

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KRONİK BEL AĞRISINDA MANUEL TERAPİ VE AURİKULAR
VAGUS SİNİR STİMÜLASYONUNUN KARŞILAŞTIRMASI: BİR ÇAPRAZ
GEÇİŞLİ ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SAJJAD SHADIAN

İSTANBUL 2025

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI
FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KRONİK BEL AĞRISINDA MANUEL TERAPİ VE AURİKULAR
VAGUS SİNİR STİMÜLASYONUNUN KARŞILAŞTIRMASI: BİR ÇAPRAZ
GEÇİŞLİ ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SAJJAD SHADIAN

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ HAZAL GENÇ

İSTANBUL 2025



BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENİSTİTÜSÜ

.../.../....

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Program Adı:	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon
Öğrencinin Adı Soyadı:	Sajjad SHADIAN
Tezin Adı:	Kronik Bel Ağrısında Manuel Terapi ve Aurikular Vagus Sinir Stimülasyonunun Karşılaştırması: Bir Çapraz Geçişli Çalışma
Tez Savunma Tarihi:	20/05/2025

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Yücel Batu SALMAN
Enstitü Müdürü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı soyadı	Kurum	İmza
Tez Danışmanı:	Dr. Öğr. Üyesi. Hazal GENÇ	Bahçeşehir Üniversitesi	
2. Üye (Kurum İçi):	Dr. Öğr. Üyesi Ali Veysel ÖZDEN	Bahçeşehir Üniversitesi	
3. Üye (Kurum Dışı):	Doç. Dr. Merve YILMAZ MENEK	Medipol Üniversitesi	



Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.

Ad, Soyad :

İmza :

ÖZET

KRONİK BEL AĞRISINDA MANUEL TERAPİ VE AURİKULAR VAGUS SİNİR STİMÜLASYONUNUN KARŞILAŞTIRMASI: BİR ÇAPRAZ GEÇİŞLİ ÇALIŞMA

Shadian, Sajjad

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hazal GENÇ

Mayıs 2025, 77 Sayfa

Kronik bel ağrısı (KBA), dünya genelinde özürlülüğün başlıca nedenlerinden biridir ve hem bireysel yaşam kalitesini hem de sağlık sistemleri üzerindeki yükü artırmaktadır. KBA tedavisinde manuel terapi uzun süredir etkinliği gösterilmiş bir yöntemken, son yıllarda auriküler vagus sinir stimülasyonu (aVNS) gibi invaziv olmayan nöromodülasyon temelli yaklaşımlar da önem kazanmaktadır. aVNS, vagus siniri yoluyla parasempatik sistemi aktive ederek otonom sinir dengesi ve kronik ağrı modülasyonu üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır. Bu randomize çapraz geçişli çalışmada, 56 gönüllü yetişkin (ortalama yaş $42,4 \pm 12,4$; %64 kadın) ardışık şekilde manuel terapi ve aVNS müdahalelerini almıştır. Her tedavi üç hafta sürmüştür, değerlendirmeler tedavi öncesi (T0), ilk tedavi sonu (T1) ve ikinci tedavi sonu (T2) olmak üzere üç zaman noktasında yapılmıştır. Değerlendirilen parametreler arasında ağrı (VAS), özürlülük (ODI), denge (Modifiye Yıldız Denge Testi ve Flamingo Testi), propriosepsiyon, esneklik (Parmak-Uçları Zemin Mesafesi, Modifiye Schober testi, lomber fleksiyon/ekstansiyon), kas enduransı, basınç ağrı eşiği ve kalp atım hızı değişkenliği (HRV: RMSSD, SDNN, LF, HF) yer almaktadır. Her iki müdahale de bu parametrelerde anlamlı iyileşmeler sağlamıştır ($p < 0.05$). Müdahale sırasına bağlı olarak bazı erken dönem farklılıklar görülse de genel klinik etkinlik açısından gruplar

arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bulgular, aVNS'nin manuel terapi kadar etkili bir alternatif ya da tamamlayıcı yöntem olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bel Ağrısı, Vagus Siniri, Auriküler Vagus Sinir Stimülasyonu, Otonom Sinir Sistemi, Manuel Terapi



ABSTRACT

COMPARISON OF MANUAL THERAPY AND AURICULAR VAGUS NERVE STIMULATION IN CHRONIC LOW BACK PAIN: A CROSSOVER STUDY

Shadian, Sajjad

Master's Program in Physiotherapy and Rehabilitation

Supervisor: Asst. Prof. Hazal GENÇ

May 2025, 77 pages

Chronic low back pain (CLBP) is a leading cause of disability worldwide, significantly impacting both individual quality of life and healthcare systems. While manual therapy has long been established as an effective intervention for CLBP, non-invasive neuromodulation-based approaches such as auricular vagus nerve stimulation (aVNS) have recently gained clinical relevance. aVNS aims to modulate parasympathetic activity through the vagus nerve, thereby improving autonomic balance and contributing to chronic pain modulation. In this randomized crossover study, 56 adult volunteers (mean age 42.4 ± 12.4 ; 64% female) received both manual therapy and aVNS interventions in sequential order. Each treatment lasted for three weeks, with assessments conducted at three time points: before treatment (T0), after the first treatment phase (T1), and after the second treatment phase (T2). The evaluated parameters included pain (Visual Analog Scale – VAS), disability (Oswestry Disability Index – ODI), balance (Modified Star Excursion Balance Test and Flamingo Test), proprioception, flexibility (Finger-to-Floor Distance, Modified Schober Test, lumbar flexion and extension angles), muscle endurance (abdominal flexor and lumbar extensor tests), pressure pain threshold (via dolorimeter), and autonomic nervous system function (heart rate variability – HRV: RMSSD, SDNN, LF, HF). Both interventions resulted in significant improvements across these measures ($p < 0.05$).

Although some early differences were observed depending on the treatment sequence, no significant differences were found between groups in overall clinical effectiveness ($p>0.05$). These findings suggest that aVNS is as effective as manual therapy and may serve as an alternative or complementary approach in the multidisciplinary management of CLBP.

Keywords: Low Back Pain, Vagus Nerve, Auricular Vagus Nerve Stimulation, Autonomic Nervous System, Manual Therapy



TEŞEKKÜR

Hayatım boyunca yanımda olan, fedakârlıkları ve sevgileriyle beni her zaman destekleyen sevgili ANNEME ve BABAMA; varlığıyla güç veren, muhabbetiyle yüreğimi ısıtan canım ABİME en içten teşekkürlerimle.

Tez çalışmam boyunca karşılaştığım zorluklarda moral ve motivasyon kaynağım olan sevgili arkadaşım GAYE ELİBOL'A sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte sabırla destek olan sevgili hastalarım ve değerli danışman hocam DR. ÖĞR. ÜYESİ HAZAL GENÇ'E şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİL/RESİM/ŞEMA LİSTESİ	xiii
SEMBOLLER/KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
Bölüm 1 Giriş	1
1.1 Problemin Durumu	2
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Hipotezler	2
1.4 Çalışmanın Önemi	3
Bölüm 2 Alan Yazın Taraması	4
2.1 Ağrı	4
2.1.1 Ağrının Fizyolojisi	4
2.1.2 Ağrının Sınıflandırılması	4
2.2 Kronik Ağrı	5
2.2.1 Kronik Bel Ağrısının Tanımı ve Sınıflandırması	6
2.3 Bel Ağrısının Epidemiyolojisi	6
2.4 Lomber Bölge Fonksiyonel Anatomisi	7
2.4.1 Lomber Omurga Segmentleri	8
2.4.2 İntervertebral Diskler	9
2.4.3 Lomber Bölge Ligamanları	9
2.4.4 Lomber Omurganın Kasları ve Görevleri	10

2.5 Santral Sensitizasyon.....	10
2.5.1 Santral Sensitizasyonun Oluşma Nedenleri.....	11
2.6 Tedavi Yaklaşımları	12
2.6.1 Konservatif Tedavi Yöntemleri.....	12
2.6.2 Manuel Terapi	14
2.6.3 Yumuşak Doku Mobilizasyonu.....	14
2.7 Eklem Mobilizasyonu ve Mobilité.....	15
2.8 Kaltenborn’a Göre Normal Translatörük Hareket Dereceleri.....	16
2.9 Kaltenborn’a göre omurga mobilizasyon teknikleri.....	17
2.9.1 Ağrıyı Hafifletme Mobilizasyonu	17
2.9.2 Rahatlama Mobilizasyonu	18
2.9.3 Germe Mobilizasyonu.....	18
2.9.4 Manipulasyon.....	18
2.10 Manuel Terapi ve Santral Sensitizasyon	19
2.11 Otonom sinir sistemi	19
2.11.1 Otonom Sinir Sistemi Anatomisi ve Görevleri	20
2.12 Otonom Sinir Sistemi Disfonksiyonu	23
2.13 Vagus Siniri	24
2.13.1 Vagus Siniri Stimülasyonu.....	24
Bölüm 3 Yöntem.....	25
3.1 Araştırma Modeli.....	25
3.2 Katılımcılar.....	25
3.3 Çalışma Planı.....	28
3.3.1 Otonom Sinir Sistemi Değerlendirmesi.....	34
3.3.2 Propriyosepsiyon Değerlendirmesi.....	36
3.3.3 Oswestry Dizabilite İndeksi (ODİ).....	37
3.4 Tedavi Programı	37
3.4.1 Kullanılan Manuel Terapi Yöntemleri	37
3.4.2 Aurikuler Vagus Sinir Uyarımı	41
3.5 İstatiksel Analiz	42

Bölüm 4 Bulgular	43
Bölüm 5 Tartışma.....	63
5.1 Çalışmanın Sınırlılıkları ve Güçlü Yönleri	73
5.2 Gelecek Çalışmalar için Öneriler	75
5.3 Sonuç	76
KAYNAKÇA.....	78



TABLÖLER LİSTESİ

TABLÖLER

Tablo 1 Kronik Bel Ağrısında Manuel Terapi ve Aurikular Vagus Sinir Stimülasyonu İçin Betimsel İstatistikler	43
Tablo 2 Katılımcılara Ait Demografik Bilgiler	45
Tablo 3 Önce Vagus Sonra Manuel Terapi Yönteminin Uygulandığı Gruba (Grup 1) ve Önce Manuel Sonra Vagus Terapi Yönteminin Uygulandığı Grupların (Grup 2) Analiz Sonuçlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Farklılaşması	47



ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 1 Lumbar Vertebrae (www.kenhub.com).....	8
Şekil 2 Lumbar Bölge Ligamanları (www.coloradospineinstitute.com)	9
Şekil 3 Eklem Hareketin Normal Dereceleri (Kaltenborn F, 2003).....	17
Şekil 4 Araştırmanın Consort Diyagramı	27
Şekil 5 Dolorimetre	29
Şekil 6 Lomber Fleksiyon EHA Ölçümü	30
Şekil 7 Lomber Ekstansiyon EHA Ölçümü	30
Şekil 8 EPZM Testi	31
Şekil 9 MST	31
Şekil 10 Gövde Fleksiyon Endurans Testi.	32
Şekil 11 Gövde Ekstansiyon Endurans Testi.....	32
Şekil 12 MYDT.....	33
Şekil 13 Polar H7 Cihazı.....	33
Şekil 14 Flamingo Testi.....	34
Şekil 15 Lomber Yumuşak Doku Kranial Ve Lateral Mobilizasyon.....	38
Şekil 16 Lateral Lomber Yumuşak Doku Mobilizasyon	38
Şekil 17 Medial Lomber Yumuşak Doku Mobilizasyon	39
Şekil 18 Lumbar Segmental Ekstansiyon Yönünde Esnetme Mobilizasyonu	40
Şekil 19 Lumbar Segmental Fleksiyon Yönünde Esnetme	41
Şekil 20 Vagustim ile tVSS	42

KISALTMALAR LİSTESİ

KBA	Kronik Bel Ağrısı
TENS	Transkutanöz Elektrik Sinir Stimülasyonu
tVSS	Transkutanöz Vagus Sinir Stimülasyonu
MD	Merkezi Duyarlılaşıma
MS	Merkezi Sensitizasyon
IASP	Uluslararası Ağrı Araştırmaları Derneği
VKİ	Vücut Kitle İndeksi
GAG	Glikozaminoglikan
CPM	Merkezi Ağrı Modülasyonu
PPT	Basınçlı Ağrı Eşiği
MEP	Hareketle Tetiklenen Ağrı
ESWT	Vücut Dışı Şok Dalga Terapisi
OSS	Otonom Sinir Sistemi
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
ESS	Enterik Sinir Sistemi

VZV	Varicella Zoster Virüsü
OSSD	Otonom Sinir Sistemi Disfonksiyonu
VSS	Vagus Sinir Stimülasyonu
ABVN	Vagus Sinirinin Auriküler Dalı
FDA	Gıda ve İlaç İdaresi
fMRI	Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
tAVNS	Transkütanöz Auriküler Vagus Siniri Uyarımı
VAS	Vizüel Analog Ağrı Skalası
PPT	Basınç Ağrı Eşiği
EPZM	El-Parmak Zemin
MST	Modifiye Schober Testi
ODİ	Oswestry Dizabilite İndeksi
MYDT	Modifiye Yıldız Denge Testi

Bölüm 1

Giriş

Kronik bel ağrısı (KBA), kostal sınırın altında ve alt gluteal kıvrımların üstünde, 12 hafta veya daha uzun süre devam eden ağrı, kas gerginliği veya sertlik olarak tanımlanır. Bu durum, enfeksiyon, tümör, osteoporoz, romatoid artrit, kırık veya iltihap gibi tanınabilir bir patolojiye bağlanamadığında genellikle “Spesifik olmayan bel ağrısı” olarak adlandırılır (Kahere & Ginindza, 2021). Kronik bel ağrısı, sağlık sistemine her yıl ciddi maliyetler getiren ve bireylerde yaşam kalitesini düşüren yaygın bir sorundur. Yaşlanma ile artan bu rahatsızlık, önemli fiziksel ve psikolojik sıkıntılara yol açmaktadır (Balagué et al., 2012). Kronikleşen bel ağrısı, merkezi sinir sisteminde duyarlılaşmaya neden olarak ağrı eşiğini düşürmektedir. Bu durumda, ağrının yönetimi ve sinir sistemindeki ağrı yollarının modülasyonu önem kazanmaktadır (Latremoliere & Woolf, 2009a). Merkezi duyarlılaşma, kronik ağrı durumlarında gözlemlenen bir fenomendir ve nöronal aktivitede artışa neden olur. Bu nedenle, tedavi stratejileri ağrı sinyallerinin iletimini azaltmayı hedeflemelidir (Malfliet et al., 2017; Woolf, 2011a).

Uzun süreli bel ağrısı, paraspinal kaslarda zayıflığa ve merkez kas dayanıklılığında azalmaya yol açabilir (Suh et al., 2019). Kronik bel ağrısının nedenleri arasında bel kaslarının sertleşmesi ve esneklik kaybı önemli bir rol oynayabilir. Bu durum kasların normal fonksiyonlarını yerine getirmesini zorlaştırarak ağrıya yol açabilir. Yapılan araştırmalara göre, yürüyüş ve egzersiz, kronik bel ağrısının tedavisinde ağrı, işlevsellik, yaşam kalitesi ve korku-çekinme açısından benzer iyileşmeler sağlar. Yürüyüş, egzersize ek olarak kısa vadede daha fazla iyileşme sağlamasa da, daha az maliyetli bir alternatif olarak düşünülebilir (Vanti et al., 2019). Transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS), termal terapi ve manuel terapi gibi invaziv olmayan tedaviler, uzun süredir kronik bel ağrısı (KBA) olan hastalarda uygulanmaktadır (Wellington, 2014). Yumuşak doku mobilizasyonu, kas, yumuşak doku ve fasya disfonksiyonlarını gidererek kronik bel ağrısının tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, kas-enerji teknikleri, bel ağrısının azaltılmasında etkili bulunmuştur (Furlan et al., 2012; Szulc et al., 2015). Osteopatik manipülatif tedavi (OMT) veya doğrudan vagus siniri uyarımı yoluyla inflamatuvar refleks içinde kolinerjik antiinflamatuvar yolun aktive edilmesi, biyolojik antiinflamatuvar ilaçların dozlarının azaltılmasını sağlayarak tedavi maliyetlerini ve potansiyel yan etkileri

düşürebilecek tamamlayıcı bir tedavi yaklaşımı sunabilir(Tracey, 2002, 2007). Vagus sinirinin uyarılması ise, parasempatik sistemi düzenleyerek ve inflamasyonu azaltarak santral sensitizasyonu hafifletmede etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Clancy et al., 2014). Manuel terapinin biyomekanik faydaları ile vagus siniri uyarımının nörolojik ve inflamasyon kontrol edici özellikleri bu bağlamda değerlendirilecektir.

1.1 Problemin Durumu

Auricular vagus siniri uyarımı, otonom sinir sistemi üzerinde parasempatik tonusu artırarak ve sempatik aktiviteyi azaltarak antiinflamatuvar etkilere sahip olabilir. Vagus sinirinin bu düzenleyici etkileri, kronik ağrının yönetiminde potansiyel bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Diğer yandan, manuel terapi de yumuşak doku mobilizasyonu ve eklem manipülasyonu yoluyla ağrıyı hafifletme ve fonksiyonelliği artırmada etkili bir yöntem olarak bilinmektedir. Araştırmalar, manuel terapinin kas spazmlarını azaltarak ve dolaşımı artırarak ağrı üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu veriler ışığında, kronik bel ağrısı olan kişilerde auricular vagus siniri uyarımı ve manuel terapinin etkinliğini karşılaştıracğıız. Ayrıca, bu uygulamaların yapılma sıralamasının sonuçlarda herhangi bir etkisi olup olmayacağını da araştırmayı planlıyoruz. Bu çalışma, her iki tedavi yönteminin ağrı yönetimindeki etkinliğini değerlendirerek, hangi yöntemin daha etkili olduğunu ve tedavi sıralamasının sonuçlar üzerindeki olası etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmadan önce ve sonra Otonom sinir sistemi, denge, kas endüransı ve ağrı eşiğı tedavilerin öncesi ve sonrası değerlendirilecektir.

1.3 Hipotezler

Çalışmanın hipotezleri:

H₀: KBA tedavisinde ilk olarak manuel terapi ve sonra transkutan vagus sinir stimölasyonu (tVSS) alan hastalarda daha iyi sonuçlar elde edilir.

H₁: KBA tedavisinde ilk olarak transkutan vagus sinir stimölasyonu (tVNS) ve sonra manuel terapi alan hastalarda daha iyi sonuçlar elde edilir.

H₂: KBA tedavisinde iki gurubunun arasında anlamlı fark bulunamadı.

1.4 Çalışmanın Önemi

Literatürde kronik bel ağrısında Manuel Terapi ve Vagus sinir stimülasyonunu etkinliğini Çapraz karşılaştırmalı herhangi bir alışıma rastlanmadı. Bu tez çalışmasında, bu iki tedavi yönteminin kronik bel ağrısının tedavisinde etkinliğini karşılaştırmayı planlamaktadır.

Bu araştırma, kronik bel ağrısı tedavisinde manuel terapi ve tVSS'nin etkinliklerini ortaya koyarak, klinik uygulamalara yeni bir bakış açısı kazandıracaktır. Aynı zamanda, bu çalışma sayesinde tVSS'nin kronik bel ağrısı üzerindeki etkileri daha iyi anlaşılacak ve bu konuda gelecekte yapılacak araştırmalar için bir temel oluşturulacaktır. Böylelikle, kronik bel ağrısı olan hastaların tedavisinde daha etkili ve kişiselleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesine katkı sağlanacaktır.

Bölüm 2

Alan Yazın Taraması

2.1 Ağrı

Ağrının yaygın görülmesi ve karmaşık doğası, hem hastalar hem de araştırmacılar için önemini vurgulamaktadır. Ağrı tanımı, Uluslararası Ağrı Araştırma Derneği tarafından revize edilmiş olup artık bedensel dokulara gerçek ya da potansiyel zararlar ilişkilendirilen, hoş olmayan duyuşsal ve duygusal bir deneyimi kapsamaktadır (Zis et al., 2022).

2.1.1 Ağrının fizyolojisi. Merkezi duyarlılaşma (MD), merkezi sinir sistemindeki ağrıya duyarlı sinir hücrelerinin normal veya eşik altı duyuşsal sinyallere artan bir tepki verme durumunu tanımlar. MD, bel ağrısı gibi kas-iskelet sistemi bozukluklarında kronik ağrının temel mekanizması olarak öne sürülmüştür (Aked et al., 2021a).

2.1.2 Ağrının sınıflandırılması. Kişinin ağrısını tam olarak tanımlayacak tek bir terim yoktur ve ağrı deneyimi, nosiseptif, nöropatik ve nosioplastik ağrı terimleri arasında örtüşebilir. Bu terimler, ağrı deneyiminin bir ögesini veya boyutunu tanımlar (Slater, 2018).

2.1.2.1 Nosiseptif ağrı. Nosiseptif ağrı, dokuların hasar görmesi veya iltihaplanması sonucunda oluşan ağrıdır. Bu tür ağrı, genellikle mekanik, termal veya kimyasal uyarıcılarla tetiklenen ve vücudun zarar görmesini önlemek için bir uyarı işlevi gören normal bir savunma mekanizmasıdır. Örneğin, bir kesik veya yanık, nosiseptif ağrıya neden olabilir (Fitzcharles et al., 2021a).

2.1.2.2 Nöropatik ağrı. Nöropatik ağrı, sinir sisteminin hasar görmesi veya hastalanması sonucunda ortaya çıkan bir ağrı türüdür. Bu tip ağrı, genellikle sinirlerdeki yapısal değişiklikler veya işlev bozuklukları nedeniyle meydana gelir ve yanma, elektrik çarpması veya karıncalanma gibi olağandışı hislerle karakterize edilir. Nöropatik ağrı, diyabetik nöropati, zona sonrası nevralji veya travmatik sinir hasarı gibi durumlar sonucunda gelişebilir (Fitzcharles et al., 2021a).

2.1.2.3 Nosiplastik ağrı. Nociplastik ağrı, IASP tarafından "periferik nosiseptörlerin aktivasyonuna neden olan gerçek veya tehdit edici doku hasarı ya da ağrıya neden olan somatosensör sistemin hastalığı veya lezyonuna dair net bir kanıt olmamasına rağmen, değişmiş nosisepsiyondan kaynaklanan ağrı" olarak tanımlanmıştır (Andrews N, 2018). Merkezi sensitizasyon (MS) bu tanımın bir parçası olmamakla birlikte, genellikle nociplastik ağrı durumlarında sensitizasyon belirtileri görülür ve bu, nociplastik ağrının ana mekanizmasıdır (Kosek et al., 2016).

2.2 Kronik Ağrı

Kronik ağrı, üç aydan daha uzun süren ve vücudun bir veya birden fazla bölgesinde yaşanabilen sürekli veya tekrarlayan bir ağrı olarak tanımlanmaktadır. Kronik ağrı, günlük yaşam aktivitelerini yerine getirmeyi engelleyen önemli duygusal sıkıntı ve işlevsel yeti yetersizliği ile ilişkilendirilmiştir. (Nicholas et al., 2019).

Çeşitli nöroplastik faktörler (Santral Sensitizasyon, periferik sensitizasyon ve inen nöromodülasyon dahil) ve risk faktörleri (genetik varyantlar, tıbbi ve psikolojik eşlik eden hastalıklar, ilaçlar ve psikososyal faktörler dahil) bazı insanlarda akut ağrının kronik hale gelmesini açıklayabilir (McGreevy et al., 2011).

Önceden kronik ağrının nöropati veya nosisepsiyon kaynaklı olduğuna inanılıyordu, ancak nöroplastik ağrı olarak adlandırılan üçüncü bir ağrı kategorisi, duyu yollarının değişen işlevi nedeniyle artan duyarlılığı tanımlamak için önerilmiştir (Fitzcharles et al., 2021b).

2.2.1 Kronik bel ağrısının tanımı ve sınıflandırması. IASP (Uluslararası Ağrı Araştırmaları Derneği) tarafından Spesifik olmayan Kronik ağrı bel ağrısı, duygusal rahatsızlık ve günlük işleyiş bozukluğuyla birlikte en az üç ay süreyle devam eden ağrı olarak tanımlanmaktadır (Nicholas et al., 2019).

%85'i nonspesifik olarak sınıflandırılan kronik bel ağrısının, tanımlanabilir anatomik bir nedeni olmadığı anlamına gelir. Bu tür ağrı, omurganın kanser, inflamasyon veya enfeksiyon gibi durumları, kauda equina sendromu, sinir köklerinin ciddi sıkışması, omurga kırığı veya karın aort anevrizması gibi durumları gösteren herhangi bir uyarı belirtisi göstermez (Qaseem et al., 2017a).

Günümüzde bel ağrısı, "costal kenarın altında ve inferior gluteal katlanmaların üstünde yer alan, bacak ağrısı eşlik etse de etmese de meydana gelen ağrı ve rahatsızlık" olarak tanımlanmaktadır (van Tulder et al., 2006).

Bel ağrısı, travmatik bir olaydan veya sinsice başlayan bir süreçten kaynaklanabilir ve nadiren ciddi altta yatan patolojiyi (örneğin, omurga kırığı, enfeksiyon, neoplazma) içerir (Henschke et al., 2013) veya sinir kökü sıkışması durumunu içerebilir (Chou et al., 2007).

Kronik bel ağrısı olan insanların yaklaşık %30 ila %40'ı depresyondan muzdarip olurken, bu durumun ağrıyı şiddetlendirdiği ve hastaların engelliliklerini muhtemelen kötüleştirdiği bildirilmektedir (Knezevic et al., 2021).

2.3 Bel Ağrısının Epidemiyolojisi

Bel ağrısı dünya genelindeki engelliliğin öncü sebebidir (Hartvigsen et al., 2018). Araştırmalar, bel ağrısının kemikler, omurilik diskleri, eklem, bağ dokuları, kaslar, sinir yapıları ve kan damarları gibi çeşitli anatomik yapıların herhangi birinden kaynaklanabileceğini göstermektedir. Nadir durumlarda, yaklaşık olarak vakaların %5-15'inde, bel ağrısı osteoporotik kırık, tümör veya enfeksiyon gibi belirli bir nedene bağlanabilir. Kalan vakaların %85-95'inde ise bel ağrısının belirli nedeni belirsizdir (Deyo & Weinstein, 2001).

Özellikle yaşlı nüfusta, bel ağrısı önemli bir yük oluşturmakta, büyük insanî maliyetlere sebep olmakta, yaşam kalitesini olumsuz etkilemekte ve aktivite kısıtlamalarına neden olmaktadır. Yaşlı nüfusta bel ağrısı olan bireylerde, özgün nöropatik kaynağı doğru bir şekilde belirlemek ve engelliliği ile yaşam kalitesini

iyileştirmek için semptomları uygun bir şekilde yönetmek bazen zor olabilmektedir (Foster et al., 2018).

Düşük eğitim düzeyi, bel ağrısının artmış yaygınlığı ile ilişkilendirilmiştir (Reisbord & Greenland, 1985).

İki çalışma, obezite veya yüksek vücut kitle indeksi (VKİ) (>30 VKİ) ile bel ağrısının artmış görülme sıklığı arasında bir ilişki bulmuştur (Vogt et al., 2002; Webb et al., 2003).

Kanıtlar, psikososyal faktörlerin akut bel ağrısından kronik bel ağrısına geçişle önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir (Linton, 2000).

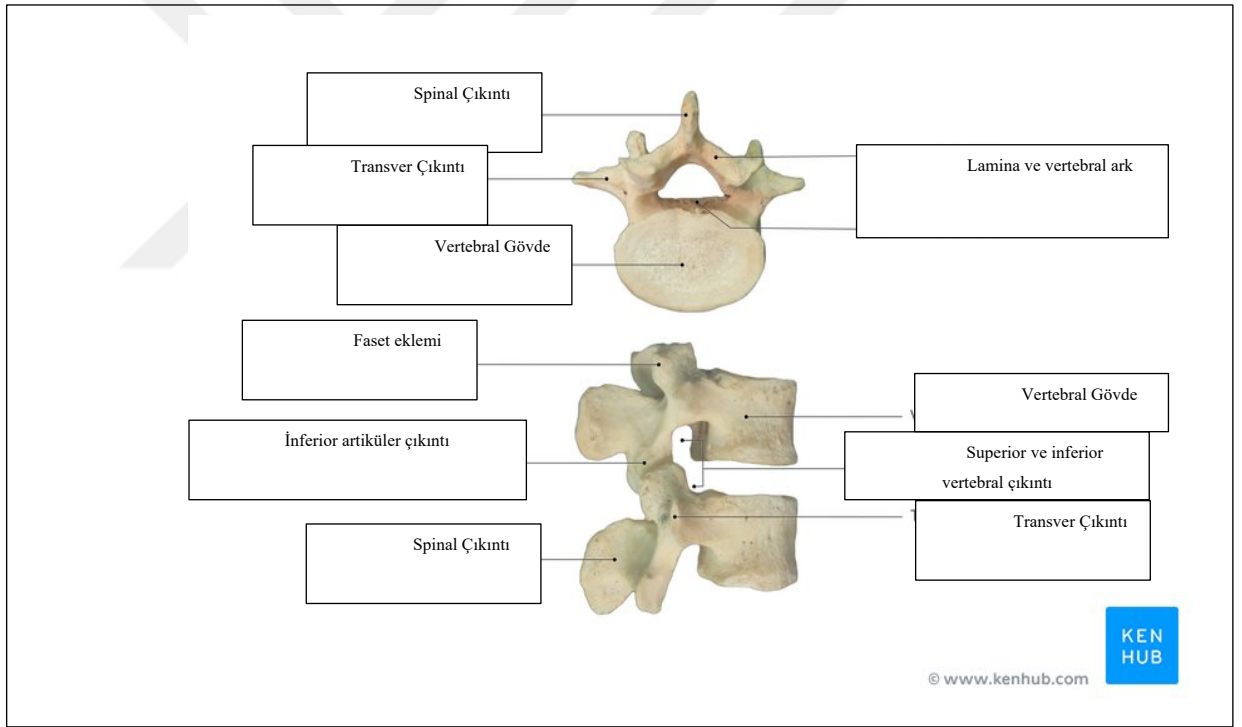
İş memnuniyetsizliği, monoton görevler, zayıf iş ilişkileri, işyerinde sosyal destek eksikliği, talepler, stres ve algılanan yetenek gibi faktörlerin, bel ağrısının artmış görülme sıklığıyla ilişkilendirildiği bulunmuştur (Hoogendoorn et al., 2000).

2.4 Lomber Bölge Fonksiyonel Anatomisi

Lomber omurga kolonu, beş omur (L1'den L5'e kadar) içerir. Komşu omurlar, fibrokartilajinöz intervertebral disk ve iki sinoviyal zigapofizyal eklem olmak üzere üç eklem kompleksi tarafından birbirine bağlanır ve çeşitli bağlar tarafından stabilize edilir (PANJABI et al., 1992).

2.4.1 Lomber omurga segmentleri. Lomber omurga, üç temel bileşenle karakterize edilir: omurga gövdesi, arka elemanlar ve pediküller. Omurga gövdesi, omurganın ana yük taşıyan yapısıdır ve intervertebral disklerin bağlandığı endplaklara sahiptir. Arka elemanlar ise omurganın arka kısmını oluşturur ve iki lamina ile bunların ilgili süreçlerinden (İki transver, Dört Faset eklemleri ve bir spinal Süreci) meydana gelir. Laminalar, omurganın arka kısmını kaplayan kemik plakalardır ve omurganın sağlamlığını sağlarlar. Süreçler, laminaların çıkıntı yapan bölümleridir ve omurganın stabilitesini ve hareketini desteklemek için kaslara ve ligamentlere bağlanır. Pediküller, omurga gövdelerini arka elemanlarla birleştirir ve omurganın sağlamlığını artırır.

Ayrıca, facet eklemleri, omurganın hareket aralığını etkiler ve biomekaniğinde önemli bir rol oynar. Bu bileşenlerin uyumlu çalışması, omurganın stabilitesini sağlar ve vücudun hareketlerini destekler(Wilke & Volkheimer, 2018).

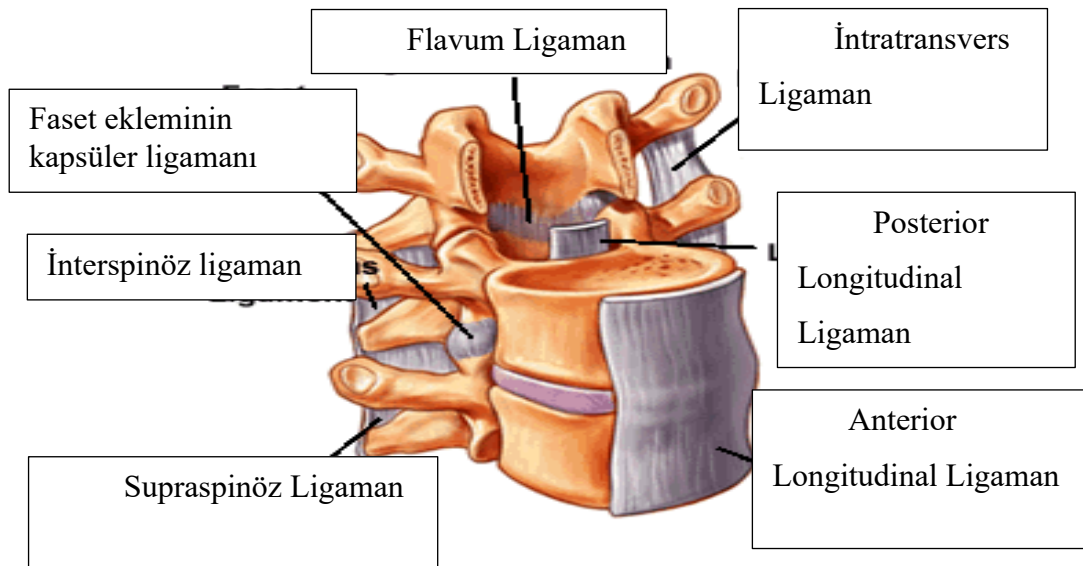


Şekil 1. Lumbar vertebrae. (www.kenhub.com)

2.4.2 İntervertebral diskler. Lomber omurga, komşu omurga gövdelerini esnek fibrokartilajinöz eklemler olan intervertebral diskler aracılığıyla birbirine bağlar. Bu diskler, iki ana bileşen olan merkezi bir nucleus pulposus ve çevresindeki bir annulus fibrosus içerir. Nucleus pulposus, uzun zincirli glikozaminoglikanlar (GAG'lar) ve proteoglikanlar gibi su çekici maddelerle zengindir. Bu su çekme kapasitesi, diskin genç ve sağlıklı bir yapıda yaklaşık olarak toplam ağırlığının %80'ini oluşturur. Annulus fibrosus ise, dışarıya doğru kollajen liflerden oluşur ve daha çok dayanıklılık sağlar. Bu yapılar, omurgaya dayanıklılık ve esneklik kazandırırken, yük taşıma kapasitesini artırır ve omurga hareketlerini destekler (Wilke & Volkheimer, 2018).

2.4.3 Lomber bölge ligamanları. Osteoligamentöz omurga, pasif bağlar aracılığıyla daha fazla stabilize edilir. Bu bağlar, belirli bir hareket yönüne karşı direnç gösterir ve omurganın sağlamlığını sağlar. Örneğin, omurganın ön tarafını kaplayan anterior uzunlamasına bağ, omurganın Ekstansiyon hareketine karşı direnç sağlar. Posterior uzunlamasına bağ, omurga fleksiyon hareketlerine karşı direnç gösterir ve ligamentum flavum, omurilik kanalını kaplar ve elastik liflerden oluşur, bu da omurga hareketleri sırasında omurilik kanalının sıkışmasını önler.

Bağlar, omurgaya dayanıklılık kazandırır ve farklı hareketlere karşı koruma sağlar. Örneğin, omurga eğilme veya dönme hareketleri sırasında, bu bağlar omurgayı destekler ve dengede tutar. Bu sayede omurga, günlük aktiviteler sırasında zarar görmekten korunur ve stabilitesini korur (Wilke & Volkheimer, 2018).



Şekil 2. Lomber bölge ligamanları. (www.coloradospineinstitute.com)

2.4.4 Lomber omurganın kasları ve görevleri. Lomber bölgedeki kaslar, alt sırtın stabilizasyonu, omurganın desteklenmesi ve çeşitli hareketlerin gerçekleştirilmesinde önemli roller oynar.

Erector Spinae Kasları: İliocostalis, longissimus ve spinalis kaslarını içeren bu kaslar, omurganın ekstansiyon, lateral fleksiyon ve dönmesine yardımcı olur. Bu kaslar, omurgayı desteklerken aynı zamanda vücut ağırlığını taşımaya ve omurganın dik durmasına da yardımcı olur.

Quadratus Lumborum: Bu kas, lomber vertebra transvers proseslerine tutunur ve omurganın Lateral fleksiyonunda katkıda bulunur. Ayrıca, pelvisin yürüme ve ayakta durma sırasında stabilize edilmesine yardımcı olur.

Psoas Major ve İliacus: Bu kaslar, pelvis ve uyluk arasındaki iliopsoas kası oluşturur. Lomber vertebrae'ye (T12-L5) köken alır ve femur üzerine eklem yapar. Bu kaslar, kalça fleksiyonunda (bükülme) rol oynar ve dik duruş pozisyonunun korunmasına yardımcı olur.

Multifidus: Bu kaslar, lomber vertebra spinöz proseslerine tutunur ve omurganın stabilizasyonunu sağlar. Aynı zamanda, omurganın ekstansiyon, rotasyon ve Lateral fleksiyonuna yardımcı olur.

Transversus Abdominis: Karın boşluğunun yan duvarlarını oluşturur ve omurganın stabilizasyonunda rol oynar. Derin karın kasları olarak bilinir ve omurgayı koruyan bir iç korse oluştururlar.

Internal ve External Obliques: Bu kaslar, karın bölgesinde yer alır ve omurganın lateral fleksiyon ve dönmesine katkıda bulunur. Ayrıca, karın bölgesini güçlendirir ve destekler.

Rotatörler (Rotatores): Bu küçük kaslar, omuriliğin etrafında döner ve omurganın dönmesine yardımcı olur. Lomber bölgede bulunan rotatörler, omurganın stabilizasyonuna ve kontrolüne katkıda bulunur.

Interspinal ve Intertransversarii Kaslar: Bu kaslar, omuriliğin spinöz ve transvers prosesleri arasında bulunur ve omurganın stabilizasyonunu sağlar. Ayrıca, omurga hareketlerini kontrol etmede yardımcı olurlar (Chale C, 2010).

2.5 Santral Sensitizasyon

Santral sensitizasyon (SS), merkezi sinir sistemindeki nöronların, normal veya eşik altındaki afferent girdilere artan tepki verme durumu olarak tanımlanır. SS, bel

ağrısı (KBA) dahil olmak üzere kas-iskelet sistemine ait kronik ağrının temel mekanizmalarından biri olarak öne sürülmüştür.(Akeda et al., 2021) Merkezi duyarlılaşma, sürekli periferik girdi olmadan da sürdürülebilir ve merkezi sinir sistemindeki kimyasal, yapısal ve işlevsel değişikliklerin sonunda kalıcı, yüksek bir sinir tepki durumuna yol açabileceği gözlemlenmiştir (Yunus, 2015).

Santral sensitizasyon ile merkezi sinir sistemi, ağrıyı "değiştirebilir, çarpıtabilir veya artırabilir", onun şiddetini, süresini ve mekansal yayılmasını artırabilir. Bu artık doğrudan periferik zararlı uyarıcıların özel niteliklerini yansıtmayan, ancak merkezi sinir sistemindeki devrelerin belirli fonksiyonel durumlarını yansıtan bir şekilde gerçekleşebilir (Woolf, 2011).

Santral sensitizasyon olan hastalar normalde ağrısız olan uyarıcılardan ağrı algısı yaşayabilir (alodini) ve ağrılı uyarıcılardan daha fazla ağrı deneyimleyebilir (hiperaljezi). Etkilenen nöronlar spontan otonom aktiviteye sahip olabilir, aktivasyon veya ağrı için daha düşük eşiklere sahip olabilir ve daha geniş alıcı alanlara sahip olabilir (ağrı daha yaygın ve daha belirgin olmayan hale gelir) (Fleming & Volcheck, 2015).

Hastalara ağrılarının fizyolojisi hakkında bilgi vermek, semptomlarını anlamalarını ve yönetmelerini artırmada tutarlı bir şekilde etkili olduğu gösterilmiştir (Moseley et al., 2004).

2.5.1 Santral sensitizasyonun oluşma nedenleri. İnflamatuar süreçler, merkezi duyarsızlaşmanın başlatılması ve devam ettirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dokulardaki yaralanma veya iltihaplanma sırasında salınan pro-inflamatuar maddeler, sitokinler ve prostaglandinler gibi hem omurilikteki hem de beyindeki nöronları duyarlı hale getirebilir ve böylece ağrı sinyallerini güçlendirebilir (Gwilym et al., 2009).

Ek olarak, vücuda akut yaralanmalar veya travmalar, merkezi duyarsızlaşma için tetikleyici görevi görebilir. Dokuların zarar görmesi, cerrahi işlemler veya diğer fiziksel travmalar gibi olaylar, merkezi sinir sisteminde değişikliklere neden olabilir ve böylece ağrı uyarıcılara artan bir duyarlılıkla tepki verilmesine yol açabilir. Bu artan duyarlılık, normalde ağrısız uyaranlara aşırı bir yanıt olarak veya ağrı yoğunluğunun artmış bir algılanması olarak ortaya çıkabilir (Latremoliere & Woolf, 2009).

Dahası, kronik ağrı koşullarında görülen sürekli ağrıya maruz kalma da merkezi duyarsızlaşmanın gelişimine katkıda bulunabilir. Hasarlı dokulardan veya işlev bozukluğu gösteren sinirlerden gelen sürekli nosiseptif girdi, merkezi sinir sisteminde

nöroplastik değişikliklere neden olabilir. Bu değişiklikler, ağrı sinyallerinin işlenmesini ve yorumlanmasını etkileyebilir ve sonunda ağrı eşiğinin düşürülmesine ve ağrı uyarıcılara artan bir yanıt verilmesine yol açabilir (Graven-Nielsen & Arendt-Nielsen, 2002).

Merkezi sinir sisteminin yapısını ve işlevini uyum sağlama ve yeniden organize etme yeteneği olan nöroplastisite, merkezi duyarsızlaşmanın patofizyolojisinde temel bir rol oynar. Sürekli ağrı veya tekrarlayan uyarılara yanıt olarak uzun vadeli değişiklikler, sinaptik bağlantılar, nörotransmitter fonksiyonu ve nöronal uyarılabilirlikte meydana gelebilir. Bu nöroplastik değişiklikler, merkezi duyarsızlaşmada gözlenen aşırı duyarlılığın temelini oluşturabilir ve kronik ağrı durumlarının sürdürülmesine katkıda bulunabilir (Woolf, 2007).

Özetlemek gerekirse, merkezi duyarsızlaşma, inflamatuvar süreçlerin, akut yaralanmaların, uzun süreli ağrı koşullarının ve merkezi sinir sistemindeki nöroplastik değişikliklerin bir kombinasyonundan kaynaklanabilir. Bu mekanizmaların anlaşılması, kronik ağrı bozukluklarının patofizyolojisini aydınlatmak ve merkezi duyarsızlaşmayı azaltmayı hedefleyen hedefe yönelik terapötik müdahaleler geliştirmek için önemlidir.

2.6 Tedavi Yaklaşımları

2.6.1 Konservatif tedavi yöntemleri. Isı ajanları ve elektroterapi gibi klasik fizik tedavi yöntemlerini olarak bilinmektedir.

2.6.1.1 TENS. Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS), cilt üzerinden elektriksel impulsar ileten ucuz bir tedavi yöntemidir. Kronik bel ağrısının (KBA) yönetiminde TENS'in kullanımı önerilmemekle birlikte, son klinik araştırmalar TENS'in etkilerini daha iyi anlamamızı sağlamıştır. TENS, inişli inhibitör sistemleri aktive eden ve hiperalejiyi azaltan karmaşık bir nöronal ağı tetikler. Akut ağrıdan kronikleşmiş bel ağrısına geçişin duyarlı merkezi ağrı mekanizmaları ile açıklanabileceğine dair artan kanıtlar vardır. Merkez Sensitizasyon (MS) belirtileri KBA yaşayan bir hasta alt grubunda tanımlanmıştır. MS, beyin ve spinal kordun duyuşal işleminde değişiklikler, inişli anti-nosiseptif mekanizmaların işlevsizliği, ağrı arttırıcı yolların artmış aktivitesi ve ikinci ağrının zamanla artışı gibi bileşenlerden oluşur. SS'nin kalıcı olması, tedavi sonuçlarını ve yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Duyusal işlemdeki değişiklikleri incelemek için kantitatif duyuşal testler kullanılır. Fibromiyalji hastalarında merkezi ağrı modülasyonunun (CPM) restore edildiği ve daha düşük basınç ağrı eşiklerinin (PPT) olduğu belirtilmiştir. Ancak, TENS'in CPM üzerindeki etkileri hakkında sonuçlar eksiktir. Hareketle tetiklenen ağrı (MEP) TENS'in ağrı kontrolünde umut verici sonuçlar gösterdiği belirtilmiştir. Hem dinlenme sırasında hem de MEP sırasında ağrıyı değerlendirmek, olası tedavi sonuçları açısından önemlidir (Leemans et al., 2021).

2.6.1.2 Isı ajanları. Yüzeysel ısı uygulaması, TENS'e ek olarak yaygın bir tedavi yöntemidir. Orta kalitedeki araştırmalar, yüzeysel ısının kronik bel ağrısı (KBA) yaşayan kişilerde ağrı ve fonksiyonu iyileştirdiğini göstermektedir. Ancak, bazı klinik uygulama kılavuzları, bel ağrısı hastalarında yüzeysel ısının ağrı hafifletici etkisi için yeterli kanıt olmadığını belirtmektedir. Isının tek başına tedavi olarak klinik kılavuzlara dahil edilmesi yeterli ağrı kesici etki sağlayamayabilir. Yine de, bireysel çalışmalarda gözlemlenen olumlu etkiler, KBA'da ısının etkilerini daha fazla araştırmayı gerektirmektedir. Isı ve TENS'in her ikisi de bel ağrısı hastalarında küçük klinik iyileşmelere yol açtığı için, bu iki tedavinin birleştirilmesi sinerjik bir etki yaratabilir. Bu kombinasyon, diz osteoartriti olan hastalarda umut verici sonuçlar göstermiştir (Leemans et al., 2021).

2.6.1.3 ESWT (vücut dışı şok dalga terapisi). Vücut dışı şok dalga terapisi (ESWT), yüksek basınç tepe noktası ve kısa sürede hızlı basınç artışı ile karakterize edilen tekil ses darbelerinden oluşan bir diziyi içeren, şu anda yeni ve geri dönüşümlü bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilmektedir ve anjiyojenik, analjezik ve anti-enflamatuar etkileri nedeniyle kas-iskelet sistemi hastalıklarının tedavisinde etkili bir yöntem olarak gösterilmiştir (Wang et al., 2003).

2.6.2 Manuel Terapi. Manuel terapi, yumuşak doku disfonksiyonlarını gidermede önemli bir role sahiptir; bu, kaslar, bağlar ve tendonlardaki kısıtlamaları ve ağrıları doğrudan manipülasyonla ele almayı içerir.

2.6.3 Yumuşak doku mobilizasyonu. Yumuşak doku mobilizasyonu, klinisyenin bakış açısına bağlı olarak değerlendirilir ve yumuşak dokuları etkileyen tedavilerdir. Bu tedaviler, eklem, sinirler ve kan damarları da dahil olmak üzere birçok yapıyı etkileyebilir. Yumuşak doku tedavilerini diğerlerinden ayıran şey, klinisyenin yumuşak doku değişikliklerini izlemek için yumuşak doku değerlendirmesi kullanmasıdır. Tedavinin amacı yumuşak dokuları değiştirmektir ve klinisyen sürekli olarak doku tepkilerini izler ve tedaviyi anında değiştirir. Yumuşak doku hareketleri, aksesuar hareketler ve fizyolojik hareketler olmak üzere iki kategoriye ayrılır.

Aksesuar yumuşak doku hareketleri veya "kas oyunları (Muscle Play)" aktif olarak gerçekleştirilemez. Sürtünme (Friction) masajı, kasın pasif olarak yanal hareketi, kas oyununun bir örneğidir.

Fizyolojik yumuşak doku hareketleri aktif veya pasif olarak gerçekleştirilebilir. Geleneksel kas germe ve kasılma ve gevşeme ile gerçekleşen kasın uzama ve kısalma hareketleri, fizyolojik yumuşak doku hareketlerine örnektir. Fizyolojik yumuşak doku hareketleri ile yapılan tedavi genellikle yumuşak doku gerginliğini değiştirmek için ekstremita hareketlerini (kemik rotasyonları) kullanır.

Fonksiyonel masajı gibi bazı yumuşak doku mobilizasyon türleri, alttaki eklemlerin hareket etmesine izin verdiğimizde en etkili olur. Yumuşak doku mobilizasyonu sırasında, çift hareket deseni kullanarak alttaki eklem hareketini teşvik eder ve yönlendiririz.

Yumuşak doku mobilizasyon teknikleri, hastanın katılım miktarına göre geniş anlamda "pasif" veya "aktif-kolaylaştırılmış" olarak sınıflandırılabilir. Kullanılacak hasta katılımının seviyesi ve türü önemli bir klinik karardır. Hasta katılımı, hiç

olmamasından mobilize edici gücün çoğunu kontrol etmeye kadar değişebilir. Hasta katılımı, sorunun kronikliği ve ağrılı olma durumu ile hastanın hareket etme isteği ve yeteneği gibi birçok faktöre bağlıdır.

Fonksiyonel masajı gibi bazı yumuşak doku mobilizasyon türleri, alttaki eklemlerin hareket etmesine izin verdiğimizde en etkili olur. Yumuşak doku mobilizasyonu sırasında, çift hareket deseni kullanarak alttaki eklem hareketini teşvik eder ve yönlendiririz.

Yumuşak doku mobilizasyon teknikleri, hastanın katılım miktarına göre geniş anlamda "pasif" veya "aktif-kolaylaştırılmış" olarak sınıflandırılabilir. Kullanılacak hasta katılımının seviyesi ve türü önemli bir klinik karardır. Hasta katılımı, hiç olmamasından mobilize edici gücün çoğunu kontrol etmeye kadar değişebilir. Hasta katılımı, sorunun kronikliği ve ağrılı olma durumu ile hastanın hareket etme isteği ve yeteneği gibi birçok faktöre bağlıdır (Kaltenborn F, 2003).

2.7 Eklem Mobilizasyonu ve Mobilité

Mobilizasyon tedavisi, eklem hipomobilitesi ve hipermobilitésinin belirli bir biyomekanik değerlendirmesine dayanmaktadır. Hastanın semptomları anormal bir son his ve hafif veya belirgin bir hipomobilité (Sınıf 1 veya 2) ile ilişkili ise, eklem fonksiyonunu iyileştirmek için Derece II rahatlatma-mobilizasyon veya Derece III germe-mobilizasyon tekniklerini kullanılır.

Hastanın semptomları hafif veya belirgin bir hipermobilité ile ilişkili ise, eklem fonksiyonunu normalleştirmek için stabilize edici (sınırlayıcı) tedavi uygulanmalıdır. Tam instabiliteler (çıkıklar veya instabil vertebralarla birlikte ligamentöz gevşeklik) genellikle tıbbi müdahale gerektirir.

Eklem biyomekanik durumu şiddetli ağrı, spazm, parestezi veya diğer semptomlar nedeniyle belirlenemiyorsa veya germe tekniklerine tolerans gösterilemiyorsa, tedavi öncelikle semptom kontrolüne yönlendirilir (örneğin, Derece I-II rahatlatma mobilizasyonu veya diğer tedavi yöntemleri). Hasta biyomekanik değerlendirme ve tedaviye tolerans gösterebildiğinde, tedavinin odak noktası hipomobilité için uygun mobilizasyona veya hipermobilité için stabilizasyona kaydırılabilir.

Genel olarak eklem mobilizasyonunun amacını üç grupta özetlenebilir:

1. Ağrılı Hafifletme Mobilizasyonu: Şiddetli ağrılı, spazm ve paresteziyi hafifletmek ve hareketi engelleyen eklem sıvısı viskozitelerini normalleştirmeye yardımcı olmak.

2. Rahatlama Mobilizasyonu: Kasları gevşetmek, ağrılı azaltmak ve hareket kolaylığını sağlamak.

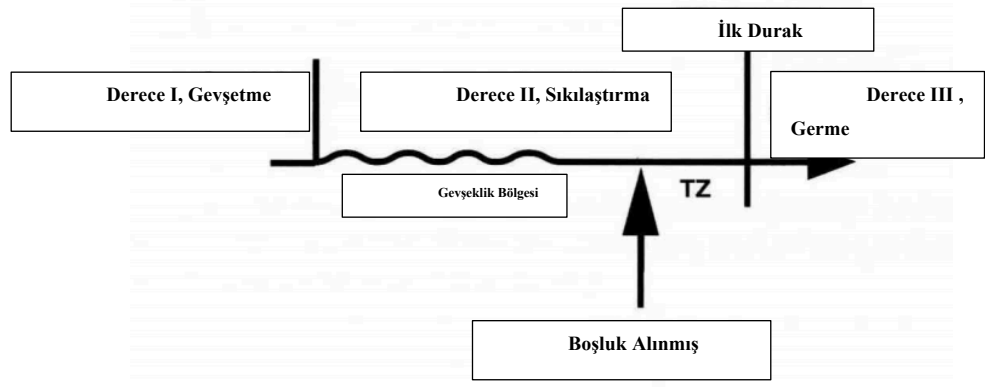
3. Germe Mobilizasyonu ve Manipülasyonu (Hızlı Mobilizasyon): Kısıtlanmış eklem dokularını germe, hareket aralığını artırmak ve pozisyonel hataları düzeltmek (Kaltenborn F, 2003) .

2.8 Kaltenborn'a Göre Normal Translatörük Hareket Dereceleri

Grade I "gevşetme" hareketi, eklem ayrılmasında fark edilebilir bir artış yaratmayan son derece küçük bir traksiyon kuvvetidir. Grade I traksiyon, eklem üzerine etki eden normal sıkıştırma kuvvetlerini ortadan kaldırır ve kayma hareketleri sırasında eklem yüzeyleri arasındaki sürtünmeyi azaltır.

Grade II "germe" hareketi, önce eklemi çevreleyen dokulardaki gevşekliğı alır ve ardından dokuları sıkılaştırır. Grade II aralığının başındaki Slack Zone'da (SZ) pasif harekete karşı çok az direnç vardır. Grade II hareketinin Transition Zone'a (TZ) ilerlemesiyle dokular sıkılaşır ve uygulayıcı pasif harekete karşı daha fazla direnç hisseder. Grade II aralığının sonuna yaklaşıldığında uygulayıcı belirgin bir direnç hisseder, bu noktaya İlk Durak (First Stop) denir.

Grade III "germe" hareketi, gevşeklik alındıktan ve tüm dokular gergin hale geldikten sonra uygulanır (Transition Zone'un ötesinde). Bu noktada, yeterli süre boyunca uygulanan Grade III germe kuvveti, eklemi geçen dokuları güvenli bir şekilde gerilebilir. Grade III aralığında harekete karşı direnç hızla artar. Bireyler arasında ve çeşitli eklemlerde Grade III direncinin derecesinde bazı farklılıklar bulabilirsiniz (şekil 2) (Kaltenborn F, 2003).



Şekil 3. Eklem hareketin normal dereceleri. (Kaltenborn F, 2003)

2.9 Kaltenborn'a Göre Omurga Mobilizasyon Teknikleri

- a) Ağrıyı Hafifletme Mobilizasyonu
 - Derece I (gerçek) eklem istirahat pozisyonunda.
- b) Rahatlama Mobilizasyonu
 - Derece I - II, eklemde (gerçek) istirahat pozisyonunda.
- c) Germe Mobilizasyonu
 - Derece III, eklemde (gerçek) istirahat pozisyonunda
 - Derece III, kısıtlama noktasında.
- d) Manipülasyon (hızlı mobilizasyon)
 - Derece III, yüksek hızlı, kısa genlikli, düşük kuvvetli çekme manipülasyonu, (gerçek) istirahat pozisyonunda. (Kaltenborn F, 2003).

2.9.1 Ağrıyı hafifletme mobilizasyonu. Eğer hastada biyomekanik durumu doğrulamanın mümkün olmadığı veya Grade III germe tekniklerinin tolere edilemediği şiddetli ağrı veya diğer semptomlar (örneğin, spazm, parestezi) varsa, doğrudan semptom kontrolüne yönelik tedavi uygulayın. Semptom kontrolü tedavisi sadece Grade I - II aralığının Slack Zone'unda uygulanmalıdır. Grade I ve II Slack Zone mobilizasyonları, özellikle aralıklı traksiyon hareketleri, eklem sıvılarının viskozitesini normalleştirmeye yardımcı olur ve böylece eklem hareketi, kısalmış periartiküler dokular yerine eklem sıvıları tarafından kısıtlandığında eklem hareketini iyileştirir (Kaltenborn F, 2003).

2.9.2 Rahatlama. Mobilizasyonu Rahatlama mobilizasyonları, ağrı giderici mobilizasyonlardan farklıdır ve Grade I-II aralığının herhangi bir yerinde uygulanabilir, hem Slack Zone'da hem de Transition Zone'da. Rahatlama mobilizasyonları, daha hafif olan ve sadece Slack Zone'da uygulanan Grade I-II ağrı giderici traksiyon mobilizasyonlarından ayrılır.

Kasları rahatlatmak, ağrıyı azaltmak ve hareketi kolaylaştırmak için, gerçek dinlenme pozisyonunda aralıklı Grade I ve II hareketler olarak uygulanır. Bu teknikler, eklem hareketi kas spazmı ile sınırlı olduğunda kullanılır. Ayrıca, daha yoğun tedavilere (örneğin, Grade III germe mobilizasyonu) hazırlık olarak da faydalıdır. Rahatlama mobilizasyonları ağrıya neden olmamalı veya ağrıyı artırmamalıdır (Kaltenborn F, 2003).

2.9.3 Germe mobilizasyonu. Grade III germe mobilizasyonları, normal eklem hareketini geri kazandırmada en etkili yöntemlerden biridir. Bu teknik, kaslar, eklem kapsülleri ve bağlardaki kısalmış bağ dokularını gererek hareketliliği artırabilir ve kronik kas-iskelet hastalıklarında ilerleyici sertliği ve hareket kaybını geciktirebilir.

Grade III mobilizasyon, sadece anormal son hisle ilişkili hipomobilete durumlarında, semptomlarla ilişkili olduğunda ve kontraendikasyon olmadığında uygulanır. Germe, en az yedi saniye ile bir dakika veya daha uzun süre uygulanmalıdır; süre ne kadar uzun olursa, hareketlilik kazanımı o kadar kalıcı olur. Büyük eklemler için en az 30-40 saniye germe önerilir ve mobilizasyon kemeri kullanılabilir.

Germe mobilizasyonu arasında eklemi tamamen serbest bırakmak gerekli değildir; Grade II aralığının sonuna dönmek yeterlidir. Uygulanan kuvvetin miktarından ziyade germe süresinin uzunluğu daha önemlidir. Germe, hastanın baskın semptomlarını artırmamalıdır.

Bu yöntem, ilk tedavi seansında genellikle hemen iyileşme sağlar, ancak kalıcı etkiler için birkaç tedavi gerekebilir (Kaltenborn F, 2003).

2.9.4 Manipulasyon. Manipülasyon, yüksek hızda, küçük genlikte ve düşük kuvvetli doğrusal bir hareket olarak uygulanır. Gerçek dinlenme pozisyonunda, eklem ayrılmasını sağlamak ve translatörük kaymayı geri kazandırmak için, uygun bir son his gösteren ekleme hızlı bir darbe ("itme" veya "hızlı mobilizasyon") yapılır.

Manuel terapi uygulayıcıları arasında, manipülasyonun bir germe-mobilizasyonunun devamı olduğu yanılgısı yaygındır. Uygulayıcı, hastanın düşük

kuvvetli bir manipölasyonu tolere edebileceğini kısa bir Grade III germe-mobilizasyonu uygulayarak doğrular. Bu "tarama testi"nden sonra, germe Grade II aralığına geri bırakılır, ardından gevşeklik yeniden alınır ve Transition Zone üzerinden Grade III aralığına geçilerek düşük kuvvetli itme uygulanır (Kaltenborn F, 2003).

2.10 Manuel Terapi ve Santral Sensitizasyon

Manuel terapi, öncelikle periferik etkileri artırmayı, eklem hareket açıklığını artırmayı, periferik kas gerilimini azaltmayı ve yerel ağrıyı hafifletmeyi amaçlamıştır. Periferik etkilerin yanı sıra, manuel terapi aynı zamanda merkezi (analjezik) etkiler de üretir (Nijs et al., 2011).

Manuel eklemlerin mobilizasyonu, geçici olarak (30 - 45 dakika) inen anti-nosiseptif yolların aktivasyonunu sağlar (Skyba et al., 2003) .

Merkezi duyarlılaşmadan kaynaklanan kronik ağrılı hastalarda kullanılan manuel terapi, merkezi duyarlılaşma sürecine uygun şekilde uygulanmalıdır. Eğer böyle yapılmazsa, manuel terapi santral sinir sistemi için periferik bir nörosensitif girdi kaynağı olarak hizmet edebilir ve bu da merkezi duyarlılaşma sürecini sürdürecektir (Nijs et al., 2009).

2.11 Otonom Sinir Sistemi

Otonom sinir sistemi, kalp atışı, kan basıncı, solunum, sindirim ve cinsel uyarılma gibi istemsiz fizyolojik süreçleri düzenleyen, periferik sinir sisteminin bir bileşenidir. Üç anatomik olarak farklı bölümden oluşur: sempatik, parasempatik ve enterik.

Sempatik sinir sistemi (SSS) ve parasempatik sinir sistemi (PSS), merkezi sinir sistemi (MSS) için sırasıyla duysal girdi ve motor çıktı sağlayan hem duysal hem de motor lifler içerir. Genel olarak, SSS ve PSS motor yolları iki nöron serisinden oluşur: biri MSS'de hücre gövdesi bulunan pregangliyonik bir nöron ve diğeri periferde hücre gövdesi bulunan ve hedef dokulara innerve eden postgangliyonik bir nöron. Enterik sinir sistemi (ESS), geri kalan sinir sistemi dışında bağımsız olarak işlev görebilen yaygın, ağ benzeri bir yapıdır (Karemaker, 2017; Sternini, 1997). Sindirim süreçlerinin düzenlenmesinden sorumlu olan ESS, 15 morfolojiye sahip 100 milyonun üzerinde nöron içerir ve tüm diğeri periferik ganglionların toplamından fazladır (Lake & Heuckeroth, 2013; Siéssere et al., 2008).

2.11.1 Otonom sinir sistemi anatomisi ve görevleri. Otonom sinir sistemi (OSS), istem dışı fizyolojik işlevleri düzenleyen periferik sinir sisteminin bir parçasıdır. Kalp atış hızı, sindirim, solunum hızı, göz bebeği tepkisi, idrara çıkma ve cinsel uyarılma gibi çeşitli bedensel işlevleri kontrol eder. ANS üç ana bileşene ayrılır: Sempatik, Parasempatik ve Enterik sinir sistemi(Pavlov & Tracey, 2012).

2.11.1.1 Sempatik sinir sistemi (SSS). Sempatik sinir hücreleri, omurilikte ara ve yan boynuzlarda bulunan hücre gövdelerine sahiptir. Presinaptik lifler omurilikten önde bulunan kökler aracılığıyla çıkar ve T1-L2 omurilik sinirlerinin önde bulunan kollarına ve beyaz rami communicantes adı verilen yollarla sempatik gövdelerin içine girer. Buradan, lifler yukarı veya aşağı doğru sempatik gövdeye yükselip veya inerek ilerleyebilir, yan spinal sinir kollarına gri rami communicantes aracılığıyla geçebilir veya sinaps yapmadan gövdeyi geçerek karın-pelvik splanchnik sinire ulaşarak prevertebral ganglionlara ulaşabilirler. Sempatik gangliyonların merkezi konumundan dolayı, presinaptik lifler genellikle postsinaptik karşılıklarından daha kısadır.(Sheehan & Pick, 1943; Siéssere et al., 2008)

Paravertebral gangliyonlar, sempatik gövde boyunca, omurilik sütununa bitişik olarak, presinaptik ve postsinaptik nöronların sinaps yaptığı nodüller olarak bulunur. Bireyden bireye değişmekle birlikte, genellikle üç servikal, on iki torasik, dört lomber ve beş sakral gangliyon bulunur. Bunların içinde, sadece servikal gangliyonlar üst, orta ve alt servikal gangliyonlar olarak adlandırılır. Alt servikal gangliyon, bazen stellat gangliyonu oluşturmak için birinci torasik gangliyon ile birleşebilir.(Sheehan & Pick, 1943; Siéssere et al., 2008)

Paravertebral gangliyonlardan uzakta bulunan tüm sinirler splanchnik sinirler olarak adlandırılır. Bu sinirler, merkezi sinir sistemi ile iç organlar arasında iletişimi sağlarlar. Kardiyopulmoner splanchnik sinirler ise, torasik boşluğa gidecek olan postsinaptik lifleri taşır. Karın ve pelvik iç organlarını innerve edecek olan sinirler, paravertebral gangliyonlarda sinaps yapmadan önce geçtikleri için bunlara abdominopelvik splanchnik sinirler denir. Bu sinirler arasında büyük, küçük, en küçük ve lomber splanchnik sinirler bulunur. Presinaptik sinirler en sonunda, hedef organlarına daha yakın olan prevertebral gangliyonlarda sinaps yaparlar. Prevertebral gangliyonlar, aorta'nın dallarını çevreleyen sinir pleksuslarının bir parçasıdır. Bunlar arasında çölyak, aortikorenal, üst ve alt mezenterik gangliyonlar bulunur. Çölyak gangliyonu, büyük splanchnik sinirden gelen girişi alırken, aortikorenal gangliyon

küçük ve en küçük splanchnik sinirlerden gelen girişi alır. Üst ve alt mezenterik gangliyonlar ise en küçük ve lomber splanchnik sinirlerden gelen girişi alır. Çölyak gangliyonu, önkütleden gelen organları innerve eder. Bunlar arasında distal yemek borusu, mide, proksimal on iki parmak barsağı, pankreas, karaciğer, safra sistemi, dalak ve adrenal bezler bulunur. Üst mezenterik gangliyon ise, midgut türevlerini innerve eder. Bunlar arasında distal on iki parmak barsağı, jejunum, ileum, çekum, apendiks, yükselen kolon ve proksimal yatay kolon yer alır. Son olarak, alt mezenterik gangliyon, hindgut türevlerini innerve eder. Bunlar arasında distal yatay, inen ve sigmoid kolon; rektum ve üst anal kanal; ayrıca mesane, dış genital organlar ve gonadlar yer alır (Beveridge et al., 2015; Loukas et al., 2010; Yang et al., 2008).

Postsinaptik sempatik nöronlar, hedef dokuda etki gösteren noradrenalin (NE) salgılar. Reseptörün alt tipi, alfa-1, alfa-2, beta-1, beta-2 veya beta-3 olması ve bunların hangi dokularda ifade edildiği, NE'nin reseptöre olan afiniteyi etkiler (Yang et al., 2008).

Sempatik sinir sistemi (SSS), "savaş veya kaç" tepkisi aracılığıyla stres faktörleri ile başa çıkmayı sağlar. Bu tepki öncelikle kan damarlarını düzenler. Damarlar tonik olarak innerve edilir ve çoğu durumda, sempatik sinyallerdeki artış damarların kasılmasına ve genişlemenin tersine olmasına neden olur. İstisnalar arasında koroner damarlar ve iskelet kaslarını ve dış genital organları besleyenler bulunur, bu durumda ise ters tepki gerçekleşir (Karemaker, 2017).

Sempatik aktivasyon kalp hızını ve kasılma kuvvetini artırır, ancak bu durum metabolik talebi artırır ve dolayısıyla sağlık sorunu olan bireylerde kardiyak fonksiyon için zararlı olabilir (Vargas Pelaez et al., 2016).

Sempatik sinir sistemi (SSS), stresli olmayan durumlarda bile sürekli olarak aktiftir. Kan damarlarının tonik stimülasyonuna ek olarak, SSS normal solunum döngüsü sırasında da aktiftir. Sempatik aktivasyon, solunum esnasında hareket ederek hava yollarını genişleterek uygun bir hava akışına izin verir ve parasempatik sinir sistemiyle birlikte çalışır (Chen et al., 2016; Karemaker, 2017). Ayrıca, sempatik sinir sistemi (SSS), dalak, timus ve lenf nodları gibi bağışıklık organlarının innervasyonu aracılığıyla bağışıklığı düzenler (Nance & Sanders, 2007; Vargas Pelaez et al., 2016). Bu etki, iltihabı artırabilir veya azaltabilir (Elenkov et al., 2000).

2.11.1.2 Parasempatik sinir sistemi (PSS). Parasempatik sistemin preganglionik nöronları beyin sapının birkaç çekirdeğinden ve omuriliğin sakral bölgesinden (S2-S4 segmentleri) kaynaklanır. Preganglionik nöronların aksonları sempatik sisteminkilerle karşılaştırıldığında oldukça uzundur ve efektör dokulara yakın veya bunların içine gömülü olan terminal ganglionlarda postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Postganglionik nöronların aksonları ise çok kısadır ve bu efektör dokuların hücrelerine sinyaller iletir.

Beyin sapından kaynaklanan preganglionik nöronlar, merkezi sinir sisteminden (MSS) kraniyal sinirler aracılığıyla çıkarlar. Oculomotor sinir (III) gözleri innerve eder; fasiyal sinir (VII) lakrimal bezleri, tükürük bezlerini ve burun boşluğunun mukozal zarlarını innerve eder; glossofaringeal sinir (IX) parotis (tükürük) bezini innerve eder; ve vagus siniri (X) toraks ve abdomenin iç organlarını (örneğin, kalp, akciğerler, mide, pankreas, ince bağırsak, kalın bağırsağın üst yarısı ve karaciğer) innerve eder. Bu sinirin parasempatik sistem üzerindeki etkisinin fizyolojik önemi, geniş dağılımı ve tüm parasempatik liflerin %75'inin vagus sinirinde bulunması ile açıkça görülmektedir. Omuriliğin sakral bölgesinden kaynaklanan preganglionik nöronlar CNS'den çıkar ve bir araya gelerek pelvik sinirleri oluşturur. Bu sinirler, pelvik boşluğun iç organlarını (örneğin, kalın bağırsağın alt yarısı ve böbrek ile üreme sistemlerinin organları) innerve eder.

Terminal ganglionlar innerve edilen dokunun içinde bulunduğundan, parasempatik sistemde sempatik sisteme kıyasla genellikle daha az dallanma vardır. Birçok organda, preganglionik lifler ile postganglionik lifler arasında bire bir oran mevcuttur. Bu nedenle, parasempatik sistemin etkileri daha belirgin ve lokalizedir; belirli dokular herhangi bir anda uyarılırken, sempatik sistemde daha yaygın bir boşalma mümkündür (McCorry, 2007).

2.11.1.3 Enterik sinir sistemi Enterik sinir sistemi (ESS), merkezi sinir sisteminden (MSS) bağımsız olarak gastrointestinal davranışı yönlendirebilen büyük ve karmaşık bir yapıdır. Sağlıklı bir ESS yaşam için gereklidir ve ESS disfonksiyonu genellikle sindirim bozukluklarıyla ilişkilidir. ESS'nin nörolojik hastalıklarda bir kapı veya katılımcı olarak rol oynadığı da giderek daha belirgin hale gelmiştir. ESS'nin yapısı ve nörokimyası MSS'ye benzer olduğundan, MSS hastalıklarına yol açan patojenik mekanizmalar ESS disfonksiyonuna da neden olabilir ve ESS ile MSS'yi birbirine bağlayan sinirler hastalık yayılımı için kanallar oluşturabilir. Otizm spektrum bozukluğu, amiyotrofik lateral skleroz, bulaşıcı süngerimsi ensefalopatiler, Parkinson hastalığı ve Alzheimer hastalığının etyopatogenezinde ESS disfonksiyonu için kanıtlar incelenmektedir. Hayvan modelleri, bu koşullarda gastrointestinal komorbiditenin sıklığını açıklayan ortak patofizyolojik mekanizmalar olduğunu önermektedir. Ayrıca, nörotropik bir patojen olan varicella zoster virüsü (VZV), cildi innerve etmeyen enterik ve diğer otonom nöronlarda beklenmedik şekilde latent hale gelir. Bu nöronlardaki VZV reaktivasyonu döküntüye neden olmaz ve bu nedenle gastrointestinal hastalık, menenjit ve inmenin gizli bir nedeni olur. Bağırsak-beyin ittifakı sağlığa katkıda bulunurken, hastalığa katkıda bulunan bir bağırsak-beyin eksenini de eşit derecede dikkat çekmelidir (Rao & Gershon, 2016).

2.12 Otonom Sinir Sistemi Disfonksiyonu

Kronik ağırlı bireylerde otonom sinir sistemi disfonksiyonu (OSSD), merkezi sinir sisteminde meydana gelen bozuklukların bir sonucu olarak ortaya çıkabilir. Bu disfonksiyon, sempatik ve parasempatik sinir sistemi arasındaki dengeyi bozarak kardiyovasküler, gastrointestinal ve termoregülasyon gibi birçok otonom fonksiyonun aksamasına neden olur. Fibromiyalji gibi kronik ağrı sendromları, OSS'nin işlevini olumsuz yönde etkileyerek hastalarda ortostatik hipotansiyon, anhidroz ve gastrointestinal motilite bozuklukları gibi belirtilere yol açabilir. Bu durum, hastaların yaşam kalitesini önemli ölçüde düşürmekte ve ağrı yönetimini daha da karmaşık hale getirmektedir. Tedavi yaklaşımlarının, bu disfonksiyonları hedef alarak ağrıyı hafifletmeyi ve OSS işlevini dengelemeyi amaçlaması gerekmektedir (BENARROCH, 1993).

2.13 Vagus Siniri

Vagus siniri, istem dışı işlevleri düzenleyen otonom parasempatik sinir sisteminin bir parçasıdır ve inflamasyonu modüle etme yeteneğine de sahiptir. Vagus sinirinin aktivasyonu, splenik ve periferik yanıtları azaltarak sistemik inflamasyonu düşürür (Courties et al., 2021a).

Ayrıca, anti-inflamatuar özelliklerinin ötesinde, merkezi ağrı merkezleriyle bağlantılı serebral aferentler aracılığıyla vagus siniri analjezik özellikler de sergiler. Bu nedenle, yıllardır dirençli epilepsi hastalarında kullanılan vagus sinir stimülasyonu (VSS), inflamatuvar bağırsak hastalıkları veya kas-iskelet hastalıkları gibi çeşitli inflamatuvar veya ağrılı bozukluklarda yeni bir tedavi yöntemi haline gelmiştir (Courties et al., 2021b).

2.13.1 Vagus siniri stimülasyonu. Vagus sinirinin kulak bölgesine olan uyarımı (ABVN), kolay ve erişilebilir bir terapi hedefidir. Son yıllarda, bu yöntemin güvenilirliği ve tolere edilebilirliği dahil olmak üzere birçok çalışma, bu metodun nöropsikiyatrik popülasyonun merkezi ve periferik sinir sistemleri üzerindeki etkilerini ve davranışları üzerindeki etkilerini göstermiştir.(Johnson & Wilson, 2018).

tVNS, nörolojik, psikolojik, inflamatuvar ve kardiyovasküler gibi çeşitli durumları aşma potansiyeline sahiptir. tVNS, kronik ağrı tedavisi olarak 2012 yılında Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanmıştır (Farmer et al., 2021).

tVNS'un kronik ağrısı, özellikle kronik bel ağrısını ele almadaki mekanizması, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ile gösterilen locus coeruleus ve nucleus raphe'deki aktivitelerle belirtilen serotonerjik ve noradrenerjik yollar üzerindeki ağrı düzenleme etkisi yoluyla gerçekleşir. Ayrıca, tVNS'un, far-field beyin kökü uyarılmış potansiyelleri sırasında vagus sinirinin somatosensor tepkisi yoluyla belirginleşen bir anti-enflamatuar etkisi vardır. Bunun yanı sıra, tVNS, hipotalamus-hipofiz-adrenal eksenini aracılığıyla anti-enflamatuar bir etkiye sahiptir ve periferde ağrıyı inhibe eden anti-enflamatuar kolinajik bir mekanizmadan sorumludur (Johnson & Wilson, 2018).

Son on yılda depresyon ve epilepsi yönetimi ile birlikte, transkutan vagus sinir stimülasyonu (tVNS), kronik ağrı için kullanılan yöntemlerden biri olarak ortaya çıkmıştır. Bu tedavinin faydaları fibromiyalji, migren ve küme baş ağrısında doğrulanmıştır (Holle-Lee & Gaul, 2016; Straube et al., 2015).

Bölüm 3

Yöntem

Bu araştırma, kronik bel ağrısı olan hastalarda Manuel Terapi ve Transkütanöz Auriküler Vagus Siniri Uyarımının (tAVNS) denge, kas gücü ve enduransı, ağrı eşiği, OSS, Bel Ağrısı ve dizabilite üzerindeki etkilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda, bu iki tedavi yönteminin uygulanma sırasının bu etkiler üzerindeki potansiyel farklılıklarını da incelemeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda, farklı tedavi protokollerinin öncelikle uygulanmasının sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilecektir.

3.1 Araştırma Modeli

Araştırmamızda katılımcıların gruplara randomize edildiği, ilk değerlendirme, ara değerlendirmeler ve son değerlendirme yöntemini içeren, çapraz geçişli klinik çalışma modeli kullanılmıştır.

3.2 Katılımcılar

Çalışmamıza Ağustos 2024 – Kasım 2022 tarihleri arasında bel ağrısı şikayetiyle, Medisam Medikal Sağlık Merkezine gelen hekim tarafından tanısı konulan, katılma kriterlerine uyan ve çalışmayı kabul eden kişilerle gerçekleştirildi. Çalışmamız, randomize, tek kör, çapraz geçişli ve prospektif bir çalışma olarak planlandı.

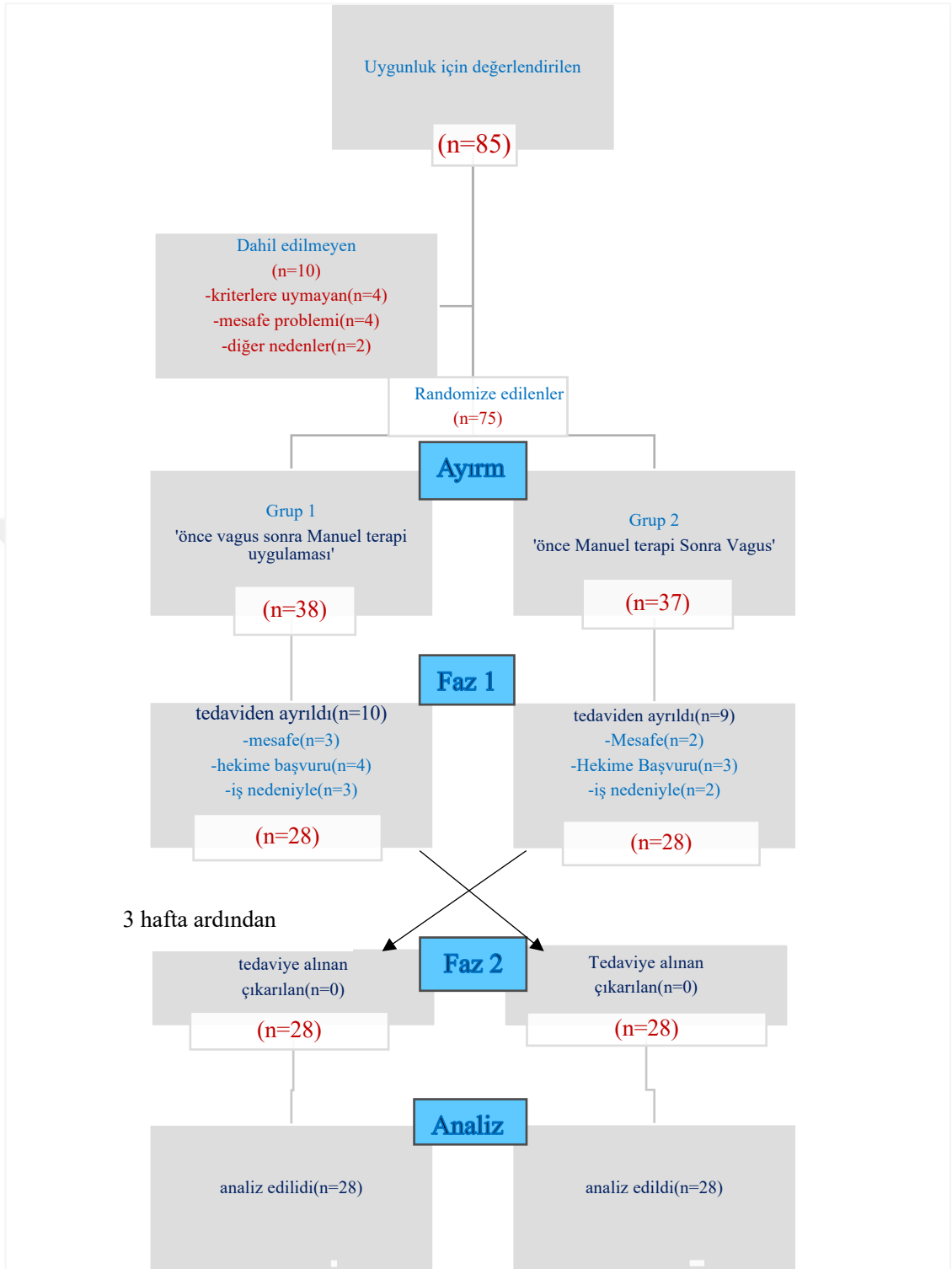
Bu çalışma için, 8 Mayıs 2024 tarihinde İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan **E-10840098-202.3.02-2797** sayılı onay alınmıştır. Araştırma, uluslararası kayıt sistemi olan ClinicalTrials.'da **NCT06752213** numarası ile kayıt altına alınmıştır. Tedavi programı başlamadan önce, tüm katılımcılara çalışmanın içeriği, değerlendirme yöntemleri ve tedavi kapsamı hakkında detaylı bilgi hem sözlü hem de yazılı olarak sunulmuştur. Katılımcılar, kimlik bilgilerinin gizli tutulacağı hususunda bilgilendirilmiş ve güvence altına alınmıştır. Çalışmaya katılmayı kabul eden tüm katılımcılardan, 'Gönüllü Onam Formu' imzalamaları istenmiştir.

Çalışmaya Alınma Kriterleri;

- Katılımcıların 3 aydan fazla bel ağrısı şikayeti olmak
- 20-60 yaş arasında olmak
- Doktor tarafından KBA tanısı almak
- Okuma yazma bilmek ve koopere olmak
- Son 3 ay içerisinde bel bölgesine yönelik tedavi almamış olmak
- Gönüllü onam formu imzalamış olmak

Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- Vestibüler problemi, işitsel ve kognitif gibi problemlere sahip olmak
- İleri derecede Osteoproz
- Lomber bölgede hiper mobilite
- Nörolojik, radikülopati, enflamatuar, vertebral kırık vs. gibi hastalığı olmak
- Hamile olmak veya hamilelikten Şüphelenme durumu
- Lumbar Omurga Bölgesinde Ameliyat geçmişinin olması
- Son Üç ayda bel ağrısı için tedavi görme
- 20 yaş altı ve 60 yaşın üstünde olma
- Spinal deformitesi (kifoza, skolyoz vs.) olmak
- Dengeyi problemi yaratacak ilaç kullanıyor olmak (sakinleştirici vs.)



Şekil 4. Araştırmanın Consort Diyagramı.

3.3 Çalışma Planı

Çalışmaya katılan bireyler, rastgele iki gruba ayrıldı. Randomizasyon için www.randomizer.org websitesi kullanıldı. Çalışma, çapraz geçişli bir araştırma modeli izlediğinden, her iki grup da belirlenen uygulamalara tabi tutulduktan sonra, diğer uygulama yöntemine geçiş yaptılar.

Çalışmaya katılan bireylere 6 haftalık bir tedavi programı uygulandı. Programın ilk 3 haftasında Grup 1'e Aurikular vagus siniri stimülasyonu, sonraki 3 haftasında manuel terapi uygulanırken; Grup 2'ye önce manuel terapi, ardından vagus siniri stimülasyonu uygulandı. Tüm tedaviler haftada 3 gün olacak şekilde planlandı ve her katılımcıya toplam 18 seans uygulama yapıldı. Çalışma süresince katılımcıların mevcut medikal tedavilerinde herhangi bir değişiklik yapılmadı. Değerlendirmeler tedavi öncesi, 3. hafta sonunda ve 6. hafta sonunda olmak üzere üç zaman noktasında gerçekleştirildi.

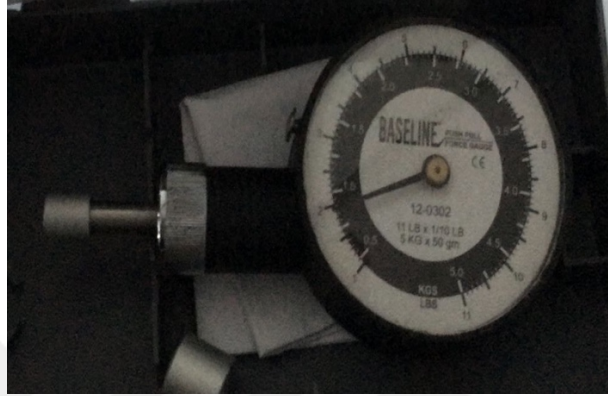
Çalışmaya dahil edilen kişilere “Hasta Tanıma Formu” kullanılarak bilgileri kayıt altına alındı. Değerlendirme için ağrı, eklem hareket açıklığı (EHA) ve mobilitesi, kas kuvvet ve endurans ölçümleri, engellik düzeyi, denge, otonom sinir sistemi, ağrı eşiği ve propriosepsiyon ölçümü yapıldı.

“Hasta Tanıma Formu” uygulanan olguların kişisel bilgileri birebir görüşme yöntemiyle değerlendirildi. Olguların adı ve soyadı, yaş, kilo, boy, cinsiyeti, vücut kitle indeksi (VKİ), mesleği, evli ya da bekar olma durumu hali, çocuk sayısı, Son altı ayda Bel ağrı problemi durum, soygeçmiş ve iletişim bilgileri alındı.

Araştırma kapsamında, ağrı şiddetinin değerlendirilmesinde Vizüel Analog Skala (VAS) yöntemi tercih edilmiştir. Hastaların tedavi öncesi ve sonrasında hissettikleri ağrı düzeyini belirlemek amacıyla kullanılan VAS, 10 santimetrelik düz bir çizgiden oluşmaktadır. Çizginin bir ucunda yer alan 0 (sıfır) rakamı, hiç ağrı olmayan durumu temsil ederken, diğer ucundaki 10 (on) rakamı ise dayanılmayacak şiddette bir ağrıyı simgeler. Hastalar, ağrı şiddetini bu çizgi üzerinde işaretleyerek ifade etmişlerdir. İşaretlenen noktalar, 0 noktasından başlayarak cetvel yardımıyla ölçülerek sayısal bir değer olarak kaydedilmiştir (Hudson et al., 2004).

Basınç ağrı eşiği (PPT), objektif olarak 10 kgf analog basınç Dolorimetresiye değerlendirildi (Baseline®, Fabrication Enterprises Inc. USA). PPT, hipomobil vertebra, ve lomber spinal çıkıntıların her iki tarafındaki spinal erektör kas grubunda üç noktada ölçüldü. Değerlendirme, katılımcılar yüzüstü yatarken yapıldı.

Değerlendirici, algometreyi yaklaşık 0.5 kgf/s hızında bastırdı ve katılımcılar ağrı hissettiklerinde "ağrı" demeleri istendi. Her bölgeden üç ölçüm alındı ve ortalamaları analizde kullanıldı. 10 kgf kuvvetinde ağrı hissedilmezse test durduruldu ve bu değer PPT olarak kabul edildi. Katılımcılara testi doğru anlamaları için önceden iki kez gösterim yapıldı. Ayrıca, iki değerlendirme arasında 2.5 puanlık bir farkın klinik olarak önemli olduğu belirtildi(Fagundes Loss et al., 2020).



Şekil 5. Dolorimetre.

Gövde fleksiyon ve ekstansiyon EHA ölçümleri iphone telefonu ile yapıldı. Bel mobilitesi değerlendirirken; modifiye schober ve el parmak zemin mesafe (EPZM) testleri kullanıldı.

Fleksiyon ölçümü için ayakta dik pozisyonda duran hasta, bacaklarını omuz genişliğinde açarak, dizleri tam ekstansiyonda tutacak şekilde öne doğru eğilerek gövdesinde fleksiyon yapması istendi. iPhone ® uygulaması kullanılarak cihaz, iliak krestin hemen üstünde, anterior superior ve posterior superior iliak omurga arasında yer alan orta noktada dik bir pozisyonda yerleştirildi. Ölçüm sırasında telefon, kolun orta aksiller hattını takip eden açı değerini kaydetti.

Ekstansiyon için Hasta, ayakta dik pozisyonda ve dizleri tam ekstansiyonda dururken, bacaklarını omuz genişliğinde açması ve kollarını omuz hizasından geriye doğru uzatması istendi. Hareket sırasında telefon, fleksiyon ölçümünde kullanılan pozisyonla aynı şekilde yerleştirildi ve ulaşılan maksimum ekstansiyon açısı kaydedildi(Caña-Pino et al., 2021).



Şekil 6. Lomber fleksiyon EHA ölçümü.



Şekil 7. Lomber ekstansiyon EHA ölçümü.

Bu test, lomber omurganın esnekliğini değerlendirmek amacıyla kullanıldı. Hasta ayakta dik pozisyonda dururken, spina iliaca posterior superiorlar işaretlenir ve lumbosakral birleşim noktasında bir çizgi oluşturuldu. Bu çizginin ortasından 5 cm aşağıya ve 10 cm yukarıya işaretler eklendi Hasta, dizleri ekstansiyonda tutarak gövde fleksiyonu yaptı. İşaretler arasındaki mesafe bir mezura yardımıyla ölçüldü. Sonuç, 15 cm'den çıkarılarak kaydedilir. Eğer ölçüm 7 cm'den düşükse, lomber omurganın esnekliğinin azalmış olduğu değerlendirilir (Tousignant et al., 2005).



Şekil 8. EPZM testi.



Şekil 9. MST.

Katılımcılara ayakta dururken dizlerini bükmeden ve ellerini gevşek bırakacak şekilde, yapabildikleri kadar gövde fleksiyonu yapmaları istendi. Katılımcının elinin üçüncü parmağı ile zemin arasındaki mesafe mezura kullanılarak ölçüldü. Bu test, gövde esnekliğini değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır (Uzunkulaoglu, 2018).

Gövde kas enduransı ölçümü için McGill ölçme yöntemi kullanıldı. Fleksör ve ekstansör kaslarının enduransları ölçüldü.

Ön abdominal (fleksör) kaslarının dayanıklılığının test edildiği sırada, katılımcılar yatakta uzun oturma pozisyonunda oturdular, bacakları ayak bileği seviyesinden bantlarla sabitlendi. Dizler ve kalçalar 90° açıda tutuldu ve kollar omuzlardan sarılmış halde, dirsekler göğüs hizasında hayali bir çizgide yer aldı. Daha sonra, analog bir gonyometre yardımıyla, katılımcının gövdesi 60° 'ye getirildi ve katılımcı bu pozisyonu olabildiğince uzun süre korumaya çalıştı. Test, katılımcı bu 60° pozisyonunu koruyamadığında ve gövdesini uygun pozisyondan oblik planda 10 cm'den fazla hareket ettirdiğinde sona erdi (McGill et al., 1999).

Dorsal (ekstansör) kasların dayanıklılığını test etmek için, katılımcılar yatakta yüzüstü pozisyonda yerleştirildi. Pelvisleri yatağın tam köşesine getirildi, bacakları uzatılmış ve gövde ile kollar yere temas edecek şekilde konumlandırıldı. Testin başında, katılımcılar kollarını omuzlarından sararak gövde ekstansiyonu gerçekleştirdi ve gövdeleri yatakla aynı hizaya gelene kadar kaldırıldı. Katılımcıların bacakları, gövdenin doğru pozisyondan belirgin bir şekilde değişip değişmediğini gözlemleyen bir denetleyici tarafından sabitlendi ve herhangi bir önemli sapma olduğunda test sonlandırıldı (McGill et al., 1999).



Şekil 10. Gövde fleksiyon endurans testi.



Şekil 11. Gövde ekstansiyon endurans testi.

Vücudun genel dengesini korumak karmaşık bir eylemdir ve farklı vücut sistemlerinin etkileşimini gerektirir. Bel ağrısı olan hastalarda postüral kontrol bozukluğu olduğuna dair çeşitli raporlar bulunmaktadır. Bu raporlar, bel ağrısı olan hastalarda artan postüral dengesizliğin, bel ve omurga kaslarının kuvvet, koordinasyon ve uyum bozukluklarından, son olarak da postüral dengeyi kontrol eden stratejilerin çeşitliliğinin azalmasından kaynaklandığını ortaya koymaktadır.(Shamsi et al., 2020)

Dinamik denge ölçümü için MYDT kullanılmıştır. Yıldız denge testi (SEBT), alt ekstremitenin dinamik dengesini klinik olarak değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan güvenilir bir yöntemdir. Zaman alıcı olan sekiz yönlü SEBT, genellikle sadece üç yönle yapılan modifiye edilmiş versiyonu (mSEBT) olarak kullanılmaktadır: Anterior (Ön), Posteromedial (Arka ve iç), Posterolateral (Arka ve dış) (van Lieshout et al., 2016).

Test başlamadan önce katılımcılar bir eğitim videosu izledi ve her iki bacak için dört deneme yaptı. Modifiye edilmiş Yıldız Denge Testi (mSEBT), üç yönle Y şeklinde bir ızgarada gerçekleştirildi: Anterior, Posterolateral ve Posteromedial. Katılımcılar çıplak ayakla, eller kalçada durarak her yöne üç deneme yaptılar. Geçersiz denemeler altı denemeye kadar tekrarlandı. Katılımcıların bacak uzunlukları ön üst iliak omurdan medial malleolusa kadar ölçüldü, sağ ve sol bacak ölçümleri ortalaması alındı. Uzanma mesafeleri, her üç denemenin ortalamasının bacak uzunluğuna bölünüp %100 ile çarpılmasıyla normalize edildi. Üç farklı yön için bu normalize edilmiş skorlar hesaplanarak genel bir bileşik skor elde edildi (van Lieshout et al., 2016).

Postüral ve statik denge kontrolü, tek bacak üzerinde yapılan Flamingo denge testi ile değerlendirildi. Katılımcılardan, gözleri açık şekilde, serbest bacak diz ekleminde bükülmüş ve ayak bileği kalçaya yakın tutulmuş olarak, 1 inç genişliğinde, 1½ inç yüksekliğinde ve 20 inç uzunluğunda bir bar üzerinde tek ayak üzerinde durmaları istendi. Bir dakikalık duruş süresince düşme sayısı kaydedildi ve bu sayı postüral denge ölçütü olarak kullanıldı. Her iki bacak için 30 saniyelik bir dinlenme arası ile birer deneme yapıldı. Tüm testlerden önce 1 dakikalık bir alışma süresi uygulandı. Her iki bacak için ortalama değer daha ileri istatistiksel analizler için kullanıldı (Jakobsen et al., 2011).



Şekil 12. MYDT.



Şekil 13. Polar H7 cihazı.



Şekil 14. Flamingo testi.

3.3.1 Otonom sinir sistemi değerlendirmesi. Analitik kalp hızı değişimini ölçmek için Polar H7 kalp atım hızı sensörü göğüs bandı kullanılmıştır (Polar H7). Değerlendirmede katılımcıya polar sistemi göğüs bandı sternumun tam üzerine yerleştirilmiştir. Oturma pozisyonu, genellikle düşük dinlenme kalp hızına sahip kişilerde görülen parasempatik sistem doygunluğunu azaltmak amacıyla tercih edilmiştir. Katılımcı bir sandalyeye oturtulmuş, tedaviye başlamadan önce 3. haftanın sonu ve 6. Haftanın sonu olarak 3 kere ölçülmüştür. Bu yöntemin elektromyokardiogram ile geçerliliği bulunmaktadır (Plews et al., 2017).

3.3.1.1 HRV (Kalp atım hızı değişkenliği). Kalp atım hızı değişkenliği (HRV), ardışık kalp atışları arasındaki zaman aralığındaki değişimin bir ölçüsüdür. Sağlıklı koşullarda yüksek HRV, vagal (parasempatik) etkinin güçlü olduğunu, düşük HRV ise sempatik dominansın arttığını gösterir (Shaffer & Ginsberg, 2017). Örneğin kronik bel ağrısı hastalarında HRV'nin anlamlı derecede azaldığı, sempatik etkinin baskın ve vagal (parasempatik) aktivitenin azalmış olduğu bildirilmiştir (Bandeira et al., 2021). Bu nedenle HRV, vagus siniri işlevini ve otonom dengeyi incelemek için yaygın kullanılır; bir çalışmada vagus siniri nörodinamik uygulamalarının parasempatik aktiviteyi artırarak HRV'yi yükselttiği gösterilmiştir (Pérez-Alcalde et al., 2024).

3.3.1.2 SDNN (Ardışık kalp atım aralıklarının karelerinin ortalamasının karekökü). RMSSD, ardışık kalp atışları arasındaki normal sinüs RR aralıkları farklarının karelerinin ortalamasının kareköküdür. Bu zaman-domeni ölçütü esasen vagal (parasempatik) aktivitenin büyüklüğünü yansıtır (Shaffer & Ginsberg, 2017). Yani RMSSD yüksekse parasempatik tonus güçlü demektir. Fizik tedavi çalışmalarında RMSSD sıkça parasempatik aktiviteyi değerlendirmek için kullanılmıştır. Örneğin bir çalışmada vagus sinirine yönelik nörodinamik tekniklerin uygulandığı kronik stres grubunda RMSSD değerlerinde anlamlı artışlar görülmüş, bu da parasempatik aktivitenin yükselmesinin bir göstergesi olmuştur (Pérez-Alcalde et al., 2024).

3.3.1.3 RMSSD (Normal sinüs ritimindeki rr aralıklarının standart sapması). SDNN, tüm normal sinüs kalp atışları arasındaki RR aralıklarının standart sapmasıdır. Bu ölçüm hem parasempatik hem de sempatik sinir sisteminin genel etkisini kapsar; hem alt frekanslı (VLF, LF) hem de toplam güçle yakından ilişkili bulunmuştur (Shaffer & Ginsberg, 2017). Yani SDNN değeri, her iki otonom dalın toplam etkinliğine bağlıdır. Literatürde fizik tedavi uygulamalarında SDNN de kullanılır; örneğin bir fizyoterapi çalışmasında manuel tedaviye eklenen nörodinamik tekniklerle yapılan müdahalede katılımcıların SDNN değerlerinde belirgin bir artış saptanmıştır (Pérez-Alcalde et al., 2024).

3.3.1.4 Ortalama R-R aralığı (MEAN RR). Ortalama R-R aralığı, ardışık kalp atışları arasındaki zaman aralıklarının ortalama değeri, yani ortalama inter-beat intervalıdır. Kalp atım hızı (HR) dakikadaki atış sayısı olup, HR yüksekse R-R aralığı kısalır; HR düşükse R-R aralığı uzar(Shaffer & Ginsberg, 2017). Bu nedenle parasempatik aktivite arttığında kalp hızı düşer ve ortalama R-R aralığı uzar, sempatik aktivite arttığında ise kalp hızı yükselir ve R-R aralığı kısalır. Özetle, ortalama R-R aralığı parasempatik tonu yansıtan bir indekstir. Örneğin kronik bel ağrısı veya stres durumlarında yapılan çalışmalarda ortalama R-R aralığının, parasempatik (vagal) aktiviteyle yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir (Telles et al., 2016).

3.3.1.5 HF ve LF. HRV'nin frekans analiziyle elde edilen bileşenlerden yüksek frekans (HF, genellikle 0.15–0.4 Hz) bandı çoğunlukla parasempatik (vagal) aktivite ile ilişkilidir. Düşük frekans (LF, 0.04–0.15 Hz) bandı ise hem sempatik hem parasempatik girdileri yansıtır; özellikle barorefleks mekanizmaları nedeniyle PNS ve SNS etkileşimlerine açıktır (Shaffer & Ginsberg, 2017). Geleneksel yaklaşımlarda HF'nin yüksek olması vagal dominansı, LF/HF oranının yüksek olması ise sempatik ağırlıklı durumu gösterir. Literatürde kronik ağrı durumlarında HF gücünün azaldığı, bunun parasempatik aktivitenin azaldığına işaret ettiği bildirilmiştir(Telles et al., 2016).Bu bağlamda, HF ve LF komponentleri vagus siniri ve otonom denge çalışmalarında sıkça değerlendirilir.

3.3.2 Propriyosepsiyon değerlendirmesi. Bel propriyosepsiyonunu iPhone® ile Ölçülmüştür. Katılımcılar önce ayakta dik bir pozisyonda, vücutları rahat bir şekilde duracak şekilde yerleştirilir. Ayaklar, ilerleme hattına yaklaşık 20 derece dışa dönük olmalı, topuklar üç santimetre aralıkla yerleştirilir ve göz hizasında sabit bir noktaya odaklanırlar. Oturduklarında, sırt dayanağı olmayan yükseklik ayarlanabilir bir sandalyeye otururlar, ayaklar zemine paralel şekilde yerleştirilir ve kolları ön bacaklarının üzerinde dinlendirilir. Ayaklar, ayakta pozisyonadaki mesafe ve rotasyonla aynı pozisyonda olmalıdır.

iPhone® cihazı, iliak kresten hemen üstte, anterior superior ve posterosuperior iliak spine arasındaki noktada dik bir şekilde yerleştirilir ve bir kemerle sabitlenir. Eğim ölçer 0° olarak ayarlanır ve başlangıç pozisyonu 0° olarak kabul edilir. Test sırasında, katılımcıya 30°'lik bir bel fleksiyonu yapılması sağlanır, ardından bu pozisyon 10 saniye süreyle hafızada tutulması istenir. Katılımcı, daha sonra başlangıç pozisyonuna

geri dönerek, bu pozisyonu üç kez tekrar etmeye çalışır. İlk tekrarlama, katılımcının teste alışması için bir alıştırma denemesi olup geçerli sayılmaz; ikinci ve üçüncü tekrarlar ise "test" ve "yeniden test" olarak değerlendirilir. Her deneme arasında 5 dakika ara verilir ve oturur ile ayakta yapılan testlerin sırası rastgele belirlenir. Tüm testler görsel veya işitsel sinyallerden uzak bir ortamda, deneyimli bir fizyoterapist tarafından gerçekleştirilir. Elde edilen veriler, proprioseptif fonksiyonun ne kadar doğru olduğunu gösteren ölçümlerle değerlendirilir (Caña-Pino et al., 2021).

3.3.3 Oswestry dizabilite indeksi (ODİ). ODİ, bel ağrısı olan bireylerde fonksiyonel kısıtlılığı değerlendirmek amacıyla kliniklerde sıkça kullanılan, 10 sorudan oluşan bir ölçüm aracıdır. Bu ölçek, bireylerin günlük yaşam aktivitelerindeki zorlukları ve ağrı düzeylerini analiz etmeye yöneliktir. Her bir soruya 0 ile 5 arasında puan verilerek yanıtlanır. Toplam puan şu şekilde hesaplanır: (Alınan toplam puan / Maksimum toplam puan) x 100. Daha yüksek puanlar, kişinin daha ciddi düzeyde yeti kaybı yaşadığını ifade eder (Yakut et al., 2004).

3.4 Tedavi Programı

Hastalar Grup 1(Önce vagus sinir uyarımı sonra manuel terapi) ve Grup 2 (Önce Manuel terapi sonra Vagus sinir uyarımı) olarak ikiye ayrıldılar

3.4.1 Kullanılan manuel terapi yöntemleri.

3.4.1.1 1 Lomber yumuşak doku kranial ve lateral mobilizasyon (yüzüstü pozisyonunda). hasta yüzüstü pozisyonunda yatırılarak karın altına destek yastığı yerleştirilir. Terapist, hastanın yan tarafında durarak mobilizasyonu uygular. Kranial mobilizasyonda, sol elin parmakları paraspinal kaslar üzerine yerleştirilir, sağ el ise bu parmaklara destek olacak şekilde konumlandırılır. Eller, cildin izin verdiği ölçüde kraniale doğru hareket ettirilirken kas içine kontrollü bir basınç uygulanır. Lateral mobilizasyonda, sağ başparmak paraspinal kaslara yatay olarak yerleştirilir ve sol el destek sağlar. Öncelikle cilt hafifçe omurgaya doğru çekilir, ardından omurgadan uzaklaşacak şekilde lateale doğru basınç uygulanır. Hareketler, spinöz prosesler boyunca kontrollü ve ritmik bir şekilde devam eder. Bu teknik, ciltte gerginlik yaratmadan yumuşak doku esnekliğini artırmak ve hareket kısıtlılıklarını azaltmak için kullanılır (Şekil 15).



Şekil 15. Lomber yumuşak doku kranial ve lateral mobilizasyon (yüzüstü pozisyonda).

3.4.1.2 Lateral lombar yumuşak doku mobilizasyon. Lomber bölgedeki yumuşak doku ve eklem kısıtlılıklarını gidermek için lateral mobilizasyon uygulanır. Hasta sol yanına yatacak şekilde pozisyonlanır ve terapist, hastanın karşısında durur. Terapist, parmaklarıyla hastanın sağ paraspinal kaslarının medial kısmını tutar, bir ön kolu hastanın kaburga kafesine, diğer ön kolu ise iliak cresta yerleştirir. Paraspinal kasları lateral yönde çekerken, aynı anda ön kollarını kullanarak hastanın lomber omurgasını zıt yöne pasif olarak eğmeye başlar. Ekstra yan eğilme hareketi sağlamak için, ön kolları kullanarak hastanın toraks ve pelvisini ayırır. Bu hareket, ritmik şekilde basınç uygulayıp bırakılarak yapılır, her hareketin ardından omurga başlangıç pozisyonuna geri döner (Şekil 16).



Şekil 16. Lateral lombar yumuşak doku mobilizasyon.

3.4.1.3 Medial lombar yumuşak doku mobilizasyon. Lomber bölgedeki yumuşak doku ve eklem kısıtlılıklarını gidermek için alternatif bir mobilizasyon tekniği uygulanır. Hasta sol yana yatacak şekilde pozisyonlanır ve terapist, hastanın karşısında durur. Terapist, sağ elinin topuğunu hastanın sağ medial quadratus lumborum ve sağ paraspinal kaslarının üzerine yerleştirir, sol elini ise hastanın sağ pelvisine yerleştirir. Sağ el, hastanın paraspinal kaslarını medial yönde itmeye başlarken, sol el pelvisini kraniale doğru iter ve böylece lomber omurgayı sağa doğru pasif olarak yan eğmeye yardımcı olur. Bu hareket ritmik şekilde basınç uygulanarak yapılır ve her hareketin ardından omurga başlangıç pozisyonuna geri döner (şekil 17).



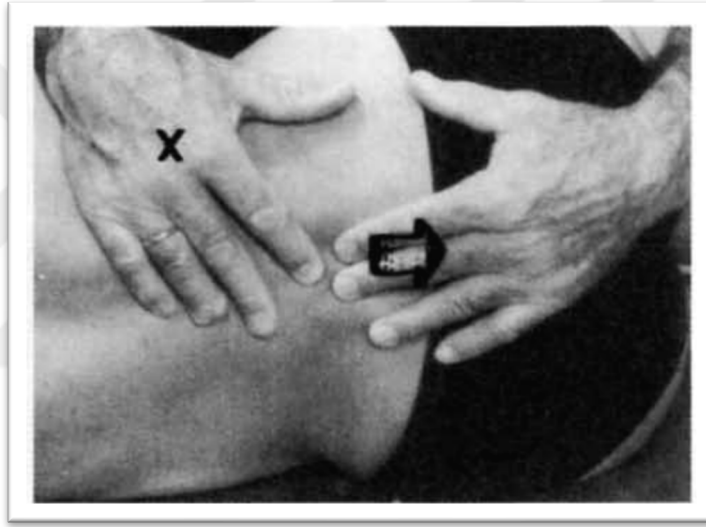
şekil 17. Medial lombar yumuşak doku mobilizasyon.

3.4.1.4 Lumbar segmental ekstansiyon yönünde esnetme mobilizasyonu. Hasta, belin dinlenme pozisyonunda kalmasını sağlamak için bel altına yastık yerleştirilmiş halde sol yan pozisyonunda yatar. Kalçalar ve dizler bükülüdür. Terapist, hastanın karşısında durur. Sağ elin işaret parmağı, hedeflenen segmentteki iki spinal çıkıntı arasına yerleştirilir ve segmentin kranial vertebraşı dorsalden sabitlenir. Sağ elin diğer kısmıyla segmentin kranial bölgesi stabilize edilir. Sol el, hastanın baldırlarını ve dizlerini kavrayarak hareketli el olarak görev yapar ve dizlere temas ederek vücut hareketle uyum sağlar. Hasta bacaklarının ve pelvisinin dorsal yönde hareket ettirilmesiyle hedef segment, kısıtlılık izin verdiği ölçüde ekstansiyona getirilir. Bu sırada diz ve kalça eklemlerinin açıları sabit tutulur. Ardından, dorsal yönde birinci derece lineer mobilizasyon uygulanır (Şekil 18).



Şekil 18. Lumbar segmental ekstansiyon yönünde esnetme mobilizasyonu.

3.4.1.5 Lumbar segmental fleksiyon yönünde esnetme. Mobilizasyonu Hasta, belin desteklenmesi için bel altına bir yastık yerleştirilmiş hasta yan pozisyonunda yatar. Kalçalar ve dizler bükülüdür. Terapist, hastanın karşısında durur. Sağ el, hedef segmentin kranial vertebraı üzerinde, lumbar omurganın sağ dorsal kısmına yerleştirilir ve transvers çıkıntıları ya da spinal çıkıntıyı sabitlemek için kullanılır. Sol el ise sakrum üzerine yerleştirilir ve hedef segmentin kaudal vertebraı üzerindeki transvers ya da spinal çıkıntılara temas eder. Terapistin vücudu, hastanın dizleriyle temas ederek hareketli elin bir uzantısı gibi hareket eder. Hedef segment, fleksiyona getirilir ve kısıtlılık izin verdiği ölçüde hareket ettirilir. Ardından, kaudal-ventral yönde üçüncü derece lineer mobilizasyon uygulanır.

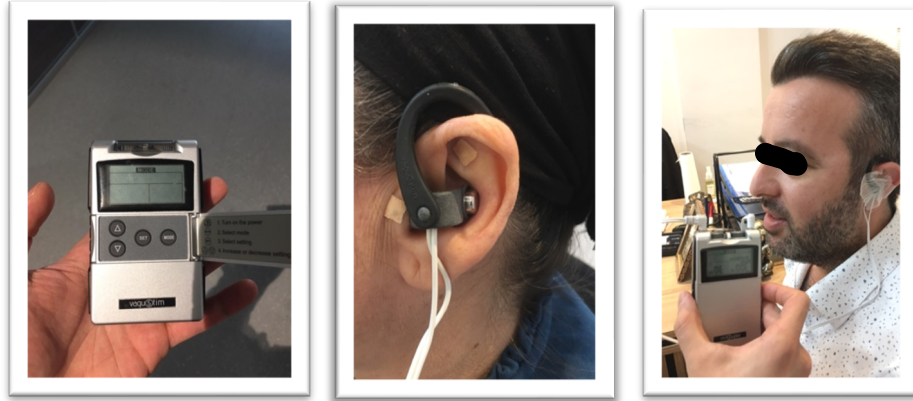


Şekil 19. Lumbar segmental fleksiyon yönünde esnetme.

3.4.2 Aurikuler vagus sinir uyarımı. Katılımcılara, non-invaziv auriküler vagus siniri uyarımı tedavi protokolü uygulanmıştır. Müdahale, Vagustim® cihazı kullanılarak, kulak içi anatomik yapıya uygun olarak tasarlanmış özel elektrotlar aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Tedavi süresi her seans için 20 dakika olarak belirlenmiştir. Haftada 3 seans ve toplamda 3 hafta uygulama yapılmıştır.

Uygulamada, cihazdan verilen elektriksel stimülasyonun frekansı 10 Hz, atım süresi ise 500 mikrosaniyeden kısa olacak şekilde ayarlanmıştır. Modüle TENS modu tercih edilmiş ve bifazik asimetrik dalga formu kullanılmıştır. Cihaz ile cilt arasında yeterli iletkenlik sağlamak ve cilt bütünlüğünü korumak amacıyla, uygulama bölgesine uygun bir iletken jel uygulanmıştır. Akım şiddeti, her bireyin duyuşal eşığı

dikkate alınarak, rahatsızlık ya da ağrı hissedilmeyecek şekilde kademeli olarak artırılarak ayarlanmıştır.



Şekil 20. Vagustim ile tVSS.

3.5 İstatiksel Analiz

Araştırmada elde edilen verilerin analizinde öncelikle betimsel istatistikler hesaplanmış, ardından gruplar arası ve zamana bağlı farklılıkları incelemek için parametrik olmayan istatistiksel analizler kullanılmıştır. Betimsel istatistiklerde ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık katsayıları raporlanmıştır. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının bazı değişkenlerde ± 1 aralığının dışında olması ve her bir grup için örneklem büyüklüğünün 28 kişi ile sınırlı kalması nedeniyle (Pallant, 2020) analizlerde parametrik olmayan testlere başvurulmuştur.

Gruplar arası karşılaştırmalar için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Bu test ile manuel terapi ve aurikular vagus sinir stimülasyonu yöntemlerinin etkileri, ön test, izleme testi ve son test ölçümlerinde karşılaştırılmıştır. Grupların zaman içindeki değişimlerini değerlendirmek için ise tekrarlı ölçümlere uygun olan Friedman testi tercih edilmiştir. Friedman testi sonuçları, her bir grup içerisinde ön test, izleme testi ve son test arasında anlamlı değişikliklerin olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Analizler sonucunda Oswestry Disability Index, Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT), Dolorimetre ölçümleri, Görsel Analog Skala (VAS), propriosepsiyon ölçümü, lumbal fleksiyon ve lumbal ekstansiyon testlerinde gruplar arası ve zaman içindeki değişimler detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular çalışmanın bulgular bölümünde tablolar ve ilgili istatistiksel değerler eşliğinde sunulmuştur.

Bölüm 4

Bulgular

Kronik bel ağrısında manuel terapi ve aurikular vagus sinir stimülasyonu yöntemlerinin karşılaştırılması için yürütülen bu araştırmada ilk olarak araştırma sürecinde elde edilen verilerin betimsel istatistikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1

Kronik Bel Ağrısında Manuel Terapi ve Aurikular Vagus Sinir Stimülasyonu İçin Betimsel İstatistikler

		Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Oswestry Ölçeği	Ön Test	46.141	10.487	.881	2.250
	İzleme Testi	36.571	12.061	.887	1.683
	Son Test	30.579	12.634	.685	.846
Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) Sol Ayak	Ön Test	72.398	8.007	-.302	.069
	İzleme Testi	76.907	9.253	.160	.662
	Son Test	81.075	9.598	.000	.378
Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) Sağ Ayak	Ön Test	75.421	9.214	-.080	-.559
	İzleme Testi	80.316	11.373	-.094	-.208
	Son Test	83.839	11.504	.391	.452
Dolorimetre	Ön Test	3.146	.655	-.066	.198
	İzleme Testi	3.639	.715	-.065	-.028
	Son Test	3.938	.682	-.397	.062
Görsel Analog Skala (VAS)	Ön Test	7.329	.924	.051	-.402
	İzleme Testi	5.861	1.022	.106	-.423
	Son Test	4.809	1.132	-.193	-.653

Tablo 1 (devam)

Propriosepsiyon	Ön Test	5.996	1.433	.318	-.472
Ölçümü	İzleme Testi	4.956	1.638	.165	-.121
	Son Test	4.396	1.772	.325	-.279
Lumbal	Ön Test	41.421	8.313	-.365	.210
Fleksiyon	İzleme Testi	44.841	9.455	-.070	-.430
	Son Test	47.164	9.879	-.112	-.558
Lumbal	Ön Test	19.588	4.706	.397	-.216
Ekstansiyon	İzleme Testi	21.482	5.700	.350	.196
	Son Test	22.821	6.020	-.087	.132
Kalp Hızı	Ön Test	818.054	60.636	.031	-.378
Değişkenliği - Mean RR	İzleme Testi	849.250	66.237	-.096	-.054
	Son Test	862.000	71.737	-.344	.336
Kalp Hızı	Ön Test	23.196	7.624	.252	-.886
Değişkenliği - RMSSD	İzleme Testi	28.016	8.096	.237	-.663
	Son Test	30.759	8.572	.190	-.062
Kalp Hızı	Ön Test	40.262	11.463	.451	.377
Değişkenliği - SDNN	İzleme Testi	44.730	11.691	.627	.476
	Son Test	47.988	12.478	.612	1.051
Kalp Hızı	Ön Test	440.357	95.527	-.314	-.351
Değişkenliği - HF	İzleme Testi	502.696	101.992	-.138	-.722
	Son Test	528.768	104.149	-.189	-.188
Kalp Hızı	Ön Test	569.375	167.880	.505	2.581
Değişkenliği - LF	İzleme Testi	631.589	169.181	.181	1.989
	Son Test	689.000	199.010	.468	1.735
Flamingo Denge	Ön Test	3.889	2.765	.159	-1.250
Testi	İzleme Testi	4.179	2.192	.290	-.226
	Son Test	3.214	2.380	.651	-.084
Kalp Hızı	Ön Test	60.528	5.035	-.009	-.921
Değişkenliği - HRV	İzleme Testi	59.915	5.734	.125	-1.164
	Son Test	84.468	2.868	.245	-1.104

Tablo 1 (devam)

Parmak Ucu-	Ön Test	24.828	5.323	-.234	0.41
Yere Mesafesi	İzleme Testi	21.156	5.353	.005	-.208
Testi (EPZM)	Son Test	17.491	6.111	-.142	-.128
Modifiye	Ön Test	5.406	1.105	.002	-.360
Schober Testi	İzleme Testi	6.266	1.239	-.079	-.245
	Son Test	6.964	1.354	-.304	-.244
Fleksör Kas	Ön Test	41.227	8.367	-.208	.405
Dayanıklılığı	İzleme Testi	51.250	9.656	.211	.782
Testleri	Son Test	60.063	10.098	.685	2.448
Ekstansör Kas	Ön Test	45.868	7.177	-.103	-.697
Dayanıklılığı	İzleme Testi	51.818	9.281	-.385	.044
Testleri	Son Test	56.832	9.481	-.535	.322

Tablo 1’deki bulgulara göre araştırma değişkenlerinin bazılarında çarpıklık ve basıklık katsayılarının ± 1 aralığının dışında olduğu tespit edilmiştir. Ancak araştırma örnekleminin büyüklüğü incelendiğinde her bir terapi grubu için 28 katılımcı olduğu görülmektedir. Bu durum sebebi ile araştırma sürecine tip 1 hata karışma olasılığından parametrik olmayan analiz yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir (Pallant, 2020) .

Önce Vagus Sinir uyarımı ve Sonra Manuel Terapi yönteminin uygulandığı grup (Grup 1) ve Önce Manuel terapi Sonra Vagus Sinir uyarımı yönteminin uygulandığı grup (Grup 2) katılımcılarına ait demografik bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2

Katılımcılara Ait Demografik Bilgiler

Demografik Özellik			N	%
Cinsiyet	Grup 1	Kadın	20	71.4
		Erkek	8	28.6
	Grup 2	Kadın	16	57.1
		Erkek	12	42.9
Sigara	Grup 1	Kullanmayan	16	57.1
		Kullanan	12	42.9
	Grup 2	Kullanmayan	14	50.0
		Kullanan	14	50.0

Tablo 2 (devam)

Medeni Durum	Grup 1	Bekâr	6	21.4
		Evli	22	78.6
	Grup 2	Bekâr	7	25.0
		Evli	21	75.0
Eğitim Düzeyi	Grup 1	Okuryazar	2	7.1
		Lise Mezunu	7	25.0
		Üniversite Mezunu	18	64.3
		Lisansüstü Mezunu	1	3.6
	Grup 2	Okuryazar	2	7.1
		Lise Mezunu	8	28.6
		Üniversite Mezunu	15	53.6
		Lisansüstü Mezunu	3	10.7
		TOPLAM		56

Grup 1 = Önce Vagus Sonra Manuel Terapi Yönteminin Uygulandığı Grup, Grup 2 = Önce Manuel Sonra Vagus Terapi Yönteminin Uygulandığı Grup

Katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde Grup 1'de (önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan grup) yer alan bireylerin %71,4'ü kadın (n = 20) ve %28,6'sı erkektir (n = 8). Grup 2'de (önce manuel terapi ve ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan grup) ise katılımcıların %57,1'i kadın (n = 16), %42,9'u erkektir (n = 12). Sigara kullanımı açısından Grup 1'de katılımcıların %57,1'i (n = 16) sigara kullanmazken, %42,9'u (n = 12) sigara kullanmaktadır. Grup 2'de bu oran eşit şekilde dağılmış olup hem sigara kullanan hem de kullanmayan katılımcılar %50'lik (n = 14) oranlara sahiptir. Medeni durum dağılımı açısından Grup 1'de katılımcıların %21,4'ü (n = 6) bekar ve %78,6'sı (n = 22) evlidir. Grup 2'de ise %25'i (n = 7) bekar, %75'i (n = 21) evlidir. Eğitim düzeyine göre incelendiğinde Grup 1'de katılımcıların %7,1'i (n = 2) okuryazar, %25'i (n = 7) lise mezunu, %64,3'ü (n = 18) üniversite mezunu ve %3,6'sı (n = 1) lisansüstü mezunuydu. Grup 2'de ise katılımcıların %7,1'i (n = 2) okuryazar, %28,6'sı (n = 8) lise mezunu, %53,6'sı (n = 15) üniversite mezunu ve %10,7'si (n = 3) lisansüstü mezunudur.

Oswestry Ölçeği, Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) Sol Ayak, Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) Sağ Ayak, Dolorimetre, Görsel Analog Skala (VAS), Proprioepsiyon Ölçümü, Lumbal Fleksiyon, Lumbal Ekstansiyon, Kalp Hızı Değişkenliği - Mean RR, Kalp Hızı Değişkenliği - RMSSD, Kalp Hızı Değişkenliği - SDNN, Kalp Hızı Değişkenliği - HF, Kalp Hızı Değişkenliği - LF, Flamingo Denge

Testi, Kalp Hızı Değişkenliği – HRV, Parmak Ucu-zemine Mesafesi Testi (EPZM), Modifiye Schober Testi, Fleksör Kas Dayanıklılığı Testleri ve Ekstansör Kas Dayanıklılığı Testleri Sonuçlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Farklılaşması, Oswestry Ölçeği, Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) Sol Ayak, Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) Sağ Ayak, Dolorimetre, Görsel Analog Skala (VAS), Proprioepsiyon Ölçümü, Lumbal Fleksiyon, Lumbal Ekstansiyon, Kalp Hızı Değişkenliği - Mean RR, Kalp Hızı Değişkenliği - RMSSD, Kalp Hızı Değişkenliği – SDNN, Kalp Hızı Değişkenliği – HF, Kalp Hızı Değişkenliği – LF, Flamingo Denge Testi, Kalp Atım Hızı Değişkenliği – HRV, Parmak Ucu-Zemine Mesafesi Testi (EPZM), Modifiye Schober Testi, Fleksör Kas Dayanıklılığı Testleri ve Ekstansör Kas Dayanıklılığı Testleri Sonuçlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Farklılaşma durumunu tespit etmek amacıyla gruplar arası değişimleri test etmek için Mann Whitney U Testi, grup içi değişimleri tespit etmek için Friedman Testi kullanılmıştır. Analiz sonuçları (Tablo 3).

Tablo 3

Önce Vagus Sonra Manuel Terapi Yönteminin Uygulandığı Gruba (Grup 1) ve Önce Manuel Sonra Vagus Terapi Yönteminin Uygulandığı Grupların (Grup 2) Analiz Sonuçlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Farklılaşması

	Gruplar Arası Değişim								Grup İçi Değişim						
	Test	Grup	N	Ortanca	Toplam	U	Z	p		Ölçüm	N	Ortanca	χ^2	sd	p
Oswestry Ölçeği	Ön	Grup 1	28	25.50	714.0	308.0	-1.377	.169	Grup 1	Ön Test	28	2.96	52.071	2	.000*
	Test	Grup 2	28	31.50	882.0					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	1.04			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	26.09	730.5	324.5	-1.106	.269	Grup 2	Ön Test	28	2.96	48.500	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	30.91	865.5					İzleme	28	1.93			
										Testi	28	1.11			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	27.21	762.0	356.0	-.590	.555							
	Test	Grup 2	28	29.79	834.0										
MYDT Sol Ayak	Ön	Grup 1	28	24.16	676.5	270.5	-1.991	.046	Grup 1	Ön Test	28	1.14	35.429	2	.000*
	Test	Grup 2	28	32.84	919.5			*		İzleme	28	2.14			
										Testi	28	2.71			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	26.46	741.0	335.0	-.934	.350	Grup 2	Ön Test	28	1.39	21.929	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	30.54	855.0					İzleme	28	1.96			
										Testi	28	2.64			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	28.82	807.0	383.0	-.147	.883							
	Test	Grup 2	28	28.18	789.0										

Tablo 3 (devam)

MYDT Sağ Avak	Ön	Grup 1	28	28.34	793.5	387.5	-.074	.941	Grup 1	Ön Test	28	1.07	42.000	2	.000*
	Test	Grup 2	28	28.66	802.5					İzleme	28	2.14			
										Testi	28	2.79			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	31.61	885.0	305.0	-1.426	.154	Grup 2	Ön Test	28	1.50	12.286	2	.002*
	Testi	Grup 2	28	25.39	711.0					İzleme	28	2.07			
										Testi	28	2.43			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	32.55	911.5	278.5	-1.860	.063							
	Test	Grup 2	28	24.45	684.5										
Dolorimetre	Ön	Grup 1	28	29.34	821.5	368.5	-.386	.700	Grup 1	Ön Test	28	1.07	51.019	2	.000*
	Test	Grup 2	28	27.66	774.5					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	2.93			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	28.50	798.0	392.0	.000	1.00	Grup 2	Ön Test	28	1.14	43.709	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	28.50	798.0			0		İzleme	28	1.96			
										Testi	28	2.89			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	29.27	819.5	370.5	-.353	.724							
	Test	Grup 2	28	27.73	776.5										
Görsel Analog Skala (VAS)	Ön	Grup 1	28	27.36	766.0	360.0	-.525	.600	Grup 1	Ön Test	28	3.00	56.000	2	.000*
	Test	Grup 2	28	29.64	830.0					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	1.00			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	28.21	790.0	384.0	-.131	.896	Grup 2	Ön Test	28	3.00	56.000	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	28.79	806.0					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	1.00			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	28.16	788.5	382.5	-.156	.876							
	Test	Grup 2	28	28.84	807.5										
Propriosepsiyon Ölçümü	Ön	Grup 1	28	25.95	726.5	320.5	-1.172	.241	Grup 1	Ön Test	28	2.86	39.500	2	.000*
	Test	Grup 2	28	31.05	869.5					İzleme	28	1.96			
										Testi	28	1.18			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	26.50	742.0	336.0	-.918	.359	Grup 2	Ön Test	28	2.86	33.429	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	30.50	854.0					İzleme	28	1.79			
										Testi	28	1.36			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	26.09	730.5	324.5	-1.106	.269							
	Test	Grup 2	28	30.91	865.5										
Lumbar Fleksiyon	Ön	Grup 1	28	24.07	674.0	268.0	-2.032	.042	Grup 1	Ön Test	28	1.27	27.045	2	.000*
	Test	Grup 2	28	32.93	922.0			*		İzleme	28	2.09			
										Testi	28	2.64			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	25.54	715.0	309.0	-1.360	.174	Grup 2	Ön Test	28	1.36	18.396	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	31.46	881.0					İzleme	28	2.20			
										Testi	28	2.45			
										Son Test					

Tablo 3 (devam)

	Son	Grup 1	28	25.80	722.5	316.5	-1.237	.216							
	Test	Grup 2	28	31.20	873.5										
Lumbal Ekstansiyon	Ön	Grup 1	28	28.55	799.5	390.5	-.025	.980	Grup 1	Ön Test	28	1.25	27.643	2	.000*
	Test	Grup 2	28	28.45	796.5					İzleme	28	2.11			
										Testi	28	2.64			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	28.82	807.0	383.0	-.147	.883	Grup 2	Ön Test	28	1.46	20.883	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	28.18	789.0					İzleme	28	1.88			
										Testi	28	2.66			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	29.00	812.0	378.0	-.229	.819							
	Test	Grup 2	28	28.00	784.0										
Kalp Hızı Değişkenliği - Mean RR	Ön	Grup 1	28	29.98	839.5	350.5	-.680	.496	Grup 1	Ön Test	28	1.20	28.927	2	.000*
	Test	Grup 2	28	27.02	756.5					İzleme	28	2.25			
										Testi	28	2.55			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	30.73	860.5	329.5	-1.024	.306	Grup 2	Ön Test	28	1.43	16.883	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	26.27	735.5					İzleme	28	2.05			
										Testi	28	2.52			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	32.29	904.0	286.0	-1.737	.082							
	Test	Grup 2	28	24.71	692.0										
Kalp Hızı Değişkenliği - RMSSD	Ön	Grup 1	28	32.38	906.5	283.5	-1.778	.075	Grup 1	Ön Test	28	1.18	30.500	2	.000*
	Test	Grup 2	28	24.63	689.5					İzleme	28	2.21			
										Testi	28	2.61			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	31.43	880.0	310.0	-1.344	.179	Grup 2	Ön Test	28	1.25	26.643	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	25.57	716.0					İzleme	28	2.14			
										Testi	28	2.61			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	30.66	858.5	331.5	-.991	.321							
	Test	Grup 2	28	26.34	737.5										
Kalp Hızı Değişkenliği - SDNN	Ön	Grup 1	28	25.84	723.5	317.5	-1.221	.222	Grup 1	Ön Test	28	1.30	27.655	2	.000*
	Test	Grup 2	28	31.16	872.5					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	2.70			
										Son Test					
	İzleme	Grup 1	28	26.34	737.5	331.5	-.992	.321	Grup 2	Ön Test	28	1.25	27.643	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	30.66	858.5					İzleme	28	2.11			
										Testi	28	2.64			
										Son Test					
	Son	Grup 1	28	27.43	768.0	362.0	-.492	.623							
	Test	Grup 2	28	29.57	828.0										
Kalp Hızı Değişkenliği	Ön	Grup 1	28	31.88	892.5	297.5	-1.549	.121	Grup 1	Ön Test	28	1.14	31.143	2	.000*
	Test	Grup 2	28	25.13	703.5					İzleme	28	2.36			
										Testi	28	2.50			
										Son Test					

Tablo 3 (devam)

										Izleme Testi	28	2.75			
										Son Test					
Kalp Hızı Değişkenliği - LF	Son	Grup 1	28	30.34	849.5	340.5	-.844	.399							
	Test	Grup 2	28	26.66	746.5										
	Ön	Grup 1	28	30.45	852.5	337.5	-.893	.372	Grup 1	Ön Test	28	1.36	17.643	2	.000*
	Test	Grup 2	28	26.55	743.5										
Flamingo Denge Testi	İzleme	Grup 1	28	30.48	853.5	336.5	-.909	.363	Grup 2	Ön Test	28	1.38	33.315	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	26.52	742.5										
Kalp Hızı Değişkenliği - HRV	Son	Grup 1	28	26.95	754.5	348.5	-.713	.476							
	Test	Grup 2	28	30.05	841.5										
	Ön	Grup 1	28	29.87	806.5	300.5	-1.116	.265	Grup 1	Ön Test	28	2.06	8.413	2	.015*
	Test	Grup 2	28	25.13	678.5										
Kalp Hızı Değişkenliği - HRV	İzleme	Grup 1	28	26.39	739.0	333.0	-.978	.328	Grup 2	Ön Test	28	1.72	11.356	2	.003*
	Testi	Grup 2	28	30.61	857.0										
Pomnak Ucu-Yere Mesafesi Testi (PP2M)	Son	Grup 1	28	25.63	717.5	311.5	-1.334	.182							
	Test	Grup 2	28	31.38	878.5										
	Ön	Grup 1	28	27.69	747.5	359.5	-.087	.931	Grup 1	Ön Test	28	1.70	42.741	2	.000*
	Test	Grup 2	28	27.31	737.5										
Kalp Hızı Değişkenliği - HRV	İzleme	Grup 1	28	23.80	642.5	264.5	-1.730	.084	Grup 2	Ön Test	28	1.44	40.667	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	31.20	842.5										
Pomnak Ucu-Yere Mesafesi Testi (PP2M)	Son	Grup 1	28	26.07	704.0	326.0	-.666	.505							
	Test	Grup 2	28	28.93	781.0										
	Ön	Grup 1	28	33.45	936.5	253.5	-2.270	.023	Grup 1	Ön Test	28	2.93	52.286	2	.000*
	Test	Grup 2	28	23.55	659.5										
Pomnak Ucu-Yere Mesafesi Testi (PP2M)	İzleme	Grup 1	28	35.79	1002	188.0	-3.343	.001	Grup 2	Ön Test	28	2.96	52.071	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	21.21	594.0										
Pomnak Ucu-Yere Mesafesi Testi (PP2M)	Son	Grup 1	28	34.21	958.0	232.0	-2.622	.009							
	Test	Grup 2	28	22.79	638.0										

Tablo 3 (devam)

Modifiye Schober Testi	Ön Test	Grup 1	28	29.18	817.0	373.0	-.311	.756	Grup 1	Ön Test	28	1.11	44.643	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	27.82	779.0					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	2.89			
										Son Test					
	İzleme Testi	Grup 1	28	28.34	793.5	387.5	-.074	.941	Grup 2	Ön Test	28	1.07	44.857	2	.000*
		Grup 2	28	28.66	802.5					İzleme	28	2.07			
										Testi	28	2.86			
										Son Test					
	Son Test	Grup 1	28	29.70	831.5	358.5	-.549	.583							
	Testi	Grup 2	28	27.30	764.5										
Fleksör Kas Dayanıklılığı Testleri	Ön Test	Grup 1	28	31.25	875.0	315.0	-1.262	.207	Grup 1	Ön Test	28	1.04	50.214	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	25.75	721.0					İzleme	28	2.04			
										Testi	28	2.93			
										Son Test					
	İzleme Testi	Grup 1	28	29.38	822.5	367.5	-.401	.688	Grup 2	Ön Test	28	1.00	56.000	2	.000*
		Grup 2	28	27.63	773.5					İzleme	28	2.00			
										Testi	28	3.00			
										Son Test					
	Son Test	Grup 1	28	28.73	804.5	385.5	-.107	.915							
	Testi	Grup 2	28	28.27	791.5										
Ekstansör Kas Dayanıklılığı Testleri	Ön Test	Grup 1	28	26.54	743.0	337.0	-.901	.367	Grup 1	Ön Test	28	1.14	46.929	2	.000*
	Testi	Grup 2	28	30.46	853.0					İzleme	28	1.89			
										Testi	28	2.96			
										Son Test					
	İzleme Testi	Grup 1	28	27.14	760.0	354.0	-.623	.533	Grup 2	Ön Test	28	1.11	50.643	2	.000*
		Grup 2	28	29.86	836.0					İzleme	28	1.89			
										Testi	28	3.00			
										Son Test					
	Son Test	Grup 1	28	26.84	751.5	345.5	-.762	.446							
	Testi	Grup 2	28	30.16	844.5										

Grup 1 = Önce Vagus Sonra Manuel Terapi Yönteminin Uygulandığı Grup, Grup 2 = Önce Manuel Sonra Vagus Terapi Yönteminin Uygulandığı Grup, χ^2 = Ki Kare, sd = Serbestlik Değeri, * = $p < .05$

Tablo 3'teki bulgulara göre Oswestry Ölçeği ön test puanları incelendiğinde Önce Vagus sinir uyarımı Sonra Manuel Terapi Yönteminin Uygulandığı Grup (Sıra Ort. = 25.50, $n = 28$) ile Önce Manuel Terapi Sonra Vagus Sinir Uyarımı Yönteminin Uygulandığı Grup (Ort. sıra = 31.50, $n = 28$) arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($U = 308.00$, $Z = -1.38$, $p = .169$). Benzer şekilde, izleme testi sonuçları da gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($U = 324.50$, $Z = -1.11$, $p = .269$). Son test bulgularında da anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($U = 350.00$, $Z = -0.59$, $p = .555$). Bu sonuçlar her iki terapi grubunun Oswestry Ölçeği açısından benzer düzeyde etkililik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Oswestry Ölçeği sonuçları her iki terapi grubunda da (Grup 1 = Önce Vagus sinir uyarımı Sonra Manuel Terapi; Grup 2 = Önce Manuel Sonra Vagus Terapi) ön test, izleme testi ve son test ölçümleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu tespit edilmiştir. Önce vagus sinir uyarımı sonra manuel terapi yönteminin uygulandığı

grubu için yapılan Friedman testi sonucunda, ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($\chi^2_2 = 52.07$, $p < .001$). Benzer şekilde önce manuel terapi sonra vagus sinir uyarımı yönteminin uygulandığı grup için de ölçümler arasında anlamlı bir fark saptanmıştır ($\chi^2_2 = 48.50$, $p < .001$). Her iki grupta da Oswestry Ölçeği puanlarının sırayla azaldığı görülmekte, bu da tedavi süreci boyunca hastaların işlevsel kısıtlılık düzeylerinde anlamlı bir iyileşme yaşandığını ortaya koymaktadır.

MYDT Sol Ayak ön test sonuçları incelendiğinde, Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 24.16 ($n = 28$) iken Önce manuel Terapi ardından Vagus Sinir uyarımı uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması 32.84 ($n = 28$) olarak bulunmuştur. Gruplar arasında bu ölçümde anlamlı bir fark saptanmıştır ($U = 270.50$, $Z = -1.99$, $p = .046$). Buna karşılık, izleme testi bulguları gruplar arasında anlamlı bir fark göstermemiştir (Grup 1 sıra ort. = 26.46, Grup 2 sıra ort. = 30.54; $U = 335.00$, $Z = -0.93$, $p = .350$). Son test sonuçlarında da benzer şekilde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 28.82, Grup 2 sıra ort. = 28.18; $U = 383.00$, $Z = -0.15$, $p = .883$). Bu bulgular, sadece ön test aşamasında gruplar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu ancak takip eden ölçümlerde bu farkın ortadan kalktığını göstermektedir.

Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) sol ayak ölçümleri incelendiğinde, Önce Vagus Sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in denge puanlarında anlamlı bir artış olduğu gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 1.14 iken, izleme testinde 2.14 ve son testte 2.71'e yükselmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bu değişimin anlamlı olduğu belirlenmiştir ($\chi^2_{(2)} = 35.43$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel terapi ardından Vagus Sinir uyarımı uygulanan Grup 2'de de MYDT sol ayak ölçümleri anlamlı düzeyde değişim göstermiştir. Grup 2'nin ortalama sıra puanları sırasıyla ön testte 1.39, izleme testinde 1.96 ve son testte 2.64 olarak gözlenmiş; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 21.93$, $p < .001$). Bu sonuçlar, her iki terapi sıralamasının da denge performansını zaman içinde anlamlı şekilde artırdığını ortaya koymaktadır.

MYDT Sağ Ayak ön test sonuçları incelendiğinde, Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 28.34 ($n = 28$) Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 28.66 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Gruplar arasında bu ölçüm açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($U = 387.50$, $Z = -0.07$, $p = .941$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 31.61, Grup 2 sıra ort. = 25.39;

U = 305.00, Z = -1.43, p = .154). Son test sonuçları da benzer şekilde anlamlılığa ulaşmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 32.55, Grup 2 sıra ort. = 24.45; U = 278.50, Z = -1.86, p = .063). Bu sonuçlar, sağ ayak denge performansı açısından terapi sıralamasının gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığını göstermektedir.

Modifiye Yıldız Denge Testi (MYDT) sağ ayak ölçümlerine göre, Önce Vagus Sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in denge performansında zaman içinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 1.07 iken, izleme testinde 2.14 ve son testte 2.79'a yükselmiştir. Yapılan analiz sonucunda bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 42.00$, p < .001). Diğer yandan, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de benzer bir gelişim gözlenmiştir. Grup 2'nin ortalama sıra puanı ön testte 1.50, izleme testinde 2.07 ve son testte 2.43 olarak kaydedilmiştir; bu değişim de anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 12.29$, p = .002). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da sağ ayak denge performansını istatistiksel olarak anlamlı şekilde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır.

Dolorimetre ön test bulgularına göre Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 29.34 (n = 28), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 27.66 (n = 28) olarak bulunmuştur. Gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (U = 368.50, Z = -0.39, p = .700). İzleme testi bulgularında da her iki grubun sıra ortalamaları eşit olup (28.50), anlamlı bir fark gözlenmemiştir (U = 392.00, Z = 0.00, p = 1.000). Benzer şekilde, son test sonuçları açısından da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 29.27, Grup 2 sıra ort. = 27.73; U = 370.50, Z = -0.35, p = .724). Bu bulgular, uygulanan terapi sıralamasının Dolorimetre ölçümleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Dolorimetre ölçümleri incelendiğinde Önce Vagus Sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in ortalama sıra puanlarının zaman içinde anlamlı bir artış gösterdiği görülmektedir. Grup 1'in ön test ortalaması 1.07 iken, izleme testinde 2.00 ve son testte 2.93 olarak kaydedilmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 51.02$, p < .001). Benzer şekilde, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de anlamlı bir gelişim gözlenmiştir. Grup 2'nin ön test ortalaması 1.14, izleme testi 1.96 ve son test ortalaması 2.89 olarak belirlenmiştir ve bu değişim de istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 43.71$, p < .001). Bu sonuçlar, her iki terapi sıralamasının da ağrı eşiğinde anlamlı bir iyileşmeye yol açtığını ortaya koymaktadır.

Görsel Analog Skalası (VAS) ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 27.36 (n = 28), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 29.64 (n = 28) olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (U = 360.00, Z = -0.53, p = .600). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 28.21, Grup 2 sıra ort. = 28.79; U = 384.00, Z = -0.13, p = .896). Son test sonuçlarında da benzer şekilde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 28.16, Grup 2 sıra ort. = 28.84; U = 382.50, Z = -0.16, p = .876). Bu bulgular, terapi sıralamasının VAS sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir.

Görsel Analog Skalası (VAS) sonuçları incelendiğinde Önce Vagus Uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in ağrı düzeylerinde zamanla belirgin bir azalma gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 3.00, izleme testinde 2.00 ve son testte 1.00 olarak kaydedilmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2(2) = 56.00$, p < .001). Benzer bir örüntü, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de gözlenmiştir. Grup 2'nin VAS puanları ön testte 3.00, izleme testinde 2.00 ve son testte 1.00 düzeyine gerilemiş; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 56.00$, p < .001). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da ağrı düzeyini azaltmada etkili olduğunu göstermektedir.

Proprioepsiyon ölçümüne ait ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 25.95 (n = 28), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 31.05 (n = 28) olarak hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (U = 320.50, Z = -1.17, p = .241). İzleme testi bulgularında da anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 26.50, Grup 2 sıra ort. = 30.50; U = 336.00, Z = -0.92, p = .359). Benzer şekilde, son test bulguları da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir (Grup 1 sıra ort. = 26.09, Grup 2 sıra ort. = 30.91; U = 324.50, Z = -1.11, p = .269). Bu sonuçlar, proprioepsiyon düzeyinin terapi sıralamasından bağımsız olarak benzer şekilde geliştiğini göstermektedir.

Proprioepsiyon ölçümleri incelendiğinde Önce Vagus Sinir Uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in duyu hassasiyetinde anlamlı bir gelişme olduğu gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 2.86 iken, izleme testinde 1.96 ve son testte 1.18'e düşmüştür. Bu azalma istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2(2) = 39.50$, p < .001). Benzer şekilde, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de

proprioepsiyon düzeyinde anlamlı bir iyileşme gözlenmiştir. Grup 2'nin ön test ortalaması 2.86, izleme testi 1.79 ve son test ortalaması 1.36 olarak hesaplanmış; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 33.43$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da proprioepsiyon gelişimini anlamlı düzeyde desteklediğini göstermektedir.

Lumbal Fleksiyon ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus Sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 24.07 ($n = 28$), Önce manuel terapi ardından Vagus Sinir Uyarımı uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 32.93 ($n = 28$) olarak bulunmuştur. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($U = 268.00$, $Z = -2.03$, $p = .042$). Ancak izleme testi bulgularında gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 25.54, Grup 2 sıra ort. = 31.46; $U = 309.00$, $Z = -1.36$, $p = .174$). Son test bulguları da benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir (Grup 1 sıra ort. = 25.80, Grup 2 sıra ort. = 31.20; $U = 316.50$, $Z = -1.24$, $p = .216$). Bu bulgular, sadece ön test aşamasında gruplar arasında lumbal fleksiyon açısından anlamlı bir fark olduğunu, ancak sonraki ölçümlerde bu farkın ortadan kalktığını göstermektedir.

Lumbal Fleksiyon bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in esneklik düzeyinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 1.27 iken izleme testinde 2.09 ve son testte 2.64'e yükselmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2(2) = 27.05$, $p < .001$). Benzer bir gelişim Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2'de de gözlenmiştir. Grup 2'nin ortalama sıra puanı ön testte 1.36, izleme testinde 2.20 ve son testte 2.45 olarak kaydedilmiş; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 18.40$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da lumbal fleksiyon performansını anlamlı düzeyde artırdığını göstermektedir.

Lumbal Ekstansiyon ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 28.55 ($n = 28$), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 28.45 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($U = 390.50$, $Z = -0.03$, $p = .980$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 28.82, Grup 2 sıra ort. = 28.18; $U = 383.00$, $Z = -0.15$, $p = .883$). Son test sonuçları da benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir (Grup 1 sıra ort. = 29.00, Grup 2 sıra ort. = 28.00; $U = 378.00$,

$Z = -0.23$, $p = .819$). Bu bulgular, terapi sıralamasının lumbal ekstansiyon üzerindeki etkisinin anlamlı olmadığını göstermektedir.

Lumbal Ekstansiyon test sonuçları incelendiğinde, Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in esneklik düzeyinde anlamlı bir artış olduğu gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 1.25, izleme testinde 2.11 ve son testte 2.64 olarak ölçülmüş; bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 27.64$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de istatistiksel olarak anlamlı bir gelişim gözlenmiştir. Grup 2'nin ortalama sıra puanı ön testte 1.46, izleme testinde 1.88 ve son testte 2.66 olarak kaydedilmiş; bu değişim anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 20.88$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da lumbal ekstansiyon esnekliği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (Mean RR) ön test bulgularına göre Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 29.98 ($n = 28$), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 27.02 ($n = 28$) olarak bulunmuştur. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 350.50$, $Z = -0.68$, $p = .496$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 30.73, Grup 2 sıra ort. = 26.27; $U = 329.50$, $Z = -1.02$, $p = .306$). Son test sonuçları incelendiğinde ise, Grup 1'in sıra ortalaması 32.29, Grup 2'nin sıra ortalaması 24.71 olarak hesaplanmıştır; bu fark istatistiksel olarak anlamlılık sınırına yaklaşıp da anlamlı bulunmamıştır ($U = 286.00$, $Z = -1.74$, $p = .082$). Bu bulgular, Mean RR ölçümünde gruplar arasında belirgin bir farklılık olmadığını, ancak son testte Grup 1 lehine artış eğilimi gözlemlendiğini göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (Mean RR) ölçümleri incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in değerlerinde zaman içinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 1.20, izleme testinde 2.25 ve son testte 2.55 olarak kaydedilmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 28.93$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de anlamlı bir gelişim saptanmıştır. Grup 2'nin ortalama sıra puanı ön testte 1.43, izleme testinde 2.05 ve son testte 2.52 olarak hesaplanmış; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2(2) = 16.88$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da Mean RR düzeyini zamanla olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (RMSSD) ön test bulgularına göre Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 32.38 (n = 28), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 24.63 (n = 28) olarak hesaplanmıştır. Bu fark anlamlılık düzeyine yaklaşıp da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (U = 283.50, Z = -1.78, p = .075). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 31.43, Grup 2 sıra ort. = 25.57; U = 310.00, Z = -1.34, p = .179). Benzer şekilde, son test bulguları da istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 30.66, Grup 2 sıra ort. = 26.34; U = 331.50, Z = -0.99, p = .321). Bu bulgular, terapi sıralamasının RMSSD üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığını, ancak Grup 1 lehine tutarlı bir üstünlük eğilimi olduğunu göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (RMSSD) sonuçlarına göre Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in ortalama sıra puanlarında zamanla anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ön test ortalaması 1.18, izleme testi 2.21 ve son test ortalaması 2.61 olarak kaydedilmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 30.50$, p < .001). Benzer şekilde, Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2'de de anlamlı bir gelişim gözlenmiştir. Grup 2'nin ortalama sıra puanı ön testte 1.25, izleme testinde 2.14 ve son testte 2.61 olarak belirlenmiştir; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 26.64$, p < .001). Bu bulgular her iki terapi sıralamasının da RMSSD düzeyini olumlu yönde ve anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (SDNN) ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 25.84 (n = 28), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 31.16 (n = 28) olarak bulunmuştur. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (U = 317.50, Z = -1.22, p = .222). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 26.34, Grup 2 sıra ort. = 30.66; U = 331.50, Z = -0.99, p = .321). Son test sonuçlarında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 27.43, Grup 2 sıra ort. = 29.57; U = 362.00, Z = -0.49, p = .623). Bu bulgular terapi sıralamasının SDNN düzeyleri üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadağını göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (SDNN) ölçümleri incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in ortalama sıra puanlarında anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ön testteki ortalama puanı 1.30 iken, izleme testinde 2.00 ve

son testte 2.70'e yükselmiştir. Bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 27.66$, $p < .001$). Benzer bir örüntü, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de görülmüştür. Grup 2'nin ortalama sıra puanları sırasıyla ön testte 1.25, izleme testinde 2.11 ve son testte 2.64 olarak kaydedilmiştir; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 27.64$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da SDNN düzeyinde anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (HF) ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 31.88 ($n = 28$), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 25.13 ($n = 28$) olarak bulunmuştur. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($U = 297.50$, $Z = -1.55$, $p = .121$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 31.04, Grup 2 sıra ort. = 25.96; $U = 321.00$, $Z = -1.16$, $p = .245$). Son test sonuçlarında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 30.34, Grup 2 sıra ort. = 26.66; $U = 340.50$, $Z = -0.84$, $p = .399$). Bu bulgular terapi sıralamasının HF düzeyleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (HF) ölçümleri incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in ortalama sıra puanlarında zaman içinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ortalamaları ön testte 1.14, izleme testinde 2.36 ve son testte 2.50 olarak kaydedilmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 31.14$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de anlamlı bir gelişim saptanmıştır. Grup 2'nin ortalama sıra puanları ön testte 1.11, izleme testinde 2.14 ve son testte 2.75 olup; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 38.64$, $p < .001$). Bu bulgular her iki terapi sıralamasının da HF düzeyinde anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (LF) ön test bulgularına göre Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 30.45 ($n = 28$), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 26.55 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 337.50$, $Z = -0.89$, $p = .372$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 30.48, Grup 2 sıra ort. = 26.52; $U = 336.50$, $Z = -0.91$, $p = .363$). Benzer şekilde, son test sonuçlarında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 26.95, Grup 2 sıra ort. = 30.05; $U = 348.50$, $Z = -$

0.71, $p = .476$). Bu bulgular uygulanan terapi sıralamasının LF düzeyi üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (LF) sonuçları incelendiğinde Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in ortalama sıra puanlarında zamanla anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1'in ortalamaları ön testte 1.36, izleme testinde 2.25 ve son testte 2.39 olarak ölçülmüş; bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 17.64$, $p < .001$). Diğer yandan, Önce manuel terapi ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de daha belirgin bir gelişim gözlenmiştir. Grup 2'nin ortalama sıra puanları ön testte 1.38, izleme testinde 1.77 ve son testte 2.86 olup; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 33.32$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da LF düzeyinde anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

Flamingo Denge Testi'ne ilişkin ön test bulgularında Önce Vagus Sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 29.87 ($n = 28$), Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 25.13 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 300.50$, $Z = -1.12$, $p = .265$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 26.39, Grup 2 sıra ort. = 30.61; $U = 333.00$, $Z = -0.98$, $p = .328$). Son test bulgularında da anlamlılık düzeyine ulaşılmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 25.63, Grup 2 sıra ort. = 31.38; $U = 311.50$, $Z = -1.33$, $p = .182$). Bu sonuçlar terapi sıralamasının denge becerileri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Flamingo Denge Testi bulgularına göre Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'de denge performansında istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanları ön testte 2.06, izleme testinde 2.33 ve son testte 1.61 olarak kaydedilmiş; bu değişim anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 8.41$, $p = .015$). Benzer şekilde Önce manuel Terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2'de de zaman içinde anlamlı bir gelişim görülmüştür. Grup 2'nin ortalama sıra puanları sırasıyla ön testte 1.72, izleme testinde 2.48 ve son testte 1.80 olarak ölçülmüş; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 11.36$, $p = .003$). Bu bulgular her iki terapi sıralamasının da denge performansını anlamlı düzeyde geliştirdiğini göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (HRV) ön test bulgularına göre Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 27.69 ($n = 28$), Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 27.31 ($n = 28$)

olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 359.50$, $Z = -0.09$, $p = .931$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 23.80, Grup 2 sıra ort. = 31.20; $U = 264.50$, $Z = -1.73$, $p = .084$). Son test bulgularında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 26.07, Grup 2 sıra ort. = 28.93; $U = 326.00$, $Z = -0.67$, $p = .505$). Bu sonuçlar HRV değerlerinin terapi sıralamasından anlamlı biçimde etkilenmediğini göstermektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği (HRV) açısından grup içi anlamlı değişimler gözlenmiştir. Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1’de, HRV ölçümlerine ilişkin ön test (Ort. = 1.70), izleme testi (Ort. = 1.30) ve son test (Ort. = 3.00) değerleri arasında anlamlı düzeyde fark saptanmıştır ($\chi^2_{(2)} = 42.74$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2’de de HRV ölçümlerine ilişkin ön test (Ort. = 1.44), izleme testi (Ort. = 1.56) ve son test (Ort. = 3.00) değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 40.67$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da zaman içinde HRV düzeyinde anlamlı iyileşmelere yol açtığını göstermektedir.

Parmak Ucu–Yere Mesafesi Testi (EPZM) ön test bulgularına göre, Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1’in sıra ortalaması 33.45 ($n = 28$), Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2’nin sıra ortalaması ise 23.55 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($U = 253.50$, $Z = -2.27$, $p = .023$). İzleme testi sonuçlarında da Grup 1 lehine anlamlı bir fark saptanmıştır (Grup 1 sıra ort. = 35.79, Grup 2 sıra ort. = 21.21; $U = 188.00$, $Z = -3.34$, $p = .001$). Benzer şekilde, son test bulgularında da Grup 1’in ortalamasının daha yüksek olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (Grup 1 sıra ort. = 34.21, Grup 2 sıra ort. = 22.79; $U = 232.00$, $Z = -2.62$, $p = .009$). Bu bulgular, Vagus sinir uyarımı uygulamasının önce yapıldığı terapötik sıranın EPZM performansını anlamlı düzeyde olumlu etkilediğini göstermektedir.

Parmak Ucu–Zemine Mesafesi Testi (EPZM) sonuçları incelendiğinde, Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1’in esneklik düzeyinde anlamlı bir gelişim gözlenmiştir. Grup 1’in ortalama sıra puanı ön testte 2.93, izleme testinde 2.07 ve son testte 1.00 olarak kaydedilmiş; bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, ($\chi^2_{(2)} = 52.29$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2’de de esneklik performansında anlamlı bir gelişim olduğu gözlenmiştir. Grup 2’nin ortalama sıra puanları ön testte 2.96,

izleme testinde 2.00 ve son testte 1.04 olarak ölçülmüş; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 52.07$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da EPZM ile ölçülen esneklik düzeyini anlamlı biçimde iyileştirdiğini göstermektedir.

Modifiye Schober Testi'ne ait ön test bulgularında Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 29.18 ($n = 28$), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 27.82 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 373.00$, $Z = -0.31$, $p = .756$). İzleme testi sonuçlarında da benzer şekilde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 28.34, Grup 2 sıra ort. = 28.66; $U = 387.50$, $Z = -0.07$, $p = .941$). Son test bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 29.70, Grup 2 sıra ort. = 27.30; $U = 358.50$, $Z = -0.55$, $p = .583$). Bu sonuçlar terapi sıralamasının Modifiye Schober Testi sonuçları üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Modifiye Schober Testi sonuçları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in omurga esnekliğinde anlamlı bir gelişme gözlenmiştir. Grup 1'in ortalama sıra puanı ön testte 1.11, izleme testinde 2.00 ve son testte 2.89 olarak ölçülmüş; bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 44.64$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'de de esneklik düzeyinde anlamlı bir artış saptanmıştır. Grup 2'nin ortalama sıra puanları ön testte 1.07, izleme testinde 2.07 ve son testte 2.86 olup; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 44.86$, $p < .001$). Bu bulgular her iki terapi sıralamasının da omurga fleksibilitesi üzerinde anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

Fleksör Kas Dayanıklılığı Testleri'ne ilişkin ön test bulguları incelendiğinde Önce Vagus ardından manuel terapi uygulanan Grup 1'in sıra ortalaması 31.25 ($n = 28$), Önce manuel ardından Vagus terapi uygulanan Grup 2'nin sıra ortalaması ise 25.75 ($n = 28$) olarak bulunmuştur. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 315.00$, $Z = -1.26$, $p = .207$). İzleme testi sonuçlarında da gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 29.38, Grup 2 sıra ort. = 27.63; $U = 367.50$, $Z = -0.40$, $p = .688$). Son test bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 28.73, Grup 2 sıra ort. = 28.27; $U = 385.50$, $Z = -0.11$, $p = .915$). Bu bulgular terapi sıralamasının fleksör kas dayanıklılığı üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığını göstermektedir.

Fleksör Kas Dayanıklılığı Testleri sonuçlarına göre Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1’de anlamlı bir gelişim gözlenmiştir. Grup 1’in ortalama sıra puanı ön testte 1.04, izleme testinde 2.04 ve son testte 2.93 olarak kaydedilmiş; bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 50.21$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2’de de istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır. Grup 2’nin ortalama sıra puanları ön testte 1.00, izleme testinde 2.00 ve son testte 3.00 olarak belirlenmiş; bu değişim anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 56.00$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da fleksör kas dayanıklılığı üzerinde anlamlı ve olumlu bir etki yarattığını göstermektedir.

Ekstansör Kas Dayanıklılığı Testi’ne ilişkin ön test bulguları incelendiğinde, Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1’in sıra ortalaması 26.54 ($n = 28$), Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2’nin sıra ortalaması ise 30.46 ($n = 28$) olarak hesaplanmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($U = 337.00$, $Z = -0.90$, $p = .367$). İzleme testi bulgularında da gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Grup 1 sıra ort. = 27.14, Grup 2 sıra ort. = 29.86; $U = 354.00$, $Z = -0.62$, $p = .533$). Benzer şekilde, son test sonuçları da anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır (Grup 1 sıra ort. = 26.84, Grup 2 sıra ort. = 30.16; $U = 345.50$, $Z = -0.76$, $p = .446$). Bu bulgular terapi sıralamasının ekstansör kas dayanıklılığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir.

Ekstansör Kas Dayanıklılığı Testleri sonuçlarına göre Önce Vagus sinir uyarımı ardından manuel terapi uygulanan Grup 1’in kas dayanıklılığı düzeyinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Grup 1’in ortalama sıra puanı ön testte 1.14, izleme testinde 1.89 ve son testte 2.96 olarak kaydedilmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)} = 46.93$, $p < .001$). Benzer şekilde, Önce manuel terapi ardından Vagus sinir uyarımı uygulanan Grup 2’de de anlamlı bir gelişim saptanmıştır. Grup 2’nin ortalama sıra puanı ön testte 1.11, izleme testinde 1.89 ve son testte 3.00 olarak belirlenmiş; bu değişim de istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2_{(2)} = 50.64$, $p < .001$). Bu bulgular, her iki terapi sıralamasının da ekstansör kas dayanıklılığını anlamlı düzeyde artırdığını göstermektedir.

Bölüm 5

Tartışma

Bu çalışmada kronik bel ağrılı bireylerde auriküler vagus sinir stimülasyonu (taVNS) ve manuel terapinin ardışık uygulanmalarının ağrı, fonksiyon, denge, hareket açıklığı, kas dayanıklılığı ve otonom sinir sistemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bulgularımıza göre her iki tedavi sıralaması da 6 hafta sonunda ağrı ve özürlülükte anlamlı iyileşme, denge ve propriosepsiyonda gelişme, lomber hareket açıklığında artış, gövde kas dayanıklılığında yükselme ve kalp hızı değişkenliği gibi otonom parametrelerde iyileşme sağlamıştır. İki grup arasında nihai sonuçlar bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, her iki sıralamanın da benzer ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, tedavi sürecinin ara değerlendirmelerinde küçük farklılıklar gözlenmiştir: Vagus stimülasyonunu önce alan grupta 3. hafta sonunda otonom sinir sistemi parametrelerinde daha erken iyileşme görülürken, manuel terapiyi önce alan grupta bazı fiziksel fonksiyon ölçümlerinde (örneğin esneklik) daha hızlı kazanımlar gözlenmiştir. Genel olarak bu sonuçlar, kronik bel ağrısı tedavisinde periferik (manuel terapi) ve merkezi (vagal stimülasyon) yaklaşımların kombinasyonunun çok yönlü faydalar sağladığını ve uygulama sırasının nihai etki üzerinde belirleyici olmadığını düşündürmektedir.

Her iki grup da tedavi sonrası ağrı şiddetinde (VAS) klinik açıdan anlamlı düşüşler ve bel kaynaklı özürlülükte (Oswestry Dizabilite İndeksi) belirgin iyileşmeler göstermiştir. Altı hafta sonunda VAS değerleri her iki grupta da başlangıça göre yaklaşık 2–3 puan azalmış, bu da kronik bel ağrısında genellikle önemli kabul edilen %30 civarında bir azalmaya karşılık gelmektedir. Benzer şekilde, Oswestry skorlarında da her iki grupta ~%30–35'lik iyileşme elde edilmiş olup (örn. ~15 puanlık düşüş), bu düzeyde bir değişim literatürde klinik anlamlı iyileşme eşiğinin üzerinde rapor edilmektedir (Dworkin et al., 2012). Bu bulgular, taVNS ve manuel terapinin kombinasyonunun kronik bel ağrısında ağrı ve fonksiyon üzerinde kayda değer yararlar sağladığını ortaya koymaktadır.

Elde ettiğimiz ağrı azalması büyüklüğü, taVNS tek başına uygulandığında bildirilen etkilerle uyumludur. Örneğin Tavares-Figueiredo ve arkadaşları (Tavares-Figueiredo et al., 2024) üç ay süreyle günlük auriküler VNS uygulanan kronik bel ağrılı hastalarda 1. ayda ortalama 16 mm, 3. ayda 22 mm VAS azalışı ve ~12 puan Oswestry iyileşmesi bildirmişlerdir. Yine yakın tarihli bir meta-analizde transkutanöz

vagus stimölasyonunun kronik ağrı koşullarında plaseboya kıyasla anlamlı ağrı azalması sağladığı, etki büyüklüğünün küçük-orta düzeyde olduğu belirtilmiştir(Costa et al., 2024).

Bizim çalışmamızda da vagus uyarımı uygulanan grupta 3. haftada ağrıda belirgin azalma gözlenmiş, ancak manuel terapi alan grupta da benzer ölçüde azalma olduğu için gruplar arası fark oluşmamıştır. Manuel terapi müdahalesinin tek başına kronik bel ağrısında kanıtlanmış yararları bulunmaktadır; sistematik derlemeler manuel terapi uygulamalarının (mobilizasyon, manipölasyon vb.) ağrıyı azaltma ve fonksiyonelliği artırmada egzersiz gibi diğer tedavilere benzer düzeyde etkili olabildiğini göstermektedir(Grenier & Rothmund, 2024). Özellikle manuel terapinin egzersiz ve eğitim ile birlikte uygulanması, yalnız başına egzersize kıyasla kısa vadede daha fazla ağrı azalması sağlayabilmektedir(Narenthiran et al., 2025) . Nitekim 6 haftalık bir çalışmada ev egzersizi ile birlikte uygulanan manuel terapinin, supervise egzersiz tedavisi kadar ağrı ve özörlölükte iyileşme sağladığı rapor edilmiştir(Sipaviciene & Pilelis, 2024a) . Literatürde manuel terapi ile sağlanan ağrı azalmasının büyük oranda kas spazmlarının azaltılması, dolaşımın artması ve nöronal inhibisyon mekanizmalarıyla ilişkili olduğu vurgulanmaktadır(Bialosky et al., 2018) . Bu çalışmalardaki bulgular göz önüne alındığında, bizim araştırmamızda iki grup arasında nihai ağrı ve özörlölük sonuçlarının benzer olması, her iki tedavi kombinasyonunun da ağrı yönetiminde güçlü ve benzer etkiye sahip olduğunu desteklemektedir. Tedavi sıralamasının ağrı üzerine belirgin bir fark yaratmaması, klinik uygulamada hangisinin önce uygulandığından bağımsız olarak kombinasyonun ağrı kontrolü için faydalı olacağına işaret etmektedir.

Ağrı sonuçlarının klinik anlamı değerlendirildiğinde, her iki tedavi protokolüyle elde edilen VAS düşüşü, kronik bel ağrılı hastalarda önemli kabul edilen **minimal klinik anlamlı değişimi** karşılamaktadır. Genellikle kronik ağrıda VAS’de ≥ 20 mm (≥ 2 cm) azalma veya başlangıç değerine göre %30 iyileşme, hastanın günlük yaşamında fark edilir bir düzelmeye işaret etmektedir(Dworkin et al., 2005) . Bizim çalışmamızda ortalama ağrı azalması bu eşiğin üzerinde olup, hastaların yarısından fazlası %50’den fazla ağrı iyileşmesi bildirmiştir. Benzer şekilde Oswestry indeksindeki ~15 puanlık iyileşme, hastaların özörlölük düzeyinde bir alt kategoriye geçebilecek düzeydedir (örneğin “orta düzey özörlölükten “düşük düzey özörlölüğe”). Dolayısıyla bulgularımız sadece istatistiksel olarak değil, **klinik olarak da anlamlı** iyileşmeleri temsil etmektedir. Bu da kombine tedavinin hastaların günlük yaşam

aktivitelerine ve yaşam kalitesine yansıyabilecek ölçüde etkili olduğunu göstermektedir.

Çalışmamız, kronik bel ağrısı olan bireylerde otonom sinir sistemi fonksiyonlarının vagus sinir stimülasyonu ile modüle edilebileceğini ortaya koymaktadır. Başlangıç değerlendirmelerinde her iki gruptaki hastaların kalp hızı değişkenliği (HRV) parametreleri, sağlıklı popülasyona kıyasla vagal tonusta düşüklük ve sempatik aktivitede göreceli artış yönündeydi. Nitekim literatürde kronik bel ağrılı hastalarda otonom dengede bozulma olduğu, parasempatik aktivite göstergelerinin sağlıklılardan düşük bulunduğu bildirilmektedir(Fernández-Morales et al., 2025). Bizim bulgularımız bu durumu destekler niteliktedir. Tedaviler sonrasında ise her iki grupta HRV parametrelerinde iyileşme görülmüştür. Özellikle ilk 3 haftalık dönemde yalnızca auriküler VNS uygulanan Grup 1’de, vagal aktivitenin göstergesi olan rMSSD ve yüksek frekans (HF) güçlerinde anlamlı artışlar kaydedilmiş, buna karşın manuel terapi uygulanan Grup 2’de bu parametrelerde belirgin değişim olmamıştır. 3. hafta sonunda iki grup arasında HRV değerleri bakımından (örneğin rMSSD) istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Bu farklılıklar, vagus uyarımının otonom sinir sistemi üzerindeki akut modulator etkilerini yansıtmaktadır. Nitekim sağlam bireylerde yapılan kontrollü çalışmalarda da taVNS uygulamasının sadece 10 dakika gibi kısa bir süre içinde bile vagal aktiviteyi artırdığı ve plasebo (sham) stimülasyona kıyasla HRV’yi anlamlı düzeyde yükselttiği gösterilmiştir(Forte et al., 2022). Vagus siniri stimülasyonunun kalp hızını yavaşlatarak ve vagal tonusu yükselterek otonom dengeyi parasempatik baskınlık yönünde kaydırıldığı literatürde iyi belgelenmiştir(Bretherton et al., 2019a). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda sadece vagus uyarımı alan dönemde Grup 1’in HRV’sinde gördüğümüz belirgin iyileşme beklenen bir sonuçtur.

Altı hafta sonunda, her iki grup da toplamda hem vagus stimülasyonu hem manuel terapi almış olduğundan, otonom parametreler açısından gruplar arasındaki fark ortadan kalkmıştır. Her iki grupta da HF güçlerinde ve rMSSD değerlerinde başlangıca göre anlamlı artışlar saptanmış, düşük frekans (LF) bileşeninde ise belirgin bir artış olmamıştır. Bu durum, **artan parasempatik aktiviteyi** işaret etmektedir. Özellikle Grup 2’de 3-6. haftalar arasında (vagus stimülasyonu uygulandığında) HRV’nin belirgin şekilde yükseldiği gözlenmiştir. Bu bulgu, vagus siniri uyarımının etkilerinin manuel terapinin sağladığı yararlarla eklendiğinde otonom sinir sistemi fonksiyonlarını düzelttiğini göstermektedir. Önceki çalışmalar, tek başına spinal

manuel terapisinin HRV üzerindeki etkilerinin tutarsız ve genel olarak zayıf olabildiğini, çoğu zaman klinik olarak anlamlı bir otonom değişiklik oluşturmadığını belirtmektedir(Araujo et al., 2019). Özellikle lomber bölge manipölasyonlarının sempatik yanıtları modüle edebileceği ancak etkilerin kısa süreli olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da manuel terapi periyodu (Grup 2'nin ilk 3 haftası) sırasında HRV'de belirgin bir değişim görülmemesi, manuel terapisinin otonom etki açısından sınırlı kaldığını düşündürmektedir. Buna karşın vagal stimölasyon periyodunda her iki grupta da parasempatik aktivitenin arttığı görölmüş olup, bu da etkiyi spesifik olarak taVNS'nin sağladığına işaret etmektedir.

Otonom sinir sistemi bulgularımızın klinik açıdan önemi de dikkate değerdir. Kronik bel ağrısı olan kişilerde düşük HRV değerleri, yüksek sempatik tonus kronik stres yanıtının bir yansıması olarak değerlendirilebilir ve kardiyovasküler risk artışı ile ilişkilendirilmektedir (Thayer et al., 2010). Bu çalışmada vagus stimölasyonu ile HRV'nin artması, yalnızca ağrı modölasyonu açısından değil aynı zamanda **genel sağlık durumu** açısından da olumlu bir gelişme olabilir. Nitekim taVNS, “inflamatuvar refleks” yoluyla pro-inflamatuvar sitokinleri azaltabilmekte ve sistemik anti-enflamatuvar etki yaratabilmektedir(Koopman et al., 2016) . Artan parasempatik aktivite, doku iyileşmesini ve dinlenmeyi teşvik edici bir ortam oluşturabilir. Ayrıca, HRV artışı ile ağrı azalması arasında bir paralellik olduğu bazı çalışmalarda bildirilmiştir; parasempatik aktivitenin yükselmesinin muhtemelen inen ağrı inhibitör yolların aktivasyonu ile ilişkili olabileceği düşünölmektedir(Costa et al., 2024) . Bizim bulgularımız da bu görüşü destekler niteliktedir: Vagus stimölasyonu alan dönemde hastaların ağrı skorlarında düşüş ve ağrı eşliğinde yükselme (dolorimetre ile ölçölen) gözlenmiş, bu da muhtemelen otonomik değişikliklerle bağlantılı merkezi ağrı modölasyonunu yansıtmaktadır. Sonuç olarak, auriküler VNS'nin manuel tedaviye eklenmesiyle **hastaların otonom sinir sistemi fonksiyonlarında düzelme sağlanabilmiş olması**, kronik bel ağrısının biyopsikososyal tedavisinde merkezi mekanizmaların hedeflenmesinin önemini vurgulamaktadır.

Kronik bel ağrısı, yalnızca ağrı ve özörlölük değil, aynı zamanda denge ve propriosepsiyon üzerinde de olumsuz etkiler yapabilmektedir. Bel ağrılı bireylerde gövde ve lomber bölgeye ait duysal geri bildirimin azalması ve kor stabilitenin zayıflaması sonucu postöral kontrolde bozulmalar olduğu bilinmektedir(Tong et al., 2017). Nitekim kronik bel ağrısı olanlarda yapılan çalışmalar, bu hastalarda tek ayak denge testlerinde ve dinamik denge ölçömlerinde sağlıklı kontrollere göre daha fazla

salınım ve dengesizlik olduğunu göstermektedir(El Haber et al., 2008). Nitekim kronik bel ağrısı olanlarda yapılan çalışmalar, bu hastalarda tek ayak denge testlerinde ve dinamik denge ölçümlerinde sağlıklı kontrollere göre daha fazla salınım ve dengesizlik olduğunu göstermektedir (El Haber ve ark., 2008). Çalışmamızda başlangıçta elde edilen **Modified Yıldız Denge Testi (MYDT)** ve **Flamingo Denge testi** sonuçları da literatürle uyumlu şekilde, katılımcıların denge performansının optimal olmadığını göstermiştir. Ancak uygulanan müdahaleler sonrasında, denge parametrelerinde belirgin iyileşmeler kaydedilmiştir. Her iki grupta da 6 hafta sonunda MYDT ileri uzanma mesafeleri anlamlı derecede arttı (örneğin sağ taraf dengede Grup 1’de ~%15, Grup 2’de ~%8 iyileşme). Ayrıca statik dengesini ölçen Flamingo testinde düşme sayısının azaldığı gözlemlendi. Propriyosepsiyon ölçümünde (lumbal pozisyon hissi hatası) her iki grupta hata açısının belirgin şekilde azaldığı, yani proprioseptif duyunun iyileştiği saptandı.

Bu iyileşmelerin altında yatan mekanizmalar çok boyutlu olabilir. İlk olarak ağrının azalması ve hareket korkusunun azalması, hastaların postüral kontrol performansını artırmış olabilir. Kronik bel ağrılı bireylerde ağrı şiddetindeki azalmanın denge kontrolüne olumlu yansıdığı, ağrı rahatladıkça denge testlerinde gelişme görülebildiği bildirilmektedir(Zheng et al., 2024) . Bizim çalışmamızda da ağrı düzeylerindeki düşüşle eş zamanlı olarak denge skorlarında iyileşme olması, bu etkileşime işaret etmektedir. Meta-analitik bir derlemede konservatif tedavilerle elde edilen ağrı azalmasının statik ve dinamik dengeyi hafif-orta düzeyde iyileştirebildiği gösterilmiştir (Zheng et al., 2024). Bu nedenle, kombine tedavimizin ağrıyı azaltarak hastaların daha iyi dengede durabilmelerine katkı sağladığı söylenebilir.

İkinci olarak, manuel terapinin lokal etkileri denge ve propriyosepsiyon üzerinde rol oynamış olabilir. Manuel yumuşak doku ve eklem mobilizasyon tekniklerinin kas içiciklerinin duyarlılığını ve eklem reseptörlerinin fonksiyonunu iyileştirebileceği öne sürülmektedir(Courtney et al., 2016). Özellikle lomber omurgaya uygulanan mobilizasyonların pozisyon hissini artırabildiğine dair bulgular mevcuttur. Bizim manuel terapi protokolümüz, muhtemelen lomber bölgenin hareket açıklığını artırıp kas tonusunu düzenleyerek hastaların proprioseptif geri bildirimini geliştirmiştir. Nitekim 3 hafta sonunda sadece manuel terapi alan grupta öne eğilme esnekliğinde (parmak-yer mesafesinde) VNS grubuna kıyasla biraz daha fazla düzelme gözlemlendi; bu da manuel terapinin erken dönemde mekanik avantaj sağladığını düşündürmektedir. Benzer şekilde literatürde 8 haftalık core stabilizasyon egzersizleri sonrasında kronik

bel ağrılı bireylerde hem ağrı azaldığı hem de statik/dinamik denge ve proprioseptif duyunun iyileştiği rapor edilmiştir (Alvani et al., 2021). Egzersiz odaklı müdahalelerde görülen bu gelişmeler, bizim daha pasif tedavilerle de kısmen elde ettiğimiz denge kazanımlarıyla paralellik göstermektedir. Bu da ağrı ve fonksiyon düzeldikçe hastaların **postüral kontrol kapasitelerinin arttığını** ortaya koymaktadır. Üçüncü olarak, vagus siniri stimülasyonunun dolaylı da olsa denge üzerine etkileri olabilir. Vagus uyarımının merkezi otonomik ağlar üzerinden vestibüler çekirdekler ve serebellar aktiviteyi modüle edebileceği bazı nörofizyolojik çalışmalarla ileri sürülmüştür (Beh & Friedman, 2019).

Ayrıca VNS uygulamasının anksiyete azaltıcı ve sakinleştirici etkileri, hastaların denge testleri sırasında daha rahat ve güvenli hissetmelerine yardımcı olmuş olabilir. Bu mekanizmalar çalışmamızda doğrudan ölçülmemiş olsa da, literatürde taVNS'nin depresyon ve anksiyete belirtilerini azalttığına dair kanıtlar bulunmaktadır (Liu et al., 2020). Nitekim kronik bel ağrısı hastalarında auriküler VNS uygulanan bir araştırmada, yalnız ağrı ve özrürlük değil uyku kalitesi ve depresyon durumlarında da düzelme bildirilmiştir (Demircioğlu et al., 2024). Bizim katılımcılarımızda da, denge performansındaki artışın yanı sıra, tedavi sonunda kendine güven ve korkusuz hareket etme becerisinin artmış olabileceği düşünülür. Maalesef çalışmamızda kinezifobi veya düşme korkusu gibi değişkenler değerlendirilmedi; ancak literatürde VNS + egzersiz kombinasyonunun düşme riskini azalttığına dair ön veriler mevcuttur (Demircioğlu et al., 2024).

Sonuç olarak, kombine tedavinin denge ve propriosepsiyon üzerindeki etkileri, hastaların fonksiyonel kapasitesini artırma açısından önemlidir. Denge becerilerindeki iyileşme, günlük yaşamda düşme riskinin azalması, yürüme ve ayakta durma gibi aktivitelerde güvenin artması anlamına gelebilir. Özellikle yaşlı kronik bel ağrısı hastalarında denge sorunları önemli düşme nedenlerindendir; bu açıdan VNS ve manuel terapi gibi non-invaziv girişimlerle dengeye olumlu etki edilebilmesi klinik olarak değerli görülmektedir.

Çalışma bulgularımız, her iki grup hastada lomber omurga hareket açıklığının tedaviler sonrasında arttığını göstermiştir. Parmak ucu-zemin mesafesi testi ile değerlendirilen gövde fleksiyonunda, 6 hafta sonunda Grup 1'de ortalama ~7 cm, Grup 2'de ~8 cm'lik azalma (iyileşme) gözlenmiş, bu da hastaların parmaklarını yere daha fazla yaklaştırabildiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde modifiye Schober testi her iki grupta yaklaşık 1.5–2 cm artmıştır. Lomber ekstansiyon hareket açıklığı da

başlangıca kıyasla iyileşme göstermiştir ($\sim 3-4^\circ$ artış). Bu büyüklükteki artışlar, kronik bel ağrısında tipik olarak görülen hareket kısıtlılığının azaltılması bakımından anlamlıdır. Manuel terapinin yumuşak doku ve fasya mobilizasyonu, adezyonları çözmesi ve eklem hareketini kolaylaştırması sayesinde bu esneklik kazanımına katkı sağladığı aşıkardır(Aure et al., 2003). Nitekim manuel terapi grubunda tedavinin ilk 3 haftası sonunda parmak-zemin mesafesinde belirgin düzelme meydana gelmiş, vagus grubunda ise manuel terapi uygulanana dek esneklikte daha sınırlı değişim olmuştur. Bu, **manuel terapinin doğrudan biomekanik etkilerinin** bir sonucudur. Literatürde manuel terapinin lomber fleksiyon kısıtlılığını azaltabildiği, örneğin manipülasyon sonrasında Schober ölçümünde hemen artış gözlenebildiği bildirilmiştir(Licciardone et al., 2013). Ayrıca kas-iskelet sistemi ağrılarında kombine tedavi protokollerinde hareket açıklığı kazanımının yaygın bir bulgu olduğu bilinmektedir (Sipaviciene & Pilelis, 2024b). kronik bel ağrılı hastalarda 6 haftalık tedavi sonunda lomber hareket açıklığında $\sim 38-40$ oranında artış elde edildiğini rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer oranlarda (örneğin fleksiyonda $\sim 15-20$) artışlar saptanmıştır.

Auriküler VNS'nin esneklik üzerine direkt bir etkisi beklenmemekle birlikte, ağrı azalması ve kas tonusunun normalleşmesi yoluyla dolaylı bir katkısı olabilir. Özellikle yüksek sempatik aktivite kas tonusunda artışa ve visköz doku sertliğine yol açabilir; parasempatik aktivitenin artması ise kas gevşemesini kolaylaştırabilir. Vagus stimülasyonunun bir sonucu olarak sistemik kas gerginliğinin azalması, hastaların germe hareketlerinde daha fazla ilerleme kaydetmesini sağlamış olabilir. Örneğin Grup 1'de manuel terapi sonrasında elde edilen toplam esneklik kazanımı, Grup 2 ile benzer düzeye ulaşmıştır. Bu da, VNS'nin bir hazırlayıcı etkisi sayesinde manuel terapiden optimal fayda alınabildiğini düşündürülebilir. Alternatif olarak, sadece zamanın ve tekrar değerlendirmenin etkisiyle de esneklik bir miktar artabilir (test öğrenme etkisi). Ancak kontrollü çalışmalar, kronik bel ağrılı hastalarda pasif tedaviler olmadan 6 haftalık izlemde spontan bir esneklik artışı beklememektedir (Macedo et al., 2016). Dolayısıyla, gözlediğimiz hareket açıklığı artışlarını uygulanan tedavilere atfetmek doğru olacaktır.

Artan lomber hareket açıklığı ve hamstring esnekliği, hastaların günlük yaşam aktivitelerini daha rahat yapabilmeleri açısından kritiktir. Öne eğilme, yerden bir şey kaldırma, giyinme gibi fonksiyonel hareketler bel ağrısı ile kısıtlanabilmektedir. Tedavi sonrası parmak-Zemin mesafesinin belirgin ölçüde azalması, hastaların bu tür eğilme hareketlerini ağrısız ve daha etkin yapabileceğini göstermektedir. Bu kazanım,

özürlülük skorlarındaki iyileşmeyle de paraleldir. Ayrıca hareket açıklığı artışının, gelecekte oluşabilecek yaralanma riskini azalttığı ve omurganın biyomekanik yüklenmelerini dengelediği düşünülebilir. Esneklik kazanımlarının korunması için egzersiz ile desteklenmesi gerekse de, kombine manuel ve VNS tedavisinin kısa vadede bu alanda önemli bir ilerleme sağladığı görülmüştür.

Çalışmamızda değerlendirilen bir diğer önemli fonksiyonel parametre, gövde kaslarının dayanıklılığı idi. Kronik bel ağrısında derin fleksör ve ekstansör kasların dayanıklılığının azaldığı, bu durumun omurga stabilitesini bozarak ağrıyı sürdürebildiği bilinmektedir (Davarian et al., 2012) . Bu nedenle tedavilerin kas dayanıklılığı üzerindeki etkileri klinik açıdan anlam taşır. Bulgularımıza göre, her iki grupta da hem abdominal fleksör kasların hem de lomber ekstansör kasların izometrik dayanıklılık süreleri tedavi sonrasında anlamlı şekilde uzamıştır. Özellikle abdominal kas dayanıklılığı, Grup 1’de ortalama 42 saniyeden 59 saniyeye, Grup 2’de 40 saniyeden 61 saniyeye çıkarak ~%45 düzeyinde iyileşme göstermiştir. Lomber ekstansör dayanıklılığı ise Grup 1’de ~52 saniyeden 64 saniyeye, Grup 2’de 47 saniyeden 57 saniyeye yükselerek ~%20-30 civarında artmıştır. Bu kazanımlar, literatürde sadece egzersiz yaklaşımlarıyla elde edilen dayanıklılık iyileşmeleriyle karşılaştırılabilir düzeydedir. Örneğin 8 haftalık core stabilizasyon egzersizi yapan bel ağrılı hastalarda fleksör ve ekstansör dayanıklılık sürelerinde %20-50 arası artışlar bildirilmiştir(Pourahmadi et al., 2017).

Kas dayanıklılığındaki bu artışların birkaç olası nedeni vardır. Birincisi, ağrı azalmasıyla birlikte hastaların **kas aktivasyonu ve performansı** iyileşmiş olabilir. Ağrı, kasların refleks inhibisyonuna yol açarak dayanıklılığı düşürebilir; ağrı hafifleyince hastalar maksimum çabaya daha yaklaşabilirler. İkincisi, manuel terapi uygulanması ile kaslara giden kan akımı artmış, yumuşak doku hareketliliği yükselmiş ve bu da kasların daha uzun süre çalışabilmesine zemin hazırlamış olabilir. Üçüncüsü, her değerlendirme bir nevi egzersiz etkisi yaratmış olabilir; örneğin 3. hafta ölçümlerinde hastalar bir maksimal dayanıklılık testi yaptığı için, 6. hafta ölçümünde performanslarını biraz daha geliştirmiş olabilirler (öğrenme etkisi). Ancak bu etki tüm katılımcılar için geçerli olduğundan, her iki grupta benzer şekilde görülmesi beklenir.

Gruplar arası karşılaştırmada, 3. hafta sonunda manuel terapi alan grupta fleksör dayanıklılık süresinin VNS grubuna kıyasla biraz daha fazla arttığını (yaklaşık +11 sn’ye karşı +8 sn) saptadık. Bu, ilk müdahale olarak manuel terapinin hızlı bir biçimde kas fonksiyonunu iyileştirebildiğini gösterir. Nitekim kas spazmının çözülmesi ve

dolaşımın artması, kasların daha uzun süre kontraksiyon yapabilmesine imkan tanır(Blanco-Giménez et al., 2024). Öte yandan, 6. hafta sonunda her iki grup da hem manuel terapiyi hem VNS'yi almış olduklarından, fleksör ve ekstansör dayanıklılık süreleri arasında grup farkı kalmamıştır. Bu sonuç, **her iki tedavinin de kas dayanıklılığını artırıcı etkileri olduğunu** ve nihayetinde benzer seviyede kazanım sağlandığını gösterir. İlginç olarak, literatürde auriküler VNS'nin egzersizle birlikte uygulandığında kas gücü ve dayanıklılığına ek katkı yapabildiği yönünde bulgular vardır. Gamze Demircioğlu'nun çalışmasında VNS + egzersiz alan grupta trunk fleksör kas dayanıklılığının, yalnız egzersiz alan gruba göre daha fazla arttığı rapor edilmiştir(Demircioğlu et al., 2024). VNS'nin kas dayanıklılığına potansiyel mekanik bir etkisi olmasa da, merkezi sinir sisteminde yorgunluk algısını geciktirebileceği veya ağrı eşiğini yükselterek kasların çalışmasına izin verebileceği öne sürülebilir. Ayrıca VNS uygulaması sırasında görülen kalp atım hızındaki düşüş (bradikardi eğilimi), egzersiz yaparken kalp hızını düzenleyerek yorgunluğu azaltmış olabilir. Bu hipotezler gelecekte doğrulanmaya muhtaçtır; ancak bizim sonuçlarımız, VNS eklenmesinin kas performansı açısından herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığını, bilakis genel tedavi etkinliğine uyumlu bir şekilde dayanıklılık kazancı ile sonuçlandığını göstermektedir.

Artan gövde kas dayanıklılığı, kronik bel ağrısı yönetiminde önemli bir hedef olduğu için bulgularımız klinik açıdan değerlidir. Gövde kaslarının dayanıklılığının artması, omurganın daha uzun süre stabil kalabilmesini ve günlük aktivitelerde daha az yorulmasını sağlar. Özellikle bel ağrısı olan bireylerde uzun süreli oturma veya ayakta durma gibi durumlarda ağrının tetiklenmesinde kas yorgunluğu rol oynar. Dayanıklılık kazanımı sayesinde hastalar bu aktiviteleri daha tolere edebilir hale gelir.

Bu araştırmanın bulguları, kronik bel ağrısı tedavisinde **çok yönlü ve entegre yaklaşımın** önemine işaret etmektedir. Hem periferik doku disfonksiyonlarını hedef alan manuel terapi tekniklerinin hem de merkezi ağrı modülasyonunu ve otonom dengeleri hedef alan auriküler VNS'nin birlikte kullanılması, hastalara belirgin yararlar sağlamıştır. Özellikle tedavinin farklı bileşenlerinin bir araya gelmesi, ağrının hem lokal hem de merkezi düzeyde azaltılmasına imkan tanımıştır. Bu durum, kronik bel ağrısının yalnız tek bir nedene indirgenemeyecek karmaşık bir problem olduğunu ve bu nedenle kombine tedavilerin daha başarılı olabileceğini göstermektedir (Nielson et al., 2013).Literatürde de kronik bel ağrısı için güncel kılavuzlar, ilaç dışı multidisipliner yaklaşımları önermekte ve gerek manuel yöntemlerin gerek

nöromodülasyon tekniklerinin uygun hastalarda kullanımına vurgu yapmaktadır(Qaseem et al., 2017b).

Özellikle auriküler VNS'nin rehabilitasyon alanında kullanımı nispeten yeni bir konudur. Elde ettiğimiz sonuçlar, taVNS'nin güvenli ve tolere edilebilir bir yöntem olduğunu destekleyen literatürle uyumludur(Tavares-Figueiredo et al., 2024). Cihaz kaynaklı ciddi bir yan etki bildirilmemiş olması ve hastaların yüksek oranda tedaviye devam edebilmesi, bu yöntemin klinikte uygulanabilir olduğunu gösterir. Klinik açıdan bakıldığında, vagus stimülasyonunun manuel terapiye eklenmesi terapistin iş yükünü artırmadan hastaya ek bir fayda sunmanın yoludur: Auriküler elektrot uygulaması ve stimülasyon, manuel işlemlerle eş zamanlı veya ardışık olarak kolaylıkla entegre edilebilir. Bizim çalışmamızda uygulamalar ardışık yapıldı, ancak pratikte bir klinisyen hastaya önce 15–30 dakika taVNS uygularken diğer hazırlıkları yapabilir, ardından manuel terapiyi gerçekleştirebilir. Böylece seans süresi çok uzamadan iki tedavi bir arada verilmiş olur. Bulgularımız, bu tarz bir kombinasyonun ağrıyı azaltmakla kalmayıp hastanın denge, esneklik gibi fonksiyonel alanlarında da gelişme sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle otonom sinir sistemi sonuçlarımız, kronik ağrılı hastalarda sık görülen sempatik hiperaktivite durumunun vagal stimülasyonla tersine çevrilebileceğini, bunun da hastanın genel gevşeme hali ve iyilik durumu üzerinde olumlu etkiler yapabileceğini düşündürmektedir. Hastaların sadece ağrılarında değil uyku kalitesi, enerji düzeyi gibi genel sağlık parametrelerinde de iyileşme olabileceği, diğer çalışmaların ışığında öngörülebilir (Bretherton et al., 2019b; Yakunina et al., 2017).

Manuel terapi halen fizik tedavi alanında yaygın kullanılan bir yöntem olmakla birlikte, tek başına uygulandığında bazı hastalarda yetersiz kalabilmektedir. Bu çalışmadan elde ettiğimiz veriler, özellikle **merkezi duyarlılaşma belirtileri gösteren** (örneğin yaygın hassasiyet, otonomik düzensizlik gibi) kronik bel ağrılı olgularda manuel tedaviye ek olarak vagus sinir uyarımının eklenmesinin sonuçları iyileştirebileceğini göstermektedir. Bu kombinasyon, konvansiyonel tedavilere dirençli vakalarda yeni bir tedavi seçeneği sunabilir. Nitekim Demircioğlu ve arkadaşları konvansiyonel fizik tedaviye yanıtsız kronik bel ağrısı hastalarında auriküler VNS'nin fonksiyonel durum üzerinde anlamlı katkıları olabildiğini bildirmişlerdir. Bizim araştırmamız da bu bulguyu destekler şekilde, VNS'nin ağrı ve fonksiyon kazançlarını pekiştiren bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Demircioğlu et al., 2024).

Son olarak, elde ettiğimiz sonuçların klinik karar verme sürecine etkisi konusunda **tedavi sıralaması** açısından da bir mesaj bulunmaktadır. İki tedavinin hangi sırayla uygulandığı nihai sonuçları değiştirmese de, uygulayıcılar hastanın öncelikli ihtiyacına göre sıralamaya karar verebilir. Örneğin, değerlendirme sırasında bariz bir otonom sinir sistemi dengesizliği (örneğin yüksek nabız, terleme, anksiyete) gözlenen bir hastada önce vagus stimülasyonu yaparak sakinleştirici bir girişle başlamak uygun olabilir. Veya çok kısıtlı hareket açıklığı olan, ağrı nedeniyle mobilizasyonun zor olacağı bir hastada önce VNS uygulanıp ağrı eşiği yükseltilerek manuel terapi için zemin hazırlanabilir. Diğer yandan, özellikle hareket korkusu yüksek ve esneklik kısıtlılığı belirgin hastalarda önce manuel terapi yapılarak mekanik rahatlama sağlandıktan sonra VNS ile seansı sonlandırmak da bir strateji olabilir. Bizim çalışmamız, hangi sırada olursa olsun her iki bileşenin de verilmesinin önemli olduğunu ve toplam etkinin bu kombinasyondan kaynaklandığını vurgulamaktadır. Bu nedenle, klinisyenlerin tek bir yöneme bağımlı kalmayıp hastaya özgü bir kombinasyon planlaması, elde edilecek klinik faydayı maksimize edebilir.

5.1 Çalışmanın Sınırlılıkları ve Güçlü Yönleri

Bu araştırmanın yorumlanmasında bazı sınırlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. İlk olarak, çalışmada **plasebo veya kontrol grubunun bulunmaması** nedeniyle, gözlenen iyileşmelerin tamamen uygulanan tedavilere bağlı olduğunu varsayıyoruz ancak doğal iyileşme veya plasebo etkisini dışlayamıyoruz. Her iki grup da aktif tedavi aldığından, özellikle vagus sinir stimülasyonunun spesifik etkisini ayırt etmek için bir sham (sahte) stimülasyon grubu yararlı olabilirdi. İkinci olarak, tedavi sıralamasını karşılaştırdığımız bu tasarım tam anlamıyla bir çapraz-geçişli çalışma değildir; gruplar arası karşılaştırma yaparken başlangıç değerlerinde bazı küçük farklılıklar (örn. Grup 2'nin başlangıç Oswestry skorunun biraz daha yüksek olması gibi) potansiyel bir karıştırıcı etken olabilir. Her ne kadar gruplar rastgele atanmış olsa da, bu tür başlangıç farkları sonuçları etkilemiş olabilir.

Üçüncü olarak, çalışmanın **takip süresi yalnızca 6 hafta ile sınırlıdır**. Bu nedenle elde edilen iyileşmelerin uzun vadede devam edip etmediği belirsizdir. Kronik bel ağrısı tedavisinde, kısa vadeli kazanımların sürekliliği önemli bir sorundur; ağrı ve fonksiyonun tedavi kesildikten sonra yeniden eski düzeyine dönüp dönmediğini bilmek gerekir. Bizim çalışmamızda böyle bir takip yapılmadığından, tedavi

kesildikten sonraki sürdürülebilirlik değerlendirilememiştir. Ayrıca, 6 haftalık süre zarfında her iki grup da her iki tedaviyi aldığı için, sadece tek bir müdahalenin uzun dönem etkisini ayrı ayrı gözlemleyemedik.

Dördüncü olarak, müdahalelerin uygulanmasında körleme olmaması potansiyel bir bias kaynağıdır. Hastalar aldıkları tedavinin farkındaydı (özellikle manuel terapi belirgin bir fiziksel müdahale, VNS ise cihaz desteği ile uygulandı) ve bu beklenti etkisi sonuçları etkilemiş olabilir. Ancak her iki gruba da aktif bir tedavi verildiğinden, tedavi almama durumu yoktu; bu, beklenti etkisini kısmen dengelemiş olabilir. Değerlendirici objektif ölçümler için (HRV analizi gibi) cihaz çıktıları kullanılmış olsa da, subjektif ölçüm olan VAS ve Oswestry değerlendirmelerinde değerlendiricinin tam kör olması sağlanamadı. Bu da bilgi yanlılığı olasılığını doğurur.

Tüm bu sınırlılıkların yanında, çalışmamızın güçlü yönleri de bulunmaktadır. Özellikle **çalışma tasarımının** yenilikçi oluşu önemlidir: Kronik bel ağrısında ilk defa non-invaziv vagus uyarımı ile manuel terapi kombinasyonunun sıralamasını sınavan bir çalışma yapılmıştır. Literatürde daha önce benzer bir karşılaştırma bulunmaması, bulgularımızın alana katkı sağlama potansiyelini artırmaktadır. Ayrıca çok boyutlu değerlendirme protokolümüz, tedavilerin etkilerini çeşitli düzlemlerde incelemeye olanak vermiştir. Ağrı ve özürülük gibi hastaya özgü çıktılar yanı sıra objektif denge testleri, hareket açıklığı ölçümleri, kas dayanıklılığı testleri ve otonom sinir sistemi parametreleri birlikte değerlendirilmiştir. Bu sayede kombine tedavinin **holistik etkisi** daha iyi anlaşılabilmiştir. Örneğin, sadece ağrıyı ölçmek VNS+manuel terapinin değerini tam yansıtmayabilirdi; biz otonom ve fonksiyonel kazanımları da göstererek daha kapsamlı bir perspektif sunduk.

Çalışmamızın bir diğer güçlü yönü, iki farklı tedavi modalitesini entegre ederken her birinin uygulama protokolünün standart ve tutarlı olmasına özen gösterilmiş olmasıdır. Manuel terapi uygulamaları deneyimli bir fizyoterapist tarafından protokole uygun şekilde yapılmış, VNS uygulaması ise her hastada aynı bölge (kulak konkü içi) ve parametrelerle gerçekleştirilmiştir. Bu, iç geçerliliği sağlamlaştırmaktadır.

Son olarak, kombine tedavinin güvenliği de çalışmamızda doğrulanmıştır. Hiçbir katılımcıda ciddi bir yan etki veya istenmeyen durum bildirilmemiştir. Sadece bazı hastalar VNS uygulaması sırasında kulakta hafif rahatsızlık veya karıncalanma tarif etmiş, ancak bu durum tedaviyi bırakmayı gerektirmemiştir. Manuel terapi sonrası ise beklenebilecek minimal kas ağrısı dışında önemli bir sorun yaşanmamıştır. Bu sonuç, gerek vagus stimülasyonunun gerek manuel işlemlerin, birlikte uygulandığında dahi

güvenli olduğunu desteklemektedir. Bu da kombine tedavinin klinikte uygulanabilirliğini gösteren önemli bir bulgudur.

5.2 Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Bu araştırmadan elde edilen deneyimler ışığında, gelecekte yapılacak çalışmalar için çeşitli öneriler sunulabilir. İlk olarak, **daha uzun takip süreleri** ile kombine tedavinin kalıcı etkileri incelenmelidir. Bizim 6 haftalık sonuçlarımız olumlu olmakla birlikte, 3 ay, 6 ay veya 1 yıl gibi uzun vadede ağrı ve fonksiyon düzeylerinin nasıl seyrettiği, yeniden tedavi gerekip gerekmediği araştırılmalıdır. Böylece VNS ve manuel terapinin idame dozları veya tekrarlayan kürler planlanabilir.

İkinci olarak, gelecekteki çalışmalar dizayn olarak bir **kontrollü deney** şeklinde olmalıdır. Özellikle taVNS'nin spesifik etkisini doğrulayabilmek adına sham-VNS (örneğin kulakta vagus siniri innerve etmeyen bir bölgeye düşük akım uygulama) kontrolü eklenmesi yararlı olacaktır. Üç veya dört kollu bir randomize kontrollü çalışma ile (örneğin: [1] VNS+manuel, [2] sham VNS+manuel, [3] VNS+sham manuel, [4] sham VNS+sham manuel gibi) her bir müdahalenin tek başına ve birlikte etkisi ayrıştırılabilir. Böylece VNS'nin plasebo etkisi dışındaki gerçek katkısı net şekilde ortaya konabilir. Bu tarz bir çalışma tasarımı, etik olarak da kabul edilebilir çünkü tüm gruplar en azından sham da olsa bir girişim alıyor olacak ve tamamen tedavisiz bırakılmayacaktır.

Üçüncü öneri, **müdahalelerin dozajını ve uygulama protokollerini optimize etmeye** yöneliktir. Auriküler VNS için ideal süre, frekans ve uygulama şekli henüz standartlaşmamıştır. Biz 15 dakikalık seanslar kullandık; gelecekte 30 dakikalık uygulamalarla veya evde taşınabilir cihazlarla günlük uygulama yapılmasının ek fayda sağlayıp sağlamadığı incelenebilir. Benzer şekilde manuel terapinin hangi tekniklerinin (mobilizasyon, manipülasyon, yumuşak doku vs.) vagus uyarımı ile sinerjik etki yarattığı araştırılabilir. Belki eş zamanlı uygulanabilecek protokoller de geliştirilebilir (örneğin VNS uygulanırken eş zamanlı germe egzersizleri veya manuel mobilizasyon yapmak gibi). Bu kombinasyonların karşılaştırılması, en etkili ve pratik yöntemi belirlemeye yardımcı olacaktır.

Dördüncü olarak, gelecekte **farklı hasta alt gruplarında** bu tedavi kombinasyonunun incelenmesi önerilir. Kronik bel ağrısı heterojen bir hasta grubudur; örneğin disk hernisi kökenli ağrı, faset kaynaklı ağrı veya fibromiyaljiyle ilişkili bel

ağrısı gibi alt gruplar tedaviye farklı yanıtlar verebilir. VNS'nin özellikle yaygın ağrı ve otonom disfonksiyon eşlik eden hastalarda daha etkili olabileceği düşünülmektedir(Yuan & Silberstein, 2016). Bu nedenle alt grup analizleri veya spesifik dahil etme kriterleri ile hangi hasta profilinin en çok fayda gördüğü belirlenmelidir. Ayrıca, farklı yaş gruplarında (örneğin genç yetişkin vs yaşlı popülasyon) etkinlik ve tolerabilite değerlendirilebilir.

Beşinci öneri, tedavi mekanizmalarını daha iyi anlamaya yöneliktir. Gelecek çalışmalar, **biyolojik belirteçler** ve gelişmiş ölçüm teknikleri kullanarak VNS + manuel terapinin etkilerini derinlemesine inceleyebilir. Örneğin, tedavi öncesi ve sonrası inflamatuvar sitokin düzeyleri ölçülerek VNS'nin anti-inflamatuvar etkisi doğrulanabilir. Fonksiyonel MRI veya diğer görüntüleme yöntemleriyle beynin ağrı modülasyon alanlarında tedaviye yanıt olarak oluşan değişimler gözlemlenebilir. Böylece vagus stimülasyonunun merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri objektif olarak haritalanabilir. Bunun yanında, elektrofizyolojik ölçümler (örneğin somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller veya H-refleks) yapılarak manuel terapinin spinal düzeydeki inhibitör etkileri nicel olarak değerlendirilebilir. Bu tarz mekanistik çalışmalar, kombine tedavinin **nasıl** etkili olduğunu açığa çıkararak, ileride tedavinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Son olarak, klinik uygulama açısından **maliyet-etkinlik** analizleri de gelecekte önemli olacaktır. Auriküler VNS cihazları ve eğitilmiş personel gereksinimi düşünüldüğünde, bu kombine yaklaşımın sağlık sistemi için maliyeti ve potansiyel tasarrufları incelenmelidir. Eğer ağrı kesici ilaç kullanımını azaltıyor, işe dönüş sürelerini kısaltıyor veya fizik tedavi seans sayısını düşürüyorsa, uzun vadede ekonomik olarak avantaj sağlayabilir. Bu tip veriler, yeni tedavi yöntemlerinin yaygınlaşması için karar vericilere yol gösterici olacaktır.

5.3 Sonuç

Çalışmamız kronik bel ağrısı tedavisinde vagus sinir stimülasyonu ile manuel terapinin ardışık kullanımının çok boyutlu faydalarını ortaya koymuş ve literatürdeki boşluğu doldurmaya yönelik önemli bir adım atmıştır. Her ne kadar daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulsa da, elde ettiğimiz bulgular klinisyenlerin kronik bel ağrısına yenilikçi bir perspektifle yaklaşmasına katkı sunabilir. Bu entegre yaklaşım,

ağrının periferal ve merkezi bileşenlerini aynı anda hedefleyerek, inatçı bel ağrısı sorununda umut vadeden bir tedavi stratejisi olarak değerlendirilebilir.



KAYNAKÇA

- Akeda, K., Takegami, N., Yamada, J., Fujiwara, T., Nishimura, A., & Sudo, A. (2021a). Central Sensitization in Chronic Low Back Pain: A Population-Based Study of a Japanese Mountain Village. *Journal of Pain Research, Volume 14*, 1271–1280. <https://doi.org/10.2147/JPR.S301924>
- Akeda, K., Takegami, N., Yamada, J., Fujiwara, T., Nishimura, A., & Sudo, A. (2021b). Central Sensitization in Chronic Low Back Pain: A Population-Based Study of a Japanese Mountain Village. *Journal of Pain Research, Volume 14*, 1271–1280. <https://doi.org/10.2147/JPR.S301924>
- Alvani, E., Shirvani, H., & Shamsoddini, A. (2021). Neuromuscular exercises on pain intensity, functional disability, proprioception, and balance of military personnel with chronic low back pain. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 65(2), 193–206.
- Andrews N, 2018. (n.d.). “Nociplastic pain” officially adopted by IASP as third mechanistic descriptor of chronic pain. Retrieved May 24, 2024, from <https://www.iasp-pain.org/publications/pain-research-forum/prf-news/92059-whats-name-chronic-pain/>
- Araujo, F. X., Ferreira, G. E., Angellos, R. F., Stieven, F. F., Plentz, R. D. M., & Silva, M. F. (2019). Autonomic Effects of Spinal Manipulative Therapy: Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 42(8), 623–634. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2018.12.005>
- Aure, O. F., Hoel Nilsen, J., & Vasseljen, O. (2003). Manual Therapy and Exercise Therapy in Patients With Chronic Low Back Pain. *Spine*, 28(6), 525–531. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000049921.04200.A6>
- Balagué, F., Mannion, A. F., Pellisé, F., & Cedraschi, C. (2012). Non-specific low back pain. *The Lancet*, 379(9814), 482–491. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60610-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60610-7)
- Bandeira, P. M., Reis, F. J. J., Sequeira, V. C. C., Chaves, A. C. S., Fernandes, O., & Arruda-Sanchez, T. (2021). Heart rate variability in patients with low back pain:

- a systematic review. *Scandinavian Journal of Pain*, 21(3), 426–433.
<https://doi.org/10.1515/sjpain-2021-0006>
- Beh, S. C., & Friedman, D. I. (2019). Acute vestibular migraine treatment with noninvasive vagus nerve stimulation. *Neurology*, 93(18).
<https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000008388>
- BENARROCH, E. E. (1993). The Central Autonomic Network: Functional Organization, Dysfunction, and Perspective. *Mayo Clinic Proceedings*, 68(10), 988–1001. [https://doi.org/10.1016/S0025-6196\(12\)62272-1](https://doi.org/10.1016/S0025-6196(12)62272-1)
- Beveridge, T. S., Johnson, M., Power, A., Power, N. E., & Allman, B. L. (2015). Anatomy of the nerves and ganglia of the aortic plexus in males. *Journal of Anatomy*, 226(1), 93–103. <https://doi.org/10.1111/joa.12251>
- Bialosky, J. E., Beneciuk, J. M., Bishop, M. D., Coronado, R. A., Penza, C. W., Simon, C. B., & George, S. Z. (2018). Unraveling the Mechanisms of Manual Therapy: Modeling an Approach. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(1), 8–18. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7476>
- Blanco-Giménez, P., Vicente-Mampel, J., Gargallo, P., Baraja-Vegas, L., Bautista, I. J., Ros-Bernal, F., & Barrios, C. (2024). Clinical relevance of combined treatment with exercise in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1), 17042. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68192-2>
- Bretherton, B., Atkinson, L., Murray, A., Clancy, J., Deuchars, S., & Deuchars, J. (2019a). Effects of transcutaneous vagus nerve stimulation in individuals aged 55 years or above: potential benefits of daily stimulation. *Aging*, 11(14), 4836–4857. <https://doi.org/10.18632/aging.102074>
- Bretherton, B., Atkinson, L., Murray, A., Clancy, J., Deuchars, S., & Deuchars, J. (2019b). Effects of transcutaneous vagus nerve stimulation in individuals aged 55 years or above: potential benefits of daily stimulation. *Aging*, 11(14), 4836–4857. <https://doi.org/10.18632/aging.102074>
- Caña-Pino, A., Espejo-Antúnez, L., Adsuar, J. C., & Apolo-Arenas, M. D. (2021). Test–Retest Reliability of an iPhone® Inclinator Application to Assess the Lumbar Joint Repositioning Error in Non-Specific Chronic Low Back Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2489. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052489>

- Chale C. (2010). *Functional anatomy: musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists* (Vol. 248).
- Chen, I.-C., Kuo, J., Ko, W.-J., Shih, H.-C., & Kuo, C.-D. (2016). Increased flow resistance and decreased flow rate in patients with acute respiratory distress syndrome: The role of autonomic nervous modulation. *Journal of the Chinese Medical Association*, 79(1), 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2015.10.001>
- Chou, R., Qaseem, A., Snow, V., Casey, D., Cross, J. T., Shekelle, P., & Owens, D. K. (2007). Diagnosis and Treatment of Low Back Pain: A Joint Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Annals of Internal Medicine*, 147(7), 478. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-147-7-200710020-00006>
- Clancy, J. A., Mary, D. A., Witte, K. K., Greenwood, J. P., Deuchars, S. A., & Deuchars, J. (2014). Non-invasive Vagus Nerve Stimulation in Healthy Humans Reduces Sympathetic Nerve Activity. *Brain Stimulation*, 7(6), 871–877. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.07.031>
- Costa, V., Gianlorenço, A. C., Andrade, M. F., Camargo, L., Menacho, M., Arias Avila, M., Pacheco-Barrios, K., Choi, H., Song, J.-J., & Fregni, F. (2024). Transcutaneous vagus nerve stimulation effects on chronic pain: systematic review and meta-analysis. *Pain Reports*, 9(5), e1171. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000001171>
- Courties, A., Berenbaum, F., & Sellam, J. (2021a). Vagus nerve stimulation in musculoskeletal diseases. *Joint Bone Spine*, 88(3), 105149. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2021.105149>
- Courties, A., Berenbaum, F., & Sellam, J. (2021b). Vagus nerve stimulation in musculoskeletal diseases. *Joint Bone Spine*, 88(3), 105149. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2021.105149>
- Courtney, C. A., Steffen, A. D., Fernández-de-Las-Peñas, C., Kim, J., & Chmell, S. J. (2016). Joint Mobilization Enhances Mechanisms of Conditioned Pain Modulation in Individuals With Osteoarthritis of the Knee. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 46(3), 168–176. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6259>
- Davarian, S., Maroufi, N., Ebrahimi, I., Farahmand, F., & Parnianpour, M. (2012). Trunk muscles strength and endurance in chronic low back pain patients with and

- without clinical instability. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(2), 123–129. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0320>
- Demircioğlu, G., Özden, A. V., & Genç, H. (2024). Comparison of the efficacy of auricular vagus nerve stimulation and conventional low back rehabilitation in patients with chronic low back pain. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 56, 101862. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2024.101862>
- Deyo, R. A., & Weinstein, J. N. (2001). Low Back Pain. *New England Journal of Medicine*, 344(5), 363–370. <https://doi.org/10.1056/NEJM200102013440508>
- Dworkin, R. H., Turk, D. C., Farrar, J. T., Haythornthwaite, J. A., Jensen, M. P., Katz, N. P., Kerns, R. D., Stucki, G., Allen, R. R., Bellamy, N., Carr, D. B., Chandler, J., Cowan, P., Dionne, R., Galer, B. S., Hertz, S., Jadad, A. R., Kramer, L. D., Manning, D. C., ... Witter, J. (2005). Core outcome measures for chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. *Pain*, 113(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2004.09.012>
- Dworkin, R. H., Turk, D. C., Peirce-Sandner, S., Burke, L. B., Farrar, J. T., Gilron, I., Jensen, M. P., Katz, N. P., Raja, S. N., Rappaport, B. A., Rowbotham, M. C., Backonja, M.-M., Baron, R., Bellamy, N., Bhagwagar, Z., Costello, A., Cowan, P., Fang, W. C., Hertz, S., ... Ziegler, D. (2012). Considerations for improving assay sensitivity in chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. *Pain*, 153(6), 1148–1158. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2012.03.003>
- Elenkov, I. J., Wilder, R. L., Chrousos, G. P., & Vizi, E. S. (2000). The sympathetic nerve--an integrative interface between two supersystems: the brain and the immune system. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 595–638.
- El Haber, N., Erbas, B., Hill, K. D., & Wark, J. D. (2008). Relationship between age and measures of balance, strength and gait: linear and non-linear analyses. *Clinical Science*, 114(12), 719–727. <https://doi.org/10.1042/CS20070301>
- Fagundes Loss, J., de Souza da Silva, L., Ferreira Miranda, I., Groisman, S., Santiago Wagner Neto, E., Souza, C., & Tarragô Candotti, C. (2020). Immediate effects of a lumbar spine manipulation on pain sensitivity and postural control in individuals with nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *Chiropractic & Manual Therapies*, 28(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s12998-020-00316-7>
- Farmer, A. D., Strzelczyk, A., Finisguerra, A., Gourine, A. V., Gharabaghi, A., Hasan, A., Burger, A. M., Jaramillo, A. M., Mertens, A., Majid, A., Verkuil, B., Badran,

- B. W., Ventura-Bort, C., Gaul, C., Beste, C., Warren, C. M., Quintana, D. S., Hämmerer, D., Freri, E., ... Koenig, J. (2021). International Consensus Based Review and Recommendations for Minimum Reporting Standards in Research on Transcutaneous Vagus Nerve Stimulation (Version 2020). *Frontiers in Human Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.568051>
- Fernández-Morales, C., Espejo-Antúnez, L., Albornoz-Cabello, M., Yáñez-Álvarez, Á. R., & Cardero-Durán, M. de L. Á. (2025). Autonomic Balance Differences Through Heart Rate Variability Between Adults with and Without Chronic Low Back Pain. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/healthcare13050509>
- Fitzcharles, M.-A., Cohen, S. P., Clauw, D. J., Littlejohn, G., Usui, C., & Häuser, W. (2021a). Nociplastic pain: towards an understanding of prevalent pain conditions. *The Lancet*, 397(10289), 2098–2110. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00392-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00392-5)
- Fitzcharles, M.-A., Cohen, S. P., Clauw, D. J., Littlejohn, G., Usui, C., & Häuser, W. (2021b). Nociplastic pain: towards an understanding of prevalent pain conditions. *The Lancet*, 397(10289), 2098–2110. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00392-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00392-5)
- Fleming, K. C., & Volcheck, M. M. (2015). Central Sensitization Syndrome and the Initial Evaluation of a Patient with Fibromyalgia: A Review. *Rambam Maimonides Medical Journal*, 6(2), e0020. <https://doi.org/10.5041/RMMJ.10204>
- Forte, G., Favieri, F., Leemhuis, E., De Martino, M. L., Giannini, A. M., De Gennaro, L., Casagrande, M., & Pazzaglia, M. (2022). Ear your heart: transcutaneous auricular vagus nerve stimulation on heart rate variability in healthy young participants. *PeerJ*, 10, e14447. <https://doi.org/10.7717/peerj.14447>
- Foster, N. E., Anema, J. R., Cherkin, D., Chou, R., Cohen, S. P., Gross, D. P., Ferreira, P. H., Fritz, J. M., Koes, B. W., Peul, W., Turner, J. A., Maher, C. G., & Lancet Low Back Pain Series Working Group. (2018). Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet (London, England)*, 391(10137), 2368–2383. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30489-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30489-6)
- Furlan, A. D., Yazdi, F., Tsertsvadze, A., Gross, A., Van Tulder, M., Santaguida, L., Gagnier, J., Ammendolia, C., Dryden, T., Doucette, S., Skidmore, B., Daniel, R., Ostermann, T., & Tsouros, S. (2012). A Systematic Review and Meta-Analysis of

- Efficacy, Cost-Effectiveness, and Safety of Selected Complementary and Alternative Medicine for Neck and Low-Back Pain. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1–61. <https://doi.org/10.1155/2012/953139>
- Graven-Nielsen, T., & Arendt-Nielsen, L. (2002). Peripheral and central sensitization in musculoskeletal pain disorders: An experimental approach. *Current Rheumatology Reports*, 4(4), 313–321. <https://doi.org/10.1007/s11926-002-0040-y>
- Grenier, J.-P., & Rothmund, M. (2024). A critical review of the role of manual therapy in the treatment of individuals with low back pain. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 32(5), 464–477. <https://doi.org/10.1080/10669817.2024.2316393>
- Gwilym, S. E., Keltner, J. R., Warnaby, C. E., Carr, A. J., Chizh, B., Chessell, I., & Tracey, I. (2009). Psychophysical and functional imaging evidence supporting the presence of central sensitization in a cohort of osteoarthritis patients. *Arthritis Care & Research*, 61(9), 1226–1234. <https://doi.org/10.1002/art.24837>
- Hartvigsen, J., Hancock, M. J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M. L., Genevay, S., Hoy, D., Karppinen, J., Pransky, G., Sieper, J., Smeets, R. J., Underwood, M., Buchbinder, R., Hartvigsen, J., Cherkin, D., Foster, N. E., Maher, C. G., Underwood, M., van Tulder, M., ... Woolf, A. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*, 391(10137), 2356–2367. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30480-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30480-X)
- Henschke, N., Maher, C. G., Ostelo, R. W., de Vet, H. C., Macaskill, P., & Irwig, L. (2013). Red flags to screen for malignancy in patients with low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(2). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008686.pub2>
- Holle-Lee, D., & Gaul, C. (2016). Noninvasive vagus nerve stimulation in the management of cluster headache: clinical evidence and practical experience. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*, 9(3), 230–234. <https://doi.org/10.1177/1756285616636024>
- Hoogendoorn, W. E., van Poppel, M. N. M., Bongers, P. M., Koes, B. W., & Bouter, L. M. (2000). Systematic Review of Psychosocial Factors at Work and Private Life as Risk Factors for Back Pain. *Spine*, 25(16), 2114–2125. <https://doi.org/10.1097/00007632-200008150-00017>

- Hudson, J. T., Slater, M. R., Taylor, L., Scott, H. M., & Kerwin, S. C. (2004). Assessing repeatability and validity of a visual analogue scale questionnaire for use in assessing pain and lameness in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 65(12), 1634–1643. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1634>
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Krstrup, P., & Aagaard, P. (2011). The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 521–530. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1669-2>
- Johnson, R. L., & Wilson, C. G. (2018). A review of vagus nerve stimulation as a therapeutic intervention. *Journal of Inflammation Research*, Volume 11, 203–213. <https://doi.org/10.2147/JIR.S163248>
- Kahere, M., & Ginindza, T. (2021). The prevalence and risk factors of chronic low back pain among adults in KwaZulu-Natal, South Africa: an observational cross-sectional hospital-based study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1), 955. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04790-9>
- Kaltenborn F. (2003). *Manual Mobilization of the Joints The Kaltenborn Method of Joint Examination and Treatment* (4th ed., Vol. 2).
- Karemaker, J. M. (2017). An introduction into autonomic nervous function. *Physiological Measurement*, 38(5), R89–R118. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aa6782>
- Knezevic, N. N., Candido, K. D., Vlaeyen, J. W. S., Van Zundert, J., & Cohen, S. P. (2021). Low back pain. *The Lancet*, 398(10294), 78–92. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00733-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00733-9)
- Koopman, F. A., Chavan, S. S., Miljko, S., Grazio, S., Sokolovic, S., Schuurman, P. R., Mehta, A. D., Levine, Y. A., Faltys, M., Zitnik, R., Tracey, K. J., & Tak, P. P. (2016). Vagus nerve stimulation inhibits cytokine production and attenuates disease severity in rheumatoid arthritis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(29), 8284–8289. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605635113>
- Kosek, E., Cohen, M., Baron, R., Gebhart, G. F., Mico, J.-A., Rice, A. S. C., Rief, W., & Sluka, A. K. (2016). Do we need a third mechanistic descriptor for chronic pain states? *Pain*, 157(7), 1382–1386. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000507>

- Lake, J. I., & Heuckeroth, R. O. (2013). Enteric nervous system development: migration, differentiation, and disease. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 305(1), G1–G24. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00452.2012>
- Latremoliere, A., & Woolf, C. J. (2009a). Central Sensitization: A Generator of Pain Hypersensitivity by Central Neural Plasticity. *The Journal of Pain*, 10(9), 895–926. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2009.06.012>
- Latremoliere, A., & Woolf, C. J. (2009b). Central Sensitization: A Generator of Pain Hypersensitivity by Central Neural Plasticity. *The Journal of Pain*, 10(9), 895–926. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2009.06.012>
- Leemans, L., Elma, Ö., Nijs, J., Wideman, T. H., Siffain, C., den Bandt, H., Van Laere, S., & Beckwée, D. (2021). Transcutaneous electrical nerve stimulation and heat to reduce pain in a chronic low back pain population: a randomized controlled clinical trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 25(1), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.04.001>
- Licciardone, J. C., Minotti, D. E., Gatchel, R. J., Kearns, C. M., & Singh, K. P. (2013). Osteopathic Manual Treatment and Ultrasound Therapy for Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *The Annals of Family Medicine*, 11(2), 122–129. <https://doi.org/10.1370/afm.1468>
- Linton, S. J. (2000). A Review of Psychological Risk Factors in Back and Neck Pain. *Spine*, 25(9), 1148–1156. <https://doi.org/10.1097/00007632-200005010-00017>
- Liu, C.-H., Yang, M.-H., Zhang, G.-Z., Wang, X.-X., Li, B., Li, M., Woelfer, M., Walter, M., & Wang, L. (2020). Neural networks and the anti-inflammatory effect of transcutaneous auricular vagus nerve stimulation in depression. *Journal of Neuroinflammation*, 17(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s12974-020-01732-5>
- Loukas, M., Klaassen, Z., Merbs, W., Tubbs, R. S., Gielecki, J., & Zurada, A. (2010). A review of the thoracic splanchnic nerves and celiac ganglia. *Clinical Anatomy*, 23(5), 512–522. <https://doi.org/10.1002/ca.20964>
- Macedo, L. G., Saragiotto, B. T., Yamato, T. P., Costa, L. O. P., Menezes Costa, L. C., Ostelo, R. W. J. G., & Maher, C. G. (2016). Motor control exercise for acute non-specific low back pain. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2(2), CD012085. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012085>
- Malfliet, A., Coppineters, I., Van Wilgen, P., Kregel, J., De Pauw, R., Dolphens, M., & Ickmans, K. (2017). Brain changes associated with cognitive and emotional

- factors in chronic pain: A systematic review. *European Journal of Pain*, 21(5), 769–786. <https://doi.org/10.1002/ejp.1003>
- McCorry, L. K. (2007). Physiology of the Autonomic Nervous System. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 71(4), 78. <https://doi.org/10.5688/aj710478>
- McGill, S. M., Childs, A., & Liebenson, C. (1999). Endurance times for low back stabilization exercises: Clinical targets for testing and training from a normal database. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(8), 941–944. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90087-4](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90087-4)
- McGreevy, K., Bottros, M. M., & Raja, S. N. (2011). Preventing chronic pain following acute pain: Risk factors, preventive strategies, and their efficacy. *European Journal of Pain Supplements*, 5(S2), 365–376. <https://doi.org/10.1016/j.eujps.2011.08.013>
- Moseley, G. L., Nicholas, M. K., & Hodges, P. W. (2004). A Randomized Controlled Trial of Intensive Neurophysiology Education in Chronic Low Back Pain. *The Clinical Journal of Pain*, 20(5), 324–330. <https://doi.org/10.1097/00002508-200409000-00007>
- Nance, D. M., & Sanders, V. M. (2007). Autonomic innervation and regulation of the immune system (1987–2007). *Brain, Behavior, and Immunity*, 21(6), 736–745. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2007.03.008>
- Narenthiran, P., Granville Smith, I., & Williams, F. M. K. (2025). Does the addition of manual therapy to exercise therapy improve pain and disability outcomes in chronic low back pain: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 42, 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.12.004>
- Nicholas, M., Vlaeyen, J. W. S., Rief, W., Barke, A., Aziz, Q., Benoliel, R., Cohen, M., Evers, S., Giamberardino, M. A., Goebel, A., Korwisi, B., Perrot, S., Svensson, P., Wang, S.-J., & Treede, R.-D. (2019a). The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic primary pain. *Pain*, 160(1), 28–37. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001390>
- Nicholas, M., Vlaeyen, J. W. S., Rief, W., Barke, A., Aziz, Q., Benoliel, R., Cohen, M., Evers, S., Giamberardino, M. A., Goebel, A., Korwisi, B., Perrot, S., Svensson, P., Wang, S.-J., & Treede, R.-D. (2019b). The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic primary pain. *Pain*, 160(1), 28–37. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001390>

- Nielson, W. R., Jensen, M. P., Karsdorp, P. A., & Vlaeyen, J. W. S. (2013). Activity Pacing in Chronic Pain. *The Clinical Journal of Pain*, 29(5), 461–468. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3182608561>
- Nijs, J., Meeus, M., Van Oosterwijck, J., Roussel, N., De Kooning, M., Ickmans, K., & Matic, M. (2011). Treatment of central sensitization in patients with ‘unexplained’ chronic pain: what options do we have? *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 12(7), 1087–1098. <https://doi.org/10.1517/14656566.2011.547475>
- Nijs, J., Van Oosterwijck, J., & De Hertogh, W. (2009). Rehabilitation of chronic whiplash: treatment of cervical dysfunctions or chronic pain syndrome? *Clinical Rheumatology*, 28(3), 243–251. <https://doi.org/10.1007/s10067-008-1083-x>
- Pallant, J. (2020). *SPSS Survival Manual*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003117452>
- PANJABI, M. M., GOEL, V., OXLAND, T., TAKATA, K., DURANCEAU, J., KRAG, M., & PRICE, M. (1992). Human Lumbar Vertebrae: Quantitative Three-Dimensional Anatomy. *Spine*, 17(3). https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/1992/03000/human_lumbar_vertebrae_quantitative.10.aspx
- Pavlov, V. A., & Tracey, K. J. (2012). The vagus nerve and the inflammatory reflex—linking immunity and metabolism. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(12), 743–754. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.189>
- Pérez-Alcalde, A. I., Galán-Del-Río, F., Fernández-Rodríguez, F. J., de la Plaza San Frutos, M., García-Arrabé, M., Giménez, M.-J., & Ruiz-Ruiz, B. (2024). The Effects of a Single Vagus Nerve’s Neurodynamics on Heart Rate Variability in Chronic Stress: A Randomized Controlled Trial. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24(21). <https://doi.org/10.3390/s24216874>
- Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (2017). Comparison of Heart-Rate-Variability Recording With Smartphone Photoplethysmography, Polar H7 Chest Strap, and Electrocardiography. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1324–1328. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0668>
- Pourahmadi, M. R., Ebrahimi Takamjani, I., Jaberzadeh, S., Sarrafzadeh, J., Sanjari, M. A., Mohsenifar, H., Bagheri, R., & Taghipour, M. (2017). The Effect of Core Stabilization Exercise on the Kinematics and Joint Coordination of the Lumbar Spine and Hip During Sit-to-Stand and Stand-to-Sit in Patients With Chronic

- Nonspecific Low Back Pain (COSCIOUS): Study Protocol for a Randomized Double-Blind Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*, 6(6), e109. <https://doi.org/10.2196/resprot.7378>
- Qaseem, A., Wilt, T. J., McLean, R. M., & Forciea, M. A. (2017a). Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*, 166(7), 514. <https://doi.org/10.7326/M16-2367>
- Qaseem, A., Wilt, T. J., McLean, R. M., & Forciea, M. A. (2017b). Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*, 166(7), 514–530. <https://doi.org/10.7326/M16-2367>
- Rao, M., & Gershon, M. D. (2016). The bowel and beyond: the enteric nervous system in neurological disorders. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 13(9), 517–528. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2016.107>
- Reisbord, L. S., & Greenland, S. (1985). Factors associated with self-reported back-pain prevalence: A population-based study. *Journal of Chronic Diseases*, 38(8), 691–702. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(85\)90023-2](https://doi.org/10.1016/0021-9681(85)90023-2)
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Shamsi, M., Mirzaei, M., Shahsavari, S., Safari, A., & Saeb, M. (2020). Modeling the effect of static stretching and strengthening exercise in lengthened position on balance in low back pain subject with shortened hamstring: a randomized controlled clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 809. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03823-z>
- Sheehan, D., & Pick, J. (1943). The rami communicantes in the rhesus monkey. *Journal of Anatomy*, 77(Pt 2), 125–139.
- Siéssere, S., Vitti, M., Sousa, L. G. de, Semprini, M., Iyomasa, M. M., & Regalo, S. C. H. (2008). Anatomic variation of cranial parasympathetic ganglia. *Brazilian Oral Research*, 22(2), 101–105. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242008000200002>
- Sipaviciene, S., & Pilelis, V. (2024a). Effects of Home Exercise and Manual Therapy or Supervised Exercise on Nonspecific Chronic Low Back Pain and Disability. *Applied Sciences*, 14(5), 1725. <https://doi.org/10.3390/app14051725>

- Sipaviciene, S., & Pilelis, V. (2024b). Effects of Home Exercise and Manual Therapy or Supervised Exercise on Nonspecific Chronic Low Back Pain and Disability. *Applied Sciences*, 14(5), 1725. <https://doi.org/10.3390/app14051725>
- Skyba, A. D., Radhakrishnan, R., Rohlwing, J. J., Wright, A., & Sluka, A. K. (2003). Joint manipulation reduces hyperalgesia by activation of monoamine receptors but not opioid or GABA receptors in the spinal cord. *Pain*, 106(1), 159–168. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(03\)00320-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(03)00320-8)
- Slater, H. , & H. J. (2018). *Pain terminology: introduction of a third clinical descriptor*.
- Sternini, C. (1997). Organization of the Peripheral Nervous System: Autonomic and Sensory Ganglia. *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/jidsymp.1997.2>
- Straube, A., Ellrich, J., Eren, O., Blum, B., & Ruscheweyh, R. (2015). Treatment of chronic migraine with transcutaneous stimulation of the auricular branch of the vagal nerve (auricular t-VNS): a randomized, monocentric clinical trial. *The Journal of Headache and Pain*, 16(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s10194-015-0543-3>
- Suh, J. H., Kim, H., Jung, G. P., Ko, J. Y., & Ryu, J. S. (2019). The effect of lumbar stabilization and walking exercises on chronic low back pain. *Medicine*, 98(26), e16173. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016173>
- Szulc, P., Wendt, M., Waszak, M., Tomczak, M., Cieşlik, K., & Trzaska, T. (2015). Impact of McKenzie Method Therapy Enriched by Muscular Energy Techniques on Subjective and Objective Parameters Related to Spine Function in Patients with Chronic Low Back Pain. *Medical Science Monitor*, 21, 2918–2932. <https://doi.org/10.12659/MSM.894261>
- Tavares-Figueiredo, I., Pers, Y.-M., Duflos, C., Herman, F., Sztajnzalc, B., Lecoq, H., Laffont, I., Dupeyron, A. F., & Homs, A. F. (2024). Effect of Transcutaneous Auricular Vagus Nerve Stimulation in Chronic Low Back Pain: A Pilot Study. *Journal of Clinical Medicine*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/jcm13247601>
- Telles, S., Sharma, S. K., Gupta, R. K., Bhardwaj, A. K., & Balkrishna, A. (2016). Heart rate variability in chronic low back pain patients randomized to yoga or standard care. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 279. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1271-1>
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., & Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors.

- International Journal of Cardiology*, 141(2), 122–131.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.543>
- Tong, M. H., Mousavi, S. J., Kiers, H., Ferreira, P., Refshauge, K., & van Dieën, J. (2017). Is There a Relationship Between Lumbar Proprioception and Low Back Pain? A Systematic Review With Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(1), 120-136.e2.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.05.016>
- Tousignant, M., Poulin, L., Marchand, S., Viau, A., & Place, C. (2005). The Modified–Modified Schober Test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: A study of criterion validity, intra- and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change. *Disability and Rehabilitation*, 27(10), 553–559. <https://doi.org/10.1080/09638280400018411>
- Tracey, K. J. (2002). The inflammatory reflex. *Nature*, 420(6917), 853–859.
<https://doi.org/10.1038/nature01321>
- Tracey, K. J. (2007). Physiology and immunology of the cholinergic antiinflammatory pathway. *Journal of Clinical Investigation*, 117(2), 289–296.
<https://doi.org/10.1172/JCI30555>
- Uzunkulaoğlu, A. (2018). The effectiveness of Kinesio taping on pain and clinical features in chronic non-specific low back pain: A randomized controlled clinical trial. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 64(2), 126–132.
<https://doi.org/10.5606/tftrd.2018.1896>
- van Lieshout, R., Reijneveld, E. A. E., van den Berg, S. M., Haerens, G. M., Koenders, N. H., de Leeuw, A. J., van Oorsouw, R. G., Paap, D., Scheffer, E., Weterings, S., & Stukstette, M. J. (2016). REPRODUCIBILITY OF THE MODIFIED STAR EXCURSION BALANCE TEST COMPOSITE AND SPECIFIC REACH DIRECTION SCORES. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 11(3), 356–365.
- van Tulder, M., Becker, A., Bekkering, T., Breen, A., del Real, M. T. G., Hutchinson, A., Koes, B., Laerum, E., & Malmivaara, A. (2006). Chapter 3 European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *European Spine Journal*, 15(S2), s169–s191. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-1071-2>
- Vanti, C., Andreatta, S., Borghi, S., Guccione, A. A., Pillastri, P., & Bertozzi, L. (2019). The effectiveness of walking versus exercise on pain and function in

- chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Disability and Rehabilitation*, 41(6), 622–632. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1410730>
- Vargas Pelaez, A. F., Gao, Z., Ahmad, T. A., Leuenberger, U. A., Proctor, D. N., Maman, S. R., & Muller, M. D. (2016). Effect of adrenergic agonists on coronary blood flow: a laboratory study in healthy volunteers. *Physiological Reports*, 4(10), e12806. <https://doi.org/10.14814/phy2.12806>
- Vogt, M. T., Lauerman, W. C., Chirumbole, M., & Kuller, L. H. (2002). A Community-Based Study of Postmenopausal White Women With Back and Leg Pain: Health Status and Limitations in Physical Activity. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(8), M544–M550. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.8.M544>
- Wang, F.-S., Yang, K. D., Kuo, Y.-R., Wang, C.-J., Sheen-Chen, S.-M., Huang, H.-C., & Chen, Y.-J. (2003). Temporal and spatial expression of bone morphogenetic proteins in extracorporeal shock wave-promoted healing of segmental defect. *Bone*, 32(4), 387–396. [https://doi.org/10.1016/S8756-3282\(03\)00029-2](https://doi.org/10.1016/S8756-3282(03)00029-2)
- Webb, R., Brammah, T., Lunt, M., Urwin, M., Allison, T., & Symmons, D. (2003). Prevalence and Predictors of Intense, Chronic, and Disabling Neck and Back Pain in the UK General Population. *Spine*, 28(11), 1195–1202. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000067430.49169.01>
- Wellington, J. (2014). Noninvasive and Alternative Management of Chronic Low Back Pain (Efficacy and Outcomes). *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 17, 24–30. <https://doi.org/10.1111/ner.12078>
- Wilke, H.-J., & Volkheimer, D. (2018). Chapter 4 - Basic Biomechanics of the Lumbar Spine. In F. Galbusera & H.-J. Wilke (Eds.), *Biomechanics of the Spine* (pp. 51–67). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812851-0.00004-5>
- Woolf, C. J. (2007). Central Sensitization. *Anesthesiology*, 106(4), 864–867. <https://doi.org/10.1097/01.anes.0000264769.87038.55>
- Woolf, C. J. (2011a). Central sensitization: Implications for the diagnosis and treatment of pain. *Pain*, 152(3), S2–S15. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.09.030>
- Woolf, C. J. (2011b). Central sensitization: Implications for the diagnosis and treatment of pain. *Pain*, 152(3), S2–S15. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.09.030>

- Yakunina, N., Kim, S. S., & Nam, E.-C. (2017). Optimization of Transcutaneous Vagus Nerve Stimulation Using Functional MRI. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 20(3), 290–300. <https://doi.org/10.1111/ner.12541>
- Yakut, E., Düger, T., Öksüz, Ç., Yörükan, S., Üreten, K., Turan, D., Frat, T., Kiraz, S., Krd, N., Kayhan, H., Yakut, Y., & Güler, Ç. (2004). Validation of the Turkish Version of the Oswestry Disability Index for Patients With Low Back Pain. *Spine*, 29(5), 581–585. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000113869.13209.03>
- Yang, H., Gil, Y., Lee, W., Kim, T., & Lee, H. (2008). Anatomy of thoracic splanchnic nerves for surgical resection. *Clinical Anatomy*, 21(2), 171–177. <https://doi.org/10.1002/ca.20599>
- Yuan, H., & Silberstein, S. D. (2016). Vagus Nerve and Vagus Nerve Stimulation, a Comprehensive Review: Part I. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 56(1), 71–78. <https://doi.org/10.1111/head.12647>
- Yunus, M. (2015). Editorial Review (Thematic Issue: An Update on Central Sensitivity Syndromes and the Issues of Nosology and Psychobiology). *Current Rheumatology Reviews*, 11(2), 70–85. <https://doi.org/10.2174/157339711102150702112236>
- Zheng, D. K. Y., Liu, J. Q. J., Chang, J. R., Ng, J. C. Y., Zhou, Z., Wu, J., Cheung, C. K. C., Huang, F. F., Pinto, S. M., Samartzis, D., Ferreira, M. L., Ekanayake, K., Lord, S., Wang, X., & Wong, A. Y. L. (2024). Are changes in pain intensity related to changes in balance control in individuals with chronic non-specific low back pain? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 14, 100989. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.100989>
- Zis, P., Liampas, A., Artemiadis, A., Tsalamandris, G., Neophytou, P., Unwin, Z., Kimiskidis, V. K., Hadjigeorgiou, G. M., Varrassi, G., Zhao, Y., & Sarrigiannis, P. G. (2022). EEG Recordings as Biomarkers of Pain Perception: Where Do We Stand and Where to Go? In *Pain and Therapy* (Vol. 11, Issue 2, pp. 369–380). Adis. <https://doi.org/10.1007/s40122-022-00372-2>