

Antrenman ve Müsabaka Sırasında Performans Takibi: GPS ve Kalp Atım Sayısı Monitörü

Hasan Hüseyin Yılmaz⁵

Özet

Spor kavramı genel anlamıyla farklılık gösterse de en yaygın tanımlarından biri kurallar çerçevesinde rekabete dayalı fiziksel ve zihinsel rekabetin olduğu branşa göre yapılan yarışma etkinlikleridir. Günümüzde en çok karıştırılan kavram olan spor ve Beden eğitimi ve Spor 'dur. Beden Eğitimi ve Sporda rekabet olmadan fiziksel uygunluk için yapılan rekreasyonel faaliyetler yer almaktadır. Ancak sporun içerisinde fiziksel uygunluğun yanı sıra rekabete dayalı sürekli bir gelişim ve hatasız bir performans ön plana çıkmaktadır. Bu performansı değerlendirecek antrenör, sporcu ve yöneticiler için veriler çok önemli bir durumdur. Performans göstergelerini değerlendirecek verilerin incelenmesi, düzenlenmesi ve değerlendirilmesi performans göstergelerinde ortaya çıkan bütün durumların ele alınmasını sağlamaktadır. Sporda performans göstergeleri antrenman sırası, müsabaka sırası ve müsabaka sonrası şeklinde üç şekilde teknolojik araçlarla alınabilmektedir. Bu göstergelerin en nesnel ve elle tutulabilir hali müsabaka ortamında sporcunun gösterdiği gerçek değerlerin anlamı spor bilimcilere birçok dönüt verebilmektedir. Müsabaka anında göstermiş olduğu gerçek tepkilerin ölçülmesinde de bu teknolojik araçlardan hemen hemen bütün spor dallarında yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada gelecekte sporun bütün dallarına yöne verecek olan teknolojik sportif performans ölçüm araçlarını bir değerlendirme içerisinde görerek bu alanın bilime nasıl yöne vereceğini değerlendirmiş olacağız.

Giriş

Spor farklı çevreler tarafından farklı şekillerde tanımlanmaktadır. En genel tanım olarak maddi bir getiri sağlayan ve içerisinde rekabet barındıran tüm fiziksel mücadeleler spor olarak tanımlanmaktadır. Bu

5 Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye,
ORCID ID: 0000-0003-1994-7731, hasanh.yilmaz@atauni.edu.tr

açından düşünüldüğünde, fiziksel aktivite, egzersiz, rekreasyonel aktiviteler ve beden eğitiminden tamamen farklılaşmaktadır. Spor içerisinde rekabeti barındırdığından sürekli olarak gelişimi ve kusursuz performansı ön plana çıkaran önemli bir kavramdır (Atasever ve Kıyıcı, 2021). Sürekli gelişim ve kusursuz performansı sağlayabilmek için ise antrenörler, kondisyonerler, teknik direktörler, atletik performansçılar ve sporcular düzenli bir veri akışına ihtiyaç duyarlar (Achten ve Jeukendrup, 2003). Toplu veriler kullanılarak hem bireysel olarak sporcular hem takımının tamamı hem de rakip sporcular ve takımların negatif ve pozitif yönleri ile ilgili fikirler elde edilebilmektedir (Aughey vd., 2010).

Sporcuların ve takımların toplu verilerinin takibi ve analizinde ise teknolojik cihazların kullanımı son yıllarda oldukça fazla kullanılmaya başlamıştır. Teknoloji, milenyum çağı ile birlikte tüm alanlarda olduğu gibi spor organizasyonlarının da içerisine entegre olmuş ve kullanılmaya başlanmıştır (Akgönül, 2023). Spor içerisinde, sportif performansın değerlendirilmesi, oyun kurallarının daha efektif işletilmesi, sportif malzeme ve ekipman geliştirilmesi ve anlık veri akışının sağlanması gibi birçok alana teknoloji hizmet etmektedir. Günümüzde, sportif başarı elde etmek isteyen tüm kulüplerin yolu teknoloji ile kesilmektedir. Bu teknolojinin spora yön veren bir yanının olduğunu göstermektedir.

Teknolojik gelişmeler inovasyon ve yenilenmeyi beraberinde getirmektedir. Ancak bazı durumlarda bu gelişmelerle birlikte güvenlik kaygısı ve teknolojiyi sürekli güncelleme alan uzmanlarına bir takım önlemleri de almayı gerektirmektedir. Olası hata payının en asgari düzeye indirgenebilmesi için yine teknolojinin kendisinden faydalanılmaktadır (Alaeddinoglu 2022). Teknoloji ve spor birleştiğinde son on yıl içerisinde birçok spor dalında çoğu kurallar ve ekipmanlar güncellenmiş ve yenilenmiştir. Örneğin; futbolda, video asistan hakem uygulaması, taekwondo da sensörlü koruyucuların kullanılmasıdır. Bakıldığında sportif oyunlardaki şaibeli durumların ortadan kalkmasına ve rekabetin daha iyi işletilmesine teknolojik cihaz ve uygulamalar öncülük etmektedir. Diğer taraftan, yakın geçmişe kadar sahada yapılan ve uygulanan birçok sportif performans değerlendirme testleri teknolojiye ayak uydurarak, daha yüksek geçerlilik ile laboratuvar ortamlarında uygulanmaya başlanmıştır (Alaeddinoglu ve Kalkavan 2019). Örneğin yakın geçmişe kadar bir sporcunun aerobik dayanıklılığını belirlemek için Cooper testi, mekik testi, basamak testi gibi uygulamalar yapılırken günümüzde bunların yerini gaz analizörleri ve treadmill almıştır. Bunlara ek olarak sporcuların performansları çoğunlukla antrenman ortamlarında ve dış etmenlerden bağımsız olarak değerlendirilmekteydi. Ancak günümüzde teknolojik cihazların yardımı ile artık antrenman ve maç sırasında birçok veri doğrudan

anlık olarak kontrol edilebilmektedir. Bu kontrol ve takip sayesinde müsabakaya birçok kez müdahale edilebilmekte ve antrenmanlar amacına uygun şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu bölüm genel olarak antrenman ve müsabaka esnasında antrenör ve teknik ekip için veri sağlayan cihazların amaçları ve kullanım şekilleri üzerine odaklanacaktır. Aynı zamanda cihazların kullanımı ile ne gibi faydaların elde edileceğine değinecektir.

Kalp Atım Sayısı Takibi

Kalp atım sayısı motorik özelliklere yönelik olarak yapılan tüm antrenmanlar için egzersiz yoğunluğunu belirlemek için uzun yıllardır kullanılan önemli bir belirteçtir (Atasever vd., 2021). Kalp atım sayısı genellikle boyun, el bileği üzerinde yer alan büyük atar damarlar üzerinden kontrol edilmektedir. Bunlara ek olarak kalp üzerinden (göğüs) ve kolda biceps kası üzerinden kalp atım sayısı kontrol etmekte mümkün olmaktadır (Achten ve Jeukendrup, 2003). Kalp atım sayısı bireylerin egzersiz kapasiteleri ve egzersiz müsabaka sırasındaki zorlanma dereceleri hakkında antrenör ve teknik ekibe önemli bilgiler sunmaktadır. Buna ek olarak sporcuların yorgunluk, dayanıklılık gibi motorik özelliklerinin bir göstergesi olarak da kullanılmaktadır (Crouter vd., 2004).

Kalp Atım Sayısı İle Egzersiz Yoğunluğu Takibi

Spor dallarının birçoğunda fiziksel yüklenmeler yer almaktadır. Sportif kabiliyetin artırılması fiziksel, fizyolojik ve psikolojik yüklenme ve antrenmanlar ile mümkün olmaktadır (Dong, 2016). Fiziksel ve fizyolojik yüklenmelerin temelinde ise 3 ana bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenler, egzersiz yoğunluğu, egzersiz süresi ve dinlenme aralıkları olarak bilinmektedir (Açıkada, 2018). Sporcuların fiziksel ve fizyolojik kapasitelerini geliştirmek ancak bu üç bileşenin kontrolü ve doğru planlaması ile mümkün olmaktadır. Kalp atım hızı cihazları sayesinde sporcuların antrenman ve müsabaka sırasında egzersiz yüklenme yoğunluklarının takibi kolaylaşmaktadır (Halson, 2014). Sporcular ve antrenörler kalp atım hızı cihazları ile anlık kontrol sağlayabilmektedir. Bu sayede sporcuların istenilen yüklenme aralıklarında antrenmanlarını gerçekleştirip gerçekleştirmedikleri kontrol edilebilmektedir (Hofmann ve Pokan, 2010). Aynı zamanda anında müdahale etmeye de bu cihazlar olanak sağlamaktadır. Antrenmanlara ek olarak müsabaka sırasında kalp atım sayısının kontrolü ile sporcuların genel durumları izlenebilmekte ve taktiksel değişiklikler için antrenörlere önemli bilgiler sağlamaktadır. Taktik değişikliklerden önce sporcuların buna uyum sağlayacak fiziksel ve fizyolojik durumunun olup olmadığı kontrol edilebilmektedir.

Kalp Atım Sayısı İle Yorgunluk Takibi

Sporcuların anlık veya sürekli olarak takipleri ile, kısa ve uzun süreli yüklenmeler sonucunda oluşan yorgunluk düzeyleri ile ilgili kalp atım sayısı önemli bir gösterge olabilmektedir. Kalp atım hızının toparlanma ve dinlenme aşamalarında kullanılan önemli bir parametre olduğu kesindir. Bu aynı zamanda yorgunluğun oluşması ve yorgunluğun ortadan kalkması gibi süreçleri de takip etmeye olanak sağlamaktadır (Makivic vd., 2013). Hazırlık dönemlerinde, egzersiz sonrasında yüksek kalp atım sayısı gösteren bir sporcunun yorgunluk yaşadığını söylemek mümkün olmaktadır. Aynı zamanda yüksek yoğunluklu egzersizler sırasında kalp atım sayısı ile aerobik eşik ve anaerobik eşik seviyelerini belirlemek mümkün olmaktadır (Taylor vd., 2012). Sporcuların kalp atım sayılarının kontrolü ile egzersiz yükünün ne derece yorucu olduğu ve tekrar yüklenme için gereken süreye dair bilgiler elde edilebilmektedir.

Kalp Atım Sayısı İle Maksimum Oksijen Tüketim Kapasitesi Takibi

Maksimum oksijen kullanım kapasitesi sporcunun egzersiz sırasında oksijeni kullanma kapasitesi ile ilgilidir. Sporcuların belirli bir yüklenme sırasında becerileri yapabilmeleri ve kusursuz performans sergileyebilmelerinin anahtarı oksijeni verimli kullanmaktan geçmektedir (Slimani vd., 2018). Çünkü hareket sistemi tamamen oksijene bağımlı olarak işlerini gerçekleştirmektedir. Oksijen kullanımını enerji üretiminin en önemli faktörleri arasında yer almaktadır. Oksijen kullanım kapasitesini ölçmek için solunum parametreleri ve kalp atım sayısı zaman zaman birlikte kullanılmaktadır (Parak ve Korhonen, 2014). Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan performans değerlendirme testleri kalp atım sayısının maksimum oksijen kullanım kapasitesi tahmininde cinsiyet ve yaş ile birlikte etkili bir yöntem olduğunu vurgulamıştır. Kalp atım sayısının kullanıldığı başka bir alan ise maksimum kalp atım sayısının belirlenmesidir (Atasever vd., 2021). Burada da yine yüklenme yoğunluğuna karar verilmeden önce sporcuların maksimum kalp atım sayıları ve rezerv kalp atım sayıları belirlenmektedir. Rezerv kalp atım sayısı için ise dinlenik kalp atım sayısı gereklidir. Sporcunun yüklenme düzeylerinde kalmasını ve kontrolünü sağlamak bu şartlarda tamamen sporcunun kalp atım sayısının bilinmesi ile mümkün olmaktadır.

Kalp Atım Sayısı İle Enerji Tüketiminin Takibi

Kalp atım sayısı ve oksijen tüketim kapasitesi yalnızca maksimum oksijen kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmamaktadır. Buna ek olarak kalp atım sayısı ve oksijen kullanım kapasitesi kullanılarak egzersiz sırasında

oluşan enerji talebinin de tahmin edilmesi mümkün olmaktadır. Enerji tüketiminin takibine ek olarak, sporcuların egzersiz sırasında yakmış oldukları kalorinin hangi enerji kaynağından geldiğine dair önemli bilgileri kalp atım sayısı takibi ile belirlemek mümkün olmaktadır. Kalp atım sayısı enerji tüketimini ölçmek için ucuz yollardan birisidir ve bu nedenle birçok sporcu ve antrenör tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Enerji tüketiminin takibi birçok antrenmana ait iç ve dış sınırlayıcıları da gözlem altına almak demektir. Bu sayede sporcuların egzersiz süreleri, egzersiz performansları, egzersiz dinlenme aralıkları gibi birçok mekanizmanın da uygun çalışıp çalışmadığına karar verilmektedir (Schneider vd., 2018). Kalp atım sayısı ile enerji tüketimi hesaplamaları genellikle aerobik egzersizlerde çok daha fazla tercih edilirken, kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersizlerde hala kesin bir eşleştirme yapılamamıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde kalp atım sayısını bilmek antrenman ve müsabaka ortamında sporcudan elde edilecek olan birçok fiziksel ve fizyolojik parametrenin yorumlanmasına ve sporcuyu ile ilgili önemli değerlendirmelerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Kalp Atım Sayısını Ölçmek için Kullanılan Cihazlar ve Yöntemler

Kalp atım hızı daha öncede ifade edildiği gibi antrenman ve müsabaka sırasında manuel olarak veya teknolojik cihazlar yardımıyla sürekli (anlık) olarak kontrol edilebilmektedir. Bu bağlamda manuel olarak kalp atım sayısı takibi yapmak günümüzde artık çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir. Çünkü geniş ürün yelpazesi ve farklı birçok teknolojik cihaz ile kalp atım sayısının belirlenmesi oldukça kolaylaşmıştır. Ancak bu kısımda manuel kalp atım sayısı belirlemeye değinmek yararlı olacaktır. Kalp atım sayısı manuel olarak boyunda ve el bileğindeki atar damarlar aracılığı ile belirlenmektedir. Sporcu dinlenik veya antrenman yüklenmeleri sırasında işaret ve orta parmağını bu damarların üzerine bası yaparak tutmakta ve bir dakika boyunca atımları saymaktadır. Bu sayede kalp atım sayısı belirlenmiş olmaktadır. Bu yöntemi 12 saniye sayıp 5 ile çarparak veya 15 saniye sayıp 4 ile çarparak da yapmak mümkündür (Günay, 1998). Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın manuel olması nedeniyle hata payı ve sürekli ölçüme göre daha kısıtlı bilgi verdiği göz ardı edilmemesi gereken bir konudur.

Kalp atım sayısını ölçmek için birçok farklı marka ve model geçerlik ve güvenilirliği bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmış cihazlar üretmiştir. Bunlara ek olarak günlük olarak kullanılan telefon ve akıllı saatlerde anlık kalp atım sayısını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Teknolojik cihazlar kullanılarak kalp atım sayısı belirlemek için ise genellikle göğüste pektoralis majör kasının

altına yerleştirilen göğüs bantları ve el bileğine takılmış olan nabız ölçerler veya saatler sıklıkla tercih edilmektedir (Berkelmans vd., 2018). Burada en geçerli ve güvenilir olan cihazlar göğüste kalp üzerinden direkt olarak veri akışı sağlayan cihazlardır. Ancak kol üzerinden alınan kalp atım sayısı verileri de azımsanmayacak kadar değerli ve geçerlidir.

Günümüzde spora katılım göstermeyen kişiler bile bu cihazlar sayesinde kalp atım sayılarını düzenli olarak kontrol edebilmekte ve stress, yorgunluk ve sağlık durumları ile ilgili bilgilere hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir. Şimdi birlikte yaygın olarak kullanılan kalp atım sayısı takip cihazlarını tanıyalım.

Göğüste Kullanılan Kalp Atım Sensörleri

Kalp atım sensörleri birçok firma tarafından sıklıkla üretilmektedir. Her birisi göğüs ve çevresinden sensörler sayesinde kalp atım sayısını sürekli ve anlık olarak almakta ve veri haline dönüştürerek farklı şekillerde raporlamaktadır. Spor çevresi tarafından sıklıkla tercih edilen kalp atım sensörleri arasında giyilebilir teknoloji ile donatılmış olan Polar, Garmin, Suntoo gibi markaların ürettiği sensörlerdir (Alexandre vd., 2012). Bu sensörler antrenman ve maç esnasında hem sporcunun hareket kabiliyetlerini sınırlandırmayacak şekilde dizayn edilmiştir hem de geçerli bir bilgi sağlamaktadır. Bu sayede hem performans tam anlamıyla yerine getirilmekte hem de sporcuların verileri maksimum doğruluk ile alınabilmektedir. Sensörler genellikle takım ve bireysel olarak çalıştırılabilmektedir. Çoğunlukla bluetooth veya wifi bağlantısı ile kablosuz olarak bağlantı sağlanmaktadır. Bu da hareket alanını oldukça fazla genişletmekte ve her antrenman/müsabaka ortamında veri akışını kolaylaştırmaktadır. Kendilerine özgü arayüzler kullanılarak sporcuların kalp atım sayıları genellikle, anlık, yüklenme aralıklarına göre, belirlenen bir süre ile düzenli olarak raporlaştırılabilmektedir (Garmin, 2023). Bu antrenörler için tüm takımın değerlendirme ve karşılaştırmalarının yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Bu cihazlar aynı zamanda performans testleri sırasında sporcuların fiziksel ve fizyolojik testlere verdikleri yanıtları incelemek ve değerlendirmek içinde kullanılmaktadır. Şekil 1. Kalp atım sensörlerinin yerleşim yerleri gösterilmektedir.



Şekil 1. Göğüs Kalp Atım Sensörü Yerleşimi (Garmin, 2023).

Kolda Kullanılan Kalp Atım Sensörleri ve Saatler

Kalp atım sayısını belirlemek için toplumun birçok kesimi tarafından sıklıkla tercih edilen giyilebilir teknolojilerin başında saatler gelmektedir (Karmen vd., 2019). Kalp atım sayısı belirlemek ve egzersiz takibi, iletişim gibi birçok hizmete olanak sağlayan saatlerin kullanımı son on yılda ciddi seviyede artmıştır (Akyıldız ve Erdoğan, 2022). Farklı birçok teknoloji devri birçok farklı özelliğe sahip saatler üretmektedir. Üretilen saatlerin kalp atım sayısı ve diğer sağlık ile ilgili yaptığı ölçümlere dair geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları da bilim dünyası tarafından gerçekleştirilmektedir (Hernando vd., 2018; Jonckheer-Sheehy vd., 2012). Koldan kalp atım sayısı takibi diğer yöntemlere göre hem daha hızlı hem de daha kullanışlıdır. Aynı zamanda diğer cihazlar genellikle sadece bir amaca hizmet ederken saatler birçok hizmeti bir arada sağladığından tercih sebebi olmaktadır. Koldan saat veya kalp atım sayısı sensörü ile kalp atım sayısını belirlemek için saatlerin altında yer alan sensörlerden yararlanılmaktadır. Cihazlar, bileğin arka tarafındaki (saat yüzünün arkası) yeşil ışık emilimine dayalı fotopletizmografi kayıtları kullanılarak kalp atım sayısı takibi yapmaktadır. :Kalp atım sayısına ek olarak, sirkardian ritm, ekg gibi ölçümleride yapabilmektedir (Terbizan vd., 2002). Son yıllarda teknolojinin hızla gelişimi bu cihazların güvenilirlik düzeyini oldukça üst düzeye çıkarmıştır. Yapılan araştırmalarda normal bir ekg kaydı ile saatle yapılan ekg kaydı arasında %93 güvenilirlik sağlanmıştır. Diğer taraftan bu cihazlar birçok hastalığın ilk göstergelerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Farklı kardiyovasküler hastalıkların erken müdahalesi için tercih edilmektedir.

Sporcular için bu cihazlar oldukça kullanışlıdır. Bunun temel sebebi anlık olarak antrenman yüklerini (kalp atım sayısı) kontrol edebilmeleridir. Bu antrenmanların sürekli olarak verimliliğini maksimum düzeyde tutmaya yardımcı olmaktadır. Sporcular genel olarak belirli bir plan dahilinde yüklenmeler yapmaktadır. Bu planın en önemli noktası yüklenme şiddeti, kapsamı ve süresinin iyi ayarlanmasından geçmektedir. Antrenörlerin önerileri doğrultusunda sporcular bu parametrelere maksimum uyumluluk ile antrenmanlarını gerçekleştirdiklerinde ise zirve performansa ulaşmaları kolaylaşmaktadır. Bu nedenle amatör ve/veya profesyonel her sporcu kalp atım sayısı sensörlerini/cihazlarını antrenmanlar boyunca sürekli olarak kullanmaktadır. Buna ek olarak, toparlanma düzeylerini kontrol etmek, uyku kalitelerini belirlemek, yorgunluk düzeylerine dair tahmini bilgiler elde edebilmek ve kilo kontrolü sağlamak için antrenman dışı saatlerde de cihazların kullanımı yaygındır (Wallen vd., 2016). Günümüz dünyasında teknolojiye ki gelişmeler, spor alanındaki rekabeti çok üst düzeye çıkarmıştır. Artık başarı çok daha küçük ayrıntılara saklanmakta ve yalnızca bu küçük ayrıntıları görebilen ve uygulamasına katabilen sporcular başarıya ulaşabilmektedir. Başarılı sporcu olmanın yolu ise iyi antrenman yapmak ve önerilen antrenman programlarını kusursuz işletebilmekten geçmektedir. Bu anlamda akıllı saatler, kalp atım sensörleri sporculara oldukça fazla yardımcı olmaktadır. Şekil 2.'de farklı kalp atım sayısı sensörleri ve akıllı saatlerin sporcularda kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 2. Kolda Kalp Atım Sayısı Sensörleri

GPS (Global Positioning System) Küresel Konumlandırma Sistemi

GPS sistemi 1944 yılında fizikçi Isidor Rabi tarafından keşfedilen bir teknolojidir ve yıllar içerisinde geliştirilerek günümüzde hala kullanılmaktadır.

GPS özellikle son yirmi yıl içerisinde spor alanlarında da artarak kullanılmaya başlanmıştır (Aughey, 2012). GPS in temel çalışma prensibi uydular arası iletişim sağlayarak algılanan frekansların yerinin belirlenmesi üzerine kuruludur. Bu sayede frekansın geldiği noktanın konumu, yönü ve yer değiştirme hızı gibi parametreler rahatlıkla kontrol edilebilmektedir. GPS öncelikli olarak insanlar ve hayvanların dünya üzerinde hareketlerini kontrol etmek ve takip etmek için kullanılmıştır. Ancak günümüzde birçok alanda olduğu gibi özellikle takım sporları olmak üzere birçok spor branşında çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Spor alanlarında GPS kullanımının temel amaçları arasında sporcuların maç boyunca yaptıkları mesafeleri, hareket yönlerini, kullandıkları alanları, koşu ve yürüme mesafelerini, belirli hız üzeri koşu mesafelerini ve defansif/ofansif hareketlerini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmektedir (Aughey ve Falloon, 2010). Bu açıdan bakıldığında GPS sporcuların saha içerisinde performans ile ilgili birçok maç parametresini ortaya koyabilmektedir. Bu da antrenörler ve teknik ekipler için rakip ve takım analizi için azımsanmayacak bilgiler sağlamaktadır (Cummins vd., 2013).

Maç Analizlerinde GPS Kullanımı

Modern olarak dizayn edilen GPS cihazları oldukça küçük ve hafiftir. Örneğin MinimaxX Team Sport v4.0 GPS monitörü yalnızca $88 \times 50 \times 19$ mm boyutlarında ve 67 gr ağırlığındadır. Bu boyutlarda olmasına rağmen 4 saatten fazla veri depolama özellikleri bulunan bu cihazlar, birçok spor dalında antrenman ve maç boyunca kullanılmaktadır. Zaman-hareket analizi uygulamalarının geleneksel bakış açısında temel sporcuların aktivite profilleri üzerine tanımlayıcı araştırmalardır. Bu araştırmalarla sporcuların hareketleri kontrol edilebilmektedir (Barbero-Avarez vd., 2010). GPS sistemleri rekabetçi yaklaşımdan çok sporcuların bireysel olarak gerçekleştirdiği performanslarını ölçmeye yönelik olarak kullanılmaktadır.

GPS sistemleri sporcuların fiziksel ve fizyolojik taleplerine yönelik veri sağlamadığından performans ve rekabet ile doğrudan ilişkilendirilmesi doğru değildir. Ancak düzenli takip sonrasında sporcuların maç içerisinde oluşturdukları profillere dayandırılarak, sporcuların fiziksel ve fizyolojik durumlarına dair tahminlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır (Cunniffe vd., 2009). Uzun süreli GPS takibi sonrasında oluşan veriler bu yorumların yapılabilmesi için sağlanması gereken en önemli parametredir. GPS günümüzde, futbol, kriket, Amerikan futbol, basketbol, voleybol, hokey, rugby gibi birçok sporda sıklıkla kullanılmaktadır ve maç analizlerinde önemli veriler sağlamaktadır. Bu veriler aynı zamanda spor branşlarının karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Gabbet, 2010). GPS verilerinin

analizinde spor dalların özellikleri göz önünde bulundurularak değerlendirme yapmak önemlidir. Örneğin toplam kat edilen mesafe spor dalının süresinden bağımsız olarak değerlendirildiğinde analiz yanlış olacaktır. Çünkü spor dallarının toplam süreleri farklılık göstermektedir. Tablo 1. de genel olarak GPS cihazları ile elde edilen bilgiler gösterilmektedir.

Tablo 1. GPS ile Ölçülen Parametreler

GPS ile Ölçülen Parametreler	Parametrenin tanımı
<i>Toplam Mesafe</i>	Antrenman ya da maç sırasında sporcunun kat ettiği toplam mesafedir.
<i>Yüksek Hızlı Toplam Mesafe</i>	Belirlenmiş hız eşliğinin üzerinde koşulan mesafedir.
<i>Toplam Çalışma Kapasitesi</i>	Toplam mesafenin maç süresine oranıdır.
<i>İvmelenme; Hızlanma, Yavaşlama</i>	Geçilen mesafelerdeki artan veya azalan hızdır.
<i>Maksimum hızlı koşu (sprint)</i>	Sporcunun maksimum süratle yaptığı koşulardır.
<i>Zirve hız</i>	Sporcu tarafından ulaşılan maksimum hız seviyesini ifade eder.
<i>Çarpışmalar</i>	İki veya daha fazla sporcunun fiziksel temasını ifade eder.
<i>Koşu simetrisi</i>	3 yönden her birinde 100 Hz'de örneklenen ivme ölçer verilerini kullanarak adım dengesi, sol ve sağ ayaklar için her adım üzerindeki ortalama tepe etkisi olarak tanımlanır.

Tablo 1. De gösterilen veriler temel GPS verileri olarak gösterilmektedir. Bu verilere ek olarak, metabolik yük ve güç ile ilgili veriler, düşük tempolu koşular, aktivite olmayan süreler gibi birçok farklı parametre GPS cihazları ile kontrol edilebilmekte ve takibi sağlanmaktadır (Gray vd., 2010). Yapılan birçok farklı araştırma ve pilot çalışmalar GPS den elde edilen verilerin geçerliliğini kanıtlamış ve bilimsel ve nesnel bir veri olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Müسابaka analistleri, elde edilen bu veriler ile bireysel olarak sporcuların performanslarını, takımların performanslarını ve lig seviyesi, müsabaka seviyesi gibi parametreleri karşılaştırma olanağına sahip olmaktadır. Örneğin; futbolda farklı lig seviyelerindeki sporcuların parametreleri farklılık göstermektedir. Diğer taraftan aynı seviyede takımların yer aldığı şampiyonalarda tur seviyesi arttıkça toplam mesafe ve maksimum hızlı koşuların sayılarında ciddi artışlar olmaktadır. Bu da her seviye için farklı taktik anlayışlar geliştirme mecburiyetini ortaya çıkarmaktadır. Rakibin

analizi ve alınabilecek önlemlere dair GPS önemli veriler sağlamaktadır (MacLeod vd., 2009). Bu teknolojinin hızlı bir şekilde benimsenmesi, araştırmaların maçlardaki oyuncu hareketleriyle ilgili genel tanımlayıcı çalışmalardan yorgunluk analizine, verilerin gerçek zamanlı ve oyun sonrası analizine ve oyun seviyeleri arasındaki karşılaştırmalara geçmesine yol açmıştır (Söğüt ve Baytas, 2022). Buna ek olarak GPS verileri ile takviye gıdalar ve diyet ile ilgili parametrelerin düzenlenmesine yönelik değerlendirmelerde yapılabilmektedir. GPS verileri ile elde edilen ön ve son testler yardımıyla sporculara verilen takviye edici gıdaların performans çıktıları ortaya çıkarılabilmektedir.

GPS teknolojisinin düşük maliyeti ve sistemin taşınabilirliği, yarışma için kullanılan herhangi bir mekanda verilerin kolayca toplanmasını sağlar (Ünlü vd., 2018). Bu, normun oyuncuların ziyade stadyumlar için olduğu sporlarla karşılaştırıldığında büyük bir avantajdır. Ayrıca, bazı spor dallarında sahaların boyutu ve oval şekli ve aynı anda sahadaki oyuncu sayısı, yarı veya tam otomatik kamera sistemlerinin kullanımını zorlaştırmaktadır. Buda, GPS gibi ucuz taşınabilir teknolojinin elit ve alt-elit rekabette nispeten kolaylıkla kullanılacağı anlamına gelir. Sonuç olarak, GPS teknolojisinin uygulanması, elit oyuncu hareketleri hakkındaki bilgi birikiminde devrim yaratmıştır. Bu teknoloji, bir maçta, maçlar arasında, müsabaka seviyeleri arasında ve maç türleri arasında değişen gidişatı tespit edecek kadar geçerli ve güvenilirdir.

Antrenmanlarda GPS Kullanımı

Performans göstergelerini analiz etmenin doğru ve kesiniyolum müsabakalar sırasında elde edilen verilerdir. Ancak müsabakalardan elde edilen veriler ışığında takım ve sporcuların bireysel gelişimlerini sağlamak için antrenörler çeşitli müdahalelerde bulunmaktadır. Bu antrenman müdahalelerinin en önemli çıktısı gelişim sağlamaktır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda gelişmeye açık olan yönler belirlenmekte ve antrenmanlar içerisinde gelişimi sağlanmaktadır. Sporcuların geliştirilen bireysel özelliklerinin maç içerisine yansımalarının ise en önemli parametresi model antrenmanlar ile durumların sayısız şekilde tecrübe edilmesi ile mümkün olmaktadır (Açıkada, 2018). Yani bir sporcunun maç içerisinde sprint sayılarının düşüklüğü veya toplam mesafelerinin düşüklüğü antrenmanlar ile düzeltilmektedir. Düzeltilen özelliklerin maç içerisinde kullanılabilir hale gelmesi ise maç öncesi model antrenmanlar ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle sporcuların antrenmanlar sırasındaki verileri de büyük önem taşımaktadır. GPS in geçerli ve güvenilir bilgi vermesinin büyük ölçüde kabul edilmesi ile antrenman içi kullanımları da yaygın olarak görülmektedir (Jennings vd., 2010). GPS kullanımı ile

sporcuların antrenman içi verileri kaydedilmekte ve eksik yönler daha hızlı bir şekilde giderilebilmektedir. Maçların ve antrenmanın daha iyi anlaşılması, antrenmanın oyuncuları maçlarda gerekli olan aktivite profillerine uyarlamak için uyarlanmasına da olanak tanır. Genel olarak yapılan değerlendirmelerde ve bilimsel çalışmalarda sporcuların antrenmanlar sırasında maçıne oranla daha düşük performans göstergeleri sergiledikleri görülmüştür. Bu da antrenmanların müsabaka koşullarını karşılamaması anlamına gelmektedir. Bunun kısa vadede performansa etkili küçük olsa da uzun vadeli bir planlama ve hedeflerde sporcuların müsabaka performansını olumsuz etkileyecek bir etmen olacağı nettir. Bu nedenle GPS antrenmanlar sırasında performans takibi yapılarak sporcuların müsabaka şartlarına yakın ve/veya aynı seviyede performans sağlamalarını sağlamaktadır. Bu da sporcuların düzenli olarak maç performansı sergilemesini sağlamakta, fiziksel ve fizyolojik parametrelerinde antrenmanda müsabaka ortamına uygun olarak geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Saha Sporlarında GPS ile İlgili Beklenen Gelişmeler

Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak her alanda ve cihazda olduğu gibi spor alanında kullanılan GPS sistemlerinde de farklı gelişmeler ve yenilikler beklenmektedir. Gelecekteki GPS uygulamalarının üç temel alana odaklanması beklenmektedir. Bu alanlardan ilki GPS ile elde edilen hareket temelli verilerin, uygunluk, fiziksel ve fizyolojik parametreler, teknik ve taktik uygulamalar ve stratejik hamleler ile daha fazla entegrasyonunun sağlanmasıdır (Aughey, 2011). Bu parametreler ile entegrasyonun sağlanmasıyla sporculara ait veriler antrenörlere daha kompleks ve nesnel olarak ulaştırılmış olacaktır. İkinci kısımda GPS uygulamaları genellikle hareket temelli verileri aktarmaktadır. Ancak durağan durumda veya hareketsizken yapılan işlere dair veriler halen sınırlı olmaktadır (Aughey, 2011). Yakın gelecekte harekette olduğu gibi hareketsizlik durumunda yapılan eylemlerinde takibiyle GPS entegrasyonu sağlanması beklenmektedir (Aughey, 2011). Bu da sporcuların anlık olarak tüm saha içi performanslarını analiz etmeye yardımcı olacak bir gelişim olarak düşünülebilir. Son olarak GPS sistemleri ile ilgili beklenen en önemli gelişim ise örnekleme hızının bugünkünden çok daha üst düzeye çıkmasıdır. Örnekleme hızının üst düzeye çıkması ve üç boyutlu olarak gösterilmesi ile, hareket ile ilgili gerçekleştirilen analizlerin detayı artacaktır. Buna bağlı olarak günümüzde çoğunlukla saha içi performans ile ilgili bilgileri spor bilimciler aktaran sistem, oyun kuralları, sakatlık oluşumu ve önlenmesi, materyal ve saha koşullarının düzenlenmesi gibi birçok parametre ile ilgili bilgileri de sağlayacağı ön görülmektedir. Şekil 3. ve Şekil 4.' de spor müsabakalarında sporcuların kullandıkları GPS cihazları ve arayüz görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3. GPS Arayüzü



Şekil 4. GPS'in Sporcularda Kullanımı

KAYNAKÇA

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports medicine*, 33, 517-538.
- Açıkada, C. (2018). Antrenman bilimi. Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi, 9-11.
- Akgönül, E. K. (2023). Sporda Teknoloji Kullanımı. Kuramdan Uygulamaya Sportif Performans, 189.
- Akyıldız, Z., & Erdoğan, C. S. (2022). Mikro Elektromekanik Sistemlerin Sporda Kullanımı. *Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi*, 16(1), 40-52.
- Alaeddinoglu, M.,F. (2022). Necessary and Sufficient Security Measures in Online Exam and Assessment Practices, *International Journal of Early Childhood Special Education (INT-JECS) ISSN: 1308-5581 Vol 14, 2441-2448, Issue 04 2022*
- Alaeddinoğlu, V., Kalkavan, A. (2019). İnteraktif Öğrenmenin (Çizgi Film) 7-8 Yaş Grubu Çocuklarda Tenis Sporunu Öğrenme Üzerine Etkisi, Gece Kademi Yayınevi, Ankara
- Alexandre, D., Da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R., ... & Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906.
- Atasever, G., & Kıyıcı, F. (2021). Biathlon'da Dünya Şampiyonası Ve Olimpiyat Yarışma Sonuçlarının Müsabaka Türlerine Göre Analiz Edilmesi (2017-2021). *Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi*, 23(4), 46-55.
- Atasever, G., Kıyıcı, F., Bedir, D., & Ağduman, F. (2021). Biathlon Performançe: Heart Rate, Hit Rate, Speed and Physiological Variables. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*, 15(11).
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 295-310.
- Aughey, R. J., & Falloon, C. (2010). Real-time versus post-game GPS data in team sports. *Journal of science and medicine in sport*, 13(3), 348-349.
- Barbero-Alvarez JC, Coutts A, Granda J, Barbero-Alvarez V, Castagna C. (2010). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport*.13(2):232–235.
- Berkelmans, D. M., Dalbo, V. J., Kean, C. O., Milanovic, Z., Stojanovic, E., Stojiljkovic, N., & Scanlan, A. T. (2018). Heart rate monitoring in basketball: Applications, player responses, and practical recommendations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2383-2399.
- Coutts AJ, Quinn J, Hocking J, Castagna C, Rampinini E. Match running performance in elite Australian Rules Football. *J Sci Med Sport*. 2010;13(5):543–548.

- Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of science and Medicine in Sport*, 13(1), 133-135.
- Crouter, S. E., Albright, C., & Bassett Jr, D. R. (2004). Accuracy of polar S410 heart rate monitor to estimate energy cost of exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(8), 1433-1439.
- 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, 1025-1042.
- Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. (2009). An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using Global Positioning System tracking software. *J Strength Cond Res*. 23(4):1195–1203.
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and therapeutic medicine*, 11(5), 1531-1536.
- Duffield, R., Reid, M., Baker, J., & Spratford, W. (2010). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *Journal of science and medicine in sport*, 13(5), 523-525.
- Gabbett TJ. (2010). GPS analysis of elite women's field hockey training and competition. *J Strength Cond Res*. 24(5):1321–1324.
- Garmin Web Sayfası. (2023). <https://www.garmin.com.tr/garmin-hrm-dual-nabiz-bandi> Erişim Tarihi:10.07.2023
- Gray, A. J., Jenkins, D., Andrews, M. H., Taaffe, D. R., & Glover, M. L. (2010). Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. *Journal of sports sciences*, 28(12), 1319-1325.
- Günay, M. (1998). *Egzersiz Fizyolojisi*, Bağırğan Yayınevi, 2. Baskı, Ankara, Türkiye.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine*, 44(Suppl 2), 139-147.
- Hernando, D., Garatachea, N., Almeida, R., Casajus, J. A., & Bailón, R. (2018). Validation of heart rate monitor Polar RS800 for heart rate variability analysis during exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(3), 716-725.
- Hofmann, P., & Pokan, R. (2010). Value of the application of the heart rate performance curve in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 437-447.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L. J., & Aughey, R. J. (2010). Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. *International journal of sports physiology and performance*, 5(4), 565-569.

- Jonckheer-Sheehy, V. S., Vinke, C. M., & Ortolani, A. (2012). Validation of a Polar® human heart rate monitor for measuring heart rate and heart rate variability in adult dogs under stationary conditions. *Journal of Veterinary Behavior*, 7(4), 205-212.
- Karmen, C. L., Reisfeld, M. A., McIntyre, M. K., Timmermans, R., & Frishman, W. (2019). The clinical value of heart rate monitoring using an apple watch. *Cardiology in review*, 27(2), 60-62.
- MacLeod H, Morris J, Nevill A, Sunderland C. (2009). The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *J Sports Sci*.27(2):121–128.
- Makivić, B., Nikić Djordjević, M., & Willis, M. S. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology Online*, 16(3).
- Parak, J., & Korhonen, I. (2014, August). Evaluation of wearable consumer heart rate monitors based on photoplethysmography. In *2014 36th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society* (pp. 3670-3673). IEEE.
- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., ... & Ferrauti, A. (2018). Heart rate monitoring in team sports—a conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in physiology*, 639.
- Slimani, M., Znazen, H., Sellami, M., & Davis, P. (2018). Heart rate monitoring during combat sports matches: a brief review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(2), 273-292.
- Söğüt, T., & Baytas, E. (2022). Futbolda Küresel Konumlandırma Sistemi (Gps) Ve Performans Analizi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 151-165.
- Taylor, K., Chapman, D., Cronin, J., Newton, M. J., & Gill, N. (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *J Aust Strength Cond*, 20(1), 12-23.
- Terbizan, D. J., Dolezal, B. A., & Albano, C. (2002). Validity of seven commercially available heart rate monitors. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 6(4), 243-247.
- Ünlü, G., Polat, B., Güler, A. H., & Işık, A. (2018). Futbolda Oyuncu Performans Takiplerinde Kullanılan Küresel Konum Belirleme (Gps) Ve Çoklu Kamera Sistemlerinin İncelenmesi. *Sportif Bakış: Spor Ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 38-45.
- Wallen, M. P., Gomersall, S. R., Keating, S. E., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2016). Accuracy of heart rate watches: implications for weight management. *PLoS one*, 11(5), e0154420.
- Xiao, N., Yu, W., & Han, X. (2020). Wearable heart rate monitoring intelligent sports bracelet based on Internet of things. *Measurement*, 164, 108102.