

ORIGINAL ARTICLE

Boyun ağrılı bireylerde aerobik ve yüksek yoğunluklu interval eğitimin solunum fonksiyonları üzerine etkisi: Randomize kontrollü çalışma

Effect of aerobic and high-intensity interval training on respiratory function in individuals with neck pain: A randomized controlled trial

Sinem AYYILDIZ ÇINAR¹, Aynur DEMİREL¹, Mehmet Levent ŞAHİNER², Halil Kamil ÖGE³, Sevil BİLGİN¹

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı kronik boyun ağrısı olan bireylerde aerobik egzersiz (AE) ve yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanın (YYAA) solunum kas kuvveti, solunum fonksiyonları, ağrı ve özür düzeyi üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır.

Yöntem: Randomize kontrollü tek kör bir çalışma olarak planlanan bu çalışma, 18-55 yaş aralığında (ortalama yaş 40,52±10,90) 50 kronik ağrılı bireyin randomize olarak AE (n=16), YYAA (n=16) ve kontrol grubu olarak (n=18) ayrılması ile gerçekleşti. Solunum kas kuvveti (MİP, MEP), solunum fonksiyon testleri [Zorlu hava hacmi (FEV1), Zorlu vital kapasite (FVC), (FEV1/FVC), maksimal ekspirasyon ortası akım hızı (FEF%25-75), Zirve ekspiratuar akım hızı (PEF)], ağrı şiddeti (VAS) ve boyun özür indeksi değerlendirildi.

Bulgular: Her iki uygulama grubu, kontrol grubuna göre MİP değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış gösterdi (p<0.05). MEP ise yalnızca YYAA grubunda anlamlı olarak arttı (p<0.05). Solunum fonksiyon testlerinde (FEV1, FVC, FEV1/FVC, FEF%25-75, PEF) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0.05). Ağrı düzeyi ve özür açısından her iki egzersiz grubu benzer düzeyde iyileşme gösterdi (p<0.05).

Sonuç: AE ve YYAA, kronik boyun ağrısı olan bireylerde solunum kas kuvvetini artırmada, ağrı ve özür düzeyini azaltmada etkili yaklaşımlardır. YYAA, ekspiratuar kas kuvveti üzerindeki üstün etkisiyle öne çıkmaktadır. YYAA, katılımcıların keyifli bulduğu ve uygulanabilir bir egzersiz yaklaşımı olarak kronik boyun ağrılı bireylerin rehabilitasyon protokollerine entegre edilebilir. Bu durum, egzersize uyumu artırarak hasta odaklı olumlu sonuçlara katkı sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Solunum kasları, Solunum fonksiyon testleri, Boyun ağrısı, Aerobik egzersiz, Yüksek şiddetli aralıklı antrenman.

Abstract

Purpose: The aim of this study was to compare the effects of aerobic exercise (AE) and high-intensity interval training (HIIT) on respiratory muscle strength, respiratory function, pain, and disability levels in individuals with chronic neck pain.

Methods: This study, designed as a randomized controlled single-blind trial, involved 50 individuals aged 18-55 years (mean age 40.52 ± 10.90) with chronic pain, who were randomly assigned to the AE group (n = 16), the YYAA group (n = 16), and the control group (n = 18). Respiratory muscle strength (MIP, MEP), respiratory function tests (Forced expiratory volume (FEV1), forced vital capacity (FVC), (FEV1/FVC), peak expiratory flow rate (PEF 25-75%), Peak expiratory flow rate (PEF), pain intensity (VAS), and neck disability index were evaluated.

Results: Both intervention groups showed a statistically significant increase in MIP compared to the control group (p<0.05). MEP increased significantly only in the YYAA group (p<0.05). There was no statistically significant difference between the groups in respiratory function tests (FEV1, FVC, FEV1/FVC, FEF%25-75, PEF) (p>0.05). Both exercise groups showed similar levels of improvement in pain level and disability (p<0.05).

Conclusion: AE and YYAA are effective approaches for increasing respiratory muscle strength, and reducing pain, and disability levels in individuals with chronic neck pain. YYAA stands out for its superior effect on expiratory muscle strength. YYAA can be integrated into rehabilitation protocols for individuals with chronic neck pain as an exercise approach that participants find enjoyable and feasible. This can contribute to patient-centered positive outcomes by increasing exercise compliance.

Keywords: Respiratory muscles, Respiratory function tests, Neck pain, Aerobic exercise, High-intensity interval training

1: Hacettepe University, Faculty of Physiotherapy and Rehabilitation, Ankara, Türkiye.

2: Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Cardiology, Ankara, Türkiye.

3: Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Neurosurgery, Ankara, Türkiye.

Corresponding Author: Sinem Ayyıldız Çınar ; ayyildizsnm@gmail.com

ORCID IDs (order of authors): 0000-0002-2064-2284; 0000-0002-5773-6292; 0000-0002-0985-3144; 0000-0002-8823-851X; 0000-0003-1597-1312

Received: July 24, 2025. Accepted: August 4, 2025



GİRİŞ

Boyun ağrısı, hayatı tehdit etmese de yaşam kalitesini etkileyen ve iş gücünde düşmeye sebep olan ciddi bir ekonomik ve epidemiyolojik problemdir. Engelliliğe sebep olan morbidite nedenleri arasında 6. sırada yer almaktadır ve dünya genelinde insidansı yaklaşık %4,6 ile %5,3 arasında değişmektedir.¹

Kronik boyun ağrısı olan kişilerde derin servikal fleksör ve ekstansör kaslarda kuvvet ve enduransta azalma, yüzeysel boyun fleksörlerinde hiperaktivite, servikal hareket açıklığında azalma, başta anterior tilt, azalmış propriosepsiyon ve nöromuskuler bozukluklar görülmektedir.² Ayrıca servikal ve torasik bölgelerin kas-iskelet sistemi ve sinirsel bağlantısı boyun ağrılı bireylerde solunum fonksiyonu bozuklukları ile ilişkilendirilmektedir.^{3,4} Kapreli vd. tarafından bu ilişki ayrıntılı bir hipotez ile yayınlamış ve sonraki yıllarda yapılan çalışmalarla bu ilişkiye dair bulgular desteklenmiştir.⁴ Boyun ağrısının solunum fonksiyonları üzerindeki etkisi, servikal hareket açıklığının azalması ve kas fonksiyonlarındaki değişiklikler aracılığıyla ortaya çıkarak, akciğer kapasitesini olumsuz yönde etkileyebilir.^{4,5} Kronik boyun ağrısı olan bireylerde bazı solunum hacimlerinin daha düşük olduğu ve solunum kas kuvvet ve dayanıklılığının, servikal hareket açıklığı ve psikolojik durumların solunum parametreleriyle önemli ölçüde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Hastalarda daha düşük Pco₂ ve göğüs genişlemesi ile boyun ağrısı arasında önemli bir ilişki olduğu da gösterilmiştir. Bununla birlikte bu bireylerde solunum egzersizlerinin bazı servikal kas-iskelet sistemi ve solunum bozukluklarını iyileştirmede etkili olduğu görülmüştür ve fonksiyonel pulmoner bozuklukların kronik boyun ağrısına eşlik ettiği bilinmektedir.³ Ren vd. tarafından yapılan bir çalışma, bu hastalardaki disfonksiyonel solunumun artan boyun sakatlığı ve stres ile ilişkili olduğunu göstermiş, solunum eğitiminin de dahil olduğu kapsamlı bir rehabilitasyonun potansiyelini vurgulamıştır.⁶ Dimitriadis vd. de kronik boyun ağrısı olan hastalarda solunum fonksiyon bozukluğunun hayati solunum fonksiyonlarını etkileyebileceğini vurgulayarak, solunum değerlendirmesi ve tedavisinin

standart fizyoterapi uygulamalarına dahil edilmesi gerektiğini önermiştir.⁵

Literatürde boyun ağrılı bireylerde solunum kapasitesini etkileyen uygulamalara yönelik karşılaştırmalı çalışmalar yetersizdir. Yeampattanaporn vd. yaptığı çalışmada solunum kas eğitiminin boyun ağrısına etkisi araştırılmış ve hastaların dinlenme sırasındaki ağrısı ve fonksiyonel hareketi iyileşmiş, yardımcı solunum kaslarının EMG aktivitesi azalmıştır.⁷ McLaughlin vd. ise 2011'de yaptıkları çalışmada solunum eğitiminin boyun ağrılı hastalarda ağrı ve kan karbondioksit düzeyini azalttığını göstermişlerdir.⁸ Wirth vd. 2016'da yaptığı pilot çalışmada ise boyun ağrılı hastalarda solunum kas endurans eğitiminin hastaların, maksimal istemli ventilasyon (MVV), maksimum inspiratuar basınç (MIP) ve maksimum ekspiratuar basınç (MEP) parametrelerini artırdığı ve özür düzeyini azalttığı görülmüştür.⁹

Aerobik egzersiz (AE), vücutta oksijen tüketimini arttıran büyük kas gruplarının dahil edildiği ritmik ve sürekli egzersizlerdir. Aerobik eğitim ile aerobik kapasitenin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Aerobik kapasite, pulmoner ve kardiyovasküler sistemin kaslara maksimal oksijen transport edebilme yeteneği şeklinde tanımlanmaktadır.¹⁰ Aerobik egzersizin, egzersiz toleransını ve yaşam kalitesini artırdığı kalp hastalığı, diyabet gibi kronik hastalık riskini, psikolojik stresi ve anksiyeteyi azalttığı bilinmektedir.^{11,12} Aerobik egzersizler tidal volüm, vital kapasite, difüzyon kapasitesinde artış sağlar, solunum fonksiyonu ve solunum kas kuvvetini iyileştirir^{13,14} ve göğüs ekspansiyonunu artırır.¹⁴ Aerobik egzersizler solunum fonksiyonunda etkili olduğu^{15,16} gibi, ağrılı kişilerde de çalışma yeteneğini iyileştirdiği bilinmektedir.¹⁷ Literatürde boyun ağrılı grupta olarak aerobik egzersizin solunum üzerine etkilerini araştırılan çalışma bilğimiz dahilinde bulunmamaktadır.

Son yıllarda popüleritesi artan Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman (YYAA) ise kısa sürede yüksek eforla yapılan, endorfin salınımı ve anti-inflamatuar etkileri nedeniyle doğal bir ağrı kesici olarak da değerlendirilen ve solunum dahil birçok fizyolojik sistemi aktive eden bir egzersiz biçimi olarak ön plana çıkmıştır. Wang vd. KOAH hastalarında YYAA'nın VO₂peak artışı, solunum kaslarını kuvvetlendirdiği ve yaşam kalitesinde iyileşme sağladığını,

katılımcıların egzersiz sonrası dispne düzeylerinin azaldığı ve yorgunluk toleransının arttığını bildirmişlerdir.¹⁸ Cuenca-Martínez vd, kas iskelet sistemi hastalıklarında YYAA'nın sadece kas gücünü değil, kardiyorespiratuvar uygunluğu (VO2max) da artırarak genel sağlık durumunu iyileştirdiğini raporlamışlardır.¹⁹ Botta vd. ise yayınladıkları derlemede kronik ağrıda YYAA'nın akciğer ventilasyonunu artırdığını vurgulamıştır.²⁰ Ancak YYAA'nın boyun ağrısı gibi spesifik kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarındaki etkileri henüz yeterince araştırılmamış olup, daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile elde edilecek bulgular, kronik boyun ağrısı olan bireylerde ağrıyla birlikte solunum fonksiyonlarını iyileştirmeye yönelik etkili egzersiz protokollerinin belirlenmesine katkı sağlayarak hem semptom yönetimini kolaylaştırabilir hem de hastaların yaşam kalitesini artıracak yeni rehabilitasyon yaklaşımlarının geliştirilmesine zemin hazırlayabilir.

AE ve YYAA'nın solunum parametreleri üzerindeki etkilerini karşılaştıran araştırma olmadığı göz önüne alındığında, bu çalışmanın birincil amacı AE ve YYAA'nın solunum kas kuvveti ve solunum fonksiyon testleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır. Ayrıca, ikincil amaç ağrı ve özür üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır.

YÖNTEM

Bu çalışma 2023 Mayıs ve 2024 Aralık arasında kronik boyun ağrısı olan bireylerde üst ekstremiteler ile yapılan AE ve YYAA'nın solunum fonksiyonları üzerine etkisini araştıran 8 haftalık randomize kontrollü bir çalışmadır. 50 hasta, bilgisayar tabanlı randomizasyon programı (random.org) ile AT, YYAA ve kontrol grubu olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Değerlendirmeler 8 haftalık egzersiz programından önce ve sonra yapıldı. Çalışmada hastaların çalışma uygulamalarına kör olduğu tek kör bir tasarım kullanıldı. Tedaviyi uygulayan fizyoterapist kör değildi. Çalışma protokolü üniversitenin Girişimsel Klinik Araştırma Etik Kurulu tarafından onaylandı (Karar No: 2023/19-09 KA21111). Çalışma ClinicalTrials.gov'a kaydedilmiştir (Kayıt Numarası: NCT05485220). Tüm bireyler

Helsinki Bildirgesi'ne göre çalışma hakkında bilgilendirildi ve çalışmaya dahil edilmeden önce katılım için imzalı bilgilendirilmiş onamları alındı.

Katılımcılar

Bu çalışma, Hacettepe Hastanesi Nöroşirürji Bölümüne başvuran, kronik boyun ağrısı tanısı ile fizik tedavi için Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesine yönlendirilen bireylerle yapıldı. 18 – 55 yaş arası, 3 aydan fazladır boyun ağrısı olan, VAS'da ≥ 30 mm olan kronik boyun ağrısı olan hastalar dahil edildi. Hamileler, herhangi bir kardiyovasküler veya pulmoner hastalığı olanlar, herhangi bir medikal durum nedeniyle egzersiz yapamayanlar, son 6 ayda boyun ağrısı ile ilgili fizik tedavi almış olanlar, malignite öyküsü olanlar, spinal kırık varlığı olanlar, omuz kırığı, omuz subluksasyonu, servikal veya omuz cerrahisi, migren, romatolojik hastalıklar, servikal kök kompresyon sendromu olanlar, nörolojik veya inflamatuvar spinal patolojisi olanlar, kronik wiplash ve travmatik boyun yaralanması olanlar dahil edilmedi. Çalışmanın akış şeması Şekil 1'de verilmektedir.

Örneklem büyüklüğü

Bu çalışmanın örneklem büyüklüğü, literatürde solunum kas gücü üzerine yapılan randomize kontrollü çalışmalarda bildirilen değişim değerlerine dayanarak belirlendi. Özellikle maksimum ekspiratuvar basınç (MEP) üzerinde yapılan meta-analizde, uygulama sonrası ortalama 8 cmH₂O artış, standart sapma ise yaklaşık 10 cmH₂O olarak bildirilmiştir.²¹ Üç grup içeren tekrarlı ölçümler tasarımına dayalı G*Power yazılımı (sürüm 3.1) kullanıldı. Etki büyüklüğü, literatürde belirtilen çalışma verilerine dayanarak Cohen's $f = 0,56$ olarak kabul edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $\alpha = 0,05$, istatistiksel güç (1- β) ise %80 olarak belirlendi. Bu parametreler doğrultusunda yapılan analizde, her grupta en az 15 katılımcı olmak üzere toplam 45 katılımcının yeterli istatistiksel güç (%80) sağladığı belirlendi.

Değerlendirmeler

Çalışmanın başlangıcında katılımcıların yaş (yıl), cinsiyeti, boy uzunluğu (cm), vücut ağırlığı (kg), vücut kütle indeksi (VKİ) (kg/m²), eğitim durumu ve çalışma durumu kaydedildi.

Solunum Sistemi Değerlendirmeleri

Solunum Kas Kuvveti Ölçümü

Taşınabilir ağız içi basınç ölçüm cihazı (Micro Medical MicroMPM, Kent, İngiltere) ile ekspiratuar kas kuvveti (maksimal ekspiratuar basınç, MEP) ve inspiratuar kas kuvveti (maksimal inspiratuar basınç, MIP) ölçümleri yapıldı.²² MIP ölçümü için kişiden önce maksimum ekspirasyon yapması istenerek ekspirasyon sonunda kişinin burnu bir klips yardımıyla kapatıldı ve 1-3 sn sürdürecek şekilde maksimum inspirasyon yapması istendi. MEP ölçümü yapılan kişiden ise maksimum inspirasyon sonunda burun bir klips yardımıyla kapatılarak 1-3 sn sürecek şekilde maksimum ekspirasyon yapması istendi. Ölçümler %10'luk veya 10 cmH₂O bir fark olmayacak şekilde üç kez tekrar edildi. Üç ölçüm arasından en yüksek olanı istatistiksel analiz için kullanıldı.

Solunum Fonksiyon Testi

Ölçümler spirometre (Spirolab III, Spirolab, Medical International Research, Roma, İtalya) ile yapıldı.²³ Değerlendirmede birinci saniyedeki Zorlu hava hacmi (FEV₁), Zorlu vital kapasite (FVC), (FEV₁/FVC) ve maksimal ekspirasyon ortası akım hızı (FEF%25-75), Zirve ekspiratuar akım hızı (PEF) değerleri kaydedildi. Birbiriyle uyumlu 3 ölçümden en yüksek değer kaydedildi. Ölçümlerin sonuçları yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı ve boya göre beklenen değerlerin yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Sonuçların yorumlanmasında referans yüzde olarak Avrupa Solunum Cemiyeti (ERS) 93 değerleri kullanıldı.²⁴

Klinik Parametreler

Ağrı Şiddeti

Katılımcılardan, aktivite sırasındaki ağrı şiddetlerini, 0-100 mm uzunluğundaki Visual Analog Scale (VAS) üzerinde işaretlemeleri istendi. Skalada 0= ağrı yok, 100= dayanılmaz ağrı var anlamındadır. İşaretli yerin değeri bir cetvel ile hesaplanarak mm olarak kaydedildi.²⁵

Boyun Özur İndeksi (BÖİ)

BÖİ, boyun rahatsızlıklarının neden olduğu ağrı ve günlük yaşam aktivitelerindeki limitasyonlarının ölçümü için, anlaşılması kolay, güvenilir ve geçerli bir araçtır. İndeks 0 ile 5 arasında puan alan 10 sorudan oluşmaktadır. Yüksek puan yüksek özur seviyesini göstermektedir. 0 – 4 arası puan özur olmadığını, 5 – 14 arası puan hafif özü, 15 – 24 arası puan orta dereceli özü, 25 – 34 arası puan ciddi özü, 35 ve üzeri puan ise tam özü ifade eder.²⁶

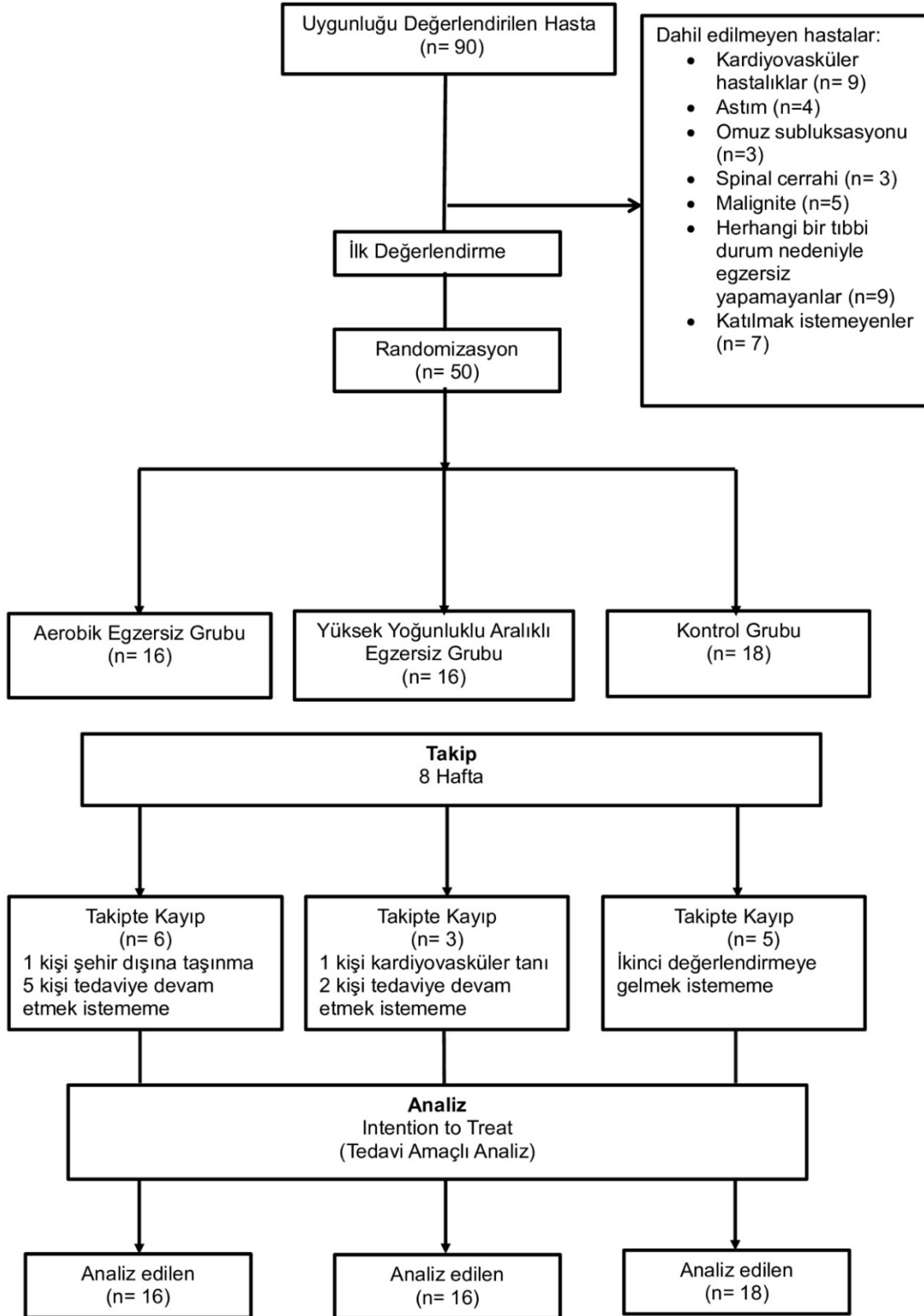
Tedaviler

Eğitim grubuna dahil edilen tüm boyun ağrılı bireyler, Hacettepe Üniversitesi Hastanesi Kardiyoloji Anabilim Dalı polikliniğine yönlendirilip rutin testlerle (elektrokardiyogram [EKG], ekokardiyografi, rutin biyokimyasal testler) bir kardiyolog (MLŞ) tarafından değerlendirilerek eğitim sırasında yan etki riskinin azaltılması sağlandı. Hem AE hem de YYAA grupları 8 hafta boyunca haftada 3 kez olmak üzere fizyoterapist gözetiminde kol ergometresi cihazıyla (Monark, Rehab Trainer 881 E) 24 seanslık bir rehabilitasyon programına tabi tutuldu.

Her iki grup için eğitime başlamadan bir gün önce kol ergometresi testi ile iş yükü belirlendi. İkinci gün eğitim programına başlandı. Kol ergometresiyle iş yükünü belirlemek için, katılımcının test öncesi ve sonrasında kan basıncı, parmağa takılan *portable pulse* oksimetre ile kalp hızı (KH) ve oksijen saturasyonu (SpO₂) değerleri, dispne, kol yorgunluğu ve boyun ağrısı algılanması Modifiye Borg skalası ile sorgulandı. Başlangıç değerleri alındıktan sonra katılımcı 0 Watt (W) iş yükünde ve devir hızı 60-75 devir/dakika olacak şekilde kol ergometresini çevirmeye başladı ve 2 dakikada bir 10W iş yükü artışı ile ilerlendi. Her iş yükü artışından önce hastanın kol yorgunluğu ve dispne algılanması, KH ve SpO₂ değerleri takip edildi. Hasta test sonlandırma kriterlerinden birine ulaştığında test sonlandırıldı ve son ulaştığı iş yükü zirve iş yükü olarak belirlendi. Test sonlandırma kriterleri; katılımcının yaşa göre maksimal kalp hızına ulaşması, dispne, kol yorgunluğu, ağrı veya herhangi bir nedenle devam edememesinden birisi veya bir kaç tanesinin bulunması şeklindeydi.

Aerobik egzersiz

Her seans hafif yoğunlukta (zirve iş yükünün %40'ı) 3 dakikalık ısınma ile başladı. AE, toplam 35 dakika boyunca en yüksek iş yükünün %60-70'inden oluşturuldu. Son 5 dk yine zirve iş yükünün % 40 da toparlanma yapılarak seans bitirildi. Bu nedenle AE için toplam süre 45 dk idi.¹⁷ İlerleyen seanslarda egzersiz şiddeti katılımcı için kolaylaştıkça iş yükü kademeli olarak hastanın tolerasyonu gözlemlenerek yükseltildi. İş yükü katılımcının ağrı şiddetini artırmayacak düzeyde tutulacak şekilde ayarlandı.



Şekil 1. Çalışmanın akış şeması.

Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Egzersiz (YYAA)

45 dakikalık sürenin üç dakikası ısınma ve 5 dakikası soğuma olmak üzere %40-50 zirve iş yükünde gerçekleştirilmiştir. Toplamda 45 dk olacak şekilde 30 sn zirve iş yükünün %90-95'inde, aralarda 60 sn, % 40-50 iş yükünde aktif toparlanma olacak şekilde planlandı.

İlerleyen seanslarda egzersiz şiddeti katılımcı için kolaylaştıkça, yükleme sırasındaki egzersiz şiddeti hastanın ağrı düzeyini yükseltmeyecek şekilde kademeli olarak yükseltildi. Bu iş yüküne göre aktif toparlanma sırasında iş yükü de dengelenerek egzersiz şiddeti kademeli olarak artırıldı.

Kontrol Grubu

Bu gruptaki katılımcılara her zamanki aktivitelerine devam etmeleri, ancak semptom yönetimi için yeni bir terapötik bir yaklaşım başlatmamaları önerildi. Katılımcılara, çalışmanın tamamlanması üzerine nezaketen AE ve YYAA grubuna katılma seçeneği sunuldu.

İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizler için IBM SPSS istatistik 25.0 yazılımı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu görsel olarak (olasılık grafikleri ve histogramlar) ve analitik yöntemlerle (Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk's testi) incelendi. Tanımlayıcı analizler, normal dağılım gösteren parametreler için ortalama ve standart sapmalar kullanılarak sunuldu ve uygulama ve kontrol grupları arasındaki farkı karşılaştırmak için ANOVA kullanıldı. Cinsiyet, çalışma durumu ve eğitim düzeyi frekansları çapraz tablolar halinde sunuldu ve bu gruplar arasında karşılaştırma yapmak için Ki-Kare testleri kullanıldı. Gruplar arasında tedavinin etkinliğini belirlemek için tedavi öncesi değerler kovaryans ve tedavi sonrası değerler bağımlı değişken olarak kullanılarak bir ANCOVA yürütüldü. Çalışmada istatistiksel analizler, intention-to-treat (ITT) yaklaşımına uygun olarak yapıldı. Randomizasyon sonrası çalışmadan ayrılan katılımcılar dahil olmak üzere, tüm bireyler başlangıçta atandıkları gruplar doğrultusunda analiz edildi. Varyansların homojenliğini değerlendirmek için Levene Testi kullanıldı. Genel bir anlamlılık gözlemlendiğinde, Tukey's Testi kullanılarak ikili post-hoc testleri yapıldı. İstatistiksel anlamlılık seviyesi $p < 0.05$ olarak belirlendi.

BULGULAR

90 katılımcı uygunluk açısından değerlendirildi ve 50 hasta çalışmaya dahil edildi. 50 katılımcıdan 16 katılımcı AE, 16 katılımcı YYAA ve 18 katılımcı ise kontrol gruplarına randomize kontrollü olarak ayrıldı. Grupların demografik ve klinik bilgileri Tablo 1'de verilmektedir. Gruplar arasında demografik ve klinik bilgiler açısından fark yoktu ($p > 0.05$).

Solunum kas kuvveti değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Değerlendirme sonuçlarına baktığımızda, MIP ve MEP değerleri açısından gruplar arasında fark bulundu ($p < 0.05$). Solunum fonksiyon testi parametreleri açısından ise; FEV1, FEV1%, FVC, FVC%, FEV1/FVC, FEV1/FVC%, FEF25-75, FEF25-75%, PEF ve PEF% değerlerinde gruplar arasında fark yoktu ($p > 0.05$).

Solunum kas kuvveti parametrelerinin post hoc analiz sonuçları Tablo 3'te verildi. AE grubu ($p < 0.05$) ve YYAA grubu ($p < 0.05$) kontrol grubuna ($p > 0.05$) göre inspiratuar kas kuvvetinde daha fazla artış sağladı (Tablo 3). MEP değerlerinin post hoc analizinde ise sadece YYAA grubunun ($p < 0.05$) kontrol grubuna ($p > 0.05$) göre artırdığı bulundu.

Ağrı şiddeti ve özür düzeylerinin gruplar arası ve grup içi karşılaştırılması Tablo 4'te gösterilmektedir. Aktivite sırasındaki ağrı şiddeti açısından gruplar arasında anlamlı fark vardı ($p < 0.001$). Boyun Özür İndeksi sonuçlarına göre de tedavi sonrası gruplar arasında anlamlı fark vardı ($p < 0.001$).

Tablo 5'te ise ağrı şiddeti ve özür düzeyleri sonuçlarının post hoc analizi verilmektedir. Hem AE grubu ($p < 0.05$) hem de YYAA grubunun ($p < 0.05$) kontrol grubuna ($p > 0.05$) göre aktivite sırasındaki ağrı seviyesini anlamlı bir şekilde azalttığı görüldü. Özür seviyesinde ise AE ($p < 0.05$) ve YYAA ($p < 0.05$) gruplarının özür düzeyini kontrol grubuna ($p > 0.05$) göre daha fazla azalttığı görüldü.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, kronik boyun ağrısı olan bireylerde AE ve YYAA'nın solunum kas kuvveti ve solunum fonksiyon testleri üzerine etkisi karşılaştırıldı; ayrıca ağrı ve özür düzeyi de

Tablo 1. Katılımcıların demografik ve klinik özellikleri.

		AE Grubu (n=16)	YYAA Grubu (n=16)	Kontrol Grubu (n=18)	p
Yaş (yıl)		38,88±12,43	37,88±9,82	44,33±9,60	0,170
Boy (cm)		164,75±9,35	167,75±8,19	164,28±6,03	0,400
Kilo (kg)		67,50±10,80	73,75±13,48	69,06±8,65	0,258
Vücut kütle indeksi (kg/m ²)		24,78±3,09	26,08±3,47	25,69±3,90	0,561
		n (%)	n (%)	n (%)	
Cinsiyet	Erkek	3 (19)	6 (37,5)	3 (17)	0,306
	Kadın	13 (81)	10 (62,5)	15 (93)	
Eğitim düzeyi	Okur-yazar	1 (6,25)	-	-	0,154
	İlkokul	3 (18,75)	-	4 (22,22)	
	Lise	5 (31,25)	2 (12,50)	1 (5,56)	
	Ön lisans	1 (6,25)	4 (25,00)	1 (5,56)	
	Lisans	6 (37,50)	9 (56,25)	11 (61,11)	
	Lisans üstü	-	1 (6,25)	1 (5,56)	
Çalışma durumu	Çalışan	7 (43,75)	13 (81,25)	11 (61,11)	0,073
	Çalışmayan	7 (43,75)	1 (6,25)	7 (38,89)	
	Öğrenci	2 (12,50)	2 (12,50)	-	

AE: Aerobik Egzersiz; YYAA: Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman.

Tablo 2. Solunum kas kuvveti ve solunum fonksiyon test sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.

					Gruplar arası fark	
		AE Grubu	YYAA Grubu	Kontrol Grubu	F	p
Solunum Kas Kuvveti						
MIP	TÖ	63,94±25,51	81,69±29,52	79,26±30,32	4,763	0,013*
	TS	76,06±26,47	93,06±29,58	76,33±35,92		
MEP	TÖ	86,44±28,61	107,06±35,75	95,48±28,73	3,933	0,026*
	TS	94,63±27,68	118,44±38,88	94,67±27,90		
Solunum Fonksiyon Testi						
FEV ₁ (L)	TÖ	2,90±0,72	3,08±,58	2,73±0,59	1,473	0,241
	TS	2,95±0,67	9,90±25,76	2,67±0,53		
FEV ₁ %	TÖ	93,08±17,36	93,88±11,27	94,22±12,68	0,106	0,900
	TS	94,69±16,18	92,31±26,58	93,29±15,26		
FVC (L)	TÖ	92,92±12,26	98,00±11,45	98,64±12,97	0,563	0,574
	TS	94,23±10,30	102,02±10,65	95,65±12,03		
FVC %	TÖ	92,92±12,26	98,00±11,45	98,64±12,97	2,507	0,094
	TS	94,23±10,30	102,02±10,65	95,65±12,03		
FEV ₁ /FVC	TÖ	81,34±9,29	81,73±7,21	79,56±11,67	0,297	0,744
	TS	81,67±8,81	83,78±8,97	81,84±7,70		
FEV ₁ /FVC %	TÖ	99,91±11,63	100,56±8,92	97,71±14,46	0,914	0,409
	TS	100,37±11,02	93,93±26,22	100,35±9,92		
FEF ₂₅₋₇₅ (L)	TÖ	2,90±0,90	3,01±,84	7,07±13,27	1,275	0,290
	TS	2,97±0,80	33,84±105,61	5,94±11,95		
FEF ₂₅₋₇₅ %	TÖ	81,15±25,69	74,19±20,28	73,03±31,41	0,036	0,965
	TS	83,23±23,29	78,69±28,82	79,71±26,51		
PEF (L)	TÖ	5,84±1,70	6,04±1,90	4,83±1,62	1,692	0,197
	TS	5,91±2,13	11,47±19,60	5,49±1,98		
PEF %	TÖ	84,38±19,16	81,75±14,62	68,08±16,71	0,573	0,568
	TS	84,92±23,35	87,07 ±15,62	77,35±22,49		

* p<0,05. AE: Aerobik Egzersiz. YYAA: Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman. TÖ: Tedavi öncesi; TS: Tedavi sonrası. MIP: Maksimum İnspiratuar Basıncı. MEP: Maksimum Ekspiratuar Basıncı. FEV₁: birinci saniyedeki Zorlu hava hacmi. FVC: Zorlu vital kapasite. FEF₂₅₋₇₅: maksimal ekspirasyon ortası akım hızı. PEF: Zirve ekspiratuar akım hızı.

Tablo 3. Solunum kas kuvveti parametrelerinin post hoc analiz sonuçları

	Ortalama fark	%95 Güven Aralığı		p
		Alt sınır	Üst sınır	
Maksimum İnspiratuar Basınç (MIP)				
AE Grubu-Kontrol Grubu	13,52	0,04	26,99	0,049*
YYAA Grubu-Kontrol Grubu	14,54	1,39	27,69	0,260*
AE Grubu-YYAA Grubu	-1,02	-14,98	12,93	0,999
Maksimum Ekspiratuar Basınç (MEP)				
AE Grubu-Kontrol Grubu	8,30	-3,50	20,11	0,262
YYAA Grubu-Kontrol Grubu	13,08	1,22	24,94	0,260*
AE Grubu-YYAA Grubu	-4,78	-17,28	7,72	0,999

* p<0,05. AE: Aerobik Egzersiz; YYAA: Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman.

Tablo 4. Ağrı şiddeti ve özür düzeylerinin gruplar arası ve grup içi karşılaştırılması.

		AE Grubu	YYAA Grubu	Kontrol Grubu	Gruplar arası fark	
					F	p
Ağrı düzeyi	TÖ	56,92±26,68	64,20±21,90	52,00±29,53	9,720	<0,001
	TS	27,50±32,08	26,20±25,18	52,06±25,76		
Boyun Özür İndeksi	TÖ	22,81±13,30	16,25±6,05	18,11±11,58	9,345	<0,001
	TS	17,15±18,21	9,27±7,42	18,17±12,31		

AE: Aerobik Egzersiz. YYAA: Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman. TÖ: Tedavi öncesi; TS: Tedavi sonrası.

Tablo 5. Ağrı şiddeti ve özür düzeyleri sonuçlarının post hoc analizi.

	Ortalama fark	%95 Güven Aralığı		p
		Alt sınır	Üst sınır	
Ağrı düzeyi				
AE Grubu-Kontrol Grubu	-27,482	-44,60	-10,37	0,002*
YYAA Grubu-Kontrol Grubu	-33,12	-49,45	-16,78	<0,001
AE Grubu-YYAA Grubu	5,64	-12,20	23,47	0,527
Boyun Özür İndeksi				
AE Grubu-Kontrol Grubu	-5,68	-9,92	-1,43	0,005*
YYAA Grubu-Kontrol Grubu	-0,31	-10,35	-2,26	0,001*
AE Grubu-YYAA Grubu	-4,78	-17,28	7,72	0,999

* p<0,05. AE: Aerobik Egzersiz. YYAA: Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman.

değerlendirildi. Çalışmamızın sonucunda; solunumla ilgili parametrelere bakıldığında her iki uygulama MIP'te eşit iyileşme sağlarken, YYAA'nın MEP'i iyileştirmede daha etkili olduğu görüldü. Solunum fonksiyon test sonuçlarına ise iki eğitim programının etkisinin olmadığı bulundu. Ağrı ve özür düzeyleri incelendiğinde her iki uygulamanın da benzer fayda sağladığı görüldü. Bu sonuçlara göre, AE

ve YYAA'nın kronik boyun ağrısının rehabilitasyonunda etkili yöntemler olmakla birlikte YYAA, solunum kas kuvvetinde daha etkili bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmamızda her iki egzersiz grubunda inspiratuar kas kuvvetinin arttığını bulduk. Aerobik ve yüksek yoğunluklu egzersizler sırasında artan oksijen ihtiyacı, ventilasyon hacmini ve frekansını yükselterek diyafram ve

yardımcı solunum kaslarına tekrarlı bir yük bindirir. Bu durum, tıpkı iskelet kaslarında olduğu gibi "yüklenme" (*overload*) prensibine bağlı olarak kas kuvvetinde artışa neden olur.²⁷ Uzun süreli yüklenmeler sonucunda diyafram kasında minimal hipertrofi ve MIP'te artış bildirilmektedir.²⁷ Çalışmamızda hem AE hem de YYAA'nın diyafram üzerinde yaptıkları uyarımın artması diyaframın daha etkili çalışmasına zemin hazırlayarak MIP de artış sağlamış olabilir.

Çalışmamızda her iki uygulamanın inspiratuar kas kuvvetini artırıcı etkisi, servikal bölge semptomlarındaki iyileşmeyle de ilişkilendirilebilir. Her iki grupta da boyun ağrısındaki azalma, özellikle MIP ölçümlerinde aksesuar inspiratuar kasların daha etkin ve rahat kullanılmasını sağlayarak ölçüm kalitesini artırmış olabilir. Ayrıca, servikal bölgenin stabilitesinden sorumlu derin servikal fleksör kasların (DSF) kuvvet ve endüransı ile baş anterior tilti gibi kas-iskelet sistemi parametrelerinin değerlendirileceği başka çalışmalarda bu ilişki daha net ortaya koyulabilir. DSF kasları postüral hizalanmayı sağlayarak torasik kafesin optimum pozisyonunda durmasını mümkün kılar ve böylece diyafram kasının daha etkili çalışmasına zemin hazırlar.²⁸ Kalra vd. baş anterior tilte sahip bireylerde uygulanan DSF eğitiminin MIP'te anlamlı artış sağladığını göstermiştir.²⁹ Dolayısıyla, DSF kaslarının postür ve solunum üzerindeki bütüncül etkilerini ortaya koyacak parametrik değerlendirmeler içeren ileri araştırmaların yapılması önerilmektedir. Ekspiratuar kas kuvvetine bakıldığında ise yalnızca YYAA grubunda artışın olduğu bulundu. Egzersiz eğitiminin ilk haftalarında her iki grupta da ağrı nedeniyle egzersiz şiddeti katılımcılar için planlanan düzeye ulaşamadı. Bu nedenle özellikle AE grubunda orta şiddetli egzersiz düzeyinde sürekli olarak egzersizi devam ettirmek katılımcılara zor geldi ve egzersiz şiddeti belirlenen düzeyin altında seyretti. Ancak YYAA grubunda katılımcılar egzersiz planında egzersiz şiddetinin aralıkla artması nedeniyle, yüksek şiddetli döngüleri ağrı olsa da tamamlamaya eğilimlidir. Böylelikle YYAA'nın kısa süreli yüksek şiddetli yükleme periyotları solunum kaslarındaki iyileşmeyi artırmış olabileceğini düşünüyoruz.

Bununla birlikte, çalışmamızda her iki eğitim grubunda solunum fonksiyon

testlerindeki değerlerde anlamlı bir değişiklik saptanmadı. Her iki uygulamanın SFT parametrelerinde bir değişiklik yaratmamasının birkaç nedeni olabilir. İlki, ağrı nedeniyle katılımcıların egzersiz şiddetini programın ilk haftalarında hedeflenen düzeye çıkaramaması olabilir. Bu nedenle SFT'de gelişim sağlamaya yeterli süre eğitimde tamamlanmamış olabilir. Ayrıca katılımcı popülasyonunun boyun ağrısı olması nedeniyle solunum kasları etkilenmiş olsa da solunum fonksiyonunda bir paterne sebep olacak pulmoner hastalıkları olmaması nedeniyle SFT parametreleri eğitim öncesinde zaten iyi düzeyde olabilir. Bu nedenle de eğitim sonrası SFT parametrelerinde gruplar arasında bir fark görülmemiş olabilir.

Literatürde her iki eğitim protokolünün solunum kas kuvveti ve solunum fonksiyon testleri üzerine etkileri ile ilgili çalışma sonuçları çelişkili olmakla birlikte az sayıdadır. Dunham vd. YYAA ile AE'yi karşılaştırdıkları çalışmada 15 sağlıklı katılımcıyı randomize olarak AE ve YYAA gruplarına ayırmıştır.³⁰ Katılımcılar 4 hafta boyunca haftada 3 gün, 45 dakika bisiklet antrenmanı yapmıştır. AE grubu %60–70 VO₂max düzeyinde, YYAA grubu ise %90 VO₂max'a düzeyinde 5 setlik 1 dakikalık yüksek yoğunluklu pedal çevirme yapmıştır. MIP değerinde YYAA grubunda AE'ye göre daha fazla iyileşme görülmüştür. Ancak her iki grupta da MEP'te değişiklik olmamıştır. Shadmehri vd. yayınladıkları randomize kontrollü çalışmada 30 inaktif kadın öğrenciyi rastgele iki gruba ayrılarak 4 hafta boyunca AE veya YYAA uygulamışlar ve AE'nin, sağlıklı kadın öğrencilerde spirometrik solunum parametreleri üzerinde YYAA'ya kıyasla daha etkili sonuçlar elde ettiğini bulmuşlardır. Shadmehri vd. üniversite çağındaki sigara içicilerinde yaptıkları bir randomize çalışmada ise YYAA ve AE'in etkilerini araştırmışlardır.³¹ Haftada 3 kere 4 hafta boyunca koşu bandında egzersiz seansına alınan katılımcılar AE ve YYAA grubu olarak iki gruba ayrılmıştır. AE grubuna egzersiz şiddeti maksimum kalp atış hızının %70–85'inde olacak şekilde 50-60 dk egzersiz yaptırılmıştır. YYAA grubunda ise maksimum kalp atış hızının %90-95'i yoğunluğunda 4 dakikalık altı tekrar olacak şekilde egzersiz yaptırılmıştır. Çalışmanın sonucunda YYAA'nın FEF₇₅'i hem kontrol grubu hem de AE

grubuna göre daha fazla iyileştirdiğini göstermişlerdir. Fitriana vd, sedanter yaşam tarzına sahip genç bireylerde YYAA ile AE'nin akciğer fonksiyonu üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemişler ve YYAA'nın AE'ye göre PEF'i daha fazla artırdığını ve YYAA'nın daha yüksek ventilatuar uyarım oluşturmaları sayesinde, AE'ye kıyasla akciğer fonksiyonlarını daha fazla geliştirdiğini belirtmişlerdir.³² Sonuç olarak, YYAA'nın solunum fonksiyonlarını iyileştirmede etkili bir yöntem olabileceği vurgulanmakla birlikte farklı parametrelerdeki iyileşme sonuçları, kullanılan egzersiz protokollerinin süre, yoğunluk ve hedeflenen fizyolojik adaptasyonlara göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Bizim çalışmamız, boyun ağrılı bireylerde bu iki yöntemin solunum fonksiyonları üzerindeki etkilerini doğrudan karşılaştırması açısından literatüre özgün bir katkı sunmaktadır.

Çalışmamız, AE ve YYAA'nın boyun ağrılı bireylerde ağrıyı azalttığını ve bu etkinin literatürle uyumlu olduğunu gösterdi. Literatürde AE'nin ağrı üzerine etkisi ile ilgili çalışma sayısı fazla iken YYAA ile ilgili çalışma sayısı daha azdır. Zhao vd ve Paraskevopoulos vd'nin meta-analizlerinde, haftada 2-3 kez, orta-yüksek yoğunlukta 6 hafta süren AE'nin ağrı, fonksiyon ve özürölülükte iyileşme sağladığı bildirilmiştir.^{33,34} AE'nin ağrıyı azaltıcı etkisi; beta-endorfin, endokannabinoid salınımı ile otonomik ve nöropsikolojik etkiler^{35,36} aracılığıyla açıklanabilir. Artan kardiyorespiratuar kapasiteyle birlikte kas kapasitesinin gelişimi de ağrıyı azaltabilir.³⁷ Botta vd. YYAA'nın kronik ağrılı bireylerde ağrı toleransı ve eşiklerinde yoğunluk bağımlı artış sağladığını belirtmiştir.^{20,35} YYAA sonrası da inflammatuar belirteçlerde (CRP, TNF- α , IL-6) azalma ve anti-inflammatuar IL-10 artışı rapor edilmiştir.³⁸ Shanaki vd., YYAA sonrası proinflammatuar M1 makrofajların azaldığını, M2'lerin arttığını göstermiştir.³⁹ Ancak tüm kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarında inflamasyon-ağrı ilişkisi net değildir ve daha fazla çalışma gereklidir.⁴⁰ Çalışmamızda, AE ile YYAA'nın ağrı üzerindeki etkisi benzer bulundu. YYAA'nın kronik boyun ağrısındaki fizyolojik etkilerinin daha fazla çalışmayla netleştirilmesi gerekmektedir. Katılımcılar YYAA'yı AE kadar keyifli bulduklarını belirttiler. Bu da YYAA'nın, daha eforlu olsa da

uygulanabilir ve kabul gören bir yöntem olduğunu göstermektedir. Sağlık profesyonelleri, YYAA'yı güvenli ve etkili bir seçenek olarak egzersiz programlarına dahil edebilir.

Çalışmamızda, her iki egzersiz eğitimi boyun ağrılı bireylerde günlük yaşam aktivitelerine bağlı özrü azalttı. de Oliveira-Souza'nın sistematik derlemesinde, boyun ağrılı bireylerde kuvvetlendirme ile kombine edilen AE'nin özrü azalttığı bildirilmiştir.⁴¹ Ancak, AE'nin tek başına özür üzerindeki etkilerini açıklayan çalışmalar sınırlıdır. YYAA ile ilgili literatür ise çelişkilidir. Cuenca-Martínez vd. YYAA'nın kas-iskelet sistemi hastalıklarında özrü azaltmadığını bildirirken¹⁹, Botta vd. kronik hastalığı olan bireylerde YYAA'nın özürölülüğü azalttığını belirtmişlerdir.²⁰ Bu fark, YYAA'nın kronik ağrı üzerindeki etkilerine dair sınırlı sayıda çalışmanın bulunmasından kaynaklanabilir. Çalışmamızın sonuçları, mevcut literatürle genel olarak uyumludur.²⁰ YYAA, kronik ağrılı bireylerde özrü azaltmada ümit verici bir yöntem olsa da bu alanda daha fazla yüksek kaliteli araştırmaya ihtiyaç vardır.

Limitasyonlar

Her iki egzersiz programı da 8 haftalık bir süreyle uygulanmış olsa da katılımcıların ağrı nedeniyle programın ilk haftalarında hedeflenen egzersiz şiddetine ulaşamaması SFT parametrelerinde etkilerin tam olarak gözlemlenmesini kısıtlamış olabilir. Bu sebeple ilerleyen çalışmalarda, egzersiz protokolüne bir adaptasyon dönemi eklenmesi ve egzersiz şiddetinin her hafta kalp atım hızı, Borg skoru, kan basıncı gibi objektif fizyolojik göstergelerle izlenerek kademeli olarak artırılması ve egzersiz şiddetinin hedeflenen düzeye ulaştıktan sonra egzersiz eğitiminin 8 hafta ve daha uzun sürecek şekilde planlanması bu sorunun önüne geçilmesine yardımcı olabilir. Böylece egzersizin fizyolojik etkileri daha doğru değerlendirilebilir. Ayrıca çalışmada uzun dönem takip yapılmaması, elde edilen kazanımların kalıcılığı hakkında yorum yapmayı sınırlamaktadır.

Sonuç

Sonuç olarak, kronik boyun ağrılı bireylerde, YYAA'nın solunum kas kuvveti açısından AE'ye daha üstün olduğu görülmektedir. Ancak ağrı ve özür üzerine benzer düzeyde iyileşme sağladığı söylenebilir. Katılımcıların YYAA'nın daha yüksek efor

gerektirmesine rağmen egzersizi keyifli ve sürdürülebilir olarak tanımlamaları, bu yaklaşımın hasta uyumu açısından da avantajlı olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, YYAA'nın multidisipliner rehabilitasyon protokollerine entegre edilebilecek, hasta katılımını artıran etkili bir egzersiz modeli olduğunu göstermektedir.

Teşekkür: Yok

Yazarların Katkı Beyanı: **SAÇ:** Konsept/fikir gelişimi, çalışma dizaynı, veri toplama/işleme, veri yorumlama, literatür araştırması, yazma; **AD:** Veri analizi; **MLŞ:** Veri toplama; **HKÖ:** Olguların sağlanması; **SB:** Konsept/fikir gelişimi, çalışma dizaynı, proje yönetimi, tesislerin/ekipmanın sağlanması, kritik gözden geçirme

Finansal Destek: Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından Doktora Tez Araştırma Projesi (ID:TDK-2023-19693) kapsamında desteklenen bir doktora tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması: Yok

Etik Onay: Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Klinik Araştırma Etik Kurulu (2023/19-09 KA21111) tarafından onaylandı.

KAYNAKLAR

1. Safiri S, Kolahi AA, Hoy D, et al. Global, regional, and national burden of neck pain in the general population, 1990-2017: systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2017. *BMJ*. 2020;368:791.
2. Silva AG, Punt TD, Sharples P, et al. Head posture and neck pain of chronic non-traumatic origin: a comparison between patients and pain-free persons. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:669-674.
3. Kahlaee AH, Ghamkhar L, Arab AM. The Association Between Neck Pain and Pulmonary Function: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;96:203-210.
4. Kapreli E, Vourazanis E, Strimpakos N. Neck pain causes respiratory dysfunction. *Med Hypotheses*. 2008;70:1009-1013.
5. Dimitriadis Z, Kapreli E, Strimpakos N, et al. Respiratory dysfunction in patients with chronic neck pain: What is the current evidence? *J Bodyw Mov Ther*. 2016;20:704-714.
6. Stephen S, Brandt C, Olivier B. Neck pain and disability: Are they related to dysfunctional breathing and stress? *Physiother Can*. 2021;74:158-164.
7. Yeampattanaporn O, Mekhora K, Jalayondeja W, et al. Immediate effects of breathing re-education on respiratory function and range of motion in chronic neck pain. *J Med Assoc Thai*. 2014;97:55-59.
8. McLaughlin L, Goldsmith CH, Coleman K. Breathing evaluation and retraining as an adjunct to manual therapy. *Man Ther*. 2011;16:51-52.
9. Wirth B, Duarte Ferreira T, Mittelholzer M, et al. Respiratory muscle endurance training reduces chronic neck pain: A pilot study. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;29:825-834.
10. Hawkins MN, Raven PB, Snell PG, et al. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:103-107.
11. Heijnen S, Hommel B, Kibele A, et al. Neuromodulation of aerobic exercise—a review. *Front Psychol*. 2016;6:1890.
12. Kvam S, Kleppe CL, Nordhus IH, et al. Exercise as a treatment for depression: a meta-analysis. *J Affect Disord*. 2016;202:67-86.
13. Miozzo AP, Stein C, Marcolino MZ, et al. Effects of High-Intensity Inspiratory Muscle Training Associated with Aerobic Exercise in Patients Undergoing CABG: Randomized Clinical Trial. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2018;33:376-83.
14. Keskin C. İnme hastalarında farklı egzersiz yaklaşımlarının solunum fonksiyon testi parametrelerine etkisi. İstanbul: İstanbul Medipol Üniversitesi; 2019.
15. Taşpınar DİT. Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı olan hastalarda aerobik egzersiz programının yaşam kalitesi, dispne, fiziksel fonksiyonlar ve solunum fonksiyonları üzerine etkileri. Konya: Selçuk Üniversitesi; 2014.
16. Bilgin A. Obez kadınlarda aerobik egzersiz programının fiziksel aktivite düzeyi ve solunum fonksiyonları üzerine etkisi. İstanbul: İstanbul Medipol Üniversitesi; 2021.
17. Daher A, Dar G, Carel R. Effectiveness of combined aerobic exercise and neck-specific exercise compared to neck specific exercise alone on work ability in neck pain patients: a secondary analysis of data from a randomized controlled trial. *Int Arch Occup Environ Health*. 2020;94:1739-1750.
18. Wang H, Liu Q, Liu L, et al. High-intensity interval training improves the outcomes of patients with chronic obstructive pulmonary disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Respir Med*. 2023;208:107119.
19. Cuenca-Martínez F, Fernández-Carnero J, Sempere-Rubio N, et al. Effects of High-

- Intensity Interval Training (HIIT) on Patients with Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis with a Meta-Regression and Mapping Report. *Diagnostics*. 2022;12:2532.
20. Botta RM, Palermi S, Tarantino D. High-intensity interval training for chronic pain conditions: a narrative review. *J Exerc Rehabil*. 2022;18:10-19.
 21. Fabero-Garrido R, Rodríguez-Marcos I, Del Corral T, et al. Effects of Respiratory Muscle Training on Functional Ability, Pain-Related Outcomes, and Respiratory Function in Individuals with Low Back Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2024;13:3053.
 22. Laveneziana P, Albuquerque A, Aliverti A, et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *Eur Respir J*. 2019;53:1801214.
 23. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200:70-88.
 24. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26:948-68.
 25. McCormack HM, David JdL, Sheather S. Clinical applications of visual analogue scales: a critical review. *Psychol Med*. 1988;18:1007-1019.
 26. Aslan E, Karaduman A, Yakut Y, et al. The cultural adaptation, reliability and validity of neck disability index in patients with neck pain: a Turkish version study. *Spine*. 2008;33:362-365.
 27. Fogarty MJ, Sieck GC. Diaphragm muscle adaptations in health and disease. *Drug Discov Today Dis Models*. 2019;29-30:43-52.
 28. Kapreli E, Vourazanis E, Billis E, et al. Respiratory dysfunction in chronic neck pain patients. A pilot study. *Cephalalgia*. 2009;29:701-710.
 29. Kalra S, Pal S, Pawaria S. Correlational study of chronic neck pain and hand grip strength in physiotherapy practitioners. *Physiother Phys Educ*. 2017;2:30-32.
 30. Dunham C, Harms CA. Effects of high-intensity interval training on pulmonary function. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:3061-3068.
 31. Shadmehri S, Kazemi N, Heydari FZ. Comparison of Effect of High-Intensity Interval Training and Aerobic Training on Respiratory Volumes in Female Students. *Tanaffos*. 2021;20:337-344.
 32. Fitriana VN, Purwoko Y, Widodo S, et al. Differences of peak expiration flow rate (PEFR) between brisk walking and high intensity interval training (HIIT) in young adults. *Diponegoro Med J*. 2020;9:68-73.
 33. Zhao Q, Zhang N, Zhang R, et al. Network meta-analysis of the effect of exercise therapy on chronic neck pain. *Med Novel Technol Devices*. 2025;25:100337.
 34. Paraskevopoulos E, Koumantakis GA, Papandreou M. A Systematic Review of the Aerobic Exercise Program Variables for Patients with Non-Specific Neck Pain: Effectiveness and Clinical Applications. *Healthcare*. 2023;11:339.
 35. Hakansson S, Jones MD, Ristov M, et al. Intensity-dependent effects of aerobic training on pressure pain threshold in overweight men: A randomized trial. *Eur J Pain*. 2018;22:1813-1823.
 36. Neelapala YVR, Mercuri D, Macedo L, et al. Mechanisms hypothesized for pain-relieving effects of exercise in fibromyalgia: a scoping review. *Ther Adv Musculoskeletal Dis*. 2023;15:1-15.
 37. Korshøj M, Jørgensen MB, Lidegaard M, et al. Decrease in musculoskeletal pain after 4 and 12 months of an aerobic exercise intervention: a worksite RCT among cleaners. *Scand J Public Health*. 2017;46:846-853.
 38. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;30:2020-2036.
 39. Shanaki M, Khosravi M, Khoshdooni-Farahani A, et al. High-Intensity Interval Training Reversed High-Fat Diet-Induced M1-Macrophage Polarization in Rat Adipose Tissue via Inhibition of NOTCH Signaling. *J Inflamm Res*. 2020;13:165-174.
 40. Eslami R, Parnow A, Pairo Z, et al. The effects of two different intensities of aerobic training protocols on pain and serum neuro biomarkers in women migraineurs: a randomized controlled trail. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121:609-620.
 41. Oliveira-Souza AISd, Kempe M, Grimmelsmann S, et al. The effectiveness of aerobic exercise on pain and disability in individuals with neck pain: A systematic review and meta-analysis. *Exp Physiol*. 2024;109:1-27.