

Futbolda Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ve Performans Analizi

Tarkan SÖĞÜT^{ID}, Eda BAYTAŞ^{ID}

DOI: <https://doi.org/10.38021/asbid.1082339>

DERLEME/REVIEW

Siirt Üniversitesi, Beden
Eğitimi ve Spor
Yüksekokulu
Siirt/Türkiye

Öz

Futbol sporunun yarattığı ekonomik sermaye nedeniyle, futbolda üst düzey performansa verilen önem artmaktadır. Sporcu ve takım performansının iyileştirilmesi ve takibi için kullanılan giyilebilir teknoloji ürünü olan GPS kullanımı giderek önem kazanmaktadır. GPS teknolojisi sayesinde araştırmacılar sporcuların fiziksel, teknik, taktik becerilerini araştırılabilmektedir. Bu çalışma geleneksel derleme yöntemi kullanılarak yazılmıştır. Farklı veri tabanlarında (Google Scholar, PubMed, Web of Science ve YÖK Tez) “futbol”, “GPS”, “futbol ve GPS”, “futbolda performans analizi” anahtar kelimeleri kullanılarak arama yapılmış ve 2015-2022 yılların arasında futbol oyuncularında GPS kullanılan çalışmalar derlenerek özetlenmiştir. İncelenen çalışmalar neticesinde en fazla sporcuların maç yükleri (iç-dış), pozisyonları, hareket modellerinin ve hız verilerinin analiz edildiği görülmektedir. Bu çalışmada, verilen bilgiler ışığında sporcu performans takibinde en çok kullanılan cihazlar ve frekanslar, analiz programları, elde edilen parametreler sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Futbol, Küresel konumlandırma sistemi (GPS), Performans analizi

Sorumlu Yazar: Tarkan
SÖĞÜT
tarkan.sogut@siirt.edu.tr

Global Positioning System (GPS) and Performance Analysis in Soccer

Abstract

Due to the economic capital created by the football sport, the importance given to high-level performance in soccer is increasing. The use of GPS, a wearable technology product used for the improvement and tracking of athlete and team performance, is becoming increasingly important. Thanks to GPS technology, researchers can investigate the physical, technical and tactical skills of athletes. This study was written using the traditional compilation method. Different databases (Google Scholar, PubMed, Web of Science and YÖK Thesis) were searched using the keywords “football/ soccer”, “GPS”, “football/ soccer and GPS”, “performance analysis in soccer”, and the studies using GPS in soccer players between the years 2015-2022 were compiled and summarized. As a result of the studies examined, it is seen that the match loads (inside-outside), positions, movement patterns and speed data of the athletes are mostly analyzed. In this research, in the light of the information given, the most used devices and frequencies, analysis programs, obtained parameters are presented.

Keywords: Soccer, Global Position System (GPS), Performance analysis

Yayın Bilgisi

Gönderi Tarihi:
03.03.2022

Kabul Tarihi:
23.03.2022

Online Yayın Tarihi:
28.03.2022

Giriş

Küresel Konumlandırma Sistemlerinin (GPS) spor bilimleri alanında kullanımı ilk kez fiziksel aktivite araştırması ile 1997 yılında gerçekleşmiştir (Schutz ve Chambaz, 1997). Günümüzde spor bilimciler ve spor analiz uzmanları mevcut spor teorilerini doğrulamak ve yenilerini geliştirmek için bireylerin ve takımların performans verilerini analiz etmeye başlamışlardır. Futbol dünyanın en ünlü sporlarından biri olmasına rağmen, futbolda veri analizi son zamanlarda popüler hale gelmiştir. (Rossi ve diğerleri, 2016). Takım sporunda GPS teknolojisinin kullanılması, oyuncu konumunun, hızının ve hareket modellerinin ölçülmesine izin vermektedir. GPS takım sporunun spesifik ve konumsal fizyolojik taleplerinin daha iyi anlaşılması için alan sağlar ve saha performansını optimize etmek amacıyla sporcuları rekabete yeterince hazırlayan antrenman programları tasarlamak için kullanılmaktadır (Cummins, Orr O'Connor ve West, 2013).

Futbolda, yüksek performans sadece iyi programlanmış bir antrenman süreci ile elde edilebilir. Antrenman sürecinin yüksek kalitede yönetimi, belirli antropolojik yeteneklerin ve oyuncunun özelliklerinin yapısının yanı sıra gelişimlerinin bilinmesine bağlıdır (Gardasevic ve Bjelica, 2020). Antrenman yükü, yaralanmaları azaltmak ve takım performansını artırmak için uygun yükleme planları üzerinde kanıta dayalı kararlar almak amacıyla izlenir. Bununla birlikte, üst düzey futbolda kullanılan yük değişkenleri ve analiz yöntemleri hakkında ayrıntılı olarak çok az şey bilinmektedir (Akenhead ve Nassis, 2016). Futbolcular başarılı olmak için teknik, taktik ve fiziksel becerilere ihtiyaç duymaktadır. Profesyonel futbolda, kısmen, oyuncular arasındaki seçimin yanı sıra oyuncuların performansının gelişimini vurgulamaktadır. Futbolda performans farklılıklarını değerlendirirken bireysel teknik, taktik ve fiziksel kaynakların tümü önemlidir. Performans farklılıklarını değerlendirirken bu unsurların önem sırasında ayırım yapmak zordur (Rosch ve diğerleri, 2000; Hoff, 2005).

GPS'in devreye girmesiyle spor bilimcileri ve kondisyonerler, düşük ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde sporcuların antrenman ya da müsabaka sırasında kat ettikleri mesafeleri ve sprint hızları hakkında bilgi edinebilmektedirler (Gabbett, 2010). Futbolda GPS teknolojisi ile oyuncuların antrenman ve maç performanslarının analiz edilmesi giderek yaygınlaşmaktadır. Oyuncuların performans analizleri yapılırken farklı modelde ve frekansta GPS teknolojileri ve analiz programları tercih edilmektedir.

Bu derlemenin amacı, futbol oyuncularının performans takibinde kullanılan GPS cihazları, frekansları, analiz programları ve bu programlardan elde edilen veriler ortaya konularak antrenörlere, futbol camiasına ve araştırmacılara katkı sunmaktır.

Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)

Küresel konumlandırma sistemi (GPS), başlangıçta Amerika Savunma Bakanlığı tarafından 1970'lerin başında askeri kullanım için geliştirilen bir navigasyon sistemidir (Hewitt, 2016; Hennessy, ve Jeffreys, 2018). Daha sonra GPS teknolojisi 1983 yılında sivil kullanıma sunulmuş ve ticarileştirilmiştir (Hewitt, 2016; Scott, Scott ve Kelly, 2016). GPS sistemi, dünya çevresindeki yörüngede 24 uydu tarafından senkronize edilmiş bir şekilde radyo sinyallerinin emisyonuna dayanmaktadır. Her uydu, ışık hızında, tam zamanı ve konumunu inanılmaz bir hassasiyetle yayın bir atom saati ile donatılmıştır. GPS alıcısı, her uydu sinyalinin yaydığı zamanı karşılaştırır. Bu süre tüm uydular için aynıdır, ancak tanınmak için her uydunun farklı bir işareti vardır. İki uydu emisyonu arasındaki alıcı tarafından ölçülen gecikme süresi trigonometri ile mesafeye çevrilir. Bir bilgisayar, ölçülen zaman gecikmesinden ve seyahat sinyalinin bilinen hızından kaynaklı her uyduya olan mesafeyi kolayca hesaplayabilmektedir. Üçgen tekniği ile tek bir noktayı tanımlamak için, bu yöntem iki boyutlu düzlemde (2D) aynı anda üç uydudan ve üç boyutlu (3D) aynı anda dört uydudan ölçümler gerekir (Schutz, ve Chambaz, 1997). Uydulardan alınan bilgilerle bazı algoritmalar kullanılarak hız, konum ve ivmelenme bilgilerine ulaşılmaktadır. Bu bilgiler spor bilimleri alanında dış yük takibinin yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede takım sporlarında oyuncu pozisyonları, oyuncu hızları ve hareket modellerinin ölçülmesinde ve spor dalına ait fizyolojik yanıtların belirlenmesi ve antrenman programlarının hazırlanmasında GPS teknolojileri kullanılmaktadır (Cummins vd, 2013). Hem fizyolojik ve hem de kinematik veri aktarımı sağlayan GPS cihazları; sporcuların kalp atım hızlarını, kat edilen mesafeleri, ivmelenmeleri, yavaşlama, duraksamalar, tekrarlanan sprintleri, yakılan kalori miktarı ve saha içinde buldukları konumlar, koşu asimetrisi, sprintlerdeki üretilen güç verileri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır (Akyıldız, 2018). GPS analizleri, giyilebilir teknoloji veya nabız kemerleri ile yapılmaktadır. Giyilebilir teknoloji sayesinde, GPS tabanlı oyuncu takip sistemleri koşuya dayalı takım sporlarında, sporcuların aktivite düzeylerini izlemek için güvenilir ve geçerli bir yöntem olarak kabul edilmektedir (MacLeod, Morris, Nevill ve Sunderland, 2009; Portas, 2010; Gray, Jenkins, Andrews, Taaffe ve Glover, 2010; Varley, Fairweather ve Aughey, 2012; Köklü, Arslan, Alemdaroğlu ve Duffield, 2015). Günümüzde bu tür cihazların yaygın kullanımına rağmen, kullanılacak en uygun ölçümler ve üretilen bilgilerin en etkili şekilde antrenör ve sporculara nasıl aktarılacağı konusunda kafa karışıklığı günümüzde hala devam etmektedir (Malone, Barrett, Barnes, Twist ve Drust, 2020).

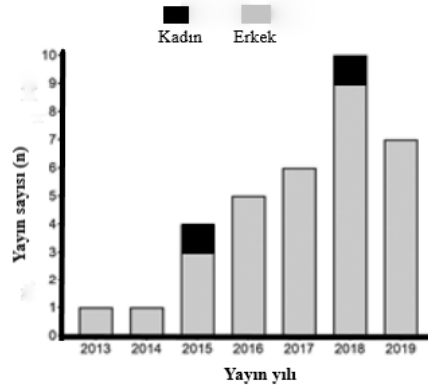
GPS Cihazlarının Veri Örnekleme Hızları

Sporcuların hareket analizinden geçen zaman, toplam kat edilen mesafe, en yüksek hız ve hız değişim verileri elde edilmektedir ve bu verilerin geçerlik ve güvenilirliği kullanılan GPS cihazının veri örnekleme hızına göre değişebilmektedir (Coutts ve Duffield, 2010; Jennings, Cormack, Coutts, Boyd ve Aughey, 2010; Johnston ve diğerleri, 2012). GPS teknolojilerinin gelişmesi ile bu cihazlarda yüksek veri örnekleme hızına ulaşmak mümkün olmaktadır. Böylece GPS'ten alınan hız ve mesafe verilerinin güvenilirlikleri artmaktadır (Rampinini ve diğerleri, 2015). Çalışmalar, yüksek hızda koşu performansının gözlemlendiği zamanlarda 1 ve 5 Hz aralığındaki GPS sistemlerinin güvenilirlik ve geçerliklerinin daha az olduğu düşünülmektedir (Dellaserra, Gao ve Ransdell, 2014; Johnston, Watsford, Kelly, Pine ve Spurrs, 2014; Kelly, Scott ve Scott, 2014; Scott vd, 2016). 10 veya 15 Hz olan cihazların 1 veya 5 Hz aralığındaki cihazlara oranla hassasiyetleri yüksek olduğu bulunmuştur ve hala 20 km ve üzerinde gerçekleştirilen performanslarda hareket talep örnekleme hızı 10 ve 15 Hz olan cihazların yetersiz olduğu belirtilmektedir. Bu hızın üzerindeki analizlerin dikkatli yapılması önerilmektedir (Johnston vd, 2014). Alınan verilerin yüksek örnekleme sıklığı GPS cihazlarının geçerliği için oldukça önemli olduğu görülmektedir (Rampinini ve diğerleri, 2015).

Futbolda GPS

Takım sporlarına GPS'in uyarlanması 2003 yılında GPSports firması tarafından yapılmıştır (Edgecomb ve Norton, 2006). Bu nedenle, oyunun taleplerini ölçmek için giderek daha fazla kullanılan bir teknoloji haline gelmektedir. Futbolcunun maç sırasında gerçekleştirdiği aktiviteyi incelemek için ve antrenman planlaması için GPS cihazları gereklidir, böylece oyuncuyu hazırlamaya ve oyunda oyuncudan daha fazla performans elde etmemizi sağlamaktadır (Aquino, Carmona, 2019). Futbolda dış yük takibinin yapılmasında GPS teknolojileri kullanılmaktadır (Cummins vd, 2013). GPS kullanılan çalışmalarda konum, yörünge ve yön değişikliği, toplam mesafe, hız, hızlanma, yavaşlama, güç metabolizması, kalp atım hızı gibi veriler elde edilmektedir (Izzo ve Carrozzo, 2015). 2000'li yılların başlarında ivme ölçerler, manyetometreler ve jiroskoplar içeren GPS'lerin piyasaya sürülmesi ile futbolda maç aktivitesi ve antrenman alanında PubMed veritabanında 2001-2018 yıllarında, yılda 3-136 arasında yayın yapılan araştırma olduğu belirtilmiştir (Malone vd, 2020). 2013-2019 yılları arasında GPS teknoloji kullanılarak antrenman

yük takibi yapılan çalışmaların ikisi kadın futbol oyuncularında olmak üzere toplamda 34 adet olduğu bildirilmiştir (Rago ve diğerleri, 2020) (Şekil 1).



Şekil 1. 2013-2019 yılları arasında GPS teknolojisi kullanılarak yapılan çalışmalar

Tablo 1

Futbolda GPS Teknolojisi Kullanılarak Elde Edilen Veriler (Hennessy ve Jeffreys, 2018).

Veriler	Açıklama
Kat Edilen Toplam Koşu Mesafesi	Bir oyuncunun oyun süresi boyunca kat ettiği toplam mesafenin bir ölçüsüdür, genellikle kilometre cinsinden ölçülür.
Dakika Başına Koşu Mesafesi	Bir dakika içerisinde koşulan toplam mesafe (m) ve belirli bir süre boyunca ortalama olarak ifade edilir.
Ortalama Hız	Bu, bir oyuncunun kat ettiği toplam mesafedir ve saat cinsinden toplam oyun süresine bölünür. Bu genellikle saatte km cinsinden ölçülür
Maksimum Hız	Bir saniyelik özel periyot için ulaşılan maksimum hız.
Yürüyüş	(0–7 km/sa)
Düşük Hızda Koşmak	(7–13 km/sa)
Orta Hızda Koşu	(13–18 km/sa)
Yüksek Hızda Koşmak	(18–21 km/sa)
Sprint	(>21 km/sa)
Hızlanma	Hızlanma aktivitesi, yerleşik istatistiksel yöntemler kullanılarak GPS hız verilerinde bir değişiklik olarak ölçülür. Hızlanma olarak saymak için, hızdaki artış, en az 0,5 m/s ² periyodunda maksimum hızlanma ile en az yarım saniye boyunca gerçekleşmelidir. Oyuncu hızlanmayı durdurduğunda hızlanma sona erer. Sık sık, hızlanma sayısı belirli bölgeler aracılığıyla rapor edilir.
Yavaşlama	Yavaşlama, bir aktivitenin yavaşlama olarak sayılması için en az yarım saniye boyunca gerçekleşen hızdaki azalmadır. Ayrıca, bu süre zarfında maksimum yavaşlama en az 0,5 m/s ² olmalıdır. Yavaşlamaların bölgeye göre sınıflandırılması, periyottaki maksimum yavaşlamaya dayanır. Sık sık, yavaşlama sayısı belirli bölgeler aracılığıyla rapor edilir.
Efor İndeksi	Bu, markalar arasında farklı şekilde hesaplanır. Wisbey, Montgomery, Pyne ve Rattray, (2010) efor indeksi, ağırlıklı anlık hızın, 10 saniyenin üzerinde ağırlıklı birikmiş hızın ve 60 saniyenin üzerinde ağırlıklı birikmiş hızın toplamına dayanır.
Dakika Başına Efor İndeksi	Bu, oyun yoğunluğunun bir ölçüsüdür ve efor indeksinin oyun süresine bölünmesiyle belirlenir.
Belirli Bir Hızın Üzerinde En Uzun Süre Kalma	Oyuncunun belli bir hızın altına düşmeden bu hızın üzerinde kaldığı en uzun sürenin bir ölçümüdür. Oyuncu daha yüksek bir hız bölgesine girse bile süre kaydedilir. Bu, değişen hızlarda en uzun süreli eforun bir

	göstergesini sağlar.
Zamanda Sürekli Durum	Bu, oyuncunun hızının 1 saniyelik örnekleme periyodu içinde 1,5 km/sa 1'den fazla değişmediği 8 km/sa üzerindeki bir hızda herhangi bir zaman olarak ölçülür. Bu, sürekli çalışma hızlarında harcanan zamanın bir göstergesini verir.
Verimlilik	Bu, oyun katılımı için iş gereksinimlerinin bir ölçüsüdür. Efor indeksinin toplam sahip olma sayısına bölünmesiyle ölçülür.
Enerji Harcaması	Enerji harcaması metriği, kcal cinsinden ölçülen aktivitenin hızlanması ve yavaşlaması da dahil olmak üzere yalnızca koşu ile ilişkili toplam enerjiyi verir. Etkinlik düzeyine dayanır ve oyuncu profili ekranında ayarlanan kilogram cinsinden oyuncunun ağırlığına göre ölçeklendirilir.
Yüksek Metabolik Yük Mesafesi	Bir oyuncunun metabolik gücü (saniyede kilogram başına enerji tüketimi) 25,5 W / Kg değerinin üzerinde olduğunda kat ettiği mesafedir.
Çarpışmalar-Darbeler	Darbeler genellikle 0.1 saniyelik bir sürede 2g'nin üzerindeki maksimum ivmeölçer büyüklüğü değerleri olarak tanımlanır ve belirli bir süre boyunca maksimum değerler ve kümülatif olarak rapor edilir.
Dinamik Stres Yüğü	Dinamik stres yüğü, 2g'nin üzerindeki ivmeölçer değerlerine dayanan ağırlıklı etkilerin toplamıdır. hız yoğunluğu veya kalp atış hızı efor hesaplamalarında kullanılan benzer bir yaklaşım kullanarak etkileri ağırlaştırır, anahtar kavram 4G'nin bir etkisinin vücut üzerinde 2g'nin bir etkisinden iki kat daha zor olmasıdır.
Toplam Yük	Toplam yük, yalnızca ivmeölçer verilerine dayanarak, tüm etkinlik süresi boyunca oyuncu üzerindeki kuvvetlerin toplamını verir. 0 saniyede 100 kez örneklenen 3 yönde alınan ivmeölçer değerlerinin büyüklüğünü kullanır. Toplam, yönetilebilir değerler vermek için 1.000 ölçeklendirilir.
Adım Frekansı	3 yönün her birinde 100 Hz'de örneklenen ivmeölçer verilerini kullanarak, adım dengesi, sol ve sağ ayaklar için her adımda ortalama tepe etkisi olarak tanımlanır.

Futbolda Yük Takibi ve GPS

Futbolda fizyolojik uyarılar, biyokimyasal stresörler iç yükü, oyuncuların kinematik aktiviteleri ise dış yükü temsil etmektedir (Vanrenterghem, Nedergaard, Robinson ve Drust, 2017). Yük takibi, antrenman yanıtlarının izlenmesi ve buna göre antrenman planlamalarının iyileştirilmesi için kullanılmaktadır (Gabbett, 2016). Antrenmanlardaki ani yük artışlarının sporcularda yumuşak doku sakatlıklarına neden olmaktadır (Akyıldız, 2019). Bunun aksine antrenman yükünün az olması ise performansın düşmesine neden olabilmektedir (Vanrenterghem vd, 2017). Antrenman yüküne bağlı olarak ortaya çıkan stresin değerlendirilmesinde iç ve dış yük takibi birlikte yapılması önerilmektedir (Bourdon ve diğerleri, 2017; Gabbett, 2016). Metabolik güç, antrenman uyarısı, algılanan zorluk düzeyi (AZD), uyku kalitesi ve süresi, ruh hali, stres düzeyi, kalp atım hızı, kalp atım hızının toparlanması, kalp atım hızı değişkenliği, hormon yanıtları, kan laktatı, kan laktatının algılanan zorluk düzeyine oranı sporcularda iç yük takibinde kullanılan yöntemlerdir (Davis, Brewer ve Ratusny, 1993; Snyder, Jeukendrup, Hesselink, Kuipers ve Foster, 1993). Dış yük takibinde ise, zamana bağlı hareket analizi (GPS ile), ivmelenmeler, koşu mesafesi, vücut yükü, oyuncu yükü, oyuncu pozisyonları dış yük ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır (Gabbett, 2003;

Soligard ve diğeri, 2016; Akyıldız ve Akarçeşme, 2020). İç yük takibinde en çok kullanılan yöntemler arasında kalp atım hızı ve algılanan zorluk düzeyi bulunmaktadır (Foster, Rodriguez-Marroyo ve De Koning, 2017). AZD, Algılanan zorluk düzeyinin belirlenmesinde kullanılan geçerliliği olan bir yöntem olarak belirlenmiştir (Foster, 1998; Foster ve diğeri, 2001) ve hem bireysel hem de takım sporlarında egzersiz yükünün belirlenmesinde kullanılmaktadır (Haddad, Padulo ve Chamari, 2014). Bu nedenle, futbolda iç yükün izlenilmesinde GPS verileri ile AZD yanıtları birlikte kullanılabilir. Futbolda, dış yükün GPS ile belirlenmesinde, kat edilen toplam mesafe oldukça fazla kullanılmaktadır (Hackney, 2013). İç yükün belirlenmesindeki zorluklardan dolayı, dış yükün takibi ile iç yükün tahmini mümkündür (Vanrenterghem vd, 2017). GPS teknolojisi, futbolda yük takibi sağlanarak oyuncuların antrenmanlarının planlamalarına yardımcı olacak etkili bir yöntemdir.

GPS teknolojisi hem iç hem de dış antrenman yükünü ölçmek için etkili ve verimli bir yöntem sunar. Bu teknoloji ayrıca potansiyel olarak yorgun oyuncuları tanımlamanın ve sakatlığı önlemek için antrenmanı uyarlamamanın bir yolunu sağlar. Sakatlıktan sonra oyuna dönüş, bu cihazlar tarafından oluşturulan veriler ve önceki performansla karşılaştırma ile de yönlendirilebilir. İç ve dış antrenman yükünü ölçmek için bu monitörlerin kullanılması, antrenörlerin performansı yaralanma öncesi seviyelerle karşılaştırmasına ve aynı antrenman yüküne ve verimliliğine dönüşü değerlendirmesine olanak sağlayacaktır (Theodoropoulos, Bettle ve Kosy, 2020).

Futbolda GPS Sistemi Kullanılarak Yapılan Bilimsel Araştırmalar

Literatürde futbol takımlarının oyuncularının maç haricinde oyuncularının fiziksel ve taktik göstergelerin ölçümünde GPS teknolojisi kullandığı sonucuna ulaşılmıştır (Brewer, Dawson, Heasman, Stewart ve Cormack, 2010; Izzo ve Varde'I, 2017; Folgado, Bravo ve Pereirav Sampaio, 2019). GPS teknolojisi futbolda oyuncu pozisyonları (Borghini ve diğeri, 2020), koşu özellikleri (Massard, Eggers ve Lovell, 2018; Albano vd, 2019) ve fizyolojik parametrelerinin (VO_{2max}) takibinde kullanılmıştır. Son yıllarda, dar alan oyunlarında oyuncuların fiziksel ve fizyolojik tepkilerini ölçme amacıyla GPS kullanmaya başlayan çalışmalar bulunmaktadır (Lemes ve diğeri, 2020; Custódio ve diğeri, 2021).

Tablo 2

2015-2022 yılları arasında futbol oyuncularının yük takibinde kullanılan bazı GPS teknolojileri

Araştırmacı	Örneklem Grubu	Kullanılan GPS cihazı	GPS cihazının frekansı	Kullanılan Analiz Programı	Elde Edilen Veriler
Abbott Brickley,	19,4 ± 1,7 yıl olan 34	OptimEye S5B cihazı	10 Hz	Catapult Sprint yazılımı	Düşük, orta ve yüksek yoğunluklu ivme (ivme eşikleri sırasıyla 1-2, 2-3 ve >3 m/sn ²)

Smeeton ve Mills, (2018)	erkek Premier Lig'deki futbol oyuncusu	(Sürüm 7.18; Catapult Innovations, Melbourne, Avustralya)		(Catapult Sprint 5.1.5; Catapult Innovations) kullanılarak veriler indirilmiştir.	sınıflandırılmıştır), düşük orta, maksimum hız verileri kullanılmıştır.
Akyıldız, (2018)	Yaşları 21,85 ± 2,88 olan 20 futbol oyuncusu	Polar Team Pro (GPS player tracking system, Finland)	10 Hz	Polar Team Pro GPS destekli saha takip cihaz yazılım programı kullanılmıştır.	Farklı hız alanlarında kat edilen mesafeler (0-6, 9 km.s-1; 7-12, 99 km.s-1; 13,00-17, 99 km.s-1; 18, 00>km.s-1), kalp atım hızında geçirilen süreler (KAHmaks'ın ortalamasında, <%79, %80-84, %85-89, %90-94, %95-100 geçirilen süreler) verileri elde edilmiştir.
Bauer Young, Fahrner ve Harvey, (2015)	Yaşları 24,11 ± 3,37 yıl olan 35 profesyonel futbol oyuncusu	MinimaxX v4.0, Catapult Innovations, (Melbourne, Australia)	10 Hz	Catapult Sprint programı, 5.0.9.2 versiyonu kullanılmıştır.	Oyun hareketleri: Durma (0-0.09 m·s ⁻¹), yürüme (0.1-2.49 m·s ⁻¹), hafif tempolu koşu (2.5-3.49 m·s), düşük hızda koşu (-1, 3.5-5.49 m·s ⁻¹), yüksek hızda koşu (≥5.5 m·s ⁻¹), sprintler (≥7.0 m·s ⁻¹), düşük ivmelenme (0-2.77 m·s ⁻²), yüksek ivmelenme (≥ 2.78 m·s ⁻²); Diğer değişkenler: oyun süresi, toplam mesafe (m), ortalama hız (m/dk), maksimum hız (m/sa), oyuncu yükü, yorgunluk indeksi; diğer oyun değişkenleri: yürümede geçen zamanın yüzdesi verileri elde edilmiştir.
Borghi ve diğerleri, (2020)	U19 İtalyan Liginde oynayan 23 erkek futbol oyuncusu	GPS PlayerTek, (Playertek, Ireland).	10 Hz	Mac yazılım programı Playertek Sync Tool (5.04 versiyonu) kullanılmıştır.	Oyuncu pozisyonları, kat edilen toplam mesafe, çok yüksek hızlı koşu mesafesi (>19,8 km/sa), sprint sayıları (>25 km/s); güç oynama sayısı (>20 W/kg), metabolik güç, ivmelenme sayıları (>3 m/sn ²) verileri elde edilmiştir.
Canton ve diğerleri, (2019)	Yaş ortalamaları 19,9 ± 1,6 yıl olan 30 erkek futbol oyuncusu	SPIProX (GPSports, Canberra, Avustralya)	5 Hz	Matlab® yazılımı (Math Works, Inc., MA, United States) kullanılmıştır.	Oyuncu konumları, hız (m/sn), takımların uzunluğu, takımların genişliği ve takımların yayılma hızı(m/sa) verileri elde edilmiştir.
Castillo, Raya-González, Manuel Clemente ve Yanci, (2020)	İspanya U15 Ulusal Ligi'nde yer alan 20 futbolcu (yaş = 14,9 ± 0,6 yıl)	(WIMU PRO™, RealTrack Systems, Almería, Spain),	10 Hz	(WIMU SPRO, Almería, Spain) programı kullanılmıştır.	Toplam koşu mesafesi, farklı hızlarda kat edilen mesafe, farklı hızlanma- yavaşlama yoğunlukları(düşük yoğunluklu hızlanma (1-2.5 m · s ⁻²), orta yoğunlukta hızlanma (2,5-4 m · s ⁻²), yüksek yoğunluklu hızlanma (> 4 m · s ⁻²), düşük yoğunluklu yavaşlama (-1/-2.5 m · s ⁻²), orta şiddette yavaşlama (-2.5/-4 m · s ⁻²), ve yüksek yoğunluklu yavaşlama (<-4 m · s ⁻²) ve darbeler- çarpışmalar gözlemlenmiştir.
De Dios-Álvarez ve diğerleri, (2021)	Yaşları 18,4 ± 0,7 yıl olan 21 profesyonel futbolcu	Playertek (Dundlak, Ireland).	10 Hz	400 Hz tri-axial accelerometer (Playertek, Dundlak, Ireland) programı kullanılmıştır.	Toplam koşu mesafesi, çeşitli hız eşiklerinde kat edilen mesafe, hızlanma ve yavaşlamaların sıklığı- yoğunluğu analiz edilmiştir
Edremit ve diğerleri, (2018)	Yaşları 22,7 ± 2,3 yıl olan 11 profesyonel	SPI-Prox Portatif Hareket Analiz	15 Hz	GPSports Team analiz yazılım programı kullanılmıştır.	Yürüyüş (0-7,1 km/sa), Düşük Hızlı koşu (7,2-14,3 km/sa), Koşu (14.4-19,7 km/sa), Yüksek hızlı koşu (19,8-25,1 km/sa),

	futbol oyuncusu	Sistemi (GPSports, Canberra, Avusturalya)			Sprint (25,2 km/sa) Yüksek şiddetli koşular ($\geq 14,4$ km/sa). Çok yüksek şiddetli koşular ($\geq 19,8$ km/sa) verileri elde edilmiştir.
Güler ve Erdil, (2018)	TFF Gelişim ligi U16 ligi 20 futbol oyuncusu	STATSports Viper GPS cihazı (Northern Ireland)	18 Hz	Stats Perform yazılım programı kullanılmıştır	Toplam koşu mesafe verileri elde edilmiştir.
Izzo ve diğerleri, (2020)	İtalyan liginde oynayan 10 amatör futbol oyuncusu	KSport, Stats Perform, (Montelabbate, Italy)	50 Hz	K-Fitness, K-Sport, Stats Perform yazılım programı (Montelabbate, Italy) kullanılmıştır.	Toplam mesafe, yüksek yoğunlukta kat edilen mesafe (≥ 16 km/sa, yüksek metabolik yoğunlukta kat edilen mesafe ($MP \geq 20$ watt·kg ⁻¹), MPHİ, ortalama hız, ivmelenme, yavaşlama
Kara, (2019)	TFF Spor Toto Gelişim liginde U19 elit- 20 futbol oyuncusu	2 SPI-10, 2SPI Elite ve 2 WİSPI, (GPSports, Canberra, Australia)	10 Hz	TeamAMS bilgisayar programı (GPSports© Team AMS software v2011.16) kullanılmıştır.	Oyuncu konumları, koşu (düşük, orta, yüksek şiddetli), yürüme hızları elde edilmiştir.
Köklü vd, (2015)	11 amatör futbol oyuncusu	SPI ProX; GPSports, (Canberra, Australia)	15 Hz	Team AMS R1 programı (GPSports©, Canberra, Australia) kullanılmıştır.	40 m sürat testi (10m, 20m, 30m ara dereceler), zik zak testi, 30m yürüme, hafif ve orta yoğunluktaki koşu testlerindeki koşu hızı verileri elde edilmiştir.
Lemes ve diğerleri, (2020)	U-13 ve U-14 ligi 48 futbol oyuncusu	SPI ProX; GPSports, Canberra, Avustralya + Kalp atım hızı için 1hz GPS'e enterpolasyonlu göğüs kemeri (Polar®, FS1, Kempele, Finland)	5Hz (15 Hz'e entegreli)	Team AMS bilgisayar programı (GPSports© Team AMS software v2011.16) kullanılmıştır.	HR _{maks} , HR _{ort} , hız alanları, kat edilen toplam mesafe, koşu hızları (km/sa), hız alanları verileri elde edilmiştir.
Oliveira ve diğerleri, (2019a)	26,7 ± 4,0 yıl olan	Viper pod 2 GPS cihazı (STATSports, Belfast, UK)	10 Hz	Viper PSA yazılımı (STATSports, Belfast, UK) kullanılarak veriler indirilmiştir.	Toplam antrenman süresi, toplam mesafe, yüksek hızlı mesafe (19 km/saatin üzerinde) ve ortalama hız verileri kullanılmıştır.
Oliveira ve diğerleri, (2019b)	Yaşları 26,2 ± 4,1 yıl olan 13 profesyonel futbol oyuncusu	Viper pod 2 GPS cihazı (STATSports, Belfast, UK)	10 Hz	Viper PSA yazılımı (STATSports, Belfast, UK) kullanılarak veriler indirilmiştir.	Toplam antrenman süresi, toplam mesafe, hız alanlarındaki mesafeler: 1.alan (0–10,9 km/s), 2.alan (11–13,9 km/s), 3. alan (14 – 18,9 km/s), 4. alan (19–23,9 km/s) ve 5. alan (> 24 km/s) kullanılmıştır.
Owen, Djaoui,	Yaşları 26,7 ± 4,0 yıl	Viper GPS cihazı	10 Hz	Stats Perform yazılım	Toplam kat edilen toplam mesafe, süratli koşu mesafeleri (>25,2 km/sa) ve yüksek

Newton, Malone, ve Mendes, (2017)	olan 13 profesyonel futbol oyuncusu	(StatSport, İrlanda)		programı kullanılmıştır.	hızlı koşu (19,8–25,2 km/sa) verileri kullanılmıştır.
Pons ve diğerleri, (2021)	FC Barcelona B takımından 26 profesyonel erkek futbolcu (yaş=20,38±2,03 yıl)	(WIMU PRO™, RealTrack Systems, Almería, Spain),	10 Hz	(WIMU SPRO, Almería, Spain) programı kullanılmıştır.	Her bir oyuncu için her maç sırasındaki hızlanma ve yavaşlama sayıları(0'dan 1 m / s ² 'ye hızlanma ve 0'dan 1 m / s ² 'ye yavaşlama. 1'den 2 m / s ² 'ye hızlanma ve – 1'den – 2 m / s ² 'ye yavaşlama 2'den 3 m / s ² 'ye hızlanma ve – 2'den – 3 m / s ² 'ye yavaşlama > 3 m / s ² 'den hızlanma ve > -3 m / s ² 'den yavaşlama), kat ettikleri mesafeler, oyuncu pozisyonları için veri toplanmıştır.
Rossi ve diğerleri, (2016)	26 profesyonel futbol oyuncusu	STATSports Viper GPS cihazı, (Northern Ireland)	10 Hz	Viper Sürüm 2.1 (STATSports, 2014) yazılım programı kullanılmıştır.	Kat edilen toplam koşu mesafesi (m), yüksek hızlı koşu mesafesi (19,8 km/sa, 5,5 m/sn ²), metabolik yoğunlukta kat edilen mesafe (metabolik güç 20 W·Kg ⁻¹), yüksek metabolik yoğunlukta kat edilen mesafe (25.5 W·Kg ⁻¹), yavaşlamalar (>2 m·s ⁻²), hızlanmalar (>3 m·s ⁻²) verileri kullanılmıştır.
Sánchez, Bendala, Vázquez ve Moreno-Arrones, (2017)	Yaş ortalamaları 26,6± 4,1 yıl olan 20 profesyonel futbol oyuncusu	GPS cihazı SPI-pro W2b (GPSport, Canberra, Australia)	15 Hz	Team AMS-R1-202.9 (GPSports© Team AMS software) yazılımı kullanılmıştır.	Kat edilen toplam mesafe (m/dk) Koşu hızları: Çok düşük yoğunlukta koşu (0-7 km/sa), düşük yoğunluk koşu (7-13 km/sa), orta yoğunlukta koşu (13-18 km/sa), yüksek yoğunluklu koşu (18-21 km/sa), ve çok yüksek koşu yoğunluğu (>21 km/sa); Hız alanları: <%10, %10-20, %20-30, %30-40, %40-50, %50-60, %60-70, %70-80, 80-%90 ve >%90 verileri elde edilmiştir.
Strauss, Sparks ve Pienaar, (2019)	Yaşları 22,8 ± 2,4 yıl olan 30 kadın futbolcu	Catapult GPS	10 Hz	Minimax S4 V4.0, Catapult Innovations, Victoria, Australia) programı kullanılmıştır.	Toplam koşu mesafesi, farklı hız bölgelerinde kat edilen mesafeler, yüksek yoğunluklu aktiviteler, kalp atış hızları, oyun hızı ve oyuncu yükü verileri elde edilmiştir.

Futbol' da GPS teknolojilerinin 2000'li yıllardan itibaren kullanıldığı gözlenmektedir. FIFA' nın 2015 yılından itibaren resmi maçlarda GPS teknolojilerinin kullanımına izin vermesi ile bu alanda yapılan çalışma sıklığının arttığı görülmektedir. Literatürdeki çalışmaların farklı veri örnekleme hızlarında cihazları tercih ettikleri gözlenmiştir. 20 km/sa üzeri koşu hızında 10-15 Hz GPS cihazlarının hassas ölçüm yapmadığı biliniyor olmasına rağmen (Johnston vd, 2014), 2015 yılı ve sonraki çalışmalar incelendiğinde 10 Hz' lik frekansa sahip olan GPS ölçüm cihazlarının daha çok tercih edildiği görülmektedir (Tablo 2). Literatür taraması sonucunda Tablo 2'de yer alan makalelerde daha çok GPSports Hareket Analiz Sistemlerinin tercih edildiği görülmektedir. GPS teknolojilerinin maliyetli oluşu ve çalışmalarda kullanılan cihazların veri örnekleme hız seçiminde belirleyici olduğu düşünülmektedir. Tablo 2' de yer alan araştırmalarda çoğunlukla GPS cihazlarının kendilerine ait yazılım programlarının tercih edildiği görülmektedir. Sadece, Canton ve

diğerleri (2019), çok paradigmalı Matlab® yazılımı kullanmıştır. Çalışmalarda GPS cihazları en çok kat edilen mesafeler, koşu hızları, hız alanları, yavaşlamalar, hızlanmalar, oyun hızları, kalp atım hızları ve oyuncu pozisyonlarının takip edildiği gözlenmiştir (Tablo 2). GPS teknolojilerinin futbol müsabakalarında sporcu takip sistemi olarak kullanılması ve performans analizlerinin yapılması, sporcuların performanslarını arttırmada kullanılacak en etkili yöntemlerdendir. Özellikle birçok laboratuvar ölçümün maliyetli oluşu, gerçek saha koşullarını yansıtmaması iç yükün takibini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, GPS teknolojilerinin laboratuvar ölçümlerine göre az maliyetli olması ve saha koşullarında performans takibi yapmaya olanak sağlaması yönünden laboratuvar ölçümlerine göre daha kullanılabilir bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır.

Sonuç

Bu derleme çalışmasında, 2015-2022 yıllarında yapılan araştırmalar doğrultusunda, 10 Hz ve üzeri örnekleme hızına sahip GPS teknolojilerinin daha hassas sonuç verdiği ve daha çok tercih edildiği, oyuncuların performans analizlerinde en çok GPSports markasının kullanıldığı ve veri analizinde GPS cihazlarının kendi yazılım programları ile performans analizi yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmacıların ve futbol takımlarının performans takibi için cihaz seçiminde marka farkı olmaksızın 10 Hz ve üzeri örnekleme hızına sahip GPS cihazları tercih etmeleri önerilmektedir. Araştırmacılar için, GPS teknolojileri, antrenman ve maç sırasında sporcuların performansını gözleme, takip etme ve çeşitli parametrelerde sporcuların performans özelliklerini yükseltmek amacıyla kullanılacak kolay, eğlenceli ve fark yaratan bir cihazdır. GPS teknolojisi kat edilen mesafe, sprint sayısı-süresi, pozitif ve negatif ivmelenme, efor indeksi, verimlilik, enerji harcaması, maksimum hız ve oyuncuya binen yüke kadar birçok verinin analiz edilmesinde kullanılabilir. GPS teknolojisi ile elde edilebilecek veri sayısı oldukça fazladır. Bu nedenle, bu derlemede yer alan veriler dikkate alınarak oyuncunun ve takımın ihtiyaçları doğrultusunda elde edilen veriler en aza indirgenerek antrenmanlara yansıtılmalıdır.

Kaynakça

- Abbott, W., Brickley, G., Smeeton, N. J., & Mills, S. (2018). Individualizing acceleration in English premier league academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(12), 3503-3510.
- Akenhead, R., & Nassis GP. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-93.
- Akyıldız, Z. (2018). Futbolcularda yapılan anaerobik ve aerobik performans testleriyle saha takip cihazlarıyla elde edilen fizyolojik ve kinematik parametrelerin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyon*.
- Akyıldız, Z. (2019). Antrenman yükü. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 14(2), 152-175.

- Akyıldız, Z., ve Akarçeşme, C. (2020). Futbolda Antrenman Yüğü Takibi ve Veri Analiz Yöntemleri. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 14(3), 481-493.
- Albano, D., Serra, E., & Vastola, R. (2019). Correlation between running impacts and VO₂max in young football players through GPS technology. *Journal of Human Sport & Exercise*, 14(5), 1993-1997.
- Aquino, Carmona, M. (2019). Prevención de lesiones en jugadores juveniles de fútbol profesional cuantificado distancia total con tecnología GPS (Doctoral dissertation. *Universidad Autónoma de Nuevo León*).
- Bauer, A. M., Young, W., Fahrner, B., & Harvey, J. (2015). GPS variables most related to match performance in an elite Australian football team. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 187-202.
- Borghì, S., Colombo D., La Torre A., Banfi G., Bonato M., & Vitale JA. (2020). Differences in GPS variables according to playing formations and playing positions in U19 male soccer players. *Research in Sports Medicine*, 1-15.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (Suppl 2), S2-161.
- Brewer, C., Dawson, B., Heasman, J., Stewart, G., & Cormack, S. (2010). Movement pattern comparisons in elite (AFL) and sub-elite (WAFL) Australian football games using GPS. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(6), 618-623.
- Canton, A., Torrents, C., Ric A., Gonçalves, B., Sampaio, J. E., & Hristovski, R. (2019). Effects of temporary numerical imbalances on collective exploratory behaviour of young and professional football players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1-9.
- Castillo, D., Raya-González, J., Manuel Clemente, F., & Yanci, J. (2020). The influence of youth soccer players' sprint performance on the different sided games' external load using GPS devices. *Research in Sports Medicine*, 28(2), 194-205.
- Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*. 13: 133-135.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025-42.
- Custódio, O., Praça, G. M., de Paula, L. V., Bredt, G. T., Nakamura, F. Y., & Chagas, M. H., (2021). Intersession reliability of GPS-based and accelerometer-based physical variables in small-sided games with and without the offside rule. *Journal of Sports Engineering and Technology*, DOI: 10.1177/1754337120987646.
- Davis, C., Brewer, H., & Ratusny, D. (1993). Behavioral frequency and psychological commitment: Necessary concepts in the study of excessive exercising. *Journal of Behavioral Medicine*, 16(6), 611-628.
- De Dios-Álvarez, V., Suárez-Iglesias, D., Bouzas-Rico, S., Alkain, P., González-Conde, A., & Ayan-Perez, C. (2021). Relationships between RPE-derived internal training load parameters and GPS-based external training load variables in elite young soccer players. *Research in Sports Medicine*, 1-16.
- Dellaserra, C., Gao, Y., & Ransdell, L. (2014). Use of integrated technology in team sports. *J Strength Cond Res*. 28: 556-573.
- Edgecomb, S. J., & Norton, K. I. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(1-2), 25-32.
- Edremit, A., Akbaş, A., Köklü, Y., Alemdaroğlu, B.U., Türkdöğün, H.E., Arslan, Y. ve Işıkdemir, E. (2018). Futbolculardan Elde Edilen İç ve Dış Yüklerin İlişkilerinin İncelenmesi. *Çomü Spor Bilimleri Dergisi*, 1(1), 26-34.
- FIFA. The approval of electronic performance tracking systems (EPTS) devices. Federation Internationale de Football Association, Zurich Switzerland, (2015).
- Folgado, H., Bravo, J., Pereira, P., & Sampaio, J. (2019). Towards the use of multidimensional performance indicators in football small-sided games: the effects of pitch orientation. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 1064-71.
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exercise*. 30: 1164-1168.

- Foster, C., Florhaug, J., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L., & Parker, S. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15: 109.
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & De Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: the past, the present, and the future. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(Suppl 2), 22-28.
- Gabbett, T. J. (2003). Incidence of injury in semi-professional rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 36-44.
- Gabbett, T. J. (2010). GPS analysis of elite women's field hockey training and competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1321-24.
- Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280.
- Gardasevic, J., & Bjelica, D. (2020). Body composition differences between football players of the three top football clubs. *International Journal of Morphology*, 38(1), 153-58.
- Gray, A. J., Jenkins, D., Andrews, M. H., Taaffe, D. R., & Glover, M. L. (2010). Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. *Journal of sports sciences*, 28(12), 1319-1325.
- Güler, A. H. ve Erdil, G. (2018). Futbol müsabakasında kat edilen toplam koşu mesafesinin müsaaka sonucuyla ilişkisinin incelenmesi. *Eurasian Research in Sport Science*, 3(2), 116-23.
- Hackney, A. C. (2013). Clinical management of immuno-suppression in athletes associated with exercise training: sports medicine considerations. *Acta Medica Iranica*, 51(11), 751-756.
- Haddad, M., Padulo, J., & Chamari, K. (2014). The usefulness of session rating of perceived exertion for monitoring training load despite several influences on perceived exertion. *Int J Sports Physiol Perform*, 9: 882–883.
- Hennessy, L., & Jeffreys, I. (2018). The current use of GPS, its potential, and limitations in soccer. *Strength & Conditioning Journal*, 40(3), 83-94. doi: 10.1519/SSC.0000000000000386
- Hewitt, A. (2016). Performance analysis in soccer: applications of player tracking technology (Doctoral dissertation, University of Canberra).
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-82.
- Izzo, R., & Carrozzo, M. (2015). Analysis of significance of physical parameters in football through GPS detection in a comparison with amateur athlete. *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, 2(2), 2394-1693.
- Izzo, R., & Varde I C. H. (2017). Comparison between under 20 and Over 20 amateur football players with the use of hi-tech Gps (K-Gps 20Hz). *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, 4(3), 263-67.
- Izzo, R., D'isanto, T., Raiola, G., Cejudo, A., Ponsano, N., & Varde'i, C. H. (2020). The role of fatigue in football matches, performance model analysis and evaluation during quarters using live global positioning system technology at 50hz. *Sport Science*, 13(1), 30-35.
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, 5: 328–341.
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Pine, M. J., Spurrs, R.W., Murphy, A. J., & Pruyn, E. C. (2012). The validity and reliability of 5-Hz global positioning system units to measure team sport movement demands. *J Strength Cond Res*. 26: 758–765.
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., & Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *J Strength Cond Res*. 28: 1649–1655.
- Kara, S. (2019). Futbolda lig sıralamasına göre antrenman yüklerinin karşılaştırılması (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık bilimleri Enstitüsü.
- Kelly, V. G., Scott, M. T., & Scott, T. J. (2014). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review. *J Aust Strength Cond*. 22: 186–190.
- Köklü, Y., Arslan, Y., Alemdarolu, U., & Duffield, R. (2015). Accuracy and reliability of SPI ProX global positioning system devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 55(5):471-7. Epub 2014 Oct 10. PMID: 25303067.

- Lemes, J. C., Luchesi, M., Diniz, L. B. F., Bredt, S. D. G. T., Chagas, M. H., & Praça, G. M. (2020). Influence of pitch size and age category on the physical and physiological responses of young football players during small-sided games using GPS devices. *Research in Sports Medicine*, 28(2), 206-16.
- MacLeod, H., Morris, J., Nevill, A., & Sunderland, C. (2009). The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *Journal of sports sciences*, 27(2), 121-128.
- Malone, J. J., Barrett, S., Barnes, C., Twist, C., & Drust, B. (2020). To infinity and beyond: the use of GPS devices within the football codes. *Science and Medicine in Football*, 4(1), 82-84.
- Massard, T., Eggers, T., & Lovell, R., (2018). Peak speed determination in football: is sprint testing necessary? *Science and medicine in football*, 2(2), 123-26.
- Oliveira, R., Brito, J. P., Martins, A., Mendes, B., Marinho, D. A., Ferraz, R., & Marques, M. C. (2019a). In-season internal and external training load quantification of an elite European soccer team. *PloS one*, 14(4), e0209393.
- Oliveira, R., Brito, J., Martins, A., Mendes, B., Calvete, F., Carriço, S., ... & Marques, M. C. (2019b). In-season training load quantification of one-, two-and three-game week schedules in a top European professional soccer team. *Physiology & behavior*, 201, 146-156.
- Owen, A. L., Djaoui, L., Newton, M., Malone, S., & Mendes, B. (2017). A contemporary multi-modal mechanical approach to training monitoring in elite professional soccer. *Science and medicine in football*, 1(3), 216-221.
- Pons, E., García-Calvo, T., Cos, F., Resta, R., Blanco, H., López del Campo, R., ... & Pulido-González, J. J. (2021). Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer. *Scientific Reports*, 11(1), 1-10.
- Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A., & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1- Hz and 5- Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *International journal of sports physiology and performance*, 5(4), 448-458.
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Costa, J., Barreira, D., Krustup, P., & Rebelo, A. (2020). Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: a systematic review. *Research in Sports Medicine*, 28(3), 437-58.
- Rampinini, E., Alberti, G., Fiorenza, M., Riggio, M., Sassi, R., Borges, T. O., & Coutts, A. J. (2015). Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *International Journal of Sports Medicine*, 36(01), 49-53.
- Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., ... & Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of sports sciences*, 28(2), 171-182.
- Rosch, D., Hodgson, R., Peterson, L., Graf-Baumann, T., Junge, A., Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 29-39.
- Rossi, A., Perri, E., Trecroci, A., Savino, M., Alberti, G., & Iaia, M.F. (2016). Characterization of in-season elite football trainings by GPS features: The Identity Card of a Short-Term Football Training Cycle. 16th International Conference on Data Mining Workshops, 160-66.
- Sánchez, F. J. N., Bendala, F. J. T., Vázquez M. Á. C., & Moreno-Arrones, L. J. S. (2017). Individualized speed threshold to analyze the game running demands in soccer players using GPS technology. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte Y Recreación*, (32), 130-33.
- Schutz, Y., & Chambaz, A. (1997). Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth? *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(5), 338-39.
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Davies, S. J., Clark, A. C., Lynch, D. M., & de Jonge X. A. J. (2014). The physical demands of professional soccer players during in-season field-based training and match-play. *J Aust Strength Cond* 22: 7–15.
- Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1470-90.
- Snyder, A. C., Jeukendrup, A. E., Hesselink, M. K. C., Kuipers, H., & Foster, C. (1993). A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *International Journal of Sports Medicine*, 14(1), 29-32.
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M. R., van Rensburg, C. J., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B.

- M., Raftery, M., Budgett, R., & van Rensburg, C. J. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041.
- Strauss, A., Sparks, M., & Pienaar, C. (2019). The use of GPS analysis to quantify the internal and external match demands of semi-elite level female soccer players during a tournament. *Journal of sports science & medicine*, 18(1), 73.
- Theodoropoulos, J. S., Bettle, J., & Kosy, J. D. (2020). The use of GPS and inertial devices for player monitoring in team sports: A review of current and future applications. *Orthopedic Reviews*, 12(1), 1-7.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports medicine*, 47(11), 2135-2142.
- Varley, M. C., Fairweather, I. H., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci*, 30(2):121-7.
- Wisbey, B., Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Rattray, B. (2010). Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking. *Journal of science and Medicine in Sport*, 13(5), 531-536.