

Sportif Performans Analizinde Yeni Nesil Teknolojiler Üzerine Genel Bir Bakış

Serhat Özbay⁶

Süleyman Ulupınar⁷

Özet

Son yıllarda, teknolojik gelişmeler spor performans analizi alanını devrim niteliğinde değiştirmiştir. Bu makale, atletik performansın anlaşılması ve değerlendirilmesini artırmak için kullanılan yeni nesil teknolojilere derinlemesine bir bakış sunmaktadır. Gerçek zamanlı olarak fizyolojik metrikleri izleyen giyilebilir cihazlardan, bir atletin her hareketine detaylı içgörüler sunan gelişmiş veri analitiği araçlarına kadar, spor analizi alanı hızla gelişmektedir. Keskin uçlu araçları, hareket yakalama sistemlerini, yapay zeka destekli öngörü modellemesini ve sanal gerçeklik eğitim modülleri keşfedilmektedir. Bu teknolojiler sadece bir atletin güçlü ve zayıf yönlerini daha kapsamlı bir şekilde anlamamızı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda antrenörlere ve eğitmenlere eyleme dönüştürülebilir içgörüler sunarak, onlara kişiye özel eğitim programları tasarlama konusunda yardımcı olmaktadır. Bu teknolojiler ana akım sporlara daha fazla entegre oldukça, performansı optimize etme ve yaralanma riskini azaltma potansiyeli katlanarak artar. Mevcut literatürün güncel durumunu vurgulayarak ve gelecekteki trendleri öngörerek, bu makale, spor endüstrisindeki profesyonellere teknolojinin gücünden yararlanarak atletik başarıları yükseltme konusunda bir referans noktası olmayı amaçlamaktadır.

Giriş

Fiziksel performansın ölçümü, hem sağlık bilimleri hem de spor bilimleri alanında kritik bir öneme sahiptir (Roy, Springer, McNulty, & Butler, 2010; Tunay & Tedavi, 2008; Zorba, 2009) (Roy et al., 2010; Tunay & Tedavi,

6 Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Erzurum, Türkiye. E-mail: serhat.ozbay@erzurum.edu.tr <https://orcid.org/0000-0001-6424-8871>

7 Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Erzurum, Türkiye. E-mail: suleyman.ulupinar@erzurum.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-9466-5278>

2008; Zorba, 2009). Fiziksel özelliklerin detaylı ölçümü, bireylerin veya sporcuların mevcut durumlarının geniş çaplı bir analizinin yapılmasına imkan tanımaktadır (O'donoghue, 2009). Bu analiz, geliştirilmesi gereken fiziksel bileşenleri belirlemekte, bireylerin veya sporcuların kabul görmüş standartlar ile kıyaslanmasını sağlamakta ve hedeflenen performansa ulaşılması için özelleştirilmiş bir egzersiz reçetesi hazırlamada yardımcı olmaktadır (Lucia, Bianco, & Di Russo, 2023; Popović et al., 2017; Vanhees et al., 2005). Bunun ötesinde, bu tür bir ölçüm, bireyin güçlü özelliklerini belirlemeye ve bu özellikleri en etkili şekilde kullanabilecekleri sportif disiplinlere yönlendirmeye yardımcı olabilmektedir (Draper et al., 2021; Süleyman Ulupınar & Özbay, 2020). Örneğin, bir bireyin hızlı tepki süresi ve koordinasyon yeteneği, onun tenis veya masa tenisi gibi hızlı refleksler gerektiren sporlarda başarılı olabileceğini gösterebilir (Sinkovic, Foretic, & Novak, 2022). Benzer şekilde, yüksek aerobik kapasite ve dayanıklılık, maraton koşusu veya triatlon gibi uzun mesafe dayanıklılık sporlarında başarı potansiyeli olduğunu ortaya koyabilmektedir (Lee, Snyder, & Lundstrom, 2019).

Sporda performans analizi, günümüzde spor dallarının tüm seviyelerinde hayati bir rol oynamaktadır (Gençoğlu, Ulupınar, Özbay, Ouergui, & Franchini, 2022; Özbay & Ulupınar, 2022; Ulupınar, Özbay, Gençoğlu, & Ince, 2021). Bu rol, bir takımın veya bireysel bir sporcunun performansı ve davranışları hakkında objektif bilgiler elde ederek performansı her yönüyle geliştirmenin en hayati yolu olarak görülmektedir (Hughes & Franks, 2004). Teknolojinin yardımıyla, sporda performans analizi dramatik bir şekilde gelişmiş ve daha ayrıntılı sonuçların ortaya koyulabilmesi ile daha sağlam analizlere olanak sağlamıştır.

Bugün spor bilimciler; performans analizi ile teknik beceriler, taktiksel anlayış, fiziksel kondisyon ve hatta psikolojik faktörler gibi yönleri açığa çıkarabilmektedir (Araújo, Couceiro, Seifert, Sarmiento, & Davids, 2021; Gençoğlu et al., 2022). Bu faktörlerin ölçülmesi ve analiz edilmesi, ortaya çıkarılacak güçlü yönlerin ve geliştirilmesi gereken zayıf noktaların belirlenmesini mümkün kılmaktadır (McGarry, O'Donoghue, de Eira Sampaio, & Sampaio, 2013; Rein & Memmert, 2016).

Son teknolojik gelişmeler ile yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve spor bilimlerine entegrasyonu, spor performans analizlerini başka bir seviyeye taşımıştır (Arogam, Manivannan, & Harrison, 2019; Erickson, 2020). Son gelişmeler ile birlikte giyilebilir cihazlar, video izleme sistemleri ve gelişmiş veri analitiği, sporcuların performansı hakkında daha doğru ve ayrıntılı veriler toplamak için kullanılmaya başlanmıştır (Garnacho-Castaño et al.,

2021; Rana & Mittal, 2020). Bu teknolojiler tarafından sağlanan gerçek zamanlı veriler, oyun esnasında ani kararlar almaya yardımcı olmasının yanı sıra toplanan verilerin, sonraki antrenmanlar ve stratejilerin planlama için daha sonrada analiz edilebilme fırsatını sunmaktadır (Rein & Memmert, 2016).

Performans değişkenlerinin niteliksel ve niceliksel analizler ile ortaya konulabilmesi ve bu süreçler sonucunda ortaya çıkan sistematik, nesnel ve güvenilir performans izleme ve değerlendirme süreçleri sporcuya faydalı ve zamanında geri bildirim sunmaktadır. Dolayısıyla, spor performans analizi, insan performansının sınırlarını zorlamaya yardımcı olabileceği için spor bilimciler ve antrenörler için hayati bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, fiziksel performansın ölçümü ve analizi, bireysel sağlık ve spor performansını optimize etme potansiyeli taşıyan önemli bir araç olarak görülmektedir. Alan yazın incelendiğinde, konunun daha kapsamlı ve detaylı bir şekilde anlaşılmasının, spor bilimlerinde ve genel sağlık uygulamalarında daha etkili stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Spor Biliminde Yeni Nesil Teknolojilere Genel Bakış

Spor Teknolojisinin Evrimi

Spor teknolojisinin evrimi, uzun yıllardır çarpıcı bir hızla ilerleyerek; sporcuların performanslarını, antrenörlerin taktiklerini ve hatta taraftarların spor deneyimlerini dahi büyük ölçüde değiştirdiği görülmektedir (Miah & Eassom, 2002; Vera-Rivera, Ortega-Parra, & Ramírez-Ortiz, 2019). Bu evrimin başlangıç noktalarından biri, hareket analizi için video teknolojisinin kullanılması olarak kabul edilmektedir. Sonraki süreçte bu teknoloji, antrenörlerin ve sporcuların performansı değerlendirmek için kullandığı kritik bir araç haline gelmiş ve antrenman süreçlerini ve taktiklerini incelemek için kullanılmaya başlanmıştır (Carling, Reilly, & Williams, 2008). Bunun yanı sıra, giyilebilir teknolojiler, spor bilimcilerin sportif performansı ölçme ve takip etme şeklini radikal bir şekilde değiştirmiştir. Bu cihazlar, sporcuların kalp hızı, vücut sıcaklığı, uyku kalitesi ve fiziksel aktivite seviyeleri gibi bir dizi farklı parametrenin gerçek zamanlı olarak izlemelerine olanak sağlamışlardır (Mannini & Sabatini, 2010; Mencarini, Rapp, Tirabeni, & Zancanaro, 2019).

Daha yakın zamanlarda ise, büyük veri ve yapay zekânın spor bilimine entegrasyonu, analitik yetenekleri önemli ölçüde genişletmiş ve daha önce mümkün olmayan derinlemesine analizlere olanak sağlamıştır (Bai & Bai, 2021). Bu teknolojiler, sporcu performansı, yaralanma riski, taktiksel stratejiler ve hatta oyuncu transferleri konusunda karar vermeyi daha bilimsel ve veri

odaklı hale getirmiştir. Bütün bu bilgiler ışığında, spor teknolojisinin hızla ilerleyen evriminin, spor bilimini büyük ölçüde dönüştürdüğü ve gelecekte bu alanlarda daha da büyük değişikliklere yol açabileceği görülmektedir.

Yeni Nesil Spor Teknolojileri ve Özellikleri

Yeni nesil spor teknolojileri, sporcuların performansını analiz etme ve iyileştirme yollarımızı radikal bir şekilde değiştirmiştir. Özellikle giyilebilir teknolojiler, büyük veri ve yapay zekâ, bu değişimin öncülüğünü yapmaktadır (Bai & Bai, 2021; Mannini & Sabatini, 2010; S. Patel, Park, Bonato, Chan, & Rodgers, 2012).

Giyilebilir teknolojiler, sporcuların ve antrenörlerin, kalp hızı, vücut sıcaklığı, uyku kalitesi ve fiziksel aktivite seviyeleri gibi parametreleri gerçek zamanlı olarak izlemesine olanak sağlamaktadır. Bu bilgiler, performansı optimize etmek, yaralanmaları önlemek ve antrenman süreçlerini kişiselleştirmek için kullanılabilir (Düking, Hotho, Holmberg, Fuss, & Sperlich, 2016). Büyük veri analitiği ve yapay zekâ, sportif performans analizinde yeni bir dönem başlatmıştır. Bu teknolojiler, kapsamlı veri setlerini analiz etme ve sporcuların, takımların ve oyunların performansını daha önce mümkün olmayan derinlemesine inceleme imkânı sunmuştur. Örneğin, Catapult ve WIMU gibi sistemler, atletlerin performansını ve biyomekaniklerini ayrıntılı bir şekilde analiz etmektedir (Martin Buchheit et al., 2014).

Ayrıca, sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, sporcuların belirli becerileri ve stratejileri pratik yapmasını sağlamaktadır. Bu tür teknolojiler, özellikle karmaşık ve tehlikeli hareketlerin simülasyonunda veya taktiksel antrenmanların gerçekleştirilmesinde kullanılabilir (Philippe et al., 2020). Yeni nesil spor teknolojileri, sportif performans analizinde heyecan verici yeni fırsatlar sunmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin potansiyelini tam olarak kullanabilmek için, spor bilimcilerinin ve antrenörlerin bu araçları etkin bir şekilde nasıl kullanacaklarını anlamaları ve adaptasyonlarının gerekliliği vurgulanmaktadır.

Biyomekanik Teknolojiler

Biyomekanik teknolojiler, spor biliminde önemli bir role sahiptir. Son teknolojik gelişmeler ile bu alanın önemi daha çok anlaşılmış ve spor performans analizlerini dönüştürmeye devam etmiştir. 3D hareket analizi, güç platformları ve elektromiyografi (EMG), sporcuların performansını ve tekniklerini ölçme ve analiz etme tarzını değiştirmiştir (Krosshaug et al., 2007). Bu gelişmelerin yanı sıra, son teknolojik gelişmeler ile ortaya çıkan görüntüleme teknolojileri, spor yaralanmalarını önlemeye ve rehabilitasyon

sürecini yönetmeye de yardımcı olmaktadır. Biyomekanik teknolojilerin spor bilimine uygulanması, sporcuların performansını optimize etme ve sakatlıkları önleme konusunda yeni fırsatlar sunmaktadır (Krosshaug et al., 2007).

Hareket Analizi Teknolojileri

Son yıllarda, taşınabilir veri kayıt ve analiz sistemlerinin, özellikle hareket takibi ile ilgili verileri işleme kapasitesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu, küresel konumlandırma sistemleri (GPS), yüksek hızlı video ve ivmeölçerler gibi teknolojilerin spor ve insan hareketi ölçümlerine uygulanmasında dikkate değer bir etki yaratmıştır (Akenhead & Nassis, 2016). Bu araçlar, sportif performans ve stratejik uygulamaları belirleme ve analiz etme yeteneğimizi artırmıştır (Martin Buchheit et al., 2014).

Dolayısıyla, sporda antrenörlük süreçleri ve analitik yaklaşımlar üzerindeki bu teknolojik gelişmelerin etkisi yadsınamaz bir öneme sahiptir. Artık, takım ve bireysel performansın nicel analizleri spor yönetiminin ve koçluğun merkezi bir unsuru haline gelmiştir (O'donoghue, 2009).

Özellikle sporcuların konum bilgisinin doğru bir şekilde belirlenmesi, hem performans analitiği hem de taktik uygulamalar bağlamında kritik bir öneme sahiptir (Aughey, 2011). Antrenörler ve performans analistleri, daha sofistike ve hedef odaklı antrenman programları oluşturmak için bu tür verileri kullanmaktadırlar. Ayrıca, spor bilimcileri, oyuncuların hareket dinamiklerini, etkinlik koordinasyonlarını ve belirleyici kısıtlamaları anlamak için de bu bilgilere ihtiyaç duyulabilmektedir (Passos et al., 2011). Bir örnekle açıklamak gerekirse, bu tür veri setleri, oyuncuların hız ve ivmelenmelerini hesaplamak, performans profilleri oluşturmak ve başarılı ve başarısız oyunlar arasındaki farklılıkları belirlemek için kullanılabilir (Couatts & Duffield, 2010). Dolayısıyla, bu tip verilere dayanarak oyuncuların hareket kalıplarını objektif ve güvenilir bir şekilde analiz etme yeteneği, koçlar, spor bilimcileri ve performans analistleri için değerli bir varlık haline gelmiştir.

Kuvvet Platformları ve EMG

Spor bilimlerinde, kuvvet platformları ve elektromiyografi (EMG), hareketin analizi ve anlaşılması için önemli araçlar olarak geliştirilmişlerdir. Kuvvet platformları, sporcuların hareketlerinin anlık kuvvetlerini ve hızlarını ölçerken, EMG kas aktivitesinin boyutunu ve zamanlamasını belirlemek için kullanılmaktadır (McGinnis, 2013; Watkins & Watkins, 2007). Kuvvet platformları genellikle sporcuların hareketlerini ve performanslarını, özellikle de dikey sıçrama ve ağırlık kaldırma gibi yüksek kuvvet gerektiren aktiviteleri değerlendirmektedir (McBride et al., 2009; Schieb, 1986). Ayrıca, bu

sistemler, sporcuların kuvvet üretme ve güç transferi yeteneklerini anlamak için de kullanılmaktadırlar (Goodwin & Cleather, 2016).

Öte yandan, EMG, kasların aktivasyon düzeylerini ve aktivasyon zamanlamasını belirlemek için değerli bir araç olarak görülmektedir. Bu, özellikle kasların aktivasyon düzeylerini belirlemek için kullanılır, bu sayede performans ve yaralanma riski arasındaki potansiyel ilişkileri belirlemek mümkün olabilmektedir (Farina, Merletti, & Enoka, 2004). Örneğin, EMG sinyalleri sporcularda yorgunluğun ve kasların ne kadar hızlı yanıt verdiğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Bu veriler, koşuların ve performans analistlerinin sporcuların hazırlıklarını ve antrenmanlarını daha etkili bir şekilde düzenlemelerine yardımcı olabilmektedir (Hermens, Freriks, Disselhorst-Klug, & Rau, 2000).

Giyilebilir Sensörler

Son yıllarda spor alanında kullanılan giyilebilir teknolojilerin popülaritesi hızla artmaktadır. Bu teknolojiler, sporcuların hareketini izlemek ve performanslarını geliştirmek için kullanılmaktadır. Bu alanlarda kullanılan en yaygın giyilebilir sensörler arasında inersiyel sensörler ve EMG sensörleri bulunmaktadır (Adesida, Papi, & McGregor, 2019; Rum et al., 2021). İnersiyel sensörler, mikroelektromekanik sistem (MEMS) teknolojisi kullanılarak üretilmektedir. Bu sensörler, ivmeölçerler ve jiroskoplar gibi bileşenler içerir ve genellikle bir inersiyel ölçüm biriminde (IMU) birleştirilir. IMU'lar genellikle bir 3D manyetometre ile birlikte kullanılır ve bu durumda manyeto-inersiyel ölçüm birimi (MIMU) olarak adlandırılmaktadır (Camomilla, Bergamini, Fantozzi, & Vannozzi, 2018). İvmeölçerler, hassas eksenli boyunca ivmeyi ölçer ve yerçekimi dahil olmak üzere lineer ivmeyi belirli bir yönde ölçebilmektedir. Bu sayede sporcuların hareketlerini analiz etmek ve hareket türlerini belirleme imkanı ortaya çıkmaktadır (Bergamini et al., 2014; Mannini, Intille, Rosenberger, Sabatini, & Haskell, 2013). Jiroskoplar ise hassas eksenli etrafındaki açısal hızı ölçmektedir. Bu sayede sporcuların üç boyutlu yönelimini tahmin etmek mümkün hale gelir. Ancak, jiroskoplar da entegrasyon sapması gibi sorunlarla karşılaşabilir ve manyetometreler gibi diğer sensörlerle birleştirilerek doğru yönelim tahminleri yapabilirler (Bergamini et al., 2014). EMG sensörleri ise kas aktivitesini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu sensörler, kaslardan gelen elektriksel sinyalleri algılar ve bu sayede kasların çalışma düzeyini ve aktivasyon desenlerini analiz etmek mümkün olur. EMG sensörleri, sporcuların kas gücü ve performansını değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadırlar (Adesida et al., 2019; Taborri et al., 2020). Bu giyilebilir sensörlerin yanı sıra, sporcuların hareketlerini ve performanslarını değerlendirmek için GPS, pedometreler

ve konum veri kaydedicileri gibi diğer teknolojiler de kullanılmaktadır. Bu cihazlar, sporcuların hızını, mesafesini ve hareketlerini takip etmekte yardımcı olurlar (Li et al., 2016; Vanlandewijck & Thompson, 2016).

Ayrıca, sporcuların fizyolojik parametrelerini izlemek için kalp atışı sensörleri, kablosuz EMG cihazları ve taşınabilir metabolimetreler gibi diğer giyilebilir sensörler de kullanılmaktadır. Bu sensörler sayesinde sporcuların kalp atış hızı, kas aktivitesi ve enerji harcaması gibi parametreleri takip edilebilmektedir (Lynn, Watkins, Wong, Balfany, & Feeney, 2018; McLaughlin, King, Howley, Bassett Jr, & Ainsworth, 2001; Taborri et al., 2020).

Giyilebilir sensörlerin kullanımı, sporcuların performanslarını değerlendirmek ve antrenmanlarını optimize etmek için değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu teknolojiler, spor alanında kullanılan geleneksel laboratuvar tabanlı sistemlere kıyasla daha az kısıtlamalarla ve saha koşullarında daha kolay kullanılabilirlik sunmaktadır. Giyilebilir teknolojiler, sporcuların potansiyellerini keşfetmelerine ve performanslarını geliştirmelerine yardımcı olmak için önemli bir araç haline gelmiştir (Rum et al., 2021).

Fizyolojik İzleme Teknolojileri

Kalp Hızı Monitörleri

Kalp hızı monitörleri, son yıllarda sporda yaygın olarak kullanılan önemli bir araç haline gelmiştir. Bu monitörler, sporcuların antrenman sürecinde kalp atış hızlarını izlemek ve değerlendirmek için kullanılmaktadır. Sporcuların egzersiz yoğunluğunu kontrol etmelerine ve performanslarını optimize etmelerine yardımcı olurlar (Borresen & Lambert, 2009; Martin Buchheit, 2014). Kalp hızı monitörlerinin antrenman sürecindeki kullanımının bir diğer faydası da sporcuların egzersiz yoğunluğunu doğru bir şekilde belirleyebilmeleridir. Bu sayede sporcular, hedef kalp atış hızlarına ulaşarak antrenmanlarını daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilirler (Impellizzeri, Marcora, & Coutts, 2019).

Jennings et al. (2010) tarafından yapılan bir araştırmada, GPS birimleriyle birlikte kullanılan kalp hızı monitörlerinin sporcuların koşu mesafesini doğru bir şekilde ölçebildiği belirtilmektedir. Bu sayede sporcular, antrenmanlarının performansını daha objektif bir şekilde değerlendirebilirler (Jennings, Cormack, Coutts, Boyd, & Aughey, 2010). Sporcuların antrenman programlarının optimize edilmesi ve performanslarının artırılması için kalp hızı monitörlerinin etkili bir araç olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, sporda kalp hızı monitörlerinin kullanımı önemli bir yer tutmaktadır (Kleiger, Stein, & Bigger Jr, 2005).

Özetle, sporda kalp hızı monitörlerinin kullanımının birçok faydası vardır. Öncelikle, doğru bir şekilde kalp atış hızını ölçerek, sporcuların egzersiz yoğunluğunu belirlemelerine yardımcı olurlar. Bu, sporcuların hedef kalp atış hızına ulaşmalarını ve optimum antrenman seviyelerinde çalışmalarını sağlar. Aynı zamanda, kalp hızı monitörleri sporculara aşırı antrenman riskini azaltmada da yardımcı olur. Antrenman sırasında kalp atış hızlarını kontrol etmek, aşırı zorlama durumlarında uygun önlemlerin alınmasına olanak sağlar ve sporcuların sakatlanma riskini azaltır.

GPS İzleme Sistemleri

GPS izleme sistemleri, sporcuların fiziksel aktivitelerini izlemek ve değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir (Aughey, 2011; Jennings, Cormack, Coutts, & Aughey, 2012). Bu teknoloji, küresel konumlandırma sistemlerinin spor sahalarında uygulanmasıyla birlikte hızla benimsenmiştir (Aughey, 2011).

GPS izleme sistemlerinin sporda kullanımı, özellikle takım sporlarında yaygınlaşmıştır. Örneğin, Avustralya futbolu, kriket, hokey, rugby birliği ve ligi gibi sporlarda GPS izleme sistemi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sistemler, sporcuların aktivite profillerini belirlemek için mesafe ve hız verilerini kullanmaktadır. Özellikle maçlarda yorgunluk düzeyini tespit etmek, yoğun oyun dönemlerini belirlemek ve farklı pozisyonlara, müsabaka seviyelerine ve spor türlerine göre aktivite profillerini analiz etmek için GPS izleme sistemleri kullanılmaktadır (Jennings et al., 2012). GPS verileri ayrıca sporcuların fiziksel kapasitesini değerlendirmek ve performanslarını geliştirmek için kullanılmaktadır. Bazı araştırmalar, GPS verilerini sporcuların fiziksel kondisyon testi puanlarıyla ilişkilendirmiş ve bu verileri oyuna özel görevler veya taktik ve stratejik bilgilerle entegre etmiştir (M Buchheit, Simpson, Al Haddad, Bourdon, & Mendez-Villanueva, 2012).

Gelecekte, GPS izleme sistemlerinin daha da geliştirilmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, daha küçük cihazların kullanılmasını, daha uzun pil ömrünü ve diğer atalet sensörlerinin entegrasyonunu içerecektir. Ayrıca, farklı pozisyonlara, rekabet seviyelerine ve spor türlerine göre farklı aktivite profillerini analiz etme yeteneği de artacaktır (Aughey, 2011).

Kan Analizi ve Laktat Ölçüm Cihazları

Kan analizi ve laktat ölçüm cihazları, sporcuların performanslarını değerlendirmek ve antrenman programlarını optimize etmek için kullanılan önemli araçlardır (Beneke, Leithäuser, & Ochentel, 2011; Brooks, 2000). Bu cihazlar, sporcuların kan örneklerindeki biyokimyasal parametreleri

analiz ederek fizyolojik durumlarını ve antrenman yanıtlarını değerlendirme imkanı sağlar (Ozby, Ulupınar, Şebın, & Altınkaynak, 2020).

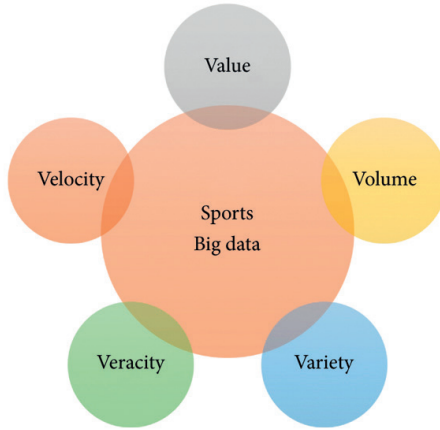
Laktat, enerji metabolizmasında önemli bir rol oynayan bir bileşiktir. Bu nedenle, laktat ölçümü, sporcuların aerobik ve anaerobik kapasitelerini değerlendirmede kullanılan önemli bir parametredir (Beneke et al., 2011; Brooks, 2000). Laktat ölçümü, sporcuların antrenman yoğunluğunu belirlemede ve performanslarını değerlendirmede yardımcı olur. Kan analizi ve laktat ölçüm cihazları, sporcuların fizyolojik tepkilerini anlamada ve antrenman programlarını optimize etmede değerli bilgiler sağlar (Cairns, 2006; Toffaletti, 1991). Bu cihazlar, sporcuların egzersiz sırasındaki laktat düzeylerini ölçerek performanslarını değerlendirmede kullanılır.

Veri Analizi ve Yapay Zekâ

Büyük Veri ve Spor Performans Analizi

Büyük veri çağı, spor endüstrisinin gelişimi üzerinde benzeri görülmemiş bir etki yaratmıştır. Egzersiz performansı, sağlık verileri, antrenman istatistikleri ve analizi gibi sporlarla ilgili büyük veri hizmetleri, sporculara günlük antrenmanda ve oyun stratejileri geliştirmede etkili bir şekilde yardımcı olabilir ve müsabakaları kazanmak için vazgeçilmez bir araç haline gelir (Gudmundsson & Horton, 2017; Haiyun & Yizhe, 2020; Liu, Luo, Schulte, & Kharrat, 2020; Pappalardo et al., 2019; Power, Ruiz, Wei, & Lucey, 2017). Gelişmiş büyük veri teknikleri spor alanında da değişikliklere yol açmıştır. Spor verilerinin artması, spor büyük verisi alanında yeni fırsatlar ve zorluklar yaratmıştır (Pappalardo et al., 2019; D. Patel, Shah, & Shah, 2020).

Spor büyük verisi, internetin ve sporun gelişimiyle ortaya çıkmış bir fenomendir. McKinsey Küresel Enstitüsü, büyük veri kavramını hacim, çeşitlilik, hız ve değer olarak tanımlamaktadır (Gobble, 2013). Bu tanıma dayanarak, spor büyük verisi, geleneksel veritabanı yazılım araçlarının kapasitesini aşan, büyük bir spor verisi koleksiyonunu elde etme, depolama, yönetme ve analiz etme yeteneğine sahip bir sistem olarak tanımlanabilir. Spor büyük verisinin beş temel özelliği hacim, çeşitlilik, hız, doğruluk ve değerdir. Her gün milyonlarca okuldan, çeşitli etkinliklerden ve topluluklardan yüz milyonlarca spor verisi üretilmektedir ve bu hacim özelliğini yansıtmaktadır (Du & Yuan, 2021; D. Patel et al., 2020; Yin & Cui, 2021; Zhang, Zhang, Zhao, Zhang, & Chen, 2020; Alaeddinoğlu M.F. ve diğerleri., 2012). Hız özelliği, spor verilerinin hızlı bir şekilde birikmesiyle ilişkilidir. Spor büyük verisinin çeşitliliği, çeşitli varlıkları ve ilişkileri içermesi nedeniyle spor büyük veri sistemlerini daha zorlu hale getirir (bkz. Şekil 1).



Şekil 1 Spor büyük verilerinin beş temel özelliği (Bai & Bai, 2021).

Temsili işleme, ad belirsizliğini giderme ve veri çoğaltma gibi zorlukları içerir. Spor büyük verisinin çeşitlilik özelliği, fiziksel uygunluk, fiziksel egzersiz davranışları, kişisel bilgiler ve çeşitli yarışma sonuçları gibi farklı alanları barındırmaktadır. Spor büyük verisinin en önemli özelliği değeridir. Günümüzde spor büyük verisiyle ilgili araştırmalar, sporcuların performansını değerlendirmek, öğrenci fiziksel uygunluğunu değerlendirmek ve koçluk sonuçlarını değerlendirmek gibi konularda araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Dugdale, Sanders, Myers, Williams, & Hunter, 2020; Van Den Broucke & Baert, 2019). Spor büyük verisi aynı zamanda sporcu performansını tahmin etmek ve öğrenci fiziksel uygunluğunu tahmin etmek gibi öngörülerde bulunmaya da olanak sağlamaktadır. Bu gelişmeler, spor endüstrisinde büyük verinin önemini ve potansiyelini vurgulamaktadır. Ancak, spor büyük verisi analiziyle ilgili bazı zorluklar da mevcuttur, özellikle veri güvenliği, gizlilik ve veri entegrasyonu gibi konular üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte, spor büyük verisi analizinde daha fazla gelişme ve iyileştirme beklenmektedir, bu da sporcuların performansını daha etkili bir şekilde değerlendirebilmek ve spor endüstrisindeki yenilikleri yönlendirebilmek için daha fazla fırsat sunacaktır (Bai & Bai, 2021).

Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Uygulamaları

Son yıllarda veri bilimi alanındaki hızlı gelişmeyle birlikte, Makine Öğrenimi (ML) ve Veri Madenciliği (DM) çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. Bu hareketin bir sonucu olarak, ML yöntemlerinin ve uygulamalarının spor verilerinden faydalı bilgiler elde etmek için kullanıldığı Spor Analitiği (Apostolou & Tjortjis, 2019) adlı alan, hem iş dünyası hem de akademik

araştırma için uygun alanlardan biri olarak ortaya çıkmıştır. Spor Analitiği daha belirgin ve erişilebilir hale geldikçe, spor takımları, antrenörler, oyuncular ve şirketler, performanslarını ve saha içi ve saha dışı faaliyetlerini geliştirmek için uygulamalarını kullanmaya daha meyllidirler (Tichy, 2016). Spor alanında, profesyonel liglerde veya kolej/lise düzeyinde, uzun vadeli strateji, günlük operasyon ve tahmin amaçlarıyla ML ve DM tekniklerini kullanarak takım sporları için birçok akademik çalışma ve sistemik çerçeveler geliştirilmiştir (Nguyen, Nguyen, Ma, & Hu, 2022; Thabtah, Zhang, & Abdelhamid, 2019; Zuccolotto, Manisera, & Sandri, 2018).

Son dönemde, spor biliminde performans analizi önemli değişiklikler yaşamıştır, bunun temel nedeni gelişmiş teknolojiye erişim ve bilgisayar biliminden artan uygulamalardır. Sporda manuel notasyon analizi veya kodlama, eğitilmiş analistler tarafından yapılsa bile sınırlamalara sahiptir. Bu yöntemler genellikle zaman alıcı, subjektif niteliktedir ve insan hatalarına ve önyargılara eğilimlidir. Spor performans analizinin verimliliğini ve doğruluğunu artırma potansiyeline sahip olan spor hareketlerinin otomatik tanınması ve kodlamaya yönelik uygulamalar, bu alanda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte ortaya çıkmıştır. İnsan hareketlerinin tanınmasının otomatikleştirilmesi, genellikle insan aktivitesi tanıma (HAR) olarak adlandırılan bir süreçle gerçekleştirilebilir ve bu süreç makine öğrenmesi veya derin öğrenme model yaklaşımlarıyla gerçekleştirilebilir. İnertial ölçüm birimlerinden (IMU) veya görüntülerden elde edilen veriler genellikle bu süreçte kullanılır. Tanımlama, sürekli bir veri giriş sinyali içinde hedeflenen bir örneğin tespit edilmesini ifade eder (Bulling, Blanke, & Schiele, 2014). Hareketlerin tanınması veya sınıflandırılması, belirlenen örneğin daha fazla yorumlanması ve etiketlenmiş tahminler içerir (Bulling et al., 2014; Bux, Angelov, & Habib, 2017), örneğin, tenis vuruşlarını forehand veya backhand olarak ayırt etme. Makine ve derin öğrenmede, bir model, otomatik bir tahmin görevinin geliştirilmesinde yer alan istatistiksel işlemleri temsil eder (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015; Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014).

Spor Simülasyonları ve Modelleme

Spor simülasyonları ve modelleme, spor performansının analizi ve takım stratejilerinin geliştirilmesi gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikler, spor bilimcileri, antrenörler ve araştırmacılar tarafından kullanılarak gerçek müsabaka senaryolarını taklit etmek ve spor olaylarını daha iyi anlamak için kullanılmaktadır (Qiu & Luo, 2013). Spor simülasyonları, gerçek müsabaka etkinliklerini taklit etmek için matematiksel ve hesaplamalı modellerin kullanıldığı yapay ortamlardır. Bu simülasyonlar, oyuncu performansını, takım taktiklerini ve oyun stratejilerini analiz

etmek için kullanılmaktadır (Bedir & Erhan, 2021). Örneğin, bir futbol maçının simülasyonu, oyuncu hareketlerini, pas trafiğini ve gol olasılıklarını modelleyerek takımın performansını değerlendirmek için kullanılabilir.

Spor modellemesi ise istatistiksel analizler ve matematiksel modeller kullanarak spor olaylarını açıklamaya ve tahmin etmeye yönelik bir yaklaşımdır. Bu modeller, spor verilerini kullanarak oyuncu performansını tahmin etmek, takım stratejilerini optimize etmek ve antrenman programlarını geliştirmek için kullanılmaktadır (Hughes, Franks, Franks, & Dancs, 2019). Örneğin, bir basketbol maçında hangi oyun istatistiklerinin galibiyeti etkilediğini belirlemek için diskriminant analiz kullanılabilir.

Spor simülasyonları ve modellemesi, spor eğitimcileri ve antrenörler için değerli bir araçtır. Bu teknikler sayesinde antrenörler, takımın zayıf ve güçlü yönlerini belirleyebilir, oyuncuların performansını optimize edebilir ve takım taktiklerini iyileştirebilirler (Blazevich & Blazevich, 2017). Ayrıca, araştırmacılar, spor simülasyonları ve modellemesi kullanarak spor performansını daha iyi anlamak ve yeni keşifler yapmak için çalışmalarını sürdürebilirler.

Sonuç olarak, spor simülasyonları ve modellemesi, spor performansının analizi, takım stratejilerinin geliştirilmesi ve antrenman programlarının optimize edilmesi gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikler, spor eğitimcileri, antrenörler ve araştırmacılar için değerli bir araç olup, spor olaylarını daha iyi anlamak ve başarıyı artırmak için kullanılmaktadır.

Teknolojik Uygulamaların Performans Üzerindeki Etkisi

Teknolojik uygulamalar, spor performansını artırmak ve sporcuların potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, sporcuların antrenman süreçlerini izlemek, performanslarını değerlendirmek, sakatlık risklerini azaltmak ve performanslarını optimize etmek için kullanılmaktadır (Haugen & Buchheit, 2016).

Birincil olarak, taşınabilir cihazlar ve izleme sensörleri sporcuların antrenman süreçlerini izlemek ve performanslarını analiz etmek için kullanılmaktadır. Örneğin, akıllı saatler, sporcuların nabız, adım sayısı ve uyku kalitesi gibi temel sağlık ve aktivite verilerini takip etmelerine yardımcı olur (Isakadze & Martin, 2020). Ayrıca, hareket sensörleri ve GPS izleme cihazları, sporcuların koşu hızı, mesafe ve rotalarını takip etmelerine ve antrenmanlarını optimize etmelerine yardımcı olur (Martin Buchheit, Simpson, & Lacombe, 2020).

Diğer bir teknolojik uygulama ise sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) sistemleridir. Bu sistemler, sporculara gerçek spor ortamını taklit etme ve farklı senaryolarda antrenman yapma imkanı sağlar (Faure, Limballe, Bideau, & Kulpa, 2020). Sporcular, VR veya AR sistemlerini kullanarak gerçek zamanlı geri bildirim alabilir, performanslarını analiz edebilir ve belirli becerileri geliştirebilirler.

Bununla birlikte, veri analizi ve yapay zeka (AI) teknikleri de spor performansını artırmak için kullanılan önemli araçlardır. Büyük veri analizi, sporcuların performans verilerini derinlemesine analiz etmek ve antrenman programlarını optimize etmek için kullanılır. Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları ise, sporcuların performansını tahmin etmek, sakatlık risklerini belirlemek ve oyun stratejilerini optimize etmek için kullanılır (Van Eetvelde, Mendonça, Ley, Seil, & Tischer, 2021). Teknolojik uygulamaların spor performansı üzerindeki etkileri büyük bir potansiyele sahiptir. Bu uygulamalar, sporcuların performanslarını daha iyi anlamalarını ve optimize etmelerini sağlayarak spor alanında yeni keşiflerin yapılmasına olanak tanır (Ozbay et al., 2020; Ulupınar, Özbay, Gençoğlu, Franchini, et al., 2021). Ancak, teknolojinin yanlış kullanımı veya aşırı bağımlılığı, sporcuların performansını olumsuz etkileyebilir ve yanlış sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, teknolojik uygulamaların dikkatli bir şekilde kullanılması ve uzmanlar tarafından doğru bir şekilde yorumlanması önemlidir.

Sonuç ve Değerlendirme

Sonuç olarak, spor performansının analizinde kullanılan yeni nesil teknolojilerin, özellikle taşınabilir veri kayıt ve analiz sistemleri, GPS, yüksek hızlı video, kuvvet platformları, EMG ve benzeri araçların çığır açıcı bir etkisi olmuştur. Bu teknolojiler, sporcuların performanslarını ölçmede ve analiz etmede kullanılan metodolojileri büyük ölçüde genişletmiş ve derinleştirmiştir (Cust, Sweeting, Ball, & Robertson, 2019; Luo et al., 2019; Reinhardt, Schwesig, Lauenroth, Schulze, & Kurz, 2019; Taborri et al., 2020).

Teknolojik ilerlemeler, bilim insanlarının, koçların ve sporcuların spordaki performansı daha objektif, kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde değerlendirmesini mümkün kılmıştır (Cust et al., 2019; Goes et al., 2021; Rana & Mittal, 2020). Bununla birlikte, bu gelişmeler aynı zamanda, sporcuların güçlü ve zayıf yönlerini belirleme, performans düzeylerini ve risk faktörlerini daha doğru bir şekilde değerlendirme ve daha etkili antrenman programları oluşturma yeteneğimizi artırmıştır (O'Donoghue & Beckley, 2023; Rana & Mittal, 2020; Süleyman Ulupınar et al., 2021; Ulupınar,

Özbay, Gençoğlu, Franchini, et al., 2021; Ulupınar, Özbay, Gençoğlu, & Ince, 2021). Buna rağmen, bu teknolojik yeniliklerin potansiyeli tam olarak kullanılmamış olabilir. Yeni nesil spor teknolojilerinin tamamen entegrasyonu ve uygulaması, sporcuların performansını ölçmede ve analiz etmede mevcut yaklaşımlarımızın ötesine geçme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmaların bu teknolojilerin daha fazla keşfine ve potansiyel uygulamalarının araştırılmasına odaklanması önemlidir.

KAYNAKLAR

- Adesida, Y., Papi, E., & McGregor, A. H. (2019). Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and kinetics: A systematic review. *Sensors*, *19*(7), 1597.
- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(5), 587-593.
- Alaeddinoğlu, M.F., Aydın T., Dal D. (2012) Birlikte Kuralları ile Mekan-sal-Zamansal Veri Madenciliği: Erzincan Universty Journal Of Science and Technology, 5/2 191-212
- Apostolou, K., & Tjortjis, C. (2019). *Sports Analytics algorithms for performance prediction*. Paper presented at the 2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA).
- Araújo, D., Couceiro, M. S., Seifert, L., Sarmiento, H., & Davids, K. (2021). *Artificial Intelligence in sport performance analysis*: Routledge.
- Arogamam, G., Manivannan, N., & Harrison, D. (2019). Review on wearable technology sensors used in consumer sport applications. *Sensors*, *19*(9), 1983.
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *6*(3), 295-310.
- Bai, Z., & Bai, X. (2021). Sports big data: management, analysis, applications, and challenges. *Complexity*, *2021*, 1-11.
- Bedir, D., & Erhan, S. E. (2021). The effect of virtual reality technology on the imagery skills and performance of target-based sports athletes. *Frontiers in Psychology*, *11*, 2073.
- Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Ochentel, O. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *6*(1), 8-24.
- Bergamini, E., Ligorio, G., Summa, A., Vannozzi, G., Cappozzo, A., & Sabatini, A. M. (2014). Estimating orientation using magnetic and inertial sensors and different sensor fusion approaches: Accuracy assessment in manual and locomotion tasks. *Sensors*, *14*(10), 18625-18649.
- Blazevich, A., & Blazevich, A. J. (2017). *Sports biomechanics: the basics: optimising human performance*: Bloomsbury Publishing.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, *39*, 779-795.
- Brooks, G. A. (2000). Intra-and extra-cellular lactate shuttles. *Medicine and science in sports and exercise*, *32*(4), 790-799.

- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in physiology*, 5, 73.
- Buchheit, M., Al Haddad, H., Simpson, B. M., Palazzi, D., Bourdon, P. C., Di Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 442-445.
- Buchheit, M., Simpson, B. M., & Lacombe, M. (2020). Monitoring cardiorespiratory fitness in professional soccer players: is it worth the prick? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(10), 1437-1441.
- Buchheit, M., Simpson, M., Al Haddad, H., Bourdon, P., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European journal of applied physiology*, 112, 711-723.
- Bulling, A., Blanke, U., & Schiele, B. (2014). A tutorial on human activity recognition using body-worn inertial sensors. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(3), 1-33.
- Bux, A., Angelov, P., & Habib, Z. (2017). *Vision based human activity recognition: a review*. Paper presented at the Advances in Computational Intelligence Systems: Contributions Presented at the 16th UK Workshop on Computational Intelligence, September 7-9, 2016, Lancaster, UK.
- Cairns, S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance: culprit or friend? *Sports medicine*, 36, 279-291.
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: A systematic review. *Sensors*, 18(3), 873.
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2008). *Performance assessment for field sports*: Routledge.
- Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 133-135.
- Cust, E. E., Sweeting, A. J., Ball, K., & Robertson, S. (2019). Machine and deep learning for sport-specific movement recognition: a systematic review of model development and performance. *Journal of Sports Sciences*, 37(5), 568-600.
- Draper, N., Giles, D., Taylor, N., Vigouroux, L., España-Romero, V., Baláš, J., . . . Canalejo, J. C. (2021). Performance assessment for rock climbers: the International Rock Climbing Research Association sport-specific test battery. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(9), 1242-1252.
- Du, M., & Yuan, X. (2021). A survey of competitive sports data visualization and visual analysis. *Journal of Visualization*, 24, 47-67.

- Dugdale, J. H., Sanders, D., Myers, T., Williams, A. M., & Hunter, A. M. (2020). A case study comparison of objective and subjective evaluation methods of physical qualities in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 38(11-12), 1304-1312.
- Düking, P., Hotho, A., Holmberg, H.-C., Fuss, F. K., & Sperlich, B. (2016). Comparison of non-invasive individual monitoring of the training and health of athletes with commercially available wearable technologies. *Frontiers in physiology*, 7, 71.
- Erickson, G. B. (2020). *Sports vision: vision care for the enhancement of sports performance*: Elsevier Health Sciences.
- Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of applied physiology*, 96(4), 1486-1495.
- Faure, C., Limballe, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2020). Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of Sports Sciences*, 38(2), 192-205.
- Garnacho-Castaño, M. V., Faundez-Zanuy, M., Serra-Payá, N., Maté-Muñoz, J. L., López-Xarbau, J., & Vila-Blanch, M. (2021). Reliability and validity of the polar V800 sports watch for estimating vertical jump height. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(1), 149.
- Gençoğlu, C., Ulupınar, S., Özbay, S., Ouergui, I., & Franchini, E. (2022). Reliability and Validity of the Kickboxing Anaerobic Speed Test. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-10.
- Gobble, M. M. (2013). Big data: The next big thing in innovation. *Research-technology management*, 56(1), 64-67.
- Goes, E., Meerhoff, L., Bueno, M., Rodrigues, D., Moura, F., Brink, M., . . . Torres, R. (2021). Unlocking the potential of big data to support tactical performance analysis in professional soccer: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 21(4), 481-496.
- Goodwin, J. E., & Cleather, D. J. (2016). The biomechanical principles underpinning strength and conditioning. In *Strength and conditioning for sports performance* (pp. 78-108): Routledge.
- Gudmundsson, J., & Horton, M. (2017). Spatio-temporal analysis of team sports. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(2), 1-34.
- Haiyun, Z., & Yizhe, X. (2020). Sports performance prediction model based on integrated learning algorithm and cloud computing Hadoop platform. *microprocessors and microsystems*, 79, 103322.
- Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint running performance monitoring: methodological and practical considerations. *Sports medicine*, 46(5), 641-656.

- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361-374.
- Hughes, M., & Franks, I. M. (2004). *Notational analysis of sport: Systems for better coaching and performance in sport*: Psychology Press.
- Hughes, M., Franks, I. M., Franks, I. M., & Dancs, H. (2019). *Essentials of performance analysis in sport*: Routledge.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 270-273.
- Isakadze, N., & Martin, S. S. (2020). How useful is the smartwatch ECG? *Trends in cardiovascular medicine*, 30(7), 442-448.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L., & Aughey, R. J. (2010). The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 328-341.
- Jennings, D., Cormack, S. J., Coutts, A. J., & Aughey, R. J. (2012). GPS analysis of an international field hockey tournament. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 224-231.
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger Jr, J. T. (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 10(1), 88-101.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slaughterbeck, J. R., . . . Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *The American journal of sports medicine*, 35(3), 359-367.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.
- Lee, E. J., Snyder, E. M., & Lundstrom, C. J. (2019). Effects of marathon training on maximal aerobic capacity and running economy in experienced marathon runners.
- Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable performance devices in sports medicine. *Sports health*, 8(1), 74-78.
- Liu, G., Luo, Y., Schulte, O., & Kharrat, T. (2020). Deep soccer analytics: learning an action-value function for evaluating soccer players. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 34, 1531-1559.
- Lucia, S., Bianco, V., & Di Russo, F. (2023). Specific effect of a cognitive-motor dual-task training on sport performance and brain processing associated with decision-making in semi-elite basketball players. *Psychology of Sport and Exercise*, 64, 102302.

- Luo, J., Wang, Z., Xu, L., Wang, A. C., Han, K., Jiang, T., . . . Fan, F. R. (2019). Flexible and durable wood-based triboelectric nanogenerators for self-powered sensing in athletic big data analytics. *Nature communications*, *10*(1), 5147.
- Lynn, S. K., Watkins, C. M., Wong, M. A., Balfany, K., & Feeney, D. F. (2018). Validity and reliability of surface electromyography measurements from a wearable athlete performance system. *Journal of Sports Science & Medicine*, *17*(2), 205.
- Mannini, A., Intille, S. S., Rosenberger, M., Sabatini, A. M., & Haskell, W. (2013). Activity recognition using a single accelerometer placed at the wrist or ankle. *Medicine and science in sports and exercise*, *45*(11), 2193.
- Mannini, A., & Sabatini, A. M. (2010). Machine learning methods for classifying human physical activity from on-body accelerometers. *Sensors*, *10*(2), 1154-1175.
- McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(6), 1633-1636.
- McGarry, T., O'Donoghue, P., de Eira Sampaio, A. J., & Sampaio, J. (2013). *Routledge handbook of sports performance analysis*: Routledge London, UK:.
- McGinnis, P. M. (2013). *Biomechanics of sport and exercise*: Human Kinetics.
- McLaughlin, J. E., King, G., Howley, E. T., Bassett Jr, D. R., & Ainsworth, B. E. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *International journal of sports medicine*, *22*(04), 280-284.
- Mencarini, E., Rapp, A., Tirabeni, L., & Zancanaro, M. (2019). Designing wearable systems for sports: a review of trends and opportunities in human-computer interaction. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, *49*(4), 314-325.
- Miah, A., & Eassom, S. B. (2002). Sport Technology History, Philosophy and Policy.
- Nguyen, N. H., Nguyen, D. T. A., Ma, B., & Hu, J. (2022). The application of machine learning and deep learning in sport: predicting NBA players' performance and popularity. *Journal of Information and Telecommunication*, *6*(2), 217-235.
- O'donoghue, P. (2009). *Research methods for sports performance analysis*: Routledge.
- O'Donoghue, P., & Beckley, S. (2023). Possession tactics in the UEFA women's EURO 2022 soccer tournament. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-17.
- Ozbay, S., Ulupınar, S., Şebin, E., & Altınkaynak, K. (2020). Acute and chronic effects of aerobic exercise on serum irisin, adropin, and cholesterol levels

- in the winter season: Indoor training versus outdoor training. *Chinese Journal of Physiology*, 63(1), 21.
- Özbay, S., & Ulupınar, S. (2022). Strength-power tests are more effective when performed after exhaustive exercise in discrimination between top-elite and elite wrestlers. *Journal of strength and conditioning research*, 36(2), 448-454.
- Pappalardo, L., Cintia, P., Rossi, A., Massucco, E., Ferragina, P., Pedreschi, D., & Giannotti, F. (2019). A public data set of spatio-temporal match events in soccer competitions. *Scientific data*, 6(1), 236.
- Passos, P., Davids, K., Araújo, D., Paz, N., Minguéns, J., & Mendes, J. (2011). Networks as a novel tool for studying team ball sports as complex social systems. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(2), 170-176.
- Patel, D., Shah, D., & Shah, M. (2020). The intertwine of brain and body: a quantitative analysis on how big data influences the system of sports. *Annals of Data Science*, 7, 1-16.
- Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L., & Rodgers, M. (2012). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 9(1), 1-17.
- Philippe, S., Souchet, A. D., Lamerás, P., Petridis, P., Caporal, J., Coldeboeuf, G., & Duzan, H. (2020). Multimodal teaching, learning and training in virtual reality: a review and case study. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(5), 421-442.
- Popović, R., Aleksić, A., Stojanović, D., Stefanović, M., Božić, S., & Popović, M. (2017). Evaluation of the physical fitness level in physical education female students using "Eurofit-Test". *International Journal of Sports Science and Physical Education*, 2(1), 1-15.
- Power, P., Ruiz, H., Wei, X., & Lucey, P. (2017). *Not all passes are created equal: Objectively measuring the risk and reward of passes in soccer from tracking data*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining.
- Qiu, Y.-H., & Luo, X.-J. (2013). *Application of computer virtual reality technology in modern sports*. Paper presented at the 2013 Third International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications.
- Rana, M., & Mittal, V. (2020). Wearable sensors for real-time kinematics analysis in sports: a review. *IEEE Sensors Journal*, 21(2), 1187-1207.
- Rein, R., & Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, 5(1), 1-13.
- Reinhardt, L., Schwesig, R., Lauenroth, A., Schulze, S., & Kurz, E. (2019). Enhanced sprint performance analysis in soccer: New insights from a GPS-based tracking system. *PloS one*, 14(5), e0217782.

- Roy, T. C., Springer, B. A., McNulty, V., & Butler, N. L. (2010). Physical fitness. *Military medicine*, 175(suppl_8), 14-20.
- Rum, L., Sten, O., Vendrame, E., Belluscio, V., Camomilla, V., Vannozzi, G., . . . Lazich, A. (2021). Wearable sensors in sports for persons with disability: a systematic review. *Sensors*, 21(5), 1858.
- Schieb, D. A. (1986). *The force plate in sports biomechanics research*. Paper presented at the ISBS-Conference Proceedings Archive.
- Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). *Understanding machine learning: From theory to algorithms*: Cambridge university press.
- Sinkovic, F., Foretic, N., & Novak, D. (2022). Reliability, Validity and Sensitivity of Newly Developed Tennis-Specific Reactive Agility Tests. *Sustainability*, 14(20), 13321.
- Taborri, J., Keogh, J., Kos, A., Santuz, A., Umek, A., Urbanczyk, C., . . . Rossi, S. (2020). Sport biomechanics applications using inertial, force, and EMG sensors: A literature overview. *Applied bionics and biomechanics*, 2020.
- Thabtah, F., Zhang, L., & Abdelhamid, N. (2019). NBA game result prediction using feature analysis and machine learning. *Annals of Data Science*, 6(1), 103-116.
- Tichy, W. (2016). Changing the Game: Dr. Dave Schrader on sports analytics. *Ubiquity*, 2016(May), 1-10.
- Toffaletti, J. G. (1991). Blood lactate: biochemistry, laboratory methods, and clinical interpretation. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 28(4), 253-268.
- Tunay, V. B., & Tedavi, F. (2008). Yetişkinlerde fiziksel aktivite. *Sağlık Bakanlığı Yayını*(730), 16.
- Ulupınar, S., Ozbay, S., Gencoglu, C., Altinkaynak, K., Sebin, E., & Oymak, B. (2021). Exercise in the cold causes greater irisin release but may not be enough for adropin. *Chinese Journal of Physiology*, 64(3), 129.
- Ulupınar, S., & Özbay, S. (2020). An Easy-to-Apply Series of Field Test for Physical Education Teachers in an Educational Setting: ALPHA Test Battery. *Journal of Pedagogical Research*, 4(3), 262-271.
- Ulupınar, S., Özbay, S., Gençoğlu, C., Franchini, E., Kışalı, N. F., & Ince, I. (2021). Effects of sprint distance and repetition number on energy system contributions in soccer players. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 19(3), 182-188.
- Ulupınar, S., Özbay, S., Gençoğlu, C., & Ince, I. (2021). performance differences between greco-roman and freestyle wrestlers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 35(11), 3270-3279.

- Van Den Broucke, L., & Baert, S. (2019). And at the end, the Germans always win, don't they? An evaluation of country-specific scoring behaviour in the dying seconds of international club soccer games. *PloS one*, *14*(4), e0202852.
- Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., & Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: a systematic review. *Journal of experimental orthopaedics*, *8*, 1-15.
- Vanhees, L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Martens, M., Huygens, W., Troosters, T., & Beunen, G. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European Journal of Preventive Cardiology*, *12*(2), 102-114.
- Vanlandewijck, Y. C., & Thompson, W. R. (2016). *Training and coaching the Paralympic athlete*: John Wiley & Sons.
- Vera-Rivera, J., Ortega-Parra, A., & Ramírez-Ortiz, Y. (2019). *Impact of technology on the evolution of sports training*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Watkins, J., & Watkins, J. (2007). *An introduction to biomechanics of sport and exercise*: Churchill Livingstone london.
- Yin, Z., & Cui, W. (2021). Outlier data mining model for sports data analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *40*(2), 2733-2742.
- Zhang, Y., Zhang, Y., Zhao, X., Zhang, Z., & Chen, H. (2020). Design and data analysis of sports information acquisition system based on internet of medical things. *IEEE Access*, *8*, 84792-84805.
- Zorba, E. (2009). Fiziksel aktivite ve fiziksel uygunluk.
- Zuccolotto, P., Manisera, M., & Sandri, M. (2018). Big data analytics for modeling scoring probability in basketball: The effect of shooting under high-pressure conditions. *International journal of sports science & coaching*, *13*(4), 569-589.