

DEDE KORKUT

Spor Bilimleri Dergisi



e-ISSN: 3023-4638

Cilt 2, Sayı 2, Aralık 2024
Volume 2, Issue 2 ,December 2024

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dksbd>

@DKSBD

DEDE KORKUT

Spor Bilimleri Dergisi



Cilt 2, Sayı 2, Aralık, 2024

Volume 2, Issue,2 November, 2024

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dksbd>

@DKSBD



Dergi Kurulları

Sahibi / Owner

Dr. Mutlu TÜRKMEN

Bayburt Üniversitesi Rektörü

Editör / Editor

Dr. Murat KUL

Bayburt Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

Yardımcı Editör / Assistant Editor

Dr. Erkan Yarımkaaya, Dr. Zekai ÇAKIR

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

Dr. Mehmet Ali Ceyhan

Dr. Sinem SON

Teknik Koordinatörlük

Arş. Gör. Talha SERT

Ömer KOÇYIĞIT

İletişim Koordinatörlüğü

Öğr. Gör. Ömer Faruk AKSOY

Dergi Kurulu

Murat KUL, muratkul@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Zekai ÇAKIR, zekaicakir@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Yunus Emre Çingöz, yunusemrecingoz@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

İsmail Karataş, ismailkaratas@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Yayın veya Danışma Kurulu

Zekai Çakır, zekaicakir@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

İsmail Karataş, ismailkaratas@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Mevlüt Gönen, mevlutgonen@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Ferhat Güder, fguder@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Ali Ozan Erkılıç, ozanerkilic@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Yunus Emre Cingöz, yunusemrecingoz@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi

Mehmet Ali Ceyhan mehmetaliceyhan@bayburt.edu.tr, Bayburt Üniversitesi



İÇİNDEKİLER

1. Kuvvet Antrenmanlarına Hız Temelli Yaklaşım: Geleneksel Derleme (Velocity- Based Approach to Strength Training: A Traditional Review)

Eda BAYTAŞ, Mesut TÜKENMEZ, *Ezgi AYAZ

1-12

2. Digital Transformation in Football: The Role of Artificial Intelligence and Metaverse

Futbolda Dijital Dönüşüm: Yapay Zekâ ve Metaverse'ün Rolü)

Muhammet Emin DERTLİ, , Şükran DERTLİ*

13-32

3. Müdahale Yaklaşımı: Kinetik Zincir Egzersizleri

(Intervention Approach: Kinetic Chain Exercises)

*Ayşen CANAN PAKELOĞ LU, , Kılıçhan BAYAR

33-46

4. Yapay Zeka ve Drone Teknolojileri İle Spor Etkinlikleri Gözlem ve Analizde Güncel Yaklaşımlar (Current Approaches in the Observation and Analysis of Sports Events with Artificial Intelligence and Drone Technologies)

Mikail ULUCA, , *Kader YEL, , Sema GÜZEL, Zekai ÇAKIR

47-70

Kuvvet Antrenmanlarına Hız Temelli Yaklaşım: Geleneksel Derleme

Velocity- Based Approach to Strength Training: A Traditional Review

¹Eda BAYTAŞ, ²Mesut TÜKENMEZ, ^{3*}Ezgi AYAZ

¹İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye.

²Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

³İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, İstanbul, Türkiye.

* Corresponding author / Sorumlu Yazar: Ezgi AYAZ , E-posta: ezgi.ayaz@nisantasi.edu.tr

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderi Tarihi / Received :25.11.2024

Kabul Tarihi / Accepted :16.12.2024

Online Yayın Tarihi / Published : 31.12.2024

Özet

Hız temelli kuvvet antrenmanları, kuvvet kondisyonerleri tarafından sporcuların kuvvet yüklerini anlık olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Geleneksel kuvvet antrenmanlarında karşılaşılan başlıca problemler, sporcuların günlük 1 TM (bir tekrar maksimum) kuvvetlerinin değişkenlik göstermesi ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte klasik antrenman yöntemlerinin geçerliliğinin azalmasıdır. Bu durum, araştırmacıları farklı yeni metotlar geliştirmeye yöneltmiştir. Geleneksel kuvvet antrenmanlarında uygulanan yüklerin, sporcuların günlük 1 TM kuvvetindeki dalgalanmalar nedeniyle, alternatif bir yöntem olarak hız temelli kuvvet antrenmanı (HTKA) geliştirilmiştir. HTKA, direnç antrenmanlarında veri olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu derleme, hız temelli yaklaşımların nöromüsküler ve fizyolojik yanıtlarını incelemek; avantajlı ve dezavantajlı yönlerini ele alarak hız temelli antrenman sistemlerini kılavuz niteliğinde sunmayı amaçlamıştır. Hareket hızının izlenmesi için kullanılan sistemler, günümüzde yük takibi yerine hız temelli yaklaşımı ön plana çıkarmaktadır. Kullanılan sistemlerin özellikleri, avantajları ve dezavantajları detaylı bir şekilde ele alınmıştır

Anahtar Kelimeler: Kuvvet antrenmanı, hız temelli antrenman, hız temelli performans analizi, antrenman optimizasyonu

Abstract

Velocity-based strength training (VBT) is used by strength conditioners to assess athletes' strength loads instantaneously. The main problems encountered in traditional strength training are the variability of athletes' daily 1 TM (one repetition maximum) strength and the decreasing validity of classical training methods with the development of technology. This situation has led researchers to develop different new methods. Due to the fluctuations in the daily 1 TM strength of athletes caused by the loads applied in traditional strength training, VBT has been developed as an alternative method. VBT allows it to be used as data in resistance training. This review aimed to examine the neuromuscular and, physiological responses of speed-based approaches and, to present velocity-based training systems as a guideline by addressing their advantages and disadvantages. The systems used to monitor movement speed nowadays emphasize the velocity-based approach instead of load monitoring. The features, advantages, and, disadvantages of the systems used are discussed in detail..

Keywords: Strength training, velocity-based training, velocity-based performance analysis, training optimization.

GİRİŞ

Kuvvet antrenmanları hız (Rønnestad ve diğerleri, 2008), çeviklik (Spiteri ve diğerleri, 2013), patlayıcı güç (Andersen ve diğerleri, 2010) ve motor beceriler (Suchomel, Nimphius, Stone, 2016) dahil olmak üzere atletik performansı geliştirilmesinde oldukça önemlidir. Kuvvet özelliği sporda başarı için kritik bir faktördür ve kuvvet seviyesi yüksek sporcuların daha başarılı olduğu görülmektedir (Zhang ve diğerleri, 2022; Aydos, Pepe ve Karakuş, 2004).

Kuvvet antrenmanları, kas boyutunda, kuvvetinde ve gücünde önemli artışlara yol açan etkili bir uyarıcı olarak kabul edilmekle beraber, kuvvet antrenman programlarının etkinliğinin artırılmasında yoğunluk, yük, tekrar sayıları, set sayıları, egzersiz türü, egzersiz sırası ve setler arası dinlenme süreleri gibi çeşitli akut antrenman yükü değişkenleri dikkate alınmaktadır. Bu unsurların doğru bir şekilde bir araya

getirilmesi, sporcuların kuvvet ve performans gelişimini optimize etmek için kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla, kuvvet antrenman programlarının bilimsel temellere dayanarak yapılandırılması, sporcuların hedeflerine ulaşmalarında belirleyici bir rol oynamaktadır (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010).

Geleneksel kuvvet antrenmanı planlamalarında genellikle bir tekrar maksimuma denk gelen yüklerle göre antrenman tasarlanmaktadır (Mann, Ivey ve Sayers, 2015). Sporcuların antrenman durumu, performansları, biyolojik faktörler, yorgunluk, beslenme programı ve uyku gibi çok sayıda faktör 1 TM'de %36'ya kadar dalgalanmalara neden olabilmektedir (Orser ve diğerleri, 2020).

González-Badillo ve Sánchez-Medina (2010) çalışmalarında rölatif yük ile hız arasında yüksek ilişki tespit ederek, 1 TM testi yapılmadan bir ağırlığın kaldırış hızına bağlı olarak 1 TM'nin % kaçına denk gelebileceği hesaplayarak hız temelli kuvvet çalışmalarının hız kazanmasına öncülük etmiştir.

Hız Temelli Antrenman (HTA)

Hız temelli antrenman (HTA), İngilizcesi Velocity Based Training (VBT) olarak ifade edilen antrenör ve/veya sporcuları bilgilendirmek ve kuvveti geliştirmek için hızı baz alarak kullanılan bir yöntem olarak ifade edilmektedir (Weakley ve diğerleri, 2021b).

Maksimum kuvvet, istemli kasılma sonucu kas-sinir sisteminin ortaya çıkardığı en büyük kuvvettir (Bompa, 2007). Bu nedenle, sporcuların bir defada üretebildikleri kuvvete 1 tekrar maksimum (1 TM) denir. Geleneksel kuvvet antrenmanları, 1 TM'nin belirlenmesi ve belirlenen yük üzerinden hesaplanan şiddet ve kapsamların tekrar sayıları ile entegre edilmesiyle sürdürülürken (Mann ve diğerleri, 2015), hız temelli antrenmanlar (HTA), kuvvetin geliştirilmesinde kullanılan bir antrenman yöntemidir.

HTA'ları sporcuların hangi hızlarda antrenman yapılması gerektiğini belirleyen ve her tekrar sonucu eş zamanlı olarak anlık geri bildirim verilmesi ile fiziksel özellikler ve günlük performans değişimlerini gösteren kuvvet antrenman yöntemidir (Mann, ve diğerleri, 2015). Bu yöntem ayrıca kuvvet antrenmanlarında hız kaybı eşiklerinin gözlemlenmesine olanak sağlamaktadır (Padulo ve diğerleri, 2012). Yapılan egzersizin hareket hızını takip etmek için bazı teknolojik cihazlar kullanılır (Atabaş, 2022). Hız temelli antrenmanlar, kuvvet antrenmanlarının tüm bölümlerine uygulanmaktadır ve set sayısı, tekrar sayısı, gibi kuvvet antrenman değişkenlerini desteklemektedir (Weakley ve diğerleri, 2020). HTKA, modelinden, anlık geri bildirim alınabilmesi sporcuların günlük performanslarının izlenerek ve sporcuların gelişimleri takip edilmesini kolaylaştırmaktadır (McBurnie ve diğerleri, 2019). HTKA modeliyle sporcuların sakatlanma riski minimuma indirgenir ve sporcuların yorgunluk düzeyi ve motivasyonları hakkında da anlık bildirim alınmaktadır (Sanchez-Medina ve González-Badillo, 2011). Farklı kuvvet antrenmanlarının yazım ve uygulamalarındaki değişimler ve teknolojinin antrenman bilimlerinde kuvvet üzerine olan etkisi ve yenilikleri düşünüldüğünde sistemin sürdürülebilmesi ve minimum hata maksimum verim üzerinden kurgulanabilmesi, antrenman bilimlerinin önemle üzerinde durduğu ve incelediği konular arasında yer almaktadır. Genel olarak hız temelli kuvvet antrenmanı, sportif performansın geliştirilmesinde, temel kuvvet egzersizlerinin tekrar döngüsünde konsantrik fazda, hız takibini esas alarak egzersiz şiddetini düzeyini belirlenmesini hedeflemektedir (Çetin ve diğerleri, 2022).

Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarının Fizyolojik ve Nöromüsküler Yanıtları

Hız temelli kuvvet antrenmanı (HTKA) uygulamaları sırasında, kasların enerji üretiminde hem anaerobik hem de aerobik sistemlerin etkinliği belirgin şekilde artmaktadır. HTKA, kas liflerinin daha etkili bir şekilde aktive edilmesine olanak tanıyarak enerji üretimini optimize eder (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Lahti ve diğerleri (2020), hız temelli antrenmanların tip-2a lif tipinde hızlı liflere doğru kayma olabileceğini ve sporcuların patlayıcı güçlerini artırdığını gözlemlemiştir.

Değişen yoğunluktaki egzersizler sırasında, mekanik stres, metabolik zorlanma ve uzun süreli, yoğun kas eforu gibi birden fazla faktör nedeniyle kas hasarı oluşmaktadır. Kas hasarı sırasında sarkomer, sitoskeletal elemanlar ve sarkolemma bozulur (Kim ve Lee, 2015). Kreatin kinaz veya miyogloblin gibi enzimlerin konsantrasyonlarının artması sonucunda kas hasarı oluşur (Clarkson ve Hubal, 2002; Peake ve diğerleri, 2005). Yoğun egzersizi takiben toplam kreatin kinaz değerindeki artış, sarkomer ve Z-disk seviyelerindeki iskelet kası yapılarına verilen hasar nedeniyle meydana gelir (Clarkson ve Hubal, 2002; Devaney ve diğerleri, 2007; Hubal ve diğerleri, 2010). Hız temelli kuvvet antrenmanı, kas hasarını artıran mekanizmaları harekete geçirir. Mekanik stres, metabolik zorlanma ve yoğun kas eforu, kas yapılarında hasara yol açarak kreatin kinaz ve miyogloblin gibi enzimlerin seviyelerini yükseltir. Bu durum, antrenman sonrası iyileşme süreçlerinin yönetilmesi açısından önemlidir. Antrenman programlarının bu faktörler göz önünde bulundurularak dizayn edilmesi hem performans artışı hem de yaralanma riskinin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir.

Bununla birlikte, HTKA uygulamaları yoğun egzersiz esnasında laktat seviyelerinin artışına yol açabilir; bu durum, kasların yüksek yoğunluklu antrenmanlara karşı gösterdiği adaptif tepkileri yansıtmaktadır (Gonzalez-Badillo ve Yanez-Garcia, 2017). Bu nedenle, HTKA'nın enerji metabolizması üzerindeki etkileri, sporcuların performansını artırmak ve antrenman programlarını optimize etmek açısından oldukça önemlidir.

Hız temelli kuvvet antrenmanın nöromüsküler yanıtları da dikkate değerdir. HTKA uygulamaları, kas liflerinin daha etkili bir şekilde aktive olmasını sağlayarak, antrenman sırasında sinir sisteminin yanıtını optimize edebilmektedir. Bu durum, kasların daha fazla kuvvet üretmesini ve daha yüksek sıçrama performansları sergilemesini mümkün kılar. Rossi ve ark. (2024), HTKA'nın uygulandığı grupta, geleneksel yüzde tabanlı antrenman yöntemlerine kıyasla daha belirgin gelişmeler gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, kas hasarı göstergeleri açısından gruplar arasında önemli bir fark bulunmaması, HTKA'nın kas hasarını minimize ederek daha etkili bir antrenman yöntemi sunduğunu göstermektedir. Genel olarak, HTKA'nın nöromüsküler yanıtları geliştirme potansiyeli, güç ve kondisyon uzmanlarının bu yöntemi uygulamalarında dikkate almaları gereken önemli bir faktördür.

HTKA yanıtları incelendiğinde, bu antrenmanın kas liflerinin daha etkili bir şekilde aktive edilmesini sağladığı görülmektedir. Motor ünitelerin daha fazla sayıda ve daha yüksek bir hızda aktive olmasına yol açar (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Ayrıca, HTKA'nın hem kronik hem de akut etkileri mevcut olduğu gözlemlenmektedir.

Akut yanıtlar açısından, hız kaybının azalması durumunda metabolik tepkilerde, antrenman kapsamında, algılanan zorluk düzeyinde ve nöromüsküler tükenme seviyelerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Ancak, hız kaybının artması halinde bu yanıtların daha fazla arttığı saptanmıştır. Kronik adaptasyonlar değerlendirildiğinde, yüksek hızlarda kas hacminde sınırlı değişiklikler meydana gelirken, Tip II miyozin ağır zincirlerinde bir artış ve Tip I miyozin ağır zincirlerinde bir azalma görülmektedir. Bu durum, kas dayanıklılığında daha az gelişim ile güçte belirgin bir artışa yol açmaktadır. Diğer yandan, daha düşük hızlarda kas hacminde daha belirgin değişimler yaşanmakta; Tip II miyozin ağır zincirlerinde bir azalma, Tip I miyozin ağır zincirlerinde ise bir artış meydana gelmektedir. Bu bağlamda, kas dayanıklılığında daha fazla gelişim sağlanırken, güçte daha az bir artış gözlemlenmektedir (Weakley ve diğerleri, 2020).

Ayrıca, HTKA sinir sisteminin kaslara olan iletişimini geliştirerek kasların daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt vermesini sağlar; bu durum, sinir iletim hızındaki artışla birlikte sporcuların performansını artırır (Aagaard, 2003). HTKA, kas gücünü ve patlayıcılığı artırmaya yönelik etkili bir yöntemdir; yüksek hızda yapılan egzersizler, kasların güç üretme kapasitesini artırarak genel atletik performansı iyileştirir (Cormie, McGuigan ve Newton, 2010). Bunun yanı sıra, hız temelli antrenman motor kontrolün geliştirilmesine yardımcı olur, böylece sporcular hareketlerini daha iyi koordine edebilir ve

yaralanma riskini azaltabilir (Behm ve Sale, 1993). Son olarak, HTKA, nöromüsküler sistemin yeniden kayıt ve adaptasyon süreçlerini hızlandırarak sporcuların antrenman sonrası iyileşme süreçlerini optimize eder (Maffiuletti, 2010).

HTKA'nın hem akut hem de kronik fizyolojik etkileri gözlemlenmektedir. Uygulamalar sırasında kalp atış hızında belirgin bir artış meydana gelir. Bu durum, egzersiz yoğunluğunun artmasıyla birlikte kardiyovasküler sistemin vücuda daha fazla oksijen ve besin maddesi sağlamak amacıyla kalp debisini artırma gerekliliğini ortaya koyar. Dolayısıyla, kalp atış hızındaki bu artış, antrenmanın fizyolojik yükünü ve etkisini değerlendirmede önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Benzer şekilde, egzersiz sırasında solunum hızı da belirgin bir şekilde artar; bu artış, vücudun artan oksijen ihtiyacını karşılamak içindir. Böylece, solunum hızındaki bu yükseliş, fiziksel aktivitenin yoğunluğuna bağlı olarak metabolizmanın ve kardiyopulmoner sistemin etkinliğini değerlendirmek için önemli bir gösterge haline gelir (Buchheit ve Laursen, 2013).

HTKA uygulamaları sırasında vücut ısısında da artış gözlemlenir. Bu durum, kas aktiviteleri sırasında ısının birikmesi ve metabolik süreçlerin hızlanmasıyla ilişkilidir (Gonzalez-Badillo ve Yanez-Garcia, 2017). Ayrıca, egzersiz sırasında kan basıncında değişiklikler meydana gelir; özellikle sistolik kan basıncının artması beklenir. Bu, kalbin daha fazla kan pompalaması ve kasların daha fazla oksijen alması gerektiği anlamına gelir (McArdle, Katch ve Katch, 2010). Son olarak, HTKA uygulamaları sırasında kas hasarının göstergesi olan kreatin kinaz seviyeleri izlenebilir. Bu biyomarkerler, antrenmanın kas üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Häkkinen ve Komi, 1986).

Hız Temelli Kuvvet Antrenman Planlanması

Geleneksel kuvvet antrenmanları, sporcuların önceden belirledikleri tekrar sayılarına ulaşana kadar belirlenen yüklerde art arda tekrarlar yapmasını gerektirmektedir (Suchomel ve diğerleri, 2016). Geleneksel olarak uygulanan kuvvet antrenmanlarındaki yüklerin sporcularda günlük 1 tekrar maksimum kuvvetinin değişkenlik gösterdiği için alternatif olarak hız temelli kuvvet antrenmanı geliştirildiği ve direnç antrenmanlarında veri olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır (Mann ve diğerleri, 2015). Kuvvet ve kondisyon antrenmanlarında hız temelli kuvvet antrenmanları aracılığıyla farklı antrenman yöntemlerini anlamak, etkili antrenman programları geliştirmek açısından büyük bir öneme sahiptir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Hız temelli kuvvet antrenmanlarının tasarımında dikkate alınması gereken birkaç kritik değişken bulunmaktadır. Bu değişkenler, optimal (yük belirleme), bireysel hız-yük profili oluşturma ve hız kaybının belirlenmesi gibi unsurları içermektedir. Bu unsurlar, antrenman programının etkinliğini artırmak ve sporcuların performansını optimize etmek amacıyla titizlikle değerlendirilmelidir.

Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarında Hız Değişkenleri ve Bölgeleri

Hız yük ilişkisini belirleyen, en sık kullanılan ölçümler; zirve hız (peak velocity), ortalama hız (mean velocity), (Perez-Castilla ve diğerleri, 2017; Tomasevicz vd, 2020) ve ortalama itici hız (mean velocity propulsive)'dir (Sanchez-Medina, Perez ve Gonzalez-Badillo, 2010). Ortalama hız ile ortalama itici hız arasındaki temel fark, ortalama hızın hareketin frenleme aşamasını hesaba katmamasıdır (Weakley ve diğerleri, 2021b). Ortalama hız, egzersizin tüm konsantrik dönemdeki ortalama hızı ifade ederken, zirve hız bu dönem içinde ulaşılan en yüksek hızı belirtir. Ortalama itici hız ise, ivmenin yer çekimine bağlı ivmeden daha fazla olduğu konsantrik fazın yavaşlama dönemini tanımlar ve bu durum sporcunun nöromüsküler yeteneğinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilir (Dahlin, 2018).

Ortalama hız ve zirve hız ise hem test hem de eğitim amaçları için güç ve kondisyon uygulayıcılarına daha değerli bilgiler sağlamaktadır (Weakley ve diğerleri, 2021b). Dahlin (2018), temel kuvvet egzersizlerinde ortalama hızın kullanılmasını, güç temelli olimpik kaldırmalarda ise zirve hızın

kullanılmasını önermektedir. Kuvvet antrenmanlarında hız değişkenleri veya hız alanları her tekrar için belirlenebilmektedir. Hızı ölçmek, rekabetçiliği ve motivasyonu artırmak için etkili bir yöntemdir (Jovanović ve Flanagan, 2014).

Hız Temelli Kuvvet Antrenmanında Günlük 1 TM Belirleme

HTKA cihazı, giderek artan yoğunluklardaki hızları ölçerek maksimum kaldırma 1 TM tahmini yapabilir. Örneğin, %50 ve %80 yüklerdeki hız ölçülür ve ardından doğrusal regresyon kullanılarak tahmini 1 TM hesaplanır. Daha doğru bir hesaplama için bir egzersizin terminal hızını bilmek önerilir. Terminal hız, kaldırışı başarısız olmadan önce ölçülebilen minimum hızdır. Ancak, yapılan çalışmada (Bazuelo-Ruiz ve diğerleri, 2015), hem 2 hem de 4 noktalı denklemler kullanıldığında, tahmin edilen ve gerçek 1 TM değerleri arasında her iki egzersizde de önemli farklar olduğu bulunmuştur.

Yük ve Hız İlişkisi

Bireyin en fazla güç ürettiği yük olarak tanımlanan maksimum yükü belirlemek, yük-hız profili analiziyle mümkündür (Dahlin, 2018). Bireysel yük-hız profili; yaş, cinsiyet, sporcuların antrenman durumlarına ve sporcuların antropometrik özelliklere bağlı olarak farklı efor seviyelerini gösterebilir. Bu yüzden her sporcu için ayrı yük-hız profilleri oluşturmak çok önemlidir (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021). Sporcuların güç çıktısını en etkili şekilde artırabilmesi için mümkün olan en yüksek dirençle antrenman yapmaları gerekmektedir. Teorik olarak, maksimum yükler, yüksek güç çıkışları elde etmek için ideal bir kuvvet ve hız kombinasyonu sunar (Dahlin, 2018). Özellikle hıza yönelik adaptasyonlarla ilgilenen ve yalnızca maksimum güç geliştirmeye odaklanmayan antrenörler için bu durum son derece önemlidir.

Geleneksel kuvvet antrenmanlarında mutlak yük, set, tekrar sayısı yerine egzersiz programlarında HTKA kullanılması, hem set hem de setler için antrenman hacmi ve yükünü otomatik olarak düzenlemeye, yorgunluk seviyelerinin belirlenmesine, günlük antrenman hazırlıklarının hesaplanmasına ve kişisel antrenman programına olanak sağlarken, sporcular arasında hem hız hem de güç çıktılarında yüksek oranda tutarlılık sağlamaktadır (Randell ve diğerleri, 2011). Bu yüzden, yüklerin doğru bir şekilde ayarlanması için, yük-hız ilişkisinin düzenli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Weakley ve diğerleri, 2020).

Yük- Hız profili, antrenman seansları sırasında hızın ölçülmesi, antrenman programlarının etkinliğini ve sporcunun antrenman seviyesini değerlendirmeye yardımcı olacak 1 TM değerlerinin belirlenmesinde faydalı olmaktadır (Jovanovic ve Flanagan, 2014). HTKA programları, geleneksel kuvvet antrenman yöntemlerine göre, set sayılarında ve tekrar sayılarında esneklik tanıyarak, sporcuların fizyolojik özelliklerindeki farklılıkları azaltmaktadır (Weakley ve diğerleri, 2017).

Maksimal kuvvetin yüzdesi ile ilişkili olan hız, antrenman süresince tutarlı bir şekilde gözlemlenmektedir. Ancak, %1 TM'ye karşılık gelen hız, yorgunluk veya kısa süreli güç antrenmanları sonrasında değişebilmekte ve bu durum hız kaybına yol açabilmektedir (Weakley ve diğerleri 2021a). Bireysel olarak yük- hız profilleri hesaplandığında her 1 TM kuvvet yüzdesindeki hız sabittir. Bu nedenle sabit bir yük ile uygulama hızı, efor ve gerçek performansın iyi bir göstergesidir (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021).

HTKA modellerinde kuvvette dayanıklılık için başlangıç seviye antrenmanlar, %30 hız kaybı eşiği, ilerleyen aşamalarda gelişen vücut kompozisyonu ile birlikte bu yüzde kayıplar azaltılarak kullanılması önerilmektedir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Hızdaki azalmalar, yorgunluk, aşırı antrenman veya antrenmansızlık gibi durumların göstergesi olabilir. Diğer yandan, daha yüksek hızlar, nöromüsküler kapasitedeki iyileşmeleri veya akut potansiyel artışlarını işaret edebilir (Cunanan ve diğerleri, 2018). Sporcuların hız temelli antrenman verileri yorumlanırken sporcuların anlık kondisyon ve yorgunluk durumlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

Hız Kaybı Eşikleri

Hız kaybı eşikleri, antrenmanın ilk tekrarında belirlenen ve antrenman sırasında ulaşılabilen maksimum hızların tespit edilmesiyle elde edilmektedir. Bu süreç, antrenörler ve sporcular için antrenmanın ne zaman sonlandırılması gerektiğine dair karar verme konusunda yardımcı olmaktadır (Padulo ve diğerleri, 2012). Kuvvet antrenmanı sırasında hız kaybı eşikleri uygulandığında, tekrarlar sırasında önceden tanımlanmış ortalama hıza düşüldüğünde egzersiz sonlandırılmaktadır. Örneğin, başlangıç tekrar hızı 0,70 m/s olan bir egzersizde %10'luk bir hız kaybı eşiği uygulanırsa, bar hızı 0,63 m/s'ye ulaştığında set sonlandırılmaktadır (Weakley ve diğerleri, 2020).

Hız kaybı eşikleri üzerine yapılan araştırmalarda, farklı yüzdelerdeki hız kaybı eşiklerinin (%0, %10, %15, %20, %30 ve %40) etkileri incelenmiştir (González-Badillo ve diğerleri, 2017; Weakley ve diğerleri, 2020). Bu çalışmalarda, sporcuların bireysel hazır durumlarına (antrenman geçmişi, antrenman durumu ve farklı kasların dayanıklılık seviyeleri) bağlı olarak aynı hız kaybı eşiğinde farklı sporcuların farklı sayılarda tekrarlar yapması gerektiği tespit edilmiştir. Örneğin, %10 hız düşüşünde 2-11 tekrar, %30 hız düşüşünde ise 3-24 tekrar yapılması gerektiği belirlenmiştir. Ancak tekrar sayıları için ortalama değerler alındığında, hız kaybı eşikleri azaldıkça tekrar sayılarının da azaldığı gözlemlenmiştir (González-Badillo ve diğerleri, 2017; Weakley ve diğerleri, 2020). Hız temelli kuvvet antrenman modellerinde kuvvet dayanıklılığı için başlangıç seviye antrenmanlar için %30 hız kaybı eşiği önerilmektedir. İlerleyen aşamalarda kuvvet gelişimi ile birlikte yüzdeli kayıplar azaltılabilmektedir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021).

Hız kaybı eşiklerinin kullanımı, kinetik ve kinematik çıktıları kontrol etme yeteneği ve nöromüsküler adaptasyonları etkileyebilmesi nedeniyle giderek artan bir ilgi görmektedir (Weakley ve diğerleri, 2020). Literatürde farklı hız eşiklerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Sekulović ve diğerleri (2024) squat egzersizi için %30 hız kaybı ile çalışılmasını önermektedir. Rojas-Jaramillo ve diğerleri (2024), antrenmansız futbol sporcularında dikey sıçrama, güç ve süratin iyileştirilmesinde %10 hız antrenmanının %30 hız antrenmanından daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Pareja-Blanco ve diğerleri (2017), %15 hız ile yapılan antrenmanların %30 ile yapılan hız antrenmanlarından 1 tekrar maksimum (TM) ve dikey sıçrama performansında daha fazla gelişmeye neden olduğunu bulmuştur. Held ve diğerleri (2022) ise düşük hız kayıplarında yapılan çalışmaların, geleneksel kuvvet antrenmanlarına göre güç, sürat ve sıçrama performansını olumlu etkilediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, hız kaybı eşiklerinin belirlenmesi ve uygulanması, sporcuların performansını optimize etmek, antrenman süreçlerini daha etkili hale getirmek ve yaralanma riskini azaltmak için önemli bir strateji sunmaktadır. Bu alandaki araştırmalar, antrenman programlarının bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirilmesine olanak tanıyarak, sporcuların gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır.

Neden Hız Temelli Kuvvet Antrenmanları Tercih Edilmelidir?

Sporcuların güç ve hız gibi kinematik çıktılar üretebilmesi için yüksek kalitede kuvvet antrenmanlarının tasarlanması gerekmektedir (Pareja-Blanco ve diğerleri, 2020). Bu nedenle hız, kuvvet antrenmanlarında, diğer kinetik veya kinematik çıktılara (örneğin, güç) göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun nedenlerinden birincisi, ağırlık artırıldıkça kaldırma hızında düşüşlerin meydana gelmektedir (Weakley, ve diğerleri, 2020). İkinci olarak, hız ile maksimum kapasitenin yüzdesi (yani %1 TM) arasında bulunan doğrusal ilişki bulunmaktadır. Bu durum, çeşitli egzersizler ve alt maksimum yükler üzerinde tutarlı bir şekilde gösterilmektedir (García-Ramos ve diğerleri, 2018). Üçüncü olarak ise, egzersizle ilişkili yorgunluk tanımlarının birçoğunda yer alan yorgunluk arttıkça kas liflerinin kısalma hızlarında, gevşeme sürelerinde ve kuvvet üretme kapasitesinde geçici bir düşüş yaşanmasıdır. Bu durum, isteğe bağlı egzersiz hızında azalmaya neden olmaktadır (González-Badillo ve diğerleri, 2017). Bu üç ana nedenden dolayı, kuvvet antrenmanlarının tasarımında hızın dikkate

alınması, sporcuların performansını optimize etmek için kritik bir öneme sahiptir. Antrenman programları, maksimum kapasitenin yüzdesine göre hız hedefleri belirlenerek yapılandırıldığında, sporcuların kuvvet ve güç üretiminde daha etkili sonuçlar elde etmeleri sağlanabilir. Ayrıca, yorgunluk seviyeleri göz önünde bulundurularak, antrenman sırasında hızın izlenmesi, kas liflerinin performansını korumak ve geliştirmek için önemlidir. Bu nedenle, antrenörler ve spor bilimcileri, hızın antrenman süreçlerine entegre edilmesi gerektiğinin bilincinde olmalıdır.

Hız Ölçüm Yöntemleri

Hız temelli kuvvet antrenman ölçümlerinde doğru hareket hızlarını hesaplamak ve analiz etmek için çeşitli cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu cihazlar arasında lineer pozisyon transdüserleri (LPT), video kameralar, üç boyutlu hareket yakalama sistemleri, maliyet açısından uygun akıllı telefon uygulamaları ve inersiyal ölçüm birimleri yer almaktadır (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021). LPT'ler genellikle bir nesnenin konum verilerini kaydetmek için kullanılır. Bu cihazlar, ağırlık barı gibi bir nesneye monte edilebileceği gibi, bir sporcunun üzerine de takılarak performans analizi yapılmasına olanak tanır (Dahlin, 2018). Bu cihazların kullanımı, antrenmanların daha etkili bir şekilde değerlendirilmesini sağlar ve sporcuların performanslarını artırmalarına yardımcı olur.

Sporcu ya da hareket eden bir nesne, cihazda bulunan kablonun uzunluğundaki değişiklikler elektrik sinyaline dönüşerek bir bilgisayar sistemi ile ölçülür ve kaydedilir. Yer değiştirme, hareket hızı ve hızlanma ile ilgili tüm veriler sistemde toplanır ve kaydedilir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Yer değiştirme, hareket hızı ve hızlanma ile ilgili veriler toplanır. Hız, yer değiştirmedeki farklılık ve zaman aracılığı ile hesaplanır ($\text{hız} = \text{yer değiştirme} / \text{zaman}$) (Harris ve diğerleri, 2010). Bu cihazlar, bir görüntüleme ekranı veya ikinci bir cihaz yardımı ile hıza dayalı bildirimleri anlık sunar ve egzersiz sırasında birden fazla hız ölçüm değerlerini ölçmeye yardımcı olur (Dahlin, 2018).

Sporcu veya hareket eden bir nesne, cihazda bulunan kablonun uzunluğundaki değişiklikler elektrik sinyallerine dönüştürülerek bir bilgisayar sistemi aracılığıyla ölçülür ve kaydedilir. Bu süreçte, hızlanma, hareket hızı ve yer değiştirme ile ilgili tüm veriler sistemde toplanır ve kayıt altına alınır (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Hız, yer değiştirmedeki değişim ile zaman arasındaki ilişkiye dayanarak hesaplanır ve formülü şu şekildedir: $\text{hız} = \text{yer değiştirme} / \text{zaman}$ (Harris ve diğerleri, 2010). Bu cihazlar, bir görüntüleme ekranı veya ek bir cihaz yardımıyla hız değişimlerini anlık olarak sunar ve egzersiz sırasında birden fazla hız ölçüm değerinin elde edilmesine yardımcı olur (Dahlin, 2018). Bu tür sistemler, sporcuların performanslarını daha iyi anlamalarına ve antrenmanlarını optimize etmelerine olanak tanır.

Anlık geri bildirim alınması hem sporcular açısından hem de antrenörler açısından önemli olabilir. Sporcular ve antrenörler belirledikleri hedeflere günlük analiz yaparak ulaşabilirler. Sporcuların kaldırdıkları ağırlığa bakılmaksızın eş zamanlı gerçek hareket hızlarını takip etmeleri sağlanarak, maksimum performans göstermelerine olanak tanınır. Bu durum, antrenman etkinliğini artırır. Doğrudan hız ölçümü, hız temelli antrenmanların etkili bir şekilde optimize edilmesini ve izlenmesini sağlar (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021).

LPT cihazları kullanırken, en önemli husus hareketin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Bu hataların önüne geçmek için iki ayrı ölçüm cihazının kullanılması faydalı olabilir (Cormie ve diğerleri, 2007). İki ayrı ölçüm cihazının kullanılması ölçümlerin doğruluğunu artırarak antrenman sonuçlarının güvenilirliğini sağlayacaktır.

Hız Ölçümünde Güncel Olarak Kullanılan Hız Ölçer Cihazlar

Hız temelli kuvvet antrenmanlarında, çeşitli teknolojik sistemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında kamera i) tabanlı optoelektronik sistemler, ii) üç boyutlu hareket analiz sistemleri, iii) doğrusal

hız dönüştürücü içeren izoinersiyel dinamometreler, iv) inersiyel ölçüm üniteleri ve akıllı telefon uygulamaları gibi farklı sistemler kullanılabilir.

Kamera Tabanlı Optoelektronik Sistemler ve Üç Boyutlu Hareket Analiz Sistemleri: Bu sistemler, "altın standart" ölçüm cihazları olarak kabul edilmektedir (Özkaya ve diğerleri, 2018). Tablo 1'de kamera tabanlı optoelektronik sistemler ve üç boyutlu hareket analiz sistemleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Kamera Tabanlı Optoelektronik Sistemler ve Üç Boyutlu Hareket Analiz Sistemleri

Cihaz (Üretici Şirket, Ülke)	Frekans (Hz)	Kullanım Alanları	Kullanılan Hareket Türleri	Avantajları	Dezavantajları	Kaynaklar
Trio-OptiTrack (OptiTrack, NaturalPoint, Inc., ABD)	120 Hz-240 Hz (standart), 360 Hz+	3D hareket analizi, spor performansı ölçümü	Atlama, koşu, ağırlık kaldırma, çeviklik	Yüksek doğruluk, 3D analiz	Yüksek maliyet, zaman alıcı	Özkaya ve diğerleri, 2018
Velowin (DeporTeC, Murcia, İspanya)	100 Hz-200 Hz	Bisiklet performansı analizi, hareket takibi	Pedal çevirme, bisiklet hareketleri	Spesifik performans analizi	Yüksek maliyet, sınırlı kullanım alanı	Perez-Castilla ve diğerleri, 2019
3DMOC AP (4 Kameralı, Vicon Sistem, İngiltere)	100 Hz- 1,000 Hz (standart), 2,000 Hz	3D hareket analizi, biyomekanik çalışmalar	Sprint, atlama, ağırlık kaldırma, çeviklik	Altın standart, çok yönlü kullanım	Yüksek maliyet, kurulum ve analiz süresi uzun	Özkaya ve diğerleri, 2018
Perch (Kamera Tabanlı İzleme Sistemi) (Perch Fitness, ABD)	30 Hz	Hız-temelli antrenman izleme, performans ölçümü	Hız, güç, hareket mesafesi	Ekipman a montaj, antrenman optimizasyonu	Düşük frekans, sınırlı hareket türleri	Weakley ve diğerleri, 2023

Tablo 1'deki yüksek frekanslı sistemler (120 Hz - 2,000 Hz), detaylı ve doğru hareket analizi sunarak spor performansı ölçümünde idealdir. Düşük frekanslı sistemler (örneğin, Perch - 30 Hz) belirli uygulamalar için yeterli olsa da, hızlı hareketlerin izlenmesinde sınırlıdır. Tüm sistemler, spor performansını artırmak ve antrenman süreçlerini optimize etmek amacıyla tasarlanmış olup, kullanım alanları farklılık göstermektedir. Örneğin, Velowin bisiklet performansına odaklanırken, diğer sistemler daha geniş hareket türlerini kapsar. Araştırmacıların kullanacakları sistemleri hareket profillerine uygun olan sistemleri seçmeleri önerilebilir.

Sistemlerin geçerlilikleri incelendiğinde 3D kameralı ve kuvvet platform sistemlerinin altın standartta olduğu belirtilmiştir. Farklı örnekleme hızı ve sinyal işleme farklılıklarından dolayı uzun süreli sporcu takibinde araştırmacıların aynı sistemlerin kullanılması önerilmektedir (Clemente ve diğerleri, 2021).

Doğrusal Hız Dönüştürücü İçeren İzoinersiyel Dinamometreler: Bu sistemler, bara bağlı bir kablo aracılığıyla izoinersiyel bir dinamometre kullanarak ters dinamik yaklaşımı ile yer değiştirme süresi verilerinden hızı hesaplar (Harris ve diğerleri, 2010). Tablo 2'de doğrusal hız dönüştürücü içeren izoinersiyel dinamometre sistemleri yer almaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Doğrusal Hız Dönüştürücü İçeren İzoinersiyel Dinamometre Sistemleri

Cihaz (Üretici Şirket,	Takılabilirliği Bölgeleri	Kullanım Alanları	Örnekleme Hızı
GymAware (Kinetic)	Barbell, vücut (kemer),	Barbell hareketleri, zıplama,	50 Hz
Tendo Unit (Tendo)	Barbell, makine veya	Ağırlık kaldırma performansı	100 Hz
Chronojump	Barbell, sabit nokta,	Performans analizi, izoinersiyel	1000 Hz
Tendo Power (Tendo)	Barbell, makine	Ağırlık kaldırma performansı	100 Hz
Vitruve (Vitruve,	Barbell, vücut (kemer),	Sprint, zıplama, barbell	80 Hz
T-Force (Ergotech,	Barbell, makine	Antrenman optimizasyonu,	1000 Hz



Tablo 2’de doğrusal hız dönüştürücü sistemler verilmektedir. Bu sistemler hız temelli kuvvet antrenmanlarında kullanılan sistemlerdir. Dinamik hareketler sırasında en geçerli tepe güç üretimi (peak power) temsilini elde etmek için kinetik (FP) ve kinematik (LPT) ekipmanın bir kombinasyonunun kullanılması gerektiği önerilmektedir (Cormie ve diğerleri, 2007). Tablo 2’de verilen doğrusal hız dönüştürücü sistemlerle ilgili bilgilere göre cihazların kullanım amacına göre tercih edilmesi önerilebilir.

İnersiyal/ Akselerometre Ölçüm Sistemleri: Bu sistemler, manyetik sensörler ve genellikle üç eksenli ivme ölçer ile bir jiroskop içerir. Yer çekimi kuvveti, hız ve yön hakkında bilgi sağlar (Ahmad ve diğerleri, 2013). LPT ile karşılaştırıldığında giyilebilir teknoloji içeren sistemler olduğu için kullanımları daha pratiktir. Doğrudan bara yerleştirilerek kullanılabilen ve akıllı telefon uygulamalarına bağlanarak kullanılabilirler (Tablo 4). İnersiyal/Akselerometre tabanlı ölçüm sistemleri Tablo 3’ de yer almaktadır.

Tablo 3. Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarında İnersiyal/ Akselerometre Ölçüm Sistemleri

Cihaz	Örnekleme Hızı	Ölçüm Yöntemi	Kullanım Alanları
Vmaxpro (Blaumann & Meyer, Sports Technology UG, Magdeburg, Germany)	200 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Kuvvet ve hız analizi
Myotest (Myotest SA, Sion, İsviçre).	50-100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Performans değerlendirme
Push Band (PUSH, Inc., Toronto, Kanada)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Taşınabilir hız ve kuvvet ölçümü
Beast Sensor (Beast Technologies Srl., Brescia, İtalya)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Kuvvet ve hız analizi
Gyko Sport (Microgate, Bolzano, İtalya)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Hız ve kuvvet analizi
Barsensei (Assess2Perform, Montrose, ABD)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Antrenman izleme ve performans analizi
Wimu RealTrack (Almeria, İspanya)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Spor performansı analizi

HTKA’nda kullanılan inersiyal/ akselerometre ölçüm sistemleri araştırmalarda sık tercih edilen sistemlerdir. Literatürde en geçerli ve güvenilir olarak gösterilen sistemler Gyko Sport (Microgate, Bolzano, İtalya), Beast Sensor (Beast Technologies Srl., Brescia, İtalya), Push Band (PUSH, Inc., Toronto, Kanada) olarak bildirilmiştir (Clemente ve diğerleri, 2021).

Akıllı Telefon Uygulamaları: Yüksek hızlı kameralar sayesinde, kaldırışların ağır çekim videoları alınarak bar hızını belirlemek için kullanılan uygulamalardır. Bu uygulamalar, hareketin başlangıcını ve bitişini manuel olarak seçerek videoyu kare kare izlemeye olanak tanır. Kaldırış sırasındaki konsantrik fazın süresi, hareket aralığının kaldırma süresine bölünmesiyle hesaplanarak ortalama bar hızı (m/s) elde edilir (Balsalobre-Fernández ve diğerleri, 2017). Sonuç olarak, çok düzlemli ölçüm hatalarının azaltılması için üç boyutlu hareket analiz sistemleriyle entegre kullanımları önerilmektedir. Hız temelli ölçüm cihazları, bench press, squat ve deadlift gibi hareketlerde 1 tekrar maksimumunu belirlemede faydalıdır; ancak olimpik kaldırışlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (McBurnie ve diğerleri, 2019). Bu uygulamalarda hareketin başlangıç ve bitiş fazları sisteme el le girilebilir. Hız temelli kuvvet antrenmanlarında kullanılan bazı akıllı telefon uygulamaları Tablo 4’te gösterilmektedir.

**Tablo 4.** Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarında Kullanılan Akıllı Telefon Uygulamaları

Uygulama	Platform	Özellikler	Kullanım Alanları	Takılma Yeri
Myotest App (Myotest SA, İsviçre)	iOS, Android	Performans analizi, ivme ölçümü	Spor performansı değerlendirme	Kullanıcıya (bel veya vücut)
Push Band App (Push Band, Almanya)	iOS, Android	Hız ve kuvvet ölçümü, antrenman izleme	Taşınabilir performans analizi	Kullanıcıya (kol)
Gyko Sport App (Microgate, İtalya)	iOS, Android	Hız ve kuvvet analizi, antrenman kaydı	Spor performansı izleme	Kullanıcıya (bel veya kol)
Beast App (Beast Technologies, Kanada)	iOS, Android	Kuvvet ve hız analizi, veri raporlama	Antrenman izleme	Kullanıcıya (kol veya bel)
Wimu App (Wimu, İtalya)	iOS, Android	Spor performansı analizi, veri takibi	Takım sporları performans yönetimi	Kullanıcıya (bel)

Akıllı telefon uygulamaları HTKA'nda gerçek zamanlı performans verilerini hızlı toplayarak geri bildirim sağlarlar. Kolay taşınabilir özelliğe sahiptirler ve hız, kuvvet, ivme gibi analizleri sunarlar. Verilerin doğruluğu verilen cihazların kalitesine göre değişebilmektedir. Ara yüzler sayesinde kolay kullanıma sahiptirler. Bu uygulamaların kullanılabilmesi için belirli cihazlara ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu durum kullanıcıları sınırlayabilir. Uygulamaların etkin kullanılabilmesi için eğitim ve bilgiye ihtiyaç duyulabilir ayrıca yüksek maliyetli olmaları uygulamaların erişebilirliğini etkileyen özelliklerdir.

Sonuç ve Öneriler

Hız temelli kuvvet antrenmanları, sporcuların performansını artırmak için etkili bir yöntemdir. Gelişmiş cihaz sistemleri ve teknolojilerin entegrasyonu, antrenman süreçlerini daha verimli hale getirerek sporcuların fiziksel kapasitesini en üst düzeye çıkarmalarına yardımcı olur. Bu sistemler, sporcuların gerçek zamanlı performanslarını izleyerek anlık geri bildirim sağlar, motivasyonlarını artırır ve antrenman programlarını optimize etmelerine olanak tanır. Hız kaybı eşikleri, farklı kas dayanıklılığına sahip sporcuların yorgunluk tepkilerini hesaplayarak, kısa vadeli yorgunluk durumlarındaki farklılıkları azaltır. Ayrıca, geleneksel antrenman modellerine uyum sağlayan bir yaklaşımdır. Hız temelli kuvvet antrenmanlarında cihaz seçiminde araştırmacıların taşıma, kullanım kolaylığı, maliyet ve kullanım alanları doğrultusunda cihaz seçimine karar vermeleri önerilmektedir.

Yayın Etiği: Bu çalışmanın hazırlanma ve yazım sürecinde “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” çerçevesinde bilimsel, etik ve ahlak kurallarına uyulmuş olup; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Oranı: Bu çalışmada, yazarların katkı oranı, eşit katkılı yazardır.

Kaynaklar

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(2), 61-67.
- Ahmad, N., Ghazilla, R. A. R., Khairi, N. M., & Kasi, V. (2013). Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. *International Journal of Signal Processing Systems*, 1(2), 256-262.
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Zebis, M. K., & Aagaard, P. (2010). Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), e162-e169.
- Atabaş, E. G. (2022). *Hıza dayalı ve geleneksel kuvvet antrenmanlarının bazı fizyolojik ve motorik özellikler üzerine etkisinin karşılaştırılması*. Pamukkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, (Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşegül Yapıcı). Denizli.
- Aydos, L., Pepe, H. ve Karakuş, H. (2004). “Bazı Takım ve Ferdi Sporlarda Relatif Kuvvet Değerlerinin Araştırılması”. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(2), 305-315
- Balsalobre-Fernández, C., & Torres-Ronda, L. (2021). The implementation of velocity-based training paradigm for team sports: framework, technologies, practical recommendations and challenges. *Sports*, 9(4), 47.

- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Baz-Valle, E., Alonso-Molero, I., Jiménez, S. L., & Muñoz-López, M. (2017). Analysis of wearable and smartphone-based technologies for the measurement of barbell velocity in different resistance training exercises. *Frontiers in Physiology*, 8, 649.
- Bazuelo-Ruiz, B., Padiá, P., García-Ramos, A., Morales-Artacho, A. J., Miranda, M. T., & Feriche, B. (2015). Predicting Maximal Dynamic Strength From the Load-Velocity Relationship in Squat Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1999-2005.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374-388.
- Bompa, T. O. (2007). Antrenman kuramı ve yöntemi, Spor Yayınevi ve Kitabevi. Baskı, Ankara.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S2-S69.
- Clemente, F. M., Akyildiz, Z., Pino-Ortega, J., & Rico-González, M. (2021). Validity and reliability of the inertial measurement unit for barbell velocity assessments: A systematic review. *Sensors*, 21(7), 2511
- Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: Impact of training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 763-769. <https://doi.org/10.1519/R-22436.1>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8), 1582-1598.
- Cunanan, A. J., DeWeese, B. H., Wagle, J. P., Carroll, K. M., Sausaman, R., Hornsby, W. G., ... & Stone, M. H. (2018). The general adaptation syndrome: a foundation for the concept of periodization. *Sports Medicine*, 48, 787-797.
- Çetin, O., Kaya, S., Sungur, Y., & Demirtaş, B. (2022). Direnç Antrenmanlarına Güncel Yaklaşım: Hız Temelli Antrenman: Geleneksel Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 14(1).
- Dahlin, M. (2018). The use of velocity-based training in strength and power training - A systematic review (Dissertation).
- Devaney, J. M., Hoffman, E. P., Gordish-Dressman, H., Kearns, A., Zambraski, E., & Clarkson, P. M. (2007). IGF-II gene region polymorphisms related to exertional muscle damage. *Journal of applied physiology*, 102(5), 1815-1823.
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., de Mora, J. H., & de Villarreal, E. S. (2022). Low-velocity loss induces similar strength gains to moderate-velocity loss during resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(2), 340-345.
- García-Ramos A, Pestaña-Melero FL, Pe´rez-Castilla A, Rojas FJ, Gregory Haff G. (2018). Mean velocity vs. Mean propulsive velocity vs. Peak velocity: Which variable determines bench press relative load with higher reliability? *J Strength Cond Res* 32: 1273-1279.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352.
- Gonzalez-Badillo, J. J., & Yanez-Garcia, J. M. (2017). Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(3), 217-225.
- Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1986). Effects of explosive strength training on physical performance and muscle structure in male and female athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 197-204.
- Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K. L., Boris, J., & Sheppard, J. (2010). Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 66-79.
- Held, S., Speer, K., Rappelt, L., Wicker, P., & Donath, L. (2022). The effectiveness of traditional vs. velocity-based strength training on explosive and maximal strength performance: A network meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 13, 926972.
- Hubal, M. J., Devaney, J. M., Hoffman, E. P., Zambraski, E. J., Gordish-Dressman, H., Kearns, A. K., ... & Clarkson, P. M. (2010). CCL2 and CCR2 polymorphisms are associated with markers of exercise-induced skeletal muscle damage. *Journal of applied physiology*, 108(6), 1651-1658.
- Kim, J., & Lee, J. (2015). The relationship of creatine kinase variability with body composition and muscle damage markers following eccentric muscle contractions. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 19(2), 123.
- Lahti, J., Jiménez-Reyes, P., Cross, M. R., Samozino, P., Chassaing, P., Simond-Cote, B., ... & Morin, J. B. (2020). Individual sprint force-velocity profile adaptations to in-season assisted and resisted velocity-based training in professional rugby. *Sports*, 8(5), 74.
- Maffiuletti, N. A. (2010). Physiological and methodological aspects of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 223-234.
- Mann, J. Bryan, CSCS1,2; Ivey, Patrick A. Sayers, Stephen P. (2015). Velocity-Based Training in Football. *Strength and Conditioning Journal* 37(6), 52-57. DOI: 10.1519/SSC.000000000000177.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance. *Lippincott Williams & Wilkins*.
- McBurnie, A. J., Allen, K. P., Garry, M., Martin, M., Jones, P. A., Comfort, P., & McMahon, J. J. (2019). The benefits and limitations of predicting one repetition maximum using the load-velocity relationship. *Strength & Conditioning Journal*, 41(6), 28-40.
- Orser, K., Agar-Newman, D. J., Tsai, M. C., & Klimstra, M. (2020). The validity of the Push Band 2.0 to determine speed and power during progressively loaded squat jumps. *Sports Biomechanics*, 23(1), 109-117. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1829691>
- Özkaya, G., Jung, H. R., Jeong, I. S., Choi, M. R., Shin, M. Y., Lin, X., ... & Lee, K. K. (2018). Three-dimensional motion capture data during repetitive overarm throwing practice. *Scientific data*, 5(1), 1-6.
- Padulo, J., Mignogna, P., Mignardi, S., Tonni, F., & D'ottavio, S. (2012). Effect of different pushing speeds on bench press. *International journal of sports medicine*, 33(05), 376-380.
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 512-519.
- Pareja-Blanco f, Alcazar J, Sánchez-Valdepe-as J, Comejo-Daza PJ, Piqueras-sanchiz f, Mora-Vela R, et al. (2020). Velocity loss as a critical variable determining the adaptations to strength training. *Med sci sports Exercise*. 52(8):1752-62.

- Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., & Coombes, J. S. (2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(5), 737-745.
- Perez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., & García-Ramos, A. (2019). Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1258-1265.
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., & Pedersen, M. C. (2011). Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 87-93.
- Rojas-Jaramillo, A., León-Sánchez, G., Calvo-Lluch, Á., González-Badillo, J. J., & Rodríguez-Rosell, D. (2024). Comparison of 10% vs. 30% Velocity Loss during Squat Training with Low Loads on Strength and Sport-Specific Performance in Young Soccer Players. *Sports*, 12(2), 43.
- Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 773-780.
- Rossi, C., Vasiljevic, I., Manojlovic, M., Trivic, T., Ranisavljev, M., Stajer, V., ... & Drid, P. (2024). Optimizing strength training protocols in young females: A comparative study of velocity-based and percentage-based training programs. *Heliyon*, 10(9).
- Sanchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725-1734.
- Sekulović, V., Jezdimirović-Stojanović, T., Andrić, N., Elizondo-Donado, A., Martin, D., Mikić, M., & Stojanović, M. D. (2024). Effects of In-Season Velocity-Based vs. Traditional Resistance Training in Elite Youth Male Soccer Players. *Applied Sciences*, 14(20), 9192.
- Soslu R., Çuvalcıoğlu, İ. Hıza dayalı direnç antrenmanları: Kuvvet ve güç performansını etkiler mi? *INSAC Acad Stu on Health Sci* 2021, 24.
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., Hart, N. H., Haff, G. G., & Nimphius, S. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *European journal of sport science*, 13(6), 646-652.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
- Tomasevicz, C. L., Hasenkamp, R. M., Ridenour, D. T., & Bach, C. W. (2020). Validity and reliability assessment of 3-D camera-based capture barbell velocity tracking device. *Journal of science and medicine in sport*, 23(1), 7-14.
- Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Leduc, C., Roe, G. A., Phibbs, P. J., ... & Jones, B. (2021b). Jump training in rugby union players: barbell or hexagonal bar?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(3), 754-761.
- Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Roe, G. A., Darrall-Jones, J., Phibbs, P. J., & Jones, B. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European journal of applied physiology*, 117, 1877-1889.
- Weakley, J., Chalkley, D., Johnston, R., García-Ramos, A., Townshend, A., Dorrell, H., ... & Cole, M. (2020). Criterion validity, and interunit and between-day reliability of the FLEX for measuring barbell velocity during commonly used resistance training exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(6), 1519-1524.
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021a). Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31-49.
- Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-Lopez, C., García-Ramos, A., Dalton-Barron, N., Banyard, H., ... & Jones, B. (2020). Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 38(5), 477-485.
- Weakley, J., Munteanu, G., Cowley, N., Johnston, R., Morrison, M., Gardiner, C., ... & García-Ramos, A. (2023). The criterion validity and between-day reliability of the perch for measuring barbell velocity during commonly used resistance training exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(4), 787-792.
- Zhang, X., Feng, S., Peng, R., & Li, H. (2022). The role of velocity-based training (VBT) in enhancing athletic performance in trained individuals: A meta-analysis of controlled trials. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 9252.

Digital Transformation in Football: The Role of Artificial Intelligence and Metaverse

Futbolda Dijital Dönüşüm: Yapay Zekâ ve Metaverse'ün Rolü

Lecturer Muhammet Emin DERTLİ¹, MSc Şükran DERTLİ^{1*}

¹Atatürk University, Horasan Vocational College, Department of Computer Technologies, Erzurum, TÜRKİYE,

E-mail: emindertli@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4309-6201

^{1*}Atatürk University, Graduate School of Winter Sports and Sport Sciences, Department of Sport Management, Erzurum, TÜRKİYE,

E-mail: sukrandertli25@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9901-5349

* Corresponding author / Sorumlu Yazar: Şükran DERTLİ, E-posta: sukrandertli25@gmail.com

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderi Tarihi / Received :25.11.2024

Kabul Tarihi / Accepted :16.12.2024

Online Yayın Tarihi / Published : 31.12.2024

Abstract

Digital transformation in football presents many new opportunities and challenges. The effective use of technologies such as artificial intelligence and the Metaverse play a critical role in shaping the future of football. This research aims to examine the effects of artificial intelligence and metaverse technologies on digital transformation processes in football through bibliometric analysis. At the end of the study, it was concluded that the role of technologies such as artificial intelligence and metaverse in football will become more prominent in the coming years. Therefore, it is crucial for researchers to consider the impact and potential benefits of these technologies from a broader perspective in order to understand the digital transformation of football. In particular, adopting an interdisciplinary approach in this field can contribute to the emergence of innovative ideas. Recent research shows that soccer is evolving not only as a sport, but also as a business model and experience. Therefore, it is important that future studies on the digital transformation of football bring together perspectives from different disciplines to develop a more holistic understanding. To increase interest in research on the digital transformation of football, there needs to be a sustained emphasis on the importance and potential of this topic. In the future, deepening and expanding research in this area will increase the potential for further innovation and development in football's digitalization process. In conclusion, more research should be conducted on how the digital transformation process will transform the football industry and what the future implications might be.

Keywords: Football, digital transformation, artificial intelligence, metaverse, bibliometrics

Özet

Futbolda dijital dönüşüm, birçok yeni fırsat ve zorluk barındırmaktadır. Yapay zekâ ve metaverse gibi teknolojilerin etkin kullanımı, futbolun geleceğini şekillendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Bu araştırma, futbolda dijital dönüşüm süreçlerinde yapay zekâ ve metaverse teknolojilerinin etkilerini bibliyometrik analiz yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma sonunda yapay zekâ ve metaverse gibi teknolojilerin futboldaki rolünün gelecek yıllarda daha da belirginleşeceği sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla araştırmacıların bu teknolojilerin etkilerini ve potansiyel faydalarını daha geniş bir perspektiften ele alması, futbolun dijital dönüşümünü anlamak açısından son derece önem arz etmektedir. Özellikle, bu alanda disiplinlerarası bir yaklaşım benimsemek, yenilikçi fikirlerin ortaya çıkmasına katkı sağlayabilir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, futbolun sadece bir spor değil, aynı zamanda bir iş modeli ve deneyim alanı olarak da evrildiğini göstermektedir. Bu nedenle, futbolun dijital dönüşümü üzerine yapılacak çalışmaların, farklı disiplinlerden gelen bakış açılarını bir araya getirerek daha bütünsel bir anlayış geliştirmesi önemlidir. Futbolun dijital dönüşümü araştırmalarına yönelik ilgiyi artırmak için, bu konunun önemi ve potansiyeli üzerine sürekli bir vurgunun yapılması gerekmektedir. Gelecekte, bu alan üzerindeki araştırmaların derinleşmesi ve yaygınlaşması, futbolun dijitalleşme sürecinde daha fazla yenilik ve gelişim sağlama potansiyelini artıracığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, dijital dönüşüm sürecinin futbol endüstrisini nasıl dönüştüreceği ve gelecekteki etkilerinin neler olabileceği üzerine daha fazla araştırma yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Futbol, dijital dönüşüm, yapay zekâ, metaverse, bibliyometrik

Introduction

A

lthough the concept of sport is recognized in the world with the support of English, it does not actually come from English origin. The concept emerged from the Latin words *disportare* or *deportare*, meaning to distribute or separate (Keten, 1993, as cited in Gökdağ et al., p. 202).

Considering the social effects of the concept of sport, it is one of the biggest impact factors in the world in terms of health, culture and bringing people together. With the spread of modern sports, it has become a situation that has become a point of interest for people all over the world. Especially with the development of technology, it has become one of the universal concepts of people in the world. (Tezcan, 1992, as cited in Alaeddinoğlu, 2024, p. 26). Among the sports branches, football is the most known and the first one that comes to mind. The fact that it includes so many people as athletes and more than that as spectators increases the importance of football (İnal, 2004, as cited in Evli et al., 2023, p. 2362).

Football has been a sport that has been followed with interest from past to present and has attracted the masses. The game of football, played within the framework of certain rules, has also become a large sector in terms of sports economy. It is stated that the highest level of performance and all physiological characteristics should be analyzed in the football branch, as it consists of various movement sequences and includes versatile skills. In the literature, performance is defined as the score obtained from physical, physiological and biomotor data (Kul & Aydemir, 2024, p. 63).

Football is moving beyond being just a sport throughout history and is entering a new phase with the impact of technology. In this transformation, innovative elements such as artificial intelligence and the metaverse are important in radically changing the dynamics of the game. Digital transformation in football presents many new opportunities and challenges. The effective use of technologies such as artificial intelligence and the Metaverse play a critical role in shaping the future of football. This research aims to examine the effects of artificial intelligence and metaverse technologies on digital transformation processes in football through bibliometric analysis.

Furthermore, the analysis of trends in the literature aims to contribute to understanding the future directions of the digitalization process of football. This study is considered to play an important role in terms of innovation, fan experience, performance and development of the football industry. In terms of innovation, digital transformation in football helps clubs and organizations to gain competitive advantage. Artificial intelligence can accelerate data analysis and strategy development, while the metaverse can deepen fan engagement. In terms of fan experience, the metaverse can change the way football fans watch and interact with the game by offering new experiences. This can increase fan loyalty. Performance AI can play an important role in analyzing and improving player performance. This can enable teams to make data-driven decisions. In terms of the development of the football industry, this study aims to guide industry professionals by revealing how the digitalization process of the football industry has evolved and its potential future directions. At this point, it is thought that determining the trends in the literature through bibliometric analysis will contribute to an in-depth understanding of the digital transformation process of football. Since there are gaps in the literature on the research topic, it is thought that this study will make a highly original and important contribution.

METHOD

The data obtained in this study were analyzed by bibliometric analysis method (Ateş & Ünsal, 2024, p.1088). The concept of bibliometrics is envisaged to be used in all studies that aim to quantify the processes of written communication and is rapidly gaining acceptance in the field of information science (Büyükbaykal & İli, 2020, p. 575). According to Ellegaard and Wallin (2015), bibliometric analysis method contributes to the most detailed examination of the topics in the research field.

An advanced search with the keywords football*, soccer*, artificial intelligence*, AI, metaverse*, digital*, digital transformation, technolog* in the Web of Science database and 854 publications in the categories of sport sciences or hospitality leisure sport tourism were subjected to bibliometric analysis.

Web of Science database with advanced search indicators for advanced data analysis the diversity in providing control mechanisms, the reliability of the research it was preferred in terms of including reliable and qualified studies in terms of publication ethics (Arpacı, 2024, p. 160). The following parameters were examined within the scope of the study:

- Web of Science Categories,
- Citation topics meso,
- Citation topics micro,
- Research areas,
- Times cited and publications over time,
- Web of Science index,
- Open Access,
- Languages,
- Author-co-author network map,
- Organization-co-author network map,
- Corresponding author's countries,
- Network map of common words,
- Keyword's plus thematic map,
- Author's keywords thematic map
- Countries' collaboration world map.

The data obtained in the study were analyzed using VOSviewer and Bibliometrix r programs.

FINDINGS

In this section, the effects of artificial intelligence and the metaverse on football are examined in detail, and the opportunities offered by digital transformation are presented, as well as the threats it brings.

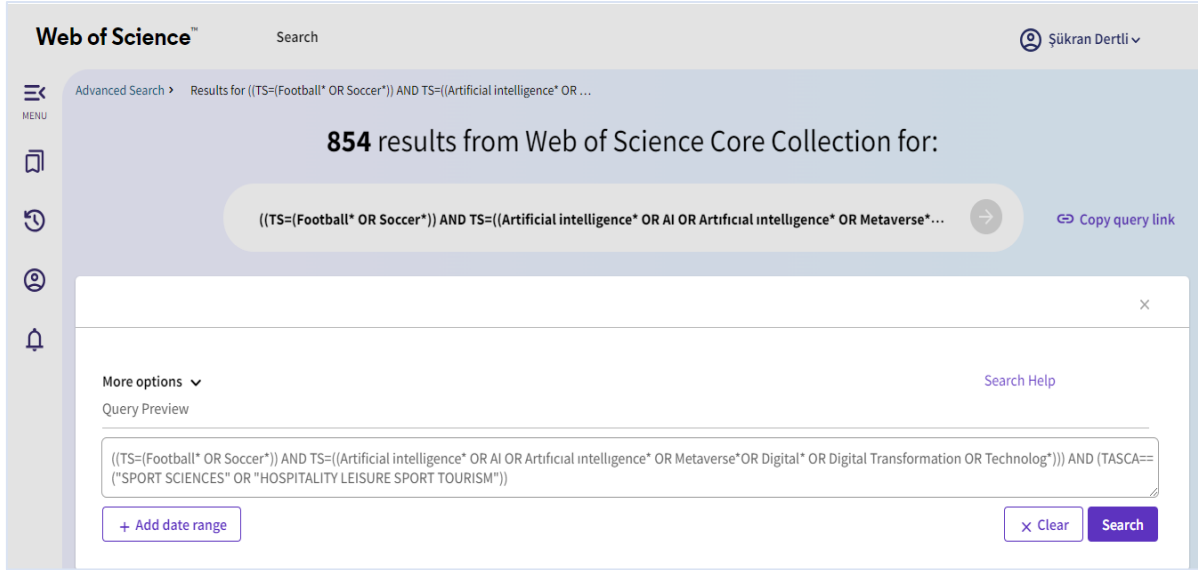


Figure 1. Citation report

In Figure 1, it is seen that a data set consisting of 854 publications on the role of artificial intelligence and metaverse in the digital transformation of football has been accessed and the current examinations have been carried out.

Table 1. Web of Science Categories

Web of Science Categories	Record Count	% of 854
1. Sport Sciences	649	75.995%
2. Hospitality Leisure Sport Tourism	242	28.337%
3. Physiology	52	6.089%
4. Psychology Applied	39	4.567%
5. Sociology	31	3.630%
6. Orthopedics	29	3.396%
7. Engineering Mechanical	28	3.279%
8. Rehabilitation	17	1.991%
9. Education Educational Research	16	1.874%
10. Psychology	15	1.756%

In Table 1, the top 10 distributions of the analyzes made according to Web of Science categories are as follows: 649 (75,995%), Hospitality Leisure Sports Tourism: 242 (28,337%), Physiology: 52



(6,089%), Applied Psychology: 39 (4,567%), Sociology: 31 (3,630%),

Orthopedics: 29 (3,396%), Engineering Mechanics: 28 (3,279%), Rehabilitation: 17 (1,991%), Education Educational Research: 16 (1,874%), Psychology: 15 (1,756%). These findings show which disciplines are more prominent in the digital transformation of football and the trends in research. In particular, the “Sport Sciences” category stands out as having the largest share in this regard. Other disciplines offer important contributions to understanding the multifaceted effects of football's digitalization process

Table 2. Citation topics meso

Citation Topics Meso	Record	% of
1. Sports Science	562	65.808%
2. Hospitality, Leisure,	62	7.260%
3. Trauma & Emergency	48	5.621%
4. Orthopedics	24	2.810%
5. Management	20	2.342%
6. Economic Theory	19	2.225%
7. Communication	6	0.703%
8. Back Pain	5	0.585%
9. Nutrition & Dietetics	5	0.585%
10. Gait & Posture	5	0.585%

In Table 2, the top 10 distributions of the analyses made according to citation topics meso is as follows:

Sports Science: 562 (65.808%), Hospitality, Leisure, Sport & Tourism: 62 (7.260%), Trauma & Emergency Surgery: 48 (5.621%), Orthopedics: 24 (2.810%), Management: 20 (2.342%). Economic Theory: 19 (2.225%), Communication: 6 (0.703%), Back Pain: 5 (0.585%), Nutrition & Dietetics: 5 (0.585%), Gait & Posture: 5 (0.585%). These findings show that the most cited topics in the digital transformation of soccer are largely related to sports science. Other topics represent research areas of different disciplines related to various aspects of sport.

Table 3. Citation topics micro

Citation Topics Micro	Record	% of
1. Soccer	501	58.665%
2. Sport	60	7.026%
3. Traumatic Brain	48	5.621%
4. Sport Psychology	41	4.801%
5. Competitive	17	1.991%
6. Anterior Cruciate	16	1.874%
7. Technology	7	0.820%
8. Core	6	0.703%
9. Customer	6	0.703%
10. Muscle Damage	5	0.585%

In Table 3, the top 10 distributions of the analyses made according to citation topics micro is as follows:



Soccer: 501 (58.665%), Sport: 60 (7.026%), Traumatic Brain Injury: 48 (5.621%), Sport Psychology: 41 (4.801%), Competitive Balance: 17 (1.991%), Anterior Cruciate Ligament: 16 (1.874%), Technology Acceptance Model: 7 (0.820%), Core Temperature: 6 (0.703%), Customer Satisfaction: 6 (0.703%), Muscle Damage: 5 (0.585%). These findings reflect the visibility and interaction of soccer, artificial intelligence and Metaverse in the literature. In particular, the title ‘‘Soccer’’ shows that soccer is the main focus and how intensive the studies in this field are.

Table 4. Research areas

Research Areas	Record	% of
1. Sport Sciences	649	75.995%
2. Social Sciences	243	28.454%
3. Physiology	52	6.089%
4. Psychology	48	5.621%
5. Engineering	44	5.152%
6. Sociology	31	3.630%
7. Orthopedics	29	3.396%
8. Rehabilitation	17	1.991%
9. Education	16	1.874%
10. Computer Science	14	1.639%

In Table 4, the top 10 distributions of the analyses made according to research areas is as follows:

Sport Sciences: 649 (75.995%), Social Sciences Other Topics: 243 (28.454%), Physiology: 52 (6.089%), Psychology: 48 (5.621%), Engineering: 44 (5.152%), Sociology: 31 (3.630%), Orthopedics: 29 (3.396%), Rehabilitation: 17 (1.991%), Education Educational Research: 16 (1.874%), Computer Science: 14 (1.639%). These findings reflect which academic disciplines are prominent in relation to the digital transformation of soccer and the interactions between these disciplines. While the field of Sport Sciences has the highest proportion of soccer research, other social sciences and engineering fields have also made significant contributions.

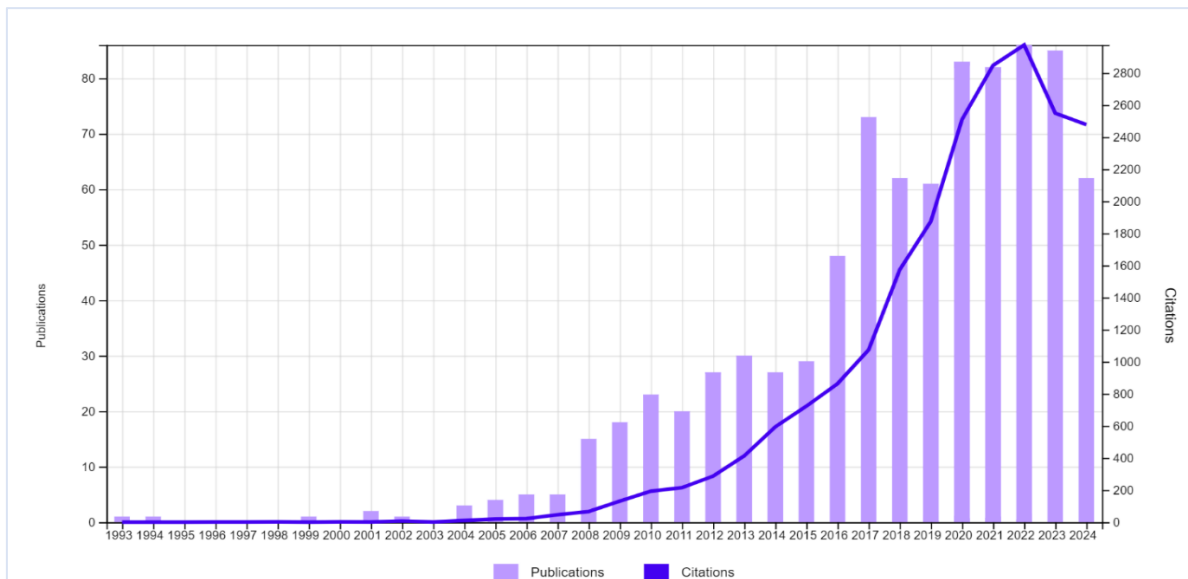


Figure 2. Times cited and publications over time



Figure 2 shows a remarkable increase in the number of publications on digital transformation in football. This increase has been evident since the early 2000s. Especially in 2024, there was an 854% increase in the number of registrations. While there were 61 records in 2019, this number increased to 83 in 2020, 82 in 2021, 86 in 2022 and 85 in 2023. In 2023, the number of publications remained at 7.260%, in 2022 at 9.953%, in 2021 at 10.070% and

in 2020 at 9.602%. It has shown a steady increase since 2019. The starting point of this trend is 2010. In that year, the number of publications was 23, followed by 20 in 2011, 27 in 2012 and 30 in 2013. In 2014, this number dropped to 27 and then started to increase again. The rise, which started with 29 records in 2015, reached 48 in 2016, 73 in 2017, 62 in 2018 and 61 in 2019. This rapid adoption of digital transformation in football is directly related to the growing academic interest in the impact of technologies such as artificial intelligence and the Metaverse. When the number of citations is analyzed; between 2004 and 2022, the digital transformation of football, artificial intelligence and academic studies on the Metaverse caused a significant increase in the number of citations. During this period, it was observed that as the number of studies increased, the citations to these studies also increased rapidly. In particular, 2022 was the year when the topic of digital transformation in the football industry reached the highest level of impact in the academic literature. However, it is noteworthy that there has been a decline in citation rates since 2023.

Table 5. Web of Science index

Web of Science Index	Record	% of
Science Citation Index Expanded (SCI- Emerging Sources Citation Index (ESCI)	499	58.431%
Social Sciences Citation Index (SSCI)	214	25.059%
Conference Proceedings Citation Index – Science	160	18.735%
Conference Proceedings Citation Index – Social	43	5.035%
Book Citation Index – Social Sciences & Humanities	18	2.108%
Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)	4	0.468%
Book Citation Index – Science (BKCI-S)	3	0.351%

According to the Web of Science data in Table 5, the distribution of indexes in which research on soccer, artificial intelligence and Metaverse is published is as follows:

SCI-EXPANDED: 499 (58.431%), ESCI: 214 (25.059%), SSCI: 160 (18.735%), CPCI-S: 43 (5.035%), CPCI-SSH: 18 (2.108%), BKCI-SSH: 4 (0.468%), A&HCI: 3 (0.351%), BKCI-S: 3 (0.351%). These data show in which academic sources the research on the digital transformation of football and artificial intelligence and Metaverse applications in

this process is concentrated. The fact that the SCI-EXPANDED index has the highest rate indicates that research with high scientific quality is also prominent in the field of football, while the lower rates of other indexes suggest that the literature on this subject has not yet fully matured.

Table 6. Open access

Open Access	Record Count	% of 854
• All	343	40.164%
• Gold	133	15.574%
• Gold-	63	7.377%
• Free to	57	6.674%
• Green	148	17.330%
• Green	78	9.133%
• Green	60	7.026%

According to Web of Science data in Table 6, the open access distribution of research on football, artificial intelligence and Metaverse is as follows: All Open Access: 343 (40.164%), Gold: 133 (15.574%), Gold-Hybrid: 63 (7.377%), Free to Read: 57 (6.674%). Green Published: 148 (17.330%), Green Accepted: 78 (9.133%), Green Submitted: 60 (7.026%).

Table 7. Languages

Languages	Record	% of
• English	794	92.974%
• Spanish	29	3.396%
• Portuguese	14	1.639%
• Russian	6	0.703%
• Chinese	4	0.468%
• German	4	0.468%
• Ukrainian	2	0.234%
• French	1	0.117%

According to Web of Science data in Table 7, the publication language distribution of research on football, artificial intelligence and Metaverse is as follows: English: 794 (92.974%), Spanish: 29 (3.396%), Portuguese: 14 (1.639%). Russian: 6 (0.703%), Chinese: 4 (0.468%), German: 4 (0.468%), Ukrainian: 2 (0.234%), French: 1 (0.117%).

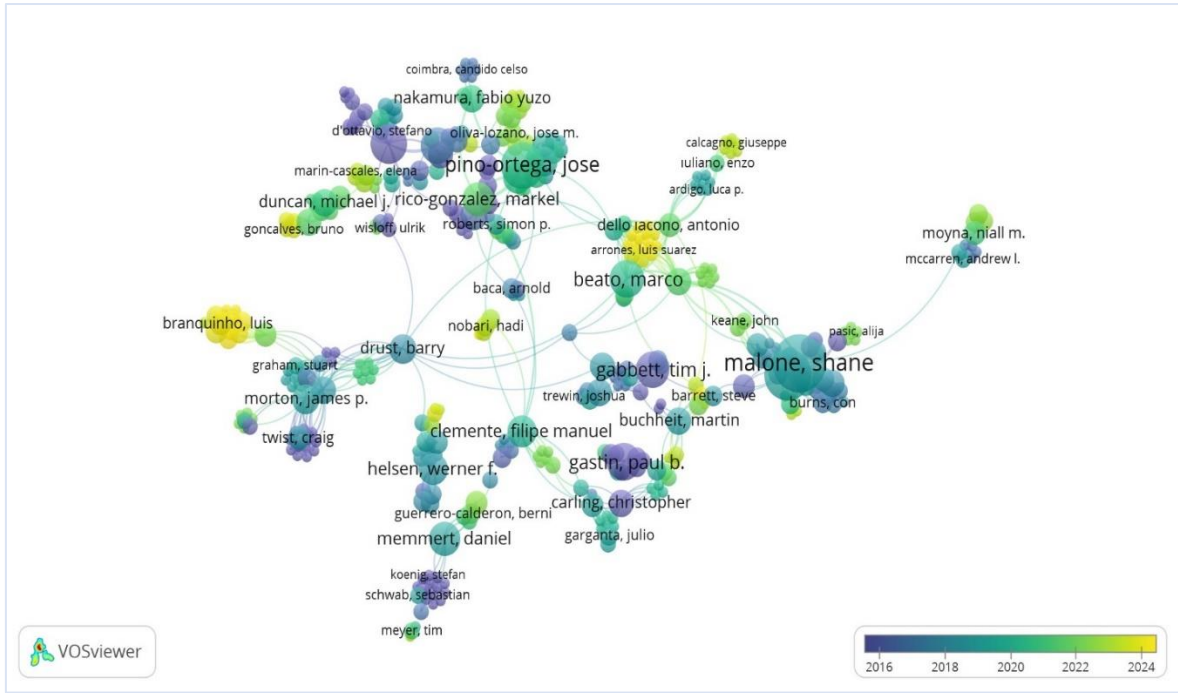


Figure 3. Author-co-author network map.

Author-co-author network map in Figure 2 has the values of items:374, clusters:25, links:1564, total link strength:1993. According to total link strength values Malone, Shane: 82 total link strength, 23 documents, 829 citations; Collins, Kieran: 74 total link strength, 18 documents, 689 citations; Morton, James P: 52 total link strength, 6 documents, 191 citations. Pino-Ortega, Jose: 48 total link strength, 15 documents, 353 citations; Close, Grame I: 45 total link strength, 5 documents, 190 citations; Morgans, Ryland: 38 total link strength, 4 documents, 120 citations; Coratella, Giuseppe: 36 total link strength, 5 documents, 75 citations. Castagna, Carlo: 34 total link strength, 11 documents, 1017 citations; Guskiewicz, Kevin M: 33 total link strength, 8 documents, 877 citations; Branquinho, Luis: 33 total link strength, 4 documents, 3689 citations.

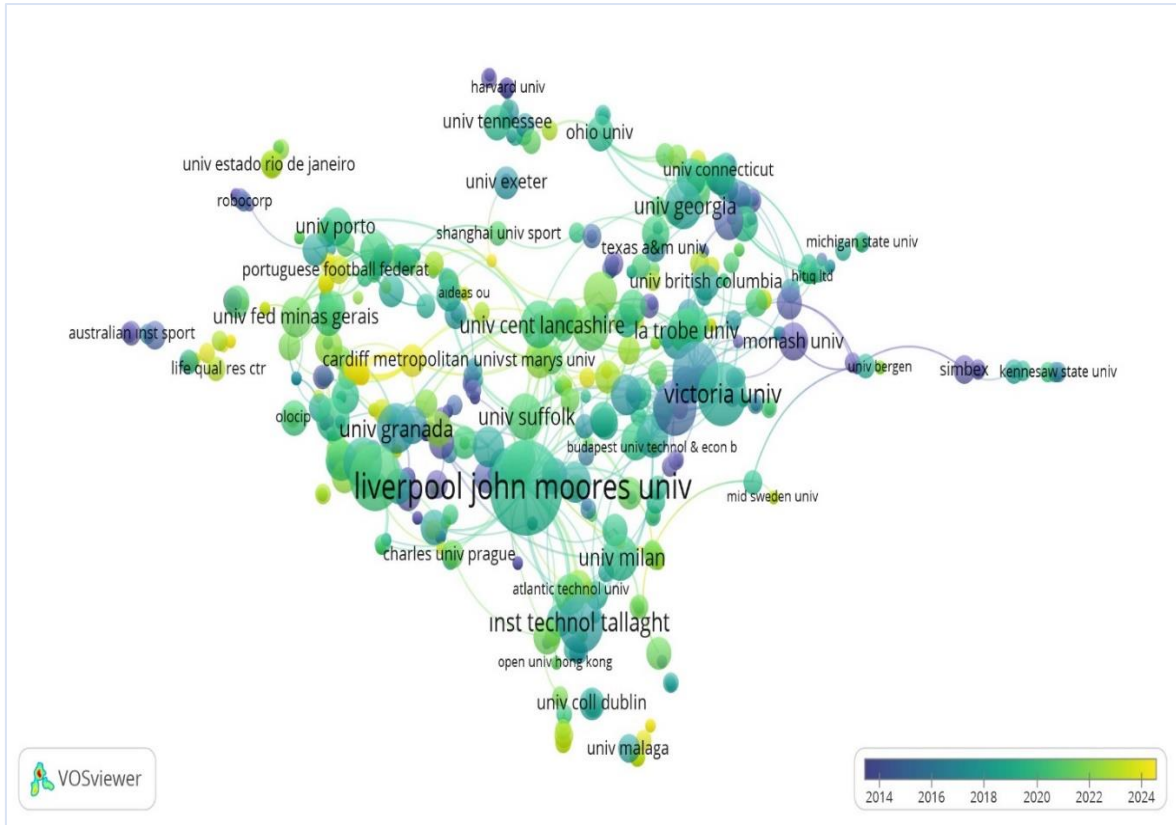


Figure 4. Organization-co-author network map.

Organization-co-author network map in Figure 3 has the values of items:746, clusters:41, links:2378, total link strength:2656. Liverpool John Moores University by total link strength: 96 total link strength, 42 documents, 2095 citations; Univ Extremadura: 68 total link strength, 20 documents, 459 citations; Univ Murcia: 61 total link strength, 21 documents, 741 citations. Univ Tras os Montes & Alto Douro: 48 total link strength, 10 documents, 348 citations; Victoria Univ: 48 total link strength, 19 documents, 1675 citations; Edith Cowan Univ: 45 total link strength, 11 documents, 207 citations; Univ Milan: 43 total link strength, 10 documents, 439 citations. Univ Castilla La Mancha: 41 total link strength, 17 documents, 263 citations; Univ Suffolk: 39 total link strength, 10 documents, 179 citations; Univ N Carolina: 36 total link strength, 11 documents, 1330 citations.

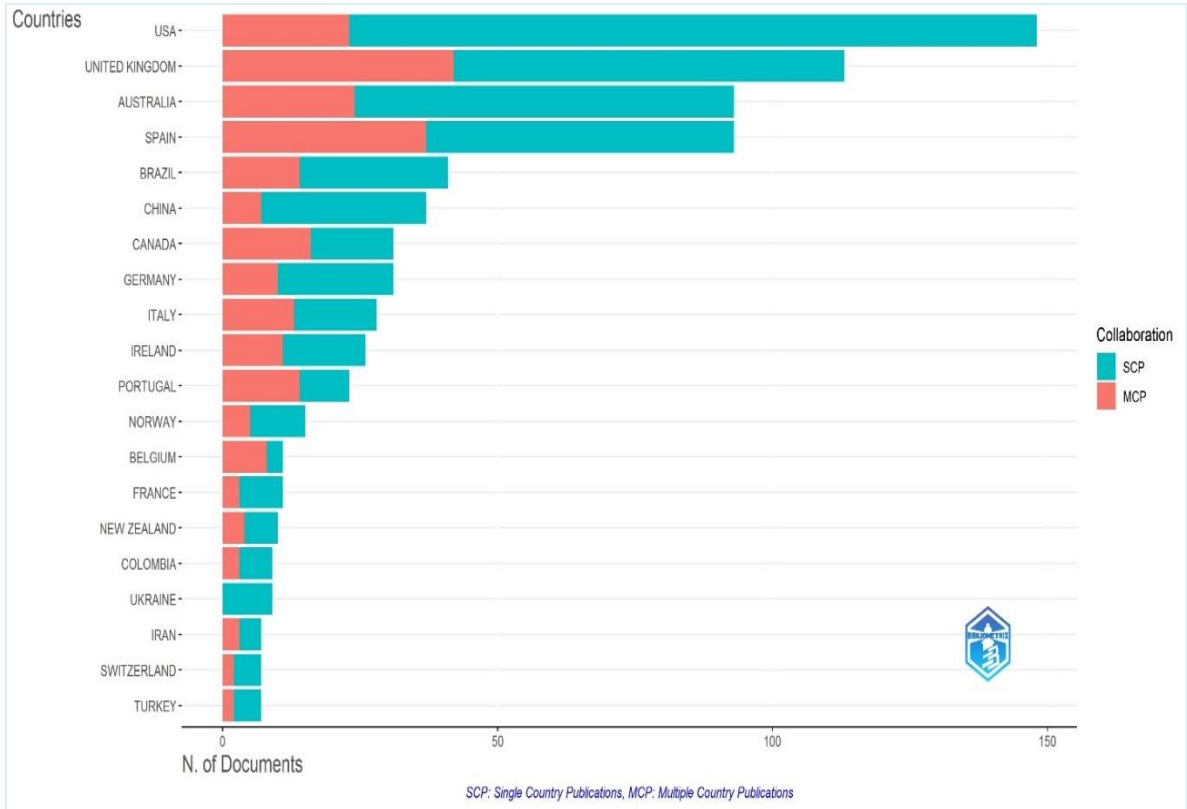


Figure 5. Corresponding author's countries

In Figure 4, according to the number of publications of the respective authors' countries, USA: 148 articles; 17.3% articles; 125 SCP; 23 MCP; 15.5% MCP, United Kingdom: 113 articles; 13.2% articles; 71 SCP; 42 MCP; 37.2% MCP, Australia: 93 articles; 10.9% articles; 69 SCP; 24 MCP; 25.8% MCP. Spain: 93 articles; 10.9% articles; 56 SCP; 37 MCP; 39.8% MCP, Brazil: 41 articles; 4.8% articles; 27 SCP; 14 MCP; 34.1% MCP, China: 37 articles; 4.3% articles; 30 SCP; 7 MCP; 18.9% MCP. Canada: 31 articles; 3.6% articles; 15 SCP; 16 MCP; 51.6% MCP, Germany: 31 articles; 3.6% articles; 21 SCP; 10 MCP; 32.3% MCP, Italy: 28 articles; 3.3% articles; 15 SCP; 13 MCP; 46.4% MCP, Ireland: 26 articles; 3.0% articles; 15; SCP; 11; MCP; 42.3 MCP.

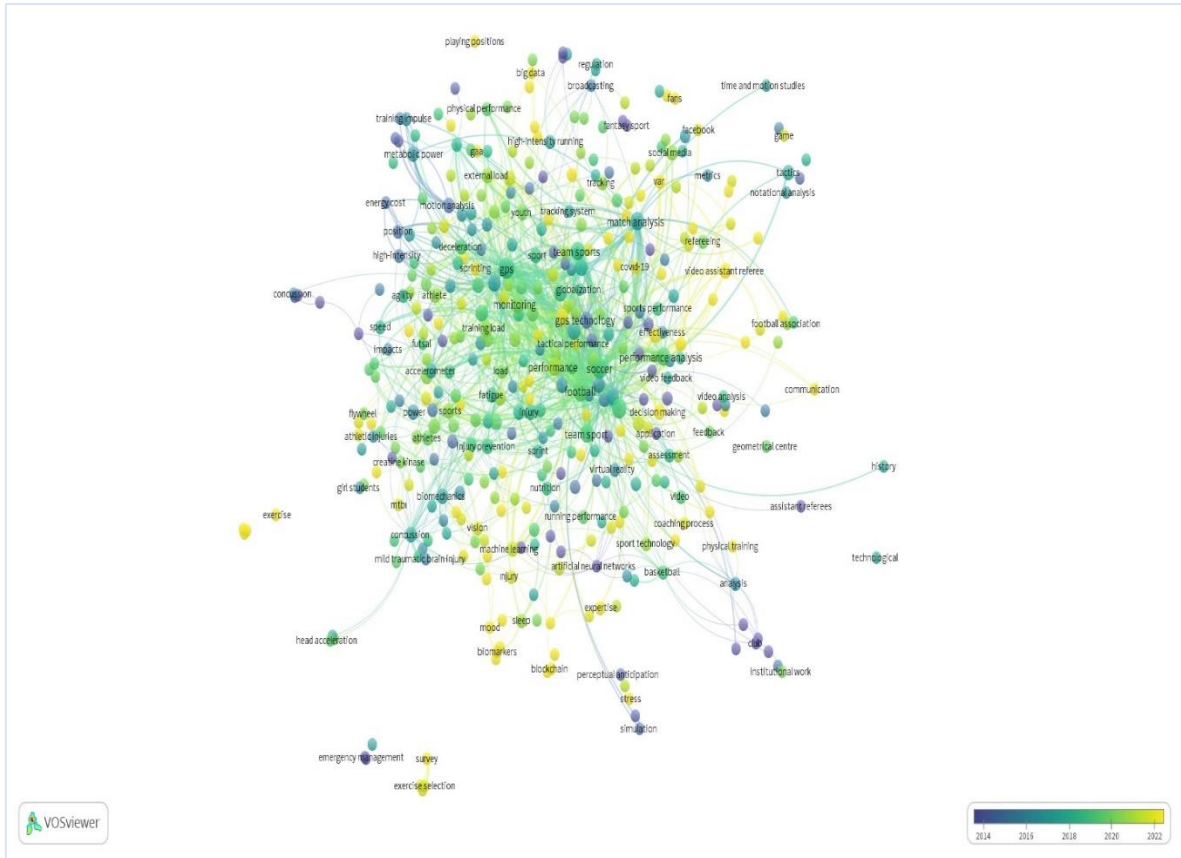


Figure 6. Network map of common words

Network map of common words in Figure 5 has values of items:426, clusters:28, links:2321, total link strength:3150. Soccer by total connection strength: 515 total connection strength, 134 incidents, soccer: 404 total connection strength, 108 incidents, gps: 332 total connection strength, 95 incidents. Technology: 230 total link strength, 64 occurrences, performance: 166 total link strength, 39 occurrences, team sports: 152 total connection strength, 40 occurrences, match analysis: 138 total connection strength, 39 occurrences. Team sports: 114 total link strength, 35 occurrences, performance analysis: 101 total link strength, 31 occurrences, training: 100 total link strength, 20 occurrences.

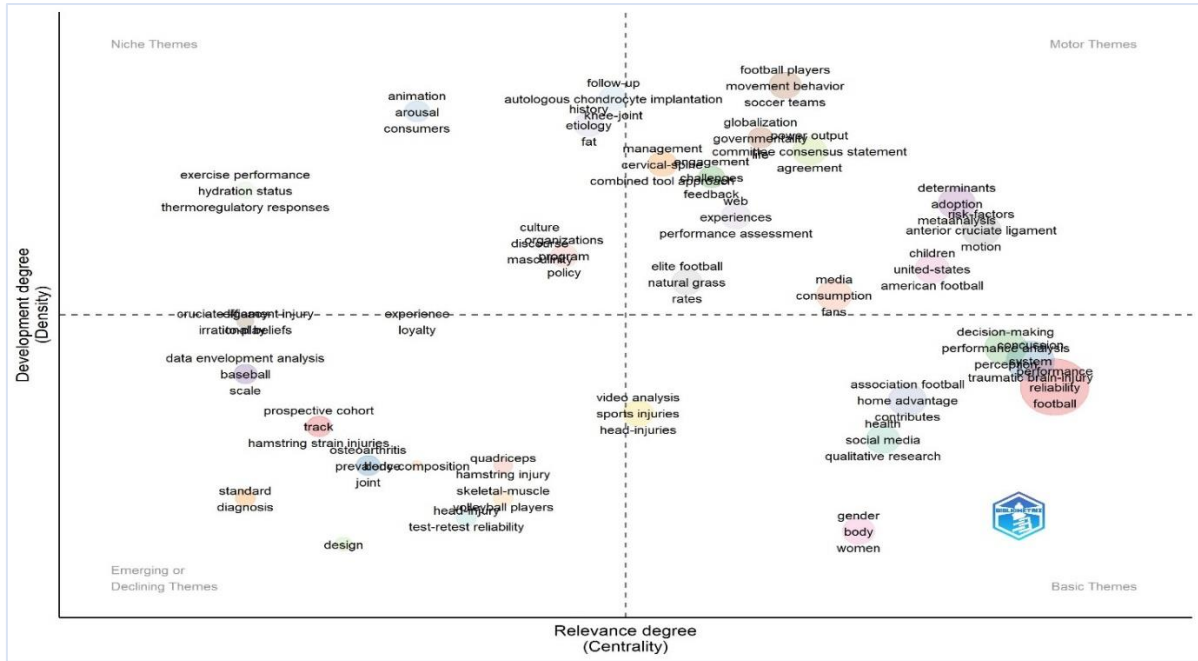


Figure 7. Keyword's plus thematic map

The thematic analysis of keyword's plus in Figure 6 shows that it is concentrated around key concepts identified to examine the role of digital transformation and artificial intelligence and the metaverse in the football domain. Among these concepts, terms such as “performance”, “concussion”, “decision-making”, “management” and “health” were found to be prominent. The findings of the analysis reveal the relationship and importance of these terms across studies. Performance: This concept has the highest centrality (26.536) and density (57.810). This suggests that the impact of digital transformation processes on football performance is an important focus for research. Concussion: With a centrality of 7.467, this concept is critical to the health and safety of soccer players. Research reveals a growing interest in the monitoring and management of concussion in athletes. Decision Making: With a centrality of 5.638, this term highlights that artificial intelligence or metaverse is an important topic to improve the strategic decision-making processes of football teams using data analysis. Management: Although the digitalization of football management and organizational structures is less prominent with 0.898 centrality, it can be said that developments in this area are important for the future of the sport. Gender and Children: These concepts offer different perspectives on the social dimensions of football and point to the need for research on gender equality and child development.

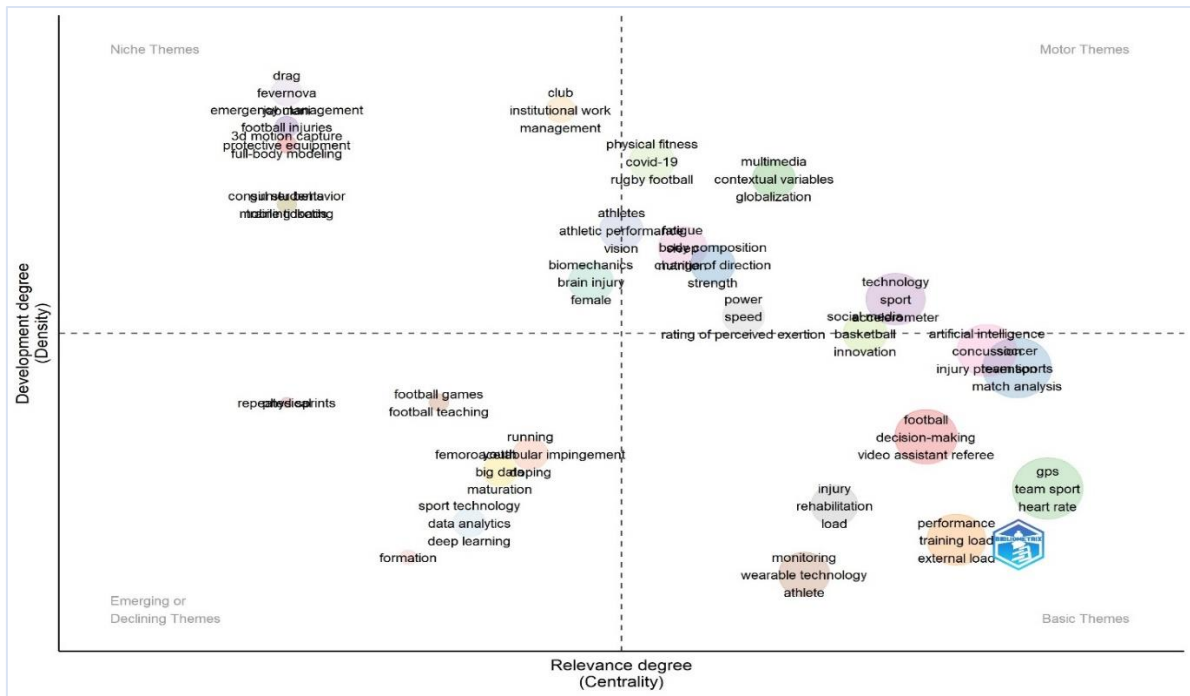


Figure 8. Author's keywords thematic map

The thematic map of author keywords in Figure 7, the keyword analysis on the digital transformation of football, artificial intelligence and the role of the metaverse reveals the interactions and importance of specific topics. In total, the data includes high frequency terms such as 236 soccer, 422 street, 491 GPS. These illustrate the critical roles of soccer technology and digital tools in soccer performance. The keywords Artificial Intelligence and Performance are frequently found in the literature and there are many studies on their applications in soccer. In particular, these studies have focused on the potential of artificial intelligence to improve player performance and reduce injury risks. The concepts of Social Media and Youth illustrate the impact of digital platforms on the younger generation and emphasize the increasing role of social interaction.

Young people's interactions with football are shaped through social media. Multimedia and Consumer Behavior stand out as important topics exploring the impact of the digitalization of football on consumer habits. The keywords Football and Technology show high frequency (236 and 422). This highlights the importance and popularity of football in the digital transformation. GPS (491) and Technology (173) have high Callon Density values in conjunction, indicating the role of technology in improving soccer performance.

The keywords Artificial Intelligence (175) and Performance (167) show how technology is being used to monitor and enhance soccer performance. Monitoring (80) and Injuries (54) have an important place in the health management of athletes, albeit with low frequency. The keywords Social Media (42) and Youth (16) indicate the impact on social interaction and youth in the digital transformation of football. Biomechanics (45) and Physical Performance (48) are important topics for assessing athletes' physical performance. These areas are related to the goals of reducing injury risks and improving performance. The words Multimedia (37) and Consumer Behavior (4) show how the sports industry is evolving on digital platforms and developing new ways to increase consumer interactions. In short, it shows that keywords with high Callon Centrality and Density values interact with each other by appearing intensively in the literature. The concepts of Social Media and Youth revealed the impact of digital platforms on the young generation. The links between technology, GPS, and Artificial Intelligence are directly related to the digitalization of football and the evolution of sport sciences.

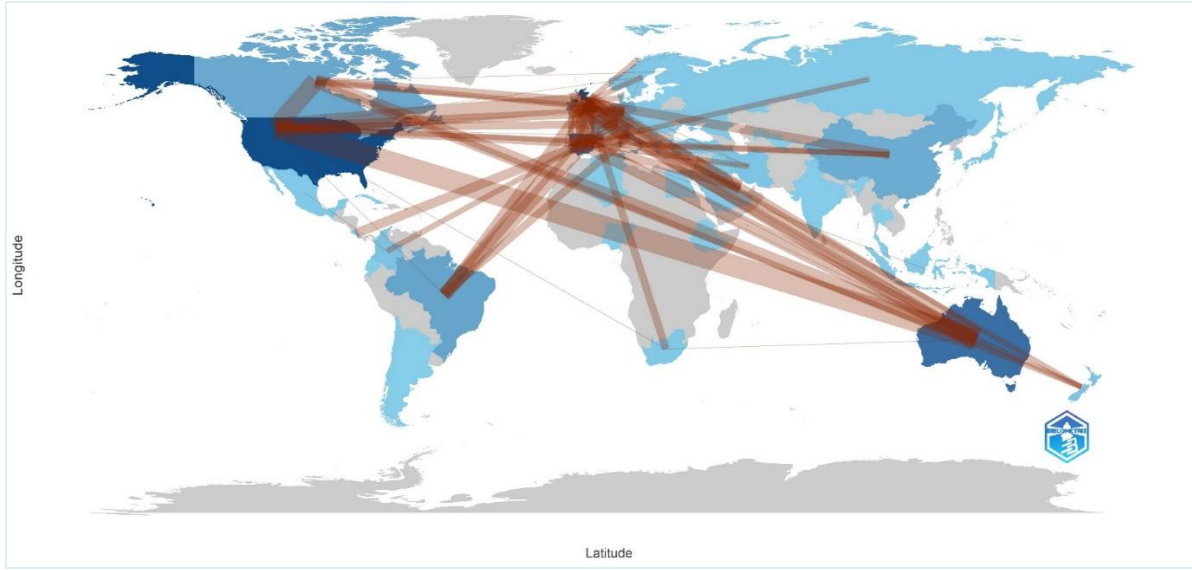


Figure 9. Countries' collaboration world map

The Cooperation of the Countries ranked in the top 10 in Figure 9 is as follows: United Kingdom and Ireland:25, United Kingdom and Australia:22, Usa and Australia:20, United Kingdom and Italy:17, Usa and United Kingdom:16. United Kingdom and Spain:15, Usa and Canada:15, Spain and Portugal:14, United Kingdom and Portugal:12, United Kingdom and France:11.

DISCUSSION AND CONCLUSION

In the analysis by Web of Science categories in a total of 854 records were found on football, artificial intelligence and Metaverse.

The findings of the study show that there has been an increase in the number of broadcasts. This increase reveals that digital transformation is a critical issue in the football industry. However, it is important to note that this increase is not only a quantitative development, but also needs a qualitative depth. The increase in research highlights the potential of the football industry in digital transformation and the importance of innovative approaches to it. The increase in the number of publications also reveals that digital transformation is becoming an increasingly critical area for the football industry. The increasing number of studies allows experts from different disciplines to come together to examine the digital transformation of football. On the other hand, the digital transformation of football encompasses not only technical aspects, but also social and cultural dimensions. In particular, the interaction of fans, the management styles of football clubs and commercial strategies are affected by this transformation. Therefore, future studies in this field need to adopt a more comprehensive and interdisciplinary approach. Therefore, in all these cases in the number of broadcasts, it shows that more innovation and development can be expected in the digitalization process of the football industry.

The increase in the number of citations shows that the digital transformation of football has become not only an area of academic interest but also an industrial necessity. The effects of artificial intelligence and the Metaverse on soccer have provided a rich field of study for many researchers. However, the decline in 2023 can be attributed to reasons such as “Saturation”, “Change of Focus”, “Short-Term Interest”. In this context, many studies may have been conducted on the subject by 2022. This may have created a sense of academic saturation and led to new studies receiving fewer citations. Researchers may have turned to new and different fields other than digital transformation. This may have led to the idea that existing studies do not make a sufficient contribution. The fact that digital transformation and related

technologies are seen as a temporary trend may have reduced the permanence of studies in this field.

When all these situations are evaluated, the increase in the number of citations shows how important the issue of digital transformation has become in the football industry. However, the decline after 2023 could mean that this topic is potentially not addressed in sufficient depth in the academic literature or that there is an increased focus on other topics. This is in line with the fact that the football industry is in constant development and change.

Within the scope of the study, it was concluded that artificial intelligence is used in many areas such as monitoring player performance and developing game strategies, while the metaverse offers important opportunities in terms of increasing fan interaction, organizing virtual events and taking the football experience to new dimensions, and artificial intelligence offers important opportunities in terms of monitoring player performance and developing game strategies.

This analysis, based on Web of Science (WoS) data, clearly reveals in which disciplines research on the digital transformation of football is concentrated. Sport Sciences, the most cited category, shows how the technical and physical aspects of football dominate the research field. This highlights the importance of sports science in studying soccer performance, player health and training techniques. Other categories reveal that the digital transformation of football needs to be addressed not only as a sport, but also in its broader social, economic and psychological dimensions. The Hospitality, Leisure, Sport & Tourism category shows how football interacts with the tourism and leisure sectors, while areas such as Physiology, Psychology Applied allow for the study of the effects of players' health and psychological state on performance. However, the relatively low number of citations for some categories suggests that the relationship between these fields and football has not been sufficiently explored or that they still need to be more widely covered in the academic literature. Especially the low citation numbers in the categories of Sociology, Orthopedics, Engineering Mechanical indicate that important topics such as social structures of football, injuries and mechanical innovations need to be further examined. This analysis shows that research on the digital transformation of football is mostly concentrated within the framework of sports sciences and there is a large literature in this field. However, it is clear that the relationships of soccer with social, psychological and engineering fields have not been sufficiently explored. This highlights the need to bring together different disciplines to better understand and develop the digital transformation of the football industry.

Research on digital transformation in football should not be limited to sports sciences. With the contributions of other disciplines, the social, economic and psychological dynamics of football can be better understood. This interdisciplinary approach will make it possible to address the effects and consequences of the digitalization process of football in a more comprehensive way, especially in an environment where today's football is increasingly based on data and technology. Consequently, diversifying such research on the digital transformation of football will be critical for the future directions of the football industry. Interdisciplinary collaboration and innovative research methods can help to gain a deeper understanding of football's digitalization process and seize emerging opportunities. The meso-distribution of citation topics reveals how the digital transformation of football intersects with various disciplines. The category "Sports Science" accounts for more than half of the total citations, highlighting the impact and importance of sports science on football. On the other hand, the presence of fields such as "Hospitality, Leisure, Sport & Tourism" shows that the social and economic dimensions of football are not ignored. However, the low number of citations for some topics may indicate that the

relationship between these fields and soccer has been less researched or that these topics have not yet been sufficiently covered in the literature. In particular, topics such as “Communication”, “Back Pain” and “Nutrition & Dietetics” attract less attention despite their importance in the overall dynamics of football. This analysis reveals that research on the digital transformation of football is mostly sports science-centered and there is a rich literature in this field. The low rates of other topics indicate that the relationship between football and these disciplines needs to be further examined. The effects of fields such as health and communication on football are critical to understanding the digitalization process. The high number of citations in the sports sciences category underlines the interest and necessity for studies in this field. However, more research on other topics would allow for a deeper understanding of the digital transformation of football. In conclusion, the digitalization process of football has a complex structure that brings together many disciplines. Within this structure, increasing interdisciplinary cooperation and including different perspectives is important for the future of football research. The distribution of citation topics at the micro level provides an important basis for examining the digital transformation of soccer and the impact of technological innovations on this process.

The fact that the Soccer category has the highest rate reveals the unique dynamics of soccer and the majority of research in this field. On the other hand, topics such as Sport Psychology and Traumatic Brain Injury provide important data on the psychological and physiological effects of the digitalization process of football on athletes. Artificial intelligence and the Metaverse have the potential to optimize athletes' performance by influencing data analysis and decision-making processes in the field of sport psychology. However, the low citation numbers of topics such as Technology Acceptance Model indicate that studies on technology adoption in the digitalization process of football have not yet been prominent enough. This suggests that researchers should conduct further studies on the adoption dynamics of AI and Metaverse applications in the football industry. The digital transformation process in soccer is not only a technical change, but also a social and psychological transformation. The highly cited topic "Soccer" provides a broad ground for examining the cultural and social aspects of soccer, as well as how it interacts with technological innovations such as AI and the Metaverse. AI has profound implications for data analysis and player performance, while the Metaverse is reshaping fan engagement and experiences. In this process of transformation, better understanding the relationship between the core elements of soccer and technology should be an important goal for future research. The analysis of citation topics at the micro level clearly shows the main trends and research areas in the digital transformation of football. The predominance of the "Soccer" topic indicates that the unique dynamics of soccer are important, while other topics received less attention, suggesting that there are still unexplored areas in the digitalization of soccer. These findings once again highlight the need for a more interdisciplinary approach to understanding the digital transformation of the soccer industry.

The analysis of the research areas shows that the digital transformation process of football is largely shaped around sport sciences. The more frequent use of the Sport Sciences category reveals how important the technical and performance aspects of football are for research. However, the high number of citations in Social Sciences Other Topics emphasizes the need to investigate the social, cultural and economic aspects of football. Furthermore, the low number of citations in Computer Science and Engineering indicate that the potential of artificial intelligence and Metaverse applications in soccer research has not yet been adequately utilized.

This indicates that there are still unexplored areas of the digitalization process of the football industry. When all the results obtained are evaluated, the predominance of the Sport Sciences category shows that the physical aspects of football come to the forefront. However, the high number of entries in Social Sciences Other Topics reveals that the social dynamics, fan behavior and economic effects of football are also important.

The concentration of soccer research in high impact factor indexes such as Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) shows that this field is taken seriously in science and its technical aspects are examined in detail. This situation reveals that soccer is not just a sport, but can be the subject of scientific and technological research. The significant share of other indexes such as Emerging Sources Citation Index (ESCI) and Social Sciences Citation Index (SSCI) shows that the social and cultural dimensions of football are also receiving more and more attention. However, it is clear that these areas are not yet mature enough and need further research. The low number of entries in the Conference Proceedings Citation Index (both SCI and SSH) suggests that the number of presentations and publications in congresses on football and digital transformation is still limited and that these topics need to be included more in academic debates. The digital transformation process of football is fed by the combination of various academic disciplines. This shows that football research is not only limited to sports sciences, but also social sciences, engineering and computer sciences play an important role in this process. In particular, the impact of modern technologies such as artificial intelligence and the Metaverse on football has aroused a deep interest in the academic world as well as the sports community. However, the available data shows that more research and publications are needed on the digitalization process of football. This will be critical to better understand the evolution and transformation of the football industry. Diversification of research is important to determine the future dynamics of football. This analysis shows the intensity and academic quality of research on football, artificial intelligence and Metaverse. While the dominance of the SCI-EXPANDED index reveals the seriousness of football in scientific research, the low number of records in other indexes shows that the literature on this subject is not yet fully developed. In conclusion, increasing research on the digital transformation of football, especially in the social and engineering fields, will make significant contributions to the development of the football industry.

Diversifying studies in this field and encouraging interdisciplinary collaboration is critical for understanding the future directions of football and seizing the opportunities that arise in this process.

This bibliometric study reveals the key components of digital transformation in football and their interactions. Elements such as artificial intelligence, technological developments and social media are important factors shaping the future of football. The relationships between these themes provide a valuable foundation to guide future research. Research focuses on key areas such as enhancing football performance, ensuring athletes' health safety and optimizing strategic decision-making processes. In particular, concepts such as "performance" and "concussion" stand out as issues that need more attention in the field of sports sciences. This study provides an important framework for understanding the role of artificial intelligence and the metaverse in the digital transformation of soccer. The interplay between the themes can help determine the direction of research and areas for future development of the football industry. In particular, it seems that more work needs to be done in the areas of health, performance and management. This is an important conclusion for both academic and practical applications. The results of the analysis show that the key themes in the digital transformation in football are technological developments and social interactions. Keywords with high Callon Centrality and Density values are heavily present in the literature and reveal that these topics interact with each other. In particular, the role of technologies such as GPS and artificial intelligence in improving soccer performance is evident in the research findings. This study reveals the complexity and multidimensional nature of soccer's digital transformation. The impact of technology, especially artificial intelligence and GPS systems, on the assessment and improvement of soccer performance constitutes an important area of research in the field of sports science. Furthermore, the impact of social media and digital platforms on the younger generation reflects the evolution of sports culture and fan interaction. The digitalization of football is not only affecting the performance of players, but also transforming consumer behavior. Changes in consumers' expectations of matches and players are important elements to consider in clubs' strategic

planning. In this context, multimedia content and social media interactions are becoming increasingly important. In conclusion, this bibliometric study reveals that artificial intelligence and the metaverse play important roles in the digital transformation of football.

By exploring the interactions in these areas in depth, future research can help us better understand how the digitalization process of football is taking shape and which elements are decisive in this process. Furthermore, these results can be used as an important resource for football organizations to develop their digital strategies.

Digital transformation reveals how football is changing for both players and administrations. In particular, artificial intelligence applications, data analysis and monitoring systems are improving the performance of athletes and helping to prevent injuries. However, exploring social issues such as "gender" and "children" is crucial for football to become more inclusive. Participation in soccer can contribute significantly to children's physical fitness, teamwork and social interactions. Research can examine how these experiences foster resilience, discipline and a sense of belonging among young players. Examining how gender affects children's experiences in soccer can provide insights into the different challenges faced by boys and girls. This may involve analyzing motivations, expectations and social dynamics within teams. Exploring the role of coaches and mentors in shaping children's attitudes towards gender can be critical. Programs that promote positive role models and equal treatment can help challenge stereotypes and create a supportive environment. The intersection of gender and child development in soccer highlights the need for comprehensive research that addresses these social dimensions.

In future studies, it is suggested that concepts such as "health", "risk factors" and "media" be examined in more detail. These areas are critical to understanding the social and psychological impacts of the digital transformation process. Case studies showing how AI and metaverse applications work in real-world scenarios should be conducted. This will help translate theoretical knowledge into practice. Multidisciplinary research that brings together sports science, psychology, sociology and technology should be encouraged. In this way, the digital transformation of football can be addressed more comprehensively. Because more research on the psychological factors that influence the performance of soccer players is important to understand the relationship between sports psychology and digital transformation. Training programs for the development of digital skills for athletes, technical teams and managers should be organized. This will increase the effective use of digital technologies. Increasing applied research can help put theoretical knowledge into practice.

More studies should be conducted on the factors affecting the performance of soccer players, especially in the field of health. The effects of artificial intelligence and the Metaverse on football should be studied in collaboration with different disciplines such as social sciences and engineering. This can help to understand the multifaceted effects of soccer's digital transformation. These recommendations provide an important roadmap for a better understanding and implementation of the impacts of digital transformation in the football world.

Publication Ethics: During the preparation and writing process of this study, adherence to the "Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive" was ensured, encompassing scientific, ethical, and citation rules. The collected data were not manipulated in any way, and this study has not been submitted for evaluation to any other academic publication platform

Conflict of Interest Among Authors: Within the scope of this study, there are no personal or financial conflicts of interest among the authors.

Author Contributions Statement: In this study, the contribution percentages of the authors are as follows: the first author contributed 50%, the second author contributed 50%.

References

- Alaeddinoğlu, V. (2024). The importance of municipal sports league in the development of amateur sports. *International Journal of Development Academy*, 1(5), 25-33.
- Arpacı, S. (2024). Bibliometric analysis of international studies on women entrepreneurship. *Sosyal Mucit Academic Review*, 5(2), 154-171. doi:10.54733/smar.1473514
- Ateş, A., & Ünsal, H. (2024). Bibliometric analysis of research on flipped learning. *The Journal of Turkish Educational Sciences*, 22(2), 1084-1098. <https://doi.org/10.37217/tebd.1489685>
- Büyükbaykal, N. G., & İli, B. (2020). Bibliometric analysis of researches for e-sport. *International Journal of Cultural and Social Studies (IntJCSS)*, 6(2), 572-583. <https://doi.org/10.46442/intjcss.794050> adresinden alındı
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809-1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>
- Evli, F., Gıdık, O., Evli, M., Gıdık, B., & Kul, M. (2023). Investigation of the organic food preferences of professional and amateur league football players in Turkey in terms of various variables. *OKU Journal of The Institute of Science and Technology*, 6(3), 2361-2377. doi:10.47495/okufbed.1268342
- Gökdağ, M., Türkmen, M., & Akyüz, H. (2019). Determination of attitudes towards sport of school administrators (Bartın case). *International Journal of Contemporary Educational Studies (IntJCES)*, 5(2), 200-219.
- Kul, M., & Aydemir, B. (2024). Examination of the relationship between Vo2Max Values and various parameters of football players playing in amateur football team. *The Online Journal of Recreation and Sports*, 13(1), 63-69. <https://doi.org/10.22282/tojras.1397829>

MÜDAHALE YAKLAŞIMI: KİNETİK ZİNCİR EGZERSİZLERİ

Intervention Approach: Kinetic Chain Exercises

*Ayşen CANAN PAKELOĞLU¹, Kılıçhan BAYAR²

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon, Muğla/ Türkiye,
E-mail: aysencanan95@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2203-9788

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon, Muğla/ Türkiye,
E-mail: kbayar@mu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8090-5859

* **Corresponding author / Sorumlu Yazar:** Ayşen CANAN PAKELOĞLU, **E-posta:** aysencanan95@gmail.com

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderi Tarihi / Received :07.11.2024

Kabul Tarihi / Accepted :13.12.2024

Online Yayın Tarihi / Published : 31.12.2024

Özet

Kinetik zincir egzersizleri, rehabilitasyon ve performans geliştirme programlarında kullanılan etkili bir yaklaşımdır. Kinetik zincir kavramı, vücudun eklemler ve kaslar aracılığıyla birbiriyle bağlantılı olduğu ve hareketin bir segmentte başladığında diğer segmentleri de etkilediği ilkesine dayanır. Bu bağlamda, kapalı kinetik zincir (KKZ) ve açık kinetik zincir (AKZ) egzersizleri, rehabilitasyon ve egzersiz planlamasında farklı roller üstlenir. KKZ egzersizlerinde distal segment sabit kalır ve birden fazla eklem birlikte çalışır, bu da eklem stabilitesini artırırken vücut ağırlığının dengeli bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Bu egzersizler; diz, kalça ve ayak bileği gibi alt ekstremit eklemlerinde yaralanma sonrası rehabilitasyon için yaygın olarak kullanılır. KKZ egzersizleri ayrıca nöromüsküler kontrol, propriosepsiyon ve eklem stabilizasyonu üzerinde olumlu etkiler yaratır. Özellikle sporcularda, fonksiyonel hareketlerin geliştirilmesi ve performansın artırılması amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. AKZ egzersizleri ise distal segmentin serbest olduğu ve daha izole kas gruplarını hedefleyen egzersizlerdir. AKZ egzersizleri, belirli kas gruplarını güçlendirmek için yararlı olsa da eklem stabilitesi ve fonksiyonel hareket paternlerinin geliştirilmesinde KKZ egzersizlerine göre daha sınırlı bir etkiye sahiptir. Kinetik zincir egzersizlerinin, üst ve alt ekstremit eklemlerinde, tendon ve ligament onarımlarında, post-operatif rehabilitasyonda ve kronik ağrı yönetiminde etkinliği kanıtlanmıştır. Her iki egzersiz türü de doğru şekilde planlanıp uygulandığında, rehabilitasyon sürecinde kas kuvvetindeki dengesizlikleri gidermeye, eklem stabilitesini artırmaya ve fonksiyonel hareketleri yeniden kazandırmaya yardımcı olabilir. Sonuç olarak, kinetik zincir egzersizleri, bireylerin hem rehabilitasyon süreçlerinde hem de fonksiyonel hareket kabiliyetlerini artırmada önemli bir müdahale yöntemi olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kapalı kinetik zincir, Açık kinetik zincir, Egzersiz

Abstract

Kinetic chain exercises are an effective approach used in rehabilitation and performance improvement programmes. The concept of kinetic chain is based on the principle that the body is interconnected through joints and muscles and when movement starts in one segment, it affects other segments. In this context, closed kinetic chain (CKC) and open kinetic chain (OKC) exercises play different roles in rehabilitation and exercise planning. In CKC exercises, the distal segment remains fixed and multiple joints work together, which improves joint stability and provides a balanced distribution of body weight. These exercises are widely used for post-injury rehabilitation of lower limb joints such as the knee, hip and ankle. CKC exercises also have positive effects on neuromuscular control, proprioception and joint stabilization. Especially in athletes, it is frequently preferred to improve functional movements and increase performance. OKC exercises are exercises in which the distal segment is free and target more isolated muscle groups. Although OKC exercises are useful for strengthening certain muscle groups, they have a more limited effect on the development of joint stability and functional movement patterns than CKZ exercises. Kinetic chain exercises have proven to be effective in upper and lower extremity injuries, tendon and ligament repairs, post-operative rehabilitation and chronic pain management. Both types of exercises, when properly planned and performed, can help to eliminate imbalances in muscle strength, increase joint stability and restore functional movements during the rehabilitation process. As a result, kinetic chain exercises stand out as an important intervention method in both rehabilitation processes and increasing functional mobility of individuals.

Keywords: Close Kinetic Chain, Open Kinetic Chain, Exercise

GİRİŞ

Kinetik zincir kavramı, 1955 yılında Steindler tarafından insan hareketlerini açıklamak amacıyla geliştirilmiştir. Steindler kinetik zincirleri, üst üste yerleşmiş rijit segmentlerin hareketli eklemler aracılığıyla bağlandığı sistemler olarak tanımlamıştır. İnsan vücudunda alt ekstremité kemikleri rijit segmentler olarak kabul edilir; ayak, alt bacak, uyluk ve pelvis kemikleri bu rijit segmentleri oluşturur. Subtalar, talokrural, tibiofemoral ve kalça eklemleri ise bu segmentler arasında yer alarak, hareketlerin koordinasyonundan sorumlu bağlantı eklemleri olarak işlev görür (Snyder- Mackler, 1996; Pamboris, et al., 2024).

Steindler'in bu kavramsal çerçevesi, kinetik zincirin insan hareket sistemi içindeki işlevini daha iyi anlamamıza olanak tanır. Bu çerçeveye göre, Steindler AKZ ve KKZ olmak üzere iki temel tür kinetik zincir tanımlamıştır. Açık kinetik zincir, distal segmentin serbest bir şekilde hareket edebildiği durumu ifade eder ve genellikle izole kas gruplarının aktivasyonu ile gerçekleştirilir. Örneğin, yürüme sırasında kalça fleksiyonu veya elin serbest bir şekilde sallanması AKZ'ye örnek verilebilir. Buna karşılık KKZ, distal segmentin dış direnç veya sabit bir yüzeyle etkileşimde olduğu ve serbest hareket kabiliyetinin sınırlı olduğu hareket biçimini tanımlar (Steindler, 1973). Bu tür bir zincirde, çoklu eklem ve kas grupları birlikte çalışarak hareketi koordine eder. Örneğin, merdiven inme sırasında üst ekstremité, dengenin sağlanması ve hareketin kontrolü açısından önemlidir. Bu süreçte, kas-iskelet sistemi stabilitesinin desteklenmesi hareketin kontrol edilmesine katkı sağlar. Koltuk değneği kullanımı sırasında ise KKZ'de yer alan eklemler arasındaki kompresyon kuvvetleri artar. Bu durum, omuz ve dirsek eklemlerinin stabilizasyonunu destekler ve proprioseptif geri bildirim ile postüral kontrolün sürdürülmesine yardımcı olur. Özellikle KKZ hareketlerinde, üst ekstremitenin işlevi nöromusküler kontrol ve denge mekanizmalarında önemli rol oynar.

Tanımlar

Açık Kinetik Zincir

AKZ egzersizleri, distal segmentin serbest hareket edebildiği ve hareketin tek bir eklem üzerinde odaklandığı egzersiz yöntemidir. Bu tip egzersizde; bir eklem hareketi, zincirdeki diğer eklemlerin hareketine bağlı olmaksızın gerçekleşir ve hareketin biyomekanik paternleri, genellikle tek bir eklemden izole edilir. AKZ egzersizleri, kas gruplarının daha izole aktivasyonuna olanak tanır ve zincirdeki diğer eklemlerin minimal düzeyde etkileşimde bulunmasıyla karakterizedir. Örneğin, bir topa tekme atma hareketi sırasında yalnızca diz eklemi üzerinde fleksiyon ve ekstansiyon meydana gelirken, diğer eklemler bu harekete doğrudan katılmaz. Benzer şekilde, bir nesneyi başın üzerine uzanarak almak, omuz eklemi hareketine odaklanan tipik bir AKZ egzersizi örneğidir. Bu egzersiz türü, rehabilitasyon sürecinde özellikle belirli kas gruplarını kuvvetlendirmek için tercih edilmektedir (Karandikar and Vargas; 2011; Glass and Hoogenboom, 2010; Palmitier et al., 1992).

AKZ egzersizlerinin temel amacı, belirli kas gruplarının izole bir şekilde çalıştırılması ve eklem hareket açıklığının artırılmasıdır. Bu egzersizlerde, distal segment serbest hareket edebilmekte, böylece kas ve eklem üzerindeki yük dağılımı lokalize olmaktadır (Glass and Hoogenboom, 2010). AKZ egzersizleri, belirli bir kas grubunu hedef alarak, kas kuvveti ve dayanıklılığını geliştirmeye yardımcı olurken, aynı zamanda motor kontrol ve denge becerilerinin iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Wilk et al., 2016).

Bu egzersizlerin rehabilitasyon süreçlerinde özellikle yaralanma sonrası dönemde kullanımı yaygındır. Yaralanmış kas ve eklemlerin işlevselliğini geri kazandırmak amacıyla, düşük etkili yüklenmelerle yapılan AKZ egzersizleri, iyileşme sürecini desteklerken, aynı zamanda ağrı yönetimini kolaylaştırır (Glass and Hoogenboom, 2010; Lephart et al., 2002). Örneğin, diz

yaralanmalarında AKZ egzersizleri, diz eklemine odaklanarak çevre kasların güçlendirilmesini sağlarken, diğer eklemlerin hareketine minimum düzeyde etki eder. Bu hem yaralanma riskini azaltır hem de rehabilitasyon sürecinde güvenli bir ilerleme sağlar (Augustsson, 2003).

Ayrıca, AKZ egzersizleri, günlük yaşam aktivitelerinde gereken hareket kalıplarını simüle ederek, bireylerin fonksiyonel kapasitelerini artırmalarına ve aktif yaşam tarzlarına güvenli bir şekilde dönüş yapmalarına yardımcı olur. Dolayısıyla, AKZ egzersizleri, yalnızca rehabilitasyon süreçlerinde değil, aynı zamanda kuvvet ve dayanıklılık geliştirme stratejilerinde de önemli bir rol oynamaktadır.

AKZ Egzersizlerinin Özellikleri:

- **Bağımsız Eklem Hareketleri:** AKZ egzersizleri sırasında eklem hareketleri, diğer eklemlerin pozisyonlarından bağımsız olarak gerçekleşir. Örneğin, diz fleksiyonu, ayak bileğinin pozisyonundan etkilenmeden meydana gelir; bu durum, belirli kas gruplarının izole bir şekilde çalıştırılmasını mümkün kılar.
- **Distal Eklem Hareketi:** AKZ egzersizlerinde hareket, eklem distal kısmında meydana gelir. Örneğin, yalnızca alt bacağın hareketi ile dizin fleksiyonu sağlanır, bu da hareketin belirli bir segment üzerinde odaklanmasını sağlar.
- **Konsantrik Kas Kasılmaları:** Bu egzersizlerde kas kasılmaları genellikle konsantrik olarak gerçekleşir. Bu durum, kasların boyunu kısaltırken oluşturduğu kuvvet ile eklemde hareket açığa çıkarması ile karakterizedir.
- **Artan Distraksiyon ve Dönme Kuvvetleri:** AKZ egzersizleri sırasında daha fazla distraksiyon ve döndürme kuvvetleri ortaya çıkar. Bu, eklem hareketinin mekanik özelliklerini etkileyerek, hareket sırasında oluşan yüklerin ve kuvvetlerin daha spesifik bir biçimde yönlendirilmesine olanak tanır.
- **Dış Destek ve Stabilizasyon Gereksinimi:** AKZ egzersizleri genellikle dış destek (duvar, paralel bar vb.) ile stabilizasyon gerektirir. Bu, egzersizlerin güvenli bir şekilde uygulanmasını sağlarken, aynı zamanda eklem stabilitesinin artırılmasına yardımcı olur.
- **Aktif Mekanoreseptörler:** Egzersiz sırasında mekanoreseptörler, hareket eden vücut kısmının konumunu ve hızını, ani denge ya da yön değişikliklerini, hareket eden kas grubundaki gerilimi sürekli algılar. Bu durum, proprioseptif geri bildirimini iyileşmesine katkıda bulunarak, denge ve koordinasyon yeteneklerinin geliştirilmesini destekler.

Rehabilitasyon programı planlanırken, hastanın optimum fonksiyona ulaşması için gereken kas kasılmaları ve eklem hareketlerinin türü göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı kinetik zincir egzersizleri, farklı türde kas kasılmaları ve eklem hareketleri gerektirir. Sabit bisiklet sürme sırasında, ayak pedala sabitlenir ve pedala direnç uygular. Ancak ayak, pedal hareketi sırasında serbest bir şekilde hareket edebilir. Bu durum, özellikle bacak kaslarının konsantrik kasılmalarının baskın olmasına yol açar. Ayrıca, sabit bisiklet sürerken proksimal segment (kalça ve üst bacak) sabit kalırken, distal segment (alt bacak ve ayak) aktif olarak hareket eder. Merdiven inme sırasında gerçekleştirilen KKZ egzersizinde ise proksimal eklem hareket ederken distal eklem sabit kalır. Diz ekstansiyonu, sabit bir tibia üzerinde femurun medial yüzeyinin posterior ve medial yönde hareket etmesiyle gerçekleşir. Bu hareket, kalça ve diz fleksör kaslarının eksantrik kasılmasıyla kontrol edilir. Yürüme, merdiven inme veya oturma gibi fonksiyonel aktivitelerin analizi sırasında, ilgili kas kasılma tiplerinin ve eklem hareketlerinin belirlenmesi, uygun kinetik zincir egzersizlerinin seçilmesi sürecinde önemli bir rehber niteliği taşır (Conceição, et al., 2022; Wozniak-Timmer, 1991).

Kapalı Kinetik Zincir

KKZ egzersizleri, distal segmentin sabit bir yüzey ya da dirençle temas halinde olduğu ve hareketin dışsal dirençler tarafından kısıtlandığı egzersiz yöntemidir. KKZ egzersizlerinde, birden fazla eklem senkronize olarak hareket eder. Örneğin, oturma pozisyonunda gerçekleştirilen bir KKZ egzersizinde

kalça, diz ve ayak bileği eklemleri arasında uyumlu ve tahmin edilebilir bir hareket paternine rastlanır. Bu tür egzersizler sırasında kalça fleksiyonu, diz fleksiyonu ve ayak bileği dorsifleksiyonu eş zamanlı olarak meydana gelir ve bu hareket dizisi, alt ekstremitenin çok eklemlerli bir koordinasyon içinde çalışmasına olanak tanır. Üst ekstremiteler için tipik bir KKZ egzersizi örneği push up hareketi sırasında üst ekstremitelerin aktif olarak kullanılmasıdır. Eller yere sabit bir şekilde temas ederken, omuz, dirsek ve bilek eklemleri aktif olarak birlikte çalışır. Bu, üst ekstremitelerde çok eklemlerli bir sinerji oluşturur ve aynı zamanda gövde kasları da stabilizasyona yardım etmek için devreye girer. Şınav hareketi vücut ağırlığını sabit bir destek üzerinden taşıyarak eklemlerin koordinasyonunu ve kasların bir arada çalışmasını gerektirir. KKZ egzersizleri, proprioseptif geri bildirim artırma, eklem stabilitesini geliştirme ve fonksiyonel kuvvet kazanımını desteklemede kritik bir rol oynamaktadır (Karandikar and Vargas;2011; Glass and Hoogenboom, 2010; Palmitier et al.,1992).

KKZ egzersizlerinin temel amacı, fonksiyonel hareket paternlerini simüle ederek vücudun biyomekanik ve nöromüsküler sistemlerinin uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Bu egzersizler, ağırlık taşıma kuvvetlerini ve yerçekimi etkilerini kullanarak vücut üzerinde çoklu eklem ve kas gruplarının koordinasyonunu geliştirir (Steindler, 1973). Özellikle alt ve üst ekstremitelerde, eklem stabilizasyonunu artırma, kuvvet aktarımını optimize etme ve proprioseptif geri bildirim iyileştirme amacı taşır. KKZ egzersizleri, günlük aktivitelerde karşılaşılan dinamik yüklenmeler ve denge gereksinimlerine adapte olmayı kolaylaştırır.

Özellikle rehabilitasyon süreçlerinde KKZ egzersizleri, eklem çevresindeki stabiliteyi ve kas-iskelet sisteminin fonksiyonel kapasitesini güvenli bir şekilde artırmak için kullanılır. Bu egzersizlerin, düşük riskli yüklenme profiline sahip olmaları, özellikle yaralanma sonrası erken dönemde eklem yapılarının korunması ve aşırı yüklenmeden kaçınılması açısından avantaj sağlar. Ayrıca, KKZ egzersizleri vücut mekaniğini iyileştirerek, hastaların güvenli bir şekilde fonksiyonel hareket kalıplarını yeniden kazanmasına ve günlük yaşam aktivitelerine, hatta spor gibi yüksek talep gerektiren aktivitelerle güvenle dönmelerine yardımcı olur. Dolayısıyla KKZ egzersizleri yalnızca rehabilitasyon süreçlerinde değil, aynı zamanda performans geliştirme ve yaralanmaları önleme stratejilerinde de önemli bir yere sahiptir (Tagesson et al.,2008).

KKZ Egzersizlerinin Özellikleri:

- **Eklemler Arası Bağlılık:** KKZ egzersizleri sırasında eklem hareketleri birbirine bağlıdır; bu sayede bir eklemdaki hareket, diğer eklemlerin hareketini etkiler. Örneğin, dizin fleksiyonu, ayak bileğinin dorsifleksiyonuna bağlı bir hareket paternidir. Bu bağlılık, vücut mekaniklerinin entegre bir şekilde çalışmasına olanak tanır.
- **Tahmin Edilebilir Eklemsel Hareketler:** Eklem hem proksimal hem de distal eklemlerinde öngörülebilir hareketler gerçekleşir. Örneğin, diz fleksiyonu sürecinde kalça fleksiyonu, iç rotasyon, addüksiyon ve ayak bileği dorsifleksiyonu gibi eş zamanlı hareketler görülmektedir. Bu durum, hareketlerin sinerjik bir biçimde gerçekleşmesini sağlar.
- **Kas Kasılma Dinamikleri:** KKZ egzersizlerinde kas kasılmaları genellikle eksantrik olarak gerçekleşir ve birlikte çalışan kas grupları, eklem stabilizasyonunu sağlamak için entegre olarak hareket eder. Bu kas aktivasyonu, eklem sağlığını korumak ve yaralanma riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir.
- **Artan Eklem Kompresyon Kuvvetleri:** Bu tür egzersizler sırasında daha büyük kompresyon kuvvetleri meydana gelir. Bu durum, eklem yüzeylerinin kaymasını azaltarak stabiliteyi artırır. Eklemler arası düzgün yük dağılımı, osteoartrit gibi eklem rahatsızlıklarının önlenmesine yardımcı olabilir.
- **Ortak Uyum ve Stabilizasyon:** Eklem hareketleri arasındaki uyum, genel stabilizasyonu destekler, bu da denge ve hareket kabiliyetini geliştirir.
- **Ağırlık Taşıma ve Kas Kasılmaları:** Bu egzersizler, ağırlık taşıma kuvvetlerinin ve kas kasılmalarının entegrasyonunu (İntermusküler koordinasyon) içerir. Bu mekanizma, kas kuvvetini artırarak, hareket kabiliyetini optimize eder.

- **Gelişmiş Proprioepsiyon:** Mekanoreseptörlerin sayısının artması, proprioseptif geri bildirimini iyileşmesini sağlar. Bu durum, bireylerin vücut pozisyonlarını algılama yeteneğini artırarak, denge ve koordinasyon becerilerini geliştirmeye katkıda bulunur.

Kinetik Zincir Egzersizlerinin Fizyolojisi ve Biyomekaniği

Kapalı Kinetik Zincir Egzersizlerinin Fizyolojisi ve Biyomekaniği

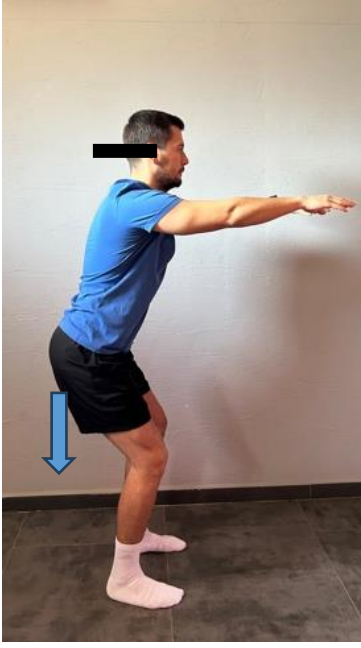
KKZ egzersizlerinden verimli bir şekilde yararlanmak için bazı noktalara dikkat edilmesi gereklidir.

- Ağırlık merkezinin doğru yerleştirilmesi
- Ayağın uygun şekilde yerleştirilmesi
- Proksimal ve distal segmentler arasındaki ilişkinin dikkate alınması

KKZ egzersizlerinde, dizin fleksiyon-ekstansiyon hareketleri sırasında ağırlık merkezinin dizin pozisyonuna göre ayarlanması, farklı kas gruplarının aktivasyonunu ve güçlenmesini sağlayabilir. Resim 1, ağırlık merkezinin doğrudan diz üzerinden geçtiği bir minisquat örneğidir. Bu durumda diz ekstansör kasları hareketin kontrolünü sağlamak için aktif hale gelir. Resim 2'de, ağırlık merkezi dizin arkasından geçmekte olup, bu konum kalça ekstansör kaslarının hareketi kontrol etmek için daha fazla çaba göstermesini gerektirir. Resim 3 ise pelvisin dizin önünde olduğu bir diz fleksiyon-ekstansiyon egzersizini (adım alma egzersizini) göstermektedir ve bu durumda gastroknemius kası, diz hareketini kontrol etmek için devreye girer. Dolayısıyla merdiven çıkma, oturup kalkma ve yürüme gibi günlük aktivitelerde de vücudun ekstremiteler üzerindeki pozisyonu çalışan kas grupları ve enerji tüketimi açısından önemlidir (Brody and Hall, 2011).



Resim 1- Ağırlık merkezi doğrudan dizin üzerindedir.



Resim 2- Ağırlık merkezi dizin arkasındadır.



Resim 3- Ağırlık merkezi dizin önündedir.

Ayağın pozisyonu, KKZ egzersizlerinin verimliliğini etkileyebilir. Subtalar eklemin aşırı pronasyonuna izin verildiğinde, tüm alt ekstremitede iç rotasyon meydana gelir ve bu durum dizde valgus stresi artışına yol açar. Zamanla patellotemoral ağrının ortaya çıkmasına veya medial kollateral bağın stres altında kalmasına neden olabilir. Ayağın ve dolayısıyla tüm alt ekstremitenin daha iyi bir pozisyonda olmasını sağlamak için yardımcı cihazlar kullanılabilir (Gray, 1989; Root et al.,1971). Gastroknemius kasını KKZ pozisyonunda gererken, subtalar eklemi nötral veya hafif supin pozisyonda desteklemek amacıyla çeşitli yardımcı cihazlar kullanılabilir. Resim 4'te subtalar pronasyonu sınırlamak ve talokrural eklemin dorsifleksiyonunu artırmak için kullanılan yardımcı cihazı göstermektedir.



Resim 4- Subtalar eklemin nötr veya hafif supinasyon pozisyonunda desteklenmesi, ayak bileği- talokrural eklemin dorsifleksiyonunu artırır.

Proksimal ve distal segmentlerin ilişkisi, hareketin bütünselliği açısından önemlidir. KKZ egzersizlerinde proksimal segment, daha sabit bir distal segment üzerinde hareket eder. Örneğin, kapalı zincir diz ekstansiyonu, sabit bir tibia üzerinde femurun posteriora doğru hareket etmesi ve mediale doğru bir iç rotasyon bileşeni ile gerçekleştirilir. Bir diğer örnek, ayak bileği ekleminin dorsifleksiyon hareketidir. Kapalı zincir egzersizinde, bu hareket, tibia ve fibulanın sabit bir talus üzerinde hareket etmesiyle sağlanır. Diz ekstansiyondayken, gastroknemius ve soleus kaslarının eksantrik kasılması, KKZ egzersizlerinde ayak bileği ekleminin dorsifleksiyonunu kontrol etmekten sorumludur (Brody and Hall,2011).

KKZ egzersizlerinde hareket, dönme ekseninin hem proksimal hem de distalinde gerçekleşir. Segmentlerin birbirlerine göre hareketleri ve hareket hızları arasındaki ilişkiyi anlamak önemlidir. Osteokinematik olarak, kapalı kinetik zincir hareketlerinde, distal segmentin (tibia) hareketi sınırlı olduğunda, proksimal segmentin (femur) daha geniş bir hareket aralığında hareket etmesi sağlanır. Örneğin, diz fleksiyonu sırasında femur, sabit tibia üzerinde iç rotasyon yapar. Bu rotasyon gerçekleşmezse, diz fleksiyonu sağlanamaz. Kapalı kinetik zincir pozisyonunda diz fleksiyonunu kontrol etmek, tibianın aşağıdan ve femurun yukarıdan karşılıklı rotasyon hareketlerinin kas kontrolünü gerektirir. Diz fleksiyonu sırasında, femur tibia üzerinde iç rotasyon yaparken tibia sabit kalır veya minimal bir iç rotasyon gösterir. Eğer femur ve tibia aynı hızda ve aynı miktarda dönerse, göreceli bir hareket meydana gelmez. Derin arka baldır (gastroknemius ve soleus) kaslarının eksantrik kasılması, subtalar eklem pronasyonunun hızını ve miktarını kontrol ederken, kalça eksternal rotatörlerinin eksantrik kasılması ise kalçadaki aşırı iç rotasyonu dengeler. Bu süreçler, düzgün ve koordineli bir diz fleksiyonu ile sonuçlanır (Pamboris et al.,2024; Ng et al.,2022).

Proksimal segmentin distal segment üzerinde hareket etmesi kavramı, immobilizasyon dönemlerinden sonra eklemler mobilize edilirken büyük önem taşır. Standart mobilizasyon teknikleri genellikle distal segmentin hareketliliğini artırmayı hedefler. Ancak, fonksiyonel hareketler sırasında proksimal segment distal segment üzerinde hareket eder. Bu nedenle eklemlerin, özellikle de ayak ve ayak bileğinin bu prensibe uygun olarak mobilize edilmesi, fonksiyonel performansı artırabilir. Eklem mobilizasyonunun ardından KKZ egzersizlerinin dahil edilmesi, elde edilen hareket aralığında uygun KKZ kinematığını ve optimal kas kasılmalarını sağlamak için önemlidir (Brody and Hall,2011).

Rehabilitasyonda Kapalı Kinetik Zincir Egzersizlerinin Rolü

KKZ egzersizlerinin rehabilitasyonda kullanımı 1980'lerde, ön çapraz bağ (ACL) rekonstrüksiyonu sonrası hastalarda kuadriseps kasını rehabilite etmek için güvenli yöntemler aranması ile başlamıştır. 1960'lar ve 1970'ler boyunca yapılan çalışmalarda, açık kinetik zincir diz ekstansiyonunun son 30 derecesinde anterior kesme kuvvetlerinde bir artış gözlemlenmiş ve bu artışın iyileşmekte olan greft üzerinde olumsuz etkiler yarattığı düşünülmüştür (Butler et al.,1980; Domnick et al.,2016). KKZ eklem boyunca lokal agonist-antagonist kas koaktivasyonunu artıran, eklem kaymasını azaltan, eklem yer değiştirmesini ve ACL gerginliğini en aza indiren ve proprioseptif uyarıları artıran etkili egzersizlerden birisidir.

Rehabilitasyon programı yaralı dokuların onarımı ve iyileşmesini değil aynı zamanda eklemlerin doğru pozisyonlanması ve hareketinin yanı sıra kasların uygun sırayla aktivasyonunu da gerektirir. Kapalı kinetik zincir egzersizleri, bu eksiklikleri gidermek ve daha iyi fonksiyonel iyileşme sağlamak için etkili olabilir. Bu nedenle KKZ egzersizleri, patellafemoral ve ACL yaralanmalarının rehabilitasyonunda kullanılmaktadır. ACL ve patellofemoral yaralanmaların rehabilitasyonda KKZ egzersizleri erken rehabilitasyon aşamalarında benzerdir. Ancak ilerleyen aşamalarda farklılık gösterir.

Grood ve arkadaşları, kadavra deneylerinde açık kinetik zincir diz ekstansiyonunun anterior tibial translasyonu artırdığını göstermiştir. Bu durumu en aza indirmek için dik duruşta egzersiz yapmayı önermişlerdir (Grood et al.,1983). Henning ve arkadaşları, iki gönüllünün ACL'sine bir gerinim ölçer yerleştirerek, 0 ve 22 derecede izometrik diz ekstansiyonunu ve günlük aktiviteler sırasında ACL üzerindeki gerinim miktarını ölçmüşlerdir. Dizin 22 dereceye kadar izometrik olarak uzatılmasının ACL üzerinde, yürüme veya sabit bisiklete binmeye kıyasla daha fazla yük oluşturduğunu göstermiştir (Henning et al.,2005).

Diz rehabilitasyonu için kapalı zincir egzersizleri erken ağırlık taşımaya izin vererek iyileşen bölgeyi korur ve ekstremiteyi fonksiyonel aktiviteler için hazırlar. KKZ egzersizleri ACL ve patellofemoral yaralanmalar dahil olmak üzere diz rehabilitasyon protokolünün temelini oluşturmalıdır. Protokollerin kesin sırası ve bileşimi değişkenlik göstermekle birlikte bu tür egzersizlerin uygulandığı protokoller fonksiyonel duruma daha hızlı dönüş olduğunu göstermektedir.

Üst ekstremite için KKZ egzersizlerinin gerekliliğini değerlendiren birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar, kas içi elektromiyografi (EMG) verilerine dayanarak, bazı kapalı veya kısmen kapalı egzersizlerin omuz rehabilitasyon programlarına dahil edilmesinin faydalı olabileceğini göstermektedir. Omuzun pozisyonu, hareket dinamikleri ve kuvvet transferi, kapalı zincir aktivitelerinin fizyolojik ve biyomekanik gereksinimlerine uygunluk göstermektedir. Voleybol ve atma sporları gibi aktiviteler sırasında skapula ve omuz, kolun pozisyonuna göre senkronize hareket ederek segmentler arası koordinasyonu sağlar. Omuz, kinetik zincir içerisindeki kuvvetlerin ekstremite arasında transferi ve düzenlenmesinde kritik bir rol oynar, bu da onun rehabilitasyon ve performans artırma süreçlerindeki önemini vurgulamaktadır (Pozzi et al.,2018; Tschakert and Hoffman, 2013).

Pek çok çalışma, hareketlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi için "sabit bir temel" üzerinde durmanın önemini vurgulamaktadır (McQuade et al.,2016; Zhou et al.,2017). Bu bağlamda, Sullivan ve arkadaşlarının motor kontrol aşamalarıyla ilgili bulguları, glenohumeral eklem etrafında stabilite sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Sullivan et al., 1982). Öncelikle glenohumeral eklem stabilitesi sağlanmalı, ardından kontrollü hareketlilik için uygun skapulotorasik ritim oluşturulmalıdır. Alt ekstremite ve gövdede üretilen kuvvetlerin ele etkili bir şekilde aktarılması, bu karmaşık hareketlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi için güçlü bir kinetik zincir gerektirdiğini göstermektedir. Yapılan çalışmalarda omuz disfonksiyonu olan hastaların rehabilitasyonunda tüm kinetik zincirin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Örneğin, bir kişi squat yaparken alt ekstremiteyi düzgün bir

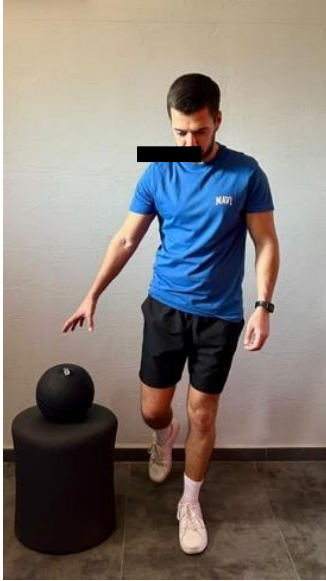
şekilde hizaladıysa, bu omuzların pozisyonunu da etkileyerek, hareketin daha stabil ve kontrollü yapılmasını sağlar. Rehabilitasyon sürecinde, omuz yaralanması olan bir hastanın alt ekstremitelerindeki stabilite ve kuvvetin artırılması üst ekstremitedeki hareketlerin kontrolü ve etkinliği artırabilir (Jaggi et al.,2014; Rubin and Kibler, 2002). Bu nedenle kapalı zincir egzersizleri, omuz yaralanmalarının tedavisinde ve spora dönüş sürecinde etkili bir egzersiz yöntemi olarak kullanılabilir.

Kapalı Kinetik Zincir Egzersizlerinin Yoğunluğu

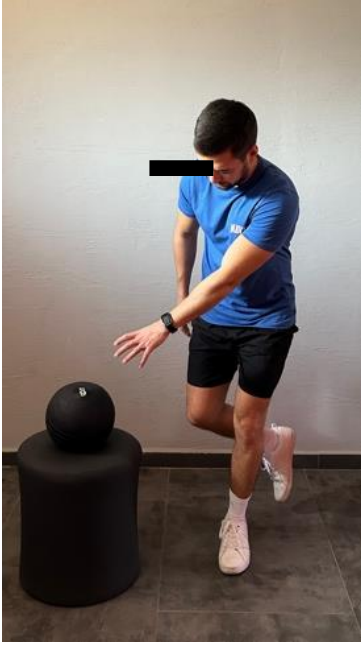
Bir rehabilitasyon programında KKZ egzersizleri kullanılırken kuvvet, hız, karmaşıklık ve hareket kontrolü değişkenleri hem ayrı ayrı hem de birlikte dikkate alınmalıdır. Rehabilitasyon sürecinin başlarında güç, nöromüsküler kontrol ve iyileşmekte olan dokunun strese karşı toleransı genellikle daha düşüktür. Bu nedenle, kuvvet egzersizleri yerçekiminin ortadan kaldırıldığı veya azaltıldığı pozisyonlarda düşük seviyede başlamalıdır. Yaralı doku iyileştikçe ve kas gücü ile koordinasyon geliştikçe, ağırlık taşıma kuvvetleri artırılarak mekanik stres yükseltilebilir (Brody and Hall,2011).

KKZ egzersizleri başlangıçta yavaş ve kontrollü bir şekilde uygulanmalı, sonrasında iyileşen dokunun stres toleransı arttıkça ve nöromüsküler kontrol gelişimi sağlandıkça egzersizler kademeli olarak ilerletilmelidir. Cook ve Purdam, tendinit tedavisinde optimal rehabilitasyonun, muskulotendinöz ünitenin eksantrik yüklenmesini ve bu yüklenmelerin hızının artırılmasını içermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Eksantrik yüklerin kontrol edilememesinin yaralanmalara yol açan temel faktörlerden biri olduğunu belirtmektedirler (Cook and Purdam,2009). Bu nedenle, rehabilitasyon programları sırasında eksantrik kasılmaların dikkatle yönetilmesi, etkin bir iyileşme süreci için kritik öneme sahiptir.

Karmaşık hareketler hem günlük yaşam aktiviteleri hem de atletik performansın temel bileşenleridir. KKZ egzersizleri, başlangıçta sagittal düzlemde uygulanmalı, ilerleyen süreçte frontal ve transvers düzlemleri içerecek şekilde kademeli olarak çeşitlendirilmelidir. Örneğin, tek bacak üzerinde duruş sırasında frontal düzlemde meydana gelen zorluklara, lateral uzanma hareketi örnek olarak verilebilir (Resim 5). Tek bacak duruşunda transvers düzlemin zorlanmasına ise gövdenin sağa döndürülerek yapılan uzanma hareketi örnek gösterilebilir (Resim 6). Hastaların fonksiyonel ihtiyaçlarına uygun zorluk seviyesini artırmak için, rehabilitasyon sürecinde harici nesnelere (örneğin, basketbol topu sürmek) kullanılarak farklı aktiviteler entegre edilmelidir. Bu yaklaşım, nöromüsküler kontrolü ve stabiliteyi geliştirmeye yönelik olarak daha kompleks hareket örüntülerine geçişi destekler.

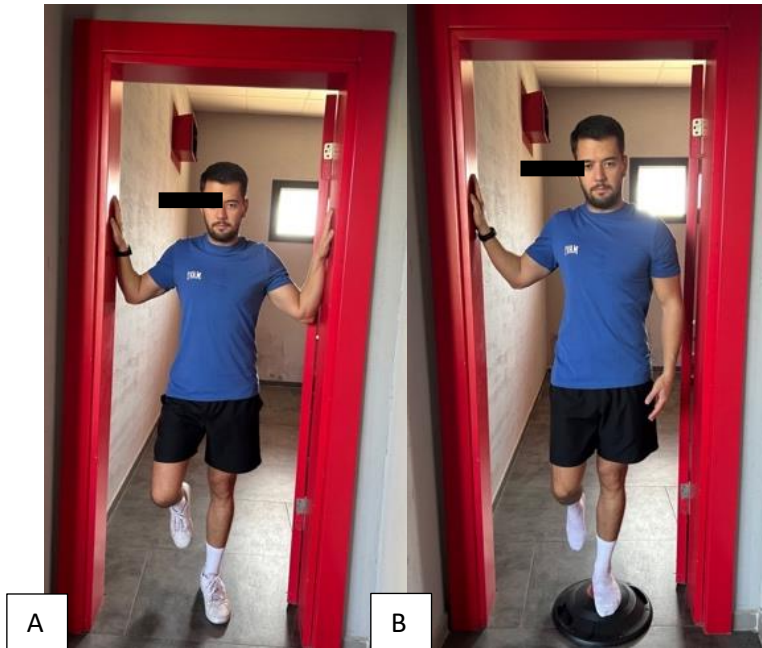


Resim 5-Frontal planda denge için tek ayak üzerinde durma sırasında yanlara doğru uzanma egzersizi



Resim 6-Tranvers planda denge için tek ayak üzerinde dururken gövdenin sağa doğru rotasyon ile egzersiz

İyi bir postüral kontrolün sağlanması, denge ve fonksiyon açısından önemlidir. Başlangıçta, denge ve postüral kontrol egzersizleri sırasında hastanın bir destek kullanmasına izin verilmelidir. Egzersizlerin derecelendirilmesi, desteğin kademeli olarak kaldırılmasıyla gerçekleştirilir (Brody and Hall,2011). Örneğin, statik tek bacak dengesi, bir kapı aralığında ayakkabıyla durarak ve her iki elle kapı aralığına dokunarak geliştirilir. Denge ve hastanın güveni arttıkça, egzersiz ilerletilir ve destek kaldırılır. Ayakkabılar çıkarılır, ardından sadece tek elle kapıya dokunulur ve en sonunda kapıya hiç dokunmadan egzersiz yapılır. Gözlerin kapatılması veya ayağın altına bir köpük ped yerleştirilmesi gibi dış desteğin kaldırılmasına doğru devam eder. Köpük ped, mekanoreseptör girdisini ve ekstremiteler üzerindeki yer reaksiyon kuvvetini değiştirir (Resim 7).



Resim 7- (A) Dış destekle denge egzersizi. (B) Yüzey değiştirerek daha zorlu denge egzersizi

Açık Kinetik Zincir Egzersizlerinin Rehabilitasyondaki Rolü

AKZ egzersizleri, rehabilitasyon programlarında belirli kas gruplarını izole ederek hedeflenen kuvvet ve dayanıklılığı artırma imkânı sağlar. Özellikle eklem hareketliliği, kas kuvveti ve koordinasyonun yeniden kazanılması gereken durumlarda, AKZ egzersizleri hastaların ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilir. Bu egzersizler, hastaların ağrı yönetimini kolaylaştırırken, eklem stabilitesini artırmaya ve fonksiyonel hareketlerin yeniden kazandırılmasına yardımcı olur. Ayrıca AKZ egzersizleri sırasında vücut ağırlığının veya direnç bantlarının kullanılabilmesi, hastaların mevcut durumuna göre yüklem düzeyini ayarlama imkânı sağlar. Bu özellik, rehabilitasyon sürecinin her aşamasında güvenli bir şekilde ilerlemeyi destekler ve hastaların özgüvenini artırarak bağımsız hareket yeteneklerini geliştirmelerine katkıda bulunur. Literatürde AKZ egzersizlerinin dahil edilmediği rehabilitasyon programlarının yetersiz kaldığı öne sürülmektedir. Snyder-Mackler ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, ACL rekonstrüksiyonu geçiren hastalara yönelik yoğun bir KKZ rehabilitasyon programı, elektrik stimülasyonu ile birlikte uygulandığında hastaların quadriceps kasında kalıcı bir zayıflık saptanmış ve bu zayıflığın normal yürüyüş fonksiyonlarını etkilediği görülmüştür. Sonuç olarak, KKZ egzersizlerinin tek başına yeterli bir kas aktivasyonu sağlayamadığı ve ACL rekonstrüksiyonu sonrası normal diz fonksiyonuna ulaşmak için AKZ egzersizlerinin quadriceps kasına yönelik olarak uygulanması gerektiği vurgulanmıştır. Snyder-Mackler ve arkadaşları, belirli bir kas grubundaki eksiklikleri tespit edebilmek için izole AKZ değerlendirmesinin yapılmasının önemine dikkat çekmiştir (Snyder- Mackler,1996). KKZ egzersizlerinde olduğu gibi tüm ekstremiteler üzerinden yapılan testler problemleri tespit etmekte yetersiz kalabilir. Kinetik zincirdeki zayıf halka, izole AKZ testleri yapılmadığı sürece fark edilemeyebilir. Düzenli aralıklarla AKZ testleri yapılmadığında ise mevcut kas zayıflıkları gözden kaçabilir, bu da hem klinisyen hem de hasta için yanıltıcı sonuçlara yol açabilir.

Bireysel kas gruplarını test etmek, yalnızca yaralanmış eklemdeki birincil kasları değil, yardımcı kasları ve bitişik eklemleri de kapsamalıdır. Nichols ve arkadaşlarının çalışmasında, ayak ve ayak bileği sorunları olan hastalarda, ipsilateral kalça abdükörleri ve adduktörlerinde zayıflık olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak distal eklemlerdeki yaralanmaların tüm ekstremitelerde zayıflığına yol açtığını belirtmişlerdir (Nichols et al.,1976).

AKZ egzersizleri genellikle rehabilitasyonun erken dönemlerinde başlatılabilir. Kısıtlı ağırlık taşıma durumu, belirli KKZ egzersizlerinin uygulanmasını zorlaştırabilirken, AKZ egzersizleri ağırlık taşımadığı için bu sınırlamalardan etkilenmez. Ayrıca, klinisyenin egzersiz sırasında hareket aralığı, hız, translasyonel stresler ve varus-valgus kuvvetleri gibi parametreleri kontrol edebilme imkânı, AKZ egzersizlerinin erken dönemde uygulanabilmesine olanak tanır.

Açık Kinetik Zincir Egzersizlerinin Yoğunluğu

AKZ egzersizlerinde, egzersizin yoğunluğu uygulanan direnç, hareket açısı ve hedeflenen kas gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Egzersiz yoğunluğu daha fazla direnç eklendikçe veya egzersizler belirli eklem açılarında yapılarak artırılabilir. Örneğin, AKZ diz ekstansiyonu egzersizine başlarken, birey ilk olarak kendi vücut ağırlığıyla egzersiz yapar; ardından direnç eklenmesi, diz ekleminde daha fazla kuvvet ve zorlanma yaratır. Bu egzersizler, belirli kas gruplarını izole ederek, hedeflenen kuvvet düzeyine ulaşılmasını sağlar.

AKZ egzersizlerindeki yoğunluk, kas kasılma türünden (izometrik, konsantrik, eksantrik) de etkilenebilir; bu da ilgili kaslara ve eklemlere uygulanan torku ve kuvveti değiştirebilir. Genellikle, daha fazla kas aktivasyonu içeren eklem açılarında direnç eklemek veya egzersizler yapmak (örneğin, daha derin diz fleksiyonu) egzersiz yoğunluğunu artırır.

Tablo 1- KKZ ve AKZ Egzersizlerinin Özellikleri

	Kapalı Kinetik Zincir Egzersizleri	Açık Kinetik Zincir Egzersizleri
Tanım	Distal ucun sabit olduğu egzersizlerdir.	Distal ucun serbest olduğu egzersizlerdir.
Kas Aktivasyonu	Birden fazla eklem ve kas grubunu aynı anda çalıştırır.	İzole bir kas grubuna odaklanır, genellikle tek bir eklemi çalıştırır.
Eklem Stresi	Eklem üzerindeki stres daha kontrollüdür ve daha geniş yayılım gösterir.	Eklem üzerinde daha fazla stres oluşturabilir.
Stabilite	Daha fazla proprioseptif kontrol ve stabilite gerektirir.	Daha az stabilite gerektirir, genellikle makinelerde yapılır.
Rehabilitasyon	İleri dönem rehabilitasyonda fonksiyonelliği artırmak için uygundur.	Erken dönem rehabilitasyon için tercih edilir, çünkü izole kas gruplarına odaklanır.

Kontrendikasyonlar ve Önlemler

Egzersizler programa dahil ederken bireyin güvenliği birincil önceliklidir. Egzersiz programı submaksimum düzeyde başlamalı ve bireyin tolere edebileceği fonksiyonel hedeflere doğru ilerlemelidir. KKZ egzersizleri yapılırken ağrı, sıcaklık veya kızarıklık artışı, şişlik (ödem veya efüzyon), eklemlerde kilitleme veya hareket kısıtlılığı, aşırı yorgunluk veya kaslarda titreme gibi semptomların ortaya çıkmamasına dikkat edilmelidir. Bu semptomlar, egzersiz sırasında vücudun verdiği uyarılar olarak değerlendirilmelidir. Bireyin güvenli bir şekilde çalıştırılabilmesi için AKZ veya KKZ egzersizlerinin derecelendirilmesine yönelik kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Zincirdeki başka bir bileşenin yer değiştirmesi veya amaçlanan hareketi gerçekleştirememesi durumunda, egzersiz daha kolay bir seviyeye çekilmelidir. Örneğin, kişi dizini ikinci ayak parmağı hizasında tutarak 15 cm'lik bir basamaktan yana doğru adım atabilir ve egzersizi herhangi bir zorluk hissetmediği sürece sürdürebilir. Eğer diz bu hizayı koruyamıyorsa ya da semptomlar artıyorsa, basamağın yüksekliği 10 cm veya 5 cm olarak azaltılabilir. Egzersizin doğru yapılması, tekrar sayısından daha önemli olmalıdır. Aktiviteler düz, sert bir yüzeyde, tolere edilebilecek yoğunlukta ve uygun ayakkabılarla gerçekleştirilmelidir.

Akut eklem yaralanmaları, kırıklar, ciddi osteoartrit veya eklem dejenerasyonu, eklem instabilitesi, şiddetli kas veya bağ zayıflığı, yüksek basınçlı eklem içi sıvı artışı (efüzyon), özellikle menisküs onarımı, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu veya total eklem protezi gibi eklem cerrahisi sonrası KKZ egzersizlerinden kaçınılması, uygun zamanda alternatif yaklaşımların ve AKZ egzersizlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Kinetik zincir hareketlerinin rolünü anlamak hem hastalar hem de sporcular için egzersiz uygulamalarında önemlidir. Kinetik zincirde enerjinin verimli bir şekilde aktarılması için optimum anatomi, fizyoloji ve mekaniğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple kişilere egzersiz uygularken kinetik zincirin mekanik prensiplerini gözlemleyerek bu prensiplere uygun egzersiz kararı verilmelidir. Kinetik zincirin etkili bir şekilde kullanılması, bireylerin performansını artırırken, aynı zamanda yaralanma riskini de azaltır. Özellikle sporcularda, kinetik zincir analizi, hareketin her aşamasında enerji transferinin nasıl gerçekleştiğini anlamamıza yardımcı olabilir. Sonuç olarak, kinetik zincir egzersizlerinin anlaşılması, bireylerin fiziksel performanslarını arttırmak için en etkin kinetik zincir egzersizlerini tercih etmeyi ve doğru şekilde yapmayı sağlayacaktır. Hem klinik uygulamalarda hem de

sporcularda kinetik zincirin özelliklerinin dikkate incelenmesi daha etkili müdahaleler yapılmasına yardımcı olur.

Yayın Etiği: Bu çalışmanın hazırlanma ve yazım sürecinde “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” çerçevesinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş olup; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Oranı: Bu çalışmada, yazarların katkı oranı, eşit katkı yazardır.

Kaynaklar

- Augustsson, J., Thomeé, R., Hornstedt, P., Lindén, C., Sjöberg, A., Karlsson, J., & Grimby, G. (2003). Open versus closed kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective randomized study of the relationship between quadriceps muscle strength, functional performance, and anterior knee laxity. *J Sports Sci Med.*, 2(2), 18-25.
- Brody, L.T., & Hall, C.M. (2011). *Therapeutic Exercise: Moving Toward Function*.
- Bullock-Saxton, J.E., Janda, V., & Bullock, M.I. (1994). The influence of ankle sprain injury on muscle activation during hip extension. *Int J Sports Med.*, 15(6), 330-334.
- Butler, D.L., et al. (1980). Tendon grafts: their relationship to the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg.*, 62(5), 726-736.
- Conceição, A., Milheiro, V., Parraca, J. A., Rocha, F., Espada, M. C., Santos, F. J., & Louro, H. (2022). The Effect of Handlebar Height and Bicycle Frame Length on Muscular Activity during Cycling: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6590.
- Cook, J.L., & Purdam, C. (2009). Is tendon pathology a continuum? A pathology model for understanding tendinopathy. *Br J Sports Med.*, 43(7), 409-413.
- Domnick, C., Raschke, M. J., & Herbort, M. (2016). Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World journal of orthopedics*, 7(2), 82.
- Grood, E.S., & Suntay, W.J. (1983). A joint's kinematic and kinetic characteristics. *J Biomech.*, 16(3), 167-173.
- Glass, R., Waddell, J., & Hoogenboom, B. (2010). The effects of open versus closed kinetic chain exercises on patients with ACL deficient or reconstructed knees: a systematic review. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(2), 74.
- Henning, E.M., & McLean, S.G. (2005). Influence of position on anterior cruciate ligament strain during isometric knee extension. *Am J Sports Med.*, 33(7), 1181-1186.
- Jaggi, A., Alexander, S., Herbert, R., Funk, L., & Ginn, K.A. (2014). Does surgery followed by physiotherapy improve short and long term outcome for patients with atraumatic shoulder instability compared with physiotherapy alone? *BMC Musculoskeletal Disord.*, 15, 1-6.
- Karandikar, N., & Vargas, O.O.O. (2011). Kinetic Chains: A Review of the Concept and Its Clinical Applications. *PM&R*, 3(8), 739-745.
- Lephart, S.M., & Tsai, Y.S. (2002). Proprioception and functional stability: The importance of the neuromuscular system. *Sports Med.*, 32(11), 673-685.
- McQuade, K.J., Borstad, J., & De Oliveira, A.S. (2016). Critical and theoretical perspective on scapular stabilization: what does it really mean, and are we on the right track? *Phys Ther.*, 96(8), 1162-1169.
- Ng, W.H., Jamaludin, N.I., Sahabuddin, F.N.A., Ab Rahman, S., Shokri, A.A., & Shaharudin, S. (2022). Comparison of the open kinetic chain and closed kinetic chain strengthening exercises on pain perception and lower limb biomechanics of patients with mild knee osteoarthritis: A randomized controlled trial protocol. *Trials*, 23(1), 315.
- Nicholas, J.A., Strizak, A.M., & Veras, G. (1976). A study of thigh muscle weakness in different pathological states of the lower extremity. *Am J Sports Med.*, 4(6), 241-248.
- Palmitier, R.A., An, K.-N., Scott, S.G., & Chao, E.Y.S. (1991). Kinetic Chain Exercise in Knee Rehabilitation. *Sports Med.*, 11(6), 402-413.
- Pamboris, G. M., Pavlou, K., Paraskevopoulos, E., & Mohagheghi, A. A. (2024). Effect of open vs. closed kinetic chain exercises in ACL rehabilitation on knee joint pain, laxity, extensor muscles strength, and function: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1416690.
- Pozzi, F., De Oliveira, M.A., & Lopes, A.D. (2018). Effects of closed kinetic chain exercises on muscle activation in individuals with shoulder dysfunction: A systematic review. *Phys Ther Sport*, 34, 136-143.
- Rubin, B.D., & Kibler, W.B. (2002). Fundamental principles of shoulder rehabilitation: conservative to postoperative management. *Arthroscopy*, 18(9), 29-39.
- Snyder-Mackler, L. (1996). Scientific rationale and physiological basis for the use of closed kinetic chain exercise in the lower extremity. *J Sport Rehabil.*, 5, 2-12.

- Steindler, A. (1973). *Kinesiology of the Human Body Under Normal and Pathological Conditions*. Springfield, IL: Charles C Thomas.
- Sullivan, P.E., Markos, P.D., & Minor, M.A.D. (1982). *An Integrated Approach to Therapeutic Exercise Theory and Clinical Application*. Reston, VA: Reston Publishing Company.
- Tagesson, S., Öberg, B., Good, L., & Kvist, J. (2008). A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency. *Am J Sports Med.*, 36(2), 298–307.
- Tschakert, G., & Hofmann, P. (2013). Kinetic chain exercises for shoulder rehabilitation: Effects on muscle activation and joint stability. *J Rehabil Res Dev.*, 50(8), 1077-1090.
- van der Krogt, M.M., Delp, S.L., & Schwartz, M.H. (2012). How robust is human gait to muscle weakness? *Gait Posture*, 36(1), 113-119.
- Wozniak-Timmer, C.A. (1991). Cycling biomechanics: a literature review. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 14, 106-113.
- Zhou, D., Zhang, S., Zhang, H., Jiang, L., Zhang, J., & Fang, J. (2017). A novel method of evaluating knee joint stability of patients with knee osteoarthritis: Multiscale entropy analysis with a knee-aiming task. *Sci Rep.*, 7(1), 354.

YAPAY ZEKA VE DRONE TEKNOLOJİLERİ İLE SPOR ETKİNLİKLERİ GÖZLEM VE ANALİZİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

*Current Approaches in the Observation and Analysis of Sports Events with Artificial Intelligence
and Drone Technologies*

Mikail ULUCA¹, *Kader YEL², Sema GÜZEL³, Zekai ÇAKIR⁴

¹Bayburt University, Graduate Education Institute, Bayburt, Türkiye / mikailuluca@gmail.com / Orcid: 0009-0000-7756-4654

²Bayburt University, Graduate Education Institute, Bayburt, Türkiye / yelkader@yandex.com / Orcid: 0000-0001-9151-766X

³Bayburt University Graduate Education Institute, Bayburt, Türkiye, semaguzel2019@gmail.com / Orcid: 0009-0009-2761-3273

⁴Bayburt Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Bayburt, Türkiye zekaicakir@bayburt.edu.tr / Orcid: 0000-0002-7719-1031

* Corresponding author / Sorumlu Yazar: Kader YEL, E-posta: yelkader@yandex.com

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderi Tarihi / Received :03.11.2024

Kabul Tarihi / Accepted :30.12.2024

Online Yayın Tarihi / Published : 31.12.2024

Özet

Günümüzde bilişim teknolojilerinin hızla ilerlemesi, yapay zeka (YZ) ve drone teknolojilerinin spor dünyasında giderek daha fazla yer edinmesine olanak tanıyor. Bu iki yenilikçi teknoloji, spor performansını izlemekten bireysel aktiviteleri analiz etmeye kadar birçok alanda devrim niteliğinde değişimler yaratıyor. Atletlerin performans verilerinin toplanması, taktik analizlerin anlık olarak yapılması ve spor organizasyonlarının daha verimli bir şekilde yönetilmesi, bu teknolojilerin sunduğu fırsatlar arasında yer alıyor. Özellikle drone teknolojisi, spor etkinliklerinin izlenmesi ve kaydedilmesinde yeni bir dönem başlatıyor. Geleneksel kamera sistemlerinin aksine, drone'lar geniş açı ve detaylı görüntüler sunarak sahadaki her hareketi en ince ayrıntısına kadar yakalayabiliyor. Bu sayede izleyicilerin deneyimi zenginleşirken, organizasyonların şeffaflığı da artıyor. Drone'lar tarafından toplanan veriler, yapay zeka algoritmalarıyla analiz edilerek sporcuların güçlü ve gelişime açık yönleri tespit ediliyor. Bu da bireysel antrenman programlarının daha etkili bir şekilde hazırlanmasına katkı sağlıyor. Bu çalışmada, yapay zeka ve drone teknolojilerinin spor alanındaki kullanımına dair potansiyel faydalar, maliyetler ve uygulama zorlukları ele alınacak. Ayrıca, bu teknolojilerin hangi spor dallarında daha etkin kullanılabileceği ve önümüzdeki yıllarda gelişim göstermesi beklenen alanlar da incelenecek. Sonuç olarak, yapay zeka ve drone teknolojilerinin spor endüstrisinde nasıl bir dönüşüm yarattığı ve bu dönüşümün gelecekteki olası etkileri değerlendirilecek. Bu nedenle, bu teknolojilerin spor alanında daha yaygın ve etkin bir biçimde kullanılabilmesi için drone maliyetlerin düşürülmesi ve yapay zeka okuryazarlık teknik bilgi düzeyinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka (Yz), Drone Teknolojileri, Spor Performansı, YZ Analizi

Abstract

The rapid advancement of information technologies enables artificial intelligence (AI) and drone technologies to establish a foothold in sports increasingly. These two innovative technologies drive transformative changes across various domains, from monitoring sports performance to analyzing individual activities. The collection of athletes' performance data, real-time tactical analyses, and the more efficient management of sports organizations are among the opportunities these technologies provide. In particular, drone technology is ushering in a new era in observing and recording sports events. Unlike traditional camera systems, drones offer wide-angle and detailed footage, capturing every movement on the field down to the finest detail. As a result, the spectator experience is enriched, and the transparency of organizations is enhanced. Data collected by drones is analyzed through AI algorithms, identifying athletes' strengths and areas for improvement, thereby contributing to developing more effective individual training programs. This study will address AI and drone technologies' potential benefits, costs, and implementation challenges in sports. Furthermore, it will explore which sports disciplines can most effectively utilize these technologies and the areas expected to evolve in the coming years. Ultimately, the study will evaluate how AI and drone technologies are transforming the sports industry and the possible future implications of this transformation. Therefore, reducing drone costs and enhancing technical knowledge in AI literacy are paramount to ensure the broader and more practical application of these technologies in the sports sector.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Drone Technologies, Sports Performance, AI Analysis

GİRİŞ

Günümüzde teknolojik ilerlemeler, eğitim ve spor alanları da dahil benzersiz ve dönüştürücü değişimlere neden olmaktadır (Çakır vd., 2023). Zekâ kelimesi Latince intellectus kelimesinden türetilmiştir. Zekâ, bilme, anlama, algılama gibi zihinsel fonksiyonları açıklamaktadır. Zekâ, akılcı düşünme, soyut düşünme, çevreyle baş etme, yeni durumlara adapte olma, öğrenme, kişisel deneyimlerden öğrenme, sözel ve mantıksal akıl yürütme gibi yetenekleri ifade etmektedir (Gürel ve Tat, 2010: 339).

Spor etkinliklerinin gözlemi ve analizi, performansın geliştirilmesi ve stratejik planlama açısından büyük bir rol oynar (Bingboğa vd., 2012). Ancak, geleneksel gözlem yöntemleri çoğu zaman insan faktörüne bağlı kalır ve bu da sınırlı bir bakış açısı sunarak sonuçların objektifliğini tartışılabilir. Teknolojik gelişmelerin ivme kazanmasıyla birlikte yapay zeka (YZ) ve drone teknolojileri, spor bilimlerinde çığır açan yenilikler sunmakta ve bu alandaki geleneksel yaklaşımları dönüştürmektedir (Çakır vd., 2022a). Bu ileri düzey teknolojiler, spor performansının analizi, stratejik planlama ve gözlem süreçlerinde daha derinlemesine ve veri odaklı bir perspektif sağlayarak mevcut paradigmaları yeniden şekillendirmektedir (Çatıkkaş vd., 2013). Bu gelişmelerle spor etkinliklerinin her aşamasında daha derin, kapsamlı ve veri odaklı analizler yapmak mümkün hale geliyor. Yapay zeka, özellikle veri analizi konusundaki üstün yetenekleri sayesinde sadece sporcuların bireysel performanslarını değil, aynı zamanda takım stratejilerini de optimize etmede kritik bir rol üstlendiği söylenebilir. YZ tabanlı sistemler, antrenman süreçlerinde sporcuların biyometrik verilerini analiz ederek sakatlık risklerini öngörüyor ve performans artışını destekleyen kişiselleştirilmiş programlar oluşturmada katkı sağlamaktadır. Bununla kalmayıp, oyun sırasında anlık veri analizleri yapılıyor olması, taktiksel kararların daha hızlı ve isabetli alınmasına yardımcı olmaktadır. Bu da bireysel ve takım sporlarında başarıya doğrudan etki eden bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Drone teknolojileri, spor etkinliklerinin havadan izlenmesi ve kaydedilmesi alanında önemli bir yenilik sunmakta ve bu alandaki mevcut uygulamalara yeni bir boyut kazandırmaktadır. Yüksek çözünürlüklü görüntüler ve çeşitli açılardan elde edilen videolar, müsabakaların ve antrenmanların daha kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle büyük ölçekli spor organizasyonlarında drone'lar, seyircilerin gözünden kaçabilecek detayları tespit ederek hem analiz hem de yayın süreçlerinde kritik bir rol üstlenmektedir.

Bu teknoloji, sporcuların sahadaki pozisyonlanması, hareket hızı, kat edilen mesafe ve taktiksel yerleşim gibi performansa etki eden temel unsurların daha hassas ve nesnel bir biçimde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Drone'ların sağladığı bu veriler, antrenörler ve analiz ekipleri için değerli bir kaynak oluştururken, sporcuların bireysel gelişimine yönelik stratejik planlamaların daha verimli bir şekilde yapılmasına katkı sağlamaktadır. Yapay zeka (YZ) ve drone teknolojilerinin spor etkinliklerinin gözlem ve analiz süreçlerine entegrasyonu, sporcular ve antrenörler için yeni bir dönemin kapılarını aralamıştır. Bu yenilikçi teknolojiler, geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek performansın her yönüyle ölçülmesine ve detaylı analizlerin gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, oyun sırasında stratejik kararların daha hızlı ve etkin bir şekilde uygulanmasını desteklemekte, bu sayede saha içi dinamiklerde önemli avantajlar sağlamaktadır.

Bilişim teknolojilerin sunduğu katkılar yalnızca performans gelişimiyle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda sporda etik değerlerin korunması ve adil oyun ilkelerinin daha titizlikle gözetilmesine yardımcı olmaktadır (Çakır vd., 2022). YZ ve drone tabanlı sistemler, objektif veri analizi ve tarafsız gözlem imkanı sunarak, spor etkinliklerinin daha şeffaf bir şekilde yürütülmesine katkı sağlamakta, böylece hem bireysel hem de takım bazında sporcuların gelişimini destekleyen kapsayıcı bir yapı inşa etmektedir. Yapay zeka ve drone teknolojileri spor gözlemi ve analizine dair yaklaşımları köklü bir şekilde değiştiriyor. Sporcuların fiziksel ve taktiksel performanslarını daha iyi anlamak ve geliştirmek

için kullanılan bu teknolojiler, gelecekte sporun evriminde belirleyici bir rol oynayacak. Bu çalışmada, YZ ve drone teknolojilerinin spor bilimlerindeki kullanım alanları detaylı bir şekilde ele alınacak ve güncel literatürdeki yaklaşımlar irdelenecek.

Yöntem

Bu çalışmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve veriler gözlem, görüşme ve dokümanlar aracılığıyla toplanmıştır (Berg ve Lune, 2015). Toplanan verilerin analizi için içerik analizi tekniği kullanılmıştır. İçerik analizi, verilerin düzenli ve kategorize edilerek anlamlı bilgilere dönüştürülmesini sağlar ve araştırma bilgilerini yaymada önemli bir rol oynar (Suri ve Clarke, 2009). İçerik analizi genellikle üç ana türde yapılır: meta-analiz, tematik içerik analizi ve betimsel içerik analizi (Calık ve Sözbilir, 2014). Bu yöntem, verilerdeki temalar, kategoriler ve örüntüleri belirleyerek olayları daha derinlemesine anlamayı ve genel sonuçlar çıkarmayı amaçlar (Krippendorff, 2018). Betimsel içerik analizi, mevcut durumu anlamaya odaklanırken, yorumlayıcı içerik analizi derinlemesine anlamlar ve ilişkiler keşfetmeye yöneliktir (Stemler, 2001). Bu analiz, sadece metinlerde değil, aynı zamanda görsel ve dijital içeriklerde de uygulanabilir (Weber, 1990).

Araştırmanın Konusu ve Problemi

Bu araştırma, yapay zeka (YZ) ve drone teknolojilerinin bireysel ve takım spor etkinliklerinde reklam, pazarlama, gözlem ve analiz süreçlerindeki rolünü incelemeyi amaçlamaktadır. Son yıllarda spor bilimlerinde hızla yaşanan teknolojik dönüşüm, sporcuların performanslarının daha hassas bir şekilde ölçülmesi ve antrenman süreçlerinin veriye dayalı olarak yönetilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Özellikle YZ tabanlı veri analizi ve drone teknolojilerinin sağladığı hava görüntüleme sistemleri, spor etkinliklerinin izlenmesi, performans analizleri ve stratejik karar alma süreçlerinde önemli bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Araştırmanın temel problemi, geleneksel gözlem ve analiz yöntemlerinin sınırlılıkları karşısında YZ ve drone teknolojilerinin sporcuların performans gelişimine ve stratejik karar alma süreçlerine ne ölçüde katkı sağladığıdır. Geleneksel gözlem yöntemlerinin büyük ölçüde insan faktörüne ve subjektif değerlendirmelere dayalı olması, eksik analizlere veya yanlış yorumlara yol açabilmektedir. Bu bağlamda, yapay zeka ve drone teknolojileri, gözlem süreçlerini daha hızlı, objektif ve kapsamlı hale getirerek bu eksiklikleri ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Ancak, bu teknolojilerin sporcuların uzun vadeli performans gelişimi üzerindeki etkileri ve sürdürülebilir uygulanabilirliği konusunda literatürde belirgin boşluklar bulunmaktadır.

Çalışmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, yapay zeka ve drone teknolojilerinin spor etkinliklerinde nasıl kullanıldığını analiz ederek, bu teknolojilerin sporcuların performans gelişimine ve stratejik karar alma süreçlerine olan etkilerini ortaya koymaktır. Ayrıca, bu teknolojilerin sporcular, antrenörler ve spor analistleri tarafından etkin bir şekilde kullanılmasıyla doğan fırsatlar ve karşılaşılan zorluklar da araştırmanın odak noktaları arasında yer almaktadır. Araştırma, yapay zeka ve drone teknolojilerinin spor bilimlerinde yenilikçi kullanımına yönelik literatürdeki boşlukları doldurmayı hedeflemektedir. Geleneksel gözlem ve analiz yöntemlerinin sınırlılıkları düşünüldüğünde, YZ ve drone teknolojileri aracılığıyla daha hızlı, veriye dayalı ve nesnel analizler yapılabilir.

Varsayımlar

Yapay zeka ve drone teknolojilerinin spor branşlarına özgü uygulamaları, her branşta aynı düzeyde etkili olmayabilir. Bu durum, teknolojilerin uygulanabilirliğini ve sağladığı faydaları sınırlayabilir. Ayrıca, sporcular ve antrenörler tarafından bu teknolojilerin benimsenme süreci ve teknolojik adaptasyonun zorlukları, araştırmanın bulgularını etkileyebilecek unsurlar arasındadır. Teknolojik yeniliklerin doğru ve etkin bir şekilde kullanılabilmesi, kullanıcıların bu sistemleri doğru anlamasına ve uygulamasına bağlıdır. Bu noktada, sporcular ve antrenörler için gerekli eğitim ve deneyim süreçlerinin



tamamlanması kritik bir öneme sahiptir. Dolayısıyla, bu araştırma aynı zamanda teknolojik adaptasyon süreçlerini ve bu alandaki eğitim ihtiyacını da ele almaktadır.

Yapay Zekanın Gelişimi

YZ terimi (Artificial intelligence-AI), McCarthy tarafından ilk defa 1955 yılında bir araştırma projesinde yer verilmiş ve bu proje, her türlü öğrenmenin veya zekânın diğer özelliklerinin bir makine tarafından taklit edilebileceği prensibine dayanmaktadır (McCarthy vd., 1955). YZ ve yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarının yapısında kodlanarak benzeştirilmiş ve öğrenme, problem çözme, dil anlama, algılama ve karar verme gibi zekâsal görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış algoritmalar ve modeller içermektedir. Modern bilgisayar biliminin öncülerinden biri kabul edilen, 1912 yılında doğan İngiliz matematikçi, mantıkçi ve bilgisayar bilimcisi Alan Turing, Turing, hesaplamaların sınırlarını tanımlamak amacıyla geliştirdiği teorik bir model olan "Turing makinesi" ile bilinir. YZ teknolojilerindeki ilerlemeler, spor bilimlerinde de köklü bir paradigma değişimi potansiyelini beraberinde getirmiştir. Gelecekte insan düzeyinde YZ'ya ulaşmak için Makine Öğreniminin geliştirilmesinin gerekliliğini savunulmuştur (Mugleton, 2014).

YZ, internet, elektrik, su, hava güneş gibi bir gereklilik gibi günümüz dünyasının en önemli teknolojileri arasında kaçınılmaz ihtiyaç duyulacak bir sistemi içinde barındırmaktadır (Çakır, 2022). YZ, bilgisayar sistemlerine, makinelerine veya yazılımlarına insan benzeri düşünme yetenekleri kazandırmayı hedefler ve karmaşık görevleri gerçekleştirme, öğrenme, problem çözme ve karar verme gibi alanlarda bilgisayar sistemlerine entegre edilen teknolojileri içermektedir (Lenat ve Feigenbaum, 1987; Çakır ve Erbaş, 2022).

Gill ve arkadaşları (2024), spor analizi ve performansını geliştirmek amacıyla yapay zeka (YZ) ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımını ele almışlardır. Çalışmanın temel amacı, YZ yöntemlerini, özellikle ResNet-50 derin öğrenme modelini kullanarak spor etkinlikleri, oyuncular ve ekipmanlardan elde edilen verileri işlemek ve analiz etmektir. Araştırma, makine öğrenmesi, bilgisayarla görme ve doğal dil işleme gibi YZ tekniklerinin, oyuncu performansından oyun sonuçlarının tahminine kadar sporun farklı alanlarını nasıl iyileştirebileceğini incelemektedir. Transfer öğrenmesi kullanılarak, spor verilerindeki ince detaylar ortaya çıkarılmakta ve böylece daha doğru kararlar alınması sağlanmaktadır. Çalışma, dokuz farklı sporla ilgili resim sınıflandırması yapmayı ve bu sınıflamaların doğruluğunu tahmin etmeyi hedeflemiştir. Elde edilen sonuçlar, %93'lük yüksek bir doğruluk oranı göstererek, ResNet-50 modelinin spor analitiğinde ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu araştırma, spor verisi analizine dair değerli bilgiler sunmakta ve yüksek doğruluk oranıyla, bu alandaki gelecekteki araştırmalara sağlam bir temel sağlamaktadır.



Şekil 1. Sinir Ağları-YZ



Drone-İHA (İnsansız hava Araçları)

Teknolojinin gelişmesi ile havacılık sektöründe meydana gelen büyüme, havacılık alanında üretim sektöründe de birçok olumlu gelişmenin yaşanmasına sebep olmuştur. Ülkelerin askeri düzeyde hava savunmasına verdikleri önem ile birlikte çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere “İnsansız Hava Araçları (İHA)” ortaya çıkmıştır. İçerisinde kontrol ya da yolculuk amacı ile bir insan bulunmayan, uzaktan kumanda veya önceden yüklenen bir uçuş programı aracılığı ile uçabilen, boyut ve ağırlık bakımından küçük hava araçlarına insansız hava araçları (İHA) denmektedir. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) insansız hava araçlarını askeri ve sivil olarak iki kategoride sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre; keşif, saldırı gibi amaçlarla silahlı olarak kullanılan İHA’lar askeri; bilimsel, görüntüleme veya hobi amaçlı kullanılan İHA’lar sivil olarak nitelendirilmektedir (ICAO, 2015).



Şekil 2. Canlı yayın Yapan Drone Sistem Örneği

1900’lü yılların başında balonların silahlandırılması ve daha sonra küçük yapılı uçakların insansız olarak uçurulması, İHA ve “silahlı insansız hava aracı (SİHA)” kullanımının temeli olarak kabul edilmektedir. Askeri amaçlı İHA kullanımını geliştirmiş, sonrasında İHA’lara oluşan güvenle birçok farklı alanda İHA’lar kullanılmaya başlamıştır. Sivil kullanımlarının da artması ile birlikte İHA sektörü kendi pazarını ve ekonomisini oluşturmaya başlamıştır (Kahveci & Can, 2017: 512). Uluslararası literatürde silahlı olarak kullanılan uzaktan kontrol edilebilen hava araçlarına verilen “drone” ismi, sonralarda sivil insansız hava araçlarının kullanımının artması ile “Unmanned Aerial Vehicle (UAV)” olarak adlandırılmaya başlanmıştır. İHA’ların daha küçük büyüklükte olarak Wi-Fi ve GPS aracılığı ile yönlendirilebilenleri “drone” olarak adlandırılmaya devam etmektedir. Dronelar, enerji tüketimini azaltarak sera gazı emisyonlarını düşürmekte ve bu sayede karbon ayak izini küçültüp çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadır (Chiang ve ark., 2019).

Ülkemizde drone pazarının büyüklüğü yaklaşık 30 milyon dolara çıkarken, yeni tasarlanan ve geliştirilen dronelarla sektör büyümeye devam etmektedir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)’ne kayıtlı olan drone sayısı 25 bini geçmiş durumdadır. Ülkemizde 33 bin drone pilotu bulunmaktadır. Aynı zamanda iş ilanları incelendiğinde drone pilotu arayan birçok firma yer almaktadır (SHGM, 2018).



Şekil 3. Sportif Analiz YZ

İnsansız hava araçlarına (İHA) yönelik yapılan yatırımların önemli bir bölümü, günümüzde askeri faaliyetleri desteklemek amacıyla gerçekleştirilmektedir. İHA'lar, denetim, gözetim ve istihbarat çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılmakta olup, kimyasal, biyolojik, nükleer ve radyolojik faaliyetlerin izlenmesi gibi kritik alanlarda da rol oynamaktadır. Askeri alandaki diğer kullanım alanları arasında ise keşif ve tarama faaliyetleri, anlık hedef tespiti, barış zamanında genel gözetim, savaş dönemlerinde düşman hareketlerinin izlenmesi, hava durumu tahmini, kapalı hava koşullarında rota planlaması ve yön bulma gibi görevler yer almaktadır. Ayrıca, düşman unsurlarının takibi, radyo sinyallerinin iletilmesi, uçak pistlerinin güvenliği, hasar tespiti ve gerektiğinde radar işlevi görme gibi çeşitli operasyonel alanlarda İHA'ların sağladığı katkılar dikkat çekmektedir (Gupta vd., 2013).

Askeri alanlar dışında sivil havacılıkta da drone kullanımına izin vermesiyle birlikte, drone endüstrisi hızlı bir gelişim göstermiştir. Ticari amaçlı kullanımlarda, bilimsel çalışmalarda, üniversite-laboratuvar araştırmalarında, Sportif Faaliyetlerde, arama-kurtarma çalışmalarında, kamu güvenliği ile ilgili uygulamalarda, meteoroloji çalışmalarında, film endüstrisinde, çevre-doğa çalışmalarında, havacılık fotoğrafçılığında, madencilik faaliyetlerinde, tarım alanlarındaki kullanımlarda vb. alanlarda drone kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Yiğit vd., 2018:11).

Drone Spor Dallarında Dronların Yükselen Rolü

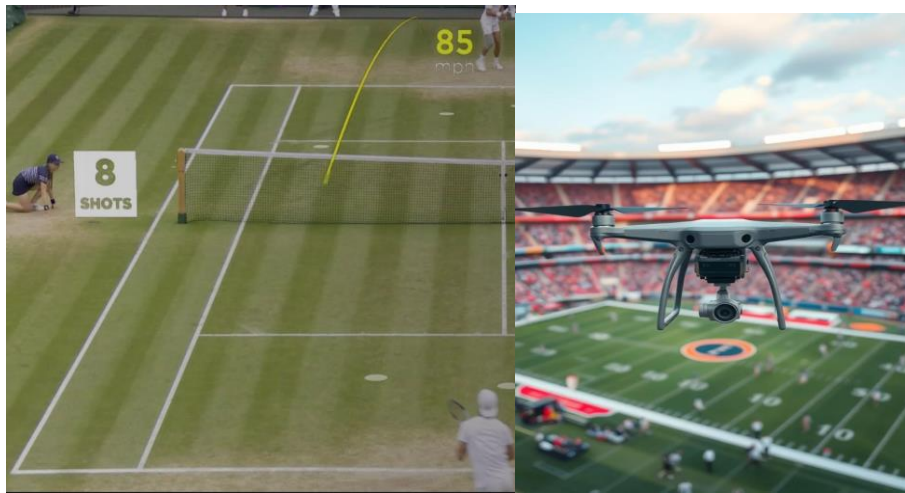
Dronların global ölçekte en yaygın olarak uygulama alanı bulduğu ilk beş sektör; emlak ve inşaat, fotogrametri (havadan ölçme), film/hava fotoğrafçılığı, tarım ve havadan izleme (takip) faaliyetlerini içermektedir (Torun, 2017: 2). Bununla birlikte spor alanlarında da kullanılmaya başlandığından bahsedebiliriz.



Şekil 4. Sportif Etkinliklerde Havadan Saha İnceleme

Yapay Zeka Ve Drone Teknolojileri: Spor Etkinliklerinin Geleceği Spor Dallarında Dronların Yükselen Rolü

Teknoloji ve spor arasındaki bağ, günümüz spor dünyasında giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Havadan izleme ve görüntüleme yetenekleriyle, geniş alanlı sporlar için benzersiz bir perspektif sunarlar. Özellikle futbol, rugby, basketbol, tenis ve atletizm gibi dallarda, dronlar spor etkinliklerinin izlenmesini daha dinamik hale getirerek stratejik analizler için değerli veriler sağlamaktadır. Yenneti ve ark. (2021) çalışmalarında, insansız hava araçlarının (İHA) otonom olarak bir insan atletini takip etmesini sağlamak amacıyla görsel tabanlı bir navigasyon sistemi geliştirmiştir. Bu sistem, atletin tespit edilmesi ve işaretlenmesi ile İHA'nın atletin hareketini takip ederek konumunu sürekli olarak ayarlamasını sağlamaktadır. Kullanılan MobileNet SSD modeli, hızlı ve güvenilir nesne tespiti sunarak düşük kaynaklı ortamlarda etkin bir çözüm bulmuştur. Yapılan testlerde, 100 koşu yarışının yan görüşüyle elde edilen görsellerde atletin doğru şekilde işaretlenme oranı %95 olarak bulunmuştur.



Şekil 5. Kort Tenisi Maçı ve Saha İçi denetim kesiti



ÖRNEK UYGULAMA ALANLARI

Futbol

Futbolda drone teknolojisi, maç ve antrenman süreçlerinde sahadaki tüm oyuncuların pozisyonlarını ve hareketlerini yüksek çözünürlüklü bir şekilde izlemeyi mümkün kılar. Drone'lar, saha üzerinde stratejik bir bakış açısı sağlayarak, oyuncuların toplu ve topsuz alandaki hareketlerini detaylı olarak kaydedebilir. Bu görüntüler, özellikle takım taktiklerinin ve oyuncu yerleşimlerinin değerlendirilmesinde büyük avantaj sunar. Antrenmanlarda ise, oyuncuların saha içindeki yerleşimlerine, pas bağlantılarına ve savunma dizilişlerine dair daha ayrıntılı veriler elde edilerek performans analizleri yapılabilir. Bu sayede, hem oyuncuların bireysel hem de takımın kolektif stratejilerinin gelişimi sağlanır.



Şekil 6. Futbol Sahası Analiz

Yapay zeka ise futbol analizlerinde oyunun hızına ve karmaşıklığına adapte olabilen güçlü bir araçtır. YZ algoritmaları, drone'lar aracılığıyla elde edilen görüntüleri analiz ederek oyuncuların pozisyon alma, pas bağlantıları ve koşu yolları gibi taktiksel unsurları değerlendirebilir. Ayrıca, top kontrolü, sprint süreleri, savunma yerleşimi ve baskı stratejileri gibi kritik oyun unsurları yapay zeka desteğiyle daha etkili şekilde optimize edilebilir. Antrenörler, bu teknolojiler sayesinde rakip analizlerini detaylandırabilir ve takımın eksik yönlerini belirleyerek taktiksel geliştirmeler yapabilir. Bu teknolojiler, futbolun stratejik yapısını daha ileri seviyeye taşıyarak, saha içindeki karar alma süreçlerini hızlandırmakta ve başarıyı artırmaktadır. Beal (2022) doktora tezinde, takım sporlarında yapay zekanın (YZ) stratejik ve taktiksel karar alma süreçlerinde kullanımı için yenilikçi yöntemler geliştirilmiştir. Çalışmada, futbol gibi takım sporlarında oyun teorisi ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak taktiksel kararlar optimize edilmiştir. Araştırma, takımların maç kazanma olasılığını %16,1 artırabileceğini ve sezon boyunca performanslarını %35,6 oranında iyileştirebileceğini göstermektedir. Tezde ayrıca, oyuncular arasındaki etkileşimlerden yola çıkarak takım çalışmasını değerlendiren yeni bir model sunulmuş ve bu modelin, geleneksel yöntemlere kıyasla takım performansını %46 daha doğru tahmin ettiği ortaya konmuştur. Doğal dil işleme teknikleri kullanılarak medya makalelerinden elde edilen verilerle, maç sonucu tahminlerinin doğruluğu %6,9 oranında artırılmıştır. Bu çalışma, YZ'nin spor analitiğindeki potansiyelini ortaya koyarak, takım performansını artırmaya yönelik önemli katkılar sağladığı söylenebilir.



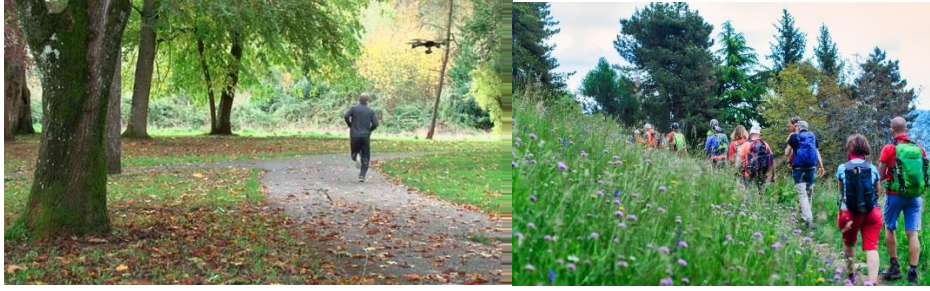


Şekil 7. Drone ile Havadan Saha Denetimi

Atletizm

Atletizmde drone çekimi, özellikle büyük sahalarda gerçekleştirilen yarışmalarda sporcuların tüm parkur boyunca izlenmesini kolaylaştırmaktadır. Yüksek çözünürlüklü kameralar ile donatılmış dronelar, koşu, atlama ve atma gibi dallarda sporcuların hareketlerini sürekli olarak kaydedebilir. Bu sayede, yarış boyunca hız, tempo ve mesafe verileri ayrıntılı bir şekilde analiz edilebilir. Yapay zeka ise bu görüntülerden çıkarılan verileri işleyerek, sporcuların teknik hatalarını ve iyileştirme alanlarını tespit edebilir. Özellikle biomekanik analizlerde yapay zeka, sporcuların vücut hareketlerini analiz ederek performanslarını optimize edebilir.

YZ ve drone teknolojilerinin atletizmdeki kullanımı, antrenörlere sporcuların ilerlemelerini daha yakından takip etme fırsatı sunar. Herhangi bir açıdan ve kesintisiz gözlem imkanı, geleneksel yöntemlerle sağlanamayan detaylı bir veri havuzu oluşturur. Ayrıca, yapay zeka sayesinde bu veriler hızla analiz edilerek sporcuların antrenman programlarına geri bildirim olarak sunulabilir. Örneğin, koşucuların adım frekansı, vücut duruşu ve hız değişimlerinin detaylı analizi, bireysel performansı artırmak için kullanılabilir.



Şekil 8. Drone İle Bireysel Etkinlikler ve Yürüyüş Takip

Basketbol

Basketbol gibi hızlı tempolu spor dallarında drone çekimleri, özellikle oyun içi stratejilerin gözlemlenmesinde önemli avantajlar sunar. Drone'lar, oyun sahasının tamamını yukarıdan izleyerek, tüm oyuncuların pozisyonlarını ve hareketlerini aynı anda kaydedebilir. Bu kayıtlar, antrenman ve maç analizlerinde kullanılabilir ve oyuncuların saha içindeki yerleşimleri ve hareketleri üzerinde çalışılarak taktiksel düzenlemeler yapılabilir. Yapay zeka ise bu kayıtları işleyerek, hangi oyuncuların daha verimli pozisyonlandığını ya da hangi alanlarda savunma zayıflıklarının bulunduğunu otomatik olarak belirleyebilir.

Jiang ve Zhang (2023) çalışmasında, basketbol duruşlarının doğru tanımlanması için bir derin öğrenme algoritması geliştirmiştir. Bu algoritma, inersiyel sensörler kullanarak farklı duruş verilerini toplar ve PCA ile iyileştirilmiş bir CNN algoritması oluşturur. Testlerde, iyileştirilmiş algoritma, Human 3.6M veri setinde %3.15'lik düşük bir hata oranı göstermiştir. Ayrıca, giyilebilir cihazla yapılan basketbol duruş tanıma, %99.4 doğruluk oranı ve 18 saniye ile en verimli sonucu vermiştir. Bu yöntem, basketbol eğitimlerinin bilimsel olarak iyileştirilmesine katkı sağlayabilecek güvenilir bir çözüm sunmaktadır (Jiang & Zhang, 2023)

Yapay zeka destekli analizler, basketbolda antrenman sürecini daha etkili hale getirir. Drone çekimleri ve yapay zeka kullanılarak oyuncuların şut, pas ve savunma tekniklerindeki performansları detaylı şekilde değerlendirilebilir. Ayrıca, takım oyununun dinamikleri analiz edilerek, oyuncular arası pas bağlantıları, boş alan kullanımı ve savunma taktikleri optimize edilebilir. Böylece, antrenörler ve oyuncular, gerçek zamanlı verilerle stratejilerini güncelleyebilir ve sahada daha etkili performans



sergileyebilirler. Yu ve Liu (2020) çalışmasında, basketbol atış öğretimindeki görüntü özelliklerini otomatik olarak tespit etmek amacıyla yapay zeka tabanlı bir yöntem önermiştir. Bu çalışma, atış hareketinin ayrıştırılmasıyla başlayarak, öğretim görüntüsünün pratik özelliklerini tanımlamış ve yapay zeka destekli bir standart görüntü tespit ortamı geliştirmiştir. Yöntem, öğretim görüntülerinin özelliklerini çıkararak, atış hareketinin karakteristik ölçek değerlerini hesaplamış ve otomatik tespit prensibine dayalı olarak özellik tanımlaması yapmıştır. Deneysel sonuçlar, geleneksel yöntemlere kıyasla, görüntüdeki komşu düğümler arasındaki UTI çekiş katsayısının 0,33'e yükseldiğini ve tespit için gereken eşleşme süresinin 17,5 ms'ye düştüğünü göstermektedir. Bu bulgular, önerilen yöntemin, basketbol atış öğretimi görüntülerindeki gerekli özellikleri daha hızlı ve etkili bir şekilde tespit etmekte faydalı olduğunu ortaya koymaktadır (Yu & Liu, 2020).

Golf

Golf, geniş alanlarda ve uzun mesafelerde oynanan bir spor olduğu için drone teknolojisi, sahaların kapsamlı bir şekilde gözlemlenmesini sağlar. Drone'lar, oyuncuların vuruş mesafelerini ve topun uçuş rotasını havadan kaydederek, sahadaki her detayın yakından izlenmesine olanak tanır. Bu sayede, oyuncuların vuruş tekniklerini ve topun saha içindeki hareketlerini detaylı bir şekilde analiz etmek mümkün olur. Yapay zeka, drone çekimlerinden elde edilen bu verileri işleyerek, golfçülerin vuruş açılarını ve kuvvetlerini optimize edebilecek önerilerde bulunabilir.

Yapay zeka ayrıca golf sahalarının planlamasında ve stratejik analizlerde de önemli bir rol oynar. Sahadaki en uygun vuruş noktalarının belirlenmesi ve rüzgar, eğim gibi çevresel faktörlerin analiz edilmesi, yapay zeka algoritmaları ile hızlı ve etkili bir şekilde yapılabilir. Bu, oyuncuların antrenman sırasında hatalarını daha hızlı tespit etmelerine ve oyun sırasında daha iyi kararlar almalarına yardımcı olur. Aynı zamanda, golfçülerin oyunlarını izleyerek stratejik kararlarını geliştirmek için bu teknolojileri kullanmaları, bireysel performanslarının artmasına katkı sağlar. Bununla birlikte Perea-Moreno ve ark.. (2016) çalışmasında, golf sahalarının sulama ihtiyaçlarını planlamak amacıyla İHA video görüntü analizi kullanımının potansiyeli incelenmiştir.

Karate

Karate gibi dövüş sporlarında drone çekimleri, özellikle antrenman ve müsabakaların yüksek açıdan kaydedilerek sporcuların tüm hareketlerinin ayrıntılı bir şekilde izlenmesine olanak tanır. Drone'lar, sporcuların ayak pozisyonları, vuruş açıları ve savunma tekniklerini kesintisiz bir şekilde kaydedebilir. Yapay zeka ise bu görüntüleri analiz ederek sporcuların teknik performanslarını değerlendirebilir ve hatalarını otomatik olarak tespit edebilir. Böylece, karateciler bireysel tekniklerini geliştirme fırsatı bulur ve bu verilerle performanslarını artırabilirler.



Şekil 9. Karate Salonlarından Reklam Amaçlı Drone Çekimi

Yapay zeka destekli analizler, karatede sporcuların hız, refleks ve vuruş tekniklerinin ayrıntılı değerlendirilmesini sağlar. Bu analizler, antrenörlere sporcularının bireysel performanslarını nesnel bir şekilde değerlendirme ve antrenman programlarını optimize etme fırsatı sunar. Ayrıca, yapay zeka yardımıyla maç analizleri yapılarak rakibin zayıf noktaları belirlenebilir ve buna uygun stratejik planlar



oluşturulabilir. Böylece, karate müsabakalarında hem bireysel hem de takım bazında daha etkili sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir.

Echeverria San Millán (2022) çalışmasında, karate müsabakalarında psikomotor performansı modellemek için bilgisayarla görme işleme ve duruş tahmini algoritmalarının nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. Amaç, karateka tarafından yapılan saldırı ve savunma hareketlerini tanımlamak ve psikomotor öğrenme sürecini ölçmektir. Sonuç olarak, hareketlerin modeldeki ve gerçek icralar arasındaki farkları analiz ederek, hata eşiğini düşürerek öğrenme ilerlemesi izlenebilmiştir. Ayrıca, gerçek kumitelerde her iki karatekanın duruşları tanımlanarak, önerilen yaklaşımın geçerliliği doğrulanmıştır. Bu çalışma, dövüş sanatlarında yapay zeka ve bilgisayarla görme tekniklerinin etkin kullanımına önemli bir katkı sunmaktadır.



Şekil 10. Drone İle Açık Alan Karate Kata Çizim ve Reklam

Bisiklet

Bisiklet yarışlarında drone teknolojisi, geniş mesafelerde yarışan sporcuları havadan izleme ve tüm parkur boyunca performanslarını kesintisiz bir şekilde gözlemleme avantajı sunar. Drone'lar, sporcuların hızlarını, pozisyonlarını ve stratejik hamlelerini kaydederek, yarış sırasında hangi taktiklerin daha verimli olduğunu tespit edebilir. Yapay zeka, bu görüntülerden elde edilen verileri analiz ederek bisikletçilerin hız değişimlerini, dayanıklılık seviyelerini ve takım içindeki yerleşimlerini değerlendirebilir.



Şekil 11. Drone İle Bisiklet Parkur İzleme

YZ destekli analizler, bisikletçilerin bireysel performanslarının yanı sıra takım stratejilerini de optimize eder. Örneğin, yarış sırasında rüzgar direnci, parkur eğimi ve hava koşulları gibi faktörlerin anlık analizleri yapılarak bisikletçilerin yarış içindeki kararları yönlendirilebilir. Ayrıca, antrenman süreçlerinde elde edilen verilerle sporcuların dayanıklılık, hız ve güç gibi performans parametrelerini geliştirmek için kişiselleştirilmiş programlar oluşturulabilir. Böylece, bisikletçilerin genel performansı artırılarak daha başarılı sonuçlar elde edilebilir.

Dağcılık

Dağcılık sporunda drone teknolojisi, sporcuların yüksek ve zor erişilen alanlarda güvenli bir şekilde izlenmesini sağlar. Drone'lar, dağcılarının tırmanış sırasında karşılaştıkları engelleri ve rotalarını detaylı bir şekilde görüntüleyebilir. Ayrıca, zorlu hava koşulları veya arazi yapısı nedeniyle risklerin daha iyi değerlendirilmesi amacıyla drone'lar kullanılabilir. Yapay zeka, bu görüntüleri işleyerek dağcılarının



rotalarının güvenliği hakkında anında geri bildirim sağlayabilir ve risk analizleri yaparak antrenman süreçlerini daha güvenli hale getirebilir.

Romanova (2020) çalışmasında, dağlık alanlarda arama-kurtarma operasyonları için İHA kullanımının önemi vurgulanmıştır. İHA'lar, yeni nesil sensörler, iletişim sistemleri ve yapay zeka tabanlı görüntü işleme algoritmaları ile entegre bir şekilde kullanılarak, dağlık arazi, çığlar ve düşük sıcaklık gibi zorluklarla başa çıkılabileceği belirtilmiştir. Çalışmada, İHA'ların buzlanma nedeniyle kontrol kayıpları yaşadığı, sensör bozulmalarının ve işlevsellik sorunlarının ortaya çıktığı, bu sorunları tespit etmek için yapay zeka tabanlı hasar tespit yöntemlerinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Romanova, 2020).

Yapay zeka ve drone teknolojilerinin dağcılıkta kullanımı, sporcuların performansını artırmakla kalmaz, aynı zamanda güvenlik önlemlerini de güçlendirir. Özellikle yüksek risk taşıyan dağ tırmanışlarında, yapay zeka algoritmaları ile rota planlaması yapılabilir ve sporcuların karşılaşabilecekleri potansiyel tehlikeler önceden tespit edilebilir. Antrenman süreçlerinde kullanılan bu teknolojiler, dağcılarının yeteneklerini geliştirme ve tırmanış stratejilerini optimize etme konusunda önemli avantajlar sunar.



Şekil 12. Dağcılık Drone İle Yakın Çekim ve Takip

Taekwondo

Taekwondo gibi hızlı tempolu ve teknik odaklı dövüş sporlarında drone çekimleri, sporcuların antrenman ve müsabakalar sırasında sergiledikleri tüm hareketlerin detaylı ve çok açıdan izlenmesini sağlar. Drone'lar, yüksek çözünürlükte görüntüler elde ederek sporcuların vuruş, blok ve ayak hareketlerini detaylı bir şekilde kaydeder. Bu görüntüler, antrenörler tarafından analiz edilerek, sporcuların teknik hataları belirlenebilir ve performanslarını iyileştirmek için gerekli düzenlemeler yapılabilir. Drone teknolojisi, özellikle karmaşık dövüş kombinasyonlarının analizinde büyük bir avantaj sunarak her açıdan tam bir gözlem imkanı yaratır.

Pang ve ark. (2024) çalışmasında, yapay zekanın (YZ) dövüş sanatlarındaki çeşitli uygulamalarını inceleyerek bu alandaki gelişmeleri kapsamlı bir şekilde özetlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, dövüş sanatlarında eylem tanıma, duruş tahmini, hareket değerlendirme ve elit sporcu desteği gibi alanlarda YZ'nin nasıl kullanılabileceğini araştırmaktadır. Araştırma, YZ'nin dövüş sanatlarında daha bilimsel ve veriye dayalı eğitim yöntemleri geliştirilmesine katkı sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, dövüş sanatlarında YZ uygulamalarının teknik analiz, animasyon üretimi ve sağlık hizmetleri gibi farklı alanlarda önemli ilerlemeler sağladığı belirtilmektedir. Bu çalışma, yapay zekanın dövüş sanatlarında inovasyon ve araştırma süreçlerine nasıl entegre edilebileceğine dair değerli bir kaynak sunmaktadır.



Şekil 13. Drone İle Reklam Çekim Taekwondo

Yapay zeka, drone görüntüleri aracılığıyla sporcuların performans verilerini analiz ederek bireysel antrenman programlarının kişiselleştirilmesine olanak tanır. Yapay zeka algoritmaları, sporcuların hız, reaksiyon süresi, vuruş gücü ve blok etkisi gibi parametreleri analiz ederek, performans iyileştirme önerileri sunar. Aynı zamanda, rakip analizleri yaparak, rakibin zayıf yönlerini tespit etmek ve buna uygun stratejiler geliştirmek de mümkündür. YZ'nin sunduğu bu otomatik analizler, antrenman süreçlerini daha verimli hale getirir ve sporcuların müsabakalarda daha etkili stratejiler kullanmalarını sağlar.

Kayak

Kayak sporunda drone teknolojisinin kullanımı, geniş ve zorlu arazilerde yapılan yarış ve antrenmanlarda sporcuların hareketlerini takip etmek açısından büyük avantaj sağlar. Drone'lar, sporcuların iniş sırasında hızlarını, dönüş tekniklerini ve rotalarını kesintisiz bir şekilde izleyebilir. Özellikle dağlık bölgelerdeki kayak parkurlarında, sporcuların her hareketi ayrıntılı olarak kaydedilerek antrenörler ve sporcular tarafından analiz edilebilir. Drone teknolojisi, kayaktan elde edilen görüntüleri çoklu açılardan sunarak, dönüş tekniklerinin incelenmesi ve iniş sırasında yapılan hataların belirlenmesinde etkin bir araçtır. Yapay zeka, bu drone görüntülerini analiz ederek kayakçıların performans verilerini işleyebilir ve hız, denge, dönüş açıları gibi unsurlarda optimizasyon önerileri sunar. Örneğin, bir kayakçının iniş sırasında rüzgar ve eğim gibi çevresel faktörleri nasıl kullandığı yapay zeka ile analiz edilebilir, bu da sporcuların tekniklerini geliştirmelerine olanak sağlar. Ayrıca, YZ algoritmaları, sporcuların iniş stratejilerini optimize edebilecek geri bildirimler sunarak antrenman sürecini daha verimli hale getirebilir. Bu sayede kayakçılar, daha güvenli ve etkili bir performans sergileyebilirler. Qi, Li, Zhang ve Wang (2022) çalışmasında, kayak gibi açık hava sporlarında, sporcularının hareketlerini izlemek için İHA ve yer kameraları kullanarak bir bilgi toplama sistemi geliştirmiştir. Çalışma, kayak alanındaki çevresel zorluklar ve sporcuların yüksek hızda hareket etmeleri nedeniyle tespit ve takip işlemlerinde karşılaşılan güçlükleri aşmak amacıyla sinir ağları ve korelasyon filtrelerinin birleşimiyle bir algoritma önermektedir. Algoritma, takip güven puanını kullanarak, düşük güvenli tespitleri korelasyon filtresi ile yeniden tanımlamaktadır. Sonuçlar, önerilen algoritmanın doğruluk ve sağlamlık açısından üstün performans sergilediğini göstermektedir. Bu yöntem, kayakçıları için bilimsel eğitimde değerli bir araç sunmaktadır.



Şekil 14. Kayak Yarışları riskli alanlar ve Drone Çekimleri

Tenis

Tenis sporunda drone ve yapay zeka (YZ) teknolojileri, oyuncuların performansını analiz etmek ve stratejik geliştirmeler yapmak için önemli bir yenilik sunmaktadır. Drone'lar, tenis kortunun her açıdan görüntülenmesini sağlayarak oyuncuların servis atışlarından file önündeki hareketlerine kadar her detayı yüksek çözünürlükte kaydedebilir. Bu, özellikle maç ve antrenman süreçlerinde oyuncuların taktiksel yerleşimlerini ve hareket kabiliyetlerini değerlendirmek açısından büyük avantaj sağlar.

Wang et al. (2022) çalışmasında, tenis robotlarının geri dönüş hareketlerini tanımda kullanılan SVM tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. OpenPose verisetinden yararlanarak, robotların insan hareketleri analiz edilmiştir. Optimized SVM algoritması, geri dönüş stratejilerinin %88.61 doğrulukla tanınmasını sağlamış, ancak bazı hareketlerde (örneğin geri swing) hata oranları yüksek çıkmıştır. Bu çalışma, SVM-O algoritmasının tenis robotlarının geri dönüş hareketlerini doğru ve pratik bir şekilde tanıyabileceğini göstermektedir (Wang et al., 2022)

Drone çekimleri, oyuncuların kort üzerinde hangi alanları nasıl kullandıklarını, vuruş hızlarını ve rakiplerine karşı geliştirdikleri stratejileri izlemeyi kolaylaştırır. Böylece, antrenörler ve sporcular, oyun planlarını daha veriye dayalı ve nesnel bir şekilde düzenleyebilirler. Bu sayede, oyuncuların maç öncesi stratejilerini daha bilinçli bir şekilde geliştirmelerine yardımcı olunur. Özellikle hızlı reaksiyon gerektiren tenis gibi sporlarda, YZ'nin sunduğu anlık veri analizleri, sporcuların oyunlarını daha verimli hale getirebilecek kilit detayları gözler önüne serer.



Şekil 15. Tenis YZ Analiz.

Kişisel Kullanımlar

Günümüzde giderek daha fazla insan kendi kişisel spor performanslarını fotoğraflamak veya filme almak için drone satın alıyor. Koşu, kayak, yüzme veya başka bir spor aktivitesi olsun, yüksek kaliteli fotoğraflar veya videolar üretmek için bir drone kullanabiliyor. Drone ve yapay zeka (YZ) teknolojilerinin kişisel kullanım alanları, günümüzün hızla gelişen teknolojik dünyasında giderek yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojiler, bireylerin günlük yaşamlarını daha verimli hale getirmek ve çeşitli alanlarda işlerini kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin, drone'lar kişisel eğlence ve hobi amaçlı kullanımlar için popüler hale gelmiştir. İnsanlar doğa yürüyüşlerinde, seyahatlerde veya açık



hava etkinliklerinde droneleri kullanarak yüksek çözünürlüklü hava görüntüleri ve videolar çekmektedir. Drone'lar, özellikle amatör fotoğrafçılar ve videografikerler için yeni ve yaratıcı perspektifler sunarak, içerik üretiminde fark yaratmalarını sağlar.



Şekil 16. Su Sporları Drone ile Takip ve İzleme

Drone'lar, bireysel sporcuların antrenmanlarını havadan kaydetmek ve performanslarını farklı açılardan analiz etmek için kullanılabilir. Örneğin, koşu parkurları, bisiklet rotaları veya futbol sahaları gibi geniş alanlarda antrenman yapan sporcular, drone'lar sayesinde hareketlerini ve taktiklerini uzaktan gözlemleyebilirler. Bu kayıtlar, sporcuların tekniklerini geliştirmelerine ve hatalarını tespit etmelerine yardımcı olurken, YZ tabanlı analizler ise verileri işleyerek performansın optimize edilmesini sağlar.

Shoval (2016) çalışmasında, yapay zeka ve insansız hava araçları (İHA) araştırmaları için **VolleyBot** adlı voleybol tabanlı bir rekabetçi çerçeve geliştirilmiştir. İki İHA takımının, topu rakip sahaya düşürerek puan kazanmaya çalıştığı bu sistem, çoklu İHA'ların koordinasyon ve iş birliği yeteneklerini test etmeyi amaçlamaktadır. VolleyBot, İHA algoritmaları ve tasarımlarını değerlendirmek için dinamik ve zorlu bir ortam sunmaktadır.

YZ teknolojisi, sporcuların antrenmanlarında kişisel performans verilerini analiz etme yeteneği sunar. Akıllı giyilebilir cihazlar ve YZ destekli mobil uygulamalar, sporcuların kalp atış hızı, adım sayısı, vücut hareketleri gibi verileri toplayarak antrenmanlarını daha verimli hale getirir. Aynı zamanda, yüz tanıma ve hareket analizi gibi YZ tabanlı güvenlik özellikleri, sporcuların sakatlık risklerini analiz edebilir ve doğru antrenman teknikleri uygulamalarını teşvik edebilir. Tıpkı ev güvenliği sistemlerinde olduğu gibi, sporcuların sağlık ve güvenlikleri için de yapay zeka, tehlikeleri önceden tespit ederek sakatlıkları ve performans düşüşlerini önleyebilir.

YZ ve drone teknolojileri, sporcuların bireysel gelişimlerini desteklemenin yanı sıra, zaman yönetimi ve otomatik geri bildirim süreçlerini de kolaylaştırır. Antrenmanlarda kullanılan bu teknolojiler, sporcuların rutin işlerini otomatikleştirerek zamandan tasarruf etmelerini sağlar. Örneğin, drone'lar sayesinde sporcular, sahaya yerleştirilen sabit kameralara ihtiyaç duymadan her antrenmanlarını kolayca kaydedebilirken, YZ tabanlı uygulamalar anlık performans verilerini işleyerek hızlı ve veriye dayalı geri bildirim sunar. Bu sayede, sporcular hem eğlenceli bir deneyim yaşar hem de verimliliklerini artırarak hedeflerine daha hızlı ulaşır.

DRONE TEMELLI POZİSYON TESPİTİ (EPTS)

Tenis, futbol ve ultimate frisbee gibi spor dallarında drone temelli sistemler, sporcuların yerleşimlerini tespit ederek performans analizi için hassas veriler sunmuştur. Russomanno ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, spor alanlarında drone tabanlı konum tespiti sistemlerinin doğruluğu ve uygulanabilirliği incelenmiştir. Tennis, futbol ve Ultimate Frisbee gibi farklı spor dallarında, drone üzerine monte edilen kameralarla elde edilen veriler, mevcut radyo tabanlı sistemlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma, drone tabanlı sistemin tenis kortunda 0,02 m, çim sahada ise 0,15 m hata payı ile kabul edilebilir doğruluk sağladığını göstermektedir. Araştırma, drone teknolojisinin spor performans analizlerinde umut vadeden bir alternatif olabileceğini ortaya koymaktadır.

AI Destekli Oyun Taktikleri ve Planlama

AI tabanlı analiz sistemleri, bir takımın zayıf yönlerini tespit etmek ve oyun stratejileri önermek için kullanılır. Nadobnik (2016) çalışmasında, modern teknolojinin spor etkinliklerinde kullanımını inceleyerek, özellikle insansız hava araçlarının (drone) Olimpiyat Oyunları gibi kitlesel spor etkinliklerinin organizasyonundaki rolüne odaklanmıştır. Çalışmada, dronelerin güvenlik, izleme, lojistik, arama-kurtarma ve internet hizmeti sağlama gibi alanlardaki potansiyel katkıları ele alınmaktadır. Yazar, teknolojinin spor organizasyonlarını hem olumlu hem de olumsuz yönde etkileyebileceğini vurgulamış ve teknolojik doping gibi etik sorunlara dikkat çekmiştir.

Li (2021) çalışmasında, yapay zeka (YZ) ve makine öğreniminin spor analizi ve performans geliştirmedeki rolünü incelemiş ve spor etkinlikleri, oyuncular ve ekipmanlardan elde edilen verilerin YZ teknikleriyle analiz edilerek oyuncu verimliliği, sakatlık tahminleri ve maç sonuçları gibi alanlarda iyileştirmeler sağladığını bulmuştur. Çalışma, ResNet-50 modeli ve transfer öğrenme kullanılarak spor verilerindeki ince detayların toplandığı ve %93 doğruluk oranı elde edilen bir spor görsel sınıflandırma modelini sağlamıştır. Bu sonuçlar, spor endüstrisinde veri odaklı karar verme süreçlerini güçlendirecek ve gelecekteki araştırmalar için yüksek doğruluk oranı sağlayacaktır (Li, 2021).

Görüntü Yakalama

Dronelar, maçları havadan kaydetmek, farklı açılardan görüntüler sunmak ve canlı yayınlar için yüksek çözünürlüklü video sağlamak için kullanılabilir. an geniş açıyla izleyip kaydedebilirken, yapay zeka algoritmaları bu görüntüleri işleyerek detaylı analizler yapabilmektedir. Özellikle geniş alan gerektiren spor dallarında, drone'lar, sporcuların tüm sahadaki pozisyonlarını yakalayarak daha önce elde edilmesi güç olan görsel verileri sağlar. Yapay zeka ise bu görüntüleri anında analiz ederek, sporcuların performansları, taktiksel yerleşimleri ve oyun dinamikleri hakkında değerli geri bildirimler sunar. Bu iki teknolojinin entegrasyonu, spor etkinliklerinde izleme ve analiz süreçlerini daha etkin hale getirirken, performans takibi ve geliştirme açısından da önemli fırsatlar yaratmaktadır.

Natalizio ve ark. (2012) çalışmalarında, spor etkinliklerini mobil kamera droneleri kullanarak çekmeyi amaçlayan matematiksel modeller ve algoritmalar geliştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, izleyici memnuniyetini maksimize ederken, kamera droneleri tarafından kat edilen mesafeyi en aza indirmektir.

Bu kapsamda, Araç Rotalama Problemi (VRP) ve Yumuşak Zaman Penceresi (STW) modelleri kullanılarak, etkinlik alanında dinamik olarak hareket eden droneleri yönlendiren sezgisel çözümler sunulmuştur. Simülasyon sonuçları, önerilen algoritmaların, dronelerin etkin bir şekilde hareket etmesini sağlarken izleyici memnuniyetini artırdığını göstermektedir. Higuchi ve Rekimoto (2013) çalışmalarında, insan baş hareketleriyle senkronize olarak insansız hava araçlarını (İHA) kontrol eden "**Flying Head**" mekanizması geliştirilmiştir. Bu sistem, yürüyüş ve bakış gibi hareketlerle İHA'nın sezgisel ve doğal şekilde kontrol edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışma, spor etkinliklerinin çekiminde dronelerin kullanımına yönelik önemli bir katkı sunarak, gerçek zamanlı ve verimli çözümler sağlamaktadır.

AI Veri Toplama

Dronelar, spor alanlarının 3 boyutlu haritalarını oluşturmak ve gerçek zamanlı izleme verileri toplamak için kullanılabilir. Drone'lar, spor alanlarında hem bireysel performansın hem de takım oyunlarının analizinde veri toplama açısından büyük bir katkı sunmaktadır. Özellikle geniş alanları kapsayan spor dallarında, drone'lar spor sahasının 3 boyutlu haritalarını oluşturmak ve sporcuların hareketlerini gerçek zamanlı olarak izlemek için kullanılabilir. Bu sayede, sporcuların sahadaki

konumları, hareket hızları, vücut duruşları ve taktiksel yerleşimleri gibi kritik veriler kesintisiz bir şekilde kaydedilir. Drone'lar tarafından toplanan bu veriler, yapay zeka algoritmaları ile işlenerek, sporcuların performans değerlendirmesi yapılabilir ya da takım sporlarında oyuncuların pozisyonları, pas bağlantıları ve takım stratejileri analiz edilebilir. Örneğin, bir futbol maçında, drone'lar topun sahanın hangi bölgelerinde daha çok oynandığını tespit edebilir, oyuncuların bireysel performanslarını ve takım içi koordinasyonu detaylandırarak antrenörlere taktik geliştirme imkanı sunabilir. Bu sayede, veri toplama süreçleri sporda daha verimli bir hale getirilirken, hem bireysel hem de takım performansının optimize edilmesi sağlanır.

Tanaka ve ark. (2018) çalışmalarında, spor alanlarında drone tabanlı bir hava kamerası kullanarak gerçek zamanlı görüntü işleme çerçevesi geliştirmiştir. Çalışma, gecikmeyi azaltmak için drone üzerine küçük bir bilgisayar entegre ederek yüzey ve nesne tespiti sağlamıştır. Sonuçlar, bu sistemin geniş oyun alanları ve masüstü uygulamalarında etkili bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Çalışma, drone kameralarının spor koçluğu ve etkileşimli uygulamalarda pratik bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır

Güvenlik ve Etik

Drone teknolojisinin ticari sektörde hızla yaygınlaşması, pek çok avantaj sağlarken her zaman olumlu sonuçlar doğurmamaktadır. Son yıllarda dronelerin suç faaliyetlerinde kullanımı artmış ve bu durum güvenlik açısından ciddi endişelere yol açmıştır (Yaacoub vd., 2020). Bu kötü niyetli kullanımlar, yeni ve daha kapsamlı yasal düzenlemeleri kaçınılmaz hale getirmektedir. Drone teknolojileri, spor etkinliklerinde güvenliği artırmak için önemli bir araç haline gelmiştir. Etkinlik alanlarının geniş kapsamlı izlenmesini sağlayan drone'lar, kalabalıkların hareketlerini izleyerek olası güvenlik tehditlerini anında tespit edebilir. Bu, özellikle büyük çaplı spor müsabakalarında, stadyumlar ve çevresindeki alanlarda kalabalık yönetimi açısından kritik bir avantaj sunar. Ayrıca, drone'lar sayesinde etkinlik boyunca izinsiz girişler, tehlikeli durumlar ya da şüpheli davranışlar gibi güvenlik riskleri erken tespit edilerek gerekli müdahaleler yapılabilir. Ancak bu teknolojilerin kullanımı, aynı zamanda etik sorunları da gündeme getirmektedir. Drone'ların sürekli izleme yapması, bireylerin mahremiyetine dair endişeler yaratabilir. Bu nedenle, drone kullanımında gizlilik haklarına saygı gösterilmeli ve kişisel verilerin izinsiz kaydedilmesi gibi ihlallerin önüne geçmek için etik kurallar çerçevesinde hareket edilmelidir (Çakır, 2022)). Bu bağlamda, şirketlerin yalnızca dronelara ilişkin batarya ömrü ve uçuş menzili gibi teknik sınırlamaları değil, aynı zamanda mevcut ve olası yasal mevzuatları da dikkate alarak faaliyet göstermesi büyük önem taşımaktadır (Cokyasar, 2021).

DRONE'LAR CANLI TV AÇIK HAVA SPORLARI

Canlı yayının akıcılığını ve tutarlılığını artırmanın yanı sıra, izleyicilerin sporcuların becerilerini ve performanslarını daha net görmelerine de olanak sağlıyor. Drone görüntüleri yalnızca gözetleme amaçlı değildir, aynı zamanda sporcuları ve koçları hazırlamak ve eğitmek için de kullanılabilir. Kayakçılar, ayarlamalar yapmak ve tekniklerini geliştirmek için koşularının yakın çekim görüntülerini analiz edebilirler. Bir futbol takımının antrenmanlarını filme alabilir ve koçun çizgi oyununun yönlerine daha yakından bakmasına yardımcı olabilir. Sadece görüntüler yerine spor etkinlikleri hakkında bilgi veya veri toplamak için drone görüntülerini kullanmak giderek daha popüler hale geliyor.

Bravo ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan çalışmada, açık hava sporlarında acil durumlara hızlı müdahale sağlamak amacıyla ilk yardım malzemeleri taşıyan ve gerçek zamanlı ses ve video iletişimi sağlayan drone tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmada, sporcuların beklenmedik sağlık sorunları (kalp krizi, sıcak çarpması, dehidrasyon) veya yaralanmalarla karşılaşabileceği ve acil müdahalenin özellikle uzak bölgelerde hayati önem taşıdığı vurgulanmaktadır. Arazi sporlarında kullanılmak üzere



tasarlanan bu sistem, zorlu topografyalarda dahi etkin bir şekilde çalışarak acil durumlarda erken müdahaleyi mümkün kılmaktadır.



Şekil 17. Formule Yarışları Drone Takip

Drone'lar Formula 1 yarışlarını, lise futbol antrenmanlarını, sörfçüleri, snowboardcuları ve diğer ekstrem sporları filme almak için kullanıldı. Ayrıca Avustralya'da kriket maçlarını, Brezilya'da futbol maçlarını ve Rusya'nın Soçi kentindeki Kış Olimpiyatları sırasında snowboard yapmak için de kullanıldılar. Aynı zamanda drone'un yüksek hızlı uçuşu ve esnek manevra kabiliyeti, sporcuların yüksek hızlı koşuları ve keskin dönüşleri gibi dinamik efektleri de yakalayabiliyor ve canlı yayına daha fazla dram ve gerilim katıyor.

Zema ve ark. (2017) çalışmasında, spor etkinliklerinde insansız hava araçları (İHA) kullanılarak izleyicilere yüksek kaliteli yayın sağlamak amacıyla bir İHA ağı modeli geliştirilmiştir. İHA'ların oyun alanındaki hareketleri takip ederek izleyici memnuniyetini artırması hedeflenmiştir. Yapay potansiyel fonksiyonlara dayalı bu çözüm, oyun sırasında dair ön bilgi gerektirmez. Simülasyon sonuçları, önerilen yöntemin önceki yaklaşımlardan daha başarılı olduğunu göstermektedir



Şekil 18. Drone İle Saha İçi Çekim ve Analiz

Maratonlar, bisiklet yarışları rı veya golf turnuvalarında, drone'lar hareketli görüntülerle izleyiciye eşsiz bir deneyim sunar. Havadan çekilen görüntüler, sadece sporcuların performansını yakından takip etmekle kalmaz, aynı zamanda izleyicilere etkinliğin atmosferini geniş bir perspektiften sunarak yayınların daha dinamik ve ilgi çekici hale gelmesini sağlar.



Sa ve Ahn (2015) çalışmalarında, GPS sinyallerinin zayıf olduğu ortamlarda dikey kalkış-iniş yapabilen (VTOL) insansız hava araçları (İHA) kullanarak otonom canlı spor yayınına yönelik görsel 3D model tabanlı bir takip sistemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, quadcopter ve hexacopter gibi İHA'ların spor sahasında hareket eden nesnelere takip edebilmesi ve yayın yapabilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 19. Drone İle Tenis Kortu Çekim ve Analiz

Bu düzeyde otonomi sağlamak için konum tahmini kritik bir rol oynamakta, ancak tek kameralı sistemlerde ölçek belirsizliği nedeniyle bu işlem zorlu hale gelmektedir. Araştırmada, sabit boyutlara sahip tenis kortu gibi standart oyun alanları kullanılarak hareketli kenar tabanlı bir takip sistemi geliştirilmiş ve sabit alan bilgileri ile ölçek sorunu çözülmeye çalışılmıştır.

DeneySEL çalışmalar, statik sahneler, gerçek yayın videoları ve kapalı alan uçuşları gibi üç farklı ortamda gerçekleştirilmiş, hareket yakalama sistemiyle karşılaştırıldığında 0,02 metreden düşük hata payı ile başarılı bir konum tahmini sağlanmıştır. Bu çalışma, spor yayıncılığında İHA'ların otonom kullanımına yönelik katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Drone'lar, geleneksel sabit kameraların yakalayamayacağı açıları ve anları kaydederek, özellikle zor erişilen alanlarda sporcuların performansını en iyi şekilde yansıtır. Örneğin, bir bisiklet yarışı sırasında drone'lar, dağlık bölgelerde ya da virajlı yollarda sporcuları takip edebilir, maratonlarda ise tüm parkur boyunca geniş açı, kesintisiz görüntüler sağlayarak izleyicilere olayların bütüncül bir görüntüsünü sunabilir. Bu teknoloji, hem izleyicinin sporcu ile olan bağlantısını güçlendirir hem de spor yayınlarını daha etkileyici ve sürükleyici hale getirir.

Wang, Chowdhery ve Chiang (2017) çalışmalarında, spor etkinliklerinde dinamik sahneleri yakalamak ve yayınlamak için kamera donanımlı drone ağlarını koordine eden sis ağı (fog-networking) tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Çalışmanın amacı, en önemli sahnelerin kapsanması ile video bit oranı arasında denge kurarak, drone'ların etkin ve gecikmesiz yönetimini sağlamak olan sistem saha testlerinde, 8 drone kullanılarak %94 kapsama oranı ve 20 Mbps hızında 2K video desteği elde edilmiştir. Dinamik drone atama yöntemi, yalnızca statik kapsama sağlayan sistemlere kıyasla 2 kat daha fazla verim sağlamıştır. Bu sonuçlar, sistemin spor etkinliklerinde gerçek zamanlı ve etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Yapay zeka ve dronlar, sporcuların yeteneklerini geliştirmek ve sakatlık risklerini azaltmak için yeni yollar açacaktır. Taraftarlar, daha etkileşimli ve kişiselleştirilmiş deneyimlerle karşılaşacaklar. Yeni spor dalları ortaya çıkacak ve bir çok branşta yarışmalarda aktif kullanılacağını düşünmekteyiz. Mevcut sporlar yeni teknolojilerle evrilecektir. Crespo ve ark. (2016) çalışmalarında, yaşlı nüfusun artışıyla birlikte, onların yaşam kalitesini artırmaya katkı sağlayan bir sanal gerçeklik (VR) ve vücut alan ağı

(BAN) tabanlı İHA simülasyonu geliştirilmiştir. Çalışmada, spor ve fiziksel aktivitenin yaşlıların sağlığını ve refahını iyileştirmeye katkı sağladığı vurgulanmakta, teknoloji ile eğlenceyi birleştirmenin bu süreçte önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Sanal gerçeklik uygulamaları, kullanıcıların etkileşimli ve immersif deneyimler yaşayarak eğitim, sağlık, oyun ve simülasyon gibi alanlarda öğrenme ve beceri geliştirmelerini sağladığı gibi spor alanında da katkı sağlamaktadır (Çakır vd., 2022b). Önerilen uygulama, yaşlı bireylerin yalnızca kollarını hareket ettirerek sanal bir ortamda insansız hava aracını (İHA) kontrol etmelerine olanak tanımakta ve bu yenilikçi yaklaşım, yaşlı bireyler için hem fiziksel aktiviteyi teşvik eden hem de eğlenceli bir deneyim sunmaya katkı sağlamaktadır

YZ ve drone teknolojileri spor etkinliklerinin gözlem ve analiz süreçlerinde büyük potansiyele sahip araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler, sporcuların bireysel gelişimlerine katkıda bulunmanın yanı sıra, oyun stratejilerinin daha bilimsel ve veriye dayalı bir temelde oluşturulmasını sağlamaktadır. Ancak, daha geniş kitlelere ulaşabilmesi ve etkin bir şekilde kullanılabilmesi için maliyetlerin düşürülmesi ve kullanıcıların teknik bilgi seviyelerinin artırılması gerekmektedir. Gelecekte, bu teknolojilerin sporda daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.

Yapay zeka (YZ) ve drone teknolojilerinin spor etkinliklerinin gözlem ve analizinde kullanımı, sunduğu birçok avantaja rağmen bazı dezavantajlara da sahiptir.

İlk olarak, bu teknolojilerin yüksek maliyetleri öne çıkan önemli bir sorundur. Gelişmiş YZ ve drone sistemleri, kaliteli donanım ve yazılım altyapısı gerektirdiğinden, bu teknolojilere yatırım yapmak özellikle amatör spor kulüpleri veya bireysel sporcular için ekonomik bir yük oluşturabilir. Ayrıca, bu teknolojilerin sürekli bakım ve güncelleme ihtiyacı, zamanla maliyetlerin artmasına neden olabilir. Bu durum, özellikle düşük bütçeli takımlar için ciddi bir engel teşkil edebilir.

İkinci olarak, teknolojiye erişim sorunları da önemli bir dezavantajdır. YZ ve drone teknolojilerine dünya genelinde eşit erişim imkanı bulunmamaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu teknolojilerin daha yaygın kullanılması, gelişmekte olan ülkelerde teknik altyapı eksikliği ve eğitim yetersizliği nedeniyle uygulamada sınırlamalar yaratmaktadır. Bu durum, teknolojiyi etkili şekilde kullanabilen sporcular ve takımlar ile kullanamayanlar arasında rekabet avantajı yaratmakta ve fırsat eşitliğini olumsuz etkilemektedir.

Bir diğer önemli dezavantaj ise mahremiyet ve veri güvenliğiyle ilgili endişelerdir. Drone'lar ve YZ teknolojileri, sporcuların sürekli olarak izlenmesini ve veri toplanmasını sağladığı için kişisel verilerin gizliliği konusunda sorunlar ortaya çıkabilir. Bu verilerin nasıl saklandığı, kimlerin erişebileceği ve hangi amaçlarla kullanılacağı, sporcuların mahremiyet hakları açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, veri güvenliği açıkları, sporcuların ve takımların özel bilgilerinin izinsiz kullanılma riski taşıyabilir. Bu nedenle, YZ ve drone teknolojilerinin etkin kullanımı için, bu sistemlere dair derin bir bilgiye sahip sporcular ve antrenörler için eğitim süreçlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, kişisel verilerin korunabilmesi için yasal düzenlemeler ve etik kurallar oluşturulmalıdır

Son olarak, teknolojiye adaptasyon süreci de bir diğer zorluktur. YZ ve drone teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için sporcular, antrenörler ve teknik ekiplerin bu teknolojilere uyum sağlamaları ve gerekli teknik bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. Bu adaptasyon süreci zaman alıcı olabilir ve eğitim eksiklikleri, teknolojinin potansiyelini tam anlamıyla kullanmayı zorlaştırabilir. Ayrıca, bu teknolojilerin yanlış ya da eksik kullanımı, performans analizlerinin yanıltıcı sonuçlar vermesine ve sporcuların gelişimini olumsuz yönde etkilemesine neden olabilir.

Yapay zeka (YZ) ve drone teknolojilerinin spor etkinliklerinin gözlem ve analiz süreçlerine entegrasyonu, spor bilimlerinde önemli yenilikler sunmaktadır. Bu teknolojiler, sporcuların performansını derinlemesine inceleme, antrenman süreçlerini kişiselleştirme ve stratejik kararları optimize etme imkanı sağlamaktadır. Drone'lar, müsabakalarda ve antrenmanlarda geniş açılı, yüksek

çözünürlüklü görüntüler elde ederek oyun dinamiklerinin detaylı bir şekilde incelenmesine yardımcı olurken, YZ algoritmaları bu görüntülerden toplanan verileri işleyerek kapsamlı analizler sunmaktadır. Böylece, hem bireysel hem de takım performansları daha nesnel ve veriye dayalı bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

YZ tabanlı analizler, sporcuların teknik ve taktiksel gelişimlerini desteklerken, drone çekimleri geniş alanların izlenmesini ve sahadaki her oyuncunun hareketlerini takip etmeyi kolaylaştırmaktadır. Özellikle hızlı tempolu spor dallarında, YZ algoritmaları sporcuların hız, dayanıklılık ve strateji gibi performans parametrelerini anlık olarak analiz edebilmekte ve bu veriler doğrultusunda antrenörlere geri bildirim sağlamaktadır. Bu da antrenman ve oyun stratejilerinin daha bilinçli bir şekilde planlanmasını ve geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. YZ ve drone teknolojilerinin spora entegrasyonu, spor bilimlerinde köklü bir değişim yaratma potansiyeline sahiptir.

Ancak, bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili bazı zorluklar da bulunmaktadır. Yüksek maliyetler, teknolojiye erişim zorlukları ve yeterli teknik altyapının eksikliği, YZ ve drone teknolojilerinin her spor branşında ve her seviyede yaygın bir şekilde kullanılmasının önünde engel teşkil edebilir. Ayrıca, bu teknolojilerin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için hem antrenörlerin hem de sporcuların gerekli teknik bilgiye sahip olması gerekmektedir. Eğitim eksiklikleri, sağlanan verilerin doğru analiz edilmesini zorlaştırarak performans gelişimi üzerindeki olumlu etkilerini sınırlayabilir.

YZ ve drone teknolojilerinin spor etkinliklerinde kullanımına yönelik çeşitli tehlikeler de mevcuttur. Veri gizliliği ve mahremiyet ihlali riski, bu teknolojilerin kullanımında öne çıkan endişelerdir. YZ ve drone sistemleri, sporcuların kişisel verilerini sürekli olarak topladığı için, bu verilerin yetkisiz kişiler tarafından ele geçirilmesi veya izinsiz kullanılması mahremiyet ihlallerine neden olabilir. Özellikle biyometrik verilerin toplanması, sporcuların özel bilgilerinin korunması açısından kritik bir sorundur. Yu ve arkadaşları (2023), insansız hava araçları (İHA) ve YZ sistemlerinin kötü niyetli kullanımlarına dikkat çekmiş ve bu teknolojilerin hacklenmesi durumunda, siber güvenlik açıklarının ortaya çıkabileceğini vurgulamıştır. Bu, sporcuların kritik verilerine izinsiz erişim sağlanması, sistemlerin manipüle edilmesi ve yanlış bilgiler yayılması gibi riskleri doğurabilir. Ayrıca, bu verilerin kötü amaçlarla kullanılması, daha geniş güvenlik tehditlerine yol açabilir.

Bir diğer önemli tehlike, veri güvenliği sorunlarıdır. Teknolojinin toplanan verileri siber saldırılara karşı savunmasız bırakması, güvenlik zafiyetlerine yol açabilir. Bu tür açıklar, sporcuların performans bilgileri gibi hassas verilerin kötü niyetli kişiler tarafından ele geçirilmesine neden olabilir. Ayrıca, sürekli izlenme ve performansın detaylı şekilde analiz edilmesi, sporcular üzerinde psikolojik baskıya yol açarak mental sağlıklarını olumsuz etkileyebilir.

Teknolojiye aşırı bağımlılık da bir diğer risk faktörüdür. YZ ve drone teknolojilerine fazla güvenmek, insan faktörünü göz ardı edebilir ve karar alma süreçlerinde tamamen teknolojiye dayalı yaklaşımlar benimsenmesine yol açabilir. Bu durumda, teknolojide yaşanabilecek arızalar veya hatalı analizler, sporcuların performans değerlendirmelerinde yanıltıcı sonuçlar doğurabilir ve antrenman stratejilerini etkisiz hale getirebilir.

Sonuç olarak, YZ ve drone teknolojilerinin spor bilimlerinde kullanımı, performans izleme ve stratejik karar alma süreçlerinde önemli katkılar sağlamaktadır. Bu teknolojiler, sporcuların performanslarını daha hassas bir şekilde analiz etme imkanı sunmakta ve antrenman süreçlerini veriye dayalı hale getirmektedir. Ancak, bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için eğitim süreçlerine, güvenlik önlemlerine ve etik kurallara odaklanılması gerekmektedir. Gelecekte, YZ ve drone teknolojilerinin spor dünyasında daha yaygın hale gelmesi, sporcuların başarılarını daha verimli bir şekilde artırmalarına yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- Beal, R. J. (2022). *Artificial intelligence in team sports* (Doctoral dissertation, University of Southampton). <https://eprints.soton.ac.uk/473478/>
- Berg, B. L., & Lune, H. (2015). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (Çev. H. Aydın). Eğitim Kitabevi.
- Binboga, E., Guven, S., Çatıkkas, F., Bayazıt, O., & Tok, S. (2012). Psychophysiological responses to competition and the big five personality traits. *Journal of human kinetics*, 33, 187.
- Biró, A., Cuesta-Vargas, A. I., & Szilágyi, L. (2024). *AI-controlled training method for performance hardening or injury recovery in sports*. In *2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)* (pp. 000259–000264). Stará Lesná, Slovakia. <https://doi.org/10.1109/SAMI60510.2024.10432911>
- Bravo, G. C., Parra, D. M., Mendes, L., & de Jesus Pereira, A. M. (2016, December). First aid drone for outdoor sports activities. In *2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW)* (pp. 1-5). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7847781>
- Chiang, W., Li, Y., Shang, J. and Urban, T., (2019), 'Impact of drone delivery on sustainability and cost: Realizing the UAV potential through vehicle routing optimization'. *Applied Energy*, 242, 1164-1175.
- Cokyasar, T., (2021), 'Optimization of battery swapping infrastructure for e-commerce drone delivery,' *Computer Communications*, 168, 146-154.
- Crespo, A. B., Idrovo, G. G., Rodrigues, N., & Pereira, A. (2016). *A virtual reality UAV simulation with body area networks to promote the elders life quality*. In *2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW)* (pp. 1–7). Vila Real, Portugal. <https://doi.org/10.1109/TISHW.2016.7847780>
- Çakır, Z. (2022). Spor lisesi öğrencilerinin e-zorbalık ve e-mağduriyet davranışlarına yönelik tutumlarının incelenmesi. *International Journal of Eurasia Social Sciences/Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(48). <http://dx.doi.org/10.35826/ijoes.3169>
- Çakır, Z., & Erbaş, Ü. (2022). Examination Of Sports Science Faculty Students' internet Self-Efficacy. *International Journal of Eurasian Education and Culture*, 7(17), 1316-1333. <http://dx.doi.org/10.35826/ijoecc.588>
- Çakır, Z., Ceyhan, M. A., Gönen, M., & Erbaş, Ü. (2023). Yapay Zeka Teknolojilerindeki Gelişmeler ile Eğitim ve Spor Bilimlerinde Paradigma Değişimi. *Dede Korkut Spor Bilimleri Dergisi*, 1(2), 56-71. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dksbd/issue/82087/1399742>
- Çakır, Z., Gönen, M., & Ceyhan, M. A. (2022a). Spor Bilimleri Fakültesi Öğrencilerinin Metaverse Farkındalıklarının İncelenmesi. *CBÜ Beden Eğitimi & Spor Bilimleri Dergisi*, 17(2). <https://doi.org/10.33459/cbubesbd.1179009>
- Çakır, Z., Gönen, M., & Ceyhan, M. A. (2022b). Beden eğitimi ve spor eğitimi öğretmeni adaylarının sanal gerçeklik teknolojisinin eğitimde kullanımına ilişkin görüşlerinin değerlendirilmesi. *International Journal of Eurasia Social Sciences/Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(49). <http://dx.doi.org/10.35826/ijoes.3186>
- Çalık, M., & Sözbilir, M. (2014). Parameters of content analysis. *Education and Science*, 39(174), 33-38. <https://doi.org/10.15390/EB.2014.3412>
- Çatıkkas, F., Kurt, C., & Atalag, O. (2013). Kinanthropometric attributes of young male combat sports athletes. *Collegium antropologicum*, 37(4), 1365-1368.
- Echeverria San Millán, J. (2022). Exploring Pose Estimation with Computer Vision Processing to Model Psychomotor Performance in Karate Combats. <https://e-spacio.uned.es/entities/publication/45754ff1-3883-4771-a97e-5411ddd4579f>
- Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107-115.
- Gill, K. S., Anand, V., Malhotra, S., & Devliyal, S. (2024). Sports Game Classification and Detection Using ResNet50 Model Through Machine Learning Techniques Using Artificial Intelligence. In *2024 3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INOCON60754.2024.10511858>
- Gupta, P., Bhardwaj, A., & Agarwal, B. (2013). The impact of emotional intelligence on employee motivation, commitment, and performance: An empirical study. *International Journal of Business and Management Invention*, 2(3), 12-18.
- Higuchi, K., & Rekimoto, J. (2013). Flying head: a head motion synchronization mechanism for unmanned aerial vehicle control. In *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2029-2038). <https://doi.org/10.1145/2468356.2468721>
- ICAO. (2015). *Manual on remotely piloted aircraft systems (RPAS)*. International Civil Aviation Organization (ICAO) Doc 10019.
- Jiang, L., & Zhang, D. (2023). Deep learning algorithm based wearable device for basketball stance recognition in basketball. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(3). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140304>
- Kahveci, M., & Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: Tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535.
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). SAGE Publications.
- Lenat, D. B., & Feigenbaum, E. A. (1987). On the thresholds of knowledge. In *Proceedings of the Tenth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 1173-1182). Milan, Italy.
- Li, J. (2021, February). Development trend of the integration of artificial intelligence and sports industry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1744, No. 3, p. 032023). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1744/3/032023>

- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence*. Dartmouth College.
- Muggleton, S. (2014). Alan Turing and the development of Artificial Intelligence. *AI Communications*, 27(1), 3-10. <https://doi.org/10.3233/AIC-130579>
- Nadobnik, J. (2016). The use of drones in organizing the Olympic Games. *Handel Wewnętrzny*, 365(6), 288-299. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=554475>
- Natalizio, E., Surace, R., Loscrì, V., Guerriero, F., & Melodia, T. (2012). Filming sport events with mobile camera drones: Mathematical modeling and algorithms. <https://inria.hal.science/hal-00801126/>
- Natalizio, E., Zema, N. R., Yanmaz, E., Pugliese, L. D. P., & Guerriero, F. (2019). Take the field from your smartphone: Leveraging UAVs for event filming. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 19(8), 1971-1983. <https://doi.org/10.1109/TISHW.2018.8559538>
- Neuendorf, K. A. (2017). *The content analysis guidebook* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Pang Y, Wang Y, Wang Q, Li F, Zhang C, Ding C. Applications of AI in martial arts: A survey. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. 2024;0(0). <https://doi.org/10.1177/17543371241273827>
- Perea-Moreno, A. -J., Aguilera-Ureña, M. -J., Meroño-De Larriva, J. -E., & Manzano-Agugliaro, F. (2016). Assessment of the Potential of UAV Video Image Analysis for Planning Irrigation Needs of Golf Courses. *Water*, 8(12), 584. <https://doi.org/10.3390/w8120584>
- Qi, J., Li, D., Zhang, C., & Wang, Y. (2022). Alpine skiing tracking method based on deep learning and correlation filter. *IEEE Access*, 10, 39248-39260. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3166949>
- Romanova, I. K. (2020). The Use of UAVs to Save People in the Mountains: Tasks, Problems, Perspective. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 35, p. 04018). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20203504018>
- Russomanno, T. G., Blauburger, P., Kolbinger, O., Lam, H., Schmid, M., & Lames, M. (2022). Drone-based position detection in sports—validation and applications. *Frontiers in Physiology*, 13, 850512. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.850512>
- Sa, I., & Ahn, H. S. (2015). Visual 3D model-based tracking toward autonomous live sports broadcasting using a VTOL unmanned aerial vehicle in GPS-impaired environments. *Int. J. Comput. Appl*, 122, 1-7. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a60956b5b03be385316a0e5bebfc189a2db50d06>
- Shoval, S. (2016). *VolleyBot: A competitive framework for AI and UAV research and development*. In *2016 IEEE International Conference on the Science of Electrical Engineering (ICSEE)* (pp. 1–5). Eilat, <https://doi.org/10.1109/ICSEE.2016.7806185>
- Stemler, S. (2001). An overview of content analysis. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 7(1), 17.
- Suri, H., & Clarke, D. (2009). Advancements in research synthesis methods: From a methodologically inclusive perspective. *Review of Educational Research*, 79(1), 395-430.
- Tanaka, K., Tochiara, N., Sato, T., & Koike, H. (2018, May). A real-time image processing framework with an aerial overhead camera for sports. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Advanced Visual Interfaces* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1145/3206505.3206520>
- Wang, X., Chowdhery, A., & Chiang, M. (2017). *Networked drone cameras for sports streaming*. In *2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)* (pp. 308-318). Atlanta, GA, USA. <https://doi.org/10.1109/ICDCS.2017.200>
- Wang, Y., Yang, X., Wang, L., Hong, Z. ve Zou, W. (2022). İnsan Hareketi Tanıma İçin Tenis Spor Robotunun Geri Dönüş Stratejisi ve Makine Öğrenimi Optimizasyonu. *Nörorobotikteki Sınırlar*, 16, 857595.
- Weber, R. P. (1990). *Basic content analysis* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Yaacoub, J., Noura, H., Salman, O. and Chehab, A., (2020), 'Security analysis of drones systems: Attacks, limitations, and recommendations,' *Internet of Things*, 11, 100218 <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100218>
- Yenneti, S. S. S., Kushwaha, R., Naval, S., & Singal, G. (2021). Leading Athlete Following UAV Using Transfer Learning Approach. In *Advanced Computing: 10th International Conference, IACC 2020, Panaji, Goa, India, December 5–6, 2020, Revised Selected Papers, Part I 10* (pp. 424-433). Springer Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-0401-0_33
- Yıldırım, T., & Şimşek, Ü. (2016). Sosyal bilgiler öğretmenliği öğrencilerinin coğrafya alanına yönelik öz-yeterliklerinin farklı değişkenler açısından incelenmesi. *Journal of Education and Research*, (varsa dergi adı eklenmeli).
- Yiğit, E., Yazar, I., & Karakoç, H. T. (2018). İnsansız hava araçları (İHA)'nın kapsamlı sınıflandırması ve gelecek perspektifi. *Sürdürülebilir Havaçılık Araştırmaları Dergisi (SÜHAD)*, 3(1), 10-19.
- Yu, S., Liu, J. (2020). Automatic Detection of Image Features in Basketball Shooting Teaching Based on Artificial Intelligence. In: Liu, S., Sun, G., Fu, W. (eds) *e-Learning, e-Education, and Online Training. eLEOT 2020. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 340. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63955-6_15
- Yu, Z., Wang, Z., Yu, J., Liu, D., Song, H. H., & Li, Z. (2023). Cybersecurity of unmanned aerial vehicles: A survey. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 39(9), 182-215.

Zema, N. R., Natalizio, E., & Yanmaz, E. (2017, May). *An unmanned aerial vehicle network for sport event filming with communication constraints*. First International Balkan Conference on Communications and Networking (Balkancom 2017), Tirana, Albania. Retrieved from <https://hal.science/hal-01731379/document>