

Esnek Pes Planuslu Yetişkinlerde Güncel Egzersiz Yaklaşımları: Derleme

Current Exercise Approaches in Adults with Flexible Pes Planus: A Review

 Dilek Hande ESEN¹,  Serkan TAŞ²,  Nihan KAFA³

¹ Toros Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Fizyoterapi Programı, Mersin, Türkiye

ORCID:0000-0002-3570-7079

² Toros Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Mersin, Türkiye

ORCID:0000-0001-8268-5485

³ Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

ORCID:0000-0003-2878-4778

ÖZET

Esnek pes planus (düz taban) deformitesi, özellikle yüklenme sırasında medial longitudinal ark yüksekliğinin azalması ile karakterize yaygın bir patolojik durumdur. Esnek pes planusun tedavi algoritmasıyla ilgili henüz fikir birliği bulunmamaktadır. Genellikle tedavide ilk basamak olarak konservatif tedaviler düşünülmektedir. Konservatif tedavilerde ise en sık başvurulan müdahalelerin başında egzersiz yöntemleri gelmektedir. Egzersizin, esnek pes planuslu yetişkinlerde, naviküler düşme, plantar basınç dağılımı, ayak postürü, denge ve kas kuvveti gibi fonksiyonel sonuçları iyileştirebileceği bildirilmiştir. Dolayısıyla, pes planuslu bireylerin rehabilitasyonunda kullanılan farklı güncel egzersiz yaklaşımlarının bilinmesi ve anlaşılması, bu popülasyonun konservatif tedaviden optimum fayda sağlayabilmesi ve ayak-ayak bileği rehabilitasyonunda henüz yeterli klinik deneyimi olmayan sağlık profesyonellerinin egzersiz reçeteleyebilme yetisine katkıda bulunabilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu derlemede, esnek pes planuslu yetişkin bireylerin konservatif tedavisinde kullanılan güncel egzersiz yaklaşımları incelenmiştir. Çalışma sonuçlarının da desteklediği şekilde, ayak egzersizleri ile kombine ayak bileği ve gluteal kaslara yönelik egzersiz uygulamalarını içeren zengin içerikli tedavi programları, tek başına ayak egzersizlerine kıyasla pes planusa yönelik klinik sonuçları iyileştirmede daha etkili olabileceği için, esnek pes planusun konservatif tedavisinde yapılandırılmış kapsamlı egzersiz programları önerilmelidir. Gelecekteki çalışmalarda, hastanın taleplerine uygun olarak optimum fayda sağlayıcı standartlaştırılmış egzersiz protokollerinin oluşturulmasına odaklanılmalıdır. Egzersiz, pes planuslu yetişkin bireyler için tatmin edici fonksiyonel sonuçlar veren etkili bir müdahale yöntemidir.

Anahtar kelimeler: Kısa-ayak egzersizi, naviküler düşme, proprioseptif nöromusküler fasilitasyon, üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri, yetişkinlerde-edinilen düz taban deformites

ABSTRACT

Flexible pes planus (flat foot) deformity is a common pathological condition characterized by decreased medial longitudinal arch height, especially during loading. There is no consensus yet on the treatment algorithm for flexible pes planus. Conservative treatments are generally considered as the first step in treatment. In conservative treatments, exercise methods are one of the most frequently used interventions. It has been reported that exercise can improve functional outcomes such as navicular drop, plantar pressure distribution, foot posture, balance, and muscle strength in adults with flexible pes planus. Therefore, knowing and understanding the different current exercise approaches used in the rehabilitation of individuals with pes planus is important in order for this population to obtain optimum benefit from conservative treatment and to contribute to the exercise prescribing ability of healthcare professionals who do not yet have sufficient clinical experience in foot-ankle rehabilitation. In this review, current exercise approaches used in the conservative treatment of adult individuals with flexible

pes planus were examined. As supported by the study results, structured comprehensive exercise programs should be recommended in the conservative treatment of flexible pes planus, as rich treatment programs that include exercises for the ankle and gluteal muscles combined with foot exercises may be more effective in improving clinical outcomes for pes planus compared to foot exercises alone. Future studies should focus on creating standardized exercise protocols that provide optimum benefit in accordance with the patient's demands. Exercise is an effective intervention method that provides satisfactory functional results for adults with pes planus.

Keywords: Short-foot exercise, navicular drop, proprioceptive neuromuscular facilitation, three-dimensional foot-ankle exercises, adult-acquired flatfoot deformity

Yazının geliş tarihi: 08.03.2024

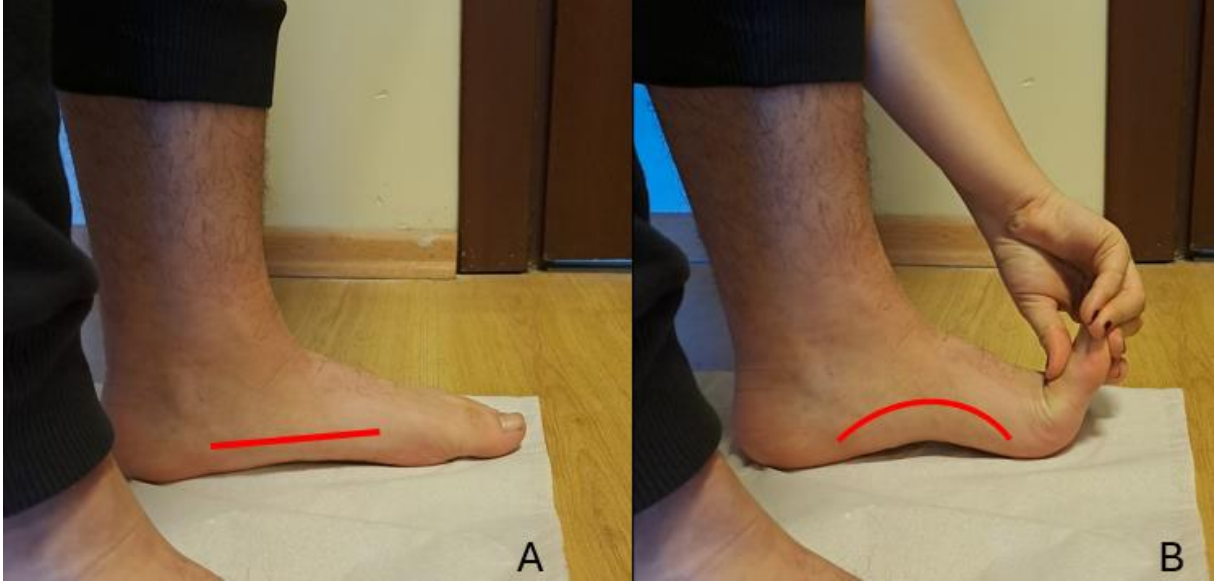
Yazının kabul tarihi: 01.04.2024

Sorumlu yazar: Toros Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Fizyoterapi Programı, Mersin, Türkiye, dilekhandeesen@gmail.com

1. GİRİŞ

Pes planus diğer adıyla düz taban deformitesi, özellikle yüklenme sırasında medial longitudinal ark (MLA) yapısının çökmesi ile karakterize sık karşılaşılan bir ayak dizilim bozukluğudur. Normal ark yapısındaki düzleşmeye aşırı naviküler düşme, topukta valgus dizilimi, ön ayağın midtarsal eklem seviyesinde abduksiyonu, kalkaneal eversiyon ve artmış talus adduksiyonu eşlik edebilir.¹ Bunun sonucunda ayak medialindeki plantar yapıların tabanla olan teması artarak ayağın plantar basınç miktarı lateralden mediale doğru artış gösterebilir.^{2,3}

Pes planus klinik açıdan, normal eklem bütünlüğünün korunduğu esnek bir deformite veya artritlik ayaklardaki gibi rijid bir deformite olarak karşımıza çıkabilir.⁴ Esnek pes planusta ayak ağırlık taşımazken MLA oluşur, ayak ağırlık taşımaya başladığında MLA düzleşmeye başlar; rijid pes planusta ise her koşulda MLA yüksekliği normale göre azalmış durumdadır.⁵ Pes planusun esnek olduğu ilk olarak Jack, ardından Hicks tarafından tarif edilen başparmak kaldırma testinin pozitif olması ile anlaşılabilir (Şekil 1).^{1,2,4} Pes planusun esnek olması, egzersiz ile normal ayak şeklinin yeniden sağlanabileceğinin en önemli göstergelerinden biridir.⁶



Şekil 1. Jack testi. Birinci parmağın pasif dorsifleksiyona zorlanması ile ayağın windlass mekanizması aktive olur.¹ A) Başlangıçta ayak rahat bir pozisyonundadır. B) Test pozitif ise, MLA yeniden eleve olur.

1.1. Etiyoloji

Erişkinlerde edinilmiş esnek pes planusun etiolojisinde doğuştan gelen bir problemin devamında iyi huylu bir sürecin yansımaları, aşırı kullanım kaynaklı kronik mikrotravma öyküsü, romatoid artrit gibi sistemik inflamatuvar rahatsızlıklar ve yaşlanmaya bağlı gelişen dejenerasyon gibi birçok farklı patolojik süreç yer alabilir.^{2,4} Literatürde esnek pes planusta görülen çökmüş MLA yapısının en sık posterior tibial tendon disfonksiyonuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.^{7,8} Bununla birlikte Aşil tendinopatisi, gastrokinemius ve soleus gerginliği, posterior tibial tendon hipovaskülaritesi, spring ligament kompleksinin ve/veya plantar aponevrozun dikey yöndeki gerilim kuvvetlerini karşı koyamayacak şekilde dejenere olması, ligamentöz laksite, ayak bileği çevresini tutan tenosinovitler/paratendinitler, seronegatif artropatiler, obezite ve genu valgum pes planus etiolojisinde rol oynayabilir.^{7,9-11}

1.2. Tedavi/Yönetim

Pes planus yönetiminde kullanılan tedavi yöntemleri konservatif ve cerrahi tedaviler olarak iki başlık altında toplanabilir.¹² Uygulanan tedavi yöntemleri, yaşa ve altta yatan etiyolojiye göre, kişiden kişiye farklılık gösterir.¹³

1.2.1. Çocuklarda yönetim

Esnek pes planusu olan çocuklarda nadiren tedaviye ihtiyaç duyulur ve genelde pes planusa eşlik eden sekonder bir ayak ağrısı veya alt ekstremité/sırt ağrısı varsa konservatif tedavi düşünülür.¹⁴ Esnek pes planusu olan çocuklarda tedavi seçeneği olarak daha çok ayak-ayak bileği ortezi önerilir.¹⁵ Cerrahi müdahale sadece deformite rijit olduğunda endikedir.¹⁵

1.2.2. Yetişkinlerde yönetim

Pes planuslu yetişkinlerde kullanılan tedavi yöntemleri geniş bir spektruma sahiptir.⁷ İlk tedavi seçeneği olarak ameliyatsız konservatif yöntemler tercih edilir. Erişkinlerde edinilmiş esnek pes planusun konservatif yönetiminde başarı oranının %67 ile %90 arasında değiştiği rapor edilmiştir.⁹ Konservatif tedaviden fayda göremeyen hastalarda ve deformitenin ilerlemesi durumunda ikincil bir tedavi seçeneği olarak cerrahi müdahale önerilebilir.^{8,9,16}

1.2.3. Operatif tedavi

Nonoperatif tedavi yöntemleri başarısız olduğunda ve özellikle dirençli ağrısı devam eden vakalarda, ayağı daha normal bir anatomik yapıya döndürmek ve eskiye yakın bir ayak biyomekaniği elde ederek yumuşak doku dengesini yeniden sağlamak amacıyla cerrahi yöntemler kullanılabilir.¹⁷ Pes planusun etiyojisine göre operatif tedavi yöntemi olarak, sinovektomi, osteotomi, lateral kolon uzatma, aksesuar navikula eksizyonu, artrodezis, spring ligament rekonstrüksiyonu, tendon transferi, tendon uzatma ve kas gevşetme operasyonlarından biri veya birkaçı bir arada kullanılabilir.^{10,17,18}

1.2.4. Konservatif (nonoperatif) tedavi

Konservatif tedavi yöntemlerinin öncelikli amacı, arka ayağın posteromedialinden iletilen kuvvetleri azaltarak semptomları iyileştirmeye çalışmaktır.¹³ Konservatif tedavi sürecinde, MLA yapısını destekleyen kasların kuvvetlendirilmesini amaçlayan terapötik ayak egzersizlerine ve anti-pronasyon yönünde ayak postürünü düzeltici eksternal takviyeler/ortezler (bantlama, UCBL tabanlılık, ¼ inç medial topuk ve taban kaması vb.) ile nonsteroidal antiinflamatuvar ilaç kullanımına odaklanılır.^{10,12,16,19-21} Bu doğrultuda, esnek pes planusun konservatif yönetiminde fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları önemli bir unsur olarak kabul edilir.¹⁰ Pes planusa yönelik geleneksel fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları; arka ayağı hafif varusa doğru eğen ayakkabı modifikasyonlarını, göreceli istirahat ile birlikte tekrarlayan yüksek stresli yüklenme aktivitelerinden kaçınılmasını teşvik eden aktivite modifikasyonlarını, kriyoterapi uygulamalarını, fizik tedavi modalitelerini (iyontoforezis, ultrason vb.), ayak-ayak bileği aktif eklem hareket açıklığı egzersizlerini, gastrokinemius-soleus kompleksini germe egzersizlerini, intrinsik ayak kasları ve tibialis posterior ile peroneal kaslar için kuvvetlendirme egzersizlerini içerir.^{4,10,13,17,22} Bu uygulamalar içinde en sık tercih edilen ve tedavi programının büyük bir kısmını oluşturan müdahale yöntemi, egzersiz uygulamalarıdır.

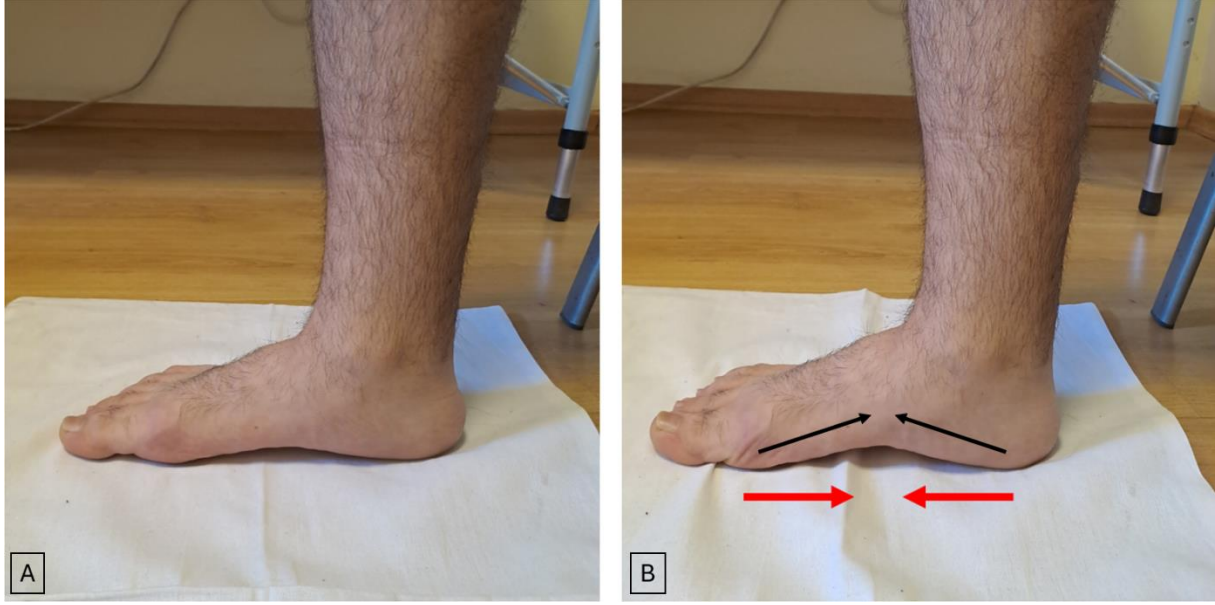
2. ESNEK PES PLANUSLU YETİŞKİNLERDE GÜNCEL EGZERSİZ YAKLAŞIMLARI

Pes planusta kullanılan egzersiz yöntemlerinin, MLA yüksekliğini, naviküler düşmeyi, ayak postürünü, plantar basınç dağılımını, ayak ağrısını, intrinsik ve ekstrinsik kas kuvvetini, plantar fasya kalınlığını, denge ve yürüme performansını iyileştirmede etkili olduğu kanıtlanmıştır.^{12,19,21-28} Bununla birlikte, son dekatta esnek pes planuslu erişkinler üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, hem deney hem de kontrol grubu egzersizsiz olarak en sık kısa ayak egzersizinin tercih edildiği görülmüştür. Bu

egzersizin ayak intrinsik kas aktivasyonunu artırarak arkı desteklediği aynı zamanda ayak ağrısı, naviküler yükseklik, ayak postürü, dinamik denge ve plantar basınç dağılımı üzerine tek başına anlamlı düzeyde olumlu etkileri olabileceği rapor edilmiştir.^{9,21,24,25} Pes planuslu bireyler için ayak intrinsik kas aktivitesini artırdığı düşünülen diğer güncel egzersizler yaklaşımları, tercih edilme sıklığına göre sırasıyla havlu kıvrma ve ayak parmağını yayma egzersizi olabilir. Havlu kıvrma egzersizinin, parmak fleksiyonunu indüklediği için intrinsik kasları güçlendirebileceği varsayılmış ancak ayak postürü üzerine anlamlı etkisinin olmadığı, dinamik dengeyi geliştirmeye yardımcı olabileceği bildirilmiştir.²⁹ Ayak parmağını yayma egzersizi ise, abduktor hallusisi aktive etmek için kullanılmaktadır.³⁰ Ancak son çalışmalarda, bu egzersiz yaklaşımının pes planuslu bireylerde tek başına etkisini inceleyen herhangi bir kanıtı rastlanılmamıştır. Yine pes planuslu bireyler üzerinde yapılan son çalışmalarda, tibialis posterior kasını seçici kuvvetlendirmek için dirençli ayak adduksiyon ve ayak supinasyon egzersizleri kullanılmış,²³ bu egzersizlerin MLA yüksekliğini ve dinamik dengeyi geliştirmede etkili olabileceği belirtilmiştir.¹² Bunların yanında, son çalışmalarda pes planusa yönelik yapılandırılmış kapsamlı tedavi programlarının içinde gluteus medius kuvvetlendirme, kalça fleksörleri ve gastrokinemius-soleus kas grubunu germe, aktif ayak-ayak bileği eklem hareket açıklığı, dirençli proprioseptif nöromusküler fasilitasyon egzersizleri ile sanal gerçeklik uygulamaları ve video tabanlı oyunlarla kombine denge eğitimleri yer almış ve hepsinin ayak yapı ve fonksiyonları ile alt ekstremitte performansını geliştirmeye katkısının olabileceği bildirilmiştir.^{12,19,21-28}

2.1. Kısa ayak (short-foot) egzersizi

Kısa ayak (short-foot) egzersizi, pes planuslu bireylerin konservatif tedavisinde, arkı desteklemek için intrinsik ayak kaslarının kuvvetlendirilmesi amacıyla kullanılan en temel ve popüler egzersiz yaklaşımıdır.³¹ Ayak kor kasları olarak bilinen intrinsik ayak kaslarını aktive edebildiği için literatür çalışmalarında ayak kor (foot core) egzersizi olarak da geçmektedir.³² Bu egzersiz sırasında kişi, parmaklarını bükmeden ve ayağını yerden kaldırmadan metatars başlarını topuğa doğru çekerek ayağı ön ve arka yönlerden merkeze doğru kısaltır ve her tekrarda ayağı 5 saniye boyunca kısaltılmış pozisyonda tutarak izometrik kontraksiyon gerçekleştirir.²¹ Bu sırada MLA yukarı yönde eleve olurken naviküler düşme mesafesi azalır (Şekil 2).³²



Şekil 2. Kısa ayak egzersizi. A) Sağ ayak rahat bir pozisyonda istirahat uzunluğundadır. B) Egzersiz sırasında kırmızı oklar yönünde ayak boyu kısalır, siyah oklar yönünde MLA yüksekliği artar.

Kim ve Kim,²⁴ esnek pes planuslu üniversite öğrencisi üzerinde yaptıkları çalışmada, öğrencileri rastgele kısa ayak egzersiz grubu (n=7) ve arkı destekleyici tabanlık grubu (n=7) olarak iki gruba ayırmış ve öğrencilerden haftada 3 gün, 30 dakikalık seanslar şeklinde 5 hafta boyunca verilen uygulamalara devam etmesini istemiştir. Sonuç olarak kısa ayak egzersizlerinin naviküler düşme miktarını ve dinamik denge performansını geliştirmede tabanlık uygulamasına göre anlamlı derecede daha etkili olduğunu saptamışlardır.²⁴ Başka bir çalışmada, Unver ve ark.²¹ pes planuslu 41 bireyi egzersiz (n=21) ve kontrol grubuna (n=20) ayırmış, kontrol grubuna sadece günlük ayak bakım önerilerinde bulunurken egzersiz grubuna 6 hafta boyunca, haftanın her günü, günde 3 set 15 tekrarlı kısa ayak egzersizi uygulamışlardır. Egzersizlerde, iki haftada bir pozisyon değiştirilerek (sırasıyla oturarak, ayakta, tek ayak üstünde) ilerleme sağlanmıştır.²¹ Çalışma sonucunda pes planuslu bireylerde kısa ayak egzersizlerinin ayak postürünü, plantar basınç dağılımını, ayak ağrısını ve MLA yüksekliğini iyileştirdiğini bulmuşlardır.²¹ Benzer bir çalışmada Okamura ve ark.²⁵ pes planuslu 20 bireyi rastgele iki eşit gruba ayırmış, deney grubuna haftada 3 gün, 8 hafta boyunca kısa ayak egzersizi uygulamış, kontrol grubuna ise hiçbir müdahalede bulunmamıştır. Sekiz haftanın sonunda kısa ayak egzersizinin statik ayak postürünü bir miktar düzelttiğini, ayak postür indeksi değerlerini önemli ölçüde iyileştirdiğini, yürüyüş sırasında naviküler yüksekliğin minimum seviyeye ulaşması için geçen süreyi kısalttığını ve pes planusla ilişkili yaralanmaların önlenmesinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir.²⁵ Esnek pes planuslu bireylerde, sanal gerçeklik uygulamaları ile kısa ayak egzersizinin etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, dört haftalık tedavinin sonunda her iki grupta da benzer etkilerin görüldüğünü ve tüm bireylerin naviküler düşme, denge ve alt ekstremitte performansının geliştiği bildirilmiştir.²⁸ Başka bir çalışmada, 85 asemptomatik düz taban hastası yine rastgele 2 gruba ayrılmış, 4 hafta boyunca bir gruba kısa ayak egzersizi, diğer gruba dirençsiz metatarsofalangeal eklemlerine dorsi ve plantar fleksiyon egzersizleri uygulanmıştır.³³

Çalışma sonucunda her iki grup arasında anlamlı bir fark olmadan tüm hastalarda ayak pronasyonunun azaldığı ve MLA yüksekliğinin arttığı rapor edilmiştir.³³ Bu çalışmalar bize kısa ayak egzersizlerinin pes planusun tedavisinde güvenilir bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir.

2.2. Havlu kıvrma (towel curl) egzersizi

Geçmiş yıllarda, havlu kıvrma (towel curl/towel crunches/towel pickup) ve bilye toplama (marble pickups) gibi parmak fleksiyonunu içeren egzersizler intrinsik ayak kaslarını güçlendirmek için önerilmiştir.^{34,35} Ancak özellikle son dekatta bu tür egzersizlerin pes planus üzerine etkilerini inceleyen kısıtlı sayıda çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda havlu kıvrma egzersizi kullanılmıştır.^{12,19,29,36} Havlu kıvrma egzersizine başlamadan önce tahta parke gibi kaygan bir zemin üzerine havlu serilir ve ayak parmakları havlu üzerine yerleştirilir.³⁴ Bireyden havluyu, ayak parmaklarını fleksiyona getirerek sürüklemesi ve daha sonra kuvvetlice kavrayarak 5 saniye boyunca tutması istenir (Şekil 3).³⁴



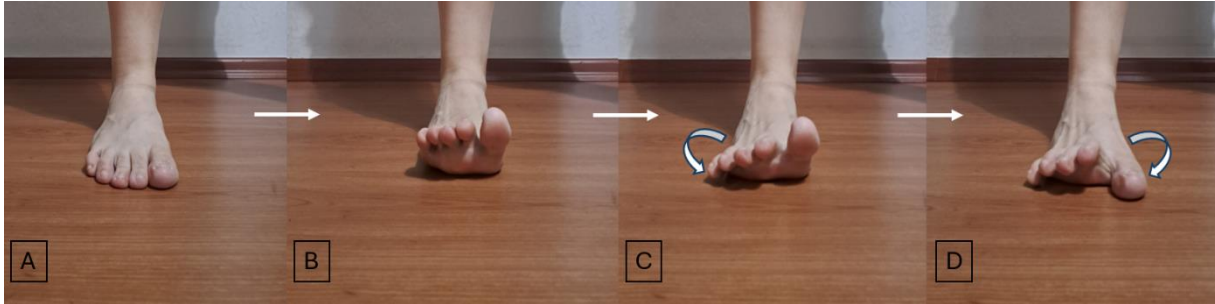
Şekil 3. Havlu kıvrma egzersizi. A) Başlangıç pozisyonu. B) Ayak parmakları fleksiyonu ile havlu topuğa doğru sürüklenir.

Geçmiş yıllarda pes planuslu bireyler üzerinde yapılan bir randomize kontrollü çalışmada, kontrol grubuna 6 hafta boyunca, haftada her gün, her seansta 100 tekrarlı havlu kıvrma egzersizi; deney grubuna ise havlu kıvrma egzersizini içeren kapsamlı bir rehabilitasyon programı uygulanmış; sadece havlu kıvrma egzersizinin uygulandığı kontrol grubunun naviküler düşme miktarında anlamlı bir gelişme görülmemiştir.¹⁹ Esnek pes planuslu bireylerde kısa ayak ve havlu kıvrma egzersizinin etkilerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, dört haftalık eğitimin sonunda her iki grupta da dinamik dengenin anlamlı derecede iyileştiği bulunmuştur.²⁹ Kronik ayak bileği instabilitesi olan prone ayak yapısına sahip bireylerde yapılan benzer bir çalışmada, kısa ayak egzersizi grubunda naviküler düşme testi skorunun havlu kıvrma egzersizi grubuna kıyasla daha düşük olduğu ve instabiliteyi iyileştirmede ayak kıvrma egzersizinin anlamlı düzeyde etkili olmadığı ifade edilmiştir.³⁶ Son yapılan çalışmalarda,

pes planuslu bireyler için havlu kıvrıma egzersizi sık olmasa da kontrol grubu egzersizi olarak kullanılmış^{12,19,37} ve izole etkisi araştırılmak istenildiğinde kısa ayak egzersizleriyle karşılaştırılmıştır.^{29,36} Havlu kıvrıma/toplama egzersizi tek başına uygulandığında esnek pes planuslu yetişkinlerde ayak postürünü iyileştirmede etkili bir müdahale yöntemi olmayabilir. Bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

2.3. Ayak parmağını yayma (toe spread out) egzersizi

Ayak parmağını yayma (toe spread out) egzersizi intrinsik ayak kasları arasında en iyi abduktör hallusis kasını aktive edebilen, bu sayede özellikle halluks valguslu bireylerin tedavisinde tercih edilen bir egzersiz yöntemidir (Şekil 4).³⁰ Bu egzersiz sırasında abduktör hallusis kası aktive edilerek MLA yapısının desteklenebileceği düşünüldüğü için, ayak parmağı yayma egzersizi pes planus rehabilitasyonunda incelenen bir egzersiz haline gelmiştir.^{38,39} Son yıllarda ayak parmağı yayma egzersizinin, pes planuslu yetişkinlerde abduktör hallusis kas aktivasyonunu olumlu etkilediğini bildiren çalışmalar^{30,40} yapılsa da, bu egzersizin tek başına bir tedavi aracı olarak esnek pes planus üzerine etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak yakın zamanda, 24 sağlıklı birey üzerinde yapılan bir çalışmada, ayak parmağı yayma egzersizinin 40 tekrarlı yapıldıktan hemen sonra akut etkisi incelenmiş ve MLA yüksekliğini ile dinamik denge performansını olumlu etkileyebileceği ifade edilmiştir.³⁹ Gelecekte, pes planuslu yetişkinler için uzun süreli ayak yayma egzersiz eğitiminin etkilerini inceleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.



Şekil 4. Ayak parmağını yayma egzersizi. A) Ayak gevşemiş durumda. B) Ayak parmakları kaldırılır. C) Beşinci parmak lateral tarafa doğru yayılır. D) Baş parmak medial tarafa doğru yayılır.

2.4. Dirençli ayak adduksiyon ve dirençli ayak supinasyon egzersizleri

Pes planuslu bireylerde, dirençli ayak adduksiyon ve ayak supinasyon egzersizleri tibialis posterioru kuvvetlendirmek için kullanılmaktadır.^{12,23} Tibialis posterior kası, özellikle denge ve dinamik ağırlık taşıma aktiviteleri sırasında MLA yapısının korunmasında önemli bir role sahiptir ve yürüyüşün duruş fazında diğer supinator kas gruplarına kıyasla daha uzun süreli kasılarak supinasyonu sağlar.¹² Dirençli ayak adduksiyon egzersizi için, kişi ayakları yer ile temasta, diz yaklaşık 80° fleksiyonda ve önkol uzunluğunda tutulacak şekilde oturur.¹⁹ Egzersiz yapacağı bacağı stabilize etmek için, her iki önkolunu diz eklemleri ile bacak proksimali arasında zıt yönlere yerleştirir.¹⁹ Daha sonra bir elastik bant navikula ve birinci metatars başı arasına, arka ayağın medial tarafını saracak ve zemine göre 45° açıda

olacak şekilde yerleştirilir.¹⁹ Bacak düzgünlüğünü korurken, ayak kendisini laterale doğru çeken elastik banta direnerek zıt yönde adduksiyon yapar.¹² Dirençli ayak supinasyon egzersizi için, kişi üç, dört ve beşinci metatarsal kemiklerini ve topuk mediali bir basamağın kenarına yerleştirerek tek ayak üstünde durur.¹² Daha sonra basamak kenarında ayak supinasyonu yapar (Şekil 5).¹² Bu egzersizler, hareketin sonunda 3 saniye beklenilerek, 3 set 30 tekrarlı, setler arası 1 dakika dinlenme süresi verilerek uygulanabilir.²³

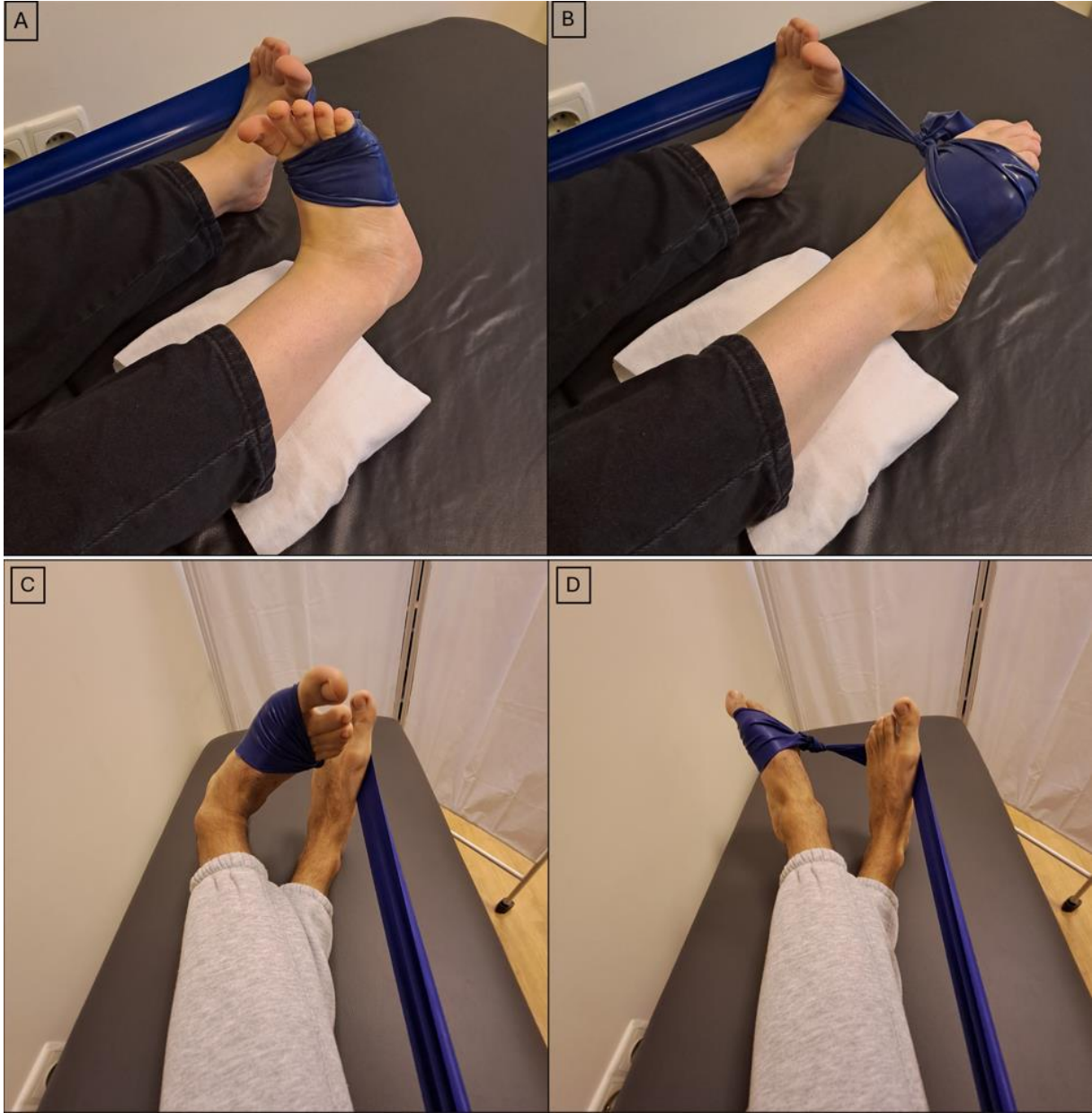


Şekil 5. Seçici tibialis posterior kuvvetlendirme egzersizleri. A) Dirençli ayak adduksiyon egzersizi başlangıç konumu B) Dirençli ayak adduksiyon egzersizi son konumu. C) Dirençli ayak supinasyon egzersizi başlangıç pozisyonu. D) Dirençli ayak supinasyon egzersizi son konumu.

On altı pes planuslu yetişkin üzerinde yapılan bir çalışmada, katılımcılar rastgele 2 gruba ayrılmış, her iki gruba kısa ayak ve havlu kıvrıma egzersizi; deney grubuna, kontrol grubu egzersizlerine ilave olarak, dirençli ayak adduksiyonu ve dirençli ayak supinasyon egzersizinden oluşan seçici tibialis posterior kuvvet eğitimi verilmiştir.¹² Egzersizler haftada 5 gün, toplam 6 hafta boyunca, 30 dakikalık tedavi seansı şeklinde uygulanmıştır.¹² Çalışma sonucunda, sadece intrinsik ayak kaslarını kuvvetlendirmek yerine, tibialis posterior kasına yönelik kuvvetlendirme egzersizlerini de içerecek şekilde egzersiz müdahalelerini birleştirmenin, medial plantar basıncın azaltılması, MLA yüksekliği ve dinamik denge yeteneğinin geliştirilmesinde daha etkili olduğu belirtilmiştir.¹² Ekstrinsik ayak kaslarının, özellikle tibialis posterior kasının, intrinsik kaslar gibi MLA yapısını desteklediği bilinen bir gerçektir.³² Pes planus rehabilitasyonunda arka destekleyen ekstrinsik ayak kaslarının da tedavi sürecine dahil edilmesi kas imbalansının restorasyonunu ve diğer klinik sonuçları olumlu yönde etkileyecektir.

2.5. Proprioseptif nöromusküler fasilitasyon (3-boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri)

3-boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri, alt ekstremite paterninde PNF egzersizleridir.⁴¹ Bu egzersizler, son zamanlarda pes planuslu bireylerin intrinsik ve ekstrinsik ayak kaslarını güçlendirmeye yönelik bir uygulama olarak önerilmiştir.^{26,41,42} Park, Lee ve Park,²⁶ 24 obez pes planuslu bireyi kontrol ve PNF grubuna ayırmış, kontrol grubuna kısa ayak egzersizi, PNF grubuna dirençli elastik bant ile kombine diagonal 1 ve 2 yönünde 3-boyutlu ayak-ayak bileği ekstansiyon egzersizi reçetelemiştir (Şekil 6). Hastaları 4 hafta boyunca haftada 3 gün, her seans ortalama 20 dakika sürecek şekilde egzersiz eğitimine tabi tutmuştur.²⁶ Ultrason ile plantar fasya kalınlığını, naviküler düşme testi ile MLA yüksekliğini, denge performansını ve dijital hand-held dinamometre ile 4 yönlü ayak bileği kas kuvvetini değerlendirmiş; sonuç olarak her iki egzersizin de ark yapısını, plantar fasya kalınlığını, ayak bileği kas kuvvetini, denge ve ayak fonksiyonlarını geliştirmede etkili olduğunu bulmuştur.²⁶ Buna ilave, 3-boyutlu ayak-ayak bileği egzersizlerinin dorsi fleksiyon ve inversiyon kas kuvvetini kısa ayak egzersizlerine kıyasla daha fazla artırdığını bildirmiştir.²⁶ Literatürde 3-boyutlu ayak-ayak bileği egzersizlerinin pes planuslu bireyler üzerindeki etkileri yeni yeni incelenmeye başlamıştır. Önceki yıllarda, üç-boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri ile ilgili EMG çalışmaları⁴¹ yapılmış olsa da bu hareketlerin bir egzersiz yöntemi olarak pes planuslu bireyler için kullanıldığında nasıl etkilerinin oluşabileceğini ortaya koyan kanıtlar açısından eksiklik vardır. İleriki yıllarda bu konunun daha fazla araştırılacağı kanaatindeyiz.

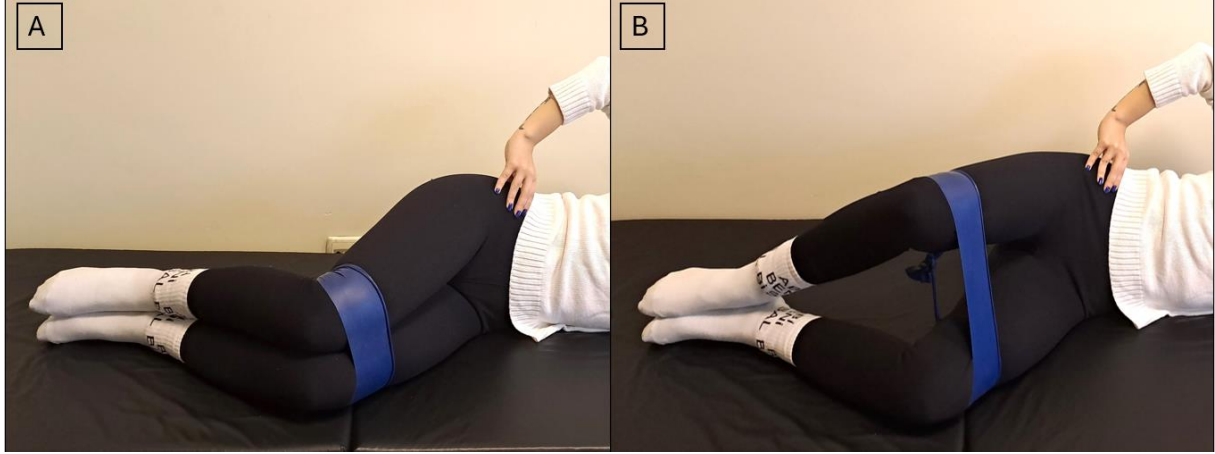


Şekil 6. Dirençli 3-boyutlu ayak-ayak bileği ekstansiyon egzersizleri: diagonal 1 yönünde plantar fleksiyon-pronasyon-eversiyon-ayak parmağı fleksiyonu meydana gelir (A: başlangıç pozisyonu, B: son pozisyon), diagonal 2 yönünde plantar fleksiyon-supinasyon-inversiyon- ayak parmağı fleksiyonu gerçekleşir (C: başlangıç pozisyonu, D: son pozisyon).

2.6. Kalça abduktör/eksternal rotatörleri odaklı kuvvetlendirme egzersizi

Pes planusun pelvis ve kalçanın biyomekaniksel düzgünlüğünü bozduğu ve alt ekstremitede internal rotasyon artışına sebep olabileceği bilinmektedir.¹¹ Pes planuslu bireylerin kalça abduktör izokinetik kas kuvvetinin, sağlıklı MLA yapısına sahip bireylere kıyasla daha düşük olduğu bildirilmiştir.⁴³ Kalça dış rotatör zayıflığı ve işlev bozukluğu, ayakta pronasyona neden olabilecek şekilde, kalçada adduksiyon ile iç rotasyona, dizde dinamik valgusa neden olabilir.⁴⁴ Yakın zamanda yapılan çalışmalarda, pes planuslu bireylere uygulanan ayak egzersizleriyle kombine gluteus medius

odaklı dirençli egzersiz eğitiminin, ayak yapı ve fonksiyonunun iyileşmesine katkı sağlayabileceği gösterilmiştir.^{22,23} Pes planuslu bireyler üzerinde yapılan bir EMG çalışmasında, kısa ayak egzersizi sırasında kalça abduktör/eksternal rotator kaslarının dirence karşı 5 saniye süreyle çalıştırılmasının, sadece kısa ayak egzersizine kıyasla daha fazla intrinsik ayak kas aktivasyonu sağladığı rapor edilmiştir.⁴⁴ Bir randomize kontrollü çalışmada, bilateral esnek düz taban deformitesine sahip 52 asemptomatik bireye 8 haftalık rehabilitasyon programı uygulanmış; bir gruba sadece ayak egzersizleri (kısa ayak, dirençli ayak adduksiyon ve ayak supinasyon egzersizi) diğer gruba aynı ayak egzersizlerine ilave gluteus medius kuvvetlendirme egzersizi (midye egzersizi) uygulanmıştır.²¹ Her iki grupta anlamlı bir fark olmaksızın denge gelişirken; ayak egzersizlerine midye egzersizlerinin eklendiği grubun MLA yüksekliği ve plantar basınç dağılımı, diğer grubuna kıyasla anlamlı olarak daha fazla gelişme göstermiştir.²³ Bu bağlamda pes planuslu bireylerde sadece intrinsik kas kuvvetini artırmaya odaklanmak yerine temel ayak egzersizlerine kalça abduktör/eksternal rotator kasları kuvvetlendirmeyi amaçlayan egzersiz yaklaşımlarının ilave edilmesi pes planus şiddetinin azalmasında etkili olabilir.



Şekil 7. Midye egzersizi. A) Başlangıç pozisyonu: kalça 60° fleksiyonda, diz yaklaşık 90° fleksiyondadır. B) Son pozisyon: pelvis geriye doğru düşmeyecek ve üstteki ayak diğer ayaktan ayrılmayacak şekilde, üstteki diz yukarıya doğru kaldırılır.

2.7. Yapılandırılmış kapsamlı egzersiz programları

Birkaç farklı egzersiz çeşitini içeren yapılandırılmış egzersiz programları da pes planuslu bireylerde ayak dizilimini iyileştirebilir. Utsahachant ve ark.²⁷ kırk beş esnek düz tabanlı bireye 6 hafta boyunca, haftada 6 gün, telerehabilitasyon aracılığıyla ev tabanlı egzersiz programı uygulamış ve kısa ayak egzersiziyle kombine alt ekstremite eğitiminin dinamik ayak fonksiyonları üzerine etkisini incelemiştir. Katılımcılar 3 farklı gruba rastgele tahsis edilmiş; bir gruba kısa ayak egzersizi, diğer gruba kısa ayak egzersiziyle kombine alt ekstremite egzersizleri verilmiş; kontrol grubuna ise hiçbir müdahalede bulunulmamıştır.²⁷ Egzersiz verilen gruplarda naviküler düşmenin, yürüyüşün duruş fazında MLA hareketinin, tek bacak duruşta intrinsik kas performansının geliştiği ifade edilmiştir.²⁷ Buna ilave, kısa ayak egzersiziyle kombine alt ekstremite egzersizlerinin uygulandığı grupta, diğer gruplara kıyasla, plantar basınç merkezinin daha fazla laterale doğru yer değiştirdiği tespit edilmiştir.²⁷

Brijwasi ve Borkar,²² esnek pes planuslu 52 birey üzerinde yaptıkları randomize kontrollü çalışmada, tüm grupları 6 hafta boyunca, haftada 3 gün 30 dakika/seans egzersiz eğitimine tabi tutmuştur. Deney grubuna aktif dorsi-plantar fleksiyon, ayak kısaltma egzersizi, kalça abduktor ve ekstansör kasları kuvvetlendirme egzersizi ve kalf germe egzersizi; kontrol grubuna ise aktif ayak bileği dorsi ve plantar fleksiyon egzersizleri ile kalf germe egzersizi uygulanmıştır.²² Çalışma sonucunda 6 haftalık kapsamlı bir egzersiz programının, kontrol grubu egzersizlerine kıyasla, naviküler düşme miktarını 0.4 cm daha fazla geliştirebileceği bildirmiştir.²² Bilateral ayak pronasyonu görülen 28 üniversite öğrencisi üzerinde yapılan başka bir çalışmada, öğrenciler rastgele deney ve kontrol gruba ayrılmış ve 6 hafta boyunca egzersiz eğitimine tabi tutulmuştur.¹⁹ Deney grubuna haftada 3 gün seçici tibialis posterior kuvvetlendirme egzersizleri ve iliopsoas germe egzersizi, her gün havlu kıvrma egzersizi; kontrol grubuna sadece havlu kıvrma egzersizi uygulanmıştır.¹⁹ Çalışma sonucunda naviküler düşmenin, dinamik denge performansının, tibialis anterior ve abduktor hallusis kas aktivasyonunun deney grubunda anlamlı olarak daha fazla geliştiği belirlenmiştir.¹⁹ Pes planus tedavisinde alt ekstremité düzgünlüğünü bozan durumların iyi tespit edilmesi ve hedef odaklı birkaç farklı bölge egzersizlerinin aynı tedavi seansına dahil edilmesi, sadece sağlıklı ayak fonksiyonunun kazanımında değil özellikle alt ekstremité dizilim bozukluğunun eşlik ettiği kas-iskelet sistemi problemlerinin önlenmesi ve konservatif tedavisine de büyük oranda faydalı olacaktır.

2.8. Sanal gerçeklik uygulamaları ve video tabanlı oyun egzersizleri

Yapılan son çalışmalarda laboratuvar ortamında yardımcı cihazlar aracılığıyla gerçekleştirilen sanal gerçeklik uygulamaları ile video tabanlı oyun egzersizlerinin, pes planuslu bireyler için faydalı klinik sonuçlar doğurabileceği rapor edilmiştir.³⁷ Şahan ve ark.²⁸ pes planuslu bireylerde (n=40) sanal gerçeklik egzersizleri ile kısa ayak egzersizlerinin etkilerini karşılaştırmış ve her iki gruba 4 hafta boyunca haftada 3 gün egzersiz müdahalesinde bulunmuştur. Sanal gerçeklik grubuna, her seans ortalama 45 dk sürecek şekilde, Microsoft Xbox Kinect™ (Microsoft, Redmond, Washington) üzerinde kayak, kano gibi kolay aktiviteleri içeren egzersizler; diğer gruba ortalama 30 dakika sürecek şekilde kısa ayak egzersizleri uygulanmıştır.²⁸ Çalışma sonucunda her iki grupta tedavi sonrası naviküler düşme, ayak postürü, denge ve alt ekstremité performansının benzer şekilde geliştiği rapor edilmiştir.²⁸ Altmış dokuz pes planus hastası üzerinde gerçekleştirilen randomize kontrollü başka bir çalışmada, hastalar rastgele 3 farklı gruba ayrılmış ve 6 hafta boyunca haftada 3 gün egzersiz eğitimi almıştır.³⁷ Kontrol grubuna ayak egzersizleri ile birlikte düz zemin üzerinde yürüyüş-denge eğitimi, diğer iki gruba Wii oyun konsolu ve Becure denge sistemi aracılığıyla video oyunu temelli 2 farklı denge egzersiz eğitimi uygulanmıştır, çalışmanın Haziran 2024 yılında tamamlanacağı bildirilmiştir.³⁷ Teknoloji çağında yaşadığımız bu günde sanal gerçeklik ve video tabanlı egzersiz yöntemlerini içeren rehabilitasyon yaklaşımlarının pes planus rehabilitasyonunda da kullanılmaya başlaması, gelecekte ayak rehabilitasyonu odaklı yeni oyun serilerinin ve egzersiz yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

3. SONUÇ

Esnek pes planuslu bireylerin konservatif tedavisinde kullanılan egzersiz yaklaşımlarına ilişkin güncel literatür çalışmaları incelendiğinde, aslında bu konuda henüz fikir birliğine varılmış bir egzersiz algoritmasının oluşmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, yetişkinlerde edinilmiş esnek pes planusta en sık kullanılan ve tek başına etkili sonuçlar doğurabileceğine inanılan egzersiz yönteminin, kısa ayak egzersizi olabileceği kanaatindeyiz. Ancak kısa ayak egzersizleriyle farklı egzersiz uygulamalarının bir arada kullanılması da klinik açıdan olumlu sonuçlar doğurmuştur. Son yıllarda pes planuslu bireyler için kullanılan egzersiz yöntemleri; kısa ayak egzersizi, havlu kıvrma egzersizi, dirençli ayak adduksiyon egzersizi, dirençli ayak supinasyon egzersizi, dirençli PNF paterninde 3-boyutlu ayak-ayak bileği ekstansiyon egzersizi, midye egzersizi, aktif dorsi ve plantar fleksiyon egzersizleri, iliopsoas ve gastrocnemius germe egzersizi, sanal gerçeklik uygulamaları ve video tabanlı oyun egzersizleri şeklinde sıralanabilir. Bu egzersizler yapılandırılmış kapsamlı rehabilitasyon programı şeklinde bir arada kullanılabilir; fizyoterapist gözetiminde, telerehabilitasyon veya ev tabanlı egzersiz uygulamaları şeklinde gerçekleştirilebilir. Çok çeşitli egzersiz yöntemlerinin pes planuslu bireyler üzerinde çalışılıyor olması klinisyenlere ve araştırmacılara katkı sağlayacaktır. Ancak pes planusa yönelik farklı egzersiz uygulamalarının uzun dönem etkisini inceleyen çalışmalarla ilgili literatürde halen bir boşluk vardır ve çalışmalarda standardize bir egzersiz protokolünün kullanılmadığı görülmüştür. Gelecekte pes planuslu bireylerde egzersiz uygulamalarının uzun dönem etkilerinin incelendiği ve standartlaştırılmış egzersiz protokollerinin oluşturulmasına odaklanan çalışmalara ihtiyaç vardır.

Esnek pes planuslu yetişkinlere, birkaç farklı amaca hizmet eden ve içinde hem proksimal hem de distal bölgeyi barındıran egzersiz reçetelerinin uygulanması, daha kapsamlı, etkili ve kalıcı sonuçlar doğurabilir. Egzersiz uygulamaları, pes planuslu bireylerin konservatif tedavisinde tatmin edici fonksiyonel sonuçlar veren etkili bir müdahale yöntemidir.

KAYNAKLAR

1. Richie DH, Jr, Biomechanics and clinical analysis of the adult acquired flatfoot. Clin Podiatr Med Surg. 2007;24(4):617-44.
2. Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. J Foot Ankle Surg. 2005;44(2):78-113.
3. Esen DH, Kafa N, Atalay Güzel N, Akarcesme C. The effect of medial longitudinal arch supporting Dynamic® tape application on plantar pressure distribution in adolescent volleyball players. Kinesiol. Slov. 2022;28(3):30-42.
4. Giza EG, Cush G, Schon LC. The flexible flatfoot in the adult. Foot Ankle Clin. 2007;12(2):251-71.
5. Bhoir T, Anap DB, Diwate A. Prevalence of flat foot among 18-25 years old physiotherapy students: cross sectional study indian. J Basic Appl Med Res. 2014;3(4):272-8.

6. Collado P, Gonzalez-Fernandez ML. The paediatric foot: prevalence and differentiation of sonographic and podiatric findings in juvenile arthritis and healthy children. *Clin Exp Rheumatol*. 2022;40(3):655-661.
7. Gutteck N, Schilde S, Delank KS, Arbab D. [Etiology, pathogenesis, clinical features, diagnostics and conservative treatment of adult flatfoot]. *Orthopade*. 2020;49(11):942-953.
8. Pecheva M, Devany A, Nourallah B, Cutts S, Pasapula C. Long-term follow-up of patients undergoing tibialis posterior transfer: is acquired pes planus a complication? *The Foot*. 2018;34:83-89.
9. Abousayed MM, Alley MC, Shakked R, Rosenbaum AJ. Adult-acquired flatfoot deformity: etiology, diagnosis, and management. *JBJS Rev*. 2017;5(8):e7
10. Bare AA, Haddad SL. Tenosynovitis of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Clin*. 2001;6(1):37-66.
11. Jung D, Yi C, Choi WJ, You JSH. Effect of dynamic guidance-tubing short foot gait exercise on muscle activity and navicular movement in people with flexible flatfeet. *NeuroRehabilitation*. 2020;47(2):217-226.
12. Lee D, Choi J. The effects of foot intrinsic muscle and tibialis posterior strengthening exercise on plantar pressure and dynamic balance in adults flexible pes planus. *Phys. Ther. Korea*. 2016;23(4):27-37.
13. Pinney SJ, Lin SS. Current concept review: acquired adult flatfoot deformity. *Foot Ankle Int*. 2006;27(1):66-75.
14. Halabchi F, Mazaheri R, Mirshahi M, Abbasian L. Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iran J Pediatr*. 2013;23(3):247-60.
15. Rodriguez N, Choung DJ, Dobbs MB. Rigid pediatric pes planovalgus: conservative and surgical treatment options. *Clin Podiatr Med Surg*. 2010;27(1):79-92.
16. Richie D. Biomechanics and Orthotic Treatment of the Adult Acquired Flatfoot. *Clin Podiatr Med Surg*. 2020;37(1):71-89.
17. Öğüt T, Yontar NS. Erişkinlerde pes planus. *TOTBİD Dergisi*. 2013;12425-32.
18. Zaw H, Calder JD. Operative management options for symptomatic flexible adult acquired flatfoot deformity: a review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(2):135-42.
19. Alam F, Raza S, Moiz JA, Bhati P, Anwer S, Alghadir A. Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: A randomized clinical trial. *Phys Sportsmed*. 2019;47(3):301-311.
20. Esen DH, Kafa N, Atalay Güzel N, Akarcesme C. The effects of Dynamic® taping on vertical jumps in adolescent volleyball players with low medial longitudinal arch. *Balt. J. Health Phys. Act*. 2022; 14(4): 4.
21. Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. *J Sport Rehabil*. 2020;29(4):436-440.
22. Brijwasi T, Borkar P. A comprehensive exercise program improves foot alignment in people with flexible flat foot: a randomised trial. *J Physiother*. 2023;69(1):42-46.
23. Engkananuwat P, Kanlayanaphotporn R. Gluteus medius muscle strengthening exercise effects on medial longitudinal arch height in individuals with flexible flatfoot: a randomized controlled trial. *J Exerc Rehabil*. 2023;19(1):57-66.
24. Kim EK, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(11):3136-3139.

25. Okamura K, Fukuda K, Oki S, Ono T, Tanaka S, Kanai S. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. *Gait Posture*. 2020;75:40-45.
26. Park DJ, Lee KS, Park SY. Effects of two foot-ankle interventions on foot structure, function, and balance ability in obese people with pes planus. In *Healthcare*. 2021; (9)6:667.
27. Utsahachant N, Sakulsriprasert P, Sinsurin K, Jensen MP, Sungkue S. Effects of short foot exercise combined with lower extremity training on dynamic foot function in individuals with flexible flatfoot: A randomized controlled trial. *Gait Posture*. 2023;104:109-115.
28. Şahan TY, Arslan SA, Demirci C, Oktaş B, Sertel, M. Comparison of short-term effects of virtual reality and short foot exercises in pes planus. *The Foot*. 2021;47:101778.
29. Pisal SN, Chotai K, Patil S. Effectiveness of Short Foot Exercises Versus Towel Curl Exercises to Improve Balance and Foot Posture in Individuals with Flexible Flat Foot. *Indian J Med Forensic Med Toxicol*. 2020;14(3).
30. Jeon I, Kim K. Effect of the arch support on the strength of the abductor hallucis during the toe spread out exercise in standing position in individuals with pes planus. *Phys. Ther. Korea*. 2020;27(3):206-211.
31. Haun C, Brown CN, Hannigan K, Johnson ST. The effects of the short foot exercise on navicular drop: a critically appraised topic. *J Sport Rehabil*. 2020;30(1):152-157.
32. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis, I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med*. 2015;49(5):290.
33. Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián, AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized clinical trial: The effect of exercise of the intrinsic muscle on foot pronation. *Int J Environ Res Public Health*, 2020;17(13):4882.
34. Lynn SK, Padill RA, Tsang KK. Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. *J Sport Rehabil*. 2012;21(4):327-33.
35. Newsham, KR. Strengthening the intrinsic foot muscles. *Int J Athl Ther Train*. 2010;15(1):32-35.
36. Chung KA, Lee E, Lee S. The effect of intrinsic foot muscle training on medial longitudinal arch and ankle stability in patients with chronic ankle sprain accompanied by foot pronation. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2016;5(2):78-83.
37. Erten AB, Tarakci D, Cacan MA. The effectiveness of video-based game exercise therapy applications in pes planus rehabilitation: protocol for a randomized controlled trial. *Jmir res protoc*. 2023;12(1): E51772.
38. Jung DY, Kim MH, Koh EK, Kwon OY, Cynn HS, Lee WH. A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. *Phys Ther Sport*. 2011;12(1):30-5.
39. Kim J, Lee J, Kim D, Islomjon B, Lee K, Yoon T. Acute response of toe-spread-out exercise on medial longitudinal arch height and balance. *The AJK*. 2021;23(1):27-33.
40. Kang MH, Cha SM, Oh JS. The effect of toe-tap exercise on abductor hallucis activity and medial longitudinal arch angle in individuals with pes planus. *IES*. 2020;28(4):415-422.
41. Park DJ, Hwang YI. Comparison of the intrinsic foot muscle activities between therapeutic and three-dimensional foot-ankle exercises in healthy adults: An explanatory study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(19):7189.

42. Lee KS, Park DJ. Three-dimensional ankle exercise with combined isotonic technique for an obese subject with plantar fasciitis: a case study. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(4):190.
43. Alahmri F, Alsaadi S, Ahsan M, Almousa S. The effect of isokinetic hip muscle strength on normal medial longitudinal arch feet and pes planus. *J Med Life*. 2022;15(9):1164-1169.
44. Choi JH, Cynn HS, Yi CH, Yoon TL, Baik SM. Effect of isometric hip abduction on foot and ankle muscle activity and medial longitudinal arch during short-foot exercise in individuals with pes planus. *J Sport Rehabil*, 2020;30(3):368-374.