Kas-iskelet Rehabilitasyonu ve Yaralanmaların Önlenmesinde Genişletilmiş Gerçeklik - Sistematik bir inceleme

*Amaç* Nörolojik hasta popülasyonlarının aksine, Genişletilmiş Gerçekliğin spor hekimliği bağlamındaki etkileri nadiren incelenmiştir. Bu sistematik derleme, Genişletilmiş Gerçeklik destekli rehabilitasyon ve yaralanma önleme stratejilerinin yaralanma rehabilitasyonu ve önleme sonuçları üzerindeki değerini araştırmak için yapılmıştır.

*Yöntemler:* PubMed ve Web of Science veri tabanlarına başvurulmuştur. Arama stratejisi Sanal Gerçeklik (Müdahale), rehabilitasyon ve yaralanma önleme (Sonuç) ve sağlıklı sporcular veya kas-iskelet sistemi yaralanması olan sporcular (Popülasyon) terimlerinden oluşuyordu. Uygunluk ve Yanlılık Riski taramasından sonra, on makale dahil edilmiştir. Önyargı Riski analizi sonucunda kanıt düzeyi C (üç makale), B (altı makale) ve A2 (bir makale) puanları arasında değişmiştir.

*Sonuçlar:* Genişletilmiş Gerçekliğin hem spor yaralanmalarının önlenmesi hem de rehabilitasyon sonuçları için katma değer sağladığı görülmüştür. Özellikle klinisyenlere, yaygın spor yaralanmaları için yetersiz biyomekanik risk profilini ele alma fırsatı sunarak, sporcuların koruyucu hareket modellerini daha etkili bir şekilde eğitmelerine olanak tanır.

*Sonuç* Genişletilmiş Gerçeklik destekli terapinin spor rehabilitasyonu ve yaralanma önleme çevrelerinde konvansiyonel terapiden daha üstün olup olmadığını güçlü kesin kanıtlarla belirlemek için daha büyük ölçekli yüksek kaliteli prospektif araştırmalara ihtiyaç vardır.

1. **Giriş**

Genişletilmiş Gerçeklik (XR) (Sanal Gerçeklik (VR), Artırılmış Gerçeklik (AR) ve video oyunları ve ilgili uygulamaları kapsayan), çok sayıda uygulamaya sahip olduğu oyun ve animasyon sahnelerinde oldukça popülerdir. Günümüzde sağlık sektörüne de giriş yapıyor. Nöro rehabilitasyon, psikoterapi ve (kronik) ağrı yönetimi bağlamında sıklıkla kullanılmakta ve hastaların klinik sonuçlarında önemli bir katma değer sağladığı kanıtlanmıştır (Ra´bago & Wilken, 2011; Georgiev, Georgieva, Gong, Nanjappan, & Georgiev, 2021; Pourmand, Davis, Marchak, Whiteside, & Sikka, 2018).

Mevcut araştırmalar, XR'nin terapi sırasında hastanın motivasyonunu ve ilgisini artırabildiğini (Maggio ve ark., 2019) ve hastanın eğitime yönelik olumlu tutumunu etkileyebilecek olan kendi algılanan etkinliğini geliştirebildiğini göstermiştir.

rehabilitasyonu (Lee ve ark., 2016). XR, gerçek zamanlı sensorimotor uyaranlar (hasta tarafından bilinmeyen ve beklenmeyen) ve performans sonuçlarına ilişkin anında geri bildirim sağlama kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, hastanın görüş alanı, ideal bir sensorimotor kontrol eğitimi olan duyusal uyarıcı bir ortamla etkileşim yoluyla manipüle edilebilir (Adamovich vd., 2009; Merians vd., 2014; Rao vd., 2018; Villiger vd., 2017; Wulf, McNevin ve Shea, 2001; Wright, 2014). Bu faydaların yanı sıra, XR'nin nöromüsküler koordinasyonu ve nöromüsküler işe alımın kalitesini ve büyüklüğünü kolaylaştırarak kas gücünde de önemli artışlar sağladığı gösterilmiştir (Kim ve ark., 2013). Bir diğer avantajı ise dış odağın özel bir geri bildirim türü olarak kullanılmasıdır. Harici bir dikkat odağı, hastanın dikkatinin hareketin kendisinden ziyade hareketin sonucuna veya etkisine yönlendirilmesi anlamına gelir (yani, klinisyenin dikkatini vücut pozisyonlarına ve hareketlere çekerek hastaya geri bildirim sağladığı dahili odak), bu da egzersizi veya eğitimi çok daha işlevsel ve etkili hale getirir (Tarakci, Ozdincler ve Tarakci, 2013; Wulf ve ark., 2001). Sanal ortamın harici geri bildirim sağlaması, egzersiz veya antrenmanın Hastada motor kontrol değişikliğine yol açtığı gösterilen dikkat, potansiyel olarak eğitilen becerilerin motor çıktısının konsolidasyonunu ve çeşitliliğini geliştirir ([de Bruin ve ark., 2010](#_bookmark14)). Bu faydaların yanı sıra, XR'nin duyusal, duygusal ve bilişsel ağrı ve anksiyete seviyelerini azaltma yeteneğine sahip olduğu ve bunun da eğitim yanıtlarını ve reha- bilitasyon sonuçlarının (konsolidasyonunu) kolaylaştırdığı öne sürülmektedir ([Frey ve ark.,](#_bookmark20) [2019](#_bookmark20)).

XR destekli rehabilitasyon, geleneksel terapötik rehabilitasyon ortamlarının aksine hastalara çok esnek ve ayarlanabilir bir eğitim yöntemi sunmakta ve çevresel koşullara daha az bağımlı olmaktadır. Antrenman zamanı seçilebilir, hava koşullarının etkisi yoktur ve antrenman içeriği çok fazla çeşitlilik içerir ve hastalara çok özel spora özgü egzersizler ve beceri eğitimi de sağlayabilir, bu da oyuna dönüş (RTP) ve ikincil yaralanma önleme işlevinde konsolidasyonu ve transferi kolaylaştırması beklenir.

Genişletilmiş Gerçeklik zaten iyi bilinmekte ve nörolojik bozuklukların rehabilitasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Mevcut çalışma sonuçları, video oyunu rehberliğindeki rehabilitasyonun inme sonrası hastalarda, Parkinson hastalığı ve serebral palsi hastalarında denge, yürüme ve günlük yaşam aktivitelerindeki performansı iyileştirme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir ([Barcala, Grecco](#_bookmark12) ve [Colella, 2013](#_bookmark12); [Pompeu vd., 2012](#_bookmark43); [Thomas vd., 2016](#_bookmark54)). Dahası, çeşitli sistematik incelemeler, XR'nin olağan bakıma ek olarak kullanıldığında faydalı olduğu ve aynı rehabilitasyon dönemi içinde hastanın genel terapi süresini artırdığı sonucuna varmıştır ([Laver ve ark.,](#_bookmark33) [2012](#_bookmark33)). XR, spor yaralanmalarının önlenmesine pek giriş yapmamış olsa da, ön araştırmalar sensori-motor eğitimin spor yaralanmalarını önleyebileceğini göstermiştir ([Emery ve ark.,](#_bookmark19) [2015](#_bookmark19); [Reneker ve ark., 2019](#_bookmark51)). Optimal bir sensorimotor kontrol, sağlıklı ve verimli çalışan bir nöromotor sistemi teşvik eder ve bu da yaralanmaların önlenmesini destekler ([Reneker ve ark., 2019](#_bookmark51)). Mevcut (ön) kanıtlara dayanarak, XR'nin hem birincil hem de ikincil spor yaralanmalarını önleme ve rehabilitasyon sonuçlarını iyileştirme yeteneğine sahip olduğu düşünülmektedir. Yaralanma sonrasında sporcuların amacı üst düzey spor faaliyetlerine geri dönmektir. Fizyoterapistin gözetimi altında kontrollü bir klinik ortamda rehabilitasyon egzersizleri yapmak ile gerçek saha içi, müsabakaya özgü koşullarda spor performansları arasındaki fark önemlidir. XR, antrenman veya müsabaka durumlarını daha gerçekçi bir şekilde simüle etme fırsatı sunar. Dış mekan hareket yakalama çözümlerinin aksine, XR tamamen standartlaştırılmış, güvenli ve kontrollü bir laboratuvar ortamı sunar. Bağlantısız hareket özgürlüğü ile birleştirildiğinde, sporcunun gerçek dünyadaki spor tepkilerine yaklaşan tepkilerini kolaylaştırmak için bir daldırma hissi uyandırabilir. Bu avantajlar, araştırmacılara gerçek yaşam koşullarında değişen hareket kalıplarına ilişkin anlayışımızı geliştirmek için ileri teknolojiyi kullanma konusunda ilham vermiştir ([Gökeler ve ark., 2013](#_bookmark25)). XR, gerçek dünyada/geleneksel rehabilitasyon ortamında oluşturulması pratik olmayan ya da imkansız olan, bireysel sporcunun/hastanın antrenman ve spora özgü beceri talepleri doğrultusunda antrenman ortamının manipüle edilmesine olanak tanır ([Adamovich ve ark., 2009](#_bookmark7)). Açıklanan olasılıklara ve faydalara dayanarak XR'nin rehabilitasyon ortamlarında uygulanmasına ilişkin olarak, bu sistematik derleme, özellikle spor rehabilitasyonu ve yaralanmaların önlenmesinde XR destekli antrenman kullanımının değerine ilişkin mevcut kanıtları bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Mevcut kanıtlara dayanarak, XR destekli spor rehabilitasyonu ve yaralanma önleme programına tabi tutulan sporcuların, geleneksel spor fizyoterapisi/yaralanma önleme rejimine kayıtlı sporculara kıyasla daha iyi antrenman/rehabilitasyon sonuçları (çoğunlukla propriyosepsiyon, denge, güç, ağrı skorları ve biyomekanik hareket kalıpları ile ilgili olarak) ve daha düşük (tekrarlayan) yaralanma riski göstereceği varsayılmaktadır. Bu derleme, XR'nin kas-iskelet sistemi yaralanmalarının rehabilitasyonu ve önlenmesindeki uygulama olanaklarını tartışacaktır.

Sanal gerçeklik (VR), Arttırılmış Gerçeklik (AR) ve video diğerleri uygulamaları dikkate alınacaktır. XR, bilgisayar tarafından oluşturulan ortamlar veya nesneler yaratan her türlü sürükleyici teknolojiyi içeren geniş kapsamlı bir terimdir. AR, gerçek dünyaya sanal nesneler ve bilgiler ekleyerek gerçek dünyayı genişletirken, VR tamamen sanal bir ortam yaratır. Bilgisayar tarafından oluşturulan 360◦ gerçek dünyanın olduğu ortam kullanım sırasında tamamen gizlenmiştir ([IONOS, 2021](#_bookmark30)). Sanal Gerçeklik (VR), bir kullanıcının çeşitli duyuları deneyimleyebildiği bilgisayarlı sanal bir ortamdan oluşur. Çoğu ortam görsel ve işitseldir. VR'nin oyun ve eğlence alanında birçok uygulaması vardır, ancak hastaların rehabilitasyonunda da değerli olduğu öne sürülmektedir ([Maples-Keller ve ark.,](#_bookmark37) [2017](#_bookmark37)). Nintendo'nun yaygın olarak kullanılan Wii Fit ürünü gibi video oyunları da eğitim ve rehabilitasyon ortamlarında sıklıkla kullanıldığından, bu derleme bu video oyunu uygulamalarını da 'Genişletilmiş gerçeklik' ortak terimi altında ele alacaktır.

1. **Yöntemler**

Kas-iskelet sistemi spor yaralanmalarının rehabilitasyonu ve önlenmesinde XR'nin etkinliğine ilişkin kanıtları bir araya getiren bu sistematik derleme, Sistematik İncelemeler ve Meta Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (I[nstitute](#_bookmark29) & [Oxford, 2015](#_bookmark29)) kılavuzuna göre oluşturulmuştur.

* 1. **Uygunluk kriterleri**

Sağlıklı kişilerde veya kas-iskelet sistemi yaralanması olan sporcularda (Popülasyon (P)) rehabilitasyon veya yaralanma önleme (Sonuç (O)) kapsamında Genişletilmiş Gerçeklik (Müdahale (I)) ile yapılan bir müdahalenin sonuçlarını bildiren makaleler bu derlemeye dahil edilmiştir. Sistematik incelemeler, meta-analizler, vaka raporları, kitap bölümleri, özetler ve konferans bildirileri hariç tutulmuştur (S). Uygun makalelerin araştırılması, ilgili PICOS sorusu ([Uo, 2016](#_bookmark56)) ve çeşitli dahil etme ve hariç tutma kriterleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir ([Tablo 1](#_bookmark1)). Nörolojik hastalarda veya oyuncu popülasyonunda XR kullanımını tartışan makaleler de hariç tutulmuştur. XR'nin (spor) tıp araştırmaları alanına yeni girdiği göz önünde bulundurulduğunda, yayın yılı konusunda herhangi bir sınırlama getirilmemiştir.

* 1. **Bilgi kaynakları**

Uygun makaleleri toplamak için PubMed ve Web of Science veri tabanları bilgi kaynağı olarak kullanılmıştır. İlgili makaleler için son arama 13 Mart 2022 tarihinde yapılmıştır. Dahil edilen makalelerin referans listelerine dayalı ek bir el taraması da aynı zamanda gerçekleştirilmiştir.

* 1. **Arama stratejisi**

Bu sistematik incelemenin ilerlemesine rehberlik etmek için kullanılan özel araştırma sorusu "Kas-iskelet sistemi yaralanmalarının rehabilitasyonu ve önlenmesinde Genişletilmiş Gerçekliğin değeri nedir?" idi. Bu soru, sorunun her bir unsuru (Popu- lasyon, Müdahale, Kontrol ve Sonuç) için eşanlamlı kelimeler ve anahtar kelimeler aranarak PICO prensibine göre yeniden tanımlanmıştır. Bu arama stratejisi, çok çeşitli anahtar kelimeler ve kombinasyonlar anahtar kelimeler ve MeSH-terimleri boolean operatörleri ile birleştirilmiştir.

Tablo 1

Dahil etme ve hariç tutma kriterleri.

Kriterler Kapsayıcılık Dışlama

Nüfus İnsan (erkek ve kadın), sağlıklı insanlar, atletler, rekreasyonel ve profesyonel sporcular, kas-iskelet sistemi spor yaralanmaları

Çocuklar (<13 yaş), yaşlılar (>65 yaş), nörolojik/kardiyak/solunum/yanık hastaları, psikolojik hastalıklar, amputasyon, oyuncular

Müdahale Genişletilmiş Gerçeklik, Sanal gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Video oyunları Hipnoz, robot (destekli) eğitim, fiziksel olmayan eğitim uyaranları (örn.

fiziksel hareket olmadan bilgisayar oyunları)

Kontrol / /

Sonuç Rehabilitasyon, spor rehabilitasyonu, yaralanma önleme Nörorehabilitasyon (yani nörolojik hastalığı olan hastaların rehabilitasyonu)

bozukluklar), cerrahi, düşmeyi önleme, telerehabilitasyon, ağrı, maliyet etkinliği

Çalışma tasarımıOrijinal araştırma makaleleri, Klinik deneyler Sistematik incelemeler, meta-analizler, vaka raporları, kitap bölümleri, konferans bildirileri

Dil İngilizce, Fransızca, Felemenkçe Diğer tüm diller

Tablo 2

PubMed veri tabanı için arama stratejisi. Anahtar Kelimeler

P (nüfus) Müdahale Sonuç

sporcular VEYA "hastalar" [Mesh] VEYA oyuncu VEYA hasta\*

AND "sanal gerçeklik" [Mesh] VEYA "sanal gerçekliğe maruz bırakma terapisi" [Mesh] VEYA "sanal oyun" VEYA "artırılmış gerçeklik" VEYA "aracılı gerçeklik" VEYA "gerçeklik simülasyonu" VEYA "algısal bilgi" VEYA "sanal gerçeklik" VEYA "genişletilmiş gerçeklik" VEYA "bilgisayar simülasyonu"

AND rehabilitasyon VEYA "fonksiyonel sonuçlar" VEYA "ağrı skorları" VEYA "hasta memnuniyeti" VEYA "hasta deneyimi" VEYA rehabilitasyon\* VEYA "yaralanma önleme" VEYA revalidasyon

Tablo 3

Web of Science veri tabanı için arama stratejisi. Anahtar Kelimeler

P (nüfus) Müdahale Sonuç

sporcular VEYA

oyuncu VEYA

hasta

AND 'sanal gerçeklik' VEYA 'sanal gerçekliğe maruz bırakma terapisi' VEYA 'sanal oyun' VEYA 'artırılmış gerçeklik' VEYA 'aracılı gerçeklik' VEYA 'gerçeklik simülasyonu' VEYA 'algısal bilgi' VEYA 'genişletilmiş gerçeklik' VEYA 'bilgisayar simülasyonu'

VE rehabilitasyon VEYA 'fonksiyonel sonuçlar' VEYA 'ağrı skorları' VEYA 'hasta memnuniyeti' VEYA 'hasta deneyimi' VEYA rehabilitasyon VEYA 'yaralanma önleme' VEYA yeniden onaylama

**2.4. Çalışma seçimi**

PubMed ve Web of Science'taki tüm arama sonuçları Endnote'ta toplanmış ve burada mükerrerler tespit edilerek çıkarılmıştır. Daha sonra, her makale Rayyan'da başlık ve özet üzerinden çift ve bağımsız olarak taranmıştır. Rayyan, sistematik bir incelemeye dahil edilmek üzere makalelerin taranması ve seçilmesinde çift kör çalışma sürecini kolaylaştıran ve hızlandıran bir bilgisayar yazılımıdır (Rayyan, 2021).

Potansiyel olarak ilgili olduğu düşünülen makalenin tamamına ikinci tarama aşamasında başvurulmuştur; bu aşamada iki bağımsız hakem (birbirlerinin değerlendirmesine kör olarak), önceden tanımlanmış dahil etme kriterlerini kullanarak tam metni kapsamlı bir şekilde okumuş ve değerlendirmiştir (Tablo 1). Anlaşmazlık durumunda, tüm hakem ekibinin katıldığı bir konsensüs toplantısında karar verilmiştir. Son olarak, dahil edilen makalelerin referans listelerinde çift kör bir el taraması gerçekleştirilmiştir. Nihayetinde, bu sistematik incelemeye on makale dâhil edilmiştir. Tüm süreç ve yukarıda açıklanan inceleme sürecinin her aşamasında dahil edilen makalelerin sayısı Şekil 1'de bulunabilir.

**2.5. Veri öğeleri ve toplama süreci**

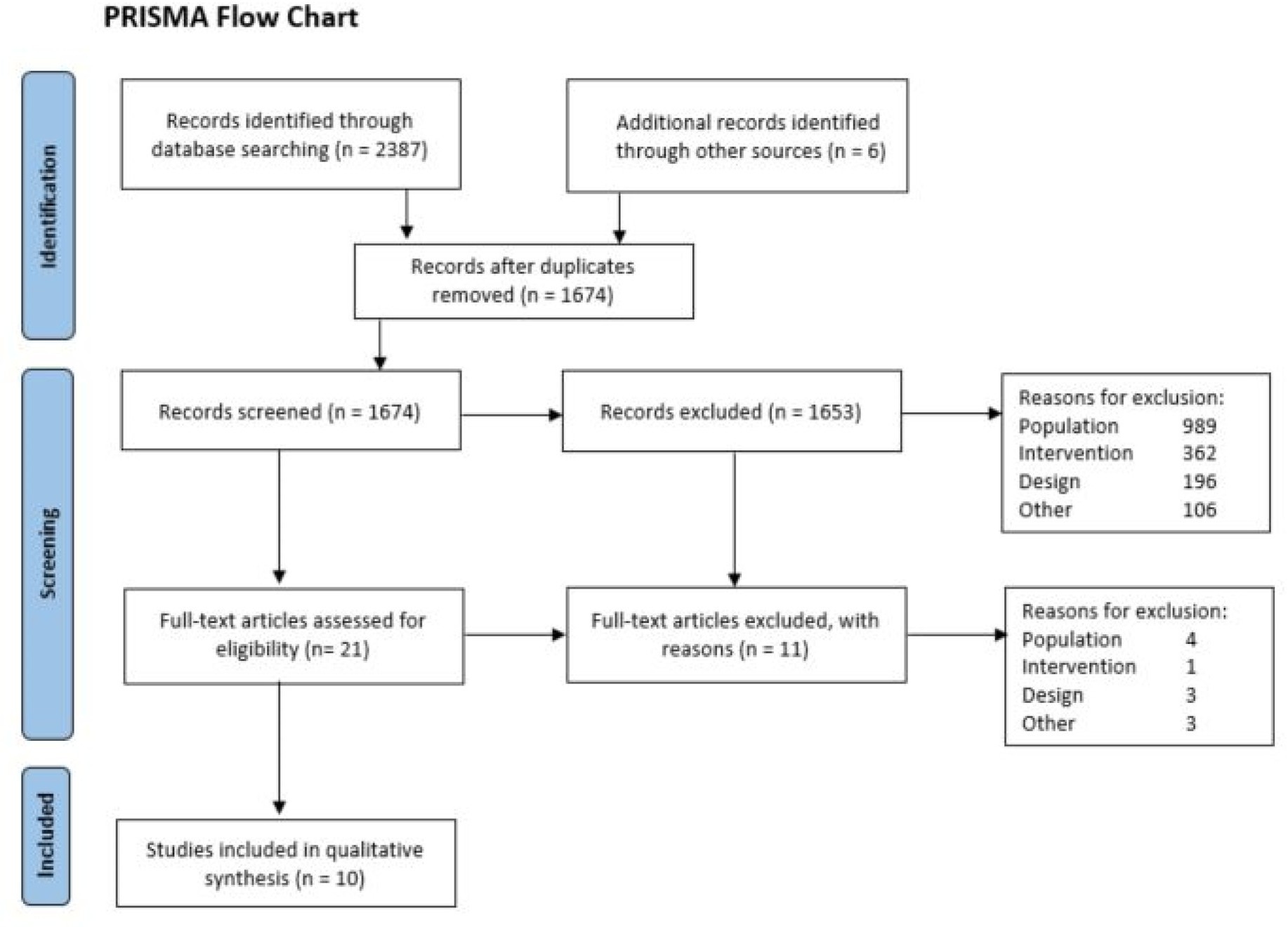
Dahil edilen makalelerin her birinin en önemli özellikleri bir kanıt tablosunda özetlenmiştir. Önyargıyı azaltmak ve bu derlemenin geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmak için, bu bilgi çıkarma işlemi iki bağımsız değerlendirici tarafından kör olarak gerçekleştirilmiştir. Anlaşmazlık durumunda üçüncü bir değerlendiriciye danışılmıştır.

Dahil edilen çalışmaların metodolojik kalitesini değerlendirmek için, Hollanda Cochrane Merkezi (Cochrane, 2018) tarafından sağlanan çeşitli kontrol listelerindeki maddeler kullanılmış ve yalnızca bu derlemenin özel makale seçiminde yanlılık riskini değerlendirmek için çoğunlukla uygulanabilir olan sorular seçilmiştir. Bu nedenle, (1) randomize kontrollü çalışmalar, (2) yan etkiler ve etiyoloji, (3) prognostik çalışmalar ve (4) tanısal testler için ilgili metodolojik değerlendirme kriterleri entegre edilmiştir. Puanlama maddeleri çoğunlukla (1) katılımcıların nihai analize dahil edilme sürecini, (2) sonuçların nesnel temsilini ve (3) olası terk nedenlerini içermektedir.

Verilen maddeler "+" (1 puan), "-" (0 puan) veya "?" (0 puan) ile cevaplandırılmıştır. Makale soruyu yanıtlamak için yeterli bilgi vermiyorsa puan verilmemiştir. Yanlılık riskini (YR) puanlamak için on bir madde kullanılmıştır, bu da her bir makaleye bu derlemenin yanlılık riski değerlendirmesinde en fazla on bir puan verilebileceği anlamına gelmektedir. "Düşük", "orta" ve "yüksek" metodolojik kalite arasında ayrım yapmak için keyfi olarak kesme değerleri belirlenmiştir (0e4: düşük, 5e6: orta, 7e11: yüksek). ROB değerlendirmesi, birbirinin değerlendirmesine kör olan iki bağımlı araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Anlaşmazlık durumunda, kapsamlı karşılıklı tartışma yoluyla fikir birliğine varılmıştır.

Her bir makaleye, Mira Meeus'un 'Sağlık okuryazarlığı: referanstan incelemeye' (Meeus & Gebruers, 2016) adlı kitabında yer alan EBRO kılavuzları temel alınarak belirli bir kanıt düzeyi verilmiştir (Tablo 4). Bu seviyeler, bu sistematik derlemenin sonuç gücünü belirlemek için kullanılmıştır.

Dahil edilen makaleler iki kümeye ayrılmıştır: bir rehabilitasyon ve bir önleme kümesi. Her bir küme için makalelerin



Şekil 1. Prisma akış şeması.

Tablo 4

Eski EBRO yöntemini takiben kanıt düzeylerinin belirlenmesi.

Müdahale Tanısal doğruluk çalışmaları Zarar, etiyoloji veya prognoz A1 En az 2 bağımsız A2 çalışmaya dayanan sistematik incelemeler ve meta-analizler

A2 RCT'ler: çift kör; sağlam Daha önce bir referans test (altın standart) kullanan çalışmalar Yeterli örneklem büyüklüğüne sahip prospektif kohort

çalışmaları ve

metodoloji; ve yeterli örneklem

büyüklüğü ile

tanımlanmış kesme değerleri; indeks ve referans testin bağımsız değerlendirilmesi; her iki teste tabi tutulan yeterli hasta örneği

takip; karıştırıcı faktörler için yeterli kontrol; ve seçici takip kaybının önlenmesi

1. Karşılaştırmalı çalışmalar, ancak Referans test kullanan, ancak Prospektif kohort çalışmalarının kalite kriterlerine sahip olmayan, ancak aşağıdaki kalite kriterlerine sahip olmayan çalışmalar

A2 kalite kriterleri (kohort A2 çalışmaları

ve vaka-kontrol çalışmaları dahil)

1. Karşılaştırmalı olmayan çalışmalar
2. Uzman görüşü

içerik kısaca konumlandırılmış ve her bir müdahale grubu için sonuçlar açıklanmıştır. Her bir küme için genel sonuçlar özetlenmiştir. Çalışmalar arasındaki yanlılık riskini haritalamak için, uygun makalelerin bir rehabilitasyon ve önleme kümesinde alt bölümlere ayrılmasına dayalı olarak, aynı 11 maddelik puanlama sistemi kullanılarak her küme için ortalama puan hesaplanmış ve ardından kanıt düzeyleri kümeler arasında karşılaştırılmıştır. Kümeler arasındaki puanların karşılaştırılmasına dayanarak, her ikisine de uygun bir sonuç düzeyi/gücü verilmiştir.

**Sonuçlar**

**Çalışma seçimi**

Arama sonucunda 2387 (771'i PubMed'den ve 344'ü Web of Science'tan) makale bulunmuştur. İlave el taraması sonucunda

potansiyel dahil edilme için 6 aday makale bulunmuştur. Mükerrerler çıkarıldıktan sonra, 1653 makale başlık ve içeriklerine göre elenmiştir. ödiğzeerlte,ri.kalan 21 makale tam metin olarak taranmıştır. 11 makale dahil edilme kriterlerini karşılamadığı için değerlendirme dışı bırakılmıştır. Son olarak, 10 makale bu derlemeye dahil edilmiştir. Tarama süreci aşağıdaki akış şemasında bulunabilir (Şekil 1).

**3.2. Çalışma özellikleri**

Dahil edilen on çalışma, 290'ı erkek ve 306'sı kadın olmak üzere toplam 596 katılımcıdan oluşmaktadır. Ayrı çalışmaların örneklem büyüklükleri 20 ila 130 katılımcı arasında değişmektedir. Çalışmalar arasında katılımcı çakışması olmamıştır. (XR) müdahalesine maruz kalan popülasyonlar sporcular ( 3 ç a l ı ş m a ) , sağlıklı yetişkinler ( 2 ç a l ı ş m a ) ve ayak bileği burkulması (2 çalışma), total diz artroplastisi (1 çalışma) veya ACL rekonstrüksiyonu (2 çalışma) sonrası rehabilite edilen hastalardır. Bulgular klinik çalışmalardan (Baltaci vd., 2012; Gianola vd., 2020; Ibrahim, Mattar ve Elhafez, 2016; Punt vd., 2015, 2017) (bunların arasında dört randomize kontrollü çalışma (RCT) (Gianola vd., 2020; Ibrahim vd., 2016; Punt vd., 2015, 2017) yer almaktadır, gözlemsel çalışmalar (DiCesare vd., 2020; Ibrahim vd., 2016; Kiefer vd., 2017), bir teşhis çalışması (Gokeler vd., 2013) ve bir deneysel çalışma (Reneker vd., 2020). On çalışmanın beşinde bir kontrol grubu dahil edilmiş (Gianola vd., 2020; Ibrahim vd., 2016; Punt vd., 2015, 2017; Reneker vd., 2020), dördünde randomizasyon prosedürleri kullanılmıştır (Gianola vd., 2020; Ibrahim vd., 2016; Punt vd., 2015, 2017). On makalenin beşinde, eğitim sonuçlarının sürdürülebilirliğini kontrol etmek için altı hafta ile altı ay arasında bir takip süresi kullanılmıştır. Ayrı çalışmaların amacına gelince, bazıları XR destekli egzersiz tedavisini geleneksel tedavi ve/veya bir kontrol grubuyla karşılaştırmış (Baltaci vd., 2012; Gianola vd., 2020; Punt vd, 2015, 2017), diğerleri VR destekli antrenmanın egzersiz etkilerini değerlendirmiş (Gökeler vd., 2013; Kiefer vd., 2017; Reneker vd., 2020) ve biri VR destekli antrenmanın sporcunun yaralanma riski üzerindeki etkisini incelemiştir (DiCesare vd., 2020). Dahil edilen çalışmalar 2012 ve 2020 yılları arasında Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Asya'da gerçekleştirilmiştir.

**3.3. Çalışmalarda yanlılık riski**

Metodolojik kalite değerlendirmesinin sonuçları Tablo 5'te önceden gönderilmiştir. Dört makalenin ulaşmayı başardığı ≥7/11 skoru yüksek kalite olarak tanımlanmıştır. En yaygın metodolojik eksiklikler (1) çift körleme ve (2) karıştırıcılar için düzeltme yapılmamasıdır. Üç makale orta kalite olarak değerlendirilmiş (5/11 ve 6/11) ve üç çalışma düşük kalite puanı almıştır (≤4/11). Bu makaleler kör veya randomize değildi, yeterli takip süresi (≥6 hafta) yoktu ve bırakma nedenleri rapor edilmemişti.

3.4. Çalışmalar arasında yanlılık riski

Önleme kümesi (DiCesare vd., 2020; Kiefer vd., 2017; Reneker vd., 2020) B ve C arasında değişen kanıt düzeyleriyle ortalama 5/11 kalite puanı alırken, rehabilitasyon kümesi (Baltaci vd., 2012; Condino vd., 2019; Gianola vd., 2020; Gokeler vd., 2013; Punt vd., 2015, 2017) için bu puan A2 ve B arasında değişen kanıt düzeyleriyle 7/11 olmuştur.

3.5.Bireysel çalışmaların sonuçları

Bu derlemeye dahil edilen bireysel çalışmaların en önemli özelliklerinin ve sonuçlarının kapsamlı bir özetine kanıt tablosundan (Tablo 6) ulaşılabilir. Aşağıdaki bölümde, bu sonuçlar küme bazında ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Önleme kümesine sağlıklı sporcular dahil edilmiştir (DiCesare vd., 2020; Kiefer vd., 2017; Reneker vd, 2020), örnekler ise ayak bileği burkulması, total diz artroplastisi veya cerrahi rekonstrüksiyon gerektiren bir ACL rüptürü geçirdikten sonra rehabilitasyon yörüngesine kaydolan hastaların yanı sıra rehabilitasyon kümesinde alt ekstremite gücü ve omuz ROM rehabilitasyonunda bir VR uygulamasını değerlendiren bir çalışmaya kaydolan sağlıklı katılımcılardan oluşmuştur (Baltaci vd, 2012; Fu vd., 2015; Gianola vd., 2020; Gokeler vd., 2013; Ibrahim vd., 2016; Punt vd., 2015, 2017).

**3.5.1. Önleme**

Üç çalışma, sanal gerçeklik ortamında spor yaralanmalarını önleme olanaklarını incelemiştir (DiCesare vd., 2020; Kiefer v d . , 2017; Reneker vd., 2020). Dicesare ve arkadaşları (DiCesare ve ark., 2020) ve Kiefer ve arkadaşları (Kiefer ve ark., 2017) 38 erkek ergen futbol sporcusunu dahil etmiştir. Dicesare ve arkadaşlarının çalışmasının amacı, spora özgü/fonksiyonel görevler sırasında biyomekanik yaralanma riski faktörlerinin (alt ekstremite kinematiği) varlığını incelemekti (DiCesare ve ark., 2020). Katılımcılar hem standart klinik laboratuvarda hem de sanal gerçeklik rehberliğinde spora özgü durumlarda dikey düşme atlayışı gerçekleştirmiştir. Düşerek dikey sıçrama performansı, normal bir düşerek dikey sıçrama ile VR simülasyonlu köşe vuruşuna tepki olarak bir kafa vuruşu sırasında düşerek dikey s ı ç r a m a arasında karşılaştırıldı. Çalışma sonuçları, alt ekstremite kinematiğinin gelecekteki kas-iskelet sistemi yaralanmaları, özellikle de ACL yaralanmaları ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu ilişki yalnızca, takip sırasında ÖÇB yaralanması geçiren katılımcılarda en yüksek diz fleksiyonunda artmış kalça abdüksiyonu ve ilk yer temasında artmış ayak bileği inversiyonu ortaya koyan VR kılavuzlu kinematik test sonuçlarına dayanarak gösterilmiştir. Geleneksel klinik laboratuvar durumu, drop jump sırasında sapma gösteren kinematik modeller ortaya çıkarmadı. Yazarlar, sanal gerçeklik kullanımının (1) biyomekanik riskin daha doğru bir şekilde yansıtılmasına olanak sağladığı sonucuna varmıştır.

Tablo 5

Randomize kontrollü çalışma, yan etkiler ve etiyoloji, prognostik çalışma (kohort) ve tanısal testler için kontrol listesi Kullanılan kısaltmalar: += evet; -= hayır; ? =

belirsiz/emin değil; LOE = kanıt düzeyi.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Çalışmalar | Kriterler  1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |  | 10 |  | 11 |  | Skor  /11 |  | LOE |  |
| IM Punt ve diğerleri (2017) | + | + | + | + | + | + | e | e | + |  | + |  | + |  | 9 |  | B |  |
| CA Dicesare ve diğerleri (2019) | ? | e | + | + | ? | ? | ? | e | e |  | + |  | e |  | 3 |  | C |  |
| A Gokeler ve diğerleri (2014) | e | e | ? | + | + | + | e | e | e |  | + |  | e |  | 4 |  | B |  |
| JC Reneker ve diğerleri (2020) | ? | e | + | + | + | + | e | e | + |  | + |  | e |  | 6 |  | B |  |
| IM Punt ve diğerleri (2015) | + | + | e | + | + | + | e | e | + |  | + |  | + |  | 8 |  | B |  |
| AW Kiefer ve diğerleri (2017) | ? | ? | e | + | + | + | ? | e | + |  | + |  | + |  | 6 |  | C |  |
| G Baltaci ve diğerleri (2012) | + | + | ? | + | e | + | + | e | + |  | + |  | ? |  | 7 |  | A2 |  |
| S Gianola ve diğerleri (2020) | + | + | + | + | + | + | e | + | e |  | + |  | + |  | 9 |  | B |  |
| ms [Ibrahim ve diğerleri (2016)](#_bookmark28) | + | e | ? | + | + | + | e | + | ? |  | + |  | e |  | 6 |  | B |  |
| S Condino ve diğerleri (2019) | + | e | ? | ? | ? | ? | ? | + | ? |  | + |  | e |  | 2 |  | C |  |

RCT Öğeleri 1. Hastalara müdahale tahsisi randomize edilmiş mi? 2. Etki değerlendiricileri tedaviye kör mü? 3. Dahil edilen tüm hastaların yeterli bir kısmının tam takibi mevcut mu (>%85)? Hayır ise: seçici takip kaybı yeterince dışlanmış mı? 4. Sonuçların seçici olarak yayınlanması yeterince dışlanmış mı? 5. Geçerli bir referans testi uygulanmış mı?

Öğelerin yan etkileri ve etiyolojisi 6. Karşılaştırılan gruplar yeterince tanımlanmış mı? 7. Çift kör olarak taranmıştır (maruziyet ve sonuçlar). 8. Analizde en önemli prognostik faktörler için düzeltme yapılmıştır (karıştırıcılar: yaş, uzunluk, kütle ve fiziksel aktivite saatleri, randomize alan teorisi düzeltmesi).

Öğeler prognostik çalışma (kohort) 9. Takip süresi yeterince uzun muydu? 10. Çalışmanın sonuçları objektif terimlerle açıkça tanımlanmış mı? Tanısal test öğeleri 11. Bırakanlar rapor edildi ve bırakma nedenleri açıklandı mı?

(2) yaralanma risk değerlendirmesinin geçerliliğini ve hassasiyetini artırır ve (3) bu nedenle yaralanma önleme yönetiminde önemli bir katma değere sahip olduğu öne sürülmektedir.

Kiefer ve arkadaşları, biofeedback odaklı artırılmış nöromüsküler eğitimin ACL yaralanmasına dirençli hareket modellerinin (örn. azaltılmış kalça iç rotasyonu ve diz abdüksiyonu) beceri transferi üzerindeki etkisini araştırmıştır (Kiefer ve ark., 2017). Antrenman öncesi ve sonrası değerlendirme oturumlarında, belirli kesme senaryoları sırasında hareket kalitesi belirlenmiştir. 8 haftalık antrenman dönemi boyunca sporcular, haftada üç kez antrenman sıklığı ile futbola özgü bir sanal ortamda dört alışma görevi gerçekleştirmiştir. Bu sanal ortam, özel olarak tasarlanmış spora özgü VR senaryoları ile birlikte başa takılan bir ekran kullanılarak oluşturulmuş ve nöromüsküler antrenman tepkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Kesme sırasındaki hareket kalitesi, müdahaleden önce ve sonra değerlendirilmiş, baş pozisyonu, iç kalça rotasyonu ve diz abdüksiyonu belirli sonuç parametreleri olarak değerlendirilmiştir. Baş ve alt ekstremite hareket yörüngeleri 31 retro reflektif işaretleyici ve 39 hareket yakalama kamerası kullanılarak üç boyutlu olarak izlenmiştir. VR ile güçlendirilmiş nöromüsküler eğitim kullanılarak eğitim öncesi ve eğitim sonrası sonuçlar karşılaştırıldığında, yükleme aşaması ve beklenmedik bir kesme görevinin itme aşaması sırasında bitki bacağındaki iç kalça rotasyonunda önemli bir azalma gözlenmiştir. Yazarlar, spora özgü alt ekstremite biyomekaniğindeki ilgili VR kaynaklı iyileşmenin, sporcunun gelecekteki ACL yaralanmasına karşı duyarlılığını azalttığı sonucuna varmışlardır, ancak bu sonuçlar daha geleneksel bir eğitim yaklaşımının sonuçları ile karşılaştırılmamıştır.

Reneker ve arkadaşlarının (Reneker vd., 2020) üçüncü mTaablkoa6le(dseinvadme) 130 katılımcı yer almış ve sanal sürükleyici sensorimotor eğitiminin 1) müdahale öncesi-sonrası performanstaki değişim, 2) fonksiyonel sensorimotor kontrol ölçümlerindeki fark, 3) yaralanma insidans oranları ve 4) futbol müsabakası sırasında sporcunun saha içi performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney grubuna 6 hafta boyunca sürükleyici Sanal Gerçeklik (IVR) (altı serbestlik dereceli bir kulaklık ve iki manuel dokunmatik kontrol cihazından oluşan 'Oculus Quest' kullanılarak) kullanılarak sensorimotor eğitimi verilirken, kontrol grubuna herhangi bir terapi uygulanmamıştır. Sanal gerçeklik kullanımı deney grubunda yumuşak takip, sakkadlar, yakın nokta yakınsaması, periferik görüş, görsel figür, ortak hareket hedefi ve servikal nöromotor kontrol için anlamlı bir eğitim etkisi yaratırken, kontrol grubunda herhangi bir farklılık tespit edilememiştir (p-değerleri <0,0001 ile 0,005 arasında). Kontrol grubuna kıyasla VR grubunda servikal nöromotor kontrol ve dayanıklılıkta da anlamlı iyileşmeler tespit edilmiştir; bu durum izometrik güç ölçümleri ve denge skorları için de geçerlidir (p-değerleri <0,0001 ile 0,005 arasındadır). Kontrol grubunda, başlangıçtaki sonuç ölçümleri ile test sonrası sonuç ölçümleri karşılaştırıldığında bu sonuç ölçümlerinin hiçbirinde farklılık tespit edilememiştir. Sanal gerçekliğin yaralanma insidansı ve genel saha içi performans kapasitesi üzerindeki etkileriyle ilgili olarak, önemli (koruyucu) etkiler gösterilememiştir. Yazarlar, hem performans hem de klinik testlerdeki önemli gelişmelerin, bu karmaşık becerilerin gerçek zamanlı atletik durumlara yönelik önemli bir transfer etkisinin varlığına dair kanıt sağladığı sonucuna varmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, yaralanma önleme yaklaşımlarını geliştirmek için sanal gerçekliğin kullanımını da teşvik etmektedir.

**3.5.2. Rehabilitasyon**

Yedi çalışma kas-iskelet sistemi yaralanmalarının rehabilitasyonunda sanal gerçeklik kullanımını incelemiştir (Baltaci vd., 2012; Condino vd., 2019; Gianola vd., 2020; Gokeler vd., 2013; Ibrahim vd., 2016; Punt vd., 2015, 2017). Punt ve arkadaşları tarafından yazılan iki çalışmada (Punt ve ark., 2015, 2017) 90 lateral ayak bileği burkulması hastası üç gruba ayrılmıştır: Wii Fit™, geleneksel terapi ve kontrol grubu. İlk makale (Punt ve ark., 2017), Wii Fit™ kullanılarak yapılan egzersiz terapisinin zamansal- mekânsal ve kinematik yürüyüş parametreleri üzerindeki etkinliğini araştırmış ve üç katılımcı grubunu karşılaştırmıştır. Tüm gruplarda başlangıç ve 6 haftalık müdahale arasında yürüme hızı, kadans ve adım uzunluğunda iyileşmeler bulunmuştur. Adım uzunluğunun simetri endeksinde hiçbir grupta iyileşme tespit edilmemiş ve her grupta bir yıllık takip sırasında başlangıç tarafında sadece bir, karşı tarafta ise sadece bir yeniden burkulan ayak bileği görülmüştür. Sadece Wii Fit™ grubunun tek destek süresi başlangıç ve 6 haftalık müdahale arasında iyileşmiştir. Tek destek süresinin simetri endeksi hem Wii Fit™ hem de geleneksel terapi grubunda başlangıç ve 6 aylık takip arasında iyileşmiştir. Geleneksel terapi ve kontrol gruplarında, salınım fazı sırasında maksimum plantar fleksiyon başlangıç ve 6 haftalık takip arasında iyileşmiştir. Dorsifleksiyon hareket açıklığı açısından hiçbir grupta iyileşme görülmemiştir. Wii Fit™ eğitiminin zamansal-uzamsal yürüyüş parametreleri üzerinde geleneksel fizik tedavi ile benzer etkilere sahip olduğu görülmüş, bu da yazarların ayak bileği burkulması hastalarının rehabilitasyonunda herhangi bir katma değer olmaksızın alternatif bir tedavi olarak düşünülebileceği sonucuna varmasına neden olmuştur. İkinci makalede (Punt ve ark., 2015), Wii Fit™ sistemi kullanılarak yapılan egzersiz eğitiminin rehabilitasyon sonuçları, standart fizik tedavi ve hiçbir tedavi almayan bir kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında fark bulunmamış, tüm katılımcıların ayak ve ayak bileği beceri skorlarında iyileşme görülmüş ve yürüme sırasında ağrı azalmıştır. Yazarlar, tamamen spekülatif olsa da, Wii Fit™'in fonksiyonel egzersiz hedeflerine de hitap edebileceği için, ACL hastaları için geleneksel rehabilitasyon yerine Wii Fit™'in önerilebileceği sonucuna varmışlardır.

Baltacı ve arkadaşları Nintendo Wii'nin sonuçlarını karşılaştırmayı amaçlamıştır.

Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACLR) sonrası deneklerde geleneksel rehabilitasyon ile Fit™ eğitimi (Baltaci et al., 2012). Çalışmaya ACLR geçirmiş 30 erkek hasta katılmıştır. Wii Fit™ grubu, fonksiyonel performans kapasitesini ve bilişsel işlevselliği uyaran fonksiyonel görevleri (oyunlar) yerine getirmek zorundaydı. Konvansiyonel terapi grubu ise kuadriseps kontrolünü artırmak için ağırlık taşıma aktiviteleri, düz bacak kaldırma ve izometrik kuadriseps ayarları gibi çeşitli egzersizler yapmak zorundaydı. Her iki grup karşılaştırıldığında, 12 haftalık müdahalenin ardından izokinetik diz kuvveti açısından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Koordinasyon, propriyosepsiyon ve tepki süreleri gruplar arasında farklılık göstermemiştir. Her ne kadar gruplar arasında farklılık tespit edilememiş olsa da, yazarlar Wii Fit™ Denge programının güvenli, uygulanabilir, ucuz olması ve standart fizyoterapi stratejilerine kıyasla benzer fonksiyonel sonuç skorlarına ulaşması nedeniyle geleneksel rehabilitasyon yerine önerilebileceği sonucuna varmışlardır.

ACLR geçirmiş 20 sporcu ve 20 sağlıklı kontrol Gökeler ve arkadaşlarının çalışmasına katılmıştır (Gökeler ve ark., 2014). Sporculardan normal (gri bir ekrana yansıtılan kırmızıdan yeşile değişen trafik ışığı) ve sanal gerçeklik ortamında (trafik ortamı, yüksek binaların bulunduğu bir şehir caddesini ve yaya trafik ışığı ile soldan sağa geçen arabaların ekrana yansıtıldığı bir yaya geçidini tasvir etmektedir), karşıdan karşıya geçmek için yaya geçidinden aşağı adım atma şeklindeki basit günlük görevi taklit eden bir adım atma görevi gerçekleştirmeleri istenmiştir. Kinetik ve alt ekstremite kinematiği, bir kuvvet plakası ve 12 kızılötesi kamera tarafından takip edilen 11 kızılötesi yansıtıcı işaretleyici kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kameralar Çalışmanın amacı, bir VR ortamına daldırmanın, bir adım aşağı görevi sırasında ACLR sonrası hastalarda diz biyomekaniği üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Sanal gerçeklik ortamında ÖÇBR sonrası sporcularda, sanal gerçeklik olmayan ortamdaki performanslarına kıyasla dikey bileşen Yer Tepki Kuvveti (vGRF), zirve iç diz ekstansiyon momenti, zirve vGRF'deki diz açısı ve diz fleksiyon ekskürsiyonunda artış görülmüştür. Sanal gerçeklik ortamındaki sağlıklı kontroller arasında, normal ve sanal gerçeklik rehberliğindeki test koşullarının sonuçları karşılaştırıldığında ilgili sonuçlarda herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Sanal Gerçekliğin etkisi, ACLR sonrası hastalarda eklem biyomekaniğinde kontrol koşuluna ve kontrol grubuna kıyasla daha fazla kesintiye neden olmuştur. Bu bulgular, yazarların Sanal Gerçekliğe dalmanın dikkat odağını etkilemiş olabileceği ve sanal gerçeklik kullanılarak yapılan fonksiyonel ve oyuna dönüş (RTP) taramasının geleneksel klinik değerlendirme koşullarına kıyasla ÖÇBR sonrası rezidüel fonksiyonel eksikliklere daha duyarlı olduğu sonucuna varmalarını sağlamıştır.

Gianola ve arkadaşları, sanal gerçeklik tabanlı erken bir

uygulamanın etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. rehabilitasyon protokolü, primer total diz artroplastisi geçiren hastalarda geleneksel bir rehabilitasyon rejimi ile karşılaştırılmıştır. 85 hasta VR tabanlı rehabilitasyon grubuna veya geleneksel rehabilitasyon grubuna randomize edilmiştir ([Gianola ve ark., 2020](#_bookmark24)). Sonuçlar başlangıçta (TDA'dan 3e4 gün sonra) ve taburculukta değerlendirilmiştir. On bir hasta çalışmadan ayrılmıştır. Nihai analizler için 74 hastanın verileri mevcuttu. Sonuçlar, propriyosepsiyonun VR tabanlı rehabilitasyon grubunda kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha iyi geliştiğini ortaya koymuştur. Ağrı ve ilaç kullanımında azalma ya da yaşam kalitesi, kuadriseps ve hamstring izometrik gücü ve aktif diz hareket açıklığında (ROM) artış açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Yazarlar, sanal gerçeklik temelli rehabilitasyonun ağrının giderilmesi ve diğer fonksiyonel sonuçlar açısından geleneksel rehabilitasyondan üstün olmadığı, ancak TDA sonrası hastalarda global pro- prioceptive nitelikleri iyileştirdiği sonucuna varmışlardır.

Ibrahim ve arkadaşları, vücut dengesi ve postüral reaksiyonlardaki gelişmeleri değerlendirerek, yerleşik Biodex Denge Sistemi (BBS) ile karşılaştırıldığında VR tabanlı denge egzersizlerinin etkinliğini araştırmıştır ([Ibrahim vd., 2016](#_bookmark28)). Bu çalışmaya 30 sağlıklı yetişkin alınmış ve rastgele ve eşit olarak 15'er kişilik iki deney grubuna atanmıştır. BBS kullanarak antrenman yapan bir Biodex Denge Grubu ve Nintendo ® Wii Fit Plus ve denge tahtasını kullanarak antrenman yapan bir sanal gerçeklikgrubuvardı. Kontrol grubu yoktu. Sonuçlara göre, sanal gerçeklik grubunun ortalama sıralaması daha yüksek olmasına rağmen, iki grup arasında denge gelişiminde önemli bir fark yoktu. Bununla birlikte, eğitim seansından sonra Biodex Denge Grubunda önemli ölçüde daha fazla yorgunluk algısı görülürken, sanal gerçeklik grubunda önemli ölçüde daha fazla keyif algısı ortaya çıkmıştır.

Condino ve meslektaşları, performansın gerçek zamanlı görsel ve işitsel geri bildirimi ile daha spesifik, yoğun ve eğlenceli bir terapi sunarak omuz hareket açıklığını (ROM) iyileştirmek için tasarlanan AR-oyun sistemini değerlendirmiştir ([Condino ve ark., 2019](#_bookmark17)). Bu gözlemsel çalışmaya beş fizyoterapist ve 20 sağlıklı gönüllü katılmış olup kontrol grubu bulunmamaktadır. Katılımcılar, AR rehabilitasyon oyununun motivasyonel bir değeri olduğu konusunda hemfikir olmuştur. Bununla birlikte, video oyunları, artırılmış gerçeklik ve Microsoft HoloLens ile farklı deneyim seviyelerine sahip katılımcılar arasında cevap verme eğilimlerindeki tüm maddeler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. Ayrıca sonuçlar, kullanıcıların eğitimden sonra kol-omuz yorgunluğu yaşadığını ortaya koymaktadır. Genel olarak, on makaleden yedisi, yaralanma terapi kullanıldığında bir iyileşme olduğunu göstermiştir. Reneker vd., 2020), ancak yalnızca iki makale geleneksel fizyoterapiye kıyasla önemli bir ek etki gösterebilmiştir (Gianola vd., 2020; Kiefer vd., 2017; Reneker vd., 2020).

**1.Tartışma**

Bu sistematik derleme, spor rehabilitasyonu ve yaralanmaların önlenmesinde XR destekli antrenmanın değerine ilişkin mevcut bilimsel kanıtları özetlemeyi amaçlamıştır. Bu derleme, XR destekli fizik tedaviye tabi tutulan sporcuların rehabilitasyonda propriyosepsiyon, denge, kas kuvveti, ağrı skorları ve biyomekanik hareket kalıpları açısından tatmin edici sonuçlar verdiğini belirten hipotezi kısmen doğrulamaktadır. Kontrol koşullarıyla karşılaştırıldığında, çalışma sonuçları çoğunlukla VR rehberliğinde sensorimotor eğitimin bir sonucu olarak propriyosepsiyonda iyileşmeler olduğunu ortaya koymuştur, ancak bugüne kadar yaralanma insidansı üzerinde önemli bir koruyucu etki tespit edilemediğinden, VR'nin yaralanmaları önlemede özel bir değeri olduğu henüz kanıtlanmamıştır ([Reneker ve ark., 2020](#_bookmark52)). Ayak bileği burkulması, ACL rekonstrüksiyonu ve total diz artroplastisi sonrası hastaların rehabilitasyon protokollerine VR uygulamalarının dahil edilmesinin ağrı, izometrik kas kuvveti, denge ve genel propriyosepsiyonda önemli iyileşmeler sağladığı kanıtlanırken [18, 42, 487], izokinetik kuvvet ve kinematikte herhangi bir farklılık tespit edilememiştir ([Baltaci vd., 2012](#_bookmark11); [Punt vd., 2017](#_bookmark46)). Rehabilitasyon ve ikincil önleme amaçlı VR destekli eğitimin de daha düşük algısal yorgunluk seviyeleri, iyileştirilmiş hasta deneyiminin yanı sıra fonksiyonel spora özgü görevler sırasında alt ekstremitede daha verimli, daha kalitatif ve daha spesifik olarak spora uyarlanmış kinematik profillerle sonuçlandığı tespit edilmiştir ([Gokeler ve ark., 2013](#_bookmark25); [Ibrahim ve ark., 2016](#_bookmark28); [Kiefer ve ark.,](#_bookmark31) [2017](#_bookmark31)). XR, (ikincil) önleme eğitim rejimindeki değerinin yanı sıra, alt ekstremite yaralanma riskinin belirlenmesi için tarama prosedürlerinde de uygulanmaya değer olduğunu kanıtlamaktadır. Yaralanmaların önlenmesinde XR uygulamasına ilişkin kanıtlar şu anda sınırlı olsa ve yalnızca risk değerlendirme tarama prosedürlerindeki değerini bildirmiş olsa da, ön sonuçlar XR koşullarının kullanımının lehinedir çünkü bu, alt ekstremite yaralanması riski yüksek sporcuları belirlemeyi amaçlayan tarama prosedürlerinin hassasiyetini artırıyor gibi görünmektedir ([DiCesare](#_bookmark18) [ve ark., 2020](#_bookmark18)).

Kümeler arasındaki temel farklar randomizasyon ile ilgilidir

ve hastaların ve değerlendiricilerin körleştirilmesi. Genel olarak bu durum, spor yaralanmalarının önlenmesi amacıyla potansiyel katma değerine ilişkin daha sınırlı kanıtlara kıyasla, sonuçlarda daha yüksek bir sonuç gücüne ve XR'nin rehabilitasyon amaçlı kullanımına ilişkin daha güçlü kanıtlara yol açmaktadır.

* 1. **XR kullanımının performans üzerindeki spesifik etkileri**

Bu sistematik derleme, XR'nin motor beceriler (propriyosepsiyon, denge ve güç) ve hareket kalitesi (biyomekanik) dahil olmak üzere performans üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu derlemenin sonuçları, kas-iskelet rehabilitasyonunda XR rehberliğindeki eğitimin propriyosepsiyon ve denge becerilerinin geliştirilmesi için katma değer sağlayabileceğini göstermiştir, ancak bu ön bulguları desteklemek için daha büyük ölçekli araştırmalara ihtiyaç vardır. Farklı (hasta) popülasyonlarında yapılan araştırmalar benzer sonuçlara yol açmıştır. Bu nedenle, ACLR hastalarının, Parkinson hastalarının ve inme hastalarının rehabilitasyonunda VR uygulaması diz propriyosepsiyonunun iyileşmesini kolaylaştırır. Denge ve yürüme kalitesi/performansı ([Feng ve ark.,](#_bookmark21) [2019](#_bookmark21)) ve hem statik hem de dinamik denge kontrolü ([Marks,2017](#_bookmark38)) üzerindeki etkilerini incelemektedir. Bununla birlikte, propriyosepsiyon ve denge becerileri üzerindeki etkileri bakımından yazarlar, XR'nin geleneksel fizik tedaviye ek olarak kullanıldığında fonksiyonel sonuçları iyileştirme kabiliyetine sahip olduğu sonucuna varmıştır. Şöyle ki rehabilitasyon propriposiyon denge ve vücut duruşunda iyileşme sağlamak için XR'nin izole kullanımına ilişkin şu anda hiçbir kanıt bulunmamaktadır.

Güç iyileştirmeleri için VR rehberliğinde eğitimin değeri ile ilgili olarak, bu inceleme sadece sınırlı kanıt toplayabilmiştir (sadece sağlıklı üniversite futbolcularında izometrik alt ekstremite gücündeki gelişmeler belgelenebilmiştir) ([Reneker ve ark., 2020](#_bookmark52)). Kas-iskelet sistemi dışı hasta popülasyonlarında sanal gerçeklik rehberliğinde eğitim ve rehabilitasyonun değerini araştıran diğer araştırmalar, sanal gerçekliğin serebral palsili çocuklarda ([Cho vd.,](#_bookmark15) [2016](#_bookmark15)), eksik omurilik yaralanması olan hastalarda ([Villiger vd.,](#_bookmark55) [2017](#_bookmark55)), Total Diz Protezi (TKR) ameliyatı geçiren hastalarda ([Hong](#_bookmark27) ve [Lee, 2019](#_bookmark27)) ve toplumda yaşayan yaşlılarda ([Lee vd., 2017](#_bookmark34)) (alt ekstremite) kas gücünde iyileşmeleri teşvik etme yeteneğine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu araştırma ortamlarında kontrol (geleneksel fizyoterapi) koşulları nadiren kullanıldığından ve bu da XR'nin ek etkilerini nesnelleştirmeyi imkansız kıldığından, bu bulgular dikkatle yorumlanmalıdır. Biyomekanik kaliteyle ilgili olarak, bu derlemenin sonuçları XR ile simüle edilen spora özgü antrenman bağlamlarının alt ekstremite biyomekaniğinde önemli gelişmeler sağladığını ve XR uygulamalarının ayrıca yaralanma riskinin belirlenmesi bağlamında biyomekanik/ki- nematik değerlendirme prosedürlerinde biyomekanik hataların tespitinin hassasiyetini ve doğruluğunu artırdığını gösteren ek bir değere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bunun nedeni, sporcunun dikkat odağını dışsallaştırarak gerçek atletik antrenman ve yarışma koşullarında olduğu gibi daha doğal ve sezgisel hareket etmesini sağlamasıdır. Bu sonuçlar, çoğunlukla sağlıklı bireylerde (gözlemsel ve temel araştırmalar) ([Bennour ve ark., 2018](#_bookmark13)), nörolojik bozukluğu olan hastalarda ([Oh ve ark., 2018](#_bookmark41)) ve inme hastalarında ([Oliva-Pascual-](#_bookmark42) [Vaca ve ark., 2016](#_bookmark42)) alt ekstremite kinematiğinin iyileştirilmesi için Genişletilmiş Gerçeklik kullanımının rolünü araştıran diğer literatür tarafından desteklenmektedir. Düşük metodolojik kalite ve küçük örneklem boyutları nedeniyle çok az bilimsel kanıta sahip olsa da, bu çalışmalar VR eğitiminin yürüyüş sırasında alt ekstremite sagital düzlem kinematiğini iyileştirebildiğini ([Bennour](#_bookmark13) [ve](#_bookmark42) [ark., 2018](#_bookmark13)), inme hastalarında yürüyüş hızını ve hareket doğruluğunu iyileştirme kapasitesine sahip olduğunu ([Oliva-](#_bookmark42) [Pascual- Vaca ve ark., 2016](#_bookmark42)) ve nörolojik bozukluğu olan hastalarda yürüyüş ve dönüş kapasitesinin değerlendirilmesi ve eğitiminde değerli olabileceğini göstermiştir ([Oh](#_bookmark41) ve ark., 2018).

* 1. **XR'nin ağrı algısı üzerindeki spesifik etkileri**

Bu derlemede, yalnızca bir çalışma VR uygulamasının ayak bileği burkulmasından sonra rehabilitasyon sırasında ağrı sonuçları üzerindeki etkilerini değerlendirmiş ve VR'nin ağrının giderilmesi açısından herhangi bir ek etkisi olmadığını bildirmiştir ([Punt ve ark., 2015](#_bookmark47)). Phelan ve arkadaşlarının diğer bir çalışması, yanık ağrısının tedavisinde farmakolojik tedaviye ek olarak sanal gerçeklik kullanımının etkilerini değerlendirmiş ve aktif sanal gerçeklik senaryolarının (örneğin, koyunları engellerden geçirip gütmek ve çeşitli geri bildirimlerle basketbol atışları yapmak) öznel ağrı farkındalığını azalttığını, hastaların da tedavinin etkinliğini iyi olarak algıladıklarını ortaya koymuştur ([Phelan vd., 2018](#_bookmark44)). Arane ve meslektaşlarının bir başka çalışması da sürükleyici VR ile etkileşimin hastanın dikkatini başka yöne çekerek gelen ağrı sinyallerine daha yavaş yanıt verilmesine yol açabileceği sonucuna varmıştır. Bu ağrı azaltıcı etkilerin arkasındaki mantık, çoğunlukla hastaların sınırlı dikkat kapasitesiyle ilgili olabilir ([Arane, Behboudi](#_bookmark9) ve [Goldman, 2017](#_bookmark9)). VR uygulaması dikkati dağıtır ve eğlendirir, hastanın odağının sistematik olarak sanal nesnelere kaymasını sağlayarak ağrının arabuluculuğuna (yönetimine) izin verir ([Ahmadpour ve ark., 2019](#_bookmark8)). Pourmand ve meslektaşları, yaptıkları incelemeye dayanarak, VR kullanımının hem akut hem de kronik ağrıda kısa süreli ağrı kesici olarak etkili olduğu sonuca varılmıştır.

Hastaların sanal senaryo ile etkileşime girdiği sürükleyici ortamlar en etkili görünmektedir (Pourmand ve ark., 2018). Sonuç olarak, XR dikkati ağrıdan uzaklaştırarak hastaların kendilerini daha iyi hissetmelerine ve bu tedavi yöntemini 'zorunlu tedavi' seansından ziyade eğlence olarak görmelerine neden olabilir. Bu durumun kas-iskelet sistemi rehabilitasyon koşullarında araştırılması gerekmektedir çünkü bu alanda, ağrının azaltılması amacıyla XR'nin değerine ilişkin kanıtlar şu anda mevcut değildir.

* 1. **Yaralanmaların önlenmesinde XR'ın faydaları**

Spor yaralanmalarının önlenmesindeki uygulama olasılığı ile ilgili olarak, bu derleme, XR'nin XR rehberliğindeki önleme programlarının eğitim sonuçları üzerinde yararlı bir etkiye sahip olmasının yanı sıra, sporcuyu kendi hareket kalıplarından ziyade (iç odaklanma) dış spor bağlamına özgü uyaranlara odaklanmaya zorlayan doğal, gerçekçi ve maksimum spora özgü bir eğitim ve test ortamı sağlaması nedeniyle daha geçerli yaralanma riski belirleme taramasına izin vermesinin muhtemel olduğu sonucuna varmıştır. Reneker ve arkadaşları tarafından 2019 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, VR rehberliğinde sensorimotor antrenman sonrasında yaralanma oranında toplam %27'lik bir azalma gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, sensörimotor kontrolün klinik ölçümlerinde bir iyileşme olduğunu ve potansiyel olarak sporla ilgili sarsıntı yaralanmaları riskini azalttığını göstermektedir ([Reneker ve ark., 2019](#_bookmark51)). Spor yaralanmalarının önlenmesinde XR uygulamasına ilişkin kanıtlar, mevcut araştırmalardaki azlık nedeniyle sınırlı kalsa da, diğer çalışmalar yaşlılarda düşmenin önlenmesindeki katma değerini de ortaya koymuştur. Düşmeler yaşlı insanlarda yaralanmaların ana nedenidir. Bu nedenle Stanmore ve arkadaşları, düşme ve buna bağlı yaralanma riskini azaltmak için olası bir yaklaşım olarak exergaming'in (oyunlaştırılmış video tabanlı egzersizler) etkinliğini araştırmıştır. Bu, her ikisi de 55 yaş üstü yetişkinlerden oluşan ve destekli yaşam tesislerinde kalan gruplar arasındaki düşme insidansını karşılaştırarak yapılmıştır. Düşme insidansının exergame grubunda önemli ölçüde daha düşük olduğu görülmüş ve yazarlar bu VR yaklaşımının düşme (yaralanma) önleme amacına hizmet etmek için etkili olduğu sonucuna varmıştır. Wii fit™ kullanan VR rehberli eğitim yaklaşımları, geleneksel eğitim yaklaşımlarına kıyasla düşme sayısını daha yüksek oranda azaltabildiğinden, bu durum başkaları tarafından da doğrulanmıştır ([Fu ve ark, 2015](#_bookmark22)).

XR, önleme eğitimi ve taraması için umut verici görünüyor

Geleneksel eğitim ve klinik değerlendirme prosedürlerine kıyasla günlük ve spora özgü bağlamlarla daha fazla uyumluluk sağladığından amaçlar.

* 1. **Güçlü yönler ve sınırlamalar**

Çoğu sistematik derlemede olduğu gibi, bu çalışma da az sayıda olan mevcut literatürle sınırlandırılmıştır. Araştırma sorusu özellikle sporcularda ve sağlıklı bireylerde kas-iskelet sistemi yaralanmalarının önlenmesi ve rehabilitasyonuna odaklandığı için bu derleme yalnızca 10 çalışmadan oluşmuştur. Bu durum, (1) sporda en sık görülen belirli durumlardan (ayak bileği burkulması, TKA ve ACLR) rehabilite olan ve (2) XR uygulamasından büyük olasılıkla fayda sağlayan sporcuların/hastaların (bu eğitim yaklaşımı öncelikle pro- prioception, denge, hareket kalitesi ve etkinliği ile kuvvetin fonksiyonel gelişimine odaklandığından) sınırlandırılmış bir şekilde dahil edilmesiyle sonuçlanmıştır. İkinci bir kısıtlama, dahil edilen makalelerin benimsenen egzersiz protokolleri, dahil edilen spor/sporcu türleri ve seçilen sonuç ölçütleri açısından oldukça değişken olmasıdır; bu da dahil edilen çalışmaların doğrudan karşılaştırılmasını engellemiş ve mevcut kanıtları desteklemek için belirli sonuçlara ulaşmayı zorlaştırmıştır. Bununla birlikte, bu çalışma, yaralanma rehabilitasyonu ve önlenmesinde XR kullanımının değerine ilişkin mevcut kanıtlara genel bir bakış sağlamaya çalışan ilk sistematik derlemedir. Dikkate alındığında 1diğ)erXlerRi. 'nin antrenman ve spor hekimliği alanında giderek daha popüler hale gelmesi, 2) XR rehberliğindeki antrenman protokollerinin çekiciliği ve 3) sporcunun/hastanın rehabilitasyon veya önleme programlarına verdiği yanıtın büyük ölçüde bağlılığa bağlı olduğu gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, bu derleme, XR'nin yaralanma önleme ve rehabilitasyonda kullanımına ilişkin gelecekteki araştırmaların yürütülmesini teşvik etmeye yönelik bir ilk adım olabilir. Bunu yapmaya çalışırken, araştırmacılar yeterli metodolojik kalite standartlarını hedeflemeli ve sonuç ölçümlerinin seçimi konusunda tekdüzelik uygulamalıdır.

**5. Sonuç**

Bildiğimiz kadarıyla bu, XR'nin kas-iskelet rehabilitasyonu ve yaralanmaların önlenmesinde klinik sonuçları ve antrenman tepkilerini iyileştirme potansiyelini tartışan ilk sistematik incelemedir. Nispeten az sayıda çalışma olması nedeniyle, genel değeri ve spesifik uygulama olanakları konusunda kesin bir fikir birliğine varmak mümkün olmamıştır. Yaralanmaların önlenmesindeki potansiyeli ile ilgili olarak, dahil edilen çalışmaların düşük ila orta metodolojik kalitesi nedeniyle şu anda geçerli bir kılavuz veya pratik tavsiye hazırlanamamaktadır ve bu da sonucun gücünü etkilemektedir. Bununla birlikte, XR'nin kas-iskelet rehabilitasyonunda kullanımına ilişkin daha fazla kanıt bulunmaktadır, çünkü geleneksel fizyoterapiye ek olarak uygulanmasına ilişkin ek değeri orta ila yüksek kalite düzeyinde kanıtlara sunulmuştur. Bununla birlikte, XR destekli tedavinin hem yaralanmaların önlenmesinde hem de rehabilitasyonda geleneksel tedaviden üstün olup olmadığını belirlemek için daha geniş ölçekli prospektif araştırmalara ihtiyaç vardır.