. Impact of blood flow restriction intensity on pain perception and muscle recovery post-eccentric exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2025;45(1):e12925. doi:10.1111/cpf.12925
199. Chen Y, Huang S, Shen P, Li Y, He Y, Dong G, Huang S, Zou M, Zhang Z, Liu C. Forearm rotation and elbow angle differentially modulate biceps brachii and brachioradialis muscle stiffness and EMG activity during low-load isometric contractions: a cross-sectional study in healthy individuals. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2025;17:174. doi:10.1186/s13102-025-01040-5
200. Andonian BJ, Patel H, Xu M, Sudnick AM, Johnson JL, Kraus WE, Truskey GA, Huffman KM. Alterations in skeletal muscle health and biomechanical properties in patients with early rheumatoid arthritis: an exploratory cross-sectional study. *Front Physiol*. 2025;16:1575689. doi:10.3389/fphys.2025.1575689
201. Seo H, Kim J, Yu C, Lim H, (Editörler). Intra-rater and inter-rater reliability analysis of muscle-tone evaluation using a myotonometer for children with developmental disabilities. *Healthcare*; 2023: MDPI.
202. Lukas K, Gutschmidt K, Schoser B, Wenninger S. Evaluation of myotometry for myotonia, muscle stiffness and elasticity in neuromuscular disorders. *Journal of Neurology*. 2023;270(11):5398-5407. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021405>
203. Garcia-Bernal MI, Gonzalez-Garcia P, Madeleine P, Casuso-Holgado MJ, Heredia-Rizo AM. Characterization of the structural and mechanical changes of the biceps brachii and gastrocnemius muscles in the subacute and chronic stage after stroke. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2023;20(2):1405. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021405>
204. Usgu S, Ramazanoğlu E, Yakut Y. The relation of body mass index to muscular viscoelastic properties in normal and overweight individuals. *Medicina*. 2021;57(10):1022. <https://doi.org/10.3390/medicina57101022>
205. Taş S, Dikici TF, Aktaş A, Araci A. Mechanical Properties of Muscles and Tendons in Asymptomatic Individuals with Generalized Joint Hypermobility. *Muscles, Ligaments & Tendons Journal (MLTJ)*. 2021;11(4). <https://doi.org/10.11138/mltj/2021.11.4.001>
206. Kim C-s, Kim M-k. Regional Differences of Mechanical Properties in a Biceps Brachii Following Eccentric Exercise. *Exerc. Sci*. 2021;30(3):327-335. <https://doi.org/10.15857/kjs.2021.30.3.327>
207. Smoter M, Jedrzejczyk-Goral B, Chen A, Ciszek B, Ignasiak Z. Effects of tDCS on muscle stiffness in children with cerebral palsy measured by myotometry: a preliminary study. *Applied Sciences*. 2020;10(7):2616. <https://doi.org/10.3390/app10072616>
208. Drenth H, Zuidema SU, Krijnen WP, Bautmans I, van der Schans C, Hobbelen H. Psychometric properties of the MyotonPRO in dementia patients with paratonia. *Gerontology*. 2018;64(4):401-412. <https://doi.org/10.1159/000489115>

209. Lo WLA, Zhao JL, Li L, Mao YR, Huang DF. Relative and absolute interrater reliabilities of a hand-held myotonometer to quantify mechanical muscle properties in patients with acute stroke in an inpatient ward. *BioMed Research International*. 2017;2017(1):4294028. <https://doi.org/10.1155/2017/4294028>
210. Agyapong-Badu S, Warner M, Samuel D, Stokes M. Measurement of ageing effects on muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2016;62:59-67. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.10.004>
211. Mooney K, Warner M, Stokes M. Symmetry and within-session reliability of mechanical properties of biceps brachii muscles in healthy young adult males using the MyotonPRO device. *Work Pap Health Sci.* 2013;1(3). <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11234-2>
212. Chuang L-L, Lin K-C, Wu C-Y, Chang C-W, Chen H-C, Yin H-P, Wang L. Relative and absolute reliabilities of the myotonometric measurements of hemiparetic arms in patients with stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2013;94(3):459-466. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.027>
213. Agyapong-Badu S, Aird L, Bailey L, Mooney K, Mullix J, Warner M, Samuel D, Stokes M. Interrater reliability of muscle tone, stiffness and elasticity measurements of rectus femoris and biceps brachii in healthy young and older males. *Work Pap Health Sci.* 2013;4:1-11. <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11234-2>
214. Veevo M, Ereline J, Riso E-M, Gapeyeva H, Pääsuke M. The acute effects of warm-up, static and dynamic stretching exercises on biceps brachii muscle function in female basketball players. *Acta Kinesiol. Univ. Tartu.* 2012;18:39-46. <https://doi.org/10.12697/acta.2012.18.06>
215. Naczek A, Dos J, Gorska-Dos M, Sibilski R, Gramza P, Gajewska E, Naczek M. Relationship between viscoelastic properties of tissues and bioimpedance spectroscopy in breast-cancer-related lymphedema. *J. Clin. Med.* 2022;11(5):1294. <https://doi.org/10.3390/jcm11051294>

7. EKLER

EK-1: Etik Kurul Kararı

	GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ MÜDAHALESİZ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU		
Doküman Kodu: AKEK-FRM-35	Yürürlük Tarihi: 07.02.2024	Revizyon Tarihi/No: Yeni Faydalandı	Sayfa No: 1 / 1

BAŞVURU BİLGİLERİ	SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr.Ömer Faruk CİHAN			
	SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Anatomi			
	SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☒	ULUSLAR ARASI ☐
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2024/315	Tarih: 11.09.2024			
	Sorumlu Araştırmacısı Doç.Dr.Ömer Faruk CİHAN olan "Parkinson'lu Hastalarda Etkilenim Gösteren Kasların Biyomekaniksel Özelliklerinin MyotonPRO Cihazı ile İncelenmesi" başlıklı proje öneri dosyası ile ilgili belgeler incelenmiş olup, etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının çoğunluğu ile karar verilmiştir.				
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		Gaziantep Üniversitesi Müdahalesiz Klinik Araştırmalar Etik Kurulunda Yönergesi			
BASKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof.Dr.Yasemin ZER			
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu			
Prof.Dr.Yasemin ZER	Tıbbi Mikrobiyoloji	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Prof.Dr.Suzan TABUR	Endokrinoloji ve Metabolizma	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Prof.Dr.Hülya ÇİÇEK	Tıbbi Biyokimya	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Prof.Dr.Emel ŞAHİN	Tıbbi Biyokimya	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr.Elzem ŞEN	Anestezi ve Reanimasyon	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr. İlhan BAHŞI	Anatomi	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr. Derya Aydın ŞAHİN	Çocuk Kardiyoloji	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr.İlkay DOĞAN	Biyoistatistik	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr.Mehmet KARADAĞ	Çocuk ve Ergen Psikiyatrisi	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr.Ahmet ULUŞAN	Göğüs Cerrahi	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Doç.Dr.Nurgül ÖZDEMİR	Psikiyatri Hemşireliği	Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi			
Doç.Dr.Fatih SARI	Protektik Diş Tedavisi	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi			
Dr.Öğr.Üyesi Ahmet SARACALOĞLU	Tıbbi Farmakoloji	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Dr.Öğr.Üyesi Nadide Özkul DOĞRU	Fizyoloji	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi			
Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Adına TANIRIVERDİ	Idare Hukuku	Gaziantep Üniversitesi Hukuk Fakültesi			

EK-2: MDS-UPDRS ve orijinal UPDRS karşılaştırma tablosu

MDS-UPDRS Maddesi	Orijinal UPDRS Maddesi	Açıklama / Eşleştirme
Bilişsel bozulma	Zihinsel bozulma	Kavramsal karşılaştırma yapılabilir, ancak vurgular farklı: 0=0; 1=2 (MDS’de yeni); 2=3; 3=4; 4=4
Halüsinasyon ve psikoz	Halüsinasyon	0=0; 1=0 (canlı rüyalar MDS-UPDRS’de yer almaz); 2=1-2; 3=3; 4=4
Depresif ruh hali	Depresyon	Vurgular farklı olsa da kavramsal karşılık var: 0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Anksiyete	-	Yeni madde; karşılık yok
Apati	Motivasyon/İnisiyatif	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Dopamin disregülasyon sendromu özellikleri	-	Yeni madde; karşılık yok
Gece uykusu sorunları	Uyku bozuklukları	UPDRS’de 1=0 olabilir (sadece gündüz uykuluysa) ya da MDS’deki herhangi bir puanla eşleşebilir
Gündüz uykululuk	Uyku bozuklukları	UPDRS’de 1=0 olabilir (sadece gece sorun varsa); MDS-UPDRS’de farklı derecelerle karşılaştırılabilir
Ağrı ve diğer hisler	Parkinsonizmle ilişkili duyuşal şikayetler	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
İdrar sorunları	-	Yeni madde; karşılık yok
Kabızlık	-	Yeni madde; karşılık yok
Ayağa kalkınca baş dönmesi	Belirtili ortostatik hipotansiyon	0=0; 1=1-4 arası
Yorgunluk	-	Yeni madde; karşılık yok
Konuşma	Konuşma	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Salya ve akıntı	Salya	0=0; 1=2 (MDS’de yeni madde); 2=3; 3=3; 4=4
Çiğneme ve yutma	Yutma	Vurgular farklı, 0=0; 1=3 (MDS’de yeni seçenekler); 2=3; 3=2; 4=4
Yemek yeme görevleri	Yiyecek kesme/Çatal-bıçak kullanımı	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Giyinme	Giyinme	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Hijyen	Hijyen	UPDRS belirli görevleri sınırlar; MDS-UPDRS tüm görevleri kapsar. 0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Yazı yazma	Yazı yazma	MDS yazının okunaklılığına, UPDRS yazı boyutuna odaklanır. 0=0; 1=1; 2=1; 3=2-3; 4=4
Hobiler ve diğer etkinlikler	-	Yeni madde; karşılık yok
Yatakta dönme	Yatakta dönme / çarşaf düzeltme	Yardım ihtiyacının düzenliliği MDS’de vurgulanır. 0=0; 1=1; 2=2-3; 3=3-4; 4=4
Titreme	Titreme	Titremenin işlevsel etkisi MDS’de vurgulanır. 0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Yataktan/koltuktan/araba içinden kalkma	-	Yeni madde; karşılık yok
Yürüme ve denge	Yürüme	0=0; 1=1; 2=1-2; 3=3-4; 4=4

Donma	Yürürken donma	MDS-UPDRS yardım ihtiyacına odaklanır, UPDRS düşmeye. 0=0; 1=1; 2=2-4; 3=2-4; 4=2-4
Düşmeler	-	MDS-UPDRS Bölüm III'te değerlendirilir; bu bölümde yer almaz
Konuşma	Konuşma	0=0; 1=1; 2=2; 3=3 veya 4; 4=4
Yüz ifadesi	Yüz ifadesi	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Boyun ve 4 ekstremitede rijidite	Rijidite	Pasif harekete dirence vurgu yapılmış; 0=0; 1=1; 2=2; 3=2; 4=3; 4 puanı orijinal ölçekte yok
Parmak vuruşları	Parmak vuruşları	Tanımlayıcılar farklı ama görev benzer: 0=0; 1=1 veya 2; 2=2 veya 3; 3=3; 4=4
El hareketleri	El hareketleri	Bkz. Parmak vuruşları
Pronasyon/supinasyon	Pronasyon/supinasyon	Bkz. Parmak vuruşları
Ayak parmak vuruşu	-	Yeni madde; karşılık yok
Bacak çevikliği	Bacak çevikliği	Bkz. Parmak vuruşları
Sandalyeden kalkma	Sandalyeden kalkma	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Yürüyüş	Yürüyüş	0=0; 1=1; 2=2; 3=3 veya 4; 4=4
Yürümede donma	-	Yeni madde; karşılık yok
Postural stabilite	Postural stabilite	0=0; 1=1 veya 2; 2=3; 3=4; 4=4
Duruş	Duruş	0=0; 1=1; 2=2 veya 3; 3=4; 4=4
Hareketin genel spontanlığı	Vücut bradikinezi	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Postüral tremor (el)	Aksiyon/postüral tremor	MDS-UPDRS yalnızca genliği değerlendirir; doğrudan karşılık yok
Kinetik tremor (el)	Aksiyon/postüral tremor	Aynı açıklama geçerli
İstirahat tremoru genliği	İstirahat tremoru	Genlik ve süre ayrılmış; doğrudan karşılık yok
İstirahat tremoru sürekliliği	-	Yeni madde; karşılık yok
Diskinezi süresi	Diskinezi süresi	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Diskinezinin işlevsel etkisi	-	0=0; 1=2 (MDS yeni madde); 2=3; 3=4; 4=4
OFF durumda geçen süre	OFF süresi	0=0; 1=1; 2=2; 3=3; 4=4
Dalgalanmaların işlevsel etkisi	-	Yeni madde; doğrudan karşılık yok
Motor dalgalanmaların karmaşıklığı	Tahmin edilebilir/edilemez/sürpriz OFF'lar	MDS-UPDRS bu kavramları birleştirir; doğrudan eşleştirme yok
Ağır OFF distonisi	Sabah distonisi varlığı	0=0; 1=1,2,3 veya 4

EK-3: UPDRS skoru değerlendirme formu

BÖLÜM / MADDE	TANIM	PUAN (0–4)
Hasta Adı:		
Tarih:		
Değerlendiren:		
İlaç durumu:	☐ “ON” dönemi ☐ “OFF” dönemi	
Yaş / Cinsiyet:	 /	
I. NON-MOTOR ÖZELLİKLER	(Zihinsel, davranışsal, ruhsal)	
1.1	Kognitif bozukluk (unutkanlık, yavaş düşünme)	
1.2	Halüsinasyonlar / psikoz	
1.3	Depresif ruh hali	
1.4	Anksiyete	
1.5	Apatı / motivasyon eksikliği	
1.6	Öznel yorgunluk	
Alt Toplam (I)		___ / 24
II. GÜNLÜK YAŞAM AKTİVİTELERİ		
2.1	Konuşma	
2.2	Tükürük kontrolü ve yutma	
2.3	Yeme (çatal, bıçak kullanımı)	
2.4	Kıyafet giyme	
2.5	Yatakta dönme	
2.6	Kişisel hijyen	
2.7	Yazı yazma	
2.8	Yürüyüş ve denge	
2.9	Günlük yaşamda titreme etkisi	
Alt Toplam (II)		___ / 36
III. MOTOR MUAYENE		
3.1	Konuşma	
3.2	Yüz ifadesi	
3.3	Tremor (istirahat) – Sağ/sol el	
3.4	Tremor (postural / kinetik)	
3.5	Rijidite (boyun, kollar, bacaklar)	
3.6	Parmak vurma hızı	
3.7	El açma–kapama	
3.8	Prono-supinasyon hareketi	
3.9	Bacak tap testi	
3.10	Otur–kalk	
3.11	Duruş	
3.12	Yürüyüş	
3.13	Postüral stabilite	
3.14	Bradikinezi global değerlendirme	
Alt Toplam (III)		___ / 132
IV. KOMPLİKASYONLAR	(Diskinezi, dalgalanma)	
4.1	Diskinezi süresi	
4.2	Diskinezi işlevsel etkisi	
4.3	“OFF” dönemlerinin süresi	
4.4	“OFF” dönemlerinin etkisi	
4.5	“OFF” başlangıcında ani değişiklikler	
4.6	Tedaviye bağlı distoni	
Alt Toplam (IV)		___ / 24
GENEL TOPLAM PUAN		___ / 216

8. ÖZGEÇMİŞ

İlk ve ortaöğrenimi Gaziantep/İslahiye’de, Liseyi İskenderun Tosçelik Fen Lisesi’nde okudu. Üniversiteyi 2013-2017 yılları arasında Ahi Evran Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu’nda okudu. 2018-2020 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi’nde Anatomi dalında yüksek lisans eğitimi tamamladı. 2020-2025 yıllarında ise yine Gaziantep Üniversitesi’nde Anatomi dalında doktora eğitimi tamamladı.

