

SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER

GPS Teknolojisi ve Performans Analizi



Doç. Dr. Oğuz GÜRKAN



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Mayıs 2025

ISBN • 978-625-5897-14-5

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruenyayinevi.com

e-mail: seruenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 42488

SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER

GPS Teknolojisi ve Performans Analizi

Doç. Dr. Oğuz GÜRKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
1.GİRİŞ.....	3
2.GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ	5
2.1. 1950’ler – İlk Adımlar	5
2.2. 1970’ler – İlk Ticari Cihazlar	5
2.3. 1980’ler – Giyilebilir Bilgisayarlar	6
2.4. 1990’lar – Akıllı Gözlük ve Giysiler	6
2.5. Akıllı Gözlüklerin Gelişimi	6
2.6. Giyilebilir Giysiler ve Teknolojik Entegrasyon.....	6
2.7. Teknolojik Uygulamalar ve Pazarın Büyümesi	6
2.8. 2000’ler – Sensör Entegrasyonu ve Akıllı Saatler.....	7
2.9. 2020’ler ve Gelecek.....	8
3. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN KULLANIM ALANLARI.	8
3.1. Sağlık ve Tıp Alanında Kullanımı	9
3.2. Spor ve Fitness Alanında Kullanımı	9
3.3. Günlük Hayatta ve İletişimde Kullanımı.....	9
3.4. Güvenlik ve İş Dünyasında Kullanımı	9
4. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN GELİŞTİRİLEBİLİR ÖZELLİKLERİ.....	10
5. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN YATIRIM VE EĞİLİM TAHMİNLERİ	10
6. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN ANATOMİK PERSPEKTİFİ.....	10
6.1. Anatomik bölgeler:	11
6.2. Fiziksel hareket:.....	11
6.3. Terleme-konfor:	11
6.4. Ergonomi:	11

7. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER VE SPOR.....	14
8. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ ÜRÜNLERİ	19
8.1. Akıllı Saatler ve Bileklikler	19
8.2. GPS (Küresel Konumlama Sistemi) Takip Cihazları	20
8.3. Akıllı Kıyafetler	20
8.4. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri	21
8.5. Akıllı Ayakkabılar	21
8.6. Gözlük Kameralar ve Akıllı Gözlükler	22
9. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN AVANTAJLARI.22	
9.1. PERFORMANS TAKİBİ VE GELİŞTİRME	22
9.1.1.Detaylı Veri Analizi:	22
9.1.2. Hedefe Yönelik Gelişim:	23
9.2. YARALANMA RİSKİNİ AZALTMA.....	23
9.2.1. Kas ve Eklem Analizi:	23
9.2.2. Aşırı Zorlanmayı Önleme:	23
9.3. SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN İZLENMESİ.....	23
9.3.1. Kalp ve Solunum Hızı İzlemesi:	23
9.3.2. Uyku ve Dinlenme Takibi:	23
9.4. ANTRENMANLARIN DAHA VERİMLİ OLMASINI SAĞLAMA.....	23
9.4.1. Kişiyeye Özel Antrenman Planları:	23
9.4.2. Anında Geri Bildirim:	23
9.5. MOTİVASYON ARTIŞI	24
9.5.1. Hedefler ve Başarılar:	24
9.5.2. Sosyal Paylaşım ve Yarışma:	24
9.6. UZAKTAN ANTRENMAN DESTEĞİ	24
9.6.1. Antrenör ve Sağlık Ekibi ile İletişim:	24
9.6.2. Uzaktan İzleme ile Güvenlik:	24
10. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN DEZAVANTAJLARI	24
10.1. YÜKSEK MALİYET	24

10.1.1. Pahalı Olması:	24
10.1.2. Yenileme ve Bakım Masrafları:	25
10.2. TEKNOLOJİYE AŞIRI BAĞIMLILIK	25
10.2.1. Fiziksel Aktiviteye Odaklanma Sorunu:	25
10.2.2. Mental Zorluklar:	25
10.3. VERİ GÜVENLİĞİ VE GİZLİLİK ENDİŞELERİ.....	25
10.3.1. Kişisel Verilerin Güvenliği:	25
10.3.2. Veri Paylaşımı ile İlgili Sorunlar:	25
10.4. DOĞRULUK SORUNLARI.....	25
10.4.1. Sensör Hataları:	25
10.4.2. Kalibrasyon Sorunları:	25
10.5. KONFOR VE HAREKET KISITLAMALARI.....	26
10.5.1. Kullanım Rahatsızlıkları:	26
10.5.2. Hareketi Sınırlama:	26
10.6. PSİKOLOJİK BASKI VE STRES	26
10.6.1. Performans Kaygısı:	26
10.6.2. Sosyal Karşılaştırma:	26

11. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN GELECEĞİ 26

11.1. YAPAY ZEKA VE BÜYÜK VERİ ENTEGRASYONU	27
11.2. BİYOMEKANİK VE NÖROTEKNOLOJİK YENİLİKLER.....	27
11.2.1. Akıllı kıyafetler:	27
11.2.2. Beyin-dalga takip sistemleri:	27
11.3. NANO TEKNOLOJİ VE MALZEME BİLİMİ İLERLEMELERİ.....	27
11.3.1. Akıllı tekstiller:	27
11.3.2. Enerji üreten kumaşlar:	27
11.4. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) VE SANAL GERÇEKLİK (VR) ENTTEGRASYONU.....	27
11.5. GELECEKTEKİ OLASI ZORLUKLAR VE ETİK SORUNLAR	28
11.5.1. Veri Gizliliği:	28
11.5.2. Bağımlılık Riski:	28
11.5.3. Erişim Eşitsizliği:	28

11.6. SONUÇ.....	28
12. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) (KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ)	28
13. GPS'İN TARİHÇESİ.....	29
14. GPS'İN GELİŞİM AŞAMALARI.....	29
14.1. GPS'in Kökenleri ve Erken Dönem Gelişimleri:	29
14.2. Transit Sistemi (1960'lar):.....	30
14.3. Timation ve İlk GPS Denemeleri (1970'ler):	30
14.4. NAVSTAR GPS ve Askeri Kullanım (1973):	30
14.5. Sivil Kullanıma Açılma (1983):	30
14.6. Tam Kapasiteli GPS'in Hizmete Girmesi (1993):	30
14.7. Seçici Kullanılabilirliğin Devreden Çıkması (2000):	31
14.8. Günümüzde GPS ve Alternatif Sistemler:	31
15. GPS'İN SPOR ALANLARINDA KULLANIMI VE ÖNEMİ	31
16. SPORDA ALANINDA GPS KULLANIMININ AVANTAJLARI	33
16.1. Performans Analizi ve Gelişimi:	33
16.2. Gerçek Zamanlı Veri Sağlama:	33
16.3. Antrenman Yükünün İzlenmesi:	33
16.4. Taktiksel Analiz ve Strateji Geliştirme:	33
16.5. Sakatlıkların Önlenmesi:	33
17. GPS KULLANIMININ DEZAVANTAJLARI.....	34
17.1. Veri Doğruluğu ve Güvenilirlik Sorunları:	34
17.2. Çevresel Faktörlerin Etkisi:	34
17.3. Cihaz Maliyetleri:	34
17.4. Veri Analizi ve Yorumlama Zorlukları:	34
17.5. Teknolojiye Aşırı Bağımlılık:	34
18. GPS'LERİN TAKIM VE BİREYSEL SPORLARDA KULLANIMI	35
18.1. TAKIM SPORLARINDA GPS KULLANIMI.....	35

18.1.1. Pozisyonel Veri İzleme:	35
18.1.2. Toplu ve Bireysel Yük Analizi:	35
18.1.3. Taktik Analiz:	35
18.1.4. Sakatlık Önleme:	35
18.2. BİREYSEL SPORLARDA GPS KULLANIMI.....	36
18.2.1. Performans Takibi:	36
18.2.2. Antrenman Planlaması:	36
18.2.3. Gelişim İzleme:	36
18.2.4. Rota ve Strateji Planlama:	36

19. GPS'LERİN SPORCULARI ÇEŞİTLİ YARALANMALARDAN KORUMADAKİ ROLÜ..... 37

20. GPS'LER İLE ANALİZ EDİLEBİLEN PARAMETRELER 39

21. YAYGIN OLARAK KULLANILAN GPS ÇEŞİTLERİ..... 40

21.1. CATAPULT.....	40
21.2. STATSPORTS.....	43
21.2.1. APEX.....	44
21.2.2. Apex Sporcu Serisi	44
21.2.3. Apex Antrenör Serisi	45
21.2.4. Apex Pro Serisi	45
21.2.5. Apex Takım Serisi	46
21.3. POLAR TEAM PRO	46
21.4. GPSports	48
21.5. KINEXON Sports.....	48
21.6. PlayerData.....	49
21.7. SOCCERBEE	51
21.8. PLAYERTEK.....	51
21.9. PitcheroGPS.....	53

22. ANTRENMAN, SPORİF PERFORMANSI NASIL ETKİLER 54

23. ANTRENMAN YÜKÜ 54

24. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNE NEDEN İHTİYAÇ DUYULMAKTADIR?.....	56
25. DIŞ ANTRENMAN YÜKÜ VE İÇ ANTRENMAN YÜKÜ.....	56
25.1. Dış Antrenman Yüğü.....	57
25.2. İç Antrenman Yüğü.....	58
26. ANTRENMAN YÜKÜ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	59
26.1. Dış Yüğü Ölçüm Yöntemleri.....	59
27. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE GPS ÖLÇÜMLERİ.....	60
27.1. Mesafe ve Hız Ölçümleri.....	62
27.2. Hızlanmalar.....	62
28. DIŞ YÜK TAKİBİNDE KULLANILAN CİHAZLARIN GEÇERLİĞİ VE GÜVENİRLİĞİ.....	64
28.1. GEÇERLİK (VALIDİTY):	64
28.2. GÜVENİRLİK (RELIABILITY):	64
28.3. KULLANILAN ARAÇLAR VE DEĞERLENDİRME	64
28.3.1. GPS Sistemleri:	64
28.3.2. İvmeölçerler (Accelerometers):	65
28.3.3. Kalp Atış Hızı Monitörleri:	65
28.4. SONUÇ.....	65
29. İÇ YÜK TAKİBİ	65
30. İÇ YÜK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	66
30.1. KALP ATIM HIZI (KAH) TAKİBİ:	67
30.2. LAKTAT KONSANTRASYONLARI:	68
30.3. OKSİJEN TÜKETİMİ (VO ₂):	69
30.4. OKSİJEN TÜKETİMİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	69
30.4.1. VO ₂ 'nin Kullanımı	69
30.4.2. VO ₂ ve Egzersiz.....	70
30.5. ALGILANAN ZORLUK DÜZEYİ (AZD) (RPE):	70
30.5.1. Temel Özellikler:	70

30.5.2. AZD'nin Kullanımı:.....	71
30.6. ANTRENMANIN ALGILANAN ZORLUK DERECEŚİ (AAZD) (SESYONRPE).....	72
30.7. ANKETLER VE GÜNLÜKLER.....	75
30.7.1. İç Yük Takibinde Anketler.....	75
30.7.2. İç Yük Takibinde Günlükler	75
30.7.2.1. Günlüklerde Yer Alan Başlıca Konular:.....	75
30.7.2.1.1. Egzersiz Rutinleri:	75
30.7.2.1.2. Yorgunluk ve Enerji Seviyesi:	76
30.7.2.1.3. Duygusal Durum:	76
30.7.2.1.4. Yemek ve Su Tüketimi:	76
30.7.2.1.5. Uyku Durumu:	76
30.7.3. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE KULLANILAN BAZI GÜNLÜKLER VE ANKETLER	76
30.8. ANTRENMAN UYARANI (TRIMP, training impulse)	76
30.9. EDWARDS METODU	79
30.10. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE HORMONAL PARAMETRELER.....	79
30.10.1. Antrenman Yüğü Takibinde Temel Hormonal Parametreler	79
30.10.1. 2. Kortizol:	80
30.10.1.3. Büyüme Hormonu (GH):	80
30.10.1.4. İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü 1 (IGF-1):	80
30.10.2. Hormonal Parametrelerin Takibinin Önemi:	80
30.10.3. Uygulamada Dikkat Edilmesi Gerekenler:.....	81
30.10.3.1. Bireysel Farklılıklar:	81
30.10.3.2. Ölçüm Zamanlaması ve Sıklığı:	81
30.10.3.3. Antrenman ve Toparlanma Dönemleri:	81
30.10.3.4. Çevresel ve Psikolojik Faktörler:	81
30.10.3.5. Ölçüm Yöntemlerinin Seçimi:	81
30.11. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE NÖROMÜSKÜLER PARAMETRELERİN İZLENMESİ.....	82
30.11.1. Antrenman Yüğü Takibinde Önemli Nöromüsküler Parametreler ..	82
30.11.1.1. Countermovement Jump (CMJ):.....	82

30.11.1.2. Elektromiyografi (EMG):.....	82
30.11.1.3. Tensiomyografi (TMG):	82
30.11.1.4. Mekanografi (Mechanography):.....	83
30.11.2. Antrenman Yüğü Takibinde Uygulamalar	83
30.11.2.1. Yorgunluk Değerlendirmesi:	83
30.11.2.2. Performans Optimizasyonu:	83
30.11.2.3. Sakatlık Önleme:	83
30.11.2.4. Toparlanma İzleme:	83
30.11.3. Antrenman Yüğü Takibinde Uygulamalar	84
30.11.3.1. Standartlaştırma:	84
30.11.3.2. Bireyselleştirme:	84
30.11.3.3. Entegrasyon:	84
31. YÜK TAKİBİYLE ANTRENMAN DOZUNUN BELİRLENİP SAKATLIKLARIN ÖNLENMESİ.....	84
32. OPTİMAL ANTRENMAN YÜKÜ	85
32.1. OPTİMAL ANTRENMAN YÜKÜNÜN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	85
32.1.1. Akut Kronik Yüğü Oranı:	85
32.1.2. Tazelik İndeksi (Freshness Index):	85
32.1.3. Tekdüzelik İndeksi (Monotony Index):	86
33. GPS TEKNOLOJİLERİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ GÜNCEL ÇALIŞMA ÖRNEKLERİ.....	86
34. SONUÇ	123
35. ÖNERİLER.....	124
KAYNAKÇA	128

Canım kardeşim **OZAN'a** ithafen...

ÖNSÖZ

Giyilebilir teknolojiler, son yıllarda hızla gelişen ve farklı disiplinlerde önemli yenilikler sunan bir araştırma alanı haline gelmiş durumdadır. Spor, sağlık, eğitim, güvenlik, turizm, tekstil ve günlük yaşam gibi pek çok alanda etkili çözümler sunan bu teknolojiler, bireylerin hayat kalitesini artırma potansiyeline sahiptir. Sensör teknolojilerinin gelişimi, yapay zeka ile entegrasyon ve büyük veri analitiği gibi alanlardaki ilerlemeler, giyilebilir cihazların sunduğu imkanları her geçen gün genişletmektedir. Hem profesyonel hem de amatör sporcular, antrenman verimliliğini ve yarışma performanslarını artırmak için giyilebilir teknolojilere güvenmektedirler.

Bu teknolojilerden GPS (Global Positioning System), gerçek zamanlı konum takibi ve veri analizi ile önemli bir bileşen olarak karşımıza çıkmaktadır. GPS teknolojisi, antrenörlere, sporculara, akademisyenlere, toplumun her kesiminden bireylere, antrenman süreçlerinden performans analizine kadar geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Sporcuların fiziksel aktivitelerini izlemek, hareket verilerini analiz etmek, antrenman yüklerini belirlemek ve antrenman programlarını optimize etmek amacıyla kullanılan GPS teknolojisi, modern spor bilimlerinde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Bu teknoloji, bireysel ve takım sporlarında performans artırmak, yaralanma risklerini azaltmak, taktiksel ve stratejik kararlar almak için oldukça önemli bir rol oynamaktadır.

Bu kitap, sporda giyilebilir teknoloji ürünleri, bunların önemi, avantajları, dezavantajları hakkında bilgiler sunmaktadır. Bu teknolojilerden birisi olan GPS'in tarihçesi, önemi, mevcut uygulamaları, avantajları, dezavantajları ve gelecekteki potansiyel gelişmeleri üzerine kapsamlı bir akademik inceleme sunmaktadır. Yine, bu kitapta, antrenman yükü kavramı ve antrenman yükü ölçüm yöntemleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Bunlara ek olarak, sporda yaygın olarak kullanılan GPS teknolojileri, bu teknolojilerin özellikleri, kullanım alanları anlatılmış ve GPS'ler ile ilgili yapılmış güncel akademik çalışma örneklerine de yer verilmiştir. Spor bilimleri ve teknolojinin kesişim noktasında yapılan araştırmalar, sporcuların verimliliğini artırma ve bilimsel yöntemleri spor dünyasına entegre etme konusunda büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın akademik camiaya, antrenörlere, sporculara, spor bilimleri öğrencilerine ve sporla uğraşan toplumun tüm kesimlerine katkı sağlamasını umuyorum.

Gelecekte, yapay zeka destekli veri analizi, biyosensör teknolojilerindeki gelişmeler ve nesnelerin interneti (IoT) ile entegre edilen yeni nesil giyilebilir cihazlar, spor alanında daha etkin ve kapsamlı çözümler sunacaktır. Bu doğrultuda, spor bilimleri ve mühendislik disiplinleri arasındaki iş birliği artırılarak, giyilebilir teknolojilerin daha güvenilir, etkili ve kullanıcı dostu hale getirilmesi hedeflenmelidir.

Bu araştırmanın hazırlanması sürecinde desteklerini esirgemeyen eşime, anneme, babama, hocalarıma, meslektaşlarıma ve öğrencilerime, varlığı ile hayatımı anlamlandıran oğluma çok teşekkür ederim. Umuyorum ki bu çalışma, spor ve teknoloji alanında yapılan akademik araştırmalara ışık tutarak, gelecekteki gelişmelere katkı sağlayacaktır.

Doç. Dr. Oğuz GÜRKAN

Şubat 2025

1.GİRİŞ

Giyilebilir teknolojiler, kullanıcıların vücutlarına entegre ederek taşıyabildikleri, genellikle internet bağlantısı ve akıllı sensörler ile donatılmış elektronik cihazlardır. Akıllı saatlerden artırılmış gerçeklik gözlüklerine, biyosensörlerden akıllı tekstillere kadar geniş bir yelpazeye yayılan bu teknolojiler, bireylerin sağlık, güvenlik, spor, iş ve günlük yaşamlarını oldukça kolaylaştırmaktadır.

Bu cihazlar, birbirleriyle iletişim kurabilme yeteneğine sahip olup, vücuda entegre edilmiş cihazlar yardımıyla, daha büyük bilgisayarlara ihtiyaç duymadan iletişim ve hesaplama gibi işlemleri kolaylıkla gerçekleştirebilmektedir (Sağbaş, Ballı ve Yıldız, 2016).

Geçmişten günümüze teknoloji hızla gelişmekte ve bununla birlikte yeni ve yaratıcı ürünlerin kullanımı sürekli artmaktadır. Teknolojide gözlemlenen bu hızlı değişim ile birlikte giyilebilir teknolojiler daha fazla gündeme gelmektedir (Serçek ve Korkmaz, 2023). Sensör ve internet teknolojisinin sunduğu olanaklar sayesinde, giyilebilir teknoloji son yirmi yılda önemli ilerlemeler kaydetmiş ve günlük yaşamımızda sıkça kullandığımız cihazlar haline gelmiştir (Seçkin, Ateş, Seçkin, 2023). Giyilebilir teknoloji ürünleri, kişilerin üzerlerinde taşıdıkları bir aksesuara veya kıyafete entegre edilebilen ve gelen dataların bir ağa bağlı olarak aktarımını sağlayan ürünlere denmektedir (Serçek ve Korkmaz, 2023). Bu teknolojiler çeşitli entegre elektronik bileşenlere sahip tekstil kumaşlar olarak da tanımlanmaktadır. Konfor, hafiflik, ısı yalıtımı ve nefes alabilirlik gibi özellikler de içermektedir (Seçkin vd., 2023).

Giyilebilir teknoloji ürünleri kullanıcıların yaşamlarını kolaylaştırarak hayat standartlarını artırmaktadır. Spor, sağlık, eğitim, turizm, tekstil, üretim gibi alanlarda kullanılabilen bu ekipmanlar, kullanıcıların taleplerine göre her geçen gün geliştirilmektedir (Serçek ve Korkmaz, 2023).

Mühendislik uygulamaları ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi, hayatımızın birçok yönünü de dönüştürmeye devam etmektedir. Göreceli olarak yeni bir disiplin olan Spor Mühendisliği, bir zamanlar ağırlıklı olarak malzeme ve makine mühendislerinin alanı iken, teknolojinin yükselişiyle birlikte artık elektronik ve bilgisayar mühendisliği disiplinlerini de kapsamaktadır (James ve Petrone, 2016). Teknoloji alanındaki ilerlemeler, spor alanında da yerini almış ve bu alan spor uzmanları tarafından yakından takip edilerek her geçen gün geliştirilmektedir. Giyilebilir tek-

nolojiler, spor alanında gerçek zamanlı veri sağlayarak sporcuların antrenman performanslarını geliştirmelerine, ve antrenörlerin stratejilerini özelleştirmelerine katkılar sağlamaktadır (Seçkin vd., 2023).

Sporun içerisinde yer alan sporcular, uzmanlar, kulüpler yöneticiler vb. kişi ve kurumlar hedeflerine yaklaşmada teknolojiyi önemli bir alan olarak görmektedirler (Mısırlıgil ve Bayansalduz, 2023). Yine hem profesyonel hem de amatör sporcular, antrenman verimliliğini ve yarışma performanslarını artırmak için giyilebilir sensörlere güvenmektedir (Seçkin vd., 2023). Bu cihazlar yardımıyla, kalp atış hızı, uyku kalitesi ve hareket kalıpları gibi çeşitli veriler takip edilebilmektedir. Bu bilgiler, iyileştirme alanlarını belirlemek ve küçük, kademeli değişiklikler yaparak performansta önemli kazançlar elde etmek için kullanılabilir (Migliaccio, Padulo ve Russo, 2024).

Giyilebilir teknolojinin uygulamalarını inceleyen çalışmaların analizi, sporcuların ve antrenörlerin bu teknolojileri performans değerlendirmesi ve takibi, sakatlık önleme ve atletik yeteneklerin optimizasyonu amacıyla yaygın bir şekilde kullandığını ortaya koymaktadır. Giyilebilir teknolojilerin bu kapsamlı entegrasyonu yalnızca antrenman rejimlerine değil, aynı zamanda rekabetçi sporlara da uzanmaktadır.

Giyilebilir teknolojiler, özellikle yüzme, takım sporları ve kayak gibi konvansiyonel kamera tabanlı takip sistemlerinin zorlandığı spor dallarında fizyolojik ve kinematik verilerin gerçek zamanlı olarak elde edilmesi için alternatif bir yöntem olarak da öne çıkmaktadır. Giyilebilir teknolojinin sunduğu çok yönlü ve veri açısından zengin ortam, yalnızca antrenörlerin rollerini kolaylaştırmakla kalmaz; aynı zamanda veri bilimi, sağlık ve rehabilitasyon gibi alanlarda daha profesyonel bir yaklaşıma zemin hazırlar. Bu teknolojik gelişim, yalnızca sporcular ve antrenörleri değil, hakem eğitimi ve oyuncu takibi gibi yönetsel yönleri de kapsayarak geniş bir etki alanına hitap eder.

Spor alanında giyilebilir teknolojilerin kullanımı, performans analizi, sakatlık öngörüsü ve rehabilitasyon gibi alanlarda önemli avantajlar sunarken, aynı zamanda çeşitli zorluklar ve fırsatlar da sunmaktadır. Bu teknolojilerin, spor endüstrisinde sağlık, iyileşme ve performansı desteklemek için kullanılması, gelişmiş antrenman ve hazırlık tekniklerine erişimi genişletebilir. Bununla birlikte, bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili olarak eşitlik, gizlilik, güvenlik ve fikri mülkiyet hakları gibi hassas konuların ele alınması büyük önem taşımaktadır. Giyilebilir teknolojilerin güvenli ve adil bir şekilde kullanılmasını teşvik etmek, yasal çerçeveler, etik ilkeler ve uygun teknolojik önlemler gerektirmektedir. Ayrıca, kişiselleştirilmiş teknoloji cihazlarının geliştirilmesi ve bu cihazların sporcu

konforu ve performansı üzerindeki etkisinin araştırılması, gelecekteki araştırmalar için değerli bir alan sunmaktadır. Bunun yanı sıra, giyilebilir görüntüleme cihazlarının spor rehabilitasyonu ve performans takibi alanında yeni bir fırsat sunduğu gözlemlenmektedir. Spor endüstrisi, bu teknolojilerin sunduğu fırsatları bilinçli bir şekilde değerlendirerek, spor endüstrisi, sporcuların sağlık, iyileşme ve performansını desteklemek için proaktif bir yaklaşım benimseyebilir (Seçkin vd., 2023).

Teknoloji ekipmanları günümüzde spor branşlarının taleplerine cevap verebilecek nitelikte tasarlanmakta ve bu alan ile ilgili yapılan araştırmalar, teknoloji ile sporun ayrılmaz birer parça olduklarını ortaya koymaktadır. Gelecek yıllarda teknoloji ile spor ilişkisinin daha da güçlenerek gelişime devam edeceği düşünülmektedir (Mısırlıgil ve Bayansalduz, 2023).

2.GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Giyilebilir teknolojinin kökenleri, 13. yüzyılda gözlüklerin icadıyla başlamaktadır. Daha sonra, 16. yüzyılda, en eski taşınabilir ve giyilebilir saatler olan Nürnberg yumurtaları icat edilmiştir. Boyna takılmak üzere tasarlanan bu saatler, cep saatleri ve kol saatleri ortaya çıkana kadar Avrupa'da popüler bir statü sembolü hâline gelmiştir (Aydın, 2019).

2.1. 1950'ler – İlk Adımlar

İlk giyilebilir bilgisayar, 1960'lı yıllarda matematikçi Edward Thorp tarafından geliştirilmiştir (Metcalf, Milliard, Gomez ve Schwartz, 2016).

2.2. 1970'ler – İlk Ticari Cihazlar

İlk hesap makinesi kol saati 1975 yılında halka tanıtılmıştır. 1975 yılında piyasaya çıkan Pulsar Hesap Makinesi Kol Saati, matematik ve fen bilimleri meraklıları için yaygın olarak kullanılan bir cihaz hâline gelmiştir. Bu tür akıllı saatler 1980'lerin ortalarında popülerlik kazanmış ve günümüzde hâlâ birçok firma tarafından üretilmektedir (Zensorlum, 2016; akt: Kumar, 2017). 1979 yılında Sony taşınabilir müzik çalar Walkman'i piyasaya sürmüş ve kişisel teknolojiye yönelik ilgi artmıştır (Metcalf vd., 2016).

2.3. 1980'ler – Giyilebilir Bilgisayarlar

1980'li yıllar, giyilebilir teknoloji alanında önemli ilerlemelerin yaşandığı bir dönemdir. 1981 yılında Steve Mann, 6502 tabanlı, metin, grafik ve multimedya işlevlerini destekleyen bir giyilebilir multimedya bilgisayarı ile video özellikli bir sistemi içeren ve sırt çantasına monte edilebilen bir sistem tasarlamıştır (Mann, 1997).

2.4. 1990'lar – Akıllı Gözlük ve Giysiler

1990'lı yıllar, giyilebilir teknolojinin evrimi açısından önemli bir dönemdir. Bu yıllarda, giyilebilir cihazlar daha sofistike hale gelmiş ve farklı alanlarda kullanımı artmıştır. Özellikle akıllı gözlükler ve giyilebilir giysiler, teknoloji dünyasında devrim niteliğinde gelişmeler göstermiştir.

2.5. Akıllı Gözlüklerin Gelişimi

1990'larda, akıllı gözlükler (başta başa takılan ekranlar ve artırılmış gerçeklik gözlükleri) giderek daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır. “Virtuality Group” gibi şirketler, başa takılan ekranları (HMD) geliştirmeye başlamış ve artırılmış gerçeklik (AR) uygulamalarını hayata geçirmeye çalışmışlardır (Azuma, 1997). Bu gözlükler, kullanıcının çevresindeki dünyayı sanal bilgilerle birleştirerek zenginleştiren bir deneyim sunmuştur.

Bunların ilk örneklerinden biri, “EyeTap” olarak adlandırılan gözlük tasarımıdır. Steve Mann'ın 1990'larda geliştirdiği bu teknoloji, giyilebilir kameralara sahip akıllı gözlükler ile kişisel görüntüleme deneyimi sunmuş, gerçek dünyayı dijital bir katmanla birleştirerek etkileşimli bir deneyim yaratmıştır (Mann, 1997).

2.6. Giyilebilir Giysiler ve Teknolojik Entegrasyon

1990'lı yıllarda, giyilebilir giysiler üzerine de önemli çalışmalar yapılmıştır. Bu dönemde, tekstil mühendisliği ve mikroelektronik alanındaki gelişmeler, giyilebilir teknoloji ile entegrasyon sürecini hızlandırmıştır. Giyilebilir giysiler, sensörler ve mikroişlemcilerle donatılarak vücut verilerini toplayan ve belirli işlevleri yerine getiren sistemlere dönüşmüştür (Mann, 2000).

2.7. Teknolojik Uygulamalar ve Pazarın Büyümesi

1990'larda giyilebilir teknoloji, özellikle askeri ve endüstriyel alanlarda uygulama bulmuş, ancak aynı zamanda sporcular ve günlük kullanıcılar için de çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu yıllarda, akıllı gözlükler ve giyilebilir giysiler, teknolojiye olan ilginin artmasıyla birlikte ticarileş-

meye başlamıştır. Bununla birlikte, bu ürünlerin pratik kullanımı ve estetik tasarımlarına dair çeşitli zorluklar da yaşanmıştır (Baudisch, 1999).

1990'lar, akıllı gözlüklerin ve giyilebilir giysilerin gelişimi açısından önemli bir dönem olmuştur. Akıllı gözlükler, artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla birleşerek daha etkileşimli deneyimler sunmuş, giyilebilir giysiler ise biyometrik verilerin izlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. 1990'ların sonunda bu teknolojiler, gelecekteki giyilebilir cihazların temellerini atmıştır.

2.8. 2000'ler – Sensör Entegrasyonu ve Akıllı Saatler

2002 yılında Bluetooth kulaklıkların piyasaya sürülmesiyle birlikte giyilebilir teknoloji popülerlik kazanmaya başlamıştır. 2006 ile 2013 yılları arasında Nike+, Fitbit ve Google Glass gibi ikonik giyilebilir teknoloji cihazları tanıtılmıştır (College, 2016; akt; Aydın, 2019).

2011 yılında, Google ilk akıllı gözlük prototipini geliştirdiğinde giyilebilir teknoloji büyük ilgi görmüştür. 2013 yılının Nisan ayında Google Glass halka tanıtılmıştır. Google Glass'ın sunduğu özellikler, kullanıcı deneyimini büyük ölçüde değiştirmiş ve görsel bilgi algısını geliştirmiştir. Cihaz, çerçevenin yan tarafına yerleştirilmiş dokunmatik yüzey ve ses tanıma yazılımı ile kontrol edilmiştir. Ancak gizlilik kaygıları ve çeşitli düzenleyici engeller nedeniyle, Google Glass bazı ticari alanlarda yasaklanmıştır. Buna rağmen, Google Glass'ın teknoloji sektöründeki ün kazandığı dönemde, birçok şirket akıllı giyilebilir pazarına girerek yenilikçi giyilebilir cihazlar üretmeye başlamıştır. 2014 yılında moda markası Tommy Hilfiger, ilk güneş enerjisiyle çalışan ceketini piyasaya sürmüştür. Bu ceket, kullanıcıların hareket hâlindeyken telefonlarını şarj etmelerine olanak tanımıştır. Ayrıca, 2014 yılı “Giyilebilir Teknolojiler Yılı” olarak adlandırılmıştır, çünkü bu yıl içerisinde piyasaya birçok giyilebilir teknoloji ürünü sürülmüştür (Baumann, 2016).

Forbes'e göre, 2020 yılına kadar dünya genelinde 50 milyardan fazla internet bağlantılı cihaz olacağı tahmin edilmiştir. Nesnelerin İnterneti (IoT), Apple Watch ve Android Wear gibi fitness takip cihazlarından belirli sağlık durumlarını izleyen biyometrik cihazlara kadar bağımsız akıllı cihazlar arasında veri paylaşımını mümkün kılmayı amaçlamaktadır. Bu teknolojinin temel hedefi, son derece doğru verileri yakalamaktır. “Kullanım Alanına Göre Giyilebilir Tıbbi Cihazlar” raporuna göre, küresel giyilebilir tıbbi cihaz pazarı, 2016 yılında 5,31 milyar dolar olarak değerlendirilmiş olup, 2021 yılına kadar 12,14 milyar dolara ulaşarak 18%'lik yıllık büyüme oranı kaydedeceği öngörülmüştür. Önümüzdeki yıllarda üst düzey giyilebilir cihazların piyasaya çıkması beklenmektedir. Bunun-

la birlikte, giyilebilir bilgisayarlar ve biyometrik teknolojinin geleceği için güvenilir, verimli ve maliyet açısından uygun sistemlere olan ihtiyaç devam edecektir (Kelley, 2018; akt: Aydın, 2019).

2.9. 2020'ler ve Gelecek

Akıllı giysiler ve deri altı sensörler gelişmeye başladı.

Nöroteknoloji ve biyometrik veri takibi yaygınlaşıyor.

6G teknolojisi ile daha entegre ve hızlı veri paylaşımı bekleniyor.

2020'ler, giyilebilir teknolojilerin hızla ilerlediği ve çeşitli alanlara yayıldığı bir dönem olmuştur. Gelecekte ise biyoteknoloji, yapay zeka ve malzeme bilimi ile birleşerek daha gelişmiş, insan hayatını derinden etkileyen cihazlar ortaya çıkacaktır. Bununla birlikte, etik ve güvenlik kaygıları da önemli bir araştırma alanı olmaya devam edecektir.

3. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN KULLANIM ALANLARI

Sıklıkla kullanılan giyilebilir teknolojilere örnek olarak saatler, takılar, gözlükler, kontakt lensler, baş ve kol bantları, e-tekstil ürünleri ve kulaklıklar verilebilir. Bu cihazlardan öncelikli olarak eğitim, finans, eğlence, müzik ve oyun gibi alanlarda yararlanılsa da, bu teknolojiler aynı zamanda spor, sağlık ve askeri alanlarda da büyük bir potansiyele sahiptir. 1996 yılında Georgia Teknoloji Enstitüsünün tasarlamış olduğu akıllı gömlek askerlerin fiziksel durumlarını tespit edip, gerekli bilgileri analiz ederek yetkili birimlere bildiriyordu. Teknolojik ilerlemeler ile birlikte giyilebilir teknolojiler ağır ve hantal özelliklerinden arındırılıp daha hafif, taşınabilir ve modaya uygun formlara dönüştürülmüştür (Baydemir, 2017).



Şekil 1. Giyilebilir teknolojilerin farklı alanlarda kullanımı (Baydemir, 2017)

3.1. Sağlık ve Tıp Alanında Kullanımı

Giyilebilir sağlık teknolojileri, bireylerin sağlık durumlarını sürekli izlemelerine ve tıbbi uzmanlara gerçek zamanlı veri sağlamalarına olanak tanır. Örneğin, akıllı saatler ve bileklikler, kalp atış hızı, oksijen seviyesi, uyku düzeni gibi biyometrik verileri kaydederek sağlık durumunun izlenmesini sağlar (Patel, Park, Bonato, Chan ve Rodgers, 2012). Diyabet hastaları için geliştirilen sürekli glikoz izleme sistemleri, kan şekeri seviyelerini anlık olarak takip ederek hastaların yaşam kalitesini artırmaktadır (Heintzman, 2016).

3.2. Spor ve Fitness Alanında Kullanımı

Giyilebilir cihazlar, sporcuların performanslarını analiz etmelerine yardımcı olur. Örneğin, akıllı bileklikler ve spor saatleri, adım sayısı, yakılan kalori, koşu mesafesi gibi verileri toplayarak kullanıcıların antrenmanlarını optimize etmelerine olanak tanır (Seshadri vd., 2021).

3.3. Günlük Hayatta ve İletişimde Kullanımı

Akıllı saatler, gözlükler ve giysilere entegre edilen akıllı sensörler sayesinde bireyler mobil cihazlara ihtiyaç duymadan çağrı alabilir, mesajlarını kontrol edebilir ve hatta sanal asistanları kullanabilirler (Ching ve Singh, 2016).

3.4. Güvenlik ve İş Dünyasında Kullanımı

Giyilebilir teknolojiler, güvenlik sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, akıllı gözlükler ve artırılmış gerçeklik (AR) destekli kasklar, sanayi ve askeri alanlarda çalışanların işlerini daha verimli yapmalarına yardımcı olmaktadır.

Giyilebilir teknolojiler, sağlık, spor, güvenlik ve iletişim gibi birçok alanda büyük kolaylıklar ve yenilikler sunmaktadır. Bu teknolojilerin gelişimi, bireylerin yaşam kalitesini artırırken, birçok sektörde de verimliliği artırmaktadır.

4. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN GELİŞTİRİLEBİLİR ÖZELLİKLERİ

Giyilebilir teknolojiler yaşamımızı kolaylaştırmak ve bireylere daha güzel bir gelecek sağlamak amacı ile farklı kullanımlar için yeni formlara dönüştürülmektedir. Bu teknolojilerin kullanım süresi, maliyet ve algılayıcı teknolojisi gibi eksik ve geliştirilmesi gereken yönlerinin olduğu da bilinen bir gerçektir. Bu teknolojilerin kullanım sürelerinin ve sıklığının artırılması için maliyetlerinin düşürülmesi ve güvenilir verilerin toplanması gibi bir takım sağlıklı çözümlerin üretilmesi oldukça önemlidir. Giyilebilir ekipmanlar tasarlanırken bir takım özelliklerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Tasarlanan cihazların estetik ve kullanıcı dostu olması ve mümkün olduğunca küçük ve hafif bir şekilde tasarlanması kullanım rahatlığı açısından önemlidir. Yine farklı çevresel faktörlere ve hava koşullarına karşı dayanıklı olması, çok düşük enerji tüketimi ile problemsiz bir şekilde uzun süreler çalışabilmesi, elde edilecek verilerin kesin ve hatasız olması da oldukça değerlidir (Baydemir, 2017).

5. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN YATIRIM VE EĞİLİM TAHMİNLERİ

Her geçen gün kendine yeni bir kullanım alanı yaratan giyilebilir teknolojilerin geleceği hakkında bazı öngörülerde bulunmaktadır. “Giyilebilir Teknoloji 2014-2024: Teknolojiler, Pazar ve Tahminler” başlıklı raporda 2014 yılında 14 milyar dolar olan pazarın 2024 yılında 70 milyar dolara yükseleceği, sağlık alanının hâkim olmaya devam edeceği, fakat fitness giysileri ile aktivite izleme özelliklerinin de öne çıkacağı ve pek çok firmanın bu gelişmeye ortak olacağı belirtilmiştir. 2017 yılının nisan ayında yayımlanan “Giyilebilir Teknoloji 2017-2027” başlıklı raporda ise, bu pazarın 2027 yılında 150 milyar doları geçeceği tahmin edilmektedir (Baydemir, 2017).

6. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN ANATOMİK PERSPEKTİFİ

Anatomi, canlı organizmaların ve parçalarının yapısını ve organizasyonunu inceleyen bilim dalıdır. Giyilebilir Teknoloji (GT), vücuda takılabilen ve algılama, hesaplama, iletişim veya eğlence gibi işlevler sağlayan cihazlar veya materyaller için kullanılan bir terimdir. Anatomik yapı ile GT'nin fiziksel yapısı arasındaki ilişki birkaç nedenden dolayı önemlidir:

GT'nin veya materyalin konforunu, uyumunu ve kullanılabilirliğini etkiler.

GT veya materyal tarafından toplanan verilerin doğruluğunu, güvenilirliğini ve geçerliliğini etkiler.

Farklı uygulamalar ve kullanıcılar için GT'nin veya materyalin potansiyel faydalarını, risklerini ve sınırlamalarını belirler.

Kollar, tişörtler, pantolonlar, yelekler, formalar ve eldivenler, sporcuların çeşitli iç ve dış antrenman yüklerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesine olanak tanır. Bu amaçla, GT yapıları, antrenman ve spor türüne göre farklı anatomik bölgelere yerleştirilecek şekilde tasarlanır. İnsanın anatomik bölgeleri Şekil 2'de gösterilmektedir. GT ile ilgili bazı anatomik kavramlar şunlardır:

6.1. Anatomik bölgeler:

Vücut, konum, işlev veya yapılarına göre farklı bölgelere ayrılabilir. Örneğin, baş, boyun, gövde, kol, el, bacak ve ayak gibi anatomik bölgelere farklı cihazlar veya materyaller takılabilir.

6.2. Fiziksel hareket:

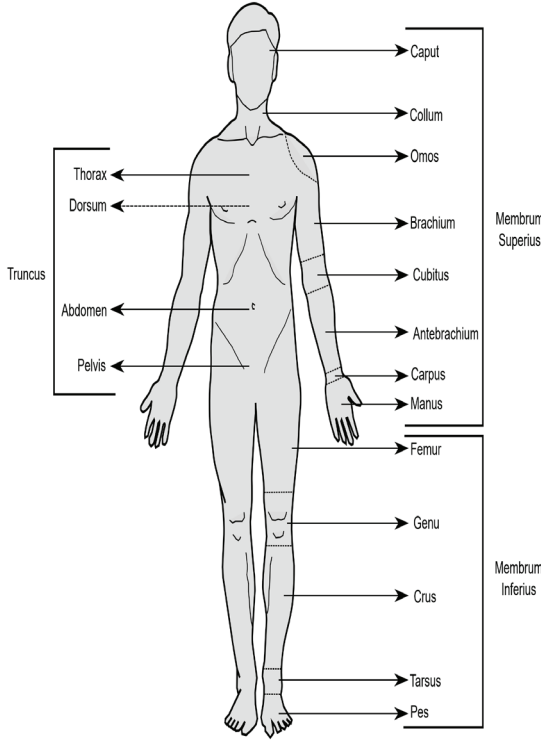
Vücut, eklemler, kaslar ve kemiklerin dahil olduğu farklı hareket türleri gerçekleştirebilir. Örneğin, bükülme, gerilme, yana açılma, kapanma, dönme ve çevresel hareketler, GT'nin veya materyalin uyumunu, işlevini ve konforunu etkileyebilir.

6.3. Terleme-konfor:

Vücut, soğuma ve vücut ısınısını düzenlemek için ter üretebilir. Ter, cihazın veya materyalin takıldığı vücut bölümünün cilt durumunu, nem seviyesini ve sürtünmeyi etkileyebilir. Örneğin, ter GT tarafından uygun şekilde yönetilmezse cilt tahrişi ve enfeksiyona neden olabilir.

6.4. Ergonomi:

Vücut, duruşu, pozisyonu ve yönelimine bağlı olarak ortam ve cihazla veya materyalle farklı şekillerde etkileşime girebilir. Ergonomi, insan vücuduna ve aktivitelerine uygun cihazlar veya materyaller tasarlamının bilimidir. Örneğin, ergonomi, GT veya materyalin kullanılabilirliğini, verimliliğini ve güvenliğini artırabilir (Seçkin vd., 2023).



Şekil 2. İnsan vücudunun anatomik bölümleri (Seçkin vd., 2023)

Abdomen: Karın, Antebrachium: Ön kol, Brachium: Kol, Caput: Baş, Carpus: El bileği, Collum: Boyun, Crus: Bacak, Cubitus: Dirsek, Dorsum: Sirt, Femur: Uyluk, Genu: Diz, Manus: El, Membrum Inferius: Alt ekstremité, Membrum Superius: Üst ekstremité, Omos: Omuz, Pelvis: Leğen, Pes: Ayak, Tarsus: Ayak bileği, Thorax: Göğüs, Truncus: Gövde.

Giyilebilir teknolojiler, kullanıcıların vücuduna entegre edilen ve çeşitli anatomik bölgelerde kullanılabilen elektronik cihazlardır. Bu cihazlar, vücut hareketlerini izleyen akıllı sensörlerle donatılmış olup, sağlık, spor, eğlence ve güvenlik gibi alanlarda kullanılabilmektedir. Spor alanında kullanılan giyilebilir teknolojiler, kullanıldığı spor dalına ve anatomik bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Ticari giyilebilir teknolojilerin spor alanında yerleştirdiği ana bölgeler thorax (göğüs), brachium (kol), antebrachium (ön kol), carpus (el bileği), manus (el), femur (uyluk), crus (alt bacak) ve caput (baş) olarak belirlenmiştir. Bu teknolojilerin anatomik bölgeler açısından çoğunlukla thorax ve carpus bölgelerinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir.

Bu perspektiften bakıldığında, thorax, solunum ve kalp fonksiyonlarının fizyolojik yönlerine ve vücudun ağırlık merkezine yakınlığı nede-

niyle vücut hareketlerini izlemek için avantajlı bir bölgedir. Öte yandan, carpus, brachium ve antebrachium bölgeleri, el ve kol kullanımının yoğun olduğu sporlarda kol gücü, duruş açısı veya hareketlerin doğru bir şekilde uygulanması hakkında bilgi sağlayabilecek alanlardır. Ayrıca, bu bölgelerde damarların cilde yakın olması nedeniyle kalp atış hızı ve kan oksijen seviyeleri hakkında bilgi edinmek de mümkün olmaktadır (Seçkin vd., 2023).

Giyilebilir teknolojilerin uygulandığı başlıca anatomik bölgeler ve bu bölgelerde kullanılan cihazlar şunlardır:

Baş ve Yüz Bölgesi: Akıllı gözlükler ve sanal gerçeklik başlıkları bu bölgede kullanılır. Bu cihazlar, artırılmış gerçeklik uygulamaları ve bilgi erişimi sağlar.

Kulaklar: Kablosuz kulaklıklar ve işitme cihazları, sesli iletişim ve medya tüketimi için kullanılır.

Boyun: Akıllı kolyeler ve boyun bantları, sağlık izleme ve bildirimler için kullanılabilir.

Kollar ve Bilekler: Akıllı saatler ve fitness bileklikleri, aktivite takibi, kalp atış hızı izleme ve bildirimler gibi işlevler sunar.

Parmaklar: Akıllı yüzükler, biyometrik verileri izleyebilir ve mobil cihazlarla etkileşimde kullanılabilir.

Göğüs ve Sırt: GPS'ler, elektronik tekstiller ve akıllı giysiler, vücut sıcaklığı, kalp ritmi ve diğer fizyolojik parametreleri izlemek için kullanılabilir.

Bel ve Kalça: Taşınabilir sağlık cihazları ve kemer tipi sensörler, duruş izleme ve hareket analizi sağlar.

Bacaklar ve Ayaklar: Akıllı ayakkabılar ve çoraplar, adım sayma, basınç dağılımı analizi ve denge izleme gibi işlevlere sahiptir.

Çeşitli bölgelerde kullanılan bu cihazlar, genellikle Wi-Fi, Bluetooth ve mobil internet bağlantısı yoluyla kablosuz olarak akıllı telefonlarla senkronize olur ve kullanıcıların her zaman yanlarında taşıyabilecekleri şekilde tasarlanmıştır.

7. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER VE SPOR

Spor yapmanın yaşam kalitesi üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Giyilebilir cihazlar bireylere hem sağlıklı yaşam için motivasyon sağlamak hem de bireylerin fiziksel gelişimlerine ve bu gelişimlerin izlenmesine yardımcı olmaktadır. Giyilebilir teknolojilerin kullanım alanlarından birisi olan ve son yıllarda bir hayli popüler hale gelen fiziksel aktivite tanıma ve tespit edilen verileri analiz etme sistemleri, son on yılda önemli bir araştırma haline gelmiş durumdadır. Giyilebilir teknolojiler hem günlük yaşamda hem de sağlıklı yaşam için kullanılmakla birlikte, profesyonel ve yarı profesyonel sporcular tarafından da anlık performans takibi, kat edilen toplam mesafe, yaralanma riskini belirleme gibi pek çok parametrenin analizini yapmak için de sıklıkla kullanılmaktadır. Toplanan veriler sporculara yapacakları teknik, taktik ve fiziksel çalışmalarda, yine performans ve sağlık takibi gibi konularda yol gösterici olmaktadır (Baydemir, 2017). Sporcuların yanı sıra, performans antrenörleri de bu teknolojik cihazları kullanarak sporcularının performans seviyelerini izleyebilmektedir. Bu sayede, kişiye özel antrenman programları, beslenme planları ve dinlenme düzenleri oluşturabilirler. Küresel olarak kabul gören bu yaklaşım sayesinde daha doğru ve sistematik bir yol haritası oluşturulabilir (Kartal, 2023). Profesyonel sporlarda maaşlar ve sözleşme ücretleri devamlı olarak artmakta ve kulüplerde sorumlu kişiler sporcularının performanslarını artırmanın yollarını aramaktadırlar. Tüm bunlara dayanarak sporculardan veri toplama ve elde edilen verilerin sonuçlarına göre antrenman planlarını vs. hazırlama oldukça önemli bir hale gelmiş durumdadır (Baydemir, 2017).



Şekil 3. Giyilebilir teknolojilerin spor alanında kullanımı (Baydemir, 2017)

Giyilebilir teknolojilerin kullanımı, profesyonel takımlarda ve üniversitelerin spor takımlarında her geçen gün daha yaygın hale gelmektedir.

Buna ilaveten sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri de, sporcu gelişimi için yeni bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Antrenörlere pek çok konuda yardımcı olan bu uygulamalar, antrenman ve müsabakalarda da kullanılabilir. HEXOSKIN adlı marka (Hexoskin, 2024), giyilebilir akıllı tişörtler üreterek, vücut sıcaklığı, tansiyon, kalp atışı, kandaki oksijen seviyesi, elektriksel aktiviteler (elektrokardiyogram), dakikada atılan adım sayısı, ivmelenme, nefes alıp verme hızı ve hacmi gibi parametreler hakkında gerçek zamanlı veri toplayabilmekte ve elde edilen bu verileri işlenmesi için kablosuz olarak mobil cihazlara göndererek bu verileri işlemektedir. Antrenmanlar ve fiziksel egzersizler esnasında elde edilen veriler değerlendirilerek bireylerin kişisel gelişimleri takip edilmektedir. Aynı zamanda bir uyku izleme monitörü olan bu tişörtler tüm sportif aktivitelerde kullanılabilir.



Şekil 4. Giyilebilir teknolojilerin vücutun çeşitli bölgelerinde kullanımı (Baydemir, 2017)

Athos ve Heddoko firmaları (Heddoko, 2024; Webmarketingid, 2024) tarafından piyasaya sürülen giyilebilir akıllı antrenman kıyafetlerine yerleştirilen algılayıcılar ile fizyolojik verilerin yanı sıra birçok kas grubunun (omuz, kol, göğüs, sırt, bacak gibi) analizleri de yapılabilmektedir. Kablosuz bir şekilde akıllı telefona aktarılan veriler çevrimiçi eğitim merkezinde de işlenmektedir. Gerçek zamanlı kas aktivasyonu, aktivasyonun kas gruplarına göre dağılımı ve antrenman yük analizlerinden elde edilen bilgiler ile sporcular ve antrenörler çalışma programlarını geliştirme, güncelleme ve sakatlık riskini minimize etme fırsatına sahip olabilmektedirler. Athos firmasının üretmiş olduğu ürünlerin 4 adeti kalp atım hızı algılayıcısı olmak üzere toplam 22 algılayıcısı vardır. Bu giyilebilir teknoloji tamamen dolu enerjiyle 10 saat boyunca aralıksız veri toplayabilmektedir (Baydemir, 2017).

Küresel Konumlandırma Sistemlerinin (GPS) kullanımı, kat edilen toplam mesafe, akselerasyon, deselerasyon, yön değişiklikleri ve çeşitli hız mesafeleri gibi değişkenleri analiz etmektedir ve günümüzde oldukça popüler hale gelmiş durumdadır (Dellaserra, Gao ve Ransdell, 2014). Video analiz yöntemi ve el notasyon yöntemi gibi sporcuları takip etme yöntemleri ile kıyaslandığında, GPS teknolojilerinin daha fazla geçerlik ve güvenilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Austin ve Kelly, 2014). Giyilebilir teknoloji üreticilerinden birisi olan Catapult adlı firma (Catapult, 2024), açık ve kapalı alanlarda kullanılabilen GPS teknolojileri geliştirmiştir. Bu teknoloji ile birçok profesyonel kulüp ve üniversite takımlarının konum belirleme, hareket, teknik ve taktik analizleri yapılabilmektedir. Takım sporlarında sporcuların aynı anda izlenerek takiplerinin yapıldığı bu sistem sayesinde saniyede 1000 veri gerçek zamanlı olarak işlenebilmektedir. Bu akıllı kıyafetler hemen hemen bütün spor branşlarında ve özellikle takım sporlarında kullanılmaktadır (Baydemir, 2017).



Şekil 5. GPS Catapult teknolojisi (Catapult, 2024)



Şekil 6. Akıllı çoraplar (Sensoriafitness, 2024).

Sensoria adlı firmanın (Sensoriafitness, 2024) ürünlerinden birisi olan akıllı çoraplar ile de antrenman sırasında fiziksel birçok veri gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve vücut fonksiyonları anlık olarak takip edilebilmektedir. Akıllı çorapların taban kısmına yerleştirilen algılayıcılar veri toplama görevini eksiksiz olarak yerine getirmekte ve sekiz ay gibi uzunca bir süre enerji ihtiyacına gerek duy-

madan kullanılabilir. Bu giyilebilir teknoloji, mobil uygulamalar kullanılarak kısa ve uzun süreli antrenman programları hazırlanmasına ve sporcuların zaman içindeki gelişimlerinin takip edilmesine olanak sağlamaktadır. Giyilebilir akıllı çorap teknolojisinin özellikle atletizm branşı için oldukça kullanışlı olduğu belirtilmektedir.



Şekil 7. Beyzbol sopası teknolojisi (Baydemir, 2017)

Profesyonel sporlarda sadece yaşamsal veriler (sporcuların) değil aynı zamanda çevresel veriler de önemlidir. Bundan dolayı spor branşlarında raket, top, sopa, eldiven, hatta zemin gibi nesneler de veri toplamak için kullanılmaktadır.

Diamondkinetics (Diamondkinetics, 2024) adlı firma tarafından piyasaya sürülen algılayıcılar bir beyzbol sopasına kolaylıkla takılabilmekte ve böylelikle hız, çabukluk, kuvvet ve kontrol gibi parametreler

ile ilgili veriler gerçek zamanlı olarak toplanıp analiz edilebilmektedir. Bu analiz sonuçlarına bakılarak geliştirilmesi gereken konular üzerine yoğunlaşarak antrenman önerileri getirilebilir ve üç boyutlu modellerle çeşitli karşılaştırmalar yapılabilir. Giyilebilir teknolojilerin yanı sıra basketbol ve futbol topları ile de performans takipleri yapılabilir. Bu sistemler ile elde edilen veriler sporcuların performansları ve gelişimleri hakkında daha fazla bilgi elde edilmesini sağlamaktadır.

94Fifty marka akıllı basketbol topları ile top sürme ve şut gibi bir takım değişkenler çok kısa sürede ölçülebilmektedir. Topa sahip olma süresi, topun sekme sayısı, her bir sekmede geçen süre, topun elde kalma süresi ve topun falsosu gibi pek çok bilgi gerçek zamanlı olarak analiz edilmek için kaydedilmektedir. Şut testlerinde ise, şutun hızı, süresi, açısı ve topun havada dönme sayısı gibi veriler elde edilebilmektedir. Basketbol topunun içerisine yerleştirilen ve toplam ağırlığı 20 gramdan daha az olan bir devre kartı dokuz algılayıcı içermektedir. Kablosuz şarj cihazıyla satılan ekipman basketbol oyuncularına önemli fırsatlar sağlıyor. Basketbol da olduğu gibi, futbol topları ile de teknolojik birçok değişkenin analizi yapılabilmektedir. Futbol topunun içerisine yerleştirilen akıllı algılayıcılar ile topun havadaki hızı, rotası, dönüşü ve topa vuruş noktası gibi bilgiler toplanmakta ve işlenmektedir. Bu ekipman iki saatlik bir şarj süresi ile beş gün boyunca (ya da 2000 vuruşa kadar) kullanılabilir.

tedir. On iki algılayıcısı olan bu futbol topları normal toplardan çok da farklı değildir. Şarj etmek için kablosuz üniteler kullanılmaktadır.



Şekil 8. Akıllı basketbol ve futbol topu (Baydemir, 2017)

Konu spor olunca teknolojinin kullanımına dair verilebilecek örneklerin sayısı çoğaltılabilir. Verilen bu bilgiler sporda teknoloji konusunun ne kadar derinlere gitmekte olduğunu bir göstergesidir. Birçok firma bu konuda ürünlerini geliştirmek ve yeni ürünler ortaya çıkarmak için araştırma ve geliştirme birimleriyle aralıksız çalışmaktadır.

Spor ile profesyonel ve amatör düzeyde ilgilenenler için teknoloji kullanımı oldukça önemli. Amatör düzeydeki bireyler için kişisel gelişim tabiki motivasyonu artırmakta, fiziksel durumun takibi ise, daha sağlıklı bir vücut gelişimini desteklemektedir. Profesyonel seviyedeki sporcular için daha üst düzey veriler yardımıyla optimal antrenman programları yapılarak teknik, taktik ve fiziksel performans geliştirilmektedir. Yaygın olarak tercih edilen giyilebilir teknolojilerin genel bilgi ve kontrol anlamında sağladığı faydalar tartışılmaz. Fakat, konu profesyonel sporlara gelince sürekli daha mükemmelin arandığı, çok kısa zaman dilimlerinde gerçekleşen vücut reflekslerinin önem kazandığı düşünülür ise, daha hassas algılayıcılar ile donatılmış giyilebilir teknolojiler ön plana çıkmaktadır.

Sağlıklı kalmak amacıyla spor yapanlar veya amatör sporcular için gerekli desteği sağladığı düşünülen giyilebilir teknolojilerin ve akıllı cihazların, profesyonel sporcular açısından teknik direktörlerin veya antrenörlerin teknik bilgisinin ve tecrübesinin yerini tutup tutamayacağı tartışmaya açık bir konudur. Fakat, teknik adamların ve antrenörlerin bu teknolojilerden elde edilen verilerden en verimli şekilde yararlandıkları düşünülmektedir. Teknolojinin ve tecrübenin birleştirilmesi başarıya ulaşmak için ayrılmaz bir bütün olarak görülmektedir (Baydemir, 2017).

Teknolojik cihazların kullanımı ile birlikte bireylerin (sporcuların) performansları daha objektif bir şekilde takip edilebilir duruma gelmiş ve bu durum koşılara hızlı ve uygulanabilir olanaklar sağlamıştır (Buchheit vd., 2014). Teknolojik yeniliklerin spora girmesi ile birlikte, antrenörler sezon boyunca sporcularının performanslarını takip ederek, antrenman planlarını sporcuların ihtiyaçlarına uygun olarak hazırlayabilmekte ve sporcuların sağlık durumlarını takip edebilmektedirler (Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin ve De Witt, 2013).

8. SPORDA GIYİLEBİLİR TEKNOLOJİ ÜRÜNLERİ

Sporda giyilebilir teknoloji, performans takibi, sağlığı iyileştirme ve yaralanma risklerini azaltmak için kullanılan, giyilebilen elektronik cihazlardan oluşur. Bu ekipmanlar, antrenmanları daha efektif hale getirmek, sporcuların fiziksel performanslarını takip etmek ve hatta antrenörlerle sağlık personeline analiz veri desteği sağlamak için sıklıkla tercih edilir. Sporda sık kullanılan bazı giyilebilir teknoloji türleri:

8.1. Akıllı Saatler ve Bileklikler

Özellikler: Adım sayısı, kalp atım hızı, kalori takibi, uyku düzeni gibi temel sağlık ve aktivite verilerini sunar. Gelişmiş modellerde GPS (Küresel Konumlama Sistemi) takibi ve oksijen saturasyonu gibi özellikler de mevcuttur.

Kullanım Alanı: Yüzme, bisiklet, koşu gibi dayanıklılık gerektiren sporlarda sıklıkla kullanılır.

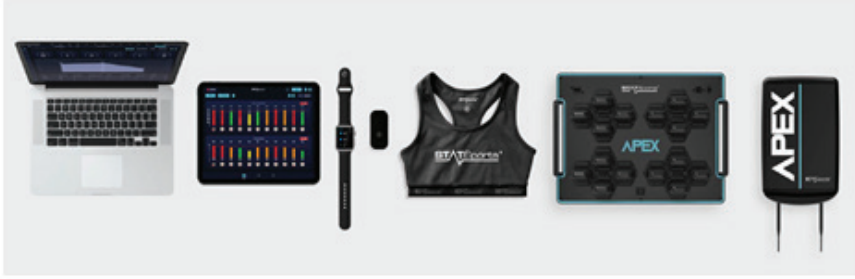


Şekil 9. Sporda akıllı saat (Shiftdelete, 2024) ve akıllı bileklik kullanımı (Onedio, 2024)

8.2. GPS (Küresel Konumlama Sistemi) Takip Cihazları

Özellikler: Konum, hız ve mesafe gibi verileri kaydeder. Antrenman analizinde toplam kat edilen mesafe, yorgunluk indeksi, tüketilen kalori miktarı, hız ve performans analizleri gibi fiziksel performans analizleri yapılabilir.

Kullanım Alanı: Özellikle koşu, bisiklet ve trekking gibi sporlar için uygundur. Takım ve bireysel sporlarda kullanılabilir.

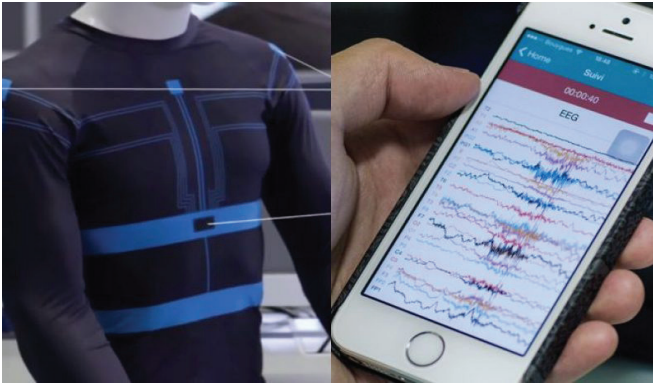


Şekil 10. Statsports GPS ekipmanlarını (Statsports, 2021)

8.3. Akıllı Kıyafetler

Özellikler: Vücuda entegre edilen sensörler yardımıyla kalp atışı, kas aktivitesi, vücut ısısı ve nefes alma oranı gibi veriler takip edilir.

Kullanım Alanı: Özellikle profesyonel sporcularda, yaralanma riskini minimize etmek ve performansı artırmak amacıyla kullanılır.



Şekil 11. Akıllı giysiler (herkesebilimteknoloji, 2024)

8.4. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri

Özellikler: Sanal ve artırılmış gerçeklik gözlükleri, antrenman esnasında farklı senaryoları simüle edebilir.

Kullanım Alanı: Özellikle dövüş sporları ve takım sporlarında oyun senaryolarını çalıştırmak için kullanılır.



Şekil 12. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri (akillifabrikalar, 2024)

8.5. Akıllı Ayakkabılar

Özellikler: Ayakkabının içine entegre edilen sensörler yardımıyla adım uzunluğu, adım sıklığı, tempo ve basma şekli gibi veriler ölçülür.

Kullanım Alanı: Koşu ve yürüyüş sporlarında, kullanıcıya doğru teknik tavsiyeleri sunmak amacıyla kullanılır.



Şekil 13. Akıllı ayakkabılar (webtekno, 2025)

8.6. Gözlük Kameralar ve Akıllı Gözlükler

Özellikler: Kullanıcı görüş alanında bulunan nesneleri kaydedip analiz edebilir. Bazı modellerde anında hız ve performans verisi görüntüleme imkanı bulunur.

Kullanım Alanı: Bisiklet, kayak ve su sporlarında sıkça tercih edilir.

Bu cihazlar, antrenman performansını artırmak, yaralanmaları önlemek ve sporcunun kendini daha yakından tanımasını sağlamak açısından oldukça önemlidir.



Şekil 14. Gözlük kameralar (amazon, 2024) ve akıllı gözlükler (ntv, 2024)

9. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN AVANTAJLARI

Sporda giyilebilir teknolojilerin sağladığı avantajlar, sporcu performansını artırmak, yaralanma riskini azaltmak ve genel sağlık durumunu optimize etmek için birçok farklı fayda sunar. Bu teknolojilerin başlıca avantajları:

9.1. PERFORMANS TAKİBİ VE GELİŞTİRME

9.1.1. Detaylı Veri Analizi:

Giyilebilir cihazlar, kalp atım hızı, mesafe, hız, kalori yakımı gibi verileri sürekli olarak kaydederek sporcunun performansını anlık ve geçmişe dönük izlenmesine imkân tanır.

9.1.2. Hedefe Yönelik Gelişim:

Bu veriler ışığında sporcu, kendine özel antrenman hedefleri koyabilir ve gelişimini daha bilinçli bir şekilde takip edebilir.

9.2. YARALANMA RİSKİNİ AZALTMA

9.2.1. Kas ve Eklem Analizi:

Akıllı kıyafetler veya ayakkabılar, hareket sırasında kas ve eklem dinamiklerini analiz ederek yanlış hareketleri tespit edebilir.

9.2.2. Aşırı Zorlanmayı Önleme:

Cihazlar, sporcunun sınırlarını zorladığında uyarılar vererek kas yorgunluğu ve yaralanma riskini azaltır.

9.3. SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN İZLENMESİ

9.3.1. Kalp ve Solunum Hızı İzlemesi:

Antrenman sırasında nabız ve oksijen seviyesi gibi sağlık göstergeleri takip edilerek sporcu, aşırı efor sarf ettiğinde veya riskli bir durumdayken uyarılabilir.

9.3.2. Uyku ve Dinlenme Takibi:

Sporcu sağlığı için kritik olan uyku düzeni ve kalitesi, giyilebilir cihazlarla takip edilerek gerektiğinde dinlenme önerileri yapılır.

9.4. ANTRENMANLARIN DAHA VERİMLİ OLMASINI SAĞLAMA

9.4.1. Kişiyi Özel Antrenman Planları:

Sporcular, cihazlardan aldıkları verilere göre daha verimli antrenman planları oluşturabilir.

9.4.2. Anında Geri Bildirim:

Cihazlar, antrenman sırasında hız, mesafe veya kalp ritmi gibi verilere göre anlık geri bildirim sağlayarak sporcunun performansını en iyi seviyede tutmasını sağlar.

9.5. MOTİVASYON ARTIŞI

9.5.1. Hedefler ve Başarılar:

Giyilebilir cihazlar sayesinde sporcular, belirledikleri hedeflere ulaştıklarında anında bildirim alır ve bu da sporcuların motivasyonu artırır.

9.5.2. Sosyal Paylaşım ve Yarışma:

Birçok cihaz, diğer kullanıcılarla bağlantı kurarak rekabet etme ve başarıları paylaşma imkanı tanır, bu da ekstra bir motivasyon sağlar.

9.6. UZAKTAN ANTRENMAN DESTEĞİ

9.6.1. Antrenör ve Sağlık Ekibi ile İletişim:

Sporcular, antrenman verilerini antrenörleri ile uzaktan paylaşabilir, dolayısıyla antrenörler sporcularını her an takip edebilir.

9.6.2. Uzaktan İzleme ile Güvenlik:

Cihazlar, özellikle bireysel spor yapanlar için güvenlik açısından da önem taşır, çünkü sporcu herhangi bir acil durumda yardım çağırabilir.

Giyilebilir teknoloji sporculara performans takibi ve sağlık yönetimi açısından çok yönlü destek sunarak, antrenmanları daha verimli, güvenli ve motive edici bir hale getirir.

10. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN DEZAVANTAJLARI

Sporda giyilebilir teknolojiler birçok fayda sağlasa da bazı dezavantajları ve kısıtlamaları da vardır. Sporda giyilebilir teknolojilerin öne çıkan bazı dezavantajları:

10.1. YÜKSEK MALİYET

10.1.1. Pahalı Olması:

Özellikle gelişmiş giyilebilir cihazlar oldukça yüksek ücretli olabilir. Bundan dolayı, bütçesi kısıtlı olan amatör sporcular ya da spor yapmaya yeni başlamış bireyler için ulaşılması zor olabilir.

10.1.2. Yenileme ve Bakım Masrafları:

Teknoloji geliştikçe yeni ve daha iyi cihazlar piyasaya çıkarılır. Bu da mevcut cihazların sık sık güncellenmesini veya bakımını gerektirebilir.

10.2. TEKNOLOJİYE AŞIRI BAĞIMLILIK

10.2.1. Fiziksel Aktiviteye Odaklanma Sorunu:

Sporcular, giyilebilir cihazların sunduğu verilerle aşırı ilgilenerek asıl spora odaklanmakta zorlanabilir. Bu durum, performansın olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilir.

10.2.2. Mental Zorluklar:

Verilerle aşırı ilgilenme, sporcuların kendilerini sürekli olarak değerlendirmelerine ve bu durumun performans kaygısına neden olmasına sebep olabilir.

10.3. VERİ GÜVENLİĞİ VE GİZLİLİK ENDİŞELERİ

10.3.1. Kişisel Verilerin Güvenliği:

Giyilebilir cihazlar, kullanıcıların sağlık ve aktivite verilerini toplar. Bu verilerin güvenliği, veri gizliliği konusunda risk yaratabilir.

10.3.2. Veri Paylaşımı ile İlgili Sorunlar:

Bazı cihazlar, verilerin otomatik olarak üçüncü taraflarla paylaşılmasını zorunlu kılabilir. Bu da sporcuların verilerini kontrol etme konusunda problemler yaratabilir.

10.4. DOĞRULUK SORUNLARI

10.4.1. Sensör Hataları:

Giyilebilir cihazlar, doğru veri sağlamak için çeşitli sensörlere dayanır. Fakat bu sensörler, çevresel koşullar veya teknik sorunlardan dolayı yanıltıcı veriler sunabilir.

10.4.2. Kalibrasyon Sorunları:

Cihazların doğru ölçüm yapabilmesi için düzenli olarak kalibre edilmesi gerekebilir. Düzgün kalibre edilmezse, yanlış bilgiler sunarak sporcu performansına olumsuz etki edebilir.

10.5. KONFOR VE HAREKET KISITLAMALARI

10.5.1. Kullanım Rahatsızlıkları:

Özellikle vücuda takılan bazı cihazlar (örneğin akıllı kıyafetler ya da sıkı bantlar) sporcularda rahatsızlık oluşturabilir.

10.5.2. Hareketi Sınırlama:

Cihazların bazıları sporcunun hareketini sınırlayabilir veya hareketi zorlaştırabilir, bu da antrenman kalitesinin düşmesine neden olabilir.

10.6. PSİKOLOJİK BASKI VE STRES

10.6.1. Performans Kaygısı:

Giyilebilir cihazlarla her an izlenmek, bazı sporcularda performans baskısına sebep olabilir. Bu da uzun vadede sporcunun psikolojisini olumsuz etkileyebilir.

10.6.2. Sosyal Karşılaştırma:

Diğer sporcuların verileriyle karşılaştırma yapmak, bireylerin kendilerini yetersiz hissetmelerine veya aşırı rekabetçi olmalarına yol açabilir.

Giyilebilir teknolojiler spor ve sağlık alanında büyük yenilikler sağlasa da, bu cihazların bilinçli bir şekilde ve dengeli kullanılması gereklidir. Hem fiziksel hem de zihinsel sağlığın korunması için verilerin sağladığı bilgilerin faydalı bir şekilde değerlendirilmesi önemlidir.

11. SPORDA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN GELECEĞİ

Giyilebilir teknolojiler, özellikle spor ve sağlık alanında büyük bir dönüşüm yaratmaktadır. Sensörler, yapay zeka (AI) ve büyük veri (big data) analitiği ile birleşerek, sporcuların performansını optimize etmek, sakatlıkları önlemek ve antrenman verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Gelecekte bu teknolojilerin gelişimi, daha hassas ölçümler, gerçek zamanlı analizler ve biyomekanik optimizasyonlarla spor dünyasında devrim yaratacağı düşünülmektedir.

Giyilebilir teknolojilerin geleceğinde aşağıdaki gelişmelerin yaşanması beklenmektedir:

11.1. YAPAY ZEKA VE BÜYÜK VERİ ENTEGRASYONU

Gelecekte yapay zeka destekli sistemler, sporcuların verilerini analiz ederek daha doğru öneriler sunacaktır. Büyük veri analiziyle kişiselleştirilmiş antrenman programları geliştirilerek, performans tahminlerinde bulunulacaktır.

11.2. BİYOMEKANİK VE NÖROTEKNOLOJİK YENİLİKLER

11.2.1. Akıllı kıyafetler:

Sporcuların kas aktivitesini, vücut duruşunu ve hareketlerini analiz eden giyilebilir giysiler daha yaygın hale geleceği düşünülmektedir.

11.2.2. Beyin-dalga takip sistemleri:

Odaklanma ve mental dayanıklılığı artırmak için EEG (elektroensefalografi) tabanlı cihazlar geliştirilecektir.

11.3. NANO TEKNOLOJİ VE MALZEME BİLİMİ İLERLEMELERİ

11.3.1. Akıllı tekstiller:

Vücut ısını düzenleyen, nem kontrolü sağlayan ve hatta kas uyarımı yapan tekstiller geliştirilecektir.

11.3.2. Enerji üreten kumaşlar:

Hareketle enerji üreten kıyafetler yardımı ile sporcuların cihazlarını şarj edebilmeleri sağlanacaktır.

11.4. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) VE SANAL GERÇEKLİK (VR) ENTEGRASYONU

Sporcuların sanal antrenmanlarla rakiplerini analiz etmesine olanak tanıyan AR/VR çözümleri yaygınlaşacak.

VR destekli rehabilitasyon programları sayesinde sporcuların iyileşme süreçleri hızlanacak.

11.5. GELECEKTEKİ OLASI ZORLUKLAR VE ETİK SORUNLAR

Giyilebilir teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte bazı etik ve teknik zorluklar da gündeme gelecektir:

11.5.1. Veri Gizliliği:

Sporcuların biyometrik verilerinin güvenliği sağlanmalı ve izinsiz paylaşım engellenmelidir.

11.5.2. Bağımlılık Riski:

Teknolojiye aşırı bağımlılık, sporcuların sezgisel karar alma yetisini zayıflatabilir.

11.5.3. Erişim Eşitsizliği:

Profesyonel sporcular bu teknolojilere erişebilirken amatörler için erişim maliyetli olabilir.

11.6. SONUÇ

Giyilebilir teknolojiler, spor dünyasında büyük bir değişim yaratmaya devam etmektedir. Yapay zeka, biyomekanik analizler, nano teknoloji ve artırılmış gerçeklik gibi yeniliklerle sporcuların performanslarını en üst düzeye çıkarmaları sağlanacaktır. Ancak, bu teknolojilerin etik ve güvenlik yönleri de dikkate alınmalı, herkes için erişilebilir olması sağlanmalıdır.

12. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) (KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ)

Global Positioning System (GPS) veya Küresel Konumlama Sistemi, düzenli olarak kodlanmış bilgiler gönderen ve uydular ile alıcı arasındaki mesafeyi ölçerek alıcının dünya üzerindeki kesin konumunu belirlemeye olanak tanıyan bir uydu ağıdır. ABD Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilen GPS teknolojisi, dünyada her kesim tarafından ulaşılabilen ücretsiz bir sistemdir. GPS teknolojisinin maliyeti azaldığı için, araçlara, bilgisayarlara, makinelere ve cep telefonlarına kolaylıkla monte edilebilmekte ve böylelikle evrensel olarak herkese hitap edebilmektedir (Bajaj, Ranaweera ve Agrawal, 2002).

13. GPS'İN TARİHÇESİ

GPS (Global Positioning System) diğer adı ile Küresel Konum Belirleme Sistemi, uydulardan düzenli olarak alınan konum, zamanlama ve yönlendirme bilgileriyle dünyadaki herhangi bir yeri (alanı) tespit etmek amacı ile kullanılmaktadır. Elde edilen bilgiler doğrudan uydudan alındığı için GPS sistemi dünya üzerindeki bütün alanlarda çalışabilmektedir (Aydın, 2012). GPS teknolojisi, 1973 yılında Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından askeri amaç için geliştirilmiş ve Dünya yörüngesinde dönen 24 uydu kullanılarak çalıştırılmıştır (Townshend, Worringham ve Stewart, 2008). A.B.D. ordusu tarafından yön tespiti yapabilmek ve savaş esnasında konum tespiti yaparak doğru yöne saldırı girişimlerinde bulunabilmek için 1973 yılından beri kullanılan bu teknoloji, ilerleyen yıllarda sıklıkla kullanılmış ve sonrasında sivil hayata girmiştir (Hewitt, 2016). 1980'li yılların başından itibaren ücretsiz olarak sivil kullanıma açılmış olan GPS teknolojileri daha sonraları telekomünikasyon, haritacılık, savunma, sanayi, çevre, uzaktan takip ve yönlendirme, inşaat, jeoloji, çevre mühendisliği, havacılık ve altyapı çalışmalarında da kullanılmıştır (Aydın, 2012). Spor alanında GPS teknolojilerinin kullanımı ilk olarak Avustralyalı spor bilimciler tarafından tenis branşında yapılmıştır. Takım sporlarında ise GPS kullanımı ilk kez 2003 yılında Gpsport şirketi tarafından uygulanmıştır (Edgecomb ve Norton, 2006). GPS'den toplanan ve antrenmanlara yön veren yüzlerce veri sayesinde, bu teknoloji günümüzde antrenörler, takımlar ve spor bilimciler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Hewitt, 2016).

14. GPS'İN GELİŞİM AŞAMALARI

GPS'in tarihçesi, 20. yüzyılın ortalarında savunma teknolojilerinin gelişimiyle birlikte başladı ve zamanla sivil hayatta da büyük önem kazandı. GPS teknolojinin gelişim sürecinin ana hatları:

14.1. GPS'in Kökenleri ve Erken Dönem Gelişimler:

GPS'in temelini oluşturan fikirler, Soğuk Savaş döneminde ABD ve Sovyetler Birliği arasındaki teknolojik rekabetle şekillendi. İlk olarak 1957'de Sovyetler Birliği'nin "Sputnik" uydusunu yörüngeye fırlatması, ABD bilim insanlarına uydu sinyalleri üzerinden konum bilgisi elde edilebileceğini gösterdi. Bu olay, uydu bazlı navigasyon sistemlerine yönelik çalışmaları hızlandırdı.

14.2. Transit Sistemi (1960'lar):

1960'larda ABD Donanması tarafından geliştirilen "Transit" sistemi, GPS'in öncüsü olarak kabul edilir. Bu sistem, yörüngede hareket eden uyduların radyo sinyalleri yardımıyla denizaltılara konum bilgisi sağlıyordu. Ancak, Transit sistemi kesin bir konum doğruluğu sağlayamadığı ve sürekli bağlantı sunamadığı için sınırlı bir kapasiteye sahipti.

14.3. Timation ve İlk GPS Denemeleri (1970'ler):

1970'lerde ABD Savunma Bakanlığı, daha gelişmiş ve sürekli hizmet verebilecek bir uydu konumlandırma sistemi geliştirmek için çalışmalara başladı. "Timation" adlı bir sistem, uyduların zamanı hassas bir şekilde ölçmesine olanak tanıyordu ve bu, konum doğruluğunu artırmak için önemli bir adımdı. Timation ile elde edilen başarı, GPS'in temellerini atan NAVSTAR GPS (Navigational Satellite Timing and Ranging Global Positioning System) projesinin başlatılmasına ilham verdi.

14.4. NAVSTAR GPS ve Askeri Kullanım (1973):

1973'te ABD Savunma Bakanlığı, bugünkü GPS sisteminin temeli olan NAVSTAR GPS projesini başlattı. Projede, dünya çapında konum bilgisi sağlamak için yörüngede 24 uydu bulundurulması öngörülüyordu. 1978'de ilk GPS uydusu fırlatıldı ve sistemin test edilmesi başladı. Bu sistem ilk olarak askeri kullanım için geliştirilmişti ve yalnızca ABD ordusunun erişimine açıktı.

14.5. Sivil Kullanıma Açılma (1983):

1983 yılında, Korean Air 007 adlı bir yolcu uçağının rotadan saparak Sovyetler tarafından düşürülmesi, GPS'in sivil uçuş güvenliği için önemini gözler önüne serdi. Bu olaydan sonra ABD Başkanı Ronald Reagan, GPS'in sivil kullanım için de açılmasını onayladı. Ancak, GPS'in tam işlevsel hale gelmesi ve sivil kullanıcıların tam erişim kazanması yıllar aldı.

14.6. Tam Kapasiteli GPS'in Hizmete Girmesi (1993):

1993 yılına gelindiğinde, NAVSTAR GPS'in öngördüğü 24 uydu tamamlandı ve dünya çapında tam kapsamlı bir GPS ağı oluştu. Sistem, kullanıcılara konum, hız ve zamanlama bilgisi sağlama kapasitesine sahip hale geldi. 1995 yılında, sistem tam anlamıyla işlevsel olarak hizmet vermeye başladı.

14.7. Seçici Kullanılabilirliğin Devreden Çıkması (2000):

2000 yılında ABD hükümeti, GPS sinyallerindeki "Seçici Kullanılabilirlik" (Selective Availability) özelliğini kaldırdı. Bu değişiklik, sivil kullanıcıların GPS sinyallerini daha yüksek doğrulukla kullanabilmesini sağladı. Bu olay, GPS'in sivil kullanım alanlarında hızlıca yayılmasına büyük katkı sağladı.

14.8. Günümüzde GPS ve Alternatif Sistemler:

Günümüzde GPS, sadece askeri ve sivil konum belirleme amaçları için değil; bilimsel araştırmalar, çevresel izleme, afet yönetimi, havacılık ve denizcilik gibi çeşitli alanlarda da yoğun olarak kullanılmaktadır. GPS'e alternatif olarak farklı ülkeler de kendi uydu konumlandırma sistemlerini geliştirdi: Rusya'nın GLONASS, Avrupa'nın Galileo ve Çin'in BeiDou sistemleri, GPS'e benzer hizmetler sunmaktadır (Kaplan ve Hegarty, 2005; Parkinson ve Spilker, 1996).

15. GPS'İN SPOR ALANLARINDA KULLANIMI VE ÖNEMİ

10-15 yıl önce, üst düzey takımlar, maçları ve antrenmanları analiz etmek için bilgisayar destekli video analiz programlarını kullanmaktaydı. Ancak yazılım ve donanımın gelişmesi ile birlikte günümüzde artık amatör takımlar da bu teknolojileri kullanabilir duruma gelmiştir. Spor alanındaki ilerlemelere bağlı olarak bu temel maç analizlerinin dışında, daha gelişmiş programların uygulanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Sporcuların maçlarda ve antrenmanlardaki fiziksel ve taktik analizlerini belirleyebilmek için oyuncu takip cihazları kullanılmaya başlanmıştır (Leser, Baca ve Ogris, 2011). Bu takip sistemlerinden en sık kullanılanı kablosuz olarak giyilebilir bir ekipman olan ve hareket sensörleri (akselometre, jiroskop, vb.) ile birlikte kullanılan Küresel Konum Belirleme yani GPS teknolojileridir (Andreassen, 2018; Wang ve Zhou, 2015). Sporcu takibinde kullanılan üç büyük GPS üreticisi vardır. Bunlar, GPSports, CatapultSports® ve StatSports®'tur. Catapultsports ve GPSports firmaları sonraki yıllarda beraber hareket ederek güçlerini birleştirmişlerdir (Hewitt, Greenham ve Norton, 2016). Sporcular üzerinde GPS teknolojileri ilk olarak Avustralyalı bilim insanları tarafından uygulanmıştır. Takım sporlarında oyuncuların hareketlerini gözlemlemek amacıyla piyasaya sürülen ilk GPS teknolojileri, 2003 senesinde GPSports® şirketi tarafından geliştirilmiştir. O günden bu yana başta futbol olmak üzere, ragbi, hokey ve Avustralya futbolu gibi spor branşlarında sıklıkla kul-

lanılmaktadır (Edgecomb ve Norton, 2006). GPS teknolojileri, diğer oyuncu takip cihazlarına göre kolay taşınabilir olmasından, kolaylıkla giyinebilir olmasından, hem antrenman hem de deplasman müsabakalarında kullanılabilir olmasından, kullanışlı yazılımlara sahip olmasından ve kamera kurulumu gibi ayrıntılı montajlara ihtiyaç duymamasından dolayı oldukça ön plandadırlar (Hewitt, 2016) Bu teknolojiler tercih edilen markaların dışında saniyedeki veri akışına göre sınıflandırılmaktadır. Frekans belirleyici olarak Hertz (Hz) kullanılmaktadır. Bu, aynı zamanda kaç uydunun bağlanabileceğinin de bir göstergesidir. Hz sayısı ne kadar yüksekse o kadar fazla uydu bağlanabilir. Çoğunlukla yüksek güvenilirliklerinden dolayı 1Hz, 5Hz, 10Hz, 15Hz modelleri kullanılmaktadır (Scott, Scott ve Kelly, 2016). Sporcu ve takım performansını belirlemek ve geliştirmek amacıyla kullanılan GPS teknolojisi ile birlikte, sporcuların fiziksel, teknik ve taktik analizleri değerlendirilebilmektedir (Söğüt ve Baytaş, 2022). Bu teknoloji ile kat edilen toplam mesafe, sprint (Gabbett, 2013), bölgesel ısı haritası, yüksek şiddetli koşu, koşu asimetriteri, hızlanma ve yavaşlama, tüketilen kalori miktarı, farklı hız aralıklarında kat edilen mesafeler (Scott vd., 2016), yorgunluk indeksi, pozisyonlara, rekabet seviyesine ve spora göre (Aughey, 2011) pek çok hareket ve taktik analizler yapılabilmektedir. Bu ekipmanlar antrenmanların şiddet ve hacminin kontrol altında tutulması, performansın takibi, antrenman planlarının dizayn edilmesi ve sporcuların yaralanma risklerinin analiz edilmesi için atletik performans antrenörleri ve spor bilimciler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Ateş, Işık ve Topçuoğlu, 2021). Takip sistemleri desteğiyle yukarıdaki bilgilere ek olarak, sporcuların, koşu mesafeleri, koşu hızları takip edilmekte ve bu koşuların yer, yön, ivmelenme ve hız gibi değişkenlerinin analizi yapılmaktadır. Sporcu takip sistemlerinin kullanılması maç analiz uygulamalarında ve sporcu performanslarının değerlendirilmesinde önemli yararlar sağlamaktadır. Sporcu takip sistemleri yardımıyla sporcuların günlük takibi yapılmakta, fiziksel performans değişkenleri tespit edilmekte ve yorgunluğa bağlı oluşabilecek yaralanmaların teşhisi ortaya konmaktadır. Bu sistemler takım ve bireysel sporlarda kişilerin fiziksel durumları hakkında antrenör ekibine bilgi vererek, antrenörlerin taktiksel kararlar almalarına yardımcı olmaktadır (Andreassen, 2018; Wang ve Zhou, 2015). GPS'ler saha tabanlı sporlarda giderek daha popüler hale gelmektedir ve kulüpler ve takımlar bu teknolojiyi antrenman ve atletik performansı optimize etmek için kullanmaktadır. Bu teknolojinin ana kullanım amaçlarından biri, oyuncu yükünü izlemektir (Schwartz, 2022). Teknoloji alanındaki gelişmeler ile birlikte GPS cihazlarının boyutu önemli ölçüde küçültülmüş ve daha ergonomik hale getirilmiştir (Hewitt vd., 2016).

16. SPORDA ALANINDA GPS KULLANIMININ AVANTAJLARI

Spor alanında GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) teknolojisinin kullanımı, antrenman ve müsabakalarda önemli avantajlar sunmaktadır:

16.1. Performans Analizi ve Gelişimi:

GPS teknolojisi, sporcuların antrenman ve müsabaka sırasında kat ettikleri mesafeleri, hızlarını ve hareket modellerini izleyerek performanslarını objektif veriler ile değerlendirmelerine olanak tanır (Söğüt ve Baytaş, 2022).

16.2. Gerçek Zamanlı Veri Sağlama:

GPS cihazları, antrenörlere ve sporculara anlık veriler sunarak, antrenman sırasında gerekli ayarlamaların yapılmasına ve performansın optimize edilmesine imkan tanır (Bilimveaydinlanma, 2024).

16.3. Antrenman Yükünün İzlenmesi:

Sporcuların antrenman ve maç yüklerini takip ederek, aşırı veya yetersiz antrenman durumlarını belirlemeye yardımcı olur. Bu sayede, sakatlık riskini azaltmak ve optimum performans elde etmek için antrenman programları daha etkili bir şekilde düzenlenebilir (Akyıldız ve Erdoğan, 2022).

16.4. Taktiksel Analiz ve Strateji Geliştirme:

GPS verileri, takım sporlarında oyuncuların saha içindeki pozisyonlarını ve hareketlerini analiz ederek, taktiksel düzenlemeler yapma ve stratejiler geliştirme konusunda antrenörlere değerli bilgiler sunar (Söğüt ve Baytaş, 2022).

16.5. Sakatlıkların Önlenmesi:

Antrenman ve maç yüklerinin izlenmesiyle, sporcuların aşırı yüklenme nedeniyle oluşabilecek sakatlık riskleri minimize edilebilir. Bu, sporcuların daha uzun süre sağlıklı kalmalarına ve performanslarını sürdürebilmelerine katkı sağlar (Akyıldız ve Erdoğan, 2022).

Bu avantajlar, GPS teknolojisinin sporda yaygın olarak kullanılması-
nın temel nedenlerini oluşturmaktadır.

17. GPS KULLANIMININ DEZAVANTAJLARI

Sporda GPS kullanımının bazı dezavantajları şunlardır:

17.1. Veri Doğruluğu ve Güvenilirlik Sorunları:

GPS cihazlarının örnekleme hızları ve sinyal kalitesi, elde edilen verilerin doğruluğunu etkileyebilir. Özellikle düşük örnekleme hızına sahip cihazlar, sporcuların hız ve mesafe ölçümlerinde hatalara yol açabilir (Söğüt ve Baytaş, 2022).

17.2. Çevresel Faktörlerin Etkisi:

Kapalı alanlar, yüksek binalar veya yoğun ağaçlık bölgeler gibi çevresel faktörler, GPS sinyallerinin alınmasını zorlaştırarak veri kalitesini düşürebilir. Bu durum, özellikle şehir içi koşu veya ormanlık alanlardaki antrenmanlarda sorun yaratabilir (Globalperformanceinsights, 2024).

17.3. Cihaz Maliyetleri:

Yüksek kaliteli ve güvenilir GPS cihazları, özellikle amatör sporcular veya küçük kulüpler için maliyetli olabilir. Bu durum, teknolojinin yaygın kullanımını sınırlayabilir (Mısırlıgil ve Bayansaldüz, 2023).

17.4. Veri Analizi ve Yorumlama Zorlukları:

GPS cihazlarından elde edilen verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesi ve yorumlanması, uzmanlık gerektirir. Antrenörler veya sporcular, bu verileri etkili bir şekilde kullanmak için ek eğitim veya destek almalıdır (Yıldız ve Doğu, 2022).

17.5. Teknolojiye Aşırı Bağımlılık:

GPS verilerine aşırı güvenmek, antrenörlerin ve sporcuların sezgisel karar verme yeteneklerini azaltabilir. Teknolojinin sunduğu veriler önemli olsa da, insan faktörünün ve deneyimin göz ardı edilmemesi gerekir (Yıldız ve Doğu, 2022).

Bu dezavantajlar, GPS teknolojisinin sporda kullanımında dikkat edilmesi gereken noktaları ortaya koymaktadır.

18. GPS'LERİN TAKIM VE BİREYSEL SPORLARDA KULLANIMI

GPS teknolojisi, hem takım hem de bireysel sporlarda performans takibi, antrenman planlaması ve sakatlıkların önlenmesi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. GPS, Avustralya futbolu, kriket, hokey, rugby birliği ve ligi ile futbol gibi sporlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Aughey, 2011).

GPS'lerin takım ve bireysel sporlarda kullanımı, her iki tür spor için performansın optimize edilmesi, antrenmanların planlanması ve sakatlıkların önlenmesi açısından büyük avantajlar sunar. Kullanım detayları şu şekildedir:

18.1. TAKIM SPORLARINDA GPS KULLANIMI

18.1.1. Pozisyonel Veri İzleme:

Futbol, basketbol veya rugby gibi spor dallarında oyuncuların sahadaki hareketlerini ve pozisyonlarını izler. Bu, taktiksel düzenlemeler ve strateji geliştirme açısından önemlidir.

18.1.2. Toplu ve Bireysel Yük Analizi:

Antrenörler, tüm takımın ya da bireysel oyuncuların antrenman veya maç yüklerini ölçerek, hangi oyuncunun daha fazla yorulduğunu veya sakatlık riski altında olduğunu belirleyebilir.

18.1.3. Taktik Analiz:

Oyuncuların koşu mesafesi, hızları ve patlayıcı sprint performansları gibi verilerle, takımın genel stratejisi optimize edilir.

18.1.4. Sakatlık Önleme:

GPS cihazları, oyuncuların yorgunluk seviyesini ve aşırı yüklenme durumlarını izler. Bu da sakatlıkların önlenmesine yardımcı olur.

Örnek Uygulama: Futbol takımlarında GPS ile oyuncuların sprint sayıları ve yoğun koşu mesafeleri analiz edilerek oyuncuların oyundan çıkarılma zamanları belirlenebilir (Düşmez ve Korkmaz, 2020).

18.2. BİREYSEL SPORLARDA GPS KULLANIMI

18.2.1. Performans Takibi:

Koşu, bisiklet, yüzme gibi bireysel spor dallarında sporcuların hız, mesafe, zaman ve yükseklik gibi metriklerini analiz eder.

18.2.2. Antrenman Planlaması:

Sporcuların fiziksel kapasitelerine göre antrenman yoğunluğu düzenlenir. Örneğin, bir koşucunun dayanıklılık antrenmanında ne kadar mesafe kat ettiği takip edilir.

18.2.3. Gelişim İzleme:

GPS verileri sayesinde sporcuların uzun vadeli gelişimleri gözlemlenebilir ve hangi alanlarda iyileştirme yapılması gerektiği belirlenir.

18.2.4. Rota ve Strateji Planlama:

Dağcılık ya da bisiklet gibi açık hava sporlarında, GPS ile uygun rotalar belirlenir ve sporcuların hedeflerine ulaşmaları kolaylaştırılır.

Örnek Uygulama: Maraton koşucuları, GPS cihazlarıyla tempolarını düzenleyerek her kilometrede aynı hızda kalmalarını sağlayabilir.

Her iki spor dalında da GPS teknolojisinin etkin kullanımı, performansı artırmak ve sakatlıkları önlemek açısından kritik bir rol oynar (Akyıldız ve Erdoğan, 2022; Carling, Reilly ve Williams, 2009; Macyorumlari, 2024)

Tablo 1. GPS teknolojisinin takım ve bireysel sporlarda kullanımı (macyorumlari, 2024)

Karşılaştırma

Özellik	Takım Sporları	Bireysel Sporlar
Kullanım Amacı	Taktik ve oyuncu yük analizi	Performans ve gelişim takibi
Veri Kullanımı	Taktik ve grup analizi	Kişisel antrenman düzenleme
Avantajlar	Stratejik optimizasyon	Kendi temposunu belirleme
Dezavantajlar	Taktik karar aşırı bağılılık	Maliyet ve analiz zorluğu

Tablo 2. GPS kullanımının faydaları (macyorumlari, 2024)

Spor / Aktivite	GPS Kullanımının Faydaları
Koşu	Antrenman planlama ve rotalama, performans takibi
Bisiklet	Antrenman planlama, rotalama, hız ve mesafe takibi, tırmanma verileri
Yüzme	Rotayı takip etme, mesafe, tempo ve kalori takibi
Nefes Egzersizleri	Nefes kapasitesi takibi, egzersiz verimliliği takibi
Ağırılık Antrenmanları	Ağırılık verileri ve performans takibi
Kardiyo	Kalp atış hızı takibi, performans takibi
Gezinti	Rotayı takip etme, mesafe ve yükseklik takibi

19. GPS'LERİN SPORCULARI ÇEŞİTLİ YARALANMALARDAN KORUMADAKİ ROLÜ

GPS teknolojisi, sporcularda antrenman yükünü ve performansı izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji, sporcuların kat ettiği mesafe, hız, ivmelenme ve yavaşlama gibi verileri toplayarak, antrenmanların daha etkili planlanmasına ve yaralanma riskinin azaltılmasına katkı sağlar. Özellikle, GPS verileri sayesinde sporcuların fiziksel yüklenmeleri detaylı bir şekilde analiz edilerek, aşırı yüklenmelerin önüne geçilebilir ve böylece yaralanmaların önlenmesi mümkün hale gelir (Özbay ve Ulupınar, 2023).

Ayrıca, GPS verileri ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak, sporcularda yaralanma riskini tahmin etmeye yönelik modeller geliştirilmektedir. Bu modeller, antrenman verilerini analiz ederek, olası yaralanma

risklerini önceden belirleyebilir ve antrenman programlarının bu risklere göre düzenlenmesine olanak tanır. Bu sayede, sporcuların performansı artırılırken, yaralanma olasılıkları da minimize edilir (Rossi vd., 2018).

Bu bilgilere ek olarak, GPS'lerin spor yaralanmalarını önlemedeki etkilerini maddeler halinde şu şekilde de sıralamak mümkündür:

GPS cihazları, sporcuların antrenman sırasında ne kadar mesafe kat ettiğini, hızlarını, ivmelenme ve yavaşlamalarını ölçer.

Aşırı yüklenme tespit edilerek sporcuların aşırı antrenmandan kaynaklı yaralanmalarını önlemeye yardımcı olur.

Antrenman hacmi ve yoğunluğuna ilişkin veriler, sporcuların toparlanma süreçlerini optimize etmek için kullanılabilir.

GPS sistemleri, sporcunun maruz kaldığı toplam fiziksel yükü hesaplayarak antrenman programlarının bireyselleştirilmesini sağlar.

Yoğun antrenman sonrası yorgunluk düzeyi belirlenerek, dinlenme periyotları düzenlenebilir.

Aşırı yorgunluk, kas yırtılmaları ve stres kırıkları gibi yaralanmalara neden olabileceğinden, GPS ile yük takibi yapmak yaralanma riskini azaltır.

GPS teknolojisi, sporcunun ivmelenme ve ani yavaşlama hareketlerini analiz ederek, kas-iskelet sistemi üzerindeki yükü değerlendirmeye yardımcı olur.

Futbol, basketbol gibi yüksek hız gerektiren sporlarda ani hareketler nedeniyle oluşabilecek bağ ve kas yaralanmalarını önlemek için veri analizi yapılabilir.

GPS verileri, sporcuların toparlanma süreçlerini belirlemek için kullanılabilir.

Aşırı yüklenme nedeniyle oluşabilecek kas yorgunluğu ve kronik yaralanmaların önüne geçmek için sporcuya özel dinlenme planları yapılabilir.

GPS destekli makine öğrenimi algoritmaları, geçmiş performans verilerini analiz ederek olası yaralanma risklerini tahmin edebilir.

Veriler doğrultusunda sporculara yönelik bireysel antrenman ve rehabilitasyon programları oluşturulabilir.

Sonuç olarak, GPS teknolojisi, sporcuların antrenman yükünü ve performansını izleyerek, yaralanma riskinin azaltılmasında önemli bir rol oynar. Bu teknoloji sayesinde, antrenman programları daha bilinçli bir şekilde planlanabilir ve sporcuların sağlığı korunabilir. Antrenörler ve sağlık ekipleri, GPS verilerini kullanarak sporcuların fiziksel sınırlarını daha iyi anlayabilir ve yaralanma risklerini en aza indirecek önlemleri alabilir (Buchheit ve Simpson, 2017; Malone, Lovell, Varley ve Coutts, 2017).

20. GPS'LER İLE ANALİZ EDİLEBİLEN PARAMETRELER

GPS desteği ile sporcuların antrenman ve müsabaka esnasındaki akut ve kronik yükleri, yaralanma analizleri, fizyolojik bileşenleri takip edilmektedir (Hewitt, 2016). GPS teknolojisi uydu aracılığı ile 1Hz, 5Hz, 10Hz, 15Hz, 20Hz ve 25Hz şeklinde farklı hız aralıklarında gerçek zamanlı, hem fizyolojik hem de kinematik olarak veri aktarımı sağlamaktadır. Bu ekipmanlar aracılığı ile bireylerin sprint sayıları, tüketilen kalori miktarları, kalp atım hızları, bireysel farklılık gösteren kalp atım alanları, ivmelenme, yavaşlama, toplam kat edilen mesafe, koşu sırasındaki hız ve farklı hız aralıklarında kat edilen mesafeler analiz edilebilmektedir. Hz sayısının yüksekliği ile uydu sayısı arasında doğru orantı bulunmaktadır (Scott vd., 2016). GPS teknolojisi ile sporcuların sprint hareketleri sırasında ürettikleri toplam güç miktarları, farklı hız aralıklarında geçirdikleri süreler ve hareket sırasındaki koşu asimetriteri tespit edilebilmektedir (Akyıldız, 2018). Takım sporlarında GPS desteğiyle, sporcuların antrenman takipleri yapılarak, sporcular müsabakalara hazır hale getirilmekte, yine sporcuların pozisyonu, hızı ve hareket tarzları hakkında daha fazla bilgiye ulaşılabilmekte, çalışan ve çalışmayan (antrenman ve müsabakalarda) sporcuların detaylı tespiti yapılabilmektedir (Cummins, Orr, O'Connor ve West, 2013). Ayrıca, sporcuların olası yaralanma durumlarının tespiti ve önlenmesi, uygulanan antrenmanlarla yaralanma durumu arasındaki ilişki de tespit edilmektedir (Rossi vd., 2018). Bunlara ilaveten, GPS teknolojisi ile sporcuların çalışma oranı (Bourdon vd., 2017; Hennessy ve Jeffreys, 2018), çarpışma (Wing, 2019; Chambers, Gabbett, Cole ve Beard, 2015), metabolik yük (Cummins vd., 2013), ortalama metabolik güç (Cummins vd., 2013; Hennessy ve Jeffreys, 2018), yüksek metabolik yük mesafesi (Hennessy ve Jeffreys, 2018; Chambers vd., 2015) gibi değişkenleri de analiz edilebilmektedir.

Giyilebilir teknolojiye son gelişmelerle birlikte sporcuların detaylı hareket analizleri, fiziksel talepleri tespit edilmekte (Coutts ve Duffield, 2010) ve birçok kulüp, sporcularının toplam kat ettikleri mesafe, yüksek

şiddetli koşu ve sprint değişkenleri gibi fiziksel performanslarını belirlemek ve geliştirmek için bu alanda uzman bireyleri takımlarına kazandırmaktadır (Akenhead ve Nassis, 2015).

21. YAYGIN OLARAK KULLANILAN GPS ÇEŞİTLERİ

21.1. CATAPULT

Teknolojik ilerlemeler ile birlikte, bazı şirketler bireylerin ve takımların hareket analizlerini ölçebilen bir takım entegre platformlar geliştirmiştir. Bunlardan birisi de gerçek zamanlı veri desteği sunan ve aynı zamanda güvenilirliği yüksek olan GPS Catapult teknolojisidir (Sikka, Baer, Raja, Stuart ve Tompkins, 2019). Catapult, spor teknolojisi alanında küresel bir lider olup, atletik performansı izlemek ve optimize etmek için giyilebilir cihazlarda GPS teknolojisinin yenilikçi kullanımı ile geniş çapta tanınmaktadır. Şirket, spor bilimi ve ileri düzey analizleri birleştirerek, sporcuların ve takımların antrenmanlarını iyileştirmelerine, sakatlıkları önlemelerine ve iyileşme süreçlerini izlemelerine yardımcı olmaktadır. Catapult'un GPS destekli ürünleri, hız, mesafe, ivme ve hareket desenleri gibi anahtar performans metrikleri hakkında gerçek zamanlı veriler sağlayarak, daha iyi antrenman stratejileri ve performans optimizasyonuna katkıda bulunmaktadır. Spor bilimi ve analizlerinin kesişim noktasında faaliyet gösteren Catapult ürünleri, performansı optimize etmek, sakatlanmaları önlemek ve sahaya dönüşü ölçmek için tasarlanmıştır. Catapult, dünya çapında 24 lokasyonda 400'den fazla çalışanı ile 100'den fazla ülkede, 40'tan fazla sporda, 4.200'den fazla elit takım ile çalışmaktadır. Başlangıçta, Avustralya Olimpiyatları öncesinde Avustralyalı sporcuların performanslarını artırmak amacıyla Avustralya Spor Enstitüsü (AIS) ve Kooperatif Araştırma Merkezleri (CRC) arasında bir ortaklık olarak kurulan Catapult, 2006 yılında Melbourne'de resmi olarak kurulmuştur. Catapult'un erken yıllarında geliştirdiği giyilebilir teknolojiler, spor performansındaki temel soruları ele almak için tasarlanmıştır. Bu amaç, şirket büyüdükçe ve Avustralyalı bir girişimden küresel bir spor teknolojisi liderine dönüştükçe, giyilebilir izleme cihazlarından, sporcu yönetimi ve video analizine kadar performans ekosisteminin her alanına yönelik çözümler sunan çalışmalarının kalbinde yer almıştır. Başlangıçta yalnızca elit sporcular ve profesyonel takımlara hizmet veren Catapult, daha sonra Catapult One adlı, amatör sporculara yönelik bir takip cihazı geliştirmiştir. Geliştirilen bu teknoloji ile futbol ve futbol gibi spor dallarındaki amatör sporcuların performansları takip edilebilmektedir (Catapult, 2024).

Catapult, GPS, 3D manyetometre, 3D akselerometre, 3D jiroskop, pedometre ve ANT+ gibi hassas sensörleri tek bir cihazda bir araya getiren ileri teknolojilerden oluşan bir fiziksel aktivite ölçüm ve analiz sistemidir. Catapult, fizyolojik, kinematik ve taktiksel verilerin gerçek zamanlı ve sürekli iletimini sağlar. Bu teknoloji, antrenörler, koçlar, sporcular, sağlık profesyonelleri, biyomekanik araştırmacıları, spor federasyonları ve fizyoterapistler tarafından profesyonel ve amatör birçok spor dalında etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Catapult, zengin veri toplama özelliği ile antrenmanlarda, egzersizlerde ve çalışma programlarında teknik ve taktik çeşitlilik sağlamada profesyonel destek sunar. “Bas, çalıştır ve kaydet” gibi basit bir kullanım sunan Catapult, kullanıcı dostu bir yapıya sahip olup ergonomik olarak tasarlanmıştır. Son derece küçük ve hafif (67 gram) olan cihaz, aşırı sıcak ve soğuk hava koşullarında bile güvenilir şekilde çalışır. 250 metreye kadar menzili ve 2 GB dahili hafızası ile 6 saate kadar kesintisiz veri kaydı yapabilir. Hem açık alanlarda (outdoor) hem de kapalı mekanlarda (indoor) çalışan ilk GPS ve sporcu performansı analiz sistemi olan Catapult, futbolun yanı sıra hentbol, voleybol ve basketbol gibi salon sporlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kaleci pozisyonuna yönelik özelliklere sahip ilk marka olma özelliğini taşır. Catapult, aşağıdaki üstün özellikleri tek bir cihazda barındırarak rakiplerinden ayrılır:

10 Hz GPS-Glonass: Uydu bağlantısıyla hassas bir şekilde konum, mesafe, zaman ve pozisyon takibi.

1.000 Hz 3D Akselerometre: Reaksiyon zamanı, çarpışmalar, darbeler, düşüşler, eğim, hızlanma, adım sayımı, kat edilen mesafe, sıçrama ve havada kalma süresi ölçümleri.

1.000 Hz 3D Jiroskop: Duruşlar, sapmalar, yuvarlanma, açısal hız ve açısal ivme ölçümleri.

100 Hz/1200 mikro-tesla 3D Manyetometre: Pusula işlevi ve öne, arkaya, yanlara anlık hareket değerlendirmeleri.

ANT+ uyumu (Polar göğüs bandı protokolü ile): Gerçek zamanlı kalp atış hızı, ritim, metabolik güç, tempo, oyuncu yüklenme durumu, metabolik limitler ve toparlanma durumu.

Isı Haritası (Heatmap) işlevi: Takım ve oyuncu hareketlerini kuş bakışı izleme.

Bulut tabanlı OpenField yazılımı sayesinde geçmiş antrenman ve maç kayıtları görüntülenebilir, yeni kayıtlarla karşılaştırılabilir ve yeni ant-

renman planlamaları yapılabilir. Raporlar PDF, metin, grafik veya Excel formatında alınabilir.

Catapult, sporcuların ve takımların toplam kat ettikleri mesafe, kalp atış hızları, depar sayıları, hızlanma ve yavaşlamaları, yüklenme durumları, yorgunluk seviyeleri ve harcadıkları efor gibi yüzlerce değişkeni detaylı olarak raporlar. Bu analizler, teknik ekibin sporcuların durumunu anlık olarak görmesini, değerlendirmesini ve uygun antrenman programları hazırlamasını sağlar.

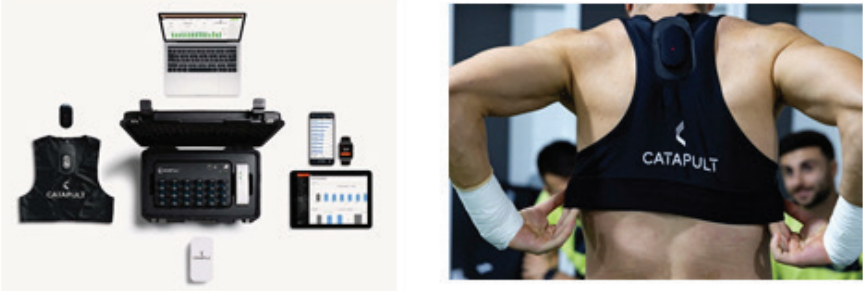
Catapult maç yoğunluğu ile antrenman verilerini karşılaştırarak, antrenmanların ne kadar etkili olduğunu değerlendirir. Antrenmanlar maç yoğunluğunu karşılamıyorsa düzenleme önerileri sunabilir; eğer sporculara fazla yükleniliyorsa bu durum tespit edilebilir. Maç verileri, oyuncuların limitlerini, gelişim seviyelerini, geliştirilmesi gereken alanları ve gerekli müdahaleleri belirlemede kullanılır.

Takımlar ve sporcular arasında rekabetin motivasyon kaynağı olduğu bilinen bir gerçektir. Performans verilerinin bilimsel olarak toplandığını bilmek, sporcular üzerinde olumlu bir baskı yaratarak daha kaliteli rekabet ortamı sağlar. Grafiksel ve sayısal veriler ise sporcuları daha iyi olma konusunda motive eder ve bu durum genel başarıyı artırır.

Catapult'un etkinliği (geçerlik ve güvenilirliği) bilimsel çalışmalarla kanıtlanmış olup (Cormier vd., 2023; Roe vd., 2017; Varley, Fairweather ve Aughey, 2012), dünya çapında birçok üniversitede araştırmalarda, takım sporları ve bireysel sporlarda antrenman ve maçlarda kullanılmaktadır. Catapult'un X4, S5, G5, T6 ve Vector gibi modelleri bulunmaktadır (Bravomed, 2021, akt., Gürkan, 2022).



Şekil 15. GPS Catapult teknolojisi (Catapult, 2024)



Şekil 16. GPS Catapult ekipmanları (Catapult, 2024)

21.2. STATSPORTS

FIFA ve World Rugby onaylı STATSports, İrlanda kökenli olup Londra, Florida ve Chicago’da da ofisleri bulunan bir şirkettir. Yüksek veri doğruluğu ve güvenilirliğine sahip, dünyanın en büyük liglerinde yaygın olarak kullanılan ve bilimselliği doğrulanmış bir GPS sistemidir (Bataler-Cervero vd., 2019; Statsports, 2021). STATSports GNSS (Viper ve Apex), elit sporlarda (örneğin İngiltere Premier Lig) en yaygın kullanılan teknoloji olup geçerliliği oldukça yüksektir (Thornton, Nelson, Delaney, Serpiello ve Duthie, 2019; Beato, Bartolini, Ghia ve Zamparo, 2016). İki GNSS sistemi arasındaki temel fark, Apex’in STATSports’un en yeni modeli olması ve mümkün olan en doğru konum bilgisini sağlamak için birden fazla uydu sistemi ile bağlantısının bulunmasıdır. Buna karşın, Viper birimleri yalnızca GPS tabanlı veri akışı sağlamaktadır (Beato, Coratella, Stiff ve Dello Iacono, 2018).



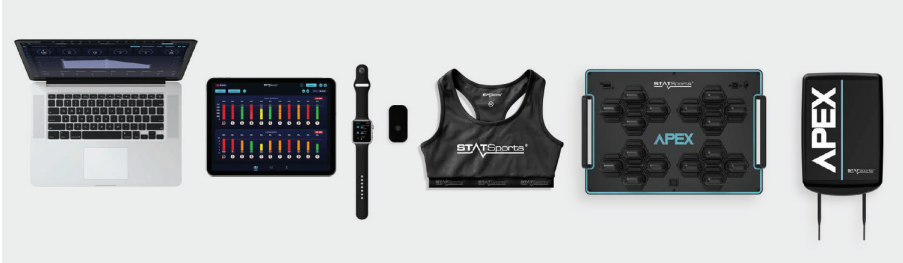
Şekil 17. GPS Statsports teknolojisi (Statsports, 2021)

21.2.1. APEX

STATSports'un 2017 yılında piyasaya sürdüğü Apex, devrim niteliğinde bir sistem olup, şimdiye kadar piyasaya sürülen en gelişmiş sporcu performans takip sistemidir. Apex, 18Hz GPS/Artırılmış, 10Hz GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi), 952Hz ivmeölçer ve Bluetooth LE özellikleriyle piyasadaki en güçlü cihazdır. STATSports Apex cihazı, kapalı, yarı kapalı stadyumlar veya sinyal alımının azaldığı ortamlarda verilerin kalitesini artırmak için en son GNSS teknolojisini kullanır.

Apex, aynı anda birden fazla uydu sistemi (GPS, Glonass, Galileo, BeiDou) ile iletişim kurabilen GNSS ile çalışır ve bu da daha doğru konum bilgisi sağlamasına olanak tanır. Futbol, rugby, basketbol, atletizm ve Amerikan futbolu gibi spor dallarına özel yazılımlar sunan tek teknoloji olan Apex, antrenörler, spor bilimciler ve sağlık sektörü tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

Veri doğruluğu, güvenilirliği ve tutarlılığıyla STATSports'un Apex ürün paketi, FIFA tarafından en yüksek ödüllü teknoloji olarak tanınmış ve Juventus, Manchester United, Manchester City ve PSG gibi küresel futbol öncüleri ile İngiltere, Brezilya ve Almanya gibi federasyonlar tarafından kullanılmaktadır (Statsports, 2021). STATSports Apex, uydulardan alınan sinyaller yardımıyla hız, mesafe, yön değiştirme, mekânsal-zamansal ölçümler ve daha bir çok parametreyi ölçebilmektedir (Williams, Rizzuto, Whitaker ve Dillard, 2021).



Şekil 18. GPS Statsports APEX teknolojisi (Statsports, 2021)

21.2.2. Apex Sporcu Serisi

Apex sporcu serisi, yaygın olarak kullanılan bir GPS teknolojisidir. GPS sensörleriyle entegre edilmiş bu ürün, oyuncuların fiziksel özellikleri hakkında kapsamlı bilgiler sağlamaktadır (Chakma, Md-Faridee, Roy ve Hossain, 2020). Ayrıca, Apex sporcu serisi, bireysel kullanıcıların

bir mobil uygulama aracılığıyla kendi verilerini takip etmesine olanak tanıyan bir teknolojidir.

Performans yeleğinin içine yerleştirilebilen Apex GPS Tracker, hem müsabakalarda hem de antrenmanlarda kullanılabilir. Oturum sırasında ve oturum sonrasında doğrudan cep telefonlarına gönderilen profesyonel tarzda istatistikler sunar. Apex sporcu serisi, toplam kat edilen mesafe, dakika başına kat edilen mesafe, mevcut hız, maksimum hız, sprint mesafesi, hızlanmalar, yavaşlamalar, maksimum nabız, ortalama nabız, dinamik stres yükü (DSL), yüksek metabolik yük mesafesi (HMLD) ve harcanan kalori miktarı gibi değişkenleri ölçmektedir. Bu teknoloji uygulaması, iOS ve Android telefonlarla (Huawei dahil olmak üzere) uyumludur (Statsports, 2021).

21.2.3. Apex Antrenör Serisi

Apex antrenör serisi, her seviyedeki antrenörler için basitleştirilmiş GPS verileri sunmaktadır. Bu seri, oyuncuların bireysel ve takım bazında istatistiklerini ortaya koymanın yanı sıra, yaralanma riskini azaltmak ve oyuncuların performansını artırmak için tasarlanmıştır. Apex antrenör serisi ile toplam kat edilen mesafe, dakika başına kat edilen mesafe, maksimum hız, HSR (Yüksek Hızlı Koşu), HMLD (Yüksek Metabolik Yük Mesafesi), sprint mesafesi, sprint sayısı, hızlanmalar, yavaşlamalar ve harcanan kalori gibi değişkenler ölçülebilmektedir. Ayrıca, oyuncuların saha içi ısı haritası ve bölgesel dağılım gibi taktiksel değişkenler de analiz edilebilmektedir. Apex antrenör serisi, iPad, dizüstü bilgisayar ve Android tabletlerle uyumludur ancak akıllı telefonlarla uyumlu değildir (Statsports, 2021).

21.2.4. Apex Pro Serisi

iPad ve akıllı saat uygulamalarıyla canlı veri akışı sağlayan Apex Pro, en son teknolojilerle üretilmiş bir GPS teknolojisidir. İngilizce, İspanyolca, İtalyanca, Portekizce ve Çince gibi çok dilli desteğe sahip olan Apex Pro iPad uygulaması, antrenman yükünü gerçek zamanlı izleme, ayrıntılı bireysel oyun analizleri, odaklanmış bireysel oyuncu görünümü, detaylı seans analizleri, topla ve topsuz analizler gibi özellikler sunar ve 30'dan fazla gerçek zamanlı veri analizi yapabilmektedir.

Bu analizler arasında toplam kat edilen mesafe, dakika başına kat edilen mesafe, HMLD (Yüksek Metabolik Yük Mesafesi), dakika başına HMLD, HSR (Yüksek Hızlı Koşu), dakika başına HSR, maksimum hız, patlayıcı güç, sprint mesafesi, ortalama metabolik güç, hızlanmalar, yavaşlamalar, hız yoğunlukları, adım dengesi, DSL (Dinamik Stres Yükü), yorgunluk indeksi, mevcut nabız, maksimum nabız, ortalama nabız ve kapsamlı PDF raporlama özellikleri bulunmaktadır (Statsports, 2021). Statsports Apex

Pro cihazının, farklı günlerde anlık hız ve ivmelenme ölçümlerinde uygun geçerliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Crang vd., 2024).

21.2.5. Apex Takım Serisi

Apex Team serisi, birçok değişkeni detaylı bir şekilde analiz eden, bilimsel güvenilirliği yanı sıra antrenörlere sporcular ve takımlar hakkında değerli veriler sunan kullanıcı dostu bir GPS sistemidir. Detaylı fiziksel performans analizlerine ek olarak, birçok taktiksel değişkenin de ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Şimdiye kadar geliştirilmiş en güçlü performans analiz teknolojisi olan Apex Team, veri indirmek ve Apex birimlerini yeniden şarj etmek için standart mikro USB bağlantıları kullanan 16 yerleştirme istasyonu ve 10 yollu hub ile uyumludur. Çok yüksek veri indirme hızına sahip bu teknoloji, canlı ve indirilen veriler arasında mükemmel bir korelasyon sağlamaktadır. Bilimsel olarak yüksek bir güvenilirliğe sahip olan bu seri, tamamen taşınabilir olması ve çoklu raporlama seçenekleri gibi bazı avantajlara da sahiptir (Statsports, 2021).

21.3. POLAR TEAM PRO

Oyun sistemleri ve antrenman yöntemlerinin gelişmesi ile birlikte, antrenmanları takip etmek ve antrenmanların niteliğini geliştirmek için oyuncu takip sistemlerinin kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Antrenman takip ekipmanları ilk olarak bireysel sporcular üzerinde denenmiş ve yararlı oldukları kanıtlandıktan sonra hızla takım sporlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Polar Team Pro'nun amacı, takım sporlarında oyunculara ve koçlara antrenman hakkında detaylı bilgiler sunmak, yaralanma ve yorgunlukların önlenmesine yardımcı olmak ve detaylı performans değerlendirmeleri yapmaktır. Ayrıca, kayıt ve saklama özellikleri sayesinde önceki antrenman verileri ile güncel verilerin karşılaştırılmasını sağlayarak sporcular ve takım hakkında detaylı bilgiler vermektedir (Polar, 2021).

Team Pro sporcu takip teknolojisi, donanım ve yazılım olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır (Çetin, 2018). Team Pro GPS teknolojisi, harici cihazlara ihtiyaç duymadan hem dış yükleri hem de iç yükleri aynı anda ölçebilen ekipmanlardan oluşur (Seshadri vd., 2019). Polar Team Pro, hız ve mesafeyi ölçmek için yeni geliştirilmiş bir mikro sensör sistemine sahiptir. GPS ile entegre edilmiş Polar Team jiroskopu, akselometresi ve dijital pusulası, 200 Hz'de 200 metreye kadar veri kaydetme kapasitesine sahiptir. Team Pro, hız ve mesafeyi doğru bir şekilde belirlemek için çoklu sensörler ve özel yazılımla donatılmıştır. Bu özellik, onu bazı diğer ürünlere göre daha fazla tercih edilir hale getirmektedir (Fox, O'Grady, Scanlan, Sargent ve Stanton, 2019).

Stadyumlara kurulan tipik kameralı hareket analiz sistemleriyle karşılaştırıldığında, Team Pro aynı verileri sunar ancak buna ek olarak senkronize fizyolojik bilgiler de sağlar. Kamera tabanlı sistemlere göre diğer avantajları taşınabilir olması ve kullanım kolaylığıdır. Tüm sistem, bir sırt çantasıyla herhangi bir antrenman veya oyun alanına taşınabilir. Sistem bağımsız olarak çalışır ve antrenörlerin yalnızca oyunculara ve oyun alanına odaklanmasını sağlar. Küçük boyutuna rağmen Team Pro sensörü, yüksek frekanslı 10 Hz GPS, 200 Hz MEMS hareket sensörü, Bluetooth LE ve kalp atış hızı teknolojisini bir saniyelik veri kaydıyla bir arada sunan oldukça güçlü bir sistemdir.

Polar Team Pro'nun çalışma prensibi oldukça basittir. Maçlar veya antrenmanlar sırasında, oyuncuların sırtlarına takılan giyilebilir sensörler aracılığıyla sahadaki fizyolojik aksiyonları takip edilir. Daha sonra, bu veriler iPad ile senkronize edilerek oyuncuların sahadaki aksiyonları somut bir şekilde ortaya konur. Polar Team Pro, antrenörlere kalp atış hızları, kat edilen mesafe, hız, ivmelenme ve konum haritası gibi veriler sunar. Her oyuncunun antrenman sırasında canlı olarak izlenmesini sağlayan bu teknoloji, 200 metrelik menzil kapasitesine ve 10 saate kadar dayanabilen pil ömrüne sahiptir. Ayrıca, kötü bağlantılar nedeniyle veri kaybını önlemesinin yanı sıra 65 saatlik antrenman verilerini depolayabilen bir belleğe de sahiptir. Sadece 39 gram ağırlığında olan bu teknoloji, -10 °C ile +45 °C sıcaklık aralığında çalışabilir ve 30 metreye kadar su geçirmezdir (Polar, 2021).

Polar Team Pro'nun geçerlik ve güvenilirliği Giersch ve diğerleri (2018) tarafından değerlendirilmiş ve Team Pro'nun yüksek geçerlik düzeyine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Akyıldız ve Yıldız (2020) tarafından yapılan ve Polar Team Pro mikro elektromekanik sisteminin gerçek zamanlı ve maç sonrası verilerinin karşılaştırıldığı çalışmada, Team Pro GPS teknolojisinin antrenmanların takibi için antrenörler ve spor bilimciler tarafından rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 19. Polar team pro (Polar, 2021)

21.4. GPSports

Sporcuları takip etmek için üretilen ilk GPS ekipmanları, 2003 senesinde GPSports şirketi tarafından geliştirilmiştir. 2003 yılından bu yana futbol, ragbi, hokey ve Avustralya futbolu gibi spor branşlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Edgecomb ve Norton, 2006). Spor branşlarını takip ve analiz etmek için kullanılan üç ana cihaz üreticisi GPSports, StatSports ve CatapultSports'tur. GPSports ve Catapultsports firmaları sonraki yıllarda güçlerini birleştirerek bu alanda birlikte çalışmaya başlamışlardır (Hewitt vd., 2016). Bir Catapult markası olan GPSports, sporculara mesafe, hız ve ivmelenme, vücut yükü ve darbe ile birlikte kalp atış hızını ölçmek için kullanılan giyilebilir teknolojidir. Bu GPS cihazları genellikle yüksek dayanıklılık ve yüksek darbe gerektiren sporlarda performansın fizyolojik taleplerini ölçmek ve uygun antrenman yöntemlerini daha iyi anlamak için kullanılmaktadır (Tessaro ve Williams, 2018). Oyuncuların antrenman sırasında GPSports teknolojisi ile gerçek zamanlı olarak takiplerinin yapılması, antrenörlere bilimsel yönetim ve antrenman planlama konusunda veriler sağlamaktadır. GPSports teknolojisi sporcuların maksimum performansa ulaşmalarına yardımcı olmaktadır (Marinescu, Ticala, Dulceata ve Bidiugan, 2016).



Şekil 20. GPSports teknolojisi (advancedathletesperformance, 2024)
(marketingregistrado, 2024)

21.5. KINEXON Sports

KINEXON Sports, profesyonel sporlar için özel olarak tasarlanmış ileri düzey takip ve analiz teknolojisi sunan küresel bir şirkettir. Yük yönetimi, performans takibi, sahaya dönüş stratejileri, maç analizi, taraftar etkileşimi, VAR desteği ve daha fazlası için birçok özel çözümler sunmaktadır. 2010 yılında Münih'teki Allianz Arena'da Alexander Hüttenbink ve Oliver Trinchera, oyuncu verilerinin manuel olarak kaydedildiğine tanık olduklarında, bu verimsiz ve hataya açık yöntemin otomatikleştirilebileceğine inanarak KINEXON'u kurmuşlardır. 2014 yılında Maximilian Schmidt, kurucular Alexander ve Oliver'a katılarak KINEXON Sports'u hayata geçirmiştir. 2015 yılında ise KINEXON Industries ikinci bir marka olarak ortaya çıktı (Kinexon-sports, 2024). KINEXON Sports

spor dünyasına gerçek zamanlı birçok veri ve analiz desteği sunmaktadır (Gadžić, Trunić, Živković ve Nikolić, 2023). Kinexon Perform LPS, geniş çapta kullanılan bir spor takip sistemidir (Hoppe, Baumgart, Polglaze ve Freiwald, 2018). Katar'daki Dünya Kupası'nda (FIFA, 2022) kullanılmış olup, takım sporlarında oyuncu ve top takibi için olağanüstü doğruluğu tespit edilmiştir (Blauberger, Marzilger ve Lames, 2021). Yine bu teknolojinin geçerlik ve güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğu ortaya konmuştur (Gamble, 2021). Sadece 15 gram ağırlığındaki bu sensörler, 1 KHz örnekleme hızında çalışan 3 eksenli bir ivmeölçer olarak işlev görmektedir. Ayrıca, 200 Hz'de ± 4000 derece/sn aralığına sahip 3 eksenli bir jiroskop ve 100 Hz'de ± 16 μT aralığına sahip 3 eksenli bir manyetometreye sahiptir (Banković, Živković ve Trunić, 2024).



Şekil 21. KINEXON Sports GPS teknolojisi (kinexon-sports, 2024)

21.6. PlayerData

PlayerData GPS teknolojisi ile mesafe, toplam kat edilen mesafe, dakika başına kat edilen mesafe, yüksek yoğunluklu etkinlikler, yüksek hız, yüksek yoğunlukta koşu, sprint mesafesi, sprint sayısı, pozitif ivmelenme ve negatif ivmelenme gibi önemli parametrelerin analizi yapılabilmektedir. PlayerData ile sporcuların gelişimleri takip edilebilir, haftalık antrenman planları oluşturulabilir, yük yönetimi ve genel performansları tespit edilebilir.

PlayerData'nin bazı önemli özellikleri şu şekildedir:

PlayerData EDGE GPS, hem FIFA Quality hem de World Rugby onaylıdır.

Bluetooth bağlantısı ve hızlı bulut veri senkronizasyonu ile performans verilerini anlık olarak aktarır.

Birden fazla uydu takımı yıldızını kullanan GPS teknolojisi ile hassas ve tutarlı veriler sunar.

Maç sırasında en çok zaman geçirilen bölgeleri Player Heatmaps (Oyuncu Isı Haritaları) ile hızlı ve kolay bir şekilde görselleştirme özelliğine sahiptir. Bu özellik sayesinde antrenörler, maç sonrası taktiksel yaklaşımlarını daha detaylı bir şekilde değerlendirme imkânına sahip olur.

Athlete Intensity Maps (Sporcu Yoğunluk Haritaları) ile maç sırasında sporcuların nerede ve ne zaman sprint yaptıklarını gösterir. Bu özellik ile takımın hücum ve savunma performansları detaylı bir şekilde geliştirilebilir.

Önceleri sadece elit kulüplere ve TV stüdyolarına sunulan Positional Playback (Pozisyon Oynatma), artık PlayerData ile de yapılabilmekte ve bu özelliği ile antrenörlere maç sonrası taktiksel olarak detaylı formlar sunmaktadır.

Hafif, son teknolojiye sahip elit seviyede bir PlayerData GPS takip cihazı, çeşitli beden seçeneklerine sahip olup, antrenman yelekleri unisex ve ergonomik olarak tasarlanmıştır.

Cihazı şarj etmek oldukça kolaydır; manyetik şarj cihazı sayesinde tam şarjla 6 saate kadar kullanılabilir.

Verileri indirmek oldukça kolaydır. Takip cihazını telefon veya bilgisayardaki PlayerData uygulamasına bağlayarak veriler güvenli bir şekilde buluta yüklenebilir ve seans sonrası analiz için hazır hale getirilebilir (Playerdata, 2024).



Şekil 22. PlayerData GPS teknolojisi (Playerdata, 2024)

21.7. SOCCERBEE

Takım sporları için optimize edilmiş olan soccerbee GPS teknolojisi 50 binden fazla sporcuya ulaşılmış durumdadır. Bu teknoloji ile sporcuların birçok taktik ve fiziksel parametreleri analiz edilebilmektedir. BEE PRO 2 ve BEE LITE 2 SOCCERBEE'nin takım sporcularının performansını izlemek için tasarlanmış özel GPS izleyicileridir. 38 gr ağırlığında olan bu teknolojilerin şarjı 14 saate kadar dayanmaktadır. Soccerbee GPS teknolojileri ile sporcuların toplam kat ettikleri mesafe, ortalama hız, yüksek şiddetli hız, sprint mesafesi, sprint süresi, ısı haritası gibi birçok değişkenin analizi yapılabilmektedir (Soccerbee, 2024).

			
	BEE PRO 2	BEE LITE 2	
Sensor	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	
Dimensions	60(H) X 46(W) X 18(D) mm	60(H) X 46(W) X 18(D) mm	
Weight	38g	38g	
Battery	500 mAh Lithium polymer	500 mAh Lithium polymer	
Charging	C-type (Up to 14 hours of use)	C-type (Up to 14 hours of use)	
Data Storage Capacity	Up to 7 game data	Up to 3 game data	
Data Transfer Speed	Advanced protocol	Advanced protocol	
App Replay Feature	Supported	Not supported	

Şekil 23. SOCCERBEE GPS teknolojisi (Soccerbee, 2024)

21.8. PLAYERTEK

Çalışma süreçlerini kolaylaştıran ve analiz gücünüzü artıran PlayerTek+, sporcu izlemesini bir üst seviyeye taşımak için tasarlanmış erişilebilir ve uygun fiyatlı bir teknolojidir. PlayerTek+, Catapult'un uzmanlığını kullanarak her seviyeden ve bütçeden takımlar için yüksek kaliteli sporcu izleme teknolojisi sunar. PlayerTek+, canlı anlık görüntüler, kalp atış hızı ve Catapult Vision entegrasyonu gibi güçlü özellikler sunarak performans hakkında içgörüler sağlar. PlayerTek+ mobil uygulaması, verileri anında paylaşım ve geri bildirim için parmaklarınızın ucuna getirerek organizasyonunuz genelinde içgörülerin iletimini geliştirir (Performbetter, 2024). PlayerTek GPS teknolojisi kat edilen mesafe, sprint mesafesi, darbeler ve yüksek hız istatistikleri ve yorgunluk durumları gibi bir çok parametrenin analizi yapılabilmektedir (Haas, Bauer, Nye, Kilboy ve Payne, 2020).

Özellikler

Boyutlar: 84mm x 42mm x 21mm

Ağırlık: 42g

Pil: 7 saat

Küresel Konumlandırma: 10Hz GPS/GNSS

Eylemsel Örnekleme Hızı: 400Hz (100Hz olarak kaydedilir)

Canlı Veri: Canlı veri hesaplamaları için yüksek performanslı Cortex-M4 işlemci

İvmeölçer: 3 eksen 400Hz'de örnekleyen +/-18g hassasiyetinde ivmeölçer

Kalp Atış Hızı: Polar H1 uyumlu

Kablosuz İletişim: Ayrı bir Bluetooth düşük enerji yongası + 2.4GHz anten

Kablosuz Menzil: Güvenilir iletişim için özel bir M0 işlemcili 100 metreye kadar

PlayerTek Bulut Analizi: Gelişmiş (Zonal + Akut Kronik dahil)

Bulut: PlayerTek Bulut

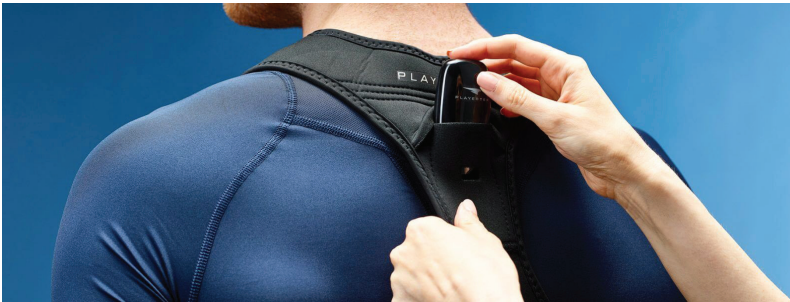
Mobil: Çoklu Kullanıcı iPad Uygulaması

Cihaz Sayısı: 10

Kablosuz İletişim: FCC (ABD), IC (Kanada), CE (Avrupa) ve Avusturya sertifikalı

Dünya Rugby: Rekabetçi maçlarda kullanım için onaylı

FIFA ETPS: FIFA rekabetçi oyunlarında kullanım için sertifikalı (Performbetter, 2024)



Şekil 24. PLAYERTEK GPS teknolojisi (Catapult, 2024)

21.9. PitcheroGPS

PitcheroGPS, FIFA ve Dünya Rugby tarafından onaylanmış GPS yelekleri tasarlayan ve üreten dünya çapında bir teknoloji şirkettir. PitcheroGPS, yenilikçi teknolojisi ile altyapıdan akademi oyuncularına, kolej ve üniversite oyuncularına, yarı profesyonellerden profesyonellere kadar herkese hizmet etmektedir. PitcheroGPS uygun bir fiyat karşılığında herkesin kullanabileceği, güvenilirliği yüksek bir teknolojidir. Bu teknoloji her yaştan, cinsiyetten ve rekabet seviyesinden oyuncuların performanslarını geliştirmelerine ve gerçek potansiyellerine ulaşmalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Oyuncular performanslarını ölçebilirlerse ilerlemelerini izleyebilir, hedefler koyabilir ve bu hedeflere ulaşabilirler. Her maçta, her hafta performanslarını artırabilirler. PitcheroGPS kullanıcısı, bir akıllı saat veya bisiklet bilgisayarından farklı değildir, tek fark, kullanıcının bir oyuncu yeleği giymesi ve elde edilen verilerin oyun sonrası bir mobil cihazda görüntülenmesidir. Pitchero mühendisleri, cihazı etkinleştirdikten birkaç saniye içinde her oyuncu veya antrenörün kullanabileceği bir GPS Oyuncu İzleyicisi oluşturmuştur. PitcheroGPS profesyonel oyuncuların kullandığı tüm temel verileri kolay bir mobil uygulama ve masaüstü platformu aracılığıyla sağlamaktadır. PitcheroGPS Britanya'da tasarlanmış ve üretilmiştir. Uzman mühendislerden oluşan bir ekip, en son bileşenleri ve bluetooth teknolojisini kullanarak makul bir fiyata birinci sınıf bir çözüm yaratmıştır (Pitcherogps, 2024).



Şekil 25. PitcheroGPS GPS teknolojisi (Opendata, 2024)

22. ANTRENMAN, SPORTİF PERFORMANSI NASIL ETKİLER

Antrenör ve sporcular her zaman maçları kazanmaya ve bu maçlarda en iyi performanslarını göstermeye çalışırlar. Antrenman planlamalarını da bu amaç doğrultusunda yaparlar. Fakat antrenman içerikleri, genellikle antrenörlerin geçmiş tecrübeleri ile oluşturulmakta ve içgüdüsel olarak hazırlanmaktadır. Dolayısıyla elde edilmek istenen başarı, tesadüfî gelişmeler ve şansa bırakılmaktadır. Oysa bilinçli performans gelişimi; antrenman yükünün nesnel ve öznel yöntemlerle ölçülmesi ve bu yüklerin müsabakalara göre doğru şekilde ayarlanmasıyla sağlanabilir (Borresen ve Lambert, 2009). Ayrıca antrenman yükü her sporcu için doğru analiz edilirse, sporcularda antrenmanlara karşı oluşan uyumlar belirlenebilir (adaptasyon), ihtiyaç duyulan dinlenme süreleri ayarlanabilir (toparlanma), antrenmanlara verilen farklı bireysel yanıtlar anlaşılabilir (bireysel farklılıklar) ve sporcuların sakatlık riskleri azaltılabilir (Bourdon vd., 2017). Ancak antrenman yükünün ölçümü ve takibi birçok konuda fayda sağlamakla beraber, sporcular için en uygun antrenman yükünün belirlenmesi oldukça dinamik, karışık ve zorlu bir süreçtir. Antrenman yükü doğru ayarlanmadığında, kondisyon yetersizliğine, performans düşüklüğüne ve sakatlıklara yol açabilmektedir (Gabbett, 2016). Bu yüzden, süreç içerisinde öncelikle antrenmanın sporcularda yaratabileceği olası etkilerin öğrenilmesi (antrenman sürecinin teorisi), daha sonrasında bu etkilerin uygun antrenman yükü ölçüm yöntemleriyle istenilen amaca yönelik olarak ölçülüp, takip edilmesi gerekmektedir (Yaşlı, Karayiğit, Karabıyık ve Koz, 2020).

23. ANTRENMAN YÜKÜ

Antrenman yükü takibi, sporcuların performanslarını optimize etmek, sakatlık riskini azaltmak ve toparlanma süreçlerini iyileştirmek için önemli bir araçtır.

Birçok sporcu, antrenör ve destek personeli, hem antrenman programlarını tasarlama hem de izleme konusunda giderek daha bilimsel bir yaklaşım benimsemektedir. Uygun yük takibi, bir sporcunun bir antrenman programına uyum sağlayıp sağlamadığını belirlemede ve işlevsel olmayan aşırı yüklenmeleri tespit etmede önemlidir (Halsen, 2014).

Sporcular performanslarını geliştirmeye çalışırken, antrenman yükünde özellikle sıklık, süre ve yoğunluk artışları olmak üzere değişiklik-

ler yapmak gereklidir. Antrenman yükleri, antrenman döngüsünün farklı aşamalarında (örneğin, genel hazırlık veya müsabaka dönemi) yorgunluğu artırmak ya da azaltmak amacıyla ayarlanabilir. Yorgunluğun uygun bir şekilde dengelenmesi, hem antrenmana uyum sağlanması hem de yarışma performansı açısından önemlidir (Pyne ve Martin, 2011).

Yine, takım sporlarında ve bireysel sporlarda antrenman yükünün takibi, antrenman şiddetini ayarlamak, sakatlık riskini azaltmak ve performansı artırmak için oldukça önemlidir. Antrenman ve müsabakalarda elde edilen antrenman yükü verileri, çeşitli yazılımlar, cihazlar ve formler kullanılarak hesaplanır ve bu da sporcuların antrenman programlarının yönlendirilmesini kolaylaştırır. Modern sporların yüksek temposu göz önüne alındığında, antrenman şiddetlerinin müsabaka temposuyla uyumlu olması büyük önem taşımaktadır. Takım sporlarında, haftalık maç takvimleri, oyuncuların yeterince toparlanamaması ve hafta sonu maçlarına hazırlanmak için hafta içi antrenmanlarda yoğun çalışılması gibi durumlar, antrenman yükünün ani artışına yol açarak sakatlık riskini önemli ölçüde artırabilir. Antrenman yükünün takibi, düşük maliyetli yöntemlerden yüksek maliyetli çözümlere kadar geniş bir yelpazede uygulanmakta olup, sporcuların performansını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Günümüz spor dünyasında, sporcuların olası sakatlıklarla karşılaşmadan önce atletik performans parametrelerini optimum seviyeye getirmesi gerekmektedir. Spor bilimciler, kuvvet kondisyon antrenörleri ile atletik performans uzmanları, performansı en üst düzeye çıkarırken sakatlıkları da önlemek için antrenman yüklerini dikkatle takip etmektedir. Çünkü sakatlıklar, oyuncular üzerinde psikolojik açıdan olumsuz etkiler yaratırken kulüpler için de ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Akyıldız, 2019). Antrenman ve müsabaka yükü sakatlıklar ile doğrudan ilişkilidir (Windt ve Gabbett, 2017). Yapılan bir çalışmada, antrenman yoğunluğu ile kas gerilmeleri arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Jaspers vd., 2018). Yapılan bir başka çalışmada, antrenman yükünün bilinmesinin sporcuların atletik performansını artırmada ve sakatlanma riskini minimize etmede oldukça etkili olduğu ortaya konmuştur (Bartlett, O'Connor, Pitchford, Torres-Ronda ve Robertson, 2016).

Tüm bunlardan dolayı, aşırı antrenmandan ve sakatlıklardan sakınmak için uygun bir antrenman planı yapmak oldukça önemlidir (Heper, 2024).

24. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNE NEDEN İHTİYAÇ DUYULMAKTADIR?

Sporcularda yaralanmaların öngörülmesi ve önlenmesi için,

Sporcuların fiziksel ve psikolojik durumlarının tespit edilmesi için,

Sporcularda mevcut performansın korunması ve geliştirilmesi için,

Antrenman programının etkinliğinin takip edilmesi için,

Antrenmanlara uyumun belirlenmesi için,

Bilimsel ve veri odaklı karar almak için,

Müsabaka hazırlığı için,

Yorgunluk ve toparlanma süreçlerinin yönetimi için antrenman yükü takibine ihtiyaç duyulmaktadır.

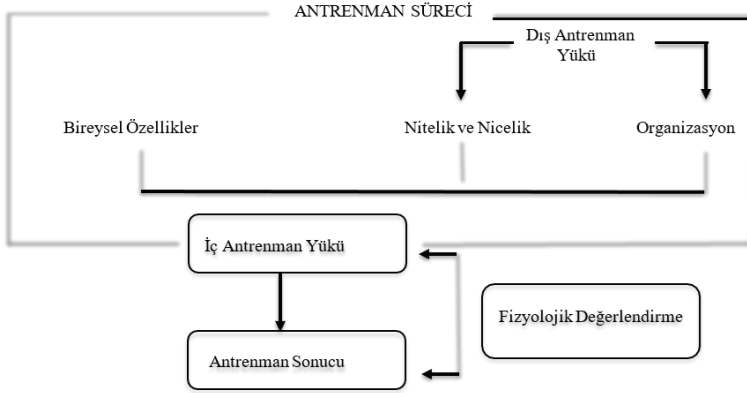
25. DIŞ ANTRENMAN YÜKÜ VE İÇ ANTRENMAN YÜKÜ

Son çeyrek asırda, antrenman yükü, çeşitli araştırmalar sonucunda iç yük ve dış yük olarak ikiye ayrılmıştır.

İç yük, antrenman yükünün ve sonraki uyumun belirlenmesinde oldukça önemlidir. sporcularda antrenman sırasında gözlemlenen kalp atım hızı, oksijen tüketimi (VO₂), laktat konsantrasyonları ve algılanan zorluk düzeyi gibi yanıtlar iç antrenman yükü göstergeleri olarak kullanılmaktadır. Dış yük ise, tamamlanan işi ve sporcunun kapasitelerini anlamada önemlidir. Antrenman planlamasında, katedilen mesafeler, koşu hızları ve kaldırılan ağırlıklar gibi göstergeler dış antrenman yükü göstergeleri olarak kullanılmaktadır. Antrenman yükünü ölçmek için kullanılan her yöntemin, takip edilmek istenen antrenman türüne bağlı olarak avantajları ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Örneğin, küresel konumlama sistemleri (GPS), düşük frekanslı cihazlarda ölçüm güvenilirliğini azaltabilir ve supramaksimal antrenmanlar için uygun olmayabilir. Kalp atım hızı takibi, antrenman yükünden bağımsız olarak çevresel koşullardan etkilenebilirken, laktat konsantrasyonları, laktat eşığının üzerindeki antrenman şiddetlerini sınıflandırmak için ideal bir yöntem değildir. Bu sınırlamaların anlaşılması ve aşılması ile birlikte, iç ve dış yük kavramlarını bir arada ele alan bütünlük yaklaşımını benimsemek, antrenmanın bireyselleştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, gelecekteki verilerin gelişmiş algoritmalar kullanılarak değerlendirilmesi, antrenman yükü takibinde daha kesin ve tatmin edici bilgiler sunacaktır (Yaşlı vd., 2020).

Antrenmanın sonucu, genetik faktörler ve önceki antrenman deneyimi gibi bireysel özelliklerin yanı sıra, dış antrenman yükünün kalitesi, miktarı ve organizasyonu tarafından belirlenen iç antrenman yükü ile şekillenir. Antrenman yükünün dışsal yönü, antrenörler ve uygulayıcılar tarafından belirlenen, bir antrenmandaki set/tekrar sayısı gibi belirli antrenmanları ifade eder. Antrenman iç yükü ise, sporcunun maruz kaldığı fizyolojik stresi temsil eder (Calder ve Centofanti, 2022).

Hem dış hem de iç yükler, bir sporcunun antrenman yükünü anlamak için değerli olduğundan, antrenman takibinde bu ikisinin kombinasyonu göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, aynı antrenmanı farklı günlerde tekrarlayan sporcular, aynı süre içinde aynı güç çıktısını (dış yük) sürdürebilirler, ancak durumlarına bağlı olarak oldukça farklı iç yükler (kalp hızı, kan laktatı, RPE vb.) yaşayabilirler. Eğer bir uygulayıcı, iç yükteki bireysel farklılıkları dikkate almadan bir grup sporcu için dış yükler belirlerse, yorgunluk ve antrenmana adaptasyonla ilgili sorunlarla karşılaşabilir. Uygulayıcılar, dış ve iç yük arasındaki farkı anlamalıdır (Halsen, 2014). Antrenman yükünün takip edilmesinde iç yük değişkenlerinin önemli olduğu, antrenman planlamalarının oluşturulmasında ise dış yük değişkenlerinin önemli olduğu düşünülmektedir (Scott, Black, Quinn ve Coutts, 2013).



Şekil 26. Antrenman sürecinin teorik çerçevesi (Impellizzeri ve ark., 2005; akt., Heper, 2024).

25.1. Dış Antrenman Yükü

Dış antrenman yükü müsabakalar ya da antrenmanlar esnasında sporcuların maruz kaldığı dış uyaranlardır. Bunlar, kaldırılan ağırlık, toplam kat edilen mesafe, sprint sayıları (Akubat, Barrett ve Abt, 2014), GPS

verileri (koşu mesafeleri vs.) (Heper, 2024), güç çıkışı, zaman-hareket analizi, hız, hızlanma ve ivme ölçerden türetilen parametrelerdir (Ak-yıldız, 2019). Dış yük genellikle antrenman esnasında sergilenen iş gücü hakkında bilgi verir (Scott vd., 2013).

25.2. İç Antrenman Yüğü

İç antrenman yükü, dış uyaranlara karşı sporcular tarafından verilen fizyolojik ve psikolojik tepkilerdir. Bunlar, laktat konsantrasyonları, kalp atım hızı, algılanan zorluk derecesi, oksijen tüketimi gibi parametrelerdir (Akubat vd., 2014). İç yük sporcularda oluşan antrenman uyumlarının tespit edilmesinde kullanılabilir (Scott vd., 2013).

Antrenman yük takibinde sıklıkla kullanılan bazı iç yük ve dış yük ölçüm yöntemleri değerlendirmeleri ile birlikte Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. İç yük ve dış yük ölçüm yöntemleri (Yaşlı vd., 2020).

Metot	Maliyet	Donanım ihtiyacı	Yazılım ihtiyacı	Kullanım kolaylığı	Geçerlilik	Güvenirlilik	Yorumlanabilme	Düzenlenebilir	Değişkenler
İç yük ölçümleri									
Algılanan zorluk derecesi	D	H	E/H	Y	O-Y	O-Y	E	E	Tek değişken (Süreyle bağlı)
Sesyon algılanan zorluk derecesi	D	H	E/H	Y	O-Y	O-Y	E	E	Tek değişken (Süreyle bağlı)
TRIMP (training impulse)									
antrenman uyararı	D-O	E	E	O	O-Y	O-Y	E	H	Tek değişken (Süreyle bağlı)
Zindelik anketleri	D	H	E/H	O-Y	O	O-Y	E	E/H	Değerlendirme, kontrol listeleri, sınıflandırma ölçekleri
Psikolojik envanterler	D-O	H	E/H	O-Y	O-Y	O-Y	E	E	Değerlendirme, kontrol listeleri, sınıflandırma ölçekleri
Kalp atım indeksleri	D-O	E	E	Y	Y	O-Y	E	E	KA, KA bölgeleri, KAD /toparlanma ölçümleri
Oksijen tüketimi	Y	E	E	D	Y	Y	E	E	VO ₂ , metabolik eşikler
Kan laktat	O	E	E/H	O	Y	Y	E	E	Konsantrasyonlar
Biyokimyasal ve hematolojik değerlendirmeler	O-Y	E	E/H	D	Y	O-Y	E	E	Konsantrasyonlar, hacimler
Dış yük ölçümleri									
Süre	D	E	E/H	Y	Y	Y	E	E	Zaman birimleri (sn, dk, saat, h, g, yıl)
Antrenman sıklığı	D	H	H	Y	Y	Y	E	E	Antrenman sayısı
Mesafe	D	E/H	E/H	Y	Y	Y	E	E	Mesafe birimleri (m, km)
Hareket tekrar sayısı	D	E/H	E/H	O-Y	Y	O-Y	E	E	Aktivite sayıları (sıçrama, adım, atış)
Antrenman tipi	D	E/H	H	Y	Y	Y	E	E	Ağırlık, koşu, bisiklet, yüzme vs
Güç çıktılan	O-Y	E	E	D-O	Y	Y	E	E	Rölatif güç W/kg mutlak güç W
Hız	D-O	E	E/H	O-Y	Y	Y	E	E	Hız ölçümleri (m/s, m/dk, km/s)
İvmelenme	D-O	E	E	D	Y	Y	E	E	İvmelenme ölçümleri (m/s ²)
Fonksiyonel nöromusküler testler	D-O	E	E/H	O	O-Y	Y	E	E	CMJ ve Drop-Jump ölçümleri
Akut: Kronik iş yükleri	D-O	E/H	E	O	O-Y	O-Y	E	E	Akut: Kronik antrenman yük oranları
Küresel konumlama sistemi (GPS)	O	E	E	O	O-Y	O	E	E	Sürat, katedilen mesafe, ivmelenme, lokasyon, eşik zamanları
Metabolik güç	O	E	E	D-O	D-O	O	E	H	Enerji denklilikleri
Hareket-zaman video analizleri (otomatikleştirilmiş)	O	E	E	D	O-Y	O	E	E	Sürat, Lokasyon, İvmelenme
Hareket-zaman video analizleri (otomatikleştirilmemiş)	O-Y	E	E	D	O-Y	O	E	E	Sürat, lokasyon, ivmelenme
Akselerometre	O	E	E	D-O	O-Y	O	E	H	Z-y-z g kuvvetleri
Oyuncu yükü	O	E	E	O	O	O	E	E	Tek değişken (Süreyle bağlı)

D: Düşük, O: Orta, Y:Yüksek, E: Evet, H:Hayır, TRIMP: Training impulse antrenman uyararı, VO₂: Oksijen tüketimi, GPS: Küresel konumlama sistemi.

26. ANTRENMAN YÜKÜ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

26.1. Dış Yük Ölçüm Yöntemleri

Dış antrenman yükü kat edilen mesafe, ağırlık kaldırma sayısı, sprint sayısı, vuruşların ve sıçramaların sayısı gibi parametreleri ifade eder. Sporcuların bu değişkenleri belirlenmeden uygun yükleri tespit edilemez (Sparks, Coetzee ve Gabbett, 2017). Sporda, giyilebilir teknolojinin kullanımı ile birlikte bireylerin dış yük ölçümleri objektif bir şekilde yapılabilmektedir. Bu teknolojilerden birisi olan GPS (Küresel Konumlama Sistemi) ekipmanları ile, sporcuların kat ettikleri mesafeler ve bu mesafelerin hangi hız aralıklarında yapıldığı (koşu hızları) analiz edilebilmekte ve antrenman dış yükü ölçülebilmektedir (Soligard vd., 2016). Ayrıca bu cihazların içine yerleştirilen mikrosensörler yardımıyla bireylerin pozitif ve negatif ivmelenmeleri, yön değiştirmeleri ve ikili mücadeleler esnasında kaslarda meydana gelen periferik yükleri hesaplanarak bireylerin antrenman dış yükü daha kapsamlı bir şekilde tespit edilebilmektedir (Cardinale ve Varley, 2017). Antrenman süresi, sıklığı, kat edilen mesafeler, hareketlerin tekrar sayımları, antrenman tipi, GPS ölçümleri, metabolik güç, hareket-zaman video analizleri, güç sayaçları, ivmeölçerler ve ivmelenmeler dış yük takip yöntemleri olarak bilinmektedir (Halsen, 2014).

Antrenman yükü hesaplanırken, sadece sporcuların kat ettikleri mesafelere ve bu mesafelerdeki hız aralıklarına odaklanmak yanıltıcı olabilir. Çünkü pek çok spor dalında ikili mücadeleler, yön değiştirmeli koşular, sıçramalar ve ivmelenmeler gibi farklı türde hareketler sergilenebilmektedir. Bu hareketler esnasında, enerji ihtiyacı ve metabolizmaya binen yük sabit hızda koşulardan farklı olabilmektedir (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo ve Di Prampero, 2010). Bundan dolayı son yıllarda dış yük takibinde, koşu hızları ve ivmelenmelerin enerji maliyetinin beraber değerlendirildiği metabolik güç yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle göre, düz zeminde gerçekleştirilen ivmelenmeler, enerji maliyeti açısından sabit hızlı bir şekilde yokuş yukarı yapılan koşularla eşdeğerdir. Dolayısıyla, düz bir yüzeydeki ivmelenme açısı biliniyorsa, buna denk gelen bir eğim ve kütle belirlenerek metabolik güç hesaplanabilir. Ancak, bu yöntemin bazı sınırlamaları olduğu da unutulmamalıdır. Metabolik güç hesaplanırken, sporcunun toplam kütesinin ağırlık merkezinde toplandığı varsayılır. Bu nedenle, kol ve bacak hareketlerinin olası enerji maliyeti hesaba katılmaz. Sonuç olarak, hesaplanan enerji maliyeti, minimum enerji harcamasını yansıtır (di Prampero vd., 2005).

Antrenman dış yük ölçümünde önemli bir diğer nokta, tüm bu göstergelerin doğru bir şekilde ölçülmesi ve değerlendirilmesinin, kullanı-

lan ölçüm yöntemlerinin geçerlilik ve güvenilirliğine bağlı olduğudur. Nitekim, GPS cihazlarının ölçüm geçerliliği ve güvenilirliği, sergilenen hareketlerin hızı, süresi, türü ve kullanılan GPS cihazının veri toplama frekansına (Hz) bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Rampinini vd., 2015). GPS ölçüm güvenilirliği, yüksek veri toplama frekansına sahip cihazlarda (10 Hz) artarken, düşük frekanslı cihazlarda (5 Hz), özellikle yüksek şiddetli ve yön değiştirmeli aktivitelerde düşmektedir (Jennings, Cormack, Coutts, Boyd ve Aughey, 2010). Bu bağlamda, antrenman yükü takibi yapılırken, düşük frekanslı cihazlardan elde edilen veriler dikkatle değerlendirilmelidir (Yaşlı vd., 2020).

27. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE GPS ÖLÇÜMLERİ

GPS teknolojisi, ilk kez Avustralyalı bilim insanları tarafından sporcular üzerinde uygulanmıştır. Takım sporlarında oyuncuların hareketlerini izlemek amacıyla piyasaya sürülen ilk GPS teknolojileri, 2003 yılında GPSports® şirketi tarafından geliştirilmiştir (Edgecomb ve Norton, 2006). O zamandan bu yana futbol, ragbi, hokey ve Avustralya futbolu gibi spor dallarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

GPS teknolojileri, taşınabilir olmaları, kolay bir şekilde giyilebilmeleri, hem antrenmanlarda hem de deplasman maçlarında kullanılabilir olmaları, pratik yazılımlara sahip olmaları ve kamera kurulumu gibi ayrıntılı montajlara ihtiyaç duymamaları nedeniyle diğer oyuncu takip cihazlarına göre daha ön plandadır (Hewitt, 2016). Sporcu ve takım performansını değerlendirmek ve geliştirmek amacıyla kullanılan GPS teknolojisi, sporcuların fiziksel, teknik ve taktik analizlerinin yapılmasını sağlar (Söğüt ve Baytaş, 2022). Teknik olarak, bu cihazlar 1Hz, 5Hz, 10Hz, 15Hz ve 20Hz gibi farklı hızlarda uydu aracılığı ile gerçek zamanlı veri aktarımı yapabilen, hem fizyolojik hem de kinematik veriler sağlayabilen teknolojilerdir. GPS sistemleri ağırlıklı olarak antrenmanlardaki yüklerin izlenmesi için kullanılmaktadır (Öngün, 2024). GPS teknolojileri ile kat edilen mesafe, farklı hız aralıklarında kat edilen mesafeler, kalp atış hızı, ivmelenme, tekrarlanan sprint sayısı, oyun sahasının farklı bölgelerinde geçirilen süre oranı, kişisel nabız aralıkları, yakılan kalori miktarı, koşu hızları, farklı hız aralıklarında geçirilen süreler, sprint hareketlerinde üretilen güç miktarları, hareket sırasında koşu asimetrikleri ve tüm bu parametreler arasındaki ilişkiler takip edilebilir (Akyıldız, 2018). Bu cihazlar, antrenman şiddet ve hacminin kontrol edilmesi, performansın izlenmesi, antrenman planlarının tasarlanması ve yaralanma risklerinin analiz edilmesi amacıyla atletik performans antrenörleri

ve spor bilimciler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Ateş vd., 2021). Bunlara ek olarak, takip sistemleri sayesinde koşu mesafeleri ve hızları izlenebilir, bu koşuların yer, yön, ivme ve hız gibi değişkenlerinin analizi yapılabilir. Sporcu takip sistemlerinin kullanımı, maç analizi uygulamalarında ve sporcu performansının değerlendirilmesinde önemli faydalar sağlamaktadır. Bu sistemler, sporcuların günlük takibini yapılmasını, fiziksel performans değişkenlerinin belirlenmesini ve yorgunluğa bağlı yaralanmaların teşhisini mümkün kılmaktadır. Bu teknolojinin ana kullanım amaçlarından biri oyuncu yükünü izlemektir (Schwartz, 2022). Dolayısıyla, GPS ekipmanları ile, antrenmanlar ve müsabakalar esnasında oyuncuların dış antrenman yükleri belirlenebilmektedir (Bourdon vd., 2017; Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román ve Castagna, 2013). Bu sensörler bireyin dış yükünü hesaplayabilmek için çeşitli algoritmalar kullanarak, hız, konum ve ivme ölçümü yapabilmektedir (Cummins vd., 2013). Günümüzde artık giyilebilir teknolojiler, akıllı telefonlar ve bireysel olarak kullanılan ivmeölçer sensörleri sıklıkla kullanılmaktadır. Gelişmiş GPS alıcıları hareketin büyüklüğünü ve frekansını üç boyutlu olarak ölçebilen üç eksenli ivmeölçerler içerir (Krasnoff vd., 2008). Bu alıcılar sırası ile yönü, yönelimi ve açısız hareketi ölçen bir manyetometre ve jiroskop içerir (Gabbett, 2013). İvmeölçerler genel olarak 100 Hz'lik örnekleme frekanslarına sahiptir ve bundan dolayı oldukça yüksek bir örnekleme hızı sunar. İvmeölçerler, hem indoor (iç mekân) hem de outdoor (dış mekân) olarak kullanılabilir ve akselerasyon ve deselerasyon gibi büyük yorucu hareketleri ölçebilir. İvmeölçerler, vücuda uygulanan ivmeyi ölçerek toplam dış yükü tahmin etmek için kullanılabilir. Bu sistemde dış yük; çarpışmalar, ayak hareketleri ve ivmeölçer tabanlı algoritmalar aracılığıyla tespit edildiğinden, hız ve mesafe tabanlı metriklere kıyasla daha hassas ve detaylı sonuçlar elde etmek mümkündür (Boyd, Ball ve Aughey, 2011). Ek sensörlerden gelen veriler, gelişmiş hareket modellerini hesaplamak ve iç mekân sporlarındaki yükü ölçmek için entegre edilebilir. GPS'ten türetilen tipik dış yük ölçümleri, bir sporcunun çeşitli hız veya ivme eşiklerinde yaptığı hareket sayısını veya kat ettiği mesafeyi de içerebilir (Akenhead, French, Thompson ve Hayes, 2014). Dış yük ölçümleri, analiz sırasında veya diğer spor uygulayıcılarıyla iletişim sırasında sıklıkla yanlış yorumlanır. Örneğin, sprint mesafesi genellikle bir sporcunun sprint hız eşığının (örneğin, 7 m/s) üzerinde hareket ettiğini belirtir. Bu, sprintin statik bir başlangıçtan başladığı antrenman ve test sırasında düşünülen sprintten farklıdır. Benzer şekilde, hızlanma çabası, bir sporcunun belirli bir ivme oranını aştığı süreyi ifade eder. İvme oranı, maksimum ivmeden sonra hızla azaldığından, hızlanma yalnızca sporcunun ilk bir veya iki adımına işaret edebilir. İvme ve hız parametreleri hareketler arasında farklılık gösterir. Bu ölçütleri kullanmadan önce antrenörlere ve uygulayıcılara tam olarak açıklamak önem-

lidir, çünkü giyilebilir teknoloji kullanıcılarına sunulan yeni metriklerin sayısında giderek bir artış görülmektedir (Akyıldız, 2019).

27.1. Mesafe ve Hız Ölçümleri

Sporcuların aktivite profillerini, mesafe ve hız verilerini tespit etmek için GPS takip cihazları sıklıkla kullanılmaktadır. GPS izleme sistemleri, özellikle maçlarda yorgunluk seviyelerini tespit etmek, yoğun oyun dönemlerini belirlemek ve farklı pozisyonlara, müsabaka seviyelerine ve spor türlerine göre aktivite profillerini analiz etmek için kullanılmaktadır (Jennings, Cormack, Coutts ve Aughey, 2012). Antrenman ve müsabaka sırasında sporcuların GPS yelekleri kullanarak kat ettikleri mesafelerin belirlenmesi yaygın olarak kullanılan dış yük ölçümlerinden birisidir. Bu ölçüm GPS verileri ve konumsal farklılaşma aracılığı veya Doppler integrali kullanılarak hesaplanmaktadır. GPS teknolojiler ile tespit edilen mesafe belirli hız eşiklerine göre raporlanır. Düşük şiddetli, orta şiddetli koşular ve sprint koşu eşiğinin belirlenmesi sıklıkla kullanılmaktadır (Hackney, 2013). Ham GPS hız verileri, üreticiye bağlı olarak değişebilen filtreleme teknikleri kullanılarak daha fazla işlenebilir. Farklı filtreleme teknikleri, hız çıktısını önemli ölçüde değiştirebilir ve tüm üreticiler tarafından kullanıcılara her zaman açıklanmaz. Mesafe ve hız verilerinden elde edilen dış yük ölçümleri, belirli hız eşiklerinde kat edilen mesafeyi ve belirli hız aralıklarında gerçekleşen aktivitelerin sayısını (Sprint sayısı) içerir (Akyıldız, 2019). Araştırmacılar ve uygulayıcılar çoğunlukla toplam kat edilen mesafe ve sprint sayısına yoğunlaşmaktadırlar. Bu iki değişkenin sporcu açısından en yoğun aktivite olduğu düşünülmektedir. Fakat bu durum dış yükün tam bir yansıması değildir. Her zaman yüksek hızlı koşu yüksek yoğunluklu antrenman olarak görülmemelidir. Sporcular arasındaki bireysel farklılıklar da dikkate alınarak, oyuncuların yüksek yoğunlukta koşmaya başladıkları hızın farklılık gösterdiği de hesaba katılmalı ve yüksek yoğunluklu hız eşiğinin bireyselleştirilmesi gerektiği unutulmamalıdır (Abt ve Lovell, 2009). Ayrıca yüksek yoğunluklu aktiviteler içerisinde sadece kat edilen mesafe ve sprintler değil, ivmelenmeler, yön değiştirmeli koşular, sıçramalar ve ikili mücadeleler de bulunabilir (Osgnach vd., 2010).

27.2. Hızlanmalar

Hızlanmalar dış yük takibinde kullanıldığında, iç yüklere yansımayan ancak yalnızca teknolojik takip sistemleriyle gözlemlenip objektif verilerle tespit edilebilen parametreler elde edilebilir. Hızlanmaların antrenman yükü takibi hesaplamalarına dahil edilmesi, önemli farklılıklar yaratabilir ve daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir (Akyıldız, 2019).

Hızlanma, sabit hızda yapılan harekete göre enerji açısından daha talepkârdır (Osgnach vd., 2010; di Prampero vd., 2005). Durağan bir başlangıçtan itibaren maksimum 5 saniyelik bir sprint sırasında, toplam işin 50%'si ilk 1,5 saniye içinde gerçekleştirilir ve sadece yaklaşık 0,5 saniyede ortalama güç çıkışından 40% daha yüksek bir tepe güç elde edilir (di Prampero vd., 2005). Dolayısıyla, bir sprint eşiğine ulaşılmadan önce en zor işin yapıldığı söylenebilir. Ayrıca, düşük bir hızdan ivmelenmek, daha yüksek bir sabit hızı korumak için gereken güç çıkışına eşit olabilir veya onun üzerine çıkabilir (Osgnach vd., 2010). Bu da hızlanmanın sadece metabolik olarak zorlayıcı bir görev değil, aynı zamanda yüksek bir hızda gerçekleşmese bile zorlayıcı bir hareket olduğunu gösterir. İvmelenmelerin enerji gereksinimleri göz önüne alındığında, dış yükün yalnızca mesafe ve hız metriklerine dayalı olarak ölçülmesi durumunda, sporcuların gerçekleştirdiği gerçek yüksek yoğunluklu çabaların göz ardı edilebileceği düşünülmektedir. Genellikle, ivmelenme sayısı veya belirli ivme eşiklerinde kat edilen mesafe, dış yük ölçüsü olarak kullanılır. Ancak, mevcut teknolojinin sınırlamaları göz önüne alındığında, bu verilerin yorumlanmasında oldukça dikkatli olunmalıdır. Bu durum, dış yükün yalnızca mesafe ve hız ölçüleriyle nicelendirildiği durumlarda, sporcuların gerçekleştirdiği gerçek yüksek yoğunluklu işin göz ardı edilebileceğini göstermektedir (Cardinale ve Varley, 2017).

Hızlanma, GPS hız verilerinden türetilir. Hızlanma hesaplanırken iki temel veri işleme aşaması vardır. Birincisi, hız verilerinden ivmenin türetildiği zaman aralığıdır. Daha uzun bir zaman aralığı kullanıldığında, ivme verileri üzerinde hafifletici bir etkiye sahip olan ortalama ivme elde edilir. İkinci aşama, zaten hesaplanmış ivme verilerine hafifletme filtrelerinin uygulanmasıdır. Hız verilerindeki hatalar ivme türetildiğinde büyütüldüğünden, ivme verileri genellikle önemli ölçüde filtrelenir. Hız verilerinde olduğu gibi, filtreleme teknikleri üreticiye bağlı olarak değişiklik gösterebilir. İvme filtreleri daha önce filtrelenmiş hız verilerine uygulandığından, filtreleme tekniklerindeki farklılıklar rapor edilen ivme ölçümlerini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu durum, bir yazılım güncellemesinden önce ve sonra GPS verileri işlendiğinde gözlemlenmiş ve güncellemeden sonra tespit edilen ivmelenme sayısında belirgin bir azalma görülmüştür (Buchheit vd., 2014). Filtreleme teknikleri rapor edilmesine de, bu farklara veri filtreleme tekniklerindeki değişikliklerin katkıda bulunmuş olması muhtemeldir. Genellikle, dış yük ölçüsü olarak belirli ivme eşiklerinde gerçekleştirilen ivmelenme çabalarının sayısı veya kat edilen mesafe kullanılır. Ancak, mevcut teknolojinin sınırlamaları göz önünde bulundurularak bu verilerin yorumlanmasında dikkatli olunması gerekir (Varley vd., 2012).

28. DIŞ YÜK TAKİBİNDE KULLANILAN CİHAZLARIN GEÇERLİĞİ VE GÜVENİRLİĞİ

Antrenman dış yük takibinde, parametrelerin doğru bir şekilde ölçülebilmesi ve değerlendirilebilmesi için ölçüm araçlarının geçerlik ve güvenilirliği oldukça önemlidir. GPS cihazlarının ölçüm geçerliği ve güvenilirliği, gerçekleştirilen hareketlerin hızı, süresi ve türü ile GPS cihazının veri toplama sıklığına (frekans sıklığı-Hz) bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Rampinini vd., 2015). GPS ölçümlerinin güvenilirliği, yüksek frekans sıklığına sahip takip cihazlarında (10 Hz) artarken, düşük frekanslı cihazlarda (5 Hz) (özellikle yüksek şiddetli ve yön değiştirmeli aktivitelerde) azalmaktadır (Jennings vd., 2010; Scott vd., 2016). Bu bağlamda, antrenman yükü takibi yapılırken, düşük frekanslı cihazlardan elde edilen verilerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Yaşlı vd., 2020).

Dış yük takibi (external load monitoring), spor bilimleri ve antrenman süreçlerinde atletlerin fiziksel yüklenme düzeylerini değerlendirmek için kullanılan önemli bir yöntemdir. Kullanılan araçların geçerliği (validity) ve güvenilirliği (reliability), elde edilen verilerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

28.1. GEÇERLİK (VALIDITY):

Bir ölçüm aracının, ölçmek istediği şeyi ne kadar doğru ölçtüğünü ifade eder. Dış yük takibinde kullanılan araçların geçerli olması, onların fiziksel yüklenme düzeylerini doğru bir şekilde ölçmesi gerektiği anlamına gelir. Örneğin, GPS cihazları veya ivmeölçerler gibi araçlar, mesafe, hız ve ivme gibi parametreleri doğru şekilde ölçmelidir.

28.2. GÜVENİRLİK (RELIABILITY):

Aynı koşullar altında yapılan tekrar ölçümlerde benzer sonuçlar alınmasını ifade eder. Güvenilir bir araç, ölçümleri tekrarlandığında tutarlı sonuçlar vermelidir. Bu, sporcuların performans verilerinin uzun süreli analizleri için önemlidir.

28.3. KULLANILAN ARAÇLAR VE DEĞERLENDİRME

28.3.1. GPS Sistemleri:

Spor bilimlerinde dış yük takibi için sıkça kullanılan araçlardır. GPS sistemlerinin geçerliği ve güvenilirliği, ölçüm frekansına (Hz), cihazın ka-

litesine ve kullanılan algoritmalara bağlıdır. Araştırmalar, yüksek frekanslı GPS cihazlarının (10 Hz ve üzeri) hız, mesafe ve konum verilerinde daha doğru ölçümler sağladığını göstermektedir (Malone vd., 2017).

28.3.2. İvmeölçerler (Accelerometers):

İç ve dış yükü ölçmek için kullanılır. Bu cihazların geçerliği, doğru bir şekilde hareket yoğunluğunu ölçmesine bağlıdır. Güvenirlikleri ise sensör kalitesine ve vücuda yerleştirilme şekline bağlı olarak değişir (Scott vd., 2016).

28.3.3. Kalp Atış Hızı Monitörleri:

Dış yük ile ilişkili olarak sporcuların fizyolojik tepkilerini izlemek için kullanılır. Bu cihazlar, özellikle dayanıklılık sporlarında popülerdir ve genellikle güvenilir bulunur (Buchheit ve Laursen, 2013).

28.4. SONUÇ

Dış yük takibinde kullanılan araçların geçerliği ve güvenilirliği, cihazların teknolojik kapasitesine, ölçüm protokollerine ve kullanım koşullarına bağlıdır. Özellikle GPS ve ivmeölçer gibi araçlar, yüksek frekanslı ve kaliteli modeller tercih edildiğinde hem geçerli hem de güvenilir sonuçlar sağlayabilir. Ancak, bu araçların doğru şekilde kullanılabilmesi için kullanıcı eğitimi ve kalibrasyon süreçleri önemlidir.

29. İÇ YÜK TAKİBİ

Günümüzde sporcuların müsabaka takvimleri çok yoğun ve sıkışık bir hale gelmiş durumdadır. Bu durum, sporcuları önemli ölçüde daha yüksek antrenman ve maç yüklerine maruz bırakmaktadır. Bu yükler, sporcuların fiziksel kapasitelerinin altında kaldığında performans düşüşüne neden olabilir. Aksine, sporcuları aşırı zorlayan veya müsabaka gereksinimlerini karşılamayan antrenman yükleri de sakatlıklara yol açabilir. Bu durum, sporcularla çalışan antrenörler, spor bilimciler ve sağlık ekipleri için antrenman yükünün takibini zorunlu kılmaktadır (Alemdaroğlu ve Köklü, 2017). İç yük, sporcuların antrenman ve müsabaka sırasında maruz kaldıkları fizyolojik ve psikolojik stresler sonucunda organizmada meydana gelen tepkiler olarak tanımlanır. Performansın etkili bir şekilde sürdürülebilmesi için, antrenmana verilen tepkilerin antrenörler ve/veya uygulayıcılar tarafından sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. İç yük

takibinde kullanılan birçok değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler hem saha hem de laboratuvar koşullarında uygulanabilir. Teknolojinin ve spor bilimlerinin hızlı gelişimiyle birlikte her geçen gün yeni cihazlar ve fikirler ortaya çıkmaktadır. Geçmişte sadece laboratuvar ortamında yapılan değerlendirmeler, günümüzde bir saat ya da telefon uygulaması ile yapılabilecek kadar kolay hale gelmiştir. Bu yenilikler, spor bilimciler ve uygulayıcılar için birçok kolaylık sağlamaktadır. Takım sporlarında ve bireysel sporlarda, uygulayıcıların antrenman programlarını bu yöntemleri kullanarak tasarlamaları gerekmektedir. Özellikle takım sporlarında bireysel farklılıklar olabilir. Aynı antrenman döneminde, sporcular birbirlerinden farklı fizyolojik tepkiler verebilir. Bu farklılıkların, antrenmanın verimliliğini düşürebileceği gibi sakatlıklara ve hastalıklara da yol açabileceği bilinmektedir. Ayrıca, futbol gibi sıkışık müsabaka dönemlerinin yaşandığı spor branşlarında bu değerlendirmeler daha da önemli hale gelmektedir (Dirik ve Gürol, 2021).

30. İÇ YÜK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Her bir yöntemin avantajları ve sınırlamaları bulunmaktadır. Örneğin, KAH çevresel koşullardan etkilenebilirken, laktat ölçümleri bazı antrenman şiddetlerinin sınıflandırılmasında yetersiz kalabilir. Bu nedenle, antrenman yükü takibinde iç ve dış yük kavramlarının birlikte ele alındığı bütünleştirici yaklaşımların kullanılması önerilir. Antrenman iç yükünün doğru bir şekilde izlenmesi, sporcunun performansını artırmak, aşırı yüklenmeyi önlemek ve sakatlık riskini azaltmak için hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, antrenörler ve spor bilimciler, sporcunun bireysel yanıtlarını dikkate alarak uygun yöntemleri seçmeli ve uygulamalıdır (Yaşlı vd., 2020). Antrenman iç yükü, bir sporcunun antrenman veya müsabaka sırasında maruz kaldığı streslere karşı verdiği fizyolojik ve psikolojik tepkileri ifade eder. Bu tepkilerin izlenmesi, sporcunun performansını optimize etmek ve sakatlık riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir. İç yükü değerlendirmek amacıyla kullanılan başlıca yöntemler şunlardır: Kalp Atım Hızı (KAH) Takibi, Laktat Konsantrasyonları, Oksijen Tüketimi (VO_2), Algılanan Zorluk Düzeyi (AZD), Antrenman Uyararı, Zindelik Anketleri (Yaşlı vd., 2020), Psikolojik Ölçümler, Kardiyovasküler ve Solunum Ölçümleri, Hormonal Parametreler, Nöromusküler Parametreler (Akyıldız, 2019).

30.1. KALP ATIM HIZI (KAH) TAKİBİ:

Kalp atım hızı monitörleri, 20. yüzyılda yalnızca laboratuvar ortamlarında kullanılırken, teknolojinin hızlı ilerlemesiyle birlikte önemli ölçüde gelişmiştir. Günümüzde bu değerlendirmeler, telefon ve akıllı saat uygulamaları gibi cihazlar kullanılarak kolayca yapılabilen ve antrenörler ile spor bilimciler tarafından antrenman takibi için en sık kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiş durumdadır (Achten ve Jeukendrup, 2003).

KAH ile antrenman yükü tamamen ölçülemez ancak toplam antrenman yükünün ölçülmesi için geliştirilen indekslerin bazıları KAH temel alınarak geliştirilmiştir. Antrenman sırasında kalp atım hızının izlenmesi, sporcunun kardiyovasküler tepkilerini değerlendirmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, çevresel faktörler ve sporcunun günlük durumu KAH'yi etkileyebilir (Yaşlı vd., 2020). Kalp atım hızı bireylerin yoğunluk seviyeleri ve toparlanma durumu hakkında da bilgi vermektedir (Achten ve Jeukendrup, 2003).

Kalp atım hızı takibi ile antrenman şiddeti, maksimal kalp atım hızı yüzdesi ($KAH_{maks\%}$) ve kalp atım hızı rezervi yüzdesi ($KAH_{r\%}$) tespit edilebilir. Fakat $KAH_{maks\%}$ ile yapılan değerlendirmelerde, bireylerin dinlenik KAH'leri hesaba katılmamaktadır. Çünkü bireylerin dinlenim KAH, yaş ve kondisyon seviyelerine göre farklılık gösterebilir. Bundan dolayı, hesaplanan antrenman şiddetinde, bireysel farklılıklar değerlendirilememektedir. Bazı bilim insanları antrenman şiddetinin belirlenmesinde daha geçerli bir yöntem olan $KAH_{r\%}$ 'sinin kullanımını tavsiye etmektedir. $KAH_{r\%}$ 'sinin uygulanması aynı zamanda bireysel antrenman sürecinin gelişimine de katkı sağlamaktadır (Garber vd., 2011).

Tablo 4. Maksimal kalp atım hızı yüzdeleri ve kalp atım hızı rezervi yüzdelerine göre antrenman şiddet bölgeleri (Yaşlı vd., 2020).

Egzersiz şiddeti	$KAH_{maks\%}$	$KAH_{r\%}$
Çok hafif	<57	<30
Hafif	57-63	30-39
Orta	64-76	40-59
Şiddetli	77-95	60-89
Maksimale yakın-Maksimal	96-100	90-100

$KAH_{maks\%}$: Maksimal kalp atım hızı yüzdeleri, $KAH_{r\%}$: Kalp atım hızı rezervi yüzdeleri.

30.2. LAKTAT KONSANTRASYONLARI:

Kandaki laktat seviyelerinin ölçülmesi, özellikle yüksek yoğunluklu egzersizlerde kas metabolizmasının değerlendirilmesinde kullanılır. Ancak, laktat ölçümleri her antrenman türü için uygun olmayabilir.

Spor alanlarında laktat ölçümlerinin kullanılması, taşınabilir laktat analizörlerinin icadı ile artmış durumdadır. Bu cihazlar yardımıyla, insan vücudunun çeşitli bölgelerinden düşük maliyet ile kolay bir şekilde laktat ölçümleri yapılabilmektedir (Djaoui, Haddad, Chamari ve Dellal, 2017). Laktat ölçümleri spor alanında bireylerin iç yüklerini tespit etmede kullanılmaktadır (McGuigan, 2017). Müsabaka yada antrenmanlarda supramaksimal veya maksimal yüklenmelerde kan laktat değerlerinde artışlar gözlemlenmektedir. Pek çok araştırmada aerobik eşik seviyesi 4 mmol.l-1 olarak belirtilse de, sporcular arasında bireysel farklılıkların olabildiği ve antrenmanlar planlanırken bu bireysel farklılıklara dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir. (Dirik ve Gürol, 2021). Antrenman yükü takibinde laktat değerlerinin kullanılmasının bir diğer amacı da, antrenman uyumlarının değerlendirilmesidir. Aynı antrenman yoğunluğuna karşılık gelen laktat değerlerinin zamanla düşmesi, çoğunlukla sporcunun antrenmana olan adaptasyonu olarak yorumlanır (Swart ve Jennings, 2004). Fakat bazı durumlarda aynı antrenman yoğunluğuna denk gelen laktat değerlerindeki düşüşler, sporcunun sürantrene olmasından kaynaklı olabilir. Bu iki durum birbirine karıştırılmamalıdır. Bu karışıklık, laktat yoğunluğundaki düşüşlerin antrenman uyumu olarak algılanarak, antrenman yükünün daha fazla artırılmasına, dolayısı ile sürantrenman durumunun daha da kötüye gitmesine neden olabilir. Belirtilen bu karışıklık, antrenman sırasında laktat ölçümleri ile birlikte diğer fizyolojik yanıtların takibi ve sporcudan alınacak düzenli geri bildirimlerle önlenilebilir (Yaşlı vd., 2020). Bu bilgilere ek olarak, antrenman yükü takibinde, bireylerin laktat değerlerinin antrenman etkisinden bağımsız olarak birçok faktörden etkilenebilmektedir. Ölçümü alınan laktat değeri antrenmanın tamamından ziyade, aktivitenin bir kısmını yansıtmaktadır (Djaoui vd., 2017). Yine ölçüm araçlarının farklılığı, ölçüm zamanı, ölçüm alınan bölgeler ve ölçüm yapan kişilerin bireysel farklılıkları sonuçların yanlış yorumlanmasına neden olabilmektedir (Halsen, 2014). Laktat ölçüm analizörlerindeki ölçüm hataları (örneğin sonucun 5 mmol'de-0,35 mmol/L çıkması; 10 mmol/L'de-0,7 mmol/L çıkması gibi) da sonuçların yanlış yorumlanmasına sebep olabilmektedir (Swart ve Jennings, 2004). Ölçüm alınan ortamın ısı ve sporcuların hidrasyon durumları da antrenman yoğunluğundan bağımsız olarak laktat değerlerini etkileyebilmektedir. Örneğin aynı antrenman şiddetleri ile meydana gelen yorgunluk durumlarında, 40 °C ve 3 °C ortam ısılarında laktat değerleri sırası ile; 36 mmol/L ve 16,3 mmol/L çıkabilmektedir (Parkin, Carey, Zhao

ve Febbraio, 1999). Yine, uygulanan antrenmanın türü, kapsamı (süresi) ve antrenman esnasında antrenman yoğunluğunda görülen dalgalanmaların seviyesi, laktat değerlerini etkileyeceği düşünülen diğer faktörlerdir (Borresen ve Lambert, 2009).

30.3. OKSİJEN TÜKETİMİ (VO_2):

Oksijen Tüketimi (VO_2), bir organizmanın belirli bir zaman diliminde tükettiği oksijen miktarını ifade eder. Bu, vücudun enerji üretme süreci için ihtiyaç duyduğu oksijenin ölçüsüdür ve genellikle egzersiz, metabolizma ve kardiyovasküler sistemin verimliliği hakkında bilgi verir. VO_2 , hem dinlenme durumunda hem de egzersiz sırasında ölçülebilir ve bireylerin aerobik kapasitesini, kardiyovasküler sağlığını ve genel fiziksel durumlarını anlamak için önemli bir parametredir.

30.4. OKSİJEN TÜKETİMİNİN ÖLÇÜLMESİ

Oksijen tüketimi genellikle mililitre cinsinden (ml) ve kilogram başına bir dakika (kg/dak) olarak hesaplanır.

Bir kişinin oksijen tüketimi, vücudun enerji üretimi için kullandığı oksijenin miktarına dayanır. Egzersiz yapıldığında, vücut daha fazla oksijen tüketir çünkü kaslar daha fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Bu nedenle, VO_2 egzersizlerin şiddeti ile doğru orantılıdır.

VO_2 'nin çeşitli ölçüm biçimleri vardır:

Dinlenme VO_2 : Bireyin dinlenme durumunda, yani hiçbir fiziksel aktivite yapmadığında, harcadığı oksijen miktarıdır.

Maksimum VO_2 (VO_{2max}): Bir kişinin maksimum oksijen tüketim kapasitesini ifade eder. Bu değer, bireyin aerobik kapasitesinin en yüksek seviyesini gösterir ve genellikle dayanıklılık sporcuları için önemli bir gösterge olarak kabul edilir.

30.4.1. VO_2 'nin Kullanımı

Fiziksel Performans: VO_2 , egzersiz kapasitesini ve dayanıklılığını belirlemede kullanılır. Yüksek VO_2 , daha iyi kardiyovasküler sağlık ve daha uzun süreli egzersiz yapabilme kapasitesi anlamına gelir.

Metabolizma: Vücut, oksijeni enerji üretmek için kullanır. VO_2 ölçümü, bir kişinin metabolik hızını ve vücudun ne kadar enerji harcadığını anlamak için de kullanılabilir.

Sağlık Durumu: VO_2 , kardiyovasküler ve pulmoner sağlık hakkında bilgi verir. Düşük VO_2 , kalp ve akciğer sağlığıyla ilgili sorunları işaret edebilir.

30.4.2. VO_2 ve Egzersiz

VO_2 , egzersiz sırasında vücudun ihtiyaç duyduğu oksijen miktarını gösterir. Aerobik egzersizler sırasında, vücut daha fazla oksijen alır ve bu oksijen enerji üretiminde kullanılır. Yüksek VO_2 değerleri, kişinin daha uzun süreli egzersiz yapma kapasitesinin arttığını gösterir (Activity, 1995; McArdle, Katch ve Katch, 2010).

Tablo 5. Oksijen tüketim rezervi yüzdelere göre antrenman şiddet bölgeleri (Yaşlı vd., 2020)

Egzersiz şiddeti	$VO_{2r\%}$
Çok hafif	<30
Hafif	30-39
Orta	40-59
Şiddetli	60-89
Maksimale yakın-Maksimal	90-100

$VO_{2r\%}$ = Oksijen tüketim rezerv yüzdeleri.

30.5. ALGILANAN ZORLUK DÜZEYİ (AZD) (RPE):

Algılanan Zorluk Düzeyi (AZD), bir bireyin fiziksel bir aktiviteyi ne kadar zor veya yorucu olarak algıladığını ölçmek için kullanılan öznel, pratik ve maliyetsiz bir değerlendirme yöntemidir. Bu kavram, genellikle spor ve egzersiz fizyolojisinde kullanılır ve bireyin çabasını tanımlamak için kişisel geri bildirimine dayanır.

30.5.1. Temel Özellikler:

AZD, genellikle Borg Algılanan Zorluk Düzeyi Skalası ile ölçülür. Bu skala, 6 ile 20 arasında bir puanlama sistemi kullanır. Daha düşük bir puan daha az zor bir aktiviteyi, daha yüksek bir puan ise daha zorlu bir aktiviteyi ifade eder.

Bu ölçek, kalp atış hızı gibi fizyolojik değişkenlerle uyumlu bir şekilde çalışır. Örneğin, AZD'nin bir puan artması, genellikle kalp atış hızında yaklaşık 10 vuruşluk bir artışı temsil eder.

Kişisel algılamalar, bireyin kondisyon seviyesi, çevresel koşullar, motivasyon düzeyi ve yorgunluk gibi faktörlerden etkilenebilir (Borg, 1982).

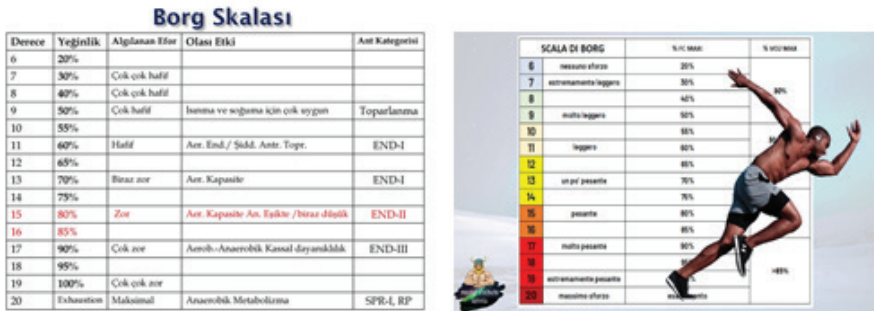
30.5.2. AZD'nin Kullanımı:

Egzersiz Rehberliği: Bireylerin aşırı zorlanmalarını önlemek ve uygun yoğunluk seviyesinde egzersiz yapmalarını sağlamak için kullanılır.

Fiziksel Performans Takibi: Sporunun veya bireyin belirli bir aktivitedeki algısını analiz ederek performans gelişimi değerlendirilir.

Rehabilitasyon: Özellikle kalp ve akciğer rehabilitasyonu süreçlerinde, fiziksel zorlanmayı denetlemek için kullanılır (Borg, 1982).

Antrenman esnasında antrenman içeriğine ve birçok diğer faktöre bağlı olarak Algılanan Zorluk Derecesi ve fizyolojik değişkenler arasındaki korelasyon zayıflayabilir (Little ve Williams, 2007). Ayrıca sporcuların AZD'leri, antrenman yoğunluğundan bağımsız olarak, durumsal (süre, bitme noktası ile ilgili fikir sahibi olma, uygulanan işin geçiciliği) ve psikolojik (yapılan egzersizi anlama, hafıza, bilinç, geçmiş tecrübeler) faktörlerden etkilenebilir (Eston, 2012). Tüm bu nedenlerden dolayı, antrenmanların şiddetinin sadece AZD ile değerlendirilmesi antrenman hakkında hatalı, eksik ve tutarsız sonuçlar verebilir. Bu kapsamda, antrenman şiddetinin daha iyi yorumlanabilmesi için, antrenman sonrasında, AZD ile birlikte diğer fizyolojik cevapların (KAH, laktat vs.) beraber değerlendirilmesi daha iyi olacaktır. (Halsen, 2014)



Şekil 27. Borg skalası (Quadroathletics, 2024) (Alessioferlito, 2024)

30.6. ANTRENMANIN ALGILANAN ZORLUK DERECEŚİ

(AAZD) (SESYONRPE)

Günümüzde antrenman yükünün tespit edilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisi de “antrenmanın algılanan zorluk derecesi (AAZD)”-dir (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi ve Marcora, 2004). Sporcuların veya bireylerin bir antrenman sırasında hissettikleri fiziksel ve psikolojik zorlanmayı subjektif olarak değerlendirdiği bir ölçümdür. AAZD, özellikle egzersiz yoğunluğu ve yüklenmenin bireysel algısını anlamak için kullanılır. Bu yöntem, genellikle spor bilimlerinde ve antrenman yönetiminde, bireylerin farklı yoğunluklardaki egzersizlere verdikleri tepkileri anlamak ve takip etmek için kullanılır. Bu metodun yaygın olarak kullanılmasındaki temel nedenler; maliyetinin düşük olması, geçerli, güvenilir ve kolay bir şekilde uygulanabilir olmasıdır (Foster vd., 2001). AAZD metodu maçın veya antrenmanın yükünü hesaplamak için maçın (ya da antrenmanın) şiddetini ve süresini dikkate alır (Impellizzeri vd., 2004). Antrenman yoğunluğunun algılanan zorluk derecesini tespit edebilmek için, sporcuya antrenman sırasında veya sonrasında (yaklaşık 30 dk sonra), Antrenman nasıldı? sorusu sorulur ve sporcuların bu soruya 0 ile 10 arasında (0-10) bir puan vermesi stenir. Sporcunun bu soruya vereceği puan toplam antrenman süresi ile çarpılır ve antrenman yükü hesaplanır. Örneğin toplamda 50 dakika sürmüş olan bir antrenmanın sporcu tarafından AAZD 8 olduğu tanımlanırsa, yapılan bu antrenmanın toplam yükü $50 \times 8 = 400$ AU (Arbitrary Units – Rastlege birim) olarak kaydedilir (Trainresearch, 2024).

Puanlar	Tekrara Dayalı RPE Ölçeği
10	Daha fazla tekrar yapılamaz
9,5	Daha fazla tekrar yapılamaz veya belki bir tekrar daha yapılabilirdi
9	1 tekrar daha yapılabilir
8,5	Kesinlikle 1 tekrar daha yapılabilir belki 2 tekrar daha yapılabilir
8	2 tekrar daha yapılabilir
7,5	Kesinlikle 2 tekrar daha yapılabilir belki 3 tekrar daha yapılabilir
7	3 tekrar daha yapılabilir
5-6	4-6 tekrar yapılabilir
1-4	Çok hafif ağırlık

Şekil 28. Antrenmanın algılanan zorluk derecesi (Trainresearch, 2024)

Antrenmanın Algılanan Zorluk Derecesi (AAZD) yöntemi, müsabakalar, pliometrik antrenmanlar, interval antrenmanlar ve takım antrenmanları gibi birçok antrenman türünde antrenman yükünün hesaplanması için kullanılmaktadır (Foster vd., 2001; Impellizzeri vd., 2004; Wallace, Slattey ve Coutts, 2009).

Kuvvet antrenmanlarında da Antrenman yükü AAZD yöntemi ile hesaplanabilir. Sporunun antrenmanda uygulamış olduğu tekrar sayısı ile algıladığı zorluk seviyesi çarpılarak AAZD bulunabilir (Borresen ve Lambert, 2009). Fakat kuvvet antrenmanlarında AZD'nin antrenman hacminden daha çok, kaldırılan ağırlığın miktarından (şiddetinden) etkileneceği unutulmamalıdır (Hiscock, Dawson ve Peeling, 2015). Yapılan antrenmanın hacmi aynı olmasına rağmen, daha düşük ağırlıklar ve çok tekrarlar ile yapılan antrenmanlar, yüksek ağırlıklar ve düşük tekrarlar ile yapılan kuvvet antrenmanlarına oranla daha kolay bir şekilde algılanabilir (Sweet, Foster, McGuigan ve Brice, 2004).

Antrenman algılanan zorluk derecesi:

Antrenman yükü (sayısal değer) = antrenman şiddeti

(1-10 arası ölçek) x antrenman süresi (dk) (Yaşlı vd., 2020).

Kuvvet antrenmanları için AAZD:

Antrenman yükü (sayısal değer) = tekrar sayısı *Algılanan

zorluk derecesi (1-10 ölçek) (Yaşlı vd., 2020).

Antrenörler AAZD metodunu kullanarak planlamış oldukları antrenman yükü ile uygulanan antrenman yükü arasında bir farklılık olup olmadığını tespit edebilirler. Antrenman öncesi planlanan yük değeri ile antrenman sonrası sporcudan gelen yanıtlar karşılaştırılabilir ve böylelikle antrenmanın amacına ulaşip ulaşmadığı ortaya konabilir (Haddad, Stylianides, Djaoui, Dellal ve Chamari, 2017).

AAZD, iç yük tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır, fakat, AAZD skoru, birçok sınırlılığa sahip olabilir (Weston, Siegler, Bahnert, McBrien ve Lovell, 2015). Bu sınırlılıkları minimize etmek için antrenman esnasındaki farklı bileşenleri ele almak daha sağlıklı olacaktır. Örneğin nefes seviyesi AZD, bacak kas grubu AZD, üst vücut AZD, bilişsel ve teknik AZD gibi farklı bölgelerin değerlendirilmesi AAZD'nin sınırlılıklarına bir alternatif olabilir (McLaren, Smith, Spears ve Weston, 2017; Fanchini vd., 2016). Yine, antrenmanda algılanan zorluk derecesi ile antrenma yük takibi yapılmadan önce fiziksel efor algısının antrenmandan bağımsız olarak pek çok faktörden (sosyolojik, çevresel, karakteristik) etkilenebileceği unutulmamalıdır. Sporcular o anki antrenmanın fizyolojik streslerini o anki psikolojik durumlarından dolayı farklı şekilde algılayabilirler (Borresen ve Lambert, 2009).

AAZD ölçümü yapılırken gözlemcinin aynı olması ve uygulamanın güvenilirliği açısından ölçüm ortamı ve yapılması gereken prosedürlerin

standart hale getirilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca sporculara ölçümlerden önce skala eğitimi verilmesi ve sporcuların skala ile ilgili aşına duruma getirilmeleri de oldukça önemlidir (Impellizzeri vd., 2004). Sporculara söyleyecekleri puanın ne anlama geldiği bilgilendirmesinin yapılmaması, sporcuların antrenmanların zorluk dereceleri hakkında hatalı bilgiler vermesine neden olabilir (Comyns ve Flanagan, 2013).

Bu bilgilere ilaveten, AAZD ile geleneksel AZD tespit etme metotları arasında bir takım farklılıklar vardır. AAZD metodunda, AZD Foster skalası ile belirlenir iken, geleneksel metotda Borg CR-10 skalası kullanılmaktadır. Foster skalası, Borg CR-10 skalasının değiştirilmiş hâlidir ve bu skalada egzersiz yoğunluğu farklı rakamlar ile ifade edilmektedir (Eston, 2012).

Borg CR-10 skalasında 10 değeri, "çok zor" ya da "aşırı zor" olarak ifade edilir (bu aynı zamanda neredeyse maksimal anlamına da gelebilir). Bu sayı, Foster skalasında maksimal egzersiz şiddetine karşılık gelir. Ancak, orijinal Borg skalasında sporcuların 10 değerinin ötesine geçmesine izin verilir. Bu nedenle, teorik olarak maksimal egzersiz şiddeti 12 veya 13 gibi değerlere karşılık gelebilir. Bu durum göz önünde bulundurularak, Borg 10'un ötesinde ekstra rakamlar eklemiş ve 0-3 arasında mutlak maksimum çabayı ifade eden bir nokta dahil etmiştir. Bu bağlamda, iki skala birbiriyle karıştırılmamalıdır. Ek olarak, geleneksel RPE (Algılanan Zorluk Derecesi) yaklaşımında, sporcuya egzersizin belirli bir bölümünün ne kadar zorlayıcı olduğu sorulur. Buna karşılık, AAZD sporcudan tüm antrenman seansının zorluğunu değerlendirmesi istenir. Bu nedenle, AAZD ölçümü, sporcunun en kolay ya da en zor bölümlerden etkilenmesini önlemek amacıyla antrenmandan 30 dakika sonra değerlendirilmesi önerilmektedir (Foster vd., 2001). Antrenmandan hemen sonra elde edilen değerler ile antrenmandan 30 dk sonra elde edilen değerler arasında bir takım farkların oluşmasından dolayı böyle bir yaklaşımın benimsenmesi daha doğru olacaktır (Tibana vd., 2018).

Sonuç olarak, AAZD'nin literatürde antrenman yükünün belirlenmesinde kalp atım sayısı, Vo2maks, laktat eşiği, antrenman etkisi gibi birçok faktör ile yüksek derecede korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir (Alexiou ve Coutts, 2008; Clarke, Farthing, Norris, Arnold ve Lanovaz, 2013). AAZD metodu antrenman planlaması ve dönemlemesinde sporcuların antrenman yüklerini monitörize etmek için de oldukça yararlı bir araç olabilir (Haddad vd., 2011). Yine AAZD yöntemi spor yaralanmalarını ve sürantrenman (overtraining) riskini minimize etmek (Clarke vd., 2013) ve aynı zamanda antrenman yükü, yorgunluk ve yaralanmalar arasındaki ilişkiyi araştırmak için de değerli bir araç olabileceği belirtilmiştir (Chamari, Haddad, Wong, Dellal ve Chaouachi, 2012).

30.7. ANKETLER VE GÜNLÜKLER

30.7.1. İç Yük Takibinde Anketler

Anketler, bireylerin fiziksel ve psikolojik yüklerini, performanslarını ve sağlık durumlarını değerlendirmek için kullanılan yapılandırılmış sorulardır. Anketler, genellikle belirli aralıklarla yapılır ve bireylerin genel sağlık durumlarını, stres seviyelerini, uyku kalitesini, yorgunluk düzeylerini, ağrı düzeylerini ve motivasyonlarını ölçmek için tasarlanır. Bu anketler sayesinde, kişilerin günlük aktiviteleri, egzersiz seviyeleri ve duygusal durumları hakkında kapsamlı veriler elde edilebilir.

Örnek Anket Konuları:

Fiziksel Yorgunluk: Son 24 saatteki enerji seviyeniz nasıldı? Hangi aktivitelerde yorgunluk hissettiniz?

Psikolojik Durum: Son haftada stres seviyeniz nasıl oldu? Kendinizi ne sıklıkla gergin veya kaygılı hissettiniz?

Ağrı ve Rahatsızlık: Bugün herhangi bir fiziksel ağrı hissettiniz mi? Ağrının şiddetini 1-10 arasında değerlendirin.

Uyku Kalitesi: Dün gece uyku düzeniniz nasıldı? Yeterince dinlendiğinizi hissediyor musunuz?

30.7.2. İç Yük Takibinde Günlükler

Günlükler, bireylerin kendi kendine izleme yapmalarını sağlayan, daha özelleştirilmiş bir takip aracıdır. İç yük günlükleri, bireylerin egzersizlerini, diyetlerini, uyku düzenlerini, stres seviyelerini ve genel sağlık durumlarını kaydetmelerine olanak tanır. Günlükler genellikle kişisel notlar şeklinde tutulur, ancak bazen belirli formatlarla da düzenlenebilir. Günlükler, bireylerin her gün kendilerini nasıl hissettiklerini ve çeşitli sağlık faktörlerini izlemelerini sağlar.

30.7.2.1. Günlüklerde Yer Alan Başlıca Konular:

30.7.2.1.1. Egzersiz Rutinleri:

Günlük egzersiz süresi ve türü (koşu, ağırlık kaldırma, yoga vb.).

30.7.2.1.2. Yorgunluk ve Enerji Seviyesi:

Gün boyunca hissedilen genel yorgunluk ve enerji düzeyleri.

30.7.2.1.3. Duygusal Durum:

Günlük olarak hissedilen stres, kaygı, mutluluk gibi duygusal durumlar.

30.7.2.1.4. Yemek ve Su Tüketimi:

Yenen yiyecekler, içilen sıvılar ve bunların sağlıklı yaşam üzerindeki etkileri.

30.7.2.1.5. Uyku Durumu:

Uyuma saati, uyandığınız saat, uyku kalitesi ve uyandıktan sonra hissedilen dinlenmişlik seviyesi (Kellmann, 2010).

Sporculara uygulanan öz bildirim dayalı yöntemler (ÖBY) ile sporcuların, iyi olma hali (yorgunluk) ve çeşitli psikolojik değişkenlerinin (mizaç ya da ruh hali yazacağım) ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bu ruhsal göstergelerdeki bozulmalar ile aşırı antrenman ya da sürantrenman durumu tespit edilerek. Antrenman yükü ayarlanabilir.

30.7.3. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE KULLANILAN BAZI GÜNLÜKLER VE ANKETLER

30.7.3.1. Profile of Mood States- POMS (Ruh hali Profili)

30.7.3.2. Recovery-Stress Questionnaire for Athletes REST-Q-Sport (Sporcular için toparlanma-stres anketi)

30.7.3.3. Daily Analysis of Life Demands for Athletes DALDA (Sporcuların yaşam ihtiyaçlarının günlük analizi)

30.7.3.4. (Total Recovery Scale-TQR (Toplam Toparlanma Skalası) (Kellman ve Kallus, 2001; Kentta ve Hassmen, 1998; Morgan, Brown, Raglin, O'connor ve Ellickson, 1987; Rushal, 1990).

30.8. ANTRENMAN UYARANI (TRIMP, training impulse)

1991 yılında Banister tarafından geliştirilen Antrenman uyarani, antrenman bileşenleri (antrenmanın şiddeti, süresi), tek bir sayısal değer ile

ifade edilmesini sağlayan bir yöntemdir (Banister, 1991). TRIMP (Training Impulse), bir antrenmanın fiziksel yükünü ve yoğunluğunu ölçmek için kullanılır. TRIMP, kalp atış hızına dayalı bir ölçüm olup, antrenmanın süre ve yoğunluğunu birleştirerek antrenmanın toplam fizyolojik etkisini değerlendirmeye yardımcı olur. Bu metrik, sporcuların antrenman yükünü kontrol etmeleri ve aşırı yüklenme riskini azaltmaları için kullanılır (Edwards, 1993; Foster vd., 2001).

TRaining IMPulse (TRIMP), bir antrenman seansının yükünü, süresini ve yoğunluğunu dikkate alarak nicel olarak ölçen bir metriktir. Training Stress Score (TSS) gibi farklı yoğunluk metriklerini (örneğin güç veya tempo) kullanabilen yöntemlerden farklı olarak, geleneksel TRIMP hesaplaması genellikle kalp atış hızı verilerine dayanır. Ancak, bu kavram başka yoğunluk ölçümlerini de içerecek şekilde uyarlanabilir.

TRIMP'in nasıl çalıştığını daha iyi anlamak için hesaplamada yer alan temel faktörler şunlardır:

Süre: Antrenman seansının uzunluğudur ve genellikle dakika cinsinden ölçülür.

Yoğunluk: Genellikle maksimum kapasitenizin (örneğin maksimum kalp atış hızı, eşik tempo veya eşik güç) yüzdesi olarak ifade edilir.

Ağırlık faktörü: Egzersiz yoğunluğu ile fizyolojik stres arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi hesaba katar. Yoğunluk arttıkça, fizyolojik stres de artar.

TRIMP için temel formül şu şekildedir:

TRIMP = Süre * Yoğunluk * Ağırlık Faktörü

Örneğin, maksimum kapasitenizin 85%'inde (kalp atış hızı, tempo veya güç) koşarak 60 dakika antrenman yaptığınızı varsayalım. Ağırlık faktörü olarak 1,5 (örnek amaçlı, gerçek faktör kullanılan yöntem ve kişisel parametrelere bağlı olarak değişir) alırsak, bu antrenman için TRIMP şu şekilde hesaplanır:

TRIMP = 60 (Süre) * 0,85 (Yoğunluk) * 1,5 (Ağırlık Faktörü) = 76,5

Bu skor, antrenmanın fizyolojik stresini nicel olarak ifade eder. Zaman içinde farklı seanslarda TRIMP'i takip ederek, biriken antrenman yükünü izleyebilirsiniz. Bu da antrenman planınızı performansını optimize etmek, toparlanmayı desteklemek ve aşırı antrenman riskini azaltmak için ayarlamaya yardımcı olur.

TRIMP göreceli bir ölçüttür ve her bir sporcunun fitness seviyesi ve bireysel fizyolojik parametrelerine bağlı olarak kişiselleştirilmelidir. Bu nedenle, bu hesaplamaları kişisel verilerinize ve antrenmanlara verdiğiniz tepkilere göre ayarlamak önemlidir (Mindfulrunner, 2024).

TRIMP değeri, genellikle şu formüller ile hesaplanır:

Banister Metodu

TRIMP = Süre X HR

Süre: Antrenmanın süresi (dakika olarak).

HR (eşdeğer): Kalp atış hızının, sporcu için belirlenmiş maksimum kalp atış hızına göre normalize edilmiş bir değeri.

TRIMP; Antrenman uyararı TRIMP= Antrenman süresinin dakika cinsinden * KAH oranlarındaki değişimler ve ağırlık faktörü (Y) ile çarpılmasından bulunur.

$$= \text{Antrenman süresi(dk)} \times \Delta \text{KAHoranı} \times Y$$

$$\Delta \text{KAH}_{\text{oranı}} = (\text{KAH}_{\text{egzersiz}} - \text{KAH}_{\text{dinlenim}}) / (\text{KAH}_{\text{zirve}} - \text{KAH}_{\text{dinlenim}})$$

AĞIRLIK FAKTÖRÜ:

$$Y = 0.64e^{b \Delta \text{KAHoranı}} \quad Y = 0.86e^{b \Delta \text{KAHoranı}}$$

b = sabit sayı 1.67 erkekler ve 1.92 kadınlar için
e = (Doğal logaritma kökü)

Şekil 29. Antrenman uyararı (trimp) formülü (Acikders.ankara, 2024)

Bu yöntemin en temel sınırlamalarından biri, antrenman şiddetinin, sporcunun KAH değişimlerine göre kadınlar ve erkekler için farklı belirlenen yoğunluk faktörü (Y) temel alınarak hesaplanmasıdır. Nitekim KAH, şiddetten bağımsız olarak birçok faktörden etkilenirken, yüksek şiddetli egzersizlerde şiddeti tam olarak yansıtmayabilir (Borresen ve Lambert, 2009).

30.9. EDWARDS METODU

Antrenman iç yük takibinde kalp atım hızını (KAH) içeren bir diğer metot da Edwards tarafından geliştirilmiştir. Edwards yöntemi aralıklı antrenmanlarda antrenman yükünün tespit edilmesi için uygulanmaktadır. Bu metotta beş farklı kalp atım alanlarında geçirilen süreler hesaplanarak, o alana tekâmül eden katsayılar ile çarpılır. Sonrasında tüm alanlar için elde edilen sonuçlar toplanır ve antrenman yükü hesaplanır (Edwards, 1993). Edwards yönteminin temel sınırlılığı, katsayıların kullanımıyla uygulanan ağırlıklandırma sistemidir. Bu sisteme göre, sporcunun maruz kaldığı fizyolojik yük farklı olsa bile, benzer kalp atım hızı (KAH) bölgelerine ait en düşük ve en yüksek KAH değerleri aynı katsayı ile hesaplanmaktadır. Ayrıca, bazı durumlarda KAH'deki bir atımlık değişim, alan katsayısını değiştirebilir ve hesaplanan antrenman yükünün hatalı bir şekilde artmasına veya azalmasına neden olabilir. Bunun yanı sıra, farklı anaerobik eşiklere sahip iki sporcu, antrenmanı benzer KAH yüzdelerinde tamamlasalar bile maruz kaldıkları metabolik stres farklı olabilir. Bu durum, antrenman yükünün yanlış hesaplanmasına yol açabilir (Lambert ve Borresen, 2010).

Tablo 6. Antrenman iç yüklerinin hesaplanmasında Edwards Metodu (İpekoğlu, Çalcalı ve Şenel, 2023).

%50-60 KAH _{zirve} =	Katsayı 1,
%60-70 KAH _{zirve} =	Katsayı 2,
%70-80 KAH _{zirve} =	Katsayı 3,
%80-90 KAH _{zirve} =	Katsayı 4,
%90-100 KAH _{zirve} =	Katsayı 5

30.10. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE HORMONAL PARAMETRELER

Antrenman yükü takibinde hormonal parametrelerin izlenmesi, sporcuların fizyolojik tepkilerini anlamak ve antrenman programlarını optimize etmek açısından kritik öneme sahiptir. Hormonal yanıtlar, antrenmanın yoğunluğu, süresi ve türüne bağlı olarak değişiklik gösterir ve sporcuların toparlanma süreçleri ile performanslarını doğrudan etkiler.

30.10.1. Antrenman Yükü Takibinde Temel Hormonal Parametreler

30.10.1.1. Testosteron: Anabolik bir hormon olan testosteron, kas protein sentezini destekler ve antrenman sonrası toparlanmada önemli

bir rol oynar. Antrenman sırasında oluşan yorgunluğun ve sonrasında meydana gelen değişimlerin takibinde kullanılan bir parametre olarak belirtilmektedir. Sporculardaki testosteron seviyelerinin izlenmesi, uygulanacak antrenman türlerinin belirlenmesinde rehberlik edebilir. Örneğin, Beaven, Gill ve Cook (2008) yaptıkları çalışmada, sporcuların dört farklı antrenman protokolüne verdiği hormonal tepkileri incelemiş ve testosteron tepkilerini en üst düzeye çıkaran protokolü kullanarak yapılan antrenmanlarda maksimum kazanç elde ettiklerini belirtmişlerdir (Dirik ve Gürol, 2021).

30.10.1. 2. Kortizol:

Strese yanıt olarak adrenal korteksten salgılanan kortizol, metabolizma ve bağışıklık fonksiyonlarında önemli rollere sahip katabolik bir hormondur. Kortizol salınımı, antrenmanın yoğunluğu, süresi ve egzersizin türü ile ilişkilidir. Yüksek kortizol seviyeleri, aşırı antrenman veya yetersiz toparlanmanın göstergesi olabilir. Bu nedenle, kortizol düzeylerinin izlenmesi, antrenman yükünün değerlendirilmesinde faydalı olabilir (Dirik ve Gürol, 2021).

30.10.1.3. Büyüme Hormonu (GH):

Büyüme hormonu, kas büyümesi ve yağ metabolizmasında rol oynar. Direnç antrenmanları sonrası büyüme hormonu salınımında artışlar olabileceği vurgulanmaktadır. Literatürde birçok çalışma, hipertrofik etkiye sahip direnç antrenman türleri ile büyüme hormonu salınımı arasında güçlü ilişkiler olduğunu göstermektedir (Eminkafkas, 2024).

30.10.1.4. İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü 1 (IGF-1):

IGF-1, kas protein sentezini teşvik eden ve anabolik süreçleri destekleyen bir hormondur. Direnç antrenmanları sonrası IGF-1 seviyelerinde artışlar olabileceği savunulmaktadır (Eminkafkas, 2024).

30.10.2. Hormonal Parametrelerin Takibinin Önemi:

Hormonal parametrelerin düzenli olarak izlenmesi, antrenman yükünün bireysel olarak ayarlanmasına yardımcı olur. Özellikle testosteron/kortizol oranı, anabolik ve katabolik süreçlerin dengesi hakkında bilgi verir. Bu oran, antrenman yükü ve toparlanma durumunun değerlendirilmesinde kullanılabilir. Ayrıca, hormonal değişikliklerin izlenmesi, aşırı antrenman sendromu ve yetersiz toparlanma gibi durumların erken tespitine olanak tanır.

30.10.3.Uygulamada Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Antrenman yükü takibinde hormonal parametrelerin izlenmesi, sporcuların performansını optimize etmek ve aşırı antrenman riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir. Bu süreçte dikkat edilmesi gereken başlıca noktalar şunlardır:

30.10.3.1. Bireysel Farklılıklar:

Her sporcunun hormonal yanıtları; yaş, cinsiyet, genetik özellikler ve antrenman geçmişi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu nedenle, hormonal parametrelerin değerlendirilmesinde kişiye özgü referans aralıklarının belirlenmesi önem taşır (İpekoğlu vd., 2023).

30.10.3.2. Ölçüm Zamanlaması ve Sıklığı:

Hormon seviyeleri, sirkadiyen ritim ve antrenman zamanlamasına bağlı olarak dalgalanır. Ölçümlerin tutarlı koşullarda ve standart zaman dilimlerinde yapılması, verilerin güvenilirliği açısından kritiktir. Ayrıca, düzenli aralıklarla ölçüm yaparak trendlerin izlenmesi, antrenman yükünün daha doğru değerlendirilmesini sağlar (İpekoğlu vd., 2023).

30.10.3.3. Antrenman ve Toparlanma Dönemleri:

Hormonal parametreler, antrenman yoğunluğu ve toparlanma süreçleriyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle testosteron/kortizol oranı, anabolik ve katabolik süreçlerin dengesi hakkında bilgi verir. Bu oran, antrenman yükü ve toparlanma durumunun değerlendirilmesinde kullanılabilir (İpekoğlu vd., 2023).

30.10.3.4. Çevresel ve Psikolojik Faktörler:

Stres, uyku düzeni ve beslenme gibi faktörler de hormonal dengeyi etkiler. Bu nedenle, hormonal parametrelerin yorumlanmasında bu faktörlerin de göz önünde bulundurulması gereklidir (Quadroathletics, 2024).

30.10.3.5. Ölçüm Yöntemlerinin Seçimi:

Geleneksel olarak kan örnekleri kullanılarak yapılan hormonal ölçümler, maliyetli ve uygulama açısından zorlayıcı olabilir. Son dönemde tükürük örnekleri gibi daha pratik ve maliyeti düşük yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemler, uygulayıcılar açısından kullanım kolaylığı sağlayarak maliyetin de düşmesini sağlamaktadır (İpekoğlu vd., 2023).

Sonuç olarak, antrenman yükü takibinde hormonal parametrelerin izlenmesi, sporcunun fizyolojik durumunu anlamak ve antrenman programlarını optimize etmek için değerlidir. Ancak, bu parametrelerin doğru yorumlanabilmesi için bireysel farklılıklar, ölçüm zamanlaması, çevresel faktörler ve uygun ölçüm yöntemleri gibi unsurlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

30.11. ANTRENMAN YÜKÜ TAKİBİNDE NÖROMÜSKÜLER PARAMETRELERİN İZLENMESİ

Nöromüsküler parametrelerin izlenmesi, antrenman yükünün değerlendirilmesi için kritik bir rol oynar. Bu ölçümler, sporcunun yorgunluk seviyeleri, toparlanma durumu ve genel performans hazırlığı hakkında bilgi sağlar. Bu değerlendirmelerin antrenman programlarına dahil edilmesi, performans optimizasyonunu, sakatlık önlemlerini ve etkili toparlanma stratejilerini geliştirmeye yardımcı olabilir.

30.11.1. Antrenman Yükü Takibinde Önemli Nöromüsküler Parametreler

30.11.1.1. Countermovement Jump (CMJ):

Uygulama: CMJ testleri, özellikle dayanıklılık sporcularında nöromüsküler yorgunluk ve hazırbulunuşluğu izlemek için yaygın olarak kullanılır.

Önemi: CMJ performansındaki değişiklikler, nöromüsküler fonksiyonlardaki farklılıkları gösterebilir, yorgunluğun tespiti ve antrenman düzenlemelerine katkı sağlar (Wedman, 2023).

30.11.1.2. Elektromiyografi (EMG):

Uygulama: EMG, kasların elektriksel aktivitesini ölçerek egzersiz sırasında kas aktivasyon desenleri hakkında veri sağlar.

Önemi: EMG sinyallerinin analizi, kas yorgunluğu ve koordinasyonunu anlamaya yardımcı olur, bu da antrenman yüklerinin bireyselleştirilmesi için kritik bir öneme sahiptir (Kusuru, Turlapaty ve Thakur, 2023).

30.11.1.3. Tensiomyografi (TMG):

Uygulama: TMG, bir elektriksel uyarana yanıt olarak kas karnının yer değiştirmesini ölçerek kas kontraktıl özelliklerini değerlendirir.

Önemi: Tensiomyografi (TMG), iskelet kaslarının kasılma özelliklerini, kas karnının bir elektriksel uyarana verdiği tepkiyle oluşan yer değiştirmeyi ölçerek değerlendiren non-invaziv bir tekniktir. Bu yöntem, kas fonksiyonu hakkında, kasılma hızı, kas sertliği ve yorgunluk seviyeleri dahil olmak üzere, değerli bilgiler sağlar (Tous-Fajardo vd., 2010).

30.11.1.4. Mekanografi (Mechanography):

Uygulama: Mekanografi, sıçrama gibi hareketler sırasında yer reaksiyon kuvvetlerini analiz ederek kas fonksiyonu ve gücünü değerlendirir.

Önemi: Nöromüsküler performans, denge ve antrenman müdahalelerinin etkinliği hakkında içgörüler sunar (Taani, Kovach ve Buehring, 2017).

30.11.2. Antrenman Yüğü Takibinde Uygulamalar

30.11.2.1. Yorgunluk Değerlendirmesi:

Düzenli nöromüsküler parametre takibi, yorgunluk seviyelerinin tespit edilmesine yardımcı olur ve aşırı antrenmanı önlemek için antrenman yoğunluğunun zamanında ayarlanmasını sağlar (Piedra, Caparrós, Vicens-Bordas ve Peña, 2021).

30.11.2.2. Performans Optimizasyonu:

Nöromüsküler fonksiyonların analizi sayesinde, antrenörler belirli kas gruplarını hedefleyen antrenman programları tasarlayabilir, böylece genel atletik performansı artırabilir (Janicijevic, Jukic, Ulloa-Diaz ve García-Ramos, 2024).

30.11.2.3. Sakatlık Önleme:

Bu değerlendirmeler yoluyla nöromüsküler dengesizliklerin veya zayıflıkların belirlenmesi, sakatlık riskini azaltmaya yönelik önleyici stratejiler geliştirilmesine katkı sağlar (Acikders.ankara, 2024).

30.11.2.4. Toparlanma İzleme:

Antrenman veya müsabaka sonrası nöromüsküler parametrelerin izlenmesi, toparlanma durumunun değerlendirilmesine yardımcı olur ve sporcuların sonraki seanslara yeterince dinlenmiş bir şekilde başlamasını sağlar (Wedman, 2023).

30.11.3. Antrenman Yüğü Takibinde Uygulamalar

Uygulama için Dikkat Edilmesi Gerekenler:

30.11.3.1. Standartlaştırma:

Verilerin güvenilirliği için test protokollerinin, kullanılan ekipmanların ve çevresel koşulların tutarlı olması sağlanmalıdır.

30.11.3.2. Bireyselleştirme:

Sonuçlar, her sporcunun başlangıç ölçümleri, antrenman geçmişi ve spesifik spor gereksinimleri bağlamında yorumlanmalıdır.

30.11.3.3. Entegrasyon:

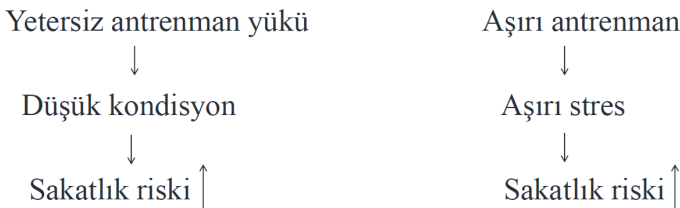
Nöromüsküler değerlendirmeler, öznel anketler ve fizyolojik ölçümler gibi diğer izleme araçlarıyla birleştirilerek kapsamlı bir antrenman yükü değerlendirmesi yapılmalıdır.

Nöromüsküler parametre takibinin antrenman yükü değerlendirmelerine dahil edilmesi, bir sporcunun durumunu çok yönlü bir şekilde anlamayı sağlar, performansı artırır ve sağlığı korumaya yönelik bilinçli kararlar alınmasına katkı sunar.

31. YÜK TAKİBİYLE ANTRENMAN DOZUNUN BELİRLENİP SAKATLIKLARIN ÖNLENMESİ

Hem yetersiz antrenman yüklerinin hem de aşırı uygulanan antrenman yüklerinin yaralanmalarının artmasına, kondisyon durumunun bozulmasına ve takım performansının olumsuz yönde etkilenmesine sebep olacağı tahmin edilmektedir.

Tablo 7. Antrenman yükü sakatlık ilişkisi



32. OPTİMAL ANTRENMAN YÜKÜ

Yetersiz ve aşırı antrenman yükü yaralanma riskini artırırken, uygulanan branşın gerektirdiği Optimal Antrenman Yükü tespit edilerek, sporcuların sakatlık riskleri minimize edilebilir. Fakat, Optimal Çalışma Yük'ünü tespit etmek ve sporcunun değişen kapasitesine göre bu yükleri ayarlamak oldukça zahmetli ve uzmanlık gerektiren bir yöntemdir.

Optimal Antrenman Yük'ü değişken bir kavramdır. İç yük ve dış yük parametrelerinin takibi ve zindelik ölçümleriyle sporcunun antrenman ve toparlanma aralıkları tespit edilerek optimal antrenman yükü belirlenebilir. Optimal Antrenman Yük'ü sezonun belirli dönemlerine göre, kişinin fiziksel durumuna göre, yorgunluk düzeyine göre, uyku kalitesine göre ve spor dışı stresörlere göre değişkenlik gösterebilir.

32.1. OPTİMAL ANTRENMAN YÜKÜNÜN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

32.1.1. Akut Kronik Yük Oranı:

Takip edilen antrenman yükü göstergesinin akut yük toplamının kronik yük toplamına bölünmesi ile bulunur.

Akut Yük, Takip edilen antrenman yükü göstergesinin 1 haftalık toplamını temsil eder.

Kronik Yük, Takip edilen antrenman yükü göstergesinin 4-6 haftalık toplamını temsil eder.

Yapılan araştırmalara göre takip edilen antrenman yükünde, Akut : Kronik Yük Oranının 0.8-1.3 aralığında olması sakatlık riskini düşürürken, performansı artırmaktadır.

Akut : Kronik Yük Oranı = >0.8 Yetersiz Yüklenme - Yüksek Sakatlık Riski

Akut : Kronik Yük Oranı = <1.5 Aşırı Yüklenme -Yüksek Sakatlık Riski

32.1.2. Tazelik İndeksi (Freshness Index):

Takip edilen antrenman yükü göstergesinde Kronik ve Akut yükün arasındaki farklılığı ifade etmede kullanılır. Pozitif Tİ, yüksüz periyodu, düşük yorgunluğu ve iyi performansı temsil eder.

32.1.3. Tekdüzelik İndeksi (Monotony Index):

Antrenman yükündeki hafta içi yük dalgalanmalarını ifade eder. Yüksek antrenman yoğunluğu ve yüksek Tekdüzelik İndeksi (<2) sürantrenman ve yaralanma riskini artırır.

Yüklenme Eğrisindeki Gerilimler; Yapılan bazı araştırmalara göre yaralanmaların 89%'u, yaralanmadan önceki 10 günlük Bireysel Çalışma Yükü Eğrisinin uç noktalarına denk gelmektedir. Yüklenme eğrileri oluşturularak, eğrilerdeki uç noktaların takibi sayesinde sürantrenman veya yüklenmelere bağlı yaralanmalar önlenmeye çalışılabilir.

Haftalık Yüklenme Artışı; Sakatlıkların yüksek yüzdeli kısmının yüklenmelerdeki hızlı ve ani değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle antrenman yükünün bir önceki haftaya oranla 15%' den daha fazla artışı sakatlanma riskini artırmaktadır.

Sonuç olarak, Optimal antrenman yükünün belirlenmesi, performansın artırılması ve yaralanma risklerinin azaltılması için bazı önerilerde bulunulabilir:

Antrenman yükü takibinde doğru yöntemi belirlemek (İÇ-DİŞ)?

Haftalık çalışma yükünün ilerlemeli artışı ($<15\%$)

Sporcuların antrenmanlardan keyif aldığından emin olunmalı (eğlenme)

Sporcuların zindelik durumunun belirlenmesi ve antrenman yüklenmelerinin ayarlanması (Toparlanma)

Anahtar göstergelerin takibi (Akut Kronik Yük Oranı, Tazelik İndeksi) ?

Antrenman ve müsabaka yüklenmelerinde Proaktif yaklaşım (hazırlık ve temkinli ol)

Keskin yüklenmelerden (uç noktalardan) kaçınma (yüklenme eğrileri) (Acikders.ankara, 2024).

33. GPS TEKNOLOJİLERİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ GÜNCEL ÇALIŞMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde, GPS teknolojisinin spor alanındaki önemini ortaya koyabilmek adına Tenis, Futbol, Kadın Futbolu, Ampute Futbolu, Hokey,

Hentbol, Plaj Hentbolu, Basketbol ve Rugby gibi spor dallarında yapılmış güncel çalışma örneklerine yer verilmiştir. Google Scholar, Pubmed ve Yök Tez tarama motorları kullanılarak, ulusal ve uluslararası olmak üzere toplamda 50 adet bilimsel çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmaların amaç, yöntem, bulgular ve sonuç bölümleri ortaya konmuştur. Detaylı literatür taraması yapılmış ve 2017-2025 yılları aralığında yapılan çalışmalar bu bölüme dahil edilmiştir (2025 yılından 4 çalışma, 2024 yılından 10 çalışma, 2023 yılından 9 çalışma, 2022 yılından 3 çalışma, 2021 yılından 13 çalışma, 2020 yılından 2 çalışma, 2019 yılından 3 çalışma, 2018 yılından 4 çalışma ve 2017 yılından 2 çalışma).

YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Futbolda Dar Alan Oyunlarının Performans Üzerine Etkilerinin Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve Saha Testleri ile İncelenmesi

Amaç: Bu çalışma, farklı saha boyutları ve oyuncu sayılarıyla oynanan dar alan oyunlarının (DAO) genç futbolcularda dayanıklılık ve çeviklik performansı üzerindeki etkilerini küresel konum belirleme sistemi (GPS) ve saha testleri kullanarak incelemeyi ve değişkenler arasındaki ilişkileri göstermeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Çalışmaya, sezon içi dönemde 1922 Konyaspor U17 futbol takımından 16-18 yaş aralığında (yaş: $16,70 \pm 0,57$ yıl, boy: $1,78 \pm 0,05$ m, vücut kütlesi: $67,75 \pm 6,58$ kg) 20 oyuncu katılmıştır. Oyuncular rastgele üç dar alan oyun grubuna ayrılmıştır: DAO1 (n=6, 15x20m, 3x3), DAO2 (n=6, 20x25m, 3x3) ve DAO3 (n=8, 20x25m, 4x4). Haftalık antrenmanlarına ek olarak oyuncular, haftada iki gün, 24 saat arayla, 12 dakika (4x3 dk) süren dar alan oyunları oynamıştır. Dayanıklılık ve VO2maks seviyeleri Yo-Yo aralıklı toparlanma testi seviye 1 (Yo-Yo IR1) ile ölçülürken, çeviklik testi, Illinois Çeviklik Testi ile değerlendirilmiştir. Ek olarak, kalp atım hızı, farklı hız bölgelerinde kat edilen mesafeler, akselerasyon-deselerasyon sayısı ve metabolik yük, küresel konum belirleme sistemi (Statsports, İrlanda) kullanılarak analiz edilmiştir.

Bulgular: Yo-Yo testi sonuçları, maksimum koşu hızı, toplam koşu mesafesi ve VO2maks değerlerinin altı hafta sonunda ön test değerlerine kıyasla önemli ölçüde arttığını göstermiştir ($p < 0.05$). Altı haftalık antrenman süresi sonunda, DAO2 grubundaki çeviklik performansının DAO3 grubuna göre anlamlı derecede daha iyi olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Illinois Çeviklik Testi süresi, altıncı haftada ön teste kıyasla anlamlı bir düşüş göstermiş, bu da antrenmanların çeviklik performansını

artırdığını ortaya koymuştur ($p < 0.05$). Ortalama ve maksimum kalp atım hızı değerleri hariç, grup x zaman etkileşim etkisi hiçbir değişken için anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). DAO2 grubunda, Yo-Yo hızı ile GPS hızlanma-yavaşlama sayısı ve Yo-Yo VO2maks ile GPS hızlanma-yavaşlama sayısı arasında negatif korelasyonlar bulunmuştur. DAO3 grubunda, Yo-Yo test hızı ile Illinois Çeviklik Testi performansı arasında pozitif korelasyon, Illinois Çeviklik Testi performansı ile GPS hız bölgesi 2 arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur.

Sonuç: Sonuç olarak, dar alan oyunları tek başına dayanıklılık ve çeviklik performansını önemli ölçüde değiştirmemiştir, ancak antrenman süreci, genç futbolcularda hem dayanıklılık hem de çeviklik performansını artırmıştır. Korelasyon analizleri, 20x25m 3x3 dar alan oyununda dayanıklılık arttıkça hızlanma sayısının azaldığını, 20x25m 4x4 dar alan oyununda ise 7,3-14,4 km/s hızda koşulan mesafe azaldıkça çeviklik performansının arttığını göstermiştir (Çetin, 2022).

Sezon İçi Dönemde U-19 ile Profesyonel Futbolcular Arasındaki İçsel ve Dışsal Antrenman Yüklerinin karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmanın amacı, aynı kulübe ait profesyonel bir U-19 futbol takımı (U-19) ile profesyonel futbol takımı arasındaki antrenman yükünü sezon içi dönemde karşılaştırmaktır. **Yöntem:** Çalışmaya 39 sağlıklı futbolcu katılmıştır (Elit [$n = 20$]; U-19 [$n = 19$]) ve çalışma 4 hafta sürmüştür. Dışsal antrenman yükü küresel konumlandırma sistemi (GPS) kullanılarak, içsel antrenman yükü de (Algılanan Zorluk Derecesi) Borg skalası kullanılarak kaydedilmiştir.

Bulgular: Çalışma süresince U-19 oyuncularının, Profesyonel oyunculara kıyasla 16-19.9 km/saat, >20 km/saat ve >25 km/saat hızlarda kat ettikleri mesafelerin anlamlı şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elit oyuncular, U-19 oyuncularına kıyasla haftalık olarak anlamlı şekilde daha az sprint yapmışlardır. U-19 oyuncularının Algılanan Zorluk Derecesi, Elit oyunculara kıyasla anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur.

Sonuç: Sonuç olarak, elde edilen veriler, antrenman yükünün U-19 futbolcularında profesyonel futbolculara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir (Coppalle vd., 2021).

Erkek Futbolunda Antrenman Yüğü ile Maç Koşu Performansı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın temel amacı, profesyonel erkek futbolcuların maç koşu talepleri ile antrenman hacmi ve haftalık antrenman yoğunlukları arasındaki ilişkiyi test etmektir.

Yöntem: 18 profesyonel futbolcunun (yaş: $20,7 \pm 1,8$ yıl) antrenman hacmi, yoğunluk yükü ve maç talepleri 15 hafta boyunca günlük olarak takip edilmiştir.

Bulgular: Maç yüksek hızda koşu (mHSR) ve maç ivmelenmeleri (mACC), sırasıyla haftalık yüksek hızda koşu hacmi (wtHSR) ve haftalık ivmelenme hacmi (wtACC) ile orta düzeyde pozitif bir ilişki göstermiştir ($r = 0,497$; $p < 0,01$; $r = 0,367$; $p < 0,01$). Ayrıca, mHSR ve mACC ile ivmelenmelerin ortalama antrenman yoğunluğu (mtACC) arasında da orta düzeyde pozitif ilişkiler bulunmuştur ($r = 0,366$; $p < 0,01$).

Sonuç: Haftalık yüksek hızda koşu ve ivmelenme antrenman hacmi ve yoğunluğu, maçlardaki HSR (high-speed running) ve ACC (accelerations) yükleri ile orta düzeyde ilişkilidir. Antrenörler, oyuncuların bir sonraki maçta daha fazla HSR ve ACC hareketi yapabilmesini sağlamak için haftalık HSR ve ACC'ye öncelik vermelidir (Silva ve Nobari, 2021).

Profesyonel Kalecilerin Farklı Haftalık Antrenman Seanslarındaki Dışsal Yüklerinin Karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmanın amacı, profesyonel kalecilerin mikro döngüdeki farklı antrenman seanslarında dışsal yüklerini karşılaştırmaktır.

Yöntem: Üç profesyonel kaleci (yaş: $28,1 \pm 6,9$ yıl; boy: $190,1 \pm 1,9$ cm; vücut ağırlığı: $84,8 \pm 1,1$ kg) GPS cihazlarıyla izlenmiştir. Toplam kat edilen mesafe, >14 km·h⁻¹ hızla kat edilen mesafe, hız yükü, düşük yoğunluklu ($<0,3$ m), orta yoğunluklu ($0,3-0,4$ m), yüksek yoğunluklu ($>0,4$ m) parametreler analiz edilmiştir.

Bulgular: Kalecilerin antrenman seansları maç gününe yaklaştıkça dışsal yüklerinde bir azalma olduğu ortaya konmuştur.

Sonuç: Profesyonel futbol kalecilerinin dışsal yük taleplerinin bu analizi, futbol kalecilerinin antrenmanlarını planlarken antrenörlere faydalı güncel bilgiler sunmaktadır (Casamichana vd., 2024).

Futboculara Uygulanan 30 Metre Hız ve Kompleks Antrenmanlarının Yüksek Şiddetli ve Sprint Koşu Profillerine Etkisi

Amaç: Bu çalışma, 10 haftalık bir dönemde uygulanan 30 metre sürat ve kompleks antrenmanların, profesyonel futbol oyuncularının yüksek yoğunluklu koşu ve sprint aktivite profilleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Balıkesirspor takımından 20 A takım futbolcusu, basit rastgele örnekleme yöntemiyle araştırmaya dahil edilmiştir. Katılımcılar deney ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Deney grubu, düzenli futbol antrenmanlarına ek olarak haftada bir kez 30 metre sürat ve kompleks antrenman almıştır. Her iki grup için 1. haftada bir ön test, 5. haftada ara test ve 10. haftada son test olmak üzere üç ölçüm yapılmıştır. Veriler GPS tabanlı Polar Team Pro cihazları ile toplanmış ve tekrarlı ölçümler için ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir. Anlamlılık düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir.

Bulgular: 30 metre sürat ve kompleks antrenman uygulanan deney grubu, yüksek yoğunluklu koşu aktivite profillerinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir fark göstermiştir ($p < 0.05$). Ancak, sprint koşu aktivite profilleri açısından iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Yüksek yoğunluklu koşu aktivite profilinde, deney grubunun ortalamaları 1., 2. ve 3. ölçümler boyunca kademeli olarak artış göstermiştir; kontrol grubunda ise bu tür bir artış gözlenmemiştir.

Sonuç: Çalışma, 30 metre sürat ve kompleks antrenmanların deney ve kontrol grupları arasında yüksek yoğunluklu koşu profillerinde bir fark yarattığını, ancak sprint koşu profillerini etkilemediğini ortaya koymuştur (Akça, Durukan ve Aydın, 2024).

Takım Sporlarında Giyilebilir GPS ve İvmeölçer Teknolojisinin Uygulayıcı Kullanımı, Uygulamaları ve Anlaşılması

Amaç: Antrenman yükünün izlenmesi, sporcuların performansını optimize etmek için çok önemlidir. Bu, uygulayıcıların antrenman programlarını değerlendirmelerine, sporcuların ilerlemesini takip etmelerine ve sakatlanma ile aşırı antrenman riskini en aza indirmelerine olanak tanır. Ancak, antrenman yükünü izlemek için evrensel bir yöntem bulunmamaktadır ve takım sporlarında giyilebilir küresel konumlama sistemi (GPS) ve ivmeölçer teknolojisinin benimsenmesi, veri hacmini ve dolaşıyla olası yaklaşımların sayısını artırmıştır. Bu anket, takım sporları uygulayıcılarının bu teknolojiyi kullanımını, uygulamalarını ve anlayışlarını araştırmıştır.

Yöntem: GPS ve ivmeölçer teknolojisini kullanarak takım ve sporcu performansını izleyen 72 uygulayıcı ankete katılmıştır.

Bulgular: Tüm katılımcılar, kendi spor dallarında GPS teknolojisini kullanımını desteklediklerini belirtmiş, 70,8%'i GPS teknolojisini başarı için önemli olduğunu hissetmiştir. Sonuçlar, katılımcıların 87,5%'inin giyilebilir teknoloji verilerini antrenman reçetesi oluşturmak için kullandığını, ancak yalnızca 50%'sinin bu verileri yarışma sırasında kararları etkilemek için kullandığını göstermiştir. Ayrıca, GPS ölçümlerinin, ivmeölçer kaynaklı ölçümlerden daha fazla kullanıldığı, ancak her iki tür ölçümün de düzenli olarak kullanıldığı görülmüştür. İvmeölçer kullanımındaki farklılıklar, uygulayıcıların ivmeölçer kaynaklı metrikleri anlama konusundaki endişelerini ortaya koymuştur.

Sonuç: Sonuç olarak bu anket, sporcu yük izleme için GPS ve ivmeölçer metriklerinin kullanımına, uygulamalarına, anlaşılmasına, uygulayıcı ihtiyaçlarına, endişelere ve eleştirilere ilişkin içgörüler sağlamıştır. Bu bilgiler, takım sporlarında bu teknolojinin uygulanmasını iyileştirmek ve gelecekteki çalışmaların tasarımına rehberlik ederek uygulayıcıların ihtiyaçlarını desteklemek için literatürdeki eksiklikleri vurgulamak amacıyla kullanılabilir (Dawson, McErlain-Naylor, Devereux ve Beato, 2024).

Elit Kadın Futbolcularda Hazırlık Maçları ve Dünya Kupası Maçları Arasında Maç Yükü ve İyilik Halinin Karşılaştırması

Amaç: Bu çalışma, kadın futbol oyuncularında resmi hazırlık ile 2019 Fransa Kadınlar Dünya Kupası maçları arasındaki iç yük, dış yük ve iyilik halini karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır.

Yöntem: Çalışmaya Şili kadın milli futbol takımından 10 saha oyuncusu (yaş $27 \pm 3,4$ yıl, boy $162,8 \pm 4,32$ cm, ağırlık $60,5 \pm 4,6$ kg, yağ yüzdesi $24,7\% \pm 1,62$ ve kas yüzdesi $49,2\% \pm 1,63$) katılmıştır. Katılımcıların, Dünya Kupası öncesindeki üç hazırlık maçı ve Haziran 2019'da grup aşamasında oynanan üç Dünya Kupası maçı karşılaştırılmıştır. Dış yük ve iç yük ölçümleri sırasıyla GPS (Catapult Sports®, 10 Hz) ve algılanan zorluk derecesi ile kaydedilmiştir. Ayrıca iyilik hali, maçtan sonraki 24 ve 48 saat içinde kişisel anketlerle analiz edilmiştir.

Bulgular: Dünya Kupası maçları ile hazırlık maçları arasında toplam ve göreceli toplam katedilen mesafe [TD ve TDr] açısından orta düzeyde farklılıklar gözlemlenmiştir ($p = 0.025$, $ES = -0.74$ ve $p = 0.017$, $ES = -0.6$). Ek olarak, Dünya Kupası maçları için daha büyük ancak anlamlı olmayan ($p = 0.088$; $ES = -0.43$) yüksek şiddetli koşu farkı tespit edilmiştir. Benzer

şekilde, hazırlık maçları ile karşılaştırıldığında Dünya Kupası maçlarında daha yüksek Algılanan Zorluk Derecesi tespit edilmiştir ($p = 0.001$; $ES = -1.50$). Son olarak, Hazırlık maçları için stres, yorgunluk ve kas ağrısı skorları Dünya Kupası maçlarına kıyasla anlamlı derecede daha iyi bulunmuştur ($p = 0.038$; $ES = 0.72$, $p = 0.066$; $ES = 0.71$ ve $p = 0.63$; $ES = 0.77$).

Sonuç: Dünya Kupası maçlarında Dış Yük ve İç Yük değişken değerlerinin daha yüksek olduğu, buna karşın Hazırlık maçlarında iyilik hali skorlarının daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır (Villaseca-Vicuña vd., 2023).

Catapult S7 ve X7 Mikro Elektro Mekanik Sistemlerinin Kalp Atım Hızı Ölçümlerindeki Farklılıklarının İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Catapult markasına ait farklı mikroelettromekanik sistem modellerinin ortalama ve maksimum kalp atış hızı ölçümündeki geçerlilik ve güvenilirliğini incelemektir.

Yöntem: Çalışmaya 30 elit akademi futbolcusu (Yaş: $22 \pm 3,4$ yıl; Boy: $175 \pm 8,4$ cm; Ağırlık: $69 \pm 4,5$ kg) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların farklı kalp atış hızı aralıklarındaki değerlerini ölçmek için, yürüyüş, jogging, koşu ve sprint gibi çeşitli aktiviteleri içeren bir takım sporu simülasyon döngüsü uygulanmıştır. Simülasyon döngüsü sırasında, sporcuların tüm test boyunca ortalama ve maksimum kalp atış hızları, Catapult markasına ait mikroelettromekanik sistemler kullanılarak kaydedilmiştir. Katılımcılar aynı anda dört farklı Catapult mikroelettromekanik sistemi giymiştir. Veriler, yeleğe gömülü iki Catapult S7 birimi ve H10 Polar bantlarıyla ölçüm yapan iki Catapult X7 biriminden eşzamanlı olarak elde edilmiştir. Bu yöntemle modeller ve model birimleri arasındaki farklar incelenmiştir. Modeller ve birimler arasındaki farkları belirlemek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmıştır. Ayrıca, hangi model ve birimin fark yarattığını belirlemek için Bonferroni post hoc analizi uygulanmıştır. Modeller ve birimler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır.

Bulgular: Tek yönlü ANOVA analizi sonucunda, ortalama kalp atış hızı ölçümünde ($F = 0.203$; $p = 0.894$; $\eta^2 = 0.002$) ve maksimum kalp atış hızı ölçümünde ($F = 0.262$; $p = 0.852$; $\eta^2 = 0.002$) modeller ve birimler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Pearson korelasyon analizinde, tüm karşılaştırmalarda neredeyse mükemmel ilişkiler tespit edilmiştir ($r \leq 0.9$).

Sonuç: Farklı Catapult modelleri ve birimlerinin kalp atış hızı ölçümlerinde tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu iki sistemin bir-

biri yerine kullanılabileceği düşünülmektedir (Akyıldız, Şentürk, Kirişci, Kabadayi ve Dişçeken, 2024).

Birinci Lig Üniversite Kadın Futbol Oyuncularında Sprint, Akselerasyon ve Deselerasyon Ölçütleri ile Antrenman Yüğü Arasındaki İlişkiler

Amaç: Bu çalışma, birinci ligde (Division I) yer alan bir kadın futbol takımındaki oyuncuların GPS oyuncu yüğü ile ilişkili sprint ölçütlerini analiz etmek için yapılmıştır.

Yöntem: 18 oyuncudan elde edilen 19 antrenman seansına ait veriler analiz edilmiştir. Oyuncular, tüm antrenman seanslarında GPS sensörleri kullanmış ve değerlendirilen değişkenler şunlardır: oyuncu yüğü, sprint sayısı, sprint hacmi, sprint mesafesi, ortalama maksimum hız, maksimum hız, ve farklı hız bölgelerindeki (± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 4 , ± 5 m/s²) ivmelenme ve yavaşlamaların sayısı. Pearson korelasyonları ($p < 0.05$), sprint değişkenleri ile oyuncu yüğü arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Aşamalı regresyon analizleri ($p < 0.05$), oyuncu yükünü tahmin eden ölçütleri belirlemek için kullanılmıştır.

Bulgular: Oyuncu yüğü ile sprint sayısı, maksimum hız, sprint mesafesi, sprint hacmi, -1 , -2 ve -3 m/s² yavaşlamalar ve 1 , 2 ve 5 m/s² ivmelenmeler arasında anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir ($r = 0.512-0.861$, $p \leq 0.025$).

Sonuç: Maksimum sprint, akselerasyon ve deselerasyon, kadın üniversite futbol oyuncularında oyuncu yüküne önemli katkılar sağlamıştır. Sprint mesafesi, akselerasyon ve deselerasyon, antrenman yoğunluğunu ayarlamak için saha boyutları ve hareket manipülasyonu yoluyla antrenmanlarda uygulanabilir (Prudholme, Coburn, Lynn ve Lockie, 2023).

GPS Teknolojisi ile Elit Brezilyalı Kadın Futbolcuların Müsabakalar Sırasındaki Dış Yüğü Taleplerinin Kontrolü

Amaç: Bu çalışma, elit Brezilyalı futbolcuların dış yüğü taleplerini pozisyon ve oyun süresi bazında belirlemeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Veriler, frekansı 10Hz olan Polar Team Pro küresel konumlandırma teknolojisi (GPS) kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmaya, Brezilya'nın üst seviye kadın futbol takımlarından 23 profesyonel oyuncu katılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması 27.65 ± 4.66 yıl, boyları

165.35±5.82 cm ve kiloları 60.91±5.34 kg'dır. Veriler, 2019 yılında aynı anda oynanan iki farklı yarışma sırasında toplanmıştır: São Paulo Eyalet Şampiyonası ve Brezilya Şampiyonası A1 serisi. Oyuncuların oynadıkları maçlardaki dokuz dış yük değişkeni analiz edilmiştir.

Bulgular: Toplam kat edilen mesafe, yürüyüş mesafesi, hafif şiddetli koşu mesafesi, koşu mesafesi, sprint mesafesi, hızlanma bölgesi 1, hızlanma bölgesi 2, yavaşlama bölgesi 1 ve yavaşlama bölgesi 2 değişkenlerinde anlamlı farklar tespit edilmiştir.

Sonuç: Elde edilen bulgular, kadın futbol takımlarında yük kontrolünü geliştirmek ve antrenman uygulamalarını uyarlamak için kullanılabilir (Principe, Seixas, de Souza Vale ve Nunes, 2021).

Maç Sırasında Elit Uluslararası Kadın Saha Hokeyi Oyuncularının Fiziksel ve Fizyolojik Talepleri

Amaç: Bu çalışmanın amacı, elit uluslararası kadın saha hokeyi oyuncularının maç sırasında fiziksel ve fizyolojik taleplerini incelemektir.

Yöntem: 2014-2015 sezonunda oynanan 19 maçta 38 sporcunun (24±5 yıl; 173±5 cm; 72±5 kg) analizi yapılmıştır. Katılımcılar, küresel konumlandırma sistemi teknolojisi ve kalp atış hızı monitörleri ile izlenmiştir.

Bulgular: Oyuncular, maçta ortalama 44±7 dakika geçirmiştir. Kat edilen toplam mesafe 5,558±527 metre olup, bunların 589±160 m'si yüksek hızda koşudan oluşmuştur. Savunma oyuncuları, diğer oyun pozisyonlarına kıyasla daha fazla toplam mesafe kat etmiştir. Orta saha oyuncuları, yüksek hızda daha fazla mesafe kat etmiştir, forvet oyuncuları ise daha yüksek göreceli mesafe kat etmiştir.

Sonuç: Bu çalışma, antrenörlerin antrenman programı oluştururken göz önünde bulundurması gereken veriler sunmaktadır (McGuinness, Malone, Petrakos ve Collins, 2019).

Serebral Palsili Uluslararası Düzeydeki Futbolcuların Bağlamsal Faktörler ve Maç Fiziksel Performansının İncelenmesi

Amaç: Bu çalışma, Serebral Palsili uluslararası düzeydeki futbolcuların maç fiziksel yanıtlarını, takım sıralaması, rakiplerin kalite seviyesi ve maç sonucu gibi bağlamsal faktörlere göre keşfetmeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Üst sıralardaki takımlardan (n=26) ve alt sıralardaki takımlardan (n=56) toplam 82 erkek SP futbolcusu bu çalışmaya katılmıştır. Maç-oyuncu yanıtı, toplam mesafe, farklı hızlarla kat edilen mesafe ve kısa süreli eylem sayısı dikkate alınarak küresel konumlandırma cihazları kullanılarak kaydedilmiştir.

Bulgular: Üst sıralardaki takımlarda oynayan oyuncular, alt sıra takımlarında oynayan oyunculara kıyasla düşük yoğunluklarda daha fazla mesafe kat etmiştir. Üst sıradaki takımlarda görev alan oyuncular, kaybedilen maçlarda daha fazla sayıda sprint atmıştır.

Sonuç: SP futbolcularının maç fiziksel yanıtları, incelenen bağlamsal faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Sonuçlar, antrenörler için SP futbolundaki maç taleplerini daha kapsamlı bir şekilde anlamalarına yardımcı olacak öneriler sunmaktadır. Bu bilgiler, antrenörlerin takımlarını maçlara hazırlamalarına, antrenman yükünü planlamalarına veya maç sonrası toparlanma stratejilerini belirlemelerine yardımcı olacaktır (Henríquez, Reina, Castillo, Iturricastillo ve Yanci, 2024).

Futbolda Oyuncu Performans Takiplerinde Kullanılan Küresel Konum Belirleme (GPS) ve Çoklu Kamera Sistemlerinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışma, ilgili alandaki literatür ışında iki yeni teknolojik uygulamanın gerek içerik gerekse sağladığı faydalar bakımından incelemeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Giyilebilir bir teknoloji olarak küresel konumlama sistemleri (GPS) ve kameralı optik takip sistemleri, hem antrenmanlarda hem de müsabakalarda oyuncuların fiziksel performansını ortaya koymayı amaçlayan en popüler iki teknolojidir. Bu teknolojiler, sağladığı faydalar, avantajlar veya dezavantajlar açısından belirli içeriklere sahiptir ve son zamanlardaki bazı çalışmalar bu teknolojiler arasındaki farkları ortaya koymuştur. Bu makale, literatür ışığında bu teknolojilerin pratik uygulamalara olan faydalarını tartışmayı amaçlamaktadır. Her iki sistemin de genel güvenilirliği ve geçerliliği, özellikle kat edilen mesafelerde oldukça iyidir (Buchheit vd., 2014).

Bulgular: Kameralı optik takip sistemleri, bazı futbol olaylarını (köşe vuruşu, serbest vuruş, goller, penaltılar vb.) tahmin etme ve rakip takım hakkında benzer veriler sağlama yeteneği nedeniyle maç analizinde GPS'e kıyasla daha faydalı olabilir. Buna karşın, GPS sisteminin de kamera açısının dışında veri alabilmeye olanak sağlaması ve kalp atım sayılarıyla daha anlamlı bilgiler verebilmesi (iç yüklerin hesaplanması, yorgunluk

analizi vs.) gibi avantajları vardır. Genel olarak her iki sistemin uygulama sahasına katkılarını arttırmak amaçlı geliştirilmekte olduğu söylenebilir. Mevcut koşullarda kameralı takip sistemlerinin maç performanslarının analizinde, GPS in özellikle yelek formunda antrenman performanslarının değerlendirilmesinde daha uygun olduğu düşünülmektedir.

Sonuç: Her iki sistemin de yüksek yoğunluklu koşu, hızlanma, yavaşlama ve sürekli hareket hataları gibi hesaplamalarda düşük doğruluk gibi bazı sınırlamaları vardır; ancak, bu teknolojiler gelişmeye devam ettiği için gelecekteki yenilikler bu sınırlamaların üstesinden gelebilir (Ünlü, Polat, Güler ve Işık, 2018).

Erkek Adölesan Hentbol Oyuncularının Maç Esnasındaki Fiziksel ve Fizyolojik Talepleri

Amaç: Bu çalışma, adölesan hentbol oyuncularının fiziksel ve fizyolojik taleplerini tanımlamayı ve hareket analizi ile egzersiz yoğunluklarını, ilk ve ikinci yarılar arasında ve maçın farklı dönemleri arasındaki karşılaştırmayı amaçlamıştır.

Yöntem: 14 adölesan hentbol oyuncusunun (yaş: 15.7 ± 0.8 yıl, vücut ağırlığı: 65.6 ± 3.4 kg, boy: 169.5 ± 3.9 cm) analizi yapılmıştır (yedek oyuncu değişikliğinin olmadığı 2 hazırlık maçının verileri analiz edilmiştir). Analizler, Global Konumlandırma Sistemi (GPS) teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların kat edilen toplam mesafe; $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 'den daha yüksek hızlarda kat edilen mesafe; hızlanma (Accel) ve yavaşlama (Decel) sayısı; $2.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 'den daha yüksek hızlanma ve yavaşlama sayıları; sprint sayısı; maksimum 30 saniye ara ile yapılan hızlanmalar ve fizyolojik bir değişken olarak kalp atış hızı incelenmiştir.

Bulgular: İlk ve ikinci yarı arasında, $\text{Accel} > 2.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ve $\text{Decel} > 2.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ hariç, tüm değişkenlerde anlamlı farklar ($p < 0.01$ – $p < 0.001$) gözlemlenmiştir. Bu fark, performansın farklı 10 dakikalık dönemleri arasındaki karşılaştırmalarda da gözlenmiştir. 5. dönem (40-50 dakika), önceki dönemlere kıyasla fark gösteren dönem olmuştur.

Sonuç: Adölesan hentbol oyuncularının, hem zaman-hareket hem de kalp atış hızı verileri değerlendirilen egzersiz yoğunluğunun ikinci yarıda, özellikle bu yarının ortasında, daha düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Ortega-Becerra, Belloso-Vergara ve Pareja-Blanco, 2020).

Elit Erkek ve Kadın Plaj Hentbolunda Zaman-Hareket ve Kalp Atış Hızı Analizi

Amaç: Plaj hentbolu, etkileyici ve yeni bir takım sporu olmasına rağmen, plaj hentbolundaki taleplerle ilgili bilimsel bilgi oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, GPS teknolojisi ile zaman-hareket analizi ve kalp atış hızı (HR) ile fizyolojik yanıtlar aracılığıyla elit plaj hentbolu oyuncularının fiziksel taleplerini analiz etmektir.

Yöntem: Bu çalışma İspanya Plaj Hentbolu Milli Takımı'ndan erkek (n=12) ve kadın (n=12) oyuncular üzerinde yapılmıştır. Örneklem, her biri 10 dakikalık iki devreden oluşan dört maçtan oluşmuştur. Zaman-hareket analizi, GPS cihazları (SPI Pro X, 15 Hz, GPSports) ve eşzamanlı HR takibi (Polar Electro, Finlandiya) ile gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Erkek ve kadın oyuncular tarafından maç boyunca kat edilen toplam mesafe sırasıyla 1234.7 ± 192 m. ve 1118.2 ± 221.8 m. olarak tespit edilmiştir. Kadın oyuncular ilk yarıda daha fazla toplam mesafe ve yürüme mesafesi kat ederken, ikinci yarıda daha fazla ayakta durma mesafesi kat etmişler ve ortalama hızları da daha yüksek gözlenmiştir.

Düşük, orta ve yüksek yoğunluk kategorilerine dağıtılan hızlanma sayıları erkek oyuncular için 43.2 ± 11.6 , 9.4 ± 4.9 ; 0.8 ± 0.9 m/s² ve kadın oyuncular için 40.3 ± 12.7 , 4.3 ± 3.0 ; 0.1 ± 0.3 m/s² olarak tespit edilmiştir. Son olarak, erkek ve kadın oyuncuların maksimum/ortalama kalp atım hızı değerleri sırasıyla $173 \pm 13/137 \pm 12$ bpm ve $177 \pm 13/138 \pm 18$ bpm olarak tespit edilmiştir.

Sonuç: Bu sonuçlar, plaj hentbolunun zorlu bir spor olduğunu ve oyunun genelinde aralıklı olarak dağıtılmış çok sayıda orta yoğunluklu ve yüksek yoğunluklu hareketlerin bulunduğunu göstermektedir (Pueo, Jimenez-Olmedo, Penichet-Tomas, Becerra ve Agullo, 2017).

Profesyonel Futbolcuların Antrenman Dış Yüklerinin Bir Sezon Boyunca Takip Edilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, bir sezon boyunca profesyonel futbolcuların hazırlık ve müsabaka dönemlerindeki dış antrenman yüklerini takip etmektir.

Yöntem: Çalışmada, Süper Lig'de yer alan ve gönüllü olarak katılan 27 oyuncudan (yaş : 27.87 ± 4.68) oluşan bir Türk takımı incelenmiştir. Katılımcıların antrenman dış yükleri; bir sezonda toplam 170 antrenmanda GPS üniteleri (STATSports APEX Yazılımı) ile toplam zaman, toplam

koşu mesafesi, dakika başı kat edilen mesafe ve metabolik yük metriklerine göre belirlenmiştir. Futbolcuların dış antrenman yüklerini belirlemek için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma) kullanılmıştır.

Bulgular: İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, sezon başı hazırlık döneminde, toplam süre, toplam koşu mesafesi, dakika başına kat edilen mesafe ve metabolik yük gibi tüm metriklerde antrenman yüklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, hazırlık dönemi boyunca uygulanan yoğun antrenmanlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç: Oyuncuların antrenman yüklerinin takip edilmesi, antrenörlere oyuncuların yorgunluk ve performans durumları hakkında önemli bilgiler sağlayarak antrenman planlamasında rehberlik edebilir (Şahin, Altundağ, Eroğlu, Miale ve Gonzales, 2021).

Futbolda Lig Sıralamasına Göre Antrenman Yüklerinin Karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmanın amacı, 2017-2018 sezonu sırasında 11 haftalık antrenman döneminde lig şampiyonu olan takım ile ligin son sırasında yer alan takımın aynı pozisyonda oynayan oyuncularının haftalık içsel ve dışsal antrenman yüklerini karşılaştırmak ve bu antrenman yüklerini değerlendirmektir.

Yöntem: Bu çalışmaya 2017-2018 Türkiye Spor Toto Gelişim Elit U19 Ligi'nde oynayan Altınordu ve Manisaspor futbol takımları katılmıştır. Çalışmaya toplamda Altınordu'dan 10 ve Manisaspor'dan 10 olmak üzere 20 oyuncu dahil edilmiştir. Oyuncular, pozisyonlarına göre sınıflandırılmış ve 8 oyuncu savunma, 6 oyuncu orta saha ve 6 oyuncu hücum oyuncusu olarak belirlenmiştir. Kaleciler analizden hariç tutulmuştur. Çalışma öncesinde antropometrik ölçümler ve YIRT1 testi uygulanmıştır. Çalışmanın verileri, ligin ikinci yarısının son 11 haftası boyunca toplanmıştır. Bir antrenman veya müsabaka için içsel antrenman yükü, Sporty Club Management adlı yeni telefon uygulaması kullanılarak RPE yöntemiyle hesaplanmıştır. Haftalık içsel antrenman yükleri, haftalık toplam günlük antrenman yüklerinin toplamı olarak hesaplanmıştır. Dışsal antrenman yükleri ise GPS teknolojileri ile resmi maçlarda ölçülen orta, yüksek ve sprint yoğunluklu koşuların toplamı olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, YIRT1 performansı, haftalık ortalama RPE içsel antrenman yükü, antrenman monotonluğu, resmi maçlarda ölçülen yüksek yoğunluklu koşuların toplamı (dışsal antrenman yükü) ve savunma, orta saha ve hücum oyuncularının antrenman

yükleri Altınordu'da Manisaspor'a kıyasla anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca, Altınordu futbolcularının vücut yağ yüzdesi, Manisaspor futbolcularına göre anlamlı derecede daha düşük tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Sonuç: RPE ve GPS, antrenman yükünü izlemek için etkili yöntemlerdir. Başarılı takımların içsel ve dışsal antrenman yükleri, ligdeki başarısız takımlara göre daha yüksektir (Kara, 2019).

Elit Kadın Futbolcuların Antrenman Yükleri ve Uyku Varyasyonlarının İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kadın futbolcuların antrenman yükleri ile uyku değişimleri arasındaki ilişkileri incelemektir.

Yöntem: Araştırmanın örneklemi, Norveç'in üst düzey bir lig kulübünden yaş ortalaması $24\pm2,8$ olan 21 elit kadın futbolcudan oluşmaktadır. Uyku süresi, uyku kalitesi ve antrenman yükü, ultra geniş bant (IR-UWB) nabız radarı ve Doppler teknolojisine dayalı bir Somnofy uyku monitörü ve oyuncuların antrenman yüklerini izleyen FIFA onaylı STATSports APEX 10 Hz GPS izleme sistemi ile art arda 273 gün boyunca her gün izlenmiştir. Oyuncuların antrenman yükleri ve uykuları arasındaki ilişkileri araştırmak için çok değişkenli bir varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır.

Bulgular: Çok yüksek antrenman yüklerinin yatakta geçirilen süre ($p = 0.005$), toplam uyku süresi ($p = 0.044$) ve hızlı göz hareketi ($p < 0.001$) ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Mevcut bulgular, toplam mesafeye (TDI) dayalı antrenman yükü çok yüksek olduğunda kadın futbolcuların uykusunun bozulduğunu göstermektedir.

Sonuç: Sporcuların düşük, orta ve yüksek antrenman yüklerinde uykularının bir şekilde tutarlı olduğu, ancak antrenman yükü çok yüksek bir seviyeye ulaştığında sporcuların uykularının bozulduğu tespit edilmiştir (Gjertsås, Moen ve Pettersen, 2024).

İspanya Şampiyonası'nda Elit Kadın Plaj Hentbolu Oyuncularının Fiziksel Taleplerinin Küresel Konumlama Sistemi ile Analizi

Amaç: Bu çalışma, elit plaj hentbolu oyuncularının resmi bir müsabaka sırasında karşılaştıkları fiziksel talepleri analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Çalışmaya, İspanya Milli Takımı'ndan dokuz elit kadın plaj hentbolu oyuncusu (ortalama yaş: $24,6 \pm 4,0$ yıl; vücut ağırlığı: $62,4 \pm 4,6$ kg; boy uzunluğu: $1,68 \pm 0,059$ m; antrenman tecrübesi: 5 yıl; antrenman süresi: haftada 6 saat) dahil edilmiştir. Sporcuların hareket analizlerini ortaya koymak için her oyuncunun sırtına bir Küresel Konumlama Sistemi (GPS) yerleştirilmiştir. Hız ve mesafe 15 Hz örnekleme frekansıya, ivmelenme ise entegre bir üç eksenli ivmeölçer ile 100 Hz frekansında kaydedilmiştir.

Bulgular: Çalışmanın ana bulgusu, kat edilen mesafenin 53%'ünün 1,5-5 km/s hızlar arasında, 30%'unun ise 9-13 km/s hızlar arasında gerçekleştiğini (toplam mesafenin 83%'ü) göstermektedir; bu da plaj hentbolunun yüksek yoğunluklu, aralıklı çabalar içerdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, iç yük analizi ile oyun süresinin $62,82\% \pm 4,73$ 'ünün maksimum kalp atış hızının 80%'inin üzerinde geçtiği görülmüştür.

Sonuç: Bu veriler, oyuncuların performansını optimize etmek için yarışmanın gerektirdiği fiziksel taleplere uygun antrenman hedeflerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Sánchez-Sáez vd., 2021).

U19 Erkek Futbolcularında Oyun Formasyonları ve Oynama Pozisyonlarına Göre GPS Değişkenlerindeki Farklılıklar

Amaç: Bu çalışmanın amacı, üç farklı oyun formasyonunda (4-4-2, 3-5-2, 4-3-3) oyuncuların oynama pozisyonlarına göre Global Konumlama Sistemi (GPS) tabanlı maç fiziksel performansını araştırmak ve 1. ve 2. yarı arasındaki maç performans farklarını analiz etmektir.

Yöntem: 23 U19 elit erkek futbolcu (yaş: 18 ± 1 yıl, boy: 1.80 ± 0.04 m, vücut ağırlığı: 70.65 ± 6.02 kg), merkez defans ($n = 5$), Bek ($n = 4$), merkez orta saha ($n = 4$), kanat oyuncuları ($n = 3$), forvetler ($n = 7$) olarak kategorize edilmiş ve oynanan 31 maçta 10 Hz GPS kullanılarak oyuncuların takipleri yapılmıştır.

Bulgular: Sonuçlar, bek ve kanat oyuncularının her zaman çok yüksek hızda koşu mesafesi ve sprint sayısına sahip olduklarını göstermiştir. Tüm GPS değişkenlerinde, maçın 2. yarısında tüm oynama pozisyonları için önemli bir azalma gözlemlenmiştir.

Sonuç: Atletik performans antrenörlerinin, oyuncuların oynama pozisyonlarına uygun özel antrenman programları benimsemeleri gerektiği sonucuna varılmıştır (Borghi vd., 2021).

Profesyonel Futbolcularda Aerobik Fitness ile Maç Performansı Arasındaki İlişkinin Gözlemlenmesi

Amaç: Bu çalışma, profesyonel futbolcularda aerobik fitness ile maç performansı arasındaki ilişkiyi gözlemlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Yöntem: Çalışmaya 18 profesyonel erkek futbolcu (yaş: 29.6 ± 3.2 ; boy: 181 ± 0.66 cm; vücut ağırlığı: 77.8 ± 4.764 kg; vücut yağ yüzdesi: 13.7 ± 2.14) katılmıştır. Çalışma için öncelikle futbolcuların antropometrik ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra futbolculara 30-15 aralıklı fitness saha testi uygulanmıştır. Test sonunda sporcunun ulaşabildiği maksimum hız, test puanı olarak kullanılmıştır. Aerobik Fitness testinden 48 saat sonra bir futbol maçı düzenlenmiş ve müsabaka, futbol müsabaka kurallarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Müsabaka sırasında sporcuların maksimum hız, yüksek şiddetli koşu mesafesi, sprint mesafesi ve maçta ulaştığı toplam mesafe Gpsport evo (10hz) yardımıyla kayıt altına alınmıştır. 30-15 aralıklı fitness testi ile maç performansı arasındaki ilişki, pearson korelasyon testi ile incelenmiştir.

Bulgular: Analiz sonucunda, sporcuların 30-15 aralıklı fitness testi tamamlama hızları ile maçta kat edilen toplam mesafe arasında orta düzeyde anlamlı bir pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Ancak, aralıklı fitness testi tamamlama hızı ile maçta ulaşılan maksimum hız, maçtaki yüksek yoğunluklu koşu mesafesi ve maç sırasında kat edilen sprint mesafesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı açıkça görülmüştür.

Sonuç: Bu sonuçlara göre, sporcuların testte ulaştığı tamamlama hızı arttıkça, müsabaka sırasında kat edilen toplam koşu mesafesinin de arttığı tespit edilmiştir (Çiçekverdi, 2021).

Ampute Futbolcuların Maç Koşu Performansı Profili ve Kalp Atış Hızı Tepkisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, erkek ampute futbolcuların farklı hız bölgelerindeki koşu performanslarını tespit etmek, kalp atış hızı (HR) ile iki futbol maçı sırasında kat edilen mesafe arasındaki ilişkiyi araştırmak ve amputasyon seviyesinin bir maç sırasında kat edilen mesafeye etkisini incelemektir.

Yöntem: Katılımcılar, iki uluslararası hazırlık maçında oynayan erkek ampute futbolcularından oluşmuştur ($n=10$, Yunanistan:5; Belçikalı:5). Kat edilen mesafeler küresel konumlama sistemi (GPS) kullanılarak ölçülmüş ve kalp atış hızları Polar Team Pro cihazı ile kaydedilmiştir.

Bulgular: Farklı amputasyon seviyelerine sahip katılımcılar arasında kat edilen mesafelerde fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte, diz altı amputasyona sahip katılımcıların toplamda daha uzun mesafeler kat etme eğiliminde olduğu gözlenmiştir (fark +262.3 m, Cohen's $d = 0.40$) ve bu fark özellikle bölge 2 (+324.4 m, $d = 0.79$), bölge 3 (+7.1 m, $d = 0.65$), bölge 4 (+22.7 m, $d = 0.43$) ve bölge 5'te (+0.4 m, $d = 0.20$) daha belirgindi. Ayrıca, diz altı amputasyona sahip oyuncular daha fazla ivmelenme (+3.9, $d = 0.89$) ve yavaşlama (+4.2, $d = 0.87$) gerçekleştirme ve daha yüksek bir ortalama kalp atış hızına sahip olma eğiliminde oldukları tespit edilmiştir (+8.4%, $d = 2.04$). Ortalama kalp atış hızı, HRmax'ın 83.3%'üne karşılık gelmekte ve herhangi bir hız bölgesindeki mesafe ile ilişki göstermemiştir.

Sonuç: Amputasyon seviyesinin bir futbol maçı sırasında koşu performansını ve akut fizyolojik tepkileri etkileyebileceği sonucuna varılmıştır (Panagiotopoulou vd., 2023).

Elit Genç Futbolcularda Sezon İçi Blok Antrenman Periyodlaşmasının Antrenman ve Müsabaka Koşullarında İçsel ve Dışsal Yük Oranlarına Etkilerinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, elit genç futbolcularda sezon içi blok antrenman periyotlaşmasının antrenman ve müsabaka koşullarındaki içsel ve dışsal yük oranlarına etkilerini incelemektir.

Yöntem: Çalışmaya yaş ortalaması $17,6\pm0,95$ yıl, boy ortalaması $166,91\pm44,58$ cm, vücut ağırlığı $71,60\pm9,15$ kg, vücut yağ yüzdesi $14,72\pm2,65$ ve antrenman yaşı $8,86\pm1,40$ yıl olan 15 genç erkek futbolcu gönüllü olarak katılmıştır. Sporcuların dayanıklılık performansını belirlemek için “Yoyo Aralıklı Toparlanma Seviye 1 Testi, 10m, 20m, 30m ve 40m sprint testleri, Arrowhead çeviklik testi, tekrarlayan sprint testi” uygulanmıştır. Sporcuların antrenman ve müsabaka performanslarını belirlemek amacıyla, sporcuların zamana bağlı hareket analizleri GPS Sport Evo ile kaydedilmiştir. Zamana bağlı hareket analizi kapsamında toplam mesafe, toplam yük, oyuncu başına dakika başına düşen yük, maksimum kalp atış hızı, maksimum hız, orta yoğunluklu koşu mesafesi, orta yoğunluklu koşu sayısı, yüksek yoğunluklu koşu mesafesi, yüksek yoğunluklu koşu sayısı, sprint toplam mesafesi, sprint toplam sayısı, yavaşlama ve hızlanma değişkenleri değerlendirilmiştir.

Bulgular: İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, performans testleri, antrenman ve müsabakada analiz edilen değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Sonuç: Mevcut araştırma sonuçları elit genç futbol oyuncularının antrenman ve müsabaka performansları hakkında daha fazla araştırma yapılmasına katkı sağlayabilir (Heper, 2024).

Genç Futbolcularda Saha Testleri ile Maç Performansı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, dayanıklılık performansını belirlemek için kullanılan saha test performansı ile genç futbolcuların maç performansı arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya, yaş ortalaması $17,1 \pm 1,01$ yıl; boy ortalaması $177,17 \pm 5,38$ cm; vücut ağırlığı ortalaması $71,18 \pm 5,60$ kg ve antrenman deneyimi ortalaması $6,97 \pm 1,33$ yıl olan 38 genç futbolcu katılmıştır. Futbolcuların dayanıklılık performansını belirlemek için “Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Seviye 1 Testi, 30-15 Aralıklı Fitness Testi, Dairesel Modifiye Mekik Testi, Tekrarlı Sprint Testi ve 40 m Sprint Testi” kullanılmıştır. Maç performansını belirleyebilmek amacıyla bir hazırlık maçı yapılmış ve müsabaka esnasında futbolcuların zamana bağlı hareket analizleri GPSsport (EVO 10Hz. Units Canberra Australia) ile kayıt altına alınmıştır. Zaman-hareket analizi için yürüme (0-6,9 km/sa), düşük yoğunluklu koşu (7-12,9 km/sa), orta yoğunluklu koşu (13-17,9 km/sa), çok yüksek şiddetli koşu (18-20,9 km/sa), sprint (>21 km/sa) ve maçta kat edilen toplam mesafe değerlendirilmiştir.

Bulgular: Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Seviye 1 Testi ile maç performansı arasında orta ve büyük düzeyde korelasyonlar bulunmuştur. 30-15 Aralıklı Fitness Testi performansı ile maç performansı arasında orta düzeyde korelasyonlar saptanmıştır. Anaerobik Eşik Koşu hızı ile müsabaka performansı arasında orta düzey ilişki tespit edilmiştir.

Sonuç: Sonuç olarak, çalışma kapsamında kullanılan performans testlerinin, müsabaka sırasında ortaya çıkan farklı performans bileşenleriyle ilişkili olduğu, ancak oyunun bütününe değerlendirmek için yeterli bilgi sağlamadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle, müsabaka performansını, tek bir testten elde edilen performans parametreleri üzerinden değerlendirmenin doğru bir yaklaşım olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Işıkdemir, 2021).

Futbolcularda Yapılan Anaerobik ve Aerobik Performans Testleriyle Saha Takip Cihazlarıyla Elde Edilen Fizyolojik ve Kinematik Parametrelerin Karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmanın amacı, fizyolojik performans testleri ile maçlarda elde edilen fizyolojik ve kinematik parametreler arasındaki ilişkileri incelemektir.

Yöntem: Çalışmaya 32 erkek futbolcu (Yaş: $21,85 \pm 2,88$ yıl, boy: $177,10 \pm 8,03$ cm, vücut ağırlığı: $72,40 \pm 8,98$ kg) katılmış, ancak testler ve müsabakalar sırasında dahil edilme kriterlerini karşılamayan sporcular nedeniyle 20 erkek futbolcunun parametreleri çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcıların fizyolojik ve kinematik performanslarını belirlemek için Yo-Yo testi ve RAST testi kullanılmıştır. Katılımcıların kinematik ve fizyolojik parametreleri, performans testlerinden sonraki 3 hafta boyunca haftada 1 gün yapılan resmi futbol müsabakalarında GPS destekli saha takip cihazı ile elde edilmiştir. Katılımcılara ilişkin tanımlayıcı istatistikler olarak fizyolojik ve kinematik parametrelerin ortalama ve standart sapma değişkenleri hesaplanmıştır. Kinematik ve fizyolojik parametreler arasındaki ilişki Spearman Korelasyon katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde ilişkilerin anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiş ve SPSS paket programı kullanılmıştır.

Bulgular: Fizyolojik performans testlerinin sonuçlarına göre, GPS destekli saha takip cihazlarıyla resmi müsabakalarda elde edilen fizyolojik ve kinematik parametreler arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Ancak, performans testleri ile müsabakalar arasındaki yoğun yüklenmelerin yaşandığı dönemlerde pozitif ilişkiler gözlemlenmiştir.

Sonuç: Benzer araştırmalar farklı yaş gruplarında, farklı seviyedeki takımlarda ve branşlarda da yapılarak, antrenman bilimine katkılar sağlanabilir (Akyıldız, 2018).

Tokyo Olimpiyat Hazırlık Döngüsünde Çinli Kadın 3 × 3 Basketbol Oyuncularının Antrenman Yüğü Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Çin kadın 3×3 basketbol takımının Tokyo Olimpiyat Oyunlarına hazırlık döngüsünün farklı aşamalarında sergilediği oyun yüklerindeki farklılıkları karşılaştırmaktır.

Yöntem: Bu çalışmada, 2019-2021 Tokyo Olimpiyatları'nın hazırlık ve ana müsabaka dönemlerinde, Nisan-Ağustos 2019 ve Nisan-Haziran 2021 tarihleri arasında yük ile ilgili veriler ölçülmüştür. Amaç, farklı

aşamalarda yarışma yükündeki değişiklikleri ve farklılıkları karşılaştırmak ve hazırlık dönemindeki yük değişikliklerinin modellerini keşfetmektir. Bu çalışmada, spor yükü verilerini toplamak için FIFA ve NBA tarafından yetkilendirilmiş giyilebilir cihazların yanı sıra Avustralya'dan Catapult GPS performans izleme sistemi (Catapult&Polar Team) kullanılmıştır. OptimEye S5 cihazı maçtan önce veri toplamak için sporcuların sırtına takılmış, Open Field™ sistemi ise maç sonrası veri düzenleme ve rapor oluşturma için kullanılmıştır.

Bulgular: 2019'daki hazırlık dönemindeki birincil müsabaka yüküyle karşılaştırıldığında, 2021 hazırlık döneminde müsabaka yükünde, yüksek yoğunluklu yükte, patlayıcı hareket sayısında, yüksek yoğunluklu hızlanma sayısında, sola ve sağa doğru birkaç değişiklikte ve eksantrik hareket sayısında önemli artışlar ve düşüşler ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

2021 hazırlık döneminde, ortalama kalp atış hızı, ortalama kalp atış hızı yüzdesi ve ortalama yarış hızı, 2019 hazırlık dönemindeki yarışa kıyasla önemli düşüşler göstermiştir ($p<0,05$). 2019'dan 2021'e uzanan antrenman dönemi boyunca, koşu mesafesi ve maksimum hızda önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Sonuç: Bu çalışmanın sonuçları, milli takım sporcularında olumlu adaptif değişiklikleri teşvik ettiğini ve 2019'dan 2021'e kadar yarışma sırasında hem yük hem de spor performans bilimi verilerinde önemli bir artış sağladığını ortaya koymaktadır (Wang, Cao, Xu, Qiu ve Yang, 2023).

Kadınlar Gençler Uluslararası Hokey Takımında Lokomotor Aktivite Değişkenliğinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kadınlar gençler uluslararası hokey takımında lokomotor aktivitedeki değişiklikleri yorumlamak, sporcular arasındaki ve sporcuların kendi içindeki değişkenlikleri tahmin etmektir.

Yöntem: 33 kadın uluslararası hokey oyuncusunun (yaş: 20 ± 0.9 yıl; boy: 166.1 ± 4.4 cm; vücut ağırlığı: 62.5 ± 6.2 kg), gençler uluslararası hokey maçında oynamış oldukları toplam 34 müsabakanın analizi yapılmıştır. Çalışmanın verileri küresel konumlandırma sistemi teknolojisi ile izlenmiştir. Lokomotor aktivite, oyuncuların her çeyrekte üç hız bölgesinde kat ettiği göreceli mesafeler olarak ölçülmüştür (<16 km/sa, $16-19.9$ km/sa, >20 km/sa). Veriler, oyuncu pozisyonuna göre (savunmacılar, $n=13$; orta saha oyuncular, $n=8$; forvetler, $n=12$), maç sonucuna, türüne, yerine ve rakip sıralamasına göre elde edilmiştir.

Bulgular: Sporcuların maçtan maça ve çeyrekten çeyreğe lokomotor aktivitelerindeki değişkenlik, düşük hız (<16 km/sa) ve yüksek hız ($16-19.9$ km/sa ve >20 km/sa) bölgeleri arasında önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Düşük hız hareketinin (<16 km/sa) maçtan maça değişkenliği %5 iken, yüksek hızda ($16-19.9$ km/sa) ve çok yüksek hızda (>20 km/sa) koşular için sırasıyla %22 ve %34 olmuştur. Sporcu içindeki çeyrekten çeyreğe değişkenlik, her hız bölgesi için artmış ve orta saha oyuncularında düşük hız hareketinde, savunmacılarda ise yüksek ve çok yüksek hız koşularında en fazla olmuştur.

Sonuç: Maçtan maça elde edilen parametreler değerlendirilirken dikkatli olunmalı ve antrenörler değerlendirmelerini kendi özel bağlamlarında yapmalıdır. Ayrıca, gençler uluslararası hokey oyuncuları için yüksek ve çok yüksek hız koşularındaki çeyrekten çeyreğe değişkenlikler, pozisyona özgü farklılıkları ortaya koyarak oyuncuları maç gereksinimlerine daha iyi hazırlamak için antrenörlere ayrıntılı bilgiler sunmaktadır. Dolayısıyla antrenörler antrenmanlarında bu uygulamaları dikkate almalıdır (Curran, Neville, Passmore ve MacNamara, 2022).

Elit Sporcularda GPS Cihazlarıyla Değerlendirilen Sprint Kuvvet-Hız Profiline Eş Zamanlı Geçerliliği ve Güvenilirliği

Amaç: Bu çalışmanın amaçları, (1) sprint kuvvet-hız (F-v) profillerini ölçmek için radar cihazına karşı global konumlandırma sistemlerinin (GPS) eş zamanlı geçerliliğini değerlendirmek ve (2) 10-Hz GPS cihazlarının (Vector S7, Catapult Innovations) birimler arası güvenilirliğini incelemektir.

Yöntem: Çalışmaya 16 erkek elit U18 rugby oyuncusu (boy: 178.3 ± 7.6 cm; kilo: 78.3 ± 13.2 kg) katılmıştır. Sporculara 5 dakika dinlenme verilerek toplam 2 adet 50 metrelik sprint yaptırılmıştır. Sprint koşu hızı, her oyuncunun üst sırtına yerleştirilen bir radar ve 2 GPS cihazı ile eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Eş zamanlı geçerlik ve birimler arası güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Radar ve GPS ile elde edilen F-v değişkenleri arasında orta ile neredeyse mükemmel düzeyde korelasyonlar gözlemlenmiş ve küçükten büyüğe tipik hatalar tespit edilmiştir. GPS cihazlarının birimler arası güvenilirliği ile ilgili önemsizden küçüğe kadar değişen varyasyon katsayıları bulunmuştur.

Sonuç: Bu çalışmada test edilen GPS cihazları, takım sporcularında sprint ivmesi F-v profillerini değerlendirirken radar cihazına geçerli ve

güvenilir bir alternatif olarak kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur (Clavel vd., 2022).

Elit Futbolcuların Maç Koşu Performansı: $\dot{V}O_{2max}$ ve Oyuncu Pozisyonunun Etkileri

Amaç: Bu çalışmanın amaçları şunlardır: (a) $\dot{V}O_{2max}$ ile bir futbol maçında kat edilen toplam mesafe arasındaki ilişkiyi değerlendirmek, (b) $\dot{V}O_{2max}$ ile bir futbol maçında farklı koşu yoğunluklarında kat edilen mesafe arasındaki ilişkiyi değerlendirmek, (c) Farklı oyun pozisyonlarındaki koşu yoğunluklarını belirlemek ve (d) İki devre arasındaki koşu performansı farklılıklarını belirlemek.

Yöntem: Yunanistan 2. Ligindeki profesyonel futbolcuların (n=14) maç koşu performansı, Küresel Konumlama Sistemi (GPS) kullanılarak analiz edilmiştir. Oyuncular arasında farklı oyun sürelerini önlemek için, çalışmaya sadece 90 dakika oynayan futbolcular dahil edilmiş ve kaleciler çalışmadan hariç tutulmuştur.

Bulgular: Herhangi bir hızda $\dot{V}O_{2max}$ ile maç koşu performansı arasında bir ilişki tespit edilmemiştir. Oyuncular, tüm koşu parametrelerinde (yürüme hariç) birinci devre daha fazla mesafe kat etmiştir. Oyuncular ilk yarıda, ikinci yarıya kıyasla daha fazla toplam mesafe kat etmişlerdir. Orta saha oyuncularını, savunma ve forvet oyuncularına kıyasla yüksek yoğunluklu koşu bölgesinde ve hızlı koşu bölgesinde daha fazla mesafe kat etmiştir.

Sonuç: Sonuçlar, maç koşu performansı ve kat edilen mesafenin, her oyuncunun takım içindeki taktiksel rolüne bağlı olduğunu göstermektedir. Bu veriler, Yunan elit futbolcularının koşu profili hakkında antrenörlere değerli bilgiler sunmakta ve bu bilgiler daha etkili bir antrenman programı tasarlamak için kullanılabilir (Metaxas, 2021).

Elit Futbolda Temassız Yaralanmalar Yüksek Hızda Koşu Sırasında Meydana Geliyor Mu? GPS ve Video Tabanlı Yeni Bir Yöntemden Elde Edilen Ön Bulgular

Amaç: Yaralanmaların nasıl meydana geldiğini (tetikleyici koşullar) anlamak, etiyolojik hipotezler geliştirmek ve önleme stratejileri oluşturmak için faydalıdır. Bu çalışmanın amaçları şunlardır: 1) Yaralanmalara yol açan aktivitelerin hız ve ivmesini tahmin etmek için video ve Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) verilerini birleştiren bir yöntemin

uygulanabilirliğini değerlendirmek ve 2) bu yöntemi kullanarak temassız yaralanmalara yol açan tetikleyici koşulları analiz etmek.

Yöntemler: Bu araştırma, retrospektif tanımlayıcı bir çalışmadır. Üç sezon boyunca 46 elit oyuncunun yaralanma tetikleyici koşulları, video kayıtlarından ve Catapult Vector S7 Küresel Konumlandırma Sistemi aracılığıyla toplanan dış yük ölçümlerinden analiz edilmiştir.

Bulgular: Toplamda 34 temassız yaralanma analiz edilmiştir. 17 hamstring yaralanmasının 16'sı, oyuncuların maksimum hıza ulaştığı durumlarda meydana gelmiştir. Bu hız, oyuncuların maksimum hızlarının 87.55%'ine karşılık gelmektedir. Üç adduktor yaralanmasından biri oyuncunun topla ilgisi olmadan, biri oyuncunun topu diz seviyesinde kontrol ederken hızlanması sırasında, diğeri ise, iç ayak vuruşu yaparken meydana gelmiştir. İki kuadriseps yaralanması ise oyuncuların yürürken veya koşarken şut çekmesi sırasında oluşmuştur.

Sonuç: Bu çalışmada sunulan ön bulgular, hamstring yaralanmalarının çoğunun oyuncuların $>25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ hızda ve maksimum hızlarının 80%'inin üzerinde koşarken meydana geldiğini göstermektedir. Bu çalışma, bu yeni yaklaşımın yaralanma tetikleyici koşullarının ayrıntılı ve standartlaştırılmış bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıyabileceğini göstermektedir (Aiello vd., 2023).

Profesyonel Futboldaki Güç ve Kondisyon Antrenörlerinin Güncel Uygulamaları

Amaç: Bu çalışmanın amacı, profesyonel futbol takımlarındaki güç ve kondisyon antrenörlerinin güncel uygulamalarını tanımlamaktır.

Yöntem: 18 farklı ülkeden profesyonel liglerde görev yapan 52 güç ve kondisyon antrenörü, sekiz bölümden oluşan 45 soruluk çevrimiçi bir anketi tamamlamıştır: (a) geçmiş bilgileri, (b) kas gücü ve patlayıcı kuvvet gelişimi, (c) hız gelişimi, (d) pliometrik antrenmanlar, (e) esneklik gelişimi, (f) fiziksel testler, (g) teknoloji kullanımı ve (h) antrenman programlama. Sabit yanıtı sorular için frekans analizi, açık uçlu sorular için ise belirgin, tanımlanabilir ve farklı temalar oluşturmak amacıyla tematik analiz kullanılmıştır.

Bulgular: Tüm güç ve kondisyon antrenörleri lisans veya daha yüksek düzeyde eğitime sahip olup, 65%'i güç ve kondisyon sertifikasına, 54%'ü ise futbol antrenörlük sertifikasına sahiptir. En yaygın kullanılan direnç antrenmanı türleri konsantrik (100%) ve eksantrik (98%) direnç uygulamaları olmuştur. Futbolcular için en önemli egzersiz olarak squ-

at (varyasyonları dahil) (52%) belirlenmiştir. En çok uygulanan Olimpik ağırlık kaldırma hareketi hang clean (33%) ve en yaygın kullanılan plio-metrik egzersizler çoklu sıçrama/çömelleme (89%) olmuştur.

Teknoloji tabanlı ekipmanlar arasında en çok kullanılan araç Küresel Konumlandırma Sistemleri (GPS) olup, kullanım oranı 94%'tür. Zaman yönetimi, programlama ve maç fikstürleri en büyük zorluklar olarak belirlenmiş ve bu durum, antrenman programlarının periyodizasyonunu ve uygun antrenman yüklerinin uygulanmasını zorlaştırmıştır. Ayrıca, güç ve kondisyon antrenörleri oyuncuların kapsamlı bir şekilde izlenmesi ve test edilmesi için teknoloji entegrasyonunu daha da geliştirilmesini istemektedir.

Sonuç: Gelecekte teknolojinin daha da gelişerek antrenman süreçlerine daha fazla entegre edileceğine inanılmaktadır. Profesyonel futbol takımlarında görev yapan güç ve kondisyon antrenörleri, bu çalışmadan elde edilen bilgileri mevcut uygulamalarını gözden geçirmek ve gelecek-teki uygulamalarını çeşitlendirmek veya değiştirmek için kullanabilirler (Weldon vd., 2021).

İzlanda Üst Düzey Futbol Ligindeki Erkek Futbolcuların Fiziksel Performansı

Amaç: Bu çalışmanın amacı, İzlanda'nın en üst düzey futbol ligi olan Pepsi Max Ligi'ndeki erkek oyuncuların fiziksel performans parametrelerini (toplam kat edilen mesafe, sprint mesafesi, sprint sayısı, en yüksek hız ve yüksek yoğunluklu sprintler) araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya, İzlanda'nın en üst liginde oynayan 7 takımdan toplam 108 futbolcu katılmıştır. Oyuncuların yaş aralığı 18 ile 37 arasında değişmektedir. Beş takım 18 maç, iki takım ise 17 maç oynamış ve toplam 756 gözlem analiz edilmiştir. Veriler, Catapult firmasına ait Playertek GPS takip sistemi ile elde edilmiştir. Sahadaki farklı mevkilerde oynayan oyuncuların fiziksel performanslarını ölçmek için tek yönlü ANOVA ve post hoc Tukey testi uygulanmıştır.

Bulgular: Sonuçlar, oynanan mevkilere göre farklılıklar göstermektedir. Stoperler tüm hız bölgelerinde en az mesafeyi kat ederken, kanat orta saha oyuncuları en fazla mesafeyi kat etmiştir. Elde edilen bulgular, fiziksel taleplerin büyük ölçüde oynanan pozisyona bağlı olduğunu göstermektedir.

Sonuç: Bu araştırma, İzlanda futbol literatürüne önemli bir katkı sağlamaktadır. Oyuncuların maç sırasında sergiledikleri fiziksel aktiviteler

ve bu aktivitelerin mevkilere göre nasıl değiştiği konusunda önemli bilgiler sunmaktadır (Pétursson, 2021).

Giyilebilir Cihazlar ve Dijital Biyobelirteçler ile Antrenman Toleranslarının ve Sporcu Performansının Optimizasyonu: Bir Ulusal Kolej Atletizm Birliği (NCAA) III. Lig Futbol Takımının Bir Yıllık Süreçte İncelenmesi

Amaç: Sporlarda giyilebilir cihazlar profesyonel ve üst düzey üniversite seviyelerinde kullanılmıştır, ancak alt üniversite liglerinde (daha düşük seviyedeki bölümlerde) bu konuda çok fazla araştırma yapılmamıştır. Bu retrospektif çalışmanın amacı, Catapult PlayerTEK giyilebilir teknolojisini kullanarak büyük veri toplamak, kas-iskelet modeli oluşturmak için bir algoritma geliştirmek ve 12 haftalık bir sezon boyunca Erkekler III. Lig (DIII) üniversite futbolcularının iş yüklerini uzun vadeli olarak belirlemektir.

Yöntem: Bu retrospektif çalışma, 2019 sonbahar sezonu boyunca III. Lig (DIII) üniversite erkek futbol takımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Toplamda 28 sporcu, 12 haftalık sezon boyunca çalışmaya katılmıştır. Her katılımcı, oynadığı mevkiye göre gruplandırılmıştır. Çalışmada, 2 hücumla dönük orta saha, 4 stoper, 4 forvet, 4 kaleci, 4 sol bek, 4 orta saha, 2 sağ bek ve 4 kanat oyuncusu yer almıştır. Bu çalışmaya katılan oyuncular, her antrenman seansı ve resmi maç sırasında aynı Catapult PlayerTEK cihazını takmıştır. Oyuncular, istedikleri takdirde cihazı çıkarabileceklerini bilerek gönüllü olarak katılım sağlamıştır. Sensör, oyuncuların kürek kemikleri arasına yerleştirilmiş ve sabitlenmiştir. Her antrenman sonrasında sensörler teslim edilmiş ve veriler ilgili yazılım platformu aracılığıyla indirilmiştir. Oyuncuların iş yükleri, sezon boyunca hem antrenman hem de maçlar sırasında belirlenmiştir. Ortalama oyuncu iş yükü, her antrenman ve maç için ve sezonun her haftası hesaplanmıştır.

Bulgular: Sonuçlar, sezon boyunca tüm mevkiler için ortalama maç iş yükünün, ortalama antrenman iş yükünün 1.5 katı olduğunu, forvet mevkisinin sezon boyunca en düşük iş yüküne sahip olduğunu ve en yüksek ortalama iş yükünün 8. haftada, en düşük iş yükünün ise 4. haftada olduğunu göstermiştir.

Sonuç: Bu sonuçlar, giyilebilir cihazlardan toplanan verilerin, performansı ve sağlığı optimize etmek için veri yönetim sistemlerine entegre edilmesini sağlamak adına teşvik edici bir role sahiptir (Seshadri, Van-Bibber, Sethi, Harlow ve Voos, 2024).

Atletik Performansta Giyilebilir Teknolojiler

Amaç: Bu çalışmanın amacı, giyilebilir teknolojilerin spordaki kullanım alanlarını, sağladıkları avantajları ve gelecekte beklenen gelişimleri incelemektir.

Yöntem: Günümüzde yalnızca antrenman yöntemleri değil, aynı zamanda gelişen teknolojinin uzmanlara sunduğu giyilebilir oyuncu takip sistemleri de sportif performansın gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Üst düzey sporcularda yapılan iş olarak, dış yükün takibi ve iç yükün izlenmesi ile istenilen egzersiz şiddetinde antrenman yapılmasını sağlayan bu sistemlerin kullanımı giderek artmıştır. Bunun yanı sıra, akut ve kronik antrenman yükünü kontrol eden ve sakatlık riskinin artışıyla ilişkili olan giyilebilir teknoloji ürünleri, sakatlıktan iyileşme sürecinde önemli bir geri bildirim mekanizması olarak hizmet vermeye başlamıştır. Son zamanlarda hareket analizinde aktivite modelini belirlemek ve müsabaka içinde veri toplamak amacıyla kullanılmaktadır.

Bulgular: Giyilebilir teknoloji ürünleri, Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS), Yerel Konumlandırma Sistemi (LPS), Mikro Elektromekanik Sistem (MEMS), Atalet Ölçüm Sistemi (IMS) gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır ve farklı sensörlerin verileri farklı frekanslarda topladığı ve değişken algoritmalarla işlediği dikkate alınmalıdır.

Sonuç: Son 10 yıl içinde farklı ticari ürünlerin yaygın olarak kullanıma sunulmasıyla birlikte, giyilebilir teknoloji ürünlerinin, sporda performansı artırmak için çalışan antrenörler için vazgeçilmez yardımcıları haline geldiği söylenebilir (Şahin, 2021).

Oyun Pozisyonlarına Göre Elit Erkek Hentbol Oyuncularının Dış Yüklerinin İzlenmesi

Amaç: Antrenman ve müsabakalarda iş yükünün izlenmesi, elit seviyedeki sporcular için kritik öneme sahiptir ve olası spor sakatlıklarını önlemek açısından büyük bir rol oynamaktadır. Takım sporlarında dış yükün değerlendirilmesi, antrenörlerin antrenmanları bireyselleştirmesine ve takımlarının oyun sistemini optimize etmesine yardımcı olan yeni teknolojiler sayesinde mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada, bir elit hentbol takımının tüm bir sezon boyunca karşılaştığı fiziksel talepler incelenmiştir.

Yöntem: Vücut teması yoğun olan bu zorlu takım sporunda her bir pozisyon için yeni veriler sunulmaktadır. 16 dünya çapındaki üst düzey oyuncu (5 kanat, 2 merkez bek, 6 arka oyuncu, 3 pivot) WIMU PRO yerel

konumlandırma sistemi ile donatılmış ve İspanya birinci liginde oynanan 14 resmi maç boyunca takip edilmiştir. Oyuncuların sahada kalma süresi, farklı koşu hızlarında kat ettikleri toplam mesafe ve ivmelenme değişkenleri izlenmiştir.

Bulgular: Bir hentbol maçında kanat oyuncuları yüksek hızlı koşu (>5.0 m/s) kategorisinde en fazla mesafeyi kat etmiştir. Sprint (>6.7 m/s) kategorisinde ise merkez bek oyuncular, maç boyunca en yüksek hız yoğunluklarını sergileyen bir diğer pozisyon olarak öne çıkmıştır. Merkez bek oyuncuları ayrıca yüksek yoğunluklu yavaşlamalar açısından en yüksek sayıya ulaşmıştır.

Sonuç: Bu çalışma, profesyonel antrenörler ve teknik ekipler için elit erkek hentbol oyuncularının antrenman yüklerini optimize etmek ve fiziksel taleplerini pozisyona özel olarak bireyselleştirmek adına faydalı bilgiler sunmaktadır (Font vd., 2021).

Bir Turnuva Sırasında Yarı-Elit Düzeydeki Kadın Futbolcuların İç ve Dış Maç Taleplerini Niceliksel Olarak Belirlemek İçin GPS Analizinin Kullanımı

Amaç: Bu çalışmanın amacı, küresel konumlandırma sistemi (GPS) teknolojisini kullanarak elit altı kadın futbolcuların maç içi ve maç dışı fiziksel taleplerini niceliksel olarak belirlemektir. İkinci olarak, bu değişkenlerin bir turnuva boyunca maç içinde ve maçlar arasında nasıl değiştiğini tanımlayarak oyuncu yorgunluğunun etkisini belirlemeyi hedeflemektedir.

Yöntem: Çalışmada, yerel bir turnuva boyunca 30 elit altı kadın futbolcunun analizi yapılmıştır. Maç taleplerindeki farklılıklar, yüzde farkı, etki büyüklüğü ve 90% güven aralıkları kullanılarak incelenmiştir. Oyun pozisyonlarına göre maç talepleri ve koşu yoğunlukları arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için tek yönlü ANOVA kullanılmış ve farkları belirlemek için Bonferroni testi uygulanmıştır. Maç performansındaki değişiklikleri karşılaştırmak için eşleştirilmiş örneklem t-testi ve Cohen etki büyüklüğü kullanılmıştır.

Bulgular: Oyuncuların ortalama kat ettiği toplam mesafe 5917 metre olarak tespit edilmiştir. Orta saha oyuncuları, mutlak ve göreceli olarak en fazla mesafeyi kat ederken, en yüksek düşük yoğunluklu aktiviteyi ve oyun süresi başına oyuncu yükünü gerçekleştirmiştir. Defans oyuncuları, orta saha oyuncularına kıyasla anlamlı derecede ($p \leq 0.05$) daha az göreceli mesafe ve düşük yoğunluklu aktivite sergilemiştir. Forvet oyuncuları

en yüksek yoğunlukta en fazla mesafeyi kat ederken, en yüksek yoğunluklu kalp atış hızı yüzdesi defans oyuncularında ölçülmüştür.

Maç içi karşılaştırmalar, oyuncu yükünün ikinci yarıda anlamlı derecede azaldığını ortaya koymuştur. Göreceli mesafe, düşük yoğunluklu aktivite ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde ikinci yarıda azalma görülmüş ve bu değişiklikler önemsiz ile küçük değişiklikler olarak değerlendirilmiştir. Turnuva boyunca değişkenlerde küçükten büyüğe farklılıklar gözlemlenmiştir. En büyük değişim, ikinci ve beşinci maçlar arasında göreceli kat edilen mesafede büyük bir azalma olarak görülmüştür.

Sonuç: Sonuç olarak, performans ölçümlerinde genellikle küçük düşüşler gözlemlense de, turnuva süresince biriken yorgunluğun performansı olumsuz etkileyeceğine dair kanıtlar ortaya konmuştur (Strauss, Sparks ve Pienaar, 2019).

Kadın Futbolcuların Bazı Performans Testleri ile Maç Performans Parametreleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kadın futbolcuların bazı performans testleri ile maç performansı arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya, kadınlar süper liginde mücadele eden 24 sporcu (yaş: 25.21 ± 5.532 yıl; antrenman yaşı: 12.33 ± 5.027 yıl; vücut ağırlığı: 59.89 ± 5.736 kg; boy: 168.58 ± 3.450 cm) gönüllü olarak katılmıştır. Sporculara squat jump, countermovement jump, 10 m ivmelenme, 30 m sprint, Yoyo Aralıklı Toparlanma Testi ve 30-15 Aralıklı Fitness Testi uygulanmıştır.

Maç sırasında sporcuların hareket analizleri Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ile kaydedilmiştir. Analiz kapsamında toplam koşu mesafesi, yüksek yoğunluklu koşu mesafesi ve sayısı, sprint mesafesi ve sayısı, maksimum sprint hızı, ortalama hız, akselerasyon ve deselerasyon sayıları değerlendirilmiştir. Performans testleri ile maç performansı arasındaki ilişki düzeyini belirlemek için Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır.

Bulgular: Analiz sonuçlarına göre, sporcuların Yoyo Aralıklı Toparlanma Testi koşu mesafesi ve bitirme hızı ile müsabakada toplam kat edilen mesafe arasında orta düzeyde pozitif yönlü ilişki; 30-15 Aralıklı Fitness Testi koşu mesafesi ve sayısı ile müsabakada toplam kat edilen mesafe arasında orta düzeyde pozitif yönlü ilişki olduğu bulunmuştur. Yüksek şiddetli koşu sayısı ile 30m sürat performansı arasında orta düzeyde negatif yönlü; ortalama hız ile 30m sürat performansı arasında orta

düzeyde pozitif yönlü; maksimal sprint hızı ile countermovement jump ve squat jump arasında orta düzeyde pozitif yönlü ilişki tespit edilmiştir.

Sonuç: Sonuç olarak, çalışmada yer alan performans testlerinin maç sırasında ortaya çıkan çeşitli performans parametreleriyle ilişkili olduğu belirlenmiş, ancak maçın tamamının değerlendirilmesi için yeterli bilgi sağlamadığı görülmüştür. Bu doğrultuda, maç performansının kapsamlı ve çoklu testlerden elde edilen performans bileşenleriyle değerlendirilmesinin daha doğru bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir (Başkaya ve Akkoyunlu, 2023).

GPS Tabanlı Rugby Oyuncu Performansı ve Takım Taktikleri Analizi

Amaç: Son yıllarda, bilgi teknolojilerinin spor alanında kullanımı yaygınlaşmıştır. Bilgi teknolojilerinin antrenmanlarda ve maçlarda kullanımı ve analizi, oyuncuların performansını geliştirmek ve artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu eğilim rugby sporunda da benzer şekilde görülmekte olup, bilgi teknolojilerinin kullanımı hem yerli hem de yabancı takımlar tarafından benimsenmiştir.

Yöntem: Bu çalışmada, Rissho Üniversitesi rugby takımının maç verileri GPS kullanılarak ölçülmüş, oyuncu performansı, takım stratejisi ve taktikleri, galibiyet ve mağlubiyetler ile atılan goller gibi faktörler analiz edilerek aralarındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır.

Bulgular: Sonuç olarak, toplam koşu mesafesinin toplam koşu süresine oranı olan iş hızının artırılmasının, galibiyete katkı sağlayan bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuç: Gelecekte ele alınması gereken bir konu olarak, bireysel oyuncu verilerini analiz ederek her oyuncunun performansını ve oyun eğilimlerini değerlendirmek ve bu doğrultuda antrenman programlarını geliştirmek gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışmada analiz edilen veriler dışında, koşu hızı aralıklarına göre oyun süresi gibi diğer ölçütler de analizlerde kullanılabilir (Aoki ve Kunimatsu, 2023).

İngiltere Premier Ligi Akademi Futbolunda Oyun Pozisyonuna Göre Fiziksel Gereksinimler

Amaç: Futbol müsabakalarının fiziksel gereksinimleri, oynanan pozisyona göre değişiklik göstermektedir. Önceki araştırmalar toplam me-

safe ve yüksek hızda kat edilen mesafeleri incelemiş, ancak hızlanma gereksinimlerine yönelik sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır. Hız ve ivmelenme gereksinimlerini inceleyen çalışmalarda, genellikle eşik değerleri kullanmış ve sporcuların bireysel hareket özellikleri göz ardı edilmiştir. Bu çalışma, bireysel hız ve ivmelenme eşiklerini kullanarak aktivitelerin göreceli yoğunluğunu inceleyen ilk çalışmadır. Bu çalışmada ayrıca, maç sonucu ile fiziksel çıktı arasındaki ilişki de araştırılmıştır.

Yöntem: 44 profesyonel maçtan elde edilen GPS verileri, 10 Hz GPS ve 100 Hz ivmeölçer cihazları kullanılarak toplanmıştır. 343 gözlem, oynanan pozisyona ve maç sonucuna göre sınıflandırılmış, GPS ölçümlerindeki farklılıklar analiz edilmiştir.

Bulgular: Orta saha oyuncularını en yüksek toplam mesafe ve orta yoğunluklu hızlanma mesafesi üretmiştir ($p<0.01$). Kanat bek ve forvet oyuncularını en yüksek çok yüksek hızda koşu, sprint ve yüksek yoğunluklu hızlanma mesafesi değerlerine ulaşmıştır ($p<0.01$). Stoperler ise tüm ölçümlerde en düşük değerleri kaydetmiştir ($p<0.01$). Farklı maç sonuçları ile GPS ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Sonuç: Futbolda farklı pozisyonların taktiksel ve teknik rollerine ek olarak, kendilerine özgü fiziksel gereksinimleri olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, bireysel antrenman yoğunluklarının müsabaka gereksinimlerine göre belirlenmesine olanak sağlamaktadır. GPS ölçümleri ile maç sonucu arasında bir ilişki bulunmaması, futbol başarısının üstün teknik ve taktik stratejilerle sağlandığını düşündürmektedir (Abbott, Brickley ve Smeeton, 2018).

20 Hz GPS Veri Toplama ile Elit ve Amatör Futbolcular Arasındaki Dataların Karşılaştırması

Amaç: Futboldaki atletik bileşen, günümüzde performansı belirlemede en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Bu düşünce, çalışmamızın temelini oluşturmakta olup, bu çalışma amatör futbolcular ile elit bir futbolcuların iş yükü arasındaki farkı değerlendirmeyi ve ölçmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Çalışmanın analizleri, amatör futbolcular için GPS yöntemiyle, elit futbolcular için ise video takip sistemiyle yapılan maç analizleri sayesinde gerçekleştirilmiştir. İncelenen takımlar, İtalya'nın 7. liginde mücadele eden ekipler olup, 6 maç boyunca 10 GPS cihazı kullanılarak veriler toplanmıştır (her takım için 5 maç). Her takım ve her maç için bir forvet, bir merkez orta saha oyuncusu, bir kanat oyuncusu, bir stoper

ve bir bek oyuncusu analiz edilmiştir (Yaş: $25,3 \pm 4,2$, Kilo: $74,5 \text{ kg} \pm 5,3$, Boy: $1,76 \text{ cm} \pm 5,2$). Çalışmamızda, performans verilerini tespit etmek için 20 Hz GPS kullanılmış ve elde edilen sonuçlar, bilimsel literatürdeki elit oyuncuların maç performans verileriyle karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Elde edilen sonuçlar elit oyuncuların ele alınan parametrelerin neredeyse tamamında daha yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir. Özellikle, dakikada kat edilen mesafe, yüksek hızda koşulan mesafe ($>16 \text{ km/s}$), yüksek metabolik güç mesafesi ($>20 \text{ W/kg}$) ve yüksek ile çok yüksek hızda akselerasyon (2 m/s , 3 m/s , $> 3 \text{ m/s}$) ile deselerasyon (-2 m/s , -3 m/s , $> -3 \text{ m/s}$) daha yüksek değerlere ulaştıkları tespit edilmiştir.

Sonuç: Bu çalışma, oyuncu performans modellerini belirlemek ve sınıflandırmak için faydalı olabilir. Ayrıca, bir oyuncunun gerçek değerini daha iyi anlamaya yardımcı olabilir ve en azından fiziksel değerlere göre yetenekli oyuncuları tespit etmede antrenörler ve takımlar için yol gösterici olabilir (Izzo, De Vanna ve Varde'i, 2018).

Küresel Konumlandırma Sistemleri Kullanılarak Genç Tenis Oyuncularının Maç Sırasındaki Fiziksel Taleplerinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, GPS teknolojisi kullanarak genç tenis oyuncularının maçlardaki fiziksel profillerini tespit etmektir.

Yöntem: Çalışmaya 17 kadın ve 12 erkek üst düzey genç tenis oyuncusu (yaş: $14,0 \pm 2,1$ yıl) katılmıştır. Fiziksel değişkenleri değerlendirmek için taşınabilir GPS (10 Hz) cihazları (MinimaxXv.4.0, Catapult Innovations) kullanılmıştır. Veriler, Aragon Tenis Master turnuvasında toplanmıştır. Bağımlı değişkenler: maksimum ve ortalama hız, dakikada kat edilen toplam mesafe ve hız bölgelerine göre mesafe, ivmelenme sırasında kat edilen mesafe. Bağımsız değişkenler: oyuncuların sıralaması ve cinsiyeti.

Bulgular: Oyuncular tarafından kat edilen mesafenin büyük bir kısmı akselerasyon sırasında gerçekleşmiştir. Yüksek sıralamaya sahip oyuncular, düşük sıralamalı oyunculara kıyasla dakikada daha fazla mesafe kat etmiştir ve anlamlı derecede daha yüksek maksimum hız değerine ulaşmışlardır. Erkek oyuncular, tüm hız bölgelerinde kadın oyunculara kıyasla dakikada daha fazla mesafe kat etmiştir.

Sonuç: GPS teknolojisi, tenisin fiziksel gereksinimlerini anlamamıza olanak tanır. Bu nedenle, antrenörler, antrenmanları maç oyununa benzer fiziksel taleplere uygun şekilde planlamak için bu verileri kullanmalıdır (Galé-Ansodi, Castellano ve Usabiaga, 2017).

Futbol Hakemlerinin Müsabaka Sırasındaki İç ve Dış Yük Yanıtlarının İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, futbol hakemlerinin maç sırasında maruz kaldıkları iç ve dış yük değişkenlerini analiz etmektir.

Yöntem: Çalışmaya 7 amatör hakem (Yaş: $24,44 \pm 2,35$ yıl; Boy: $181,31 \pm 4,79$ cm; Vücut Ağırlığı: $74,97 \pm 4,63$ kg; Deneyim: $3,86 \pm 0,37$ yıl) katılmış olup, beş farklı kategoride toplam 62 maç değerlendirilmiştir.

Hakemlerin maç sırasındaki iç ve dış yük verileri, kalp atış hızı (HR) monitörleri ve küresel konumlandırma sistemi (GPS) kullanılarak izlenmiştir. İç yük değerlendirmesi için, maçlar sırasında 5 farklı kategorideki kalp atış hızı verileri ($HR < 65\%$, $HR 65-75\%$, $HR 75-85\%$, $HR 85-95\%$, $HR > 95\%$), maksimum kalp atış hızı yüzdesi ($HR_{peak}\%$) ve ortalama kalp atış hızı yüzdesi ($HR_{mean}\%$) kullanılmıştır. Dış yük verileri ise toplam kat edilen mesafe (TD), ortalama hız (Speedaverage), maksimum hız (Speedmax) ve 5 farklı hız kategorisine ($Speed \leq 3,6$, $Speed 3,6-7,2$, $Speed 7,2-13,0$, $Speed 13,0-18,0$, $Speed \geq 18,0$) göre belirlenmiştir.

Hakemlerin iç ve dış yük verileri 6 farklı maç periyoduna ve 1. ile 2. yarıya göre analiz edilmiştir. İlk ve ikinci yarı arasındaki farkları belirlemek için bağımlı örneklem t-testi, periyotlar arasındaki farklılıkları belirlemek için ise Tekrarlı Ölçümler ile Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır.

Bulgular: İç yük analiz sonuçlarına göre, 1. yarıda ortalama kalp atış hızı yüzdesi, $HR_{peak}\%$ ve KAH_{maks} 'ın 85- 95% aralığı değerleri 2. yarıya kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Öte yandan, KAH_{maks} 'ın 65-75% aralığı değeri 2. yarıda 1. yarıya göre daha yüksek çıkmıştır ($p < 0,05$). Dış yük verileri değerlendirildiğinde, 1. yarıda toplam kat edilen mesafe, ortalama hız ve Speed 7,2-13,0 değerleri 2. yarıya göre daha yüksek bulunmuş, $Speed \leq 3,6$ değeri ise 2. yarıda 1. yarıya göre daha yüksek tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Maç periyotlarına göre genel değerlendirme yapıldığında, 1. periyotta dış yük, 3. periyotta ise iç yük açısından diğer periyotlara kıyasla belirgin farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Sonuç olarak, bu çalışma, hakemlerin tıpkı futbolcular gibi yüksek iç ve dış yüklere maruz kaldığını ve ayrıca bu yüklerin maçın farklı periyotlarına ve devrelerine göre değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır (Köse, Otuzbiroğlu ve İşler, 2023).

NCAA Division I Kadın Sporcularında GPS ile Elde Edilen Dış Yük Metrik Verileri ve Maç Performansı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, GPS ile elde edilen dış yük metrikleri ile NCAA Division I kadın sporcularının maç performansı (galibiyet/mağlubiyet) arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Yöntem: 2022-2024 yılları arasındaki üç sezonluk veriler kullanılarak, 54 oyuncudan 1.687 gözlem analiz edilmiş ve maç sonuçlarıyla ilişkili temel performans göstergeleri belirlenmiştir. Değerlendirilen GPS metrikleri şunlardır: Toplam Mesafe (TD), Yüksek Hızda Kat Edilen Mesafe (HSD), Çok Yüksek Hızlı Eforlar (VHSE), Toplam Oyuncu Yüğü (TPL), Yüksek Ataletsel Hareket Analizi (High IMAs), Toplam İvmelenme Yüğü (TAL).

Bulgular: Çok değişkenli lojistik regresyon analizinin sonuçlarına göre, VHSE (Çok Yüksek Hızlı Eforlar), maç başarısının en güçlü belirleyicisidir. VHSE'nin galibiyet ile pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. TD ve TPL gibi diğer metrikler, tek değişkenli modellerde anlamlı bulunsa da, çok değişkenli analizde etkileri azalmış ve diğer performans faktörleriyle iç içe geçtiği gözlemlenmiştir.

Sonuç: Bu çalışma, yüksek yoğunluklu eforların maç sonuçları üzerindeki önemini vurgulamakta ve kadın sporcularının antrenman stratejilerinin optimize edilmesi için önemli bulgular sunmaktadır. Sonuçlar, kadın sporcuların performansına yönelik araştırmaların devam etmesi gerektiğini ve spora özgü antrenman programlarının geliştirilmesinin rekabetçi başarıyı artırmak açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Lifson, Smith, Rimer ve Stamatis, 2025).

Erkek Profesyonel Futbolcularda Maç Sonrası Moleküler, Fiziksel ve Teknik Performansın İncelenmesi

Amaç: Erkek profesyonel futbolcular haftada birden fazla maça çıkmakta ve her maç, homeostazlarını, sağlıklarını ve performanslarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışma, biyolojik ve GPS verilerini birleştirerek oyuncuların maç sonrası 48 saatlik tepkilerini değerlendirmektedir. Biyokimyasal ve performans ölçümlerinin incelenmesi, yüksek yoğunluklu egzersizin fiziksel taleplerine dair içgörüler sunarak performansın, toparlanmanın ve genel sporcu sağlığının optimize edilmesi açısından önemlidir.

Yöntem: Çalışma, İtalya “Serie A” liginde yer alan bir takımı içermekte olup, oyuncuların bir maç sırasındaki eforları GPS verileri kullanılarak değerlendirilmiştir ve bu veriler “Serie A” ortalamalarıyla karşılaştırılmıştır. Ek olarak, maçtan 48 saat sonra oksidatif stres ve metabolizma durumları incelenmiştir.

Bulgular: Maçtan 48 saat sonra oksidatif stres belirtileri ve tükürük IgA seviyelerinde değişiklik gözlemlenmemiş, ancak toplam antioksidan potansiyelinin önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, enerji üretimiyle ilişkili plazma metabolitlerinde artış gözlenmiştir.

Sonuç: Sonuçlar, “Serie A” seviyesindeki iyi antrenmanlı sporcuların maçtan 48 saat sonra oksidatif stres yaşamadığını, ancak antioksidan potansiyelin azaldığını ve enerji üretimi için kritik olan metabolik seviyelerinin arttığını göstermektedir. GPS ve metabolik analizlerin birleştirilmesi, oyuncu performansını artırmakta, taktik kararları desteklemekte ve takım başarısını güçlendirmektedir. Bu yaklaşım, futbolda veri odaklı stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Modesti vd., 2025).

Serie A Erkek Futbol Takımındaki Forvet, Orta Saha ve Defans Oyuncularının Teknik, Taktik ve Hareket-Zaman Maç Profilleri

Amaç: Bu çalışma, İtalya Serie A’da oynayan bir erkek futbol takımında oyuncuların teknik, taktik ve hareket-zaman göstergeleri açısından pozisyonlarına göre farklılıklarını ve her pozisyon için bireysel hareket-zaman göstergeleri ile teknik ve taktik göstergeler arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Toplamda 227 performans analizi yapılmıştır (28 oyuncu: 8 forvet [FW], 11 orta saha [MD], 9 defans [DF]). Teknik ve taktik göstergeler, topa sahip olma (toplam paslar, başarılı paslar, başarılı oyun varyasyonları, kaybedilen toplar, topa sahip olma süresi), hücum oyunu (toplam ve başarılı çalımlar, ortalar, asistler) ve şut (toplam şut, isabetli şut) olmak üzere Panini Digital (DigitalSoccer Project S.r.l.) tarafından elde edilmiştir.

Ayrıca, hareket-zaman analizi kapsamında toplam mesafe, 16,0–19,8 km/s, 19,8–25,2 km/s ve 25,2 km/s üzeri hızlarda kat edilen mesafeler, metabolik güç zirveleri arasındaki ortalama toparlanma süresi ve ani hızlanma sıklığı ölçülmüştür. Bu veriler, oyuncuların giydiği 18 Hz GPS cihazı (GPex Pro2 sistemi) kullanılarak elde edilmiştir.

Bulgular: MD’ler daha fazla mesafe kat etmiştir. DF’ler topa sahip olma konusunda daha başarılı olmuştur. MD’ler ve DF’ler daha fazla ba-

şarılı oyun tarzı sergilemiştir. MD'ler ve FW'ler daha fazla çalım ve şut çekmiştir.

FW'ler için ani hızlanmalar ve asistler arasında, MD'ler için yüksek yoğunluklu koşu ve topa sahip olma süresi arasında, DF'ler için mesafe, çalım ve şut arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir.

Sonuç: Bu bulgular, pozisyona özgü performans gereksinimlerini optimize etmek için bireysel ve özel antrenman programlarının önemini vurgulamaktadır (Perrotta, Ungureanu, Cherubini, Brustio ve Lupo, 2025).

Giyilebilir GPS Sistemlerinin Gerçek Zamanlı ve Maç Sonrası Veri İlişkilerinin İncelenmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Polar Team Pro GPS'in gerçek zamanlı analiz ve müsabaka sonrası analiz kullanılarak elde edilen verilerini karşılaştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya, Amatör Lig'de oynayan 20 futbolcu (23 ± 4 yaş, 173.75 ± 8 cm boy, 87 ± 11.8 kg) katılmıştır. Katılımcılar üç maç boyunca GPS sistemleri takmış ve kat edilen mesafe ile kalp atış hızları verileri gerçek zamanlı analiz ve müsabaka sonrası analiz olarak kaydedilmiştir. Gerçek zamanlı analiz ile müsabaka sonrası analiz ölçümleri arasındaki ilişki düzeyini belirlemek için Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Saçılım grafikleri değerlendirilirken basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Gerçek zamanlı analiz ve müsabaka sonrası analiz ölçümleri arasındaki ilişki düzeyi analiz edildiğinde, kat edilen mesafe ve kalp atış hızı parametreleri açısından anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Sonuç: Bu bulgular doğrultusunda, Polar Team Pro GPS sisteminin gerçek zamanlı ve müsabaka sonrası verilerinin, spor bilimciler ve antrenörler tarafından iç ve dış yükleri takip etmek amacıyla kullanılabileceği belirlenmiştir (Sağıroğlu, Akyıldız, Öncen, Bozdemir ve Çetin, 2020).

Milli Düzeydeki Ampute Futbol Oyuncularının Maç Koşu Performansı Profilleri

Amaç: Futbolda koşu performansı ve mevki profilleri iyi tanımlanmış olsa da, ampute futbolu (AF) hareket özellikleri, saha boyutları ve oyun süresi açısından farklılıklar göstermektedir. Koşu performansına dayalı mevki profilleri hakkında bilimsel literatürde bir boşluk bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, pozisyonlar arasındaki farklılıkları, alt ekstremité amputasyon seviyesi veya defektinin (LD) etkisini, ilk ve ikinci yarı arasındaki koşu performansı farklılıklarını ve bunların maç sonucuyla ilişkisini araştırmaktır.

Yöntem: 13 Ampute Futbolu Milli Takımı oyuncusu, 17 ay boyunca 24 uluslararası resmi maçta Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ile takip edilmiştir. Savunmacılar (DEF), orta saha oyuncular (MID) ve forvetler (FOR) için en yüksek hız, maksimum ivmelenme, maksimum yavaşlama, dakika başına ortalama mesafe, sprint ortalama hızı, GPS yükü/dakika, dakika başına sprint sayısı ve dakika başına darbe sayısı analiz edilmiştir. Ek olarak, amputasyon seviyesi ve maçın nihai sonucu değerlendirilmiştir.

Bulgular: Orta saha oyuncularının koşu performansı parametreleri diğer pozisyonlara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. LD (alt ekstremité defekti) olan oyuncuların, LA (düşük amputasyon) veya HA (yüksek amputasyon) olan oyunculara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek koşu performansı gösterdiği bulunmuştur. Maçın ikinci yarısında koşu performansında bir düşüş kaydedilmiştir. Kaybedilen maçlarda AF oyuncularının koşu parametrelerinin daha yüksek olduğu gözlemlense de, bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Sonuç: Ampute futbolu oyuncularının koşu performansını daha ayrıntılı değerlendirebilmek için maç analizi ile desteklenen ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Muracki, Nowak, Kawczyński, Silva ve Clemente, 2023).

Genç Futbol Takımlarının Değerlendirilmesinde Bakış Açısı ve Antrenörlük Deneyiminin Rolünü Anlama

Amaç: Bu çalışma, antrenörlerin genç futbol takımlarının performansını değerlendirirken gösterdikleri algısal-bilişsel özellikleri incelemeyi amaçlamıştır. Temel odak noktası, antrenörlerin takım davranışlarını değerlendirmedeki subjektif analizleri ile objektif analizler arasındaki uyumu araştırmak ve antrenörlerin bakış davranışları ile antrenörlük deneyimi seviyeleri arasındaki ilişkiyi incelemektir.

Yöntem: Özellikle, farklı deneyim seviyelerine sahip antrenörler arasında var olabilecek potansiyel farklar dikkate alınmıştır. Çeşitli futbol antrenörlük deneyimlerine sahip 65 erkek ve kadın yetişkin (deneyimli, acemi, diğer takım sporları deneyimi ve takım sporları dışı deneyim) beş dakikalık video izlemiş ve takım davranışını değerlendirmiştir. Bu subjektif değerlendirmeler, video analizi ve GPS'den elde edilen objektif verilerle karşılaştırılmıştır; bu veriler tamamlanan beceriler, mekânsal ve zamansal özellikler ve pas ağları gibi ölçümleri içermektedir. Katılımcı-

ların her video klibi için, özellikle top çevresindeki alanla ilgili odaklanma süresi ve sıklığı ölçülmüştür.

Bulgular: Çalışmada, katılımcıların subjektif analizlerinin objektif verilerle uyum sağladığı zaman sayısı arasında gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, futbol antrenörlüğü deneyimi olan antrenörlerin, futbol deneyimi olmayan katılımcılara kıyasla daha yüksek odaklanma sıklığına ve top çevresindeki alanı daha fazla gözden geçirmeye sahip oldukları tespit edilmiştir.

Sonuç: Bu çalışma, takım performansının objektif ve subjektif değerlendirmelerini birleştirerek futbol antrenörlüğü uzmanlığını ortaya çıkarmak için önemli bir bakış açısı sunmaktadır (O'Brien-Smith vd., 2024).

İngiltere Championship ve Premier Ligdeki Elit Futbolcuların Fiziksel Maç Performansı: Rakip Sıralaması ve Pozisyonel Farkların Etkileri

Amaç: Bu çalışma, İngiltere Championship Ligi (ECL) ve İngiltere Premier Ligi (EPL) karşılaşmalarındaki fiziksel maç performansını ve rakip sıralamasının ve pozisyonel farkların etkilerini incelemeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Bir İngiliz kulübünden 54 profesyonel futbolcu (ortalama yaş $24,6 \pm 5,4$ yıl, kilo $76,6 \pm 6,9$ kg, boy $1,79 \pm 0,09$ m) bu çalışmaya katılmıştır. 2018/19 ile 2022/23 sezonları arasındaki 213 normal sezon müsabakalarında elde edilen fiziksel veriler, 18 Hz GPS teknolojisi kullanılarak incelenmiştir.

Bulgular: Sonuçlar, rakip seviyesi dikkate alındığında, toplam mesafe (TD) ve yüksek yoğunluklu mesafe sayısının hem EPL hem de ECL'de önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Ayrıca, rakip seviyesi, EPL'deki sprint mesafelerini etkilemiş, ancak ECL'de etkilememiştir. En yüksek koşu metrikleri, takımın yüksek sıralı bir rakibe karşı oynadığında gözlemlenmiştir. Pozisyonel rollerle ilgili olarak, daha fazla fiziksel metrik, ECL'de rakip seviyesinden etkilenmiş, bu etki EPL'den daha belirgin olmuştur.

Sonuç: Bu bulgular, farklı pozisyonlardaki oyuncuların, farklı sıralamalara sahip rakiplere karşı üst düzey futbol maçlarında nasıl performans gösterdiğine dair daha kapsamlı bir anlayışa katkıda bulunmaktadır. Bu bilgiler, antrenörlerin, farklı sıralamadaki rakiplere karşı oynanan maçlarla ilişkili belirli fiziksel talepleri ele almak için taktiksel yaklaşımlar, pozisyonel ve bireyselleştirilmiş antrenman programları oluşturmalarına yardımcı olabilir (Morgans vd., 2025).

Türk Elit Futbolcularında Oyuncu Pozisyonlarına Göre Hafta İçi Antrenman Yüğü Varyasyonu (Bir GPS Teknolojisi Çalışması)

Amaç: Bu çalışmanın amacı, futbolcuların lokomotor ve mekanik talepleri üzerinde hafta içi ve pozisyonlar arası varyasyonu analiz etmektir.

Yöntem: Araştırmaya, Türk Süper Lig’inde mücadele eden bir takımın 19 elit futbolcusu dahil edilmiştir. Bu takımın 86 antrenman seansı değerlendirilmiştir. Her pozisyon için mikro döngüler arasındaki antrenman performansı metriklerindeki farklar repeated ANOVA testi ile, her mikro döngüdeki pozisyonlar arasındaki farklar ise ANOVA testi ile ortaya konmuştur.

Bulgular: Dakika başına hızlanma ve yavaşlama sayısı gibi tüm değişkenler, defans oyuncularını ve orta saha oyuncularını için döngüler arasında istatistiksel farklılıklar gösterirken, forvet oyuncularını için bu farklar bulunmamıştır. Bu veriler, elit futbol takımlarında yüksek performans çıktılarını için pozisyonlara özgü farklı antrenman uyarılarının planlanması gerektiğini göstermektedir.

Sonuç: Bu sonuçlar, spor bilimciler ve veri analistleri tarafından pozisyonel taleplerin belirlenmesinde kullanılabilir (Bayraktar, Günay, Çene, Mancı ve Akyıldız, 2024).

34. SONUÇ

Giyilebilir teknolojiler, spor bilimleri ve performans analizi alanlarında devrim niteliğinde gelişmeler sağlamış ve antrenman süreçlerinde veri odaklı yaklaşımların benimsenmesine olanak tanımıştır. GPS tabanlı takip sistemleri, ivmeölçerler, kalp atış hızı monitörleri ve akıllı tekstiller gibi yenilikçi cihazlar, sporcuların fizyolojik ve biyomekanik parametrelerini anlık olarak izleyerek bireyselleştirilmiş antrenman programlarının oluşturulmasını desteklemektedir.

GPS teknolojisinin spor alanında kullanımı, performans analizi, antrenman yönetimi ve yaralanma önleme stratejilerinde önemli bir dönüşüm sağlamıştır. GPS tabanlı sistemler, sporcuların hareket dinamiklerini detaylı bir şekilde inceleyerek, mesafe, hız, ivmelenme, yavaşlama, yön değiştirme ve fiziksel yük gibi kritik parametreleri ölçmeye olanak tanımaktadır. Bu veriler, antrenman ve müsabaka süreçlerinde sporcuların fizyolojik kapasitelerini daha iyi anlamak ve bireyselleştirilmiş antrenman programları oluşturmak için değerli bir kaynak sunmaktadır.

GPS sistemleri, antrenman yükünü dengeleme ve aşırı yüklenmeye bağlı yaralanma risklerini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Sporunun günlük ve haftalık yüklenme düzeylerini takip ederek, antrenman yoğunluğu ve süresi optimize edilmekte, böylece kas-iskelet sistemi üzerindeki olumsuz etkiler minimize edilmektedir. Ayrıca, sporcularda yorgunluk birikimi ve aşırı antrenman sendromu gibi olumsuz durumların erken teşhis edilmesine olanak tanıyan GPS verileri, performansın sürdürülebilirliği açısından kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, GPS tabanlı izleme sistemlerinin saha içi kullanımına ilişkin bazı sınırlılıklar da bulunmaktadır. Kapalı alanlarda sinyal doğruluğunun azalması, veri örnekleme hızındaki değişkenlikler, sensör yerleşiminden kaynaklanan hatalar, cihazların ergonomik yapısı ve kullanıcı konforu analizlerin güvenilirliğini etkileyebilir. Ayrıca, bireysel farklılıkların yeterince dikkate alınmaması, bazı sporcular için standart antrenman yükü hesaplamalarının yanıltıcı olmasına yol açabilir. Bu nedenle, GPS verilerinin biyomekanik ve fizyolojik değerlendirmelerle entegre edilmesi, daha kapsamlı ve doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

GPS teknolojisi spor bilimlerinde antrenman planlaması, performans izleme ve yaralanma önleme açısından vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Ancak, GPS verilerinin etkin bir şekilde yorumlanması ve bireyselleştirilmiş programlara entegre edilmesi, sporcuların performansını maksimize etmek ve yaralanma risklerini minimize etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Gelecekte, GPS tabanlı sistemlerin yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarıyla birleştirilerek daha hassas ve öngörücü analizler sunması, spor bilimlerinde veri odaklı yaklaşımların daha ileri bir noktaya taşınmasını sağlayacaktır.

Gelecekte, yapay zeka destekli veri analizi, biyosensör teknolojilerindeki gelişmeler ve nesnelerin interneti (IoT) ile entegre edilen yeni nesil giyilebilir cihazlar, spor alanında daha etkin ve kapsamlı çözümler sunacaktır. Bu doğrultuda, spor bilimleri ve mühendislik disiplinleri arasındaki iş birliği artırılarak, giyilebilir teknolojilerin daha güvenilir, etkili ve kullanıcı dostu hale getirilmesi hedeflenmelidir.

35. ÖNERİLER

GPS teknolojisinin spor alanındaki etkinliğini artırmak ve bu sistemlerden elde edilen verilerin daha doğru, güvenilir ve işlevsel bir şekilde kullanılmasını sağlamak için aşağıdaki stratejiler geliştirilmelidir:

Veri Doğruluğunun Artırılması

GPS sistemlerinde sinyal kalitesini artırmak ve özellikle kapalı alanlar veya yoğun bina ortamlarında yaşanan sinyal kayıplarını önlemek için GNSS (Global Navigation Satellite System) destekli sistemler kullanılmalıdır.

GPS cihazlarının örnekleme frekansları ve hassasiyet seviyeleri geliştirilerek, kısa mesafeli ve yüksek hız gerektiren spor dallarında daha doğru veri toplama sağlanmalıdır.

Farklı sensörlerden (ivmeölçer, jiroskop, manyetometre) gelen verilerin entegre edilmesiyle, sporcunun hareket dinamikleri daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmelidir.

Antrenman Yüğü ve Yaralanma Önleme Stratejilerinin Geliştirilmesi

GPS verileri kullanılarak sporcuların antrenman yüğü sistematik bir şekilde takip edilmeli ve kümülatif yüklenme analizleri yapılmalıdır.

GPS tabanlı sistemlerden elde edilen yüklenme-zorluk ilişkisi belirlenerek, aşırı yüklenmeye bağlı kas-iskelet yaralanmaları önlenmelidir.

Ani hızlanma, yavaşlama ve yön değişiklikleri gibi yüksek riskli hareketler analiz edilerek, bireysel ve branşa özgü yaralanma risk değerlendirme modelleri oluşturulmalıdır.

Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi Destekli Veri Analiz Modellerinin Kullanılması

GPS sistemlerinden elde edilen büyük veri setleri makine öğrenimi algoritmalarıyla işlenmeli ve sporcunun geçmiş antrenman yüküyle karşılaştırılarak kişiselleştirilmiş antrenman programları oluşturulmalıdır.

Öngörücü analiz teknikleri kullanılarak, yaralanma riski yüksek sporcular belirlenmeli ve antrenman programları bu doğrultuda revize edilmelidir.

GPS verileri ile sporcuların biyomekanik ve fizyolojik parametreleri entegre edilerek, bireysel performans optimizasyonu sağlanmalıdır.

GPS Teknolojisinin Farklı Spor Dallarına Uyarlanması

Farklı spor branşlarının gereksinimlerine uygun GPS sistemleri geliştirilmeli ve branş bazlı performans ölçüm protokolleri oluşturulmalıdır.

Örneğin, futbol, basketbol ve ragbi gibi temaslı sporlarda patlayıcı hızlanmalar ve yön değiştirme hareketleri üzerinde detaylı analizler yapılmalı, maraton ve bisiklet gibi dayanıklılık sporlarında ise uzun mesafeli performans değişkenleri değerlendirilmelidir.

Takım sporlarında bireysel ve kolektif hareket dinamikleri GPS verileriyle analiz edilerek, oyun stratejileri ve pozisyon bazlı antrenman programları geliştirilmeli, bireysel sporlarda ise mekânsal farkındalık ve hareket verimliliği artırılmalıdır.

Ergonomik ve Kullanıcı Dostu GPS Sistemlerinin Geliştirilmesi

Sporcuların performansını olumsuz etkilemeyecek şekilde hafif ve ergonomik tasarımlı GPS cihazları geliştirilmeli ve kullanım konforu artırılmalıdır.

Cihazların dayanıklılığı artırılmalı, özellikle sert temaslara ve dış etkilere karşı dirençli malzemelerden üretilmelidir.

Antrenörler ve sporcular için gerçek zamanlı analiz sunan arayüzler geliştirilerek, GPS verilerinin saha içi uygulamalara entegrasyonu kolaylaştırılmalıdır.

Veri Güvenliği ve Etik Standartların Belirlenmesi

GPS sistemlerinden elde edilen verilerin saklanması ve paylaşımı konusunda veri güvenliği ve etik kurallar oluşturulmalıdır.

Sporcuların kişisel performans ve sağlık verilerinin korunmasına yönelik yasal düzenlemeler belirlenmeli ve veri paylaşımı sporcuların izni doğrultusunda gerçekleştirilmelidir.

Kulüpler, federasyonlar ve bilimsel araştırma merkezleri, GPS sistemlerinden elde edilen verilerin etik ve güvenilir kullanımına yönelik protokoller oluşturmalıdır.

Eğitim ve Farkındalık Çalışmalarının Yaygınlaştırılması

Antrenörler, spor bilimciler ve sporcular, GPS verilerinin nasıl yorumlanacağı konusunda eğitilmeli ve bu sistemlerin doğru kullanımına yönelik bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

GPS tabanlı performans analizi ve yaralanma önleme konularında disiplinler arası iş birlikleri teşvik edilerek, spor bilimleri, mühendislik ve veri analitiği alanlarında ortak projeler yürütülmelidir.

Üniversiteler, spor kulüpleri ve federasyonlar, GPS teknolojileri üzerine bilimsel araştırmaların teşvik edilmesini sağlamalıdır.

GPS teknolojisi, sporda antrenman yönetimi, performans analizi ve yaralanma önleme süreçlerinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerden maksimum fayda sağlanabilmesi için veri doğruluğunun artırılması, yapay zeka destekli analiz yöntemlerinin kullanılması, ergonomik tasarımın geliştirilmesi, veri güvenliğinin sağlanması ve eğitim çalışmalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Gelecekte, GPS tabanlı sistemlerin biyomekanik analizlerle entegre edilmesi ve sporcu sağlığını destekleyen yenilikçi uygulamaların geliştirilmesi, spor bilimlerinde daha ileri düzeyde analiz ve öngörüler sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Abbott, W., Brickley, G. & Smeeton, N. J. (2018). Physical demands of playing position within English Premier League academy soccer. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(2), 285-295.
- Abt, G. & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 893-898.
- Achten, J. & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33, 517-538.
- Acikdersankara (2024). Ders notları. Erişim adresi: <https://acikders.ankara.edu.tr>. Erişim tarihi: 27.12.2024
- Activity, P. (1995). Public Health. A recommendation from the centers for disease control and prevention and the american college of sports medicine. *JAMA*, 273(5), 402-407.
- Advancedathletesperformance (2024). Gps tracking. Erişim adresi: <https://advancedathletesperformance.com.au/gps-tracking/>. Erişim tarihi: 19.11.2024
- Aiello, F., Di Claudio, C., Fanchini, M., Impellizzeri, F. M., McCall, A., Sharp, C. & Brown, S. J. (2023). Do non-contact injuries occur during high-speed running in elite football? Preliminary results from a novel GPS and video-based method. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 26(9), 465-470.
- Akça, E., Durukan, E. ve Aydın, G. (2024). Futbolculara uygulanan 30 metre hız ve kompleks antrenmanlarının yüksek şiddetli ve sprint koşu profillerine etkisi. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, 10(2), 110-118.
- Akenhead, R., French, D., Thompson, K. G. & Hayes, P. R. (2014). The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 562-566.
- Akenhead, R. & Nassis, G.P. (2015). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(5), 587-593.
- Akıllıfabrikalar (2024). Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri. Erişim adresi: <https://akillifabrikalar.com.tr/metaverse-sanal-gerceklik-ve-artirilmis-gerceklik-teknolojilerinin-birlestigi-platform/>. Erişim tarihi: 2.11.2024
- Akubat, I., Barrett, S. & Abt, G. (2014). Integrating the internal and external training loads in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 457-462.
- 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 Erdoğan, C. S. (2022). Mikro elektromekanik sistemlerin sporda kullanımı. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 16(1), 40-52.
- Akyıldız, Z., Şentürk, D., Kirişçi, İ., Kabadayı, Ş. ve Dişçeken, O. (2024). Catapult S7 ve X7 mikro elektro mekanik sistemlerinin kalp atım hızı ölçümlerindeki farklılıklarının incelenmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 15(3), 391-404.
- Akyıldız, Z. ve Yıldız, M. (2020). Polar team pro mikro elektro-mekanik sisteminin gerçek zamanlı ve müsabaka sonrası verilerinin karşılaştırılması. *Türkiye Klinikleri J Sports Sci.*, 12(3), 303-12.
- Alemdaroğlu, B. U. ve Köklü, Y. (2017). Antrenman yükü takibi ve sakatlık önlemedeki rolü. *Türkiye Klinikleri Sports Medicine-Special Topics*, 3(3), 184-190.
- Alessioferlito (2025). Borg skalası. Erişim adresi: <https://www.alessioferlito.it/article/la-scala-di-borg/>. Erişim tarihi: 18.03.2025
- Alexiou, H. & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 320-330.
- Amazon (2024). Bluetooth. Erişim adresi: <https://www.amazon.com.tr/YYCAMUS-G%C3%B6zl%C3%BCkleri-Bluetooth-G%C3%B6zl%C3%BCkler-Arkada%C5%9Flar/dp/B0B8ZJHKHN>. Erişim tarihi: 2.11.2024
- Andreassen, K.H. (2018). Metrix: real-time analysis of physical performance parameters in elite soccer. (Master's thesis), UiT Norges arktiske universitet.
- Aoki, K., & Kunitatsu, K. (2023). GPS-based Analysis of Rugby Players' Performance and Team Tactics. In *Proceedings of the International Conference on ICT Application Research The 1st International Conference on ICT Application Research* (pp. 83-88).
- Ateş, O., Işık, A., & Topçuoğlu, K. (2021). Spor Teknolojisi ve İnovasyon ile Kas Yaralanmaları Engellenebilir mi. *Dönmez G, Editör. Sporcularda Kas Yaralanmalarına Güncel Yaklaşım*, 1, 131-5.
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310.
- Austin, D. J. & Kelly, S. J. (2014). Professional rugby league positional match-play analysis through the use of global positioning system. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 187-193.
- Aydın, H. (2012). GPS kullanılarak sporcu takip sistemi tasarımı ve gerçekleştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara.
- Aydın, N. (2019). Giyilebilir teknolojiler. İksadyayınevi, Ankara, Türkiye.
- Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality, presence. *Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

- Bajaj, R., Ranaweera, S. L. & Agrawal, D. P. (2002). GPS: location-tracking technology. *Computer*, 35(4), 92-94.
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. In H. Green, J. McDougall and H. Wenger (Eds.), *Physiological testing of elite athletes* (pp. 403–424). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Banković, V., Živković, A., Trunić, N. (2024). Enhancing Athletic Performance Through Wearable Technology Integration in Volleyball: A Pilot Study. In *Sinteza 2024-International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science* (pp. 358-363). Singidunum University.
- Bartlett, J., O'Connor, F., Pitchford, N., Torres-Ronda, L. ve Robertson, S. (2016). Relationships between internal and external training load in team sport athletes: evidence for an individualised approach. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Başkaya, G. ve Akkoyunlu, Y. (2023). Kadın futbolcuların bazı performans testleri ile maç performans parametreleri arasındaki ilişki. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 6(2), 521-539.
- Bataller-Cervero, A. V., Gutierrez, H., DeRentería, J., Piedrafita, E., Marcén, N., Valero-Campo, C., Lapuente, M. & Berzosa, C. (2019). Validity and reliability of a 10 Hz GPS for assessing variable and mean running speed. *Journal of human kinetics*, 67, 17.
- Baudisch, P. (1999). Joining collaborative and content-based filtering. In *Proceedings of the ACM CHI Workshop on Interacting with Recommender Systems* (pp. 1-3).
- Baumann, L. M. (2016). *The story of wearable technology: A framing analysis* (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- Baydemir, T. (2017). Giyilebilir teknolojiler ve spor. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 51-59.
- Bayraktar, H., Günay, E., Çene, E., Mancı, E., & Akyıldız, Z. (2024). Within-week variation of training load in Turkish elite soccer players by players positions (a GPS technology study).
- Beato, M., Bartolini, D., Ghia, G. & Zamparo, P. (2016). Accuracy of a 10 Hz GPS unit in measuring shuttle velocity performed at different speeds and distances (5-20M). *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 15-22.
- Beato, M., Coratella, G., Stiff, A., Dello Iacono, A. (2018). The validity and between-unit variability of GNSS units (STATSports Apex 10 and 18 Hz) for measuring distance and peak speed in team sports. *Front Physiol.*, 9, 1288.
- Beaven, C.M., Gill, N.D. & Cook, C.J. (2008). Salivary testosterone and cortisol responses in professional rugby players after four resistance exercise protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 426-432.

- Bilim ve aydınlanma (2024). Teknoloji. Erişim adresi: <https://bilimveaydinlanma.org/teknoloji-spor-antrenmanlarinda-nasil-bir-devrim-yaratiyor/>. Erişim tarihi: 15.11.2024
- Blauberger, P., Marzilger, R. & Lames, M. (2021). Validation of player and ball tracking with a local positioning system. *Sensors*, 21(4), 1465.
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381.
- Borghi, S., Colombo, D., La Torre, A., Banfi, G., Bonato, M. & Vitale, J. A. (2021). Differences in GPS variables according to playing formations and playing positions in U19 male soccer players. *Research in Sports Medicine*, 29(3), 225-239.
- Borresen, J. & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, 39, 779-795.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T.J., Coutts, A.J., Burgess, D.J., Gregson, W. & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2161-2170.
- Boyd, L. J., Ball, K. & Aughey, R. J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 311-321.
- 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. & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine*, 43(5), 313-338.
- Buchheit, M. & Simpson, B. M. (2017). Player-tracking technology: half-full or half-empty glass?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2-35.
- Calder, A., & Centofanti, A. (Eds.). (2022). *Peak performance for soccer: the elite coaching and training manual*. Taylor & Francis.
- Cardinale, M. & Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology: applications, challenges, and opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2-55.
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). *Performance assessment for field sports*. Routledge.
- Casamichana, D., Barba, E., Martín-García, A., Ulloa, I., Nakamura, F. Y. & Castellano, J. (2024). Comparison of the external load of professional goalkeepers in different weekly training sessions. *Biology of Sport*, 41(2), 67-72.

- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J. & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 369-374.
- Catapult (2024). Catapult GPS teknolojisi. Erişim adresi: <https://www.catapult.com/sports/football>. Erişim tarihi: 5.11.2024
- Chakma, A., Md-Faridee, A.Z., Roy, N., Hossain, H.M.S. (2020). Shoot Like Ronaldo: Predict Soccer Penalty Outcome with Wearables. 2020 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops). 23-27 March, Austin, TX, USA
- Chamari, K., Haddad, M., Wong, D. P., Dellal, A., & Chaouachi, A. (2012). Injury rates in professional soccer players during Ramadan. *Journal of sports sciences*, 30(sup1), S93-S102.
- Chambers, R., Gabbett, T.J., Cole, M.H. & Beard, A. (2015). The use of wearable microensors to quantify sport-specific movements. *Sports Medicine*, 45(7), 1065-1081.
- Ching, K. W. & Singh, M. M. (2016). Wearable technology devices security and privacy vulnerability analysis. *International Journal of Network Security & Its Applications*, 8(3), 19-30.
- Clarke, N., Farthing, J. P., Norris, S. R., Arnold, B. E. & Lanovaz, J. L. (2013). Quantification of training load in Canadian football: application of session-RPE in collision-based team sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2198-2205.
- Clavel, P., Leduc, C., Morin, J. B., Owen, C., Samozino, P., Peeters, A., Buchheit, M. & Lacome, M. (2022). Concurrent validity and reliability of sprinting force-velocity profile assessed with GPS devices in elite athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(10), 1527-1531.
- Comyns, T. & Flanagan, E. P. (2013). Applications of the session rating of perceived exertion system in professional rugby union. *Strength & Conditioning Journal*, 35(6), 78-85.
- Coppalle, S., Ravé, G., Moran, J., Salhi, I., Abderrahman, A. B., Zouita, S., Granacher, U. & Zouhal, H. (2021). Internal and external training load in under-19 versus professional soccer players during the in-season period. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 558.
- Cormier, P., Tsai, M. C., Meylan, C., Agar-Newman, D., Epp-Stobbe, A., Kalthoff, Z. & Klimstra, M. (2023). Concurrent validity and reliability of different technologies for sprint-derived horizontal force-velocity-power profiling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(6), 1298-1305.
- Coutts, A. J. & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J SciMedSport*, 13(1), 133-135.
- Crang, Z. L., Duthie, G., Cole, M. H., Weakley, J., Hewitt, A. & Johnston, R. D. (2024). The validity of raw custom-processed global navigation satellite

- systems data during straight-line sprinting across multiple days. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(3), 204-210.
- 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), 1025-1042.
- Curran, O., Neville, R. D., Passmore, D. & MacNamara, Á. (2022). Variability in locomotor activity in a female junior international hockey team. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(7), 586-592.
- Çetin, O. (2018). Genç erkek futbolcuların resmi maçlardaki iç ve dış yük profillerinin incelenmesi. (Doktora Tezi). Sakarya uygulamalı bilimler üniversitesi, lisansüstü eğitim enstitüsü, beden eğitimi ve spor öğretmenliği ana bilim dalı, Sakarya.
- Çetin, H. (2022). Futbolda Dar Alan Oyunlarının Performans Üzerine Etkilerinin Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve Saha Testleri ile İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Çiçekverdi, D. (2021). *Futbolcularda Profesyonel Futbolcularda Aerobik Fitness ve Maç Performansı Arasındaki İlişkinin Gözlemlenmesi*. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Dawson, L., McErlain-Naylor, S. A., Devereux, G. & Beato, M. (2024). Practitioner usage, applications, and understanding of wearable GPS and accelerometer technology in team sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 38(7), e373-e382.
- Dellaserra, C. L., Gao, Y. & Ransdell, L. (2014). Use of integrated technology in team sports: a review of opportunities, challenges, and future directions for athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 556-573.
- Diamondkinetics (2024). Teknoloji. Erişim adresi: <https://www.diamondkinetics.com/technology>. Erişim tarihi: 5.11.2024
- di Prampero, P. E., Fusi, S., Sepulcri, L., Morin, J. B., Belli, A. & Antonutto, G. (2005). Sprint running: a new energetic approach. *Journal of Experimental Biology*, 208(14), 2809-2816.
- Dirik, H.B. ve Gürol, B. (2021). Antrenman iç yükleri: fizyolojik yanıtlar. *Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 23(2), 1-16.
- Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S. & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 526-532.
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K. & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & Behavior*, 181, 86-94.
- Düşmez, G. ve Korkmaz, M. (2020). Takım sporlarında GPS teknolojinin kullanımı. *Spor Bilimleri Dergisi*, 12(4), 45-56.

- 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.
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. *The Heart Rate Monitor Book*, 349, 113-123.
- Eminkafkas (2024). Direnç antrenmanı. Erişim adresi: https://www.eminkafkas.com.tr/direnc-antrenmani-akut-ve-kronik-hormonal-yanitlar/?utm_source=chatgpt.com. Erişim tarihi: 28.12.2024
- Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175-182.
- Fanchini, M., Ferraresi, I., Modena, R., Schena, F., Coutts, A. J. & Impellizzeri, F. M. (2016). Use of the CR100 scale for session rating of perceived exertion in soccer and its interchangeability with the CR10. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 388-392.
- Font, R., Karcher, C., Reche, X., Carmona, G., Tremps, V. & Iruiria, A. (2021). Monitoring external load in elite male handball players depending on playing positions. *Biology of Sport*, 38(3), 475-481.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Fox, J. L., O'Grady, C. J., Scanlan, A.T., Sargent, C. & Stanton, R. (2019). Validity of the polar team pro sensor for measuring speed and distance indoors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22, 1260-1265.
- Gabbett, T. J. (2013). Quantifying the physical demands of collision sports: does microsensor technology measure what it claims to measure?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2319-2322.
- 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.
- Gadžić, A., Trunić, N., Živković, A. & Nikolić, D. (2023). Tracking of the Relevant Fitness Parameters in Young Basketball Players. In *Sinteza 2023-International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science* (pp. 267-271). Singidunum University.
- Galé-Ansodi, C., Castellano, J. & Usabiaga, O. (2017). Physical profile of young tennis players in the tennis match-play using global positioning systems. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(2), 826-832.
- Gamble, A. (2021). *Measuring the external load of female and male varsity Ice Hockey Players during games with a Local Positioning System* (Doctoral dissertation, University of Guelph).
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D.C. & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise

- for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.*, 43(7), 1334-59.
- Giersch, E.W.G., Huggins, R.A., Benjamin, C.L., Adams, W.M., Belval, L.N., Curtis, R.M., Peltonen, J.T., Sekiguchi, Y. & Casa, D.J. (2018). Validity and reliability of a shirt-based integrated GPS sensor. Abstract in American College of Sports Medicine Annual Meeting, Minneapolis, Minnesota, USA. *Med Sci Sports Exerc* 49;5; Suppl, S559.
- Gjertsås, K., Moen, F. & Pettersen, S. A. (2024). Aspects of elite female football players training loads and sleep variations. *Sports*, 12(6), 163.
- Globalperformanceinsights (2024). Sporda teknoloji. Erişim adresi:**<https://www.globalperformanceinsights.com/post/an-introduction-to-gps-technology-in-sport>. Erişim tarihi: 15.11.2024
- Gürkan, O. (2022). Futbolda GPS (Küresel Konumlama Sistemi) Kullanımı. Yayın Yeri: Akademişyen Yayınevi, Editör: Dinç Zeynep Filiz, Basım sayısı: 1, Sayfa sayısı: 19, ISBN: 978-625-8299-76-2, Bölüm Sayfaları: 105-123
- Haas, M., Bauer, H., Nye, V., Kilboy, D. & Payne, S. (2020). Correlation between playertek performance data and fatigue as measured by the restq-76 sport over the course of a collegiate soccer season. *Journal of Sports Medicine and Allied Health Sciences: Official Journal of the Ohio Athletic Trainers Association*, 6(1), 19.
- 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., Chaouachi, A., Castagna, C., Wong, D. P., Behm, D. G. & Chamari, K. (2011). The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male Taekwondo athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(2), 252-263.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A. & Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 612.
- Halsen, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.
- Heddoko (2024). Akıllı kıyafetler. Erişim adresi: www.heddoko.com. Erişim tarihi: 12.18.2024
- Heintzman, N. D. (2016). A digital ecosystem of diabetes data and technology: services, systems, and tools enabled by wearables, sensors, and apps. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 10(1), 35-41.
- Hennessy L. & Jeffreys I. (2018). The current use of GPS, its potential, and limitations in soccer. *Strength & Conditioning Journal*, 40(3), 83-94.
- Henríquez, M., Reina, R., Castillo, D., Iturricastillo, A. & Yanci, J. (2024). Contextual factors and match-physical performance of international-level

- footballers with cerebral palsy. *Science and Medicine in Football*, 8(3), 232-241.
- Heper, E. (2024). Elit genç futbolcularda sezon içi blok antrenman periyodlamasının antrenman ve müsabaka koşullarında içsel ve dışsal yük oranlarına etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Hewitt, A. (2016). Performance analysis in soccer: applications of player tracking technology (Doctoral dissertation, University of Canberra).
- Hewitt, A., Greenham, G. & Norton, K. (2016). Game style in soccer: what is it and can we quantify it?. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 355-372.
- Hexoskin (2024). Akıllı Tişörtler: Erişim adresi: <https://hexoskin.com/>. Erişim tarihi: 5.11.2024
- Hiscock, D. J., Dawson, B. & Peeling, P. (2015). Perceived exertion responses to changing resistance training programming variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1564-1569.
- Hoppe, M. W., Baumgart, C., Polglaze, T. & Freiwald, J. (2018). Validity and reliability of GPS and LPS for measuring distances covered and sprint mechanical properties in team sports. *PloS One*, 13(2), e0192708.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. L. D. O. & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 1042-1047.
- İşıkdemir, E. (2021). Genç futbolcularda saha testleri ile maç performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenman ve Hareket Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Izzo, R., De Vanna, A. & Varde'i, C. H. (2018). Data comparison between elite and amateur soccer players by 20 Hz GPS data collection. *Journal of Sports Science*, 6, 31-35.
- İpekoğlu, G., Çalcalı, T. ve Şenel, E. (2023). Antrenman iç yüklerinin görüntülenmesinde objektif yaklaşımlar. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 7(1), 48-64.
- James, D.A. & Petrone, N. (2016). *Sensors and Wearable Technologies in Sport: Technologies, Trends and Approaches for Implementation* (pp. 1-49). Berlin, Germany: Springer.
- Janicijevic, D., Jukic, I., Ulloa-Diaz, D., & García-Ramos, A. (2024). Training optimization through the recording of neuromuscular variables. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1479611.
- Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G., Helsen, W. F. & Brink, M. S. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(6), 579-585.

- 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.
- 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.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2005). *Understanding GPS: Principles and Applications*. Artech House.
- Kara, S. (2019). Futbolda lig sıralamasına göre antrenman yüklerinin karşılaştırılması. Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Sağlık Bilimleri Enstitüsü / Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Manisa.
- Kartal, A. (2023). Futbolda Giyilebilir Teknoloji ve Performans Takibi. *Spor Bilimleri Üzerine Araştırmalar-V*, 13.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 95-102.
- Kellman, M. & Kallus, K. W. (2001). The Recovery-Stress Questionnaire for Athletes: User manual. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kenttä, G. & Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery: A conceptual model. *Sports Medicine*, 26, 1-16.
- Kinexon (2024). About. Erişim adresi: <https://kinexon-sports.com/about-us/>. Erişim tarihi: 19.11.2024
- Köse, M. G., Otuzbıroğlu, B. ve İşler, A. K. (2023). Futbol hakemlerinin müsabaka sırasındaki iç ve dış yük yanıtlarının incelenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 34(1), 23-31.
- Krasnoff, J. B., Kohn, M. A., Choy, F. K., Doyle, J., Johansen, K. & Painter, P. L. (2008). Interunit and intraunit reliability of the RT3 triaxial accelerometer. *Journal of Physical Activity and Health*, 5(4), 527-538.
- Kumar, S. (2017). Technological and business perspective of wearable technology. Thesis, Centria University Of Applied Sciences, Industrial Management.
- Kusuru, D., Turlapaty, A. C., & Thakur, M. (2023). Analysis of LGM Model for sEMG Signals related to Weight Training. *arXiv preprint arXiv:2301.05417*.
- Lambert, M. I. & Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 406-411.
- Leser, R., Baca, A. & Ogris, G. (2011). Local positioning systems in (game) sports. *Sensors*, 11(10), 9778-9797.
- Lifson, R. M., Smith, X., Rimer, E. & Stamatis, A. (2025). GPS external load metric data and game performance in ncaa division 1 women's lacrosse athletes: a longitudinal study. *International Journal of Exercise Science*, 18(8), 130-146.

- Little, T. & Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 367-371.
- Macyorumlari (2024). GPS teknolojisinin kullanımı. Erişim adresi: <https://www.macyorumlari.com.tr/blog-detay-GPS-Teknolojisinin-Spor-ve-Aktivite-Takibi-Alanindaki-Kullanimi.html>. Erişim tarihi: 15.11.2024
- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C. & Coutts, A. J. (2017). Unpacking the black box: applications and considerations for using GPS devices in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2-18.
- Mann, S. (1997). Wearable computing: A first step toward personal imaging. *Computer*, 30(2), 25-32.
- Mann, S. (2000). "Wearable Computing: Past, Present, and Future." Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers, 28-36.
- Marinescu, G., Ticala, L. D., Dulceata, V., & Bidiugan, S. N. (2016). Effort analysis in real time during a football game--junior II using GPSports device. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health*, 16(2 SI), 548-555.
- Marketingregistrado (2024). Gpsports. Erişim adresi: <https://www.marketingregistrado.com/momentos-mktr/2016/que-gpsports-9639/>. Erişim tarihi: 19.11.2024
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McGuigan, M. (2017). Monitoring Training and Performance in Qthletes. McGuigan, M. (2017). *Monitoring training and performance in athletes*. 1st ed.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA
- McGuinness, A., Malone, S., Petrakos, G. & Collins, K. (2019). Physical and physiological demands of elite international female field hockey players during competitive match play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(11), 3105-3113.
- McLaren, S. J., Smith, A., Spears, I. R. & Weston, M. (2017). A detailed quantification of differential ratings of perceived exertion during team-sport training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 290-295.
- Metaxas, T. I. (2021). Match running performance of elite soccer players: VO2max and players position influences. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 162-168.
- Metcalf, D., Milliard, S. T., Gomez, M. & Schwartz, M. (2016). Wearables and the internet of things for health: Wearable, interconnected devices promise more efficient and comprehensive health care. *IEEE Pulse*, 7(5), 35-39.
- Mısırlıgil, H. ve Bayansaldüz, M. (2023). Teknolojinin spor performans alanına etkisi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 10(2), 30-36.
- Migliaccio, G. M., Padulo, J. & Russo, L. (2024). The impact of wearable technologies on marginal gains in sports performance: an integrative

- overview on advances in sports, exercise, and health. *Applied Sciences*, 14(15), 6649.
- Mindfulrunner (2024). Training impulsetrump. Erişim adresi: <https://mindfulrunner.co.za/docs/training-impulsetrump/>. Erişim tarihi: 28.12.2024
- Modesti, A., Militello, R., Tanturli, A., Santi, A., Gulisano, M., Petri, C., Pengue, L., Pellegrino, A., Modesti, P.A. & Luti, S. (2025). Molecular, physical, and technical performance response after a competitive match in male professional soccer players. *Antioxidants*, 14(1), 73.
- Morgan, W. P., Brown, D. R., Raglin, J. S., O'connor, P. J. & Ellickson, K. A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine*, 21(3), 107-114.
- Morgans, R., Di Michele, R., Ceylan, I. H., Ryan, B., Haslam, C., King, M., Zmijewski, P. & Oliveira, R. (2025). Physical match performance of elite soccer players from the English Championship League and the English Premier League: The effects of opponent ranking and positional differences. *Biology of Sport*, 42(1), 29-38.
- Muracki, J., Nowak, M., Kawczyński, A., Silva, A. F. & Clemente, F. M. (2023). Match running performance profiles of amputee football players at the national level. *Scientific Reports*, 13(1), 9882.
- Ntv (2024). Giyilebilir teknolojilerde gözlük rekabeti. Erişim adresi: <https://www.ntv.com.tr/teknoloji/giyilebilir-teknolojilerde-gozluk-rekabeti,olOO6bg54kS-1WTeL92ysw>. Erişim tarihi: 2.11.2024
- O'Brien-Smith, J., Smith, M. R., Vansteenkiste, P., Fransen, J., Zeuwts, L., Bennett, K. J. & Lenoir, M. (2024). Understanding the role of gaze behaviour and coaching experience in the assessment of youth soccer teams. *Science and Medicine in Football*, 1-9.
- Onedio (2024). Akıllı bileklikler. Erişim adresi: <https://onedio.com/haber/akilli-bileklik-tavsiye-ve-onerileri-1112790>. Erişim tarihi: 31.10.2024
- Opendata (2024). PitcheroGPS. Erişim adresi: <https://opendata.ljmu.ac.uk/id/eprint/107/111/Appendix%2090.PitcheroGPS%20-%20Elite%20%26%20Academy%20Football%20Brochure%202021%20V1.2.pdf>. Erişim tarihi: 28.11.2024
- Ortega-Becerra, M., Belloso-Vergara, A. & Pareja-Blanco, F. (2020). Physical and physiological demands during handball matches in male adolescent players. *Journal of Human Kinetics*, 72, 253.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178.
- Öngün, Ö (2024). Bir Türkiye süper lig futbol takımında, covid19 pandemisi sebebiyle farklı maç sıklıklarında antrenman yükleri değişimi. T.C. İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı Hareket ve Antrenman Bilimleri (Tezli) Yüksek Lisans Programı, Temmuz 2024

- Özbay, S., & Ulupınar, S. (2023). Sportif performans analizinde yeni nesil teknolojiler üzerine genel bir bakış. *Dijital Çağda Spor Araştırmaları* 2, 67.
- Panagiotopoulou, F. V., Michailidis, Y., Mandroukas, A., Mavropoulos, A., Tsimaras, V., Nikolaidis, P. T., Christoulas, K. & Metaxas, T. (2023). Match running performance profile and heart rate response in amputee soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(14), 6357.
- Parkin, J. M., Carey, M. F., Zhao, S. & Febbraio, M. A. (1999). Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), 902-908.
- Parkinson, B. W., & Spilker, J. J. (1996). *Global Positioning System: Theory and Applications*. American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- 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, 1-17.
- Performbetter (2024). Playertek. Erişim adresi:**<https://performbetter.co.uk/products/playertek>. Erişim tarihi: 25.11.2024
- Perrotta, R., Ungureanu, A. N., Cherubini, D., Brustio, P. R. & Lupo, C. (2025). Technical, tactical, and time-motion match profiles of the forwards, midfielders, and defenders of a men's football serie a team. *Sports*, 13(2), 28.
- Pétursson, H. (2021). *Physical performance of football players in the Icelandic male top league*. PhD Thesis.
- Piedra, A., Caparrós, T., Vicens-Bordas, J. & Peña, J. (2021). Internal and external load control in team sports through a multivariable model. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(4), 751.
- Pitcherogps (2024). About. Erişim adresi: <https://www.pitcherogps.com/pages/about-us>. Erişim tarihi: 25.11.2024
- Playerdata (2024). GPS playerdata. Erişim adresi:<https://www.playerdata.com/>. Erişim tarihi: 19.11.2024
- Polar (2021). Teknik özellikler. Erişim adresi:https://www.polar.com/tr/b2b_urunleri/team-pro#. Erişim tarihi: 15.12.2021
- Principe, V. A., Seixas, I., de Souza Vale, R. G. & Nunes, R. D. A. M. (2021). GPS technology to control of external demands of elite Brazilian female football players during competitions. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (40), 18-26.
- Prudholme, D. C., Coburn, J. W., Lynn, S. K. & Lockie, R. G. (2023). Relationships between sprint, acceleration, and deceleration metrics with training load in Division I collegiate women's soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 85, 53.
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Becerra, M. O. & Agullo, J. J. E. (2017). Analysis of time-motion and heart rate in elite male and female beach handball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 450.

- Pyne, D. B., & Martin, D. T. (2011). Fatigue-insights from individual and team sports. In *Regulation of fatigue in exercise* (pp. 177-186). Nova Publishers.
- Quadroathletics (2024). Antrenman yükü takibinde bilimsel ilkeler. Erişim adresi: <https://quadroathletics.com/antrenman-yuku-takibinde-bilimsel-ilkeler/>. Erişim tarihi: 28.12.2024
- 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(1), 49-53.
- Roe, G., Darrall-Jones, J., Black, C., Shaw, W., Till, K. & Jones, B. (2017). Validity of 10-HZ GPS and timing gates for assessing maximum velocity in professional rugby union players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(6), 836-839.
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F.M., Fernandez, J. & Medina, D. (2018). Effective injury prediction in Professional soccer with GPS data and machine learning. *PLoSOne*, 13(7), 1-15.
- Rushall, B. S. (1990). A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 2(1), 51-66.
- Sağbaş, E. A., Ballı, S. ve Yıldız, T. (2016). Giyilebilir akıllı cihazlar: dünü, bugünü ve geleceği. *Akademik Bilişim Konferansı*, 30, 749-756. Aydın, Türkiye
- Sağiroğlu, I., Akyıldız, Z., Öncen, S., Bozdemir, M. & Çetin, O. (2020). Investigation of real time and post-match data relationships of wearable GPS systems. *African Educational Research Journal*, 8(2), 442-448.
- Sánchez-Sáez, J. A., Sánchez-Sánchez, J., Martínez-Rodríguez, A., Felipe, J. L., García-Unanue, J. & Lara-Cobos, D. (2021). Global positioning system analysis of physical demands in elite women's beach handball players in an official spanish championship. *Sensors*, 21(3), 850.
- Schwartz, K. (2022). *Are Catapult One GPS Metrics Associated with Soccer Field Test Performance in Female Collegiate Soccer Players?* (Master's thesis, Middle Tennessee State University).
- Scott, T. J., Black, C. R., Quinn, J. & Coutts, A. J. (2013). Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: a comparison of the CR10 and CR100 scales. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 270-276.
- Scott, M.T., Scott, T.J. & Kelly, V.G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *J. Strength Condition. Res.*, 30(5), 1470-1490.
- Seçkin, A. Ç., Ateş, B. & Seçkin, M. (2023). Review on wearable technology in sports: concepts, challenges and opportunities. *Applied Sciences*, 13(18), 10399.
- Sensoriafitness (2024). Akıllı çoraplar. Erişim adresi: <https://www.sensoriafitness.com/>. Erişim tarihi: 5.11.2024

- Serçek, S. ve Korkmaz, M. (2023). Sporda giyilebilir teknoloji üzerine sistematik bir literatür taraması. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 77-92.
- Seshadri, D.R., Li, R.T., Voos, J.E., Rowbottom, J.R., Alfes, C.M., Zorman, C.A., Drummond, C.K. (2019). Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. *NPJ Digit Med.*, 2,71
- Seshadri, D. R., Thom, M. L., Harlow, E. R., Gabbett, T. J., Geletka, B. J., Hsu, J. J., Drummond, C.K., Phelan, D.M., & Voos, J. E. (2021). Wearable technology and analytics as a complementary toolkit to optimize workload and to reduce injury burden. *Frontiers in sports and active living*, 2, 630576.
- Seshadri, D. R., VanBibber, H. D., Sethi, M. P., Harlow, E. R. & Voos, J. E. (2024). Wearable devices and digital biomarkers for optimizing training tolerances and athlete performance: a case study of a national collegiate athletic association division III soccer team over a one-year period. *Sensors*, 24(5), 1463.
- Shiftdelete (2024). Sağlık-hizmetlerinin geleceği akıllı saatler. Erişim Adresi: <https://shiftdelete.net/saglik-hizmetlerinin-gelecegi-akilli-saatler>. Erişim tarihi: 31.10.2024
- Sikka, R.S. Baer, M., Raja, A., Stuart, M. & Tompkins, M. (2019). Analytics in sports medicine: implications and responsibilities that accompany the era of big data. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 101(3), 276-283.
- Silva, R., & Nobari, H. (2021). Relationship between training load and match running performance in men's soccer.
- Soccerbee (2024). GPS. Erişim adresi: <https://soccerbee.shop/collections/soccerbee/products/bee-lite-2-set-gps-vest>. Erişim tarihi: 25.11.2024
- Soligard, T., Schweltnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägg, M., Hutchinson, M.R., Janse van Rensburg, C., Khan, K.M., Meeusen, R., Orchard, J.W., Pluim, B.M., Raftery, M., Budgett, R. & Engebretsen, L. (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.
- Söğüt, T. ve Baytas, E. (2022). Futbolda küresel konumlandırma sistemi (gps) ve performans analizi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 151-165.
- Sparks, M., Coetzee, B. & Gabbett, T. J. (2017). Internal and external match loads of university-level soccer players: A comparison between methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 1072-1077.
- Statsports (2021). About. Erişim adresi: <https://statsports.com/about-us/>. Erişim tarihi: 24.12.2021
- 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.

- Swart, J. & Jennings, C.L. (2004). Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *South African Journal of Sports Medicine*, 16(2),1-5
- Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R. & Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 796-802.
- Şahin, T. (2021). Wearable technologies in athletic performance. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 23(1), 40-45.
- Şahin, L., Altundağ, E., Eroğlu, Y., Miale, G. ve Gonzales, C. H. (2021). Profesyonel futbolcuların antrenman dış yüklerinin bir sezon boyunca takip edilmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 8(67), 733-738.
- Taani, M. H., Kovach, C. R. & Buehring, B. (2017). Muscle mechanography: a novel method to measure muscle function in older adults. *Research in Gerontological Nursing*, 10(1), 17-24.
- Teknoyaşam (2024). Giyilebilir teknolojiler. Erişim adresi: <https://www.herkesebilimteknoloji.com/haberler/teknoyasam/akilli-giyilebilir-teknoloji-hastalikta-ve-saglikta>. Erişim tarihi: 2.11.2024
- Tessaro, E. & Williams, J.H. (2018). Validity and reliability of a 15 Hz GPS Device for courtbased sports movements. *Sports Performance & Science Reports*. 1.
- Thornton, H.R., Nelson, A.R., Delaney, J.A., Serpiello, F.R. & Duthie, G.M. (2019). Interunit reliability and effect of data-processing methods of global positioning systems. *Int J Sports Physiol Perform.*, 14(4), 432-438.
- Tibana, R. A., De Sousa, N. M. F., Cunha, G. V., Prestes, J., Fett, C., Gabbett, T. J. & Voltarelli, F. A. (2018). Validity of session rating perceived exertion method for quantifying internal training load during high-intensity functional training. *Sports*, 6(3), 68.
- Tous-Fajardo, J., Moras, G., Rodríguez-Jiménez, S., Usach, R., Doutres, D. M. & Maffiuletti, N. A. (2010). Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(4), 761-766.
- Townshend, A. D., Worringham, C. J. & Stewart, I. B. (2008). Assessment of speed and position during human locomotion using nondifferential GPS. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(1), 124-132.
- Trainresearch (2024). Atletik performans. Erişim adresi:<https://www.trainresearch.com/>. Erişim tarihi: 26.12.2024
- Ünlü, G., Polat, B., Güler, A. H. ve Işık, A. (2018). Futbolda oyuncu performans takiplerinde kullanılan küresel konum belirleme (GPS) ve çoklu kamera sistemlerinin incelenmesi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(1), 38-45.
- 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. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 121–127.
- Villaseca-Vicuña, R., Perez-Contreras, J., Zabaloy, S., Merino-Muñoz, P., Valenzuela, L., Burboa, J. & Gonzalez-Jurado, J. A. (2023). Comparison of match load and wellness between friendly and world cup matches in elite female soccer players. *Applied Sciences*, 13(3), 1612.
- Wallace, L. K., Slattery, K. M. & Coutts, A. J. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 33-38.
- Wang, Z., Cao, G., Xu, J., Qiu, J. & Yang, R. (2023). A comparative study of Chinese women 3×3 basketball players exercise load in Tokyo Olympic preparation cycle. *Frontiers in Physiology*, 14, 1096423.
- Wang, S. & Zhou, G. (2015). A review on radio based activity recognition. *Digital Communications and Networks*, 1(1), 20-29.
- Webmarketing (2024). Akıllı kıyafetler. Erişim adresi: <https://www.webmarketingid.com/>Erişim tarihi: 12.18.2024
- Webtekno (2025). Giyilebilir teknolojiler. Erişim adresi:<https://www.webtekno.com/giyilebilir-teknoloji-en-teknolojik-ayakkabilar-h107382.html>. Erişim tarihi: 15.03.2025
- Wedman, J. (2023). Countermovement Jump To Monitor Neuromuscular Fatigue In Endurance Athletes: A correlation study between training load and CMJ-variables.
- Weldon, A., Duncan, M. J., Turner, A., Sampaio, J., Noon, M., Wong, D. & Lai, V. W. (2021). Contemporary practices of strength and conditioning coaches in professional soccer. *Biology of Sport*, 38(3), 377-390.
- Weston, M., Siegler, J., Bahnert, A., McBrien, J. & Lovell, R. (2015). The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *Journal of science and Medicine in Sport*, 18(6), 704-708.
- Williams, J. H., Rizzuto S. F., Whitaker, E. J. & Dillard, B. A. (2021). Complementary use of wearable technology 1: a data comparison of two platforms. *Sport Performance & Science Reports*, 137, 1-7.
- Windt, J. & Gabbett, T. J. (2017). How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 428-435.
- Wing C. (2019). Designing pre-season training programs using global positioning systems: a systematic approach. *Strength & Conditioning Journal*, 41(1), 27-38.
- Yaşlı, B. Ç., Karayığit, R., Karabıyık, H. ve Koz, M. (2020). Antrenman yükü ölçüm yöntemleri: bilimsel yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 12(3), 421-33

Yıldız, A. B. ve Doğu, G. A. (2022). Sporda teknoloji kullanımı: bir metafor çalışması. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 67-80.