

Geliş Tarihi (Received): 19.02.2019
Kabul Tarihi (Accepted): 16.07.2019
SPORMETRE, 2019,17(4),1-13
DOI: 10.33689/spormetre.528980

GÖZ TAKİP SİSTEMİNİN (EYE TRACKER) SPOR BİLİMİNDE KULLANILMASI: YENİ ARAŞTIRMACILAR İÇİN KILAVUZ

Fatih ŞENDURAN¹

¹Milli Savunma Üniversitesi, KaraAstsubay Meslek Yüksekokulu, Spor Bölümü, Balıkesir

Öz: Göz takip teknolojisi, spor ve egzersiz psikolojisi alanında özel ve uygulamalı birçok çalışma yapılabilmesine imkan tanmaktadır. Sürekli gelişmekte olan bu teknoloji, elit ve amatör sporcuların doğal çevrede gerçekleşen görme ve göz hareketleri davranışlarının araştırılması için heyecan verici imkanlar sunmaktadır. Ancak göz hareketlerini izleme fikri oldukça basit olsa da arkasındaki teknoloji oldukça karmaşık ve hassastır. Ayrıca, göz takip sistemini etkin kullanabilmek için ciddi bir bilgi birikimi ve tecrübe gerekmektedir. Göz takip sisteminin çok pahalı olması ve elde edilen verilerin analizinin oldukça uzun sürede tamamlanmasından dolayı, söz konusu sistemlere ayrılan kaynakların etkin şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, göz takip sistemi ile spor bilimlari alanında çalışma yapacak araştırmacılara temel bilgilerin kazandırılması amaçlanmıştır. Bu makalenin, göz takip sistemi ile çalışmaya başlayacak araştırmacıların zihinlerinde oluşabilecek soru işaretlerinin cevaplanmasına ve nasıl bir başlangıç yapmaları gerektiği hususunda fikir sahibi olmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Göz Takibi, Göz Hareketleri, Kornea Yansıması, Spor, Beden Eğitimi

USE OF EYE-TRACKING SYSTEM IN SPORT SCIENCE: A GUIDE TO NOVICE RESEARCHERS

Abstract: Eye-tracking technology allows special and applied research in sport and exercise psychology field. This technology, already constantly developing, offers thrilling opportunities for natural gaze and eye movement behavior studies of elite and amateur athletes. Though the idea of observing or tracking the eye movements seems simple, the technology behind is quite complicated and sensitive. Also, it necessitates substantial knowledge and experience in both hardware and software. The high cost of eye-tracking and the long time allocated for data analyses requires efficient use of resources. The purpose of this paper is to present basic information to those aiming to study eye-tracking system in the field of sport science. It is expected to help beginners answer the questions considering eye-tracking research and give an idea on how to start.

Keywords: Eye Tracking, Gaze Movements, Corneal Reflection, Sports, Physical Education

GİRİŞ

Spor biliminin günümüzde geldiği noktada, fiziksel ve taktiksel antrenmanın sınırları zorlanmakta; sporcular, rakiplerine göre daha güçlü, hızlı, çabuk ve esnek fiziksel yapıya sahip olmak için daha yoğun çalışmaktadırlar. Yarışmalar/müsabakalar geçmiş yıllara göre daha hızlı oynanmaktadır. Sporcular arasında bulunan fiziksel ve taktiksel beceri farkları giderek azalmaktadır. Sporcunun performans esnasında fiziksel hareketini gerçekleştirmeden hemen önce hızlı karar verme becerisi onu rakibine göre daha üstün konuma getirmektedir. Sporcunun etkili karar verme sürecinde çevresini, rakibini ve cisimleri doğru biçimde algılayabilmesi gerekir. Vickers (2016), spor branşlarında gerçekleşen başarılı performanslarda; görme becerisinin, odaklanmanın ve uygun bölgeye dikkatin yoğunlaştırılmasının kritik rol oynadığını ifade etmiştir. Spor bilimcilerin motor performans üzerinde yaptıkları birçok araştırmada, çeşitli performans görevlerinin etkin bir şekilde yerine getirilebilmesi için sporcunun görsel bilgileri uygun biçimde toplayabilmesinin önemli olduğu vurgulanmıştır (Kredel ve ark., 2017). Fiziksel aktivitenin hemen öncesinde, çevredeki nesnelere veya kişilerin yeri, hızı, şekli ve konumu; duyu organları ile görme, işitme, dokunma eylemlerinin biri veya tümü ile elde

edilebilir. Görme duyusu ve görsel algılama becerisi motorsal performans sürecinde bilişsel karar verme aşamasında önemli bir rol üstlenmektedir. Buz hokeyi, golf, dart vb. pek çok spor branşında yapılan çalışmalar; motorsal bir hareketi gerçekleştirmeden hemen önce, rakibe göre daha erken ve uzun süreli yapılan odaklanmanın başarı yüzdelerini artırdığını ortaya koymuştur (Panchuk ve ark., 2017; Vine ve Wilson, 2010).

Nereye bakıyoruz ve ona bakmak için ne kadar zaman harcıyoruz? Farklı görsel uyarılara sporcular nasıl tepki gösteriyor? Tam olarak ne zaman göz kırpıyoruz? Elit olan ve olmayan sporcuların göz hareketi davranışları nasıl? sorularının cevaplanması en temel anlamda, göz aktivitesinin ölçülmesi olarak ifade edilmektedir. Göz aktivitesinin ölçülmesi göz takibi/izleme (Eye Tracking) ile gerçekleştirilmektedir. Göz takip teknolojisi ve donanımı, spor bilimi alanında ve özellikle egzersiz psikolojisi özelinde birçok uygulamalı araştırma yapılabilmesine imkan tanımaktadır. Bu yeni ve gelişmekte olan teknoloji, elit ve amatör sporcuların doğal çevrede gerçekleşen görme ve göz hareketleri davranışlarının araştırılması için heyecan verici imkanlar sunmaktadır (Russell ve Stewart, 2015). En sade ifadeyle göz takibi, bir kişinin nereye baktığını belirleme işlemidir. Göz takibi ile göz hareketinin özellikleri ve göz bebeğinin büyüklüğü gibi nitelikler ölçülebilir. Ancak, göz takibi sistemleri ile katılımcıların aklında olanı veya düşüncesini ölçmek mümkün değildir.

Göz takibi yapabilmek için göz izleyici adı verilen özel bir donanıma ihtiyaç duyulmaktadır (Bojko, 2013). Göz takibi ile insanın doğal ortam ve şartlar altında nereye, nasıl baktığı, baktığı yere odaklanma süresi ve dikkati göz takip sistemi ile tanımlanabilmekte ve kayıt altına alınabilmektedir. Göz takip sistemleri, sinirbilim, psikoloji, okumayı öğrenme, mühendislik, reklam, pazarlama vb. çeşitli alanlarda sayısız araştırma sorusuna cevap vermek için oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ticari araştırmalar yapmak amacıyla, tüketicilerin farklı medya ve iletişim mesajlarını nasıl algıladığını değerlendirmek için göz izleme sistemi sıklıkla kullanılmaktadır (Russell ve Stewart, 2015). Günümüzde, göz takip sistemi cihazları ve teknolojisinin geldiği seviye sayesinde; doğal ortamlarda ve hareket halinde gerçekleşen araba kullanma, yürüme, günlük aktiviteler, spor faaliyetleri vb. birçok konuda görsel dikkatin, görsel algılamanın ve göz hareketlerinin incelenmesi mümkün olabilmektedir (Gidlöf, 2013).

Göz takip çalışmalarının spor bilimleri alanında kullanılmaya başlaması 1976 yıllarına kadar dayanmaktadır. 1976 yılından günümüze kadar geçen süreçte, göz izleme teknolojisi ile yapılan ve PubMed, SPORTDiscus veri tabanlarında bulunan 60 nitelikli araştırmada, spor ortamında göz bebeği hareketinin doğal bakış davranışı gözlenmiştir. PubMed, SPORTDiscus veri tabanlarında bulunan 60 nitelikli araştırmanın %60'ı (35 makale) spor bilimi dergilerinde, yaklaşık %40'ı (25 makale) ise psikoloji bilimi dergilerinde yayınlanmıştır (Kredel ve ark., 2017). Söz konusu araştırmalarda; buz hokeyi, basketbol, dart, golf, eskrim, yelken ve hatta at biniciliğine kadar değişen 21 farklı sporun branşı incelenmiştir. Göz takip sistemi ile ilk yıllarda yapılan çalışmalar laboratuvar ortamında gerçekleştirilirken, 1998 yıllardan itibaren teknolojiye ileri adımlar ile birlikte göz izleme cihazlarının taşınabilir ve esnek hale gelmesi, araştırmacıların bakış açılarının değişmesine ve daha derinlemesine araştırma yapılmasına olanak tanımıştır (Panchuk ve ark., 2015).

Göz takip sisteminin temel çalışma prensibinde, gözün kornea tabakasına yansıyan ışığın kayıt altına alınması bulunmaktadır. En basit ifade ile göz bebeği çevresine infrared ışık gönderilerek, gönderilen bu ışık retinadan ve korneadan geri yansıması kayıt altına alınır. Söz konusu yansımadan elde edilen veriler özel bilgisayar yazılımı ile işlenebilir hale getirilir. Bu işlemin hızı, başka bir ifade ile göz bebeğine gönderilen ışığın sıklığı, kullanılan cihazın özelliğine göre belirli frekans aralığında (120-1000 Hz) gerçekleşmektedir. Günümüzde, spor bilimi alanında

göz takip sistemi ile yapılan araştırmalar giderek artmaktadır. Özellikle motorsal hareket öncesinde gerçekleştirilen son odaklanma anı “Quite Eye” araştırmaları, güncel çalışma alanlarından birisidir. Göz takip sisteminin, yeni ve yaratıcı çalışmalar yapılabilmesine imkan tanınması, araştırmacılara heyecan ve ilham vermektedir. Ancak göz izleme fikri oldukça basit olsa da, arkasındaki teknoloji oldukça pahalı, karmaşık ve hassastır. Bu çalışmada, göz takip sistemini kullanarak spor bilimleri alanında araştırma yapacak bilim insanlarına temel bilgilerin kazandırılması ve yeni araştırmacıların çıkılacak bu yolda daha hızlı mesafe elde etmeleri amaçlanmıştır.

Görsel sistem

Göz izleme teknolojisinin kabiliyetlerini ve nasıl kullanılabileceğini kavrayabilmek için ilk olarak, insanın görsel sistemi hakkında bazı temel bilgilere sahip olmak gerekmektedir. Işık nesnelere yansır ve göz bebeğine ulaşır. Bu ışık daha sonra görüntüyü baş aşağı çeviren mercekten geçer ve görüntü retinaya (göz küresinin arkasına) yansıtılır. Retina, ışığa duyarlı hücrelerle doldurulur; bunlar gelen ışığı elektrik sinyallerine dönüştürür ve daha sonra optik sinir yoluyla işlenmek üzere görsel kortekste gönderilir (Holmqvist ve ark., 2011). İnsan gözü 3 farklı kas tarafından hareket ettirilir. Bu kaslar gözün dikey, yatay ve yaklaşık 15 derecelik dairesel hareket yapmasına olanak sağlar. İnsanın görme alanı; başı döndürmeden yatay olarak yaklaşık 180 derece (sola 90 derece ve sağı 90 derece) ve dikey olarak 90 derece görsel bir alanı kaplar. Göz kapaklarının açık olduğu zamanda, çevrede olan nesnelere görüntüsü retinaya yansır. Retina hücreleri bu görüntüyü daha sonra beyne iletilen sinyallere dönüştürür. Yüksek görme keskinliğinden sorumlu olan hücreler retinanın “fovea” adı verilen merkezinde toplanır. Çevremizdeki bir şeye doğrudan bakarken, baktığımız şeyin resmi foveanın üstüne düşer ve bu resim foveanın dışında kalan bölgeye göre daha keskin, net ve renklidir (Bojko, 2013). Gözümüz ile bir cismin üzerine dikkatli ve doğrudan bakarken, baktığımız cismin imajı foveanın üstüne düşer. Bu imaj çok net ve canlıdır. Bu alanın (foveanın) dışına düşen görüntüler ise daha puslu ve cansız renklidir. Canlı ve net görüntü alınabilen foveal alan oldukça küçüktür. Yatay olarak yaklaşık 180 dereceyi gözümüzün algıladığı durumda, foveal alan sadece 2-5 derece arasında olmaktadır. Foveanın hemen dışında kalan bu bölge bulanık olarak görüldüğünden, çevremizde olan biteni daha net anlamamız için gözün veya başın hareket etmesi gerekmektedir.

Göz nasıl hareket eder?

Gözler saniyede ortalama 3-4 defa bir yerden bir yere atlar. Görsel bilgiler, sadece gözler nispeten hareketsiz olduğuunda ve bir şeye odaklandığında elde edilen net görüntüden elde edilir. Göz takibi temelli araştırmalar; odaklanma (**Fixation**), gözün bir noktadan başka bir noktaya hareketi (**Saccade**) ve göz bebeğinin izlediği yolu takip etmeye odaklanır (Bojko, 2013). **Fixation**, göz bebeğinin bir noktada durduğu anlık durumdur. Fixation saniyenin onda biri ile birkaç saniye arasında olabilmektedir. Örneğin bir kitap okurken kelimenin üzerinde kalmamız bir fixation işlemidir. **Saccade** ise, göz bebeğinin bir noktadan diğer noktaya olan hareketidir. Örneğin, kitap okurken bir kelimedenden diğerine geçme saccade işlemidir. Bu hareketin süresi ve mesafesi ölçülebilmektedir. Bu noktanın değişmesi, kişinin dikkatinin de bir başka noktaya kayarak değiştiğini ifade etmektedir (Bojko, 2013).

Nereye bakıldığı neden önemlidir?

Çok sayıda araştırma, bakışın odaklandığı yerin, genellikle dikkat edilen hususlarla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Zihinde canlandırılan bir durum ile bakışımızın odaklandığı yer arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum, göz-zihin hipotezi olarak ifade edilir (Hoffman, 1998; Bojko, 2013). Göz takip sistemi ile çalışırken temel olarak görsel olarak odaklanılabilen % 2-5’lik net alan dikkate alınır. Göz, net alanın dışında kalan bölgeleri de görür ancak asıl

önemli olan net görüntünün elde edildiği bölgedir. Bu nedenle bir yere bakmak ile bakılan o yerdeki bir ayrıntıya odaklanmak arasında fark olmaktadır. Örneklendirmek gerekirse; serbest atış kullanan basketbol oyuncusunun potanın çemberine bakması durumu analiz edilirken, oyuncunun yüzünü potaya çevirmiş olması teorik olarak çemberi de görmesi anlamına gelmektedir. Ancak doğru analiz yapılabilmesi için sporcunun doğrudan çembere bakması başka bir ifade ile odaklanması gerekir. Görme ve odaklanma olarak adlandırılan bu durum, deney ortamını hazırlarken araştırmacılarının göz önünde bulundurulması gereken bir sorundur (Bojko, 2013).

Hangi göz takip sistemi (Eye Tracker) kullanılmalı?

Kullandıkları teknolojiye ve kullanım alanlarına göre üç temel yapıda göz takip sistemi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sabit göz takip sistemidir. Göz takip sistemi ile yapılan ilk araştırmalar bu tür cihazlar ile yapılmıştır. Bu sistemde, “baş” hareketini en aza indirmek için masaya sabit, başı üstten ve çeneden sabitleyen ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu tür cihazlar daha sıklıkla laboratuvar ortamında okuma-öğrenme araştırmalarında kullanılmaktadır. Diğer cihaz türü ise; gözle karşıdan ve uzaktan (30-50 cm) infrared ışını gönderen, daha küçük yapılı ve genellikle monitör altına yerleştirilen sistemlerdir (Resim 1) (Lohmeyer, 2013). Bu tür cihazlar daha sıklıkla web sitelerinin analiz edilmesinde, video film temelli reklam araştırmalarında, mühendislik ve oyun tasarımı çalışmalarında, okuma-öğrenme araştırmalarında kullanılmaktadır. Söz edilen bu iki cihaz sistemi belirli bir donanım (bilgisayar, monitör, klavye, masa vb.) gerektirmektedir. Ayrıca bu cihazları kullanarak yapılan araştırmalarda, katılımcının hareket etmemesi ayakta ve oturur pozisyonda olması gerekmektedir. Üçüncü cihaz türü ise, doğal çevrede ve toplum içinde araştırma yapılmasına imkan veren giyilebilir (mobil) cihazlardır (Şekil 1). Bu cihazlar bir tür gözlüğü anımsatmakta ve gözlük gibi başa takılarak motorsal hareketler sürecinde de kullanılabilir. Spor bilimi alanında da sıklıkla kullanılan cihaz türü giyilebilir (mobil) göz takip sistemidir (Barfoot ve ark., 2012). Göz takip cihazlarının özellikleri, olumlu ve olumsuz taraflarının karşılaştırılması Tablo 1’de sunulmuştur (Bojko, 2013).



Resim 1. Göz takibi (Eye Tracking): Uzaktan sistem (solda) ve giyilebilir (mobil) sistem (sağda).

Göz takip donanımı ve yazılımı çok pahalıdır. Hangi sistemin kullanılacağına karar vermeden önce ihtiyacın doğru belirlenmesi, kaynakların etkin olarak kullanılması için önemlidir. Göz takip cihazının seçiminde veri (data) kalitesi ilk sırada yer almalıdır. Veri kalitesi ise, göz takip cihazının kayıt altına alabildiği göz bebeği hareketinin örneklem frekansı (sıklığı) ile ölçülebilir. Örneklem frekansı hertz (Hz) cinsinden ölçülür. Yapılacak çalışmanın bilimsel kalitesi, güvenilirliği ve geçerliliği için hertz (Hz) değeri önemli bir faktördür. Daha açık bir ifade ile 50 Hz göz izleme sistemi, katılımcının bakışlarını saniyede 50 kez kaydeder ve 50 örnek üretir. Bu örneklem günlük/yaşamsal ihtiyaçlar için çok hızlı olabilir, ancak göz takip çalışmalarında asıl ölçümün milisaniyeler ile yapıldığı dikkate alındığında, 50 Hz'lik bir cihaz araştırma için yavaş olarak değerlendirilir (Holmqvist ve ark., 2011). Bir örnek vermek gerekirse; 40 ms'yi (0,04 saniye) temsil eden saccade hareketini yakalayabilmek için en az 100 Hz'lik bir cihaz kullanmak gerekmektedir. Göz izleme sistemlerinde, daha yüksek örneklem

sıklığı (Hz) ile daha kesin ve daha doğru veriler elde edilebilmektedir. Ancak, yüksek örneklem frekansına sahip göz takip sistemleri daha pahalıdır ve erişilebilme, yaygın kullanma imkanları daha kısıtlıdır.

Göz takip cihazı yüksek oranda veri üretmekte, kare kare görüntü depolamaktadır. Tercih edilen göz takip sisteminin 120 Hz aralığında çalıştığı ve 30 dakikalık bir kayıt yapıldığı var sayıldığında; saniyede 120 kare veri kayıt edilebilecektir. 30 dakikalık kayıt sonunda ise 200 bin karelik veri depolanmış olacaktır. Bu kadar büyük bir veriyi ancak göz takip sisteminin bilgisayar yazılımı ile analiz etmek mümkün olmaktadır.

Başa takılan göz takip sistemlerinin frekans aralığı masaüstü kullanılan sistemlerin frekans aralıklarına göre oldukça düşüktür. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, mobil sistemlerin bu örnekleme oranları sürekli olarak artmaktadır. 500 Hz'lik bir göz takip sisteminin tüm göz hareketlerini tespit edebileceğiniz genel olarak kabul edilir (Holmqvist ve ark., 2011). Göz takip cihazlarının fiyatları kullandıkları teknolojiye ve kullanım alanlarına göre farklılık göstermektedir.

Hangi tür göz takip sisteminin kullanılacağını, toplanmak istenen verilerin türü ve sporcuların maruz kalması arzu edilen çevresel uyaranların çeşidine göre farklılık gösterecektir. Tasarlanan araştırma programı, katılımcılara bir bilgisayar ekranında sunulan uyaranlarla ilgili verilerin toplanmasını gerektiriyorsa, kullanılması uygun sistem masada, monitöre monte edilmiş bir göz izleyicisi olacaktır. Bununla birlikte, daha ekolojik olarak geçerli ve/veya antrenman ortamında (spor ortamında) veri toplamak istiyorsanız, en iyi seçenek, başa takılan giyilebilir mobil bir sistem olacaktır.

Tablo 1. Temel iki tip göz takip sisteminin karşılaştırılması

	Uzaktan Eye Tracker	Giyilebilir Eye Tracker
Kurulum	Bir katılımcının önünde sabit bir yere yerleştirilir (ör. masa üstüne veya monitörün altına).	Bir katılımcının başına takılır (ör. bir çift gözlük olarak, şapkaya veya bir kafa bandına).
Uygulama	Katılımcılar bir yerde oturabilir veya durabilir. Uyaran sabit bir yüzeyde (monitör, projeksiyon vb.) katılımcıya izlettirilir (ör. web siteleri, bilgisayar ekranı veya video gibi ekran uyarıcıları).	Katılımcıların fiziksel nesnelere veya kişilerle birlikte hareket etmelerini ve/veya onlarla etkileşimde bulunmalarını gerektiren çalışmalarda kullanılır (ör. yürüme, koşma, golf, okçuluk, alışveriş yapma).
Rahatsızlık Vermek	Giyilebilir sistemlerden daha az rahatsız edicidir. Katılımcılar, çalışma sırasında cihazın varlığını kolayca unutabilirler.	Sistemin başa takılması gerektiğinden daha rahatsız edicidir. Genellikle katılımcı tarafından kısmen görülebilir. Katılımcının bu durumu göz ardı etmeyi öğrenmesi gerekir. Ayrıca hijyen vb. nedenlerden dolayı da kullanıcı tarafından istenmeyebilir.
Hareket Özgürlüğü	Katılımcı göz izleyicinin tam önüne konumlandırılmalıdır ve baş hareketinin çok sınırlı olması sağlanmalıdır. Ayrıca katılımcının gözleri ile Eye Tracker arasında hiçbir cisim bulunmamalıdır.	Katılımcı serbestçe dolaşabilir ve nesnelere dokunabilir. Giyilebilir göz takip cihazları kalibrasyon marifetiyle ile aynı mesafedeki nesnelere için doğru sonuçlar verir. Ancak yakın veya uzak nesnelere için doğru sonuçları almak için daha hassas ayarlama yapmak gerekir. Bu duruma paralaks hatası denir ve bu durum yazılım ile düzeltilir.
Analiz Kolaylığı	Katılımcının başı sabit kaldığından kendisine izletilen ile gözün takip ettiği nesnelere yerleri değişmeden kayıt edilebilir. Veri analizi genellikle daha kolaydır ve daha hızlıdır çünkü veriyi toplamak ve haritalamak daha kolaydır. Ancak, bu durum yalnızca statik uyaranlar için geçerlidir. İçeriğin dinamik olması durumunda (ör., video), kararlı bir koordinat sisteminin olmayışı analizi daha manuel ve zaman alıcı hale getirebilir.	Kaydedilen çevredeki görüntü baş hareketi nedeniyle sürekli değişir. Bunun sonucu olarak, kaydedilen karelerdeki aynı bakış yeri ile çevredeki görüntü farklı noktaları gösterebilir. Bu ayrışma nedeniyle, çoğu zaman veri analizi manuel yapılır ve zaman alıcıdır. Bu sorun, çevreye kızılötesi işaretleyiciler ve/veya belirgin işaretler yerleştirilerek en azından kısmen çözülebilir. Giyilebilir cihazların analiz süreci diğer cihaz türüne göre oldukça uzundur.

Örneklem grubu kaç kişi olmalıdır?

Göz takip sistemi ile akademik nitelikte çalışma yapılmadan önce ‘güç (power)’ çalışmasının yapılması nitelikli veri sayısına ulaşmak için önemli bir aşamadır. Araştırmanın başarısının yüksek olması için gerekli optimum örnek hacminin belirlenmesi için güç analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmalarda kullanılan göz takip sisteminin yüksek maliyetli olması ve aynı anda sadece tek katılımcı tarafından giyilebilmesi /kullanılabilmesi ve analiz sürecinin çok zaman almasından dolayı araştırmanın kaynakların etkin kullanılmasını gerektirmektedir. Söz konusu zorluklardan dolayı; göz takip sistemi kullanılarak yapılan araştırmalarda, arzu edilen güç verimine ulaşılabilmesi için ihtiyaç duyulan asgari örneklem gurubunun, kaç katılımcıdan oluşturulması gerektiği hususunda temel standartlar oluşturulmuştur (Bojko, 2013). Bu standartlara göre; göz takip sistemi kullanılarak %80 güç etkisine sahip statik bir çalışma (hareket içermeyen görüntü, okuma analizi, web sayfası analizi vb.) planlandığında en az 14 verinin, %90 güç etkisine sahip bir çalışma planlandığında ise en az 21 verinin örneklem gurubunda bulunması gerekmektedir. Göz hareketinin peş peşe olduğu ve göz bebeğinin fixation (odaklanma) noktalarının da analiz edildiği çalışmalarda ise %80 güç etkisine sahip tekrar eden bir çalışma planlandığında en az 21 verinin, %90 güç etkisine sahip bir çalışma için en az 34 verinin örneklem gurubunda olması gerekmektedir.

Veri toplamada yaşanabilecek temel sorunlar/sınırlar

Göz takip cihazı yüksek teknolojiye sahip bir donanım olduğundan, veri toplamaya başlamadan önce nispeten karmaşık ayarlarının doğru yapılması gerekir. Göz takip sistemlerinde veri toplama kalitesini etkileyebilecek çok sayıda faktör vardır. Bunlardan ilki ve en belirgin olanı dış dünyayı ve göz bebeklerini kayıt altına alacak kameraların kurulumu ve kalibrasyonudur. Göz takip cihazı katılımcının göz bebeklerini doğru uzaklıkta ve açıda görebilmelidir. Araştırmacı zaman ile farklı katılımcılar ile çalışarak bu konuda pratik kazanabilecektir. Diğer taraftan doğru ayarlanmış göz takip cihazının dış dünyayı kayıt altına alan kamera ile doğru biçimde kalibre edilmesi gerekmektedir. Veri toplarken göz önünde bulundurulması gereken diğer bir faktör de katılımcılardır. Katılımcıların kullandıkları gözlükler veya kontakt lensler kornea yansımaları engelleyebilir veya bozabilir, bu durum doğru veriyi elde etmeyi zorlaştırır. Ayrıca kirpiklere yapılan maskara vb. uygulamalar veri toplamada sorunlara neden olabilir. Göz takip çalışmalarında veri kalitesini etkileyen diğer bir durum ortam ışığıdır. Güneş ışığı ve/veya yapay ışık kaynakları veri kalitesini etkileyebilir. Ortam ışığının ve güneş ışığının çok fazla olması, göz bebeğine yansıyan ışığın doğru netlikte ölçülmesine engel olabilir. Bu nedenle açık havada kullanılacak olan göz takip cihazının teknik özelliklerinin açık hava araştırmalarına uygunluğu mutlaka kontrol edilmelidir. Araştırmacı, göz takip cihazının teknik kapasitesine göre, ortam ışığının uygun oranlarda olmasına dikkat etmelidir.

Ek bilgi ve kaynaklar

Göz izleme teknolojisinin karmaşık yapısı ve herkes tarafında kolayca ulaşılabilir konumda olmamasından dolayı çok fazla pratik yapma imkanı bulunmamaktadır. Bu nedenle göz takip sistemi ile araştırmaya başlamadan önce teorik bilgilerin, pratik yaparak geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Göz izleme metodolojisi ve uygulamasıyla ilgili *Göz izleme kullanıcı deneyimi: Araştırma için pratik bir rehber* (Bojko, 2013). *Göz takibi: Yöntemler ve ölçümler için kapsamlı bir rehber* (Holmqvist ve ark., 2011) isimli kitaplarda daha fazla ayrıntıya erişilebilmektedir. Bu kitapların her ikisi de göz izleme yöntemleri için kapsamlı bir rehber olarak değerlendirilebilir. Söz konusu iki kitap; bir göz izleme sistemi kurmak, işletmek ve geliştirmek, göz izleme çalışmasının nasıl planlanıp tasarlanacağı ve göz hareketi verilerinin nasıl kaydedileceği ile verilerin nasıl analiz edileceği konusunda pratik önerilerde bulunmaktadır. Ayrıca, İsveç'te Lund Üniversitesi'nde, Lund Göz İzleme Akademisine (LETA) her yıl göz izlemenin teknik ve pratik yönleriyle ilgili eğitim verilmektedir. Lund'daki kurslar,

dünyanın en deneyimli göz izleme araştırmacılarından bazıları tarafından yürütölmektedir. Lund Üniversitesi'nde düzenlenen bu kurs, göz izleme alanında çalışabilmek için bilinmesi gereken birçok konuyu kapsayan, üç günlük yoğun bir programı içermektedir. Bu kursa, göz takip teknolojisini kullanmak isteyen yeni veya daha ileri seviyede araştırmaları yapmayı hedefleyen bilim insanlarının katılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Son yıllarda göz takip cihazı kullanarak spor bilimleri alanında yapılan çalışma örnekleri Tablo 2'de sunulmuştur. Yeni bir çalışmaya başlamadan önce bu cihazları kullanarak yapılan önceki çalışmaların incelenmesi, ileride oluşabilecek muhtemel zorlukların önlenmesine yardım olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 2. Beden Eğitimi ve Spor alanında Göz Takip Cihazı (Eye Tracker) ile yapılan güncel çalışma örnekleri.

Yazar(lar)	Kullanılan Cihaz Türü	Spor Branşı Aktivite	Örnekleme	Anahtar Kelimeler	Araştırmanın Konusu
Young-nam Seo ve ark., 2018	Mobil	E-spor	116 e-spor deneyimi	E-Sporlar, sanal reklamlar, reklam animasyonu, oyun içi dinamikleri, göz takibi	E-spor oyunların yayınlanan reklamların oyuncuların dikkatlerine etkileri.
Thomas ve ark., 2018	Makale İnceleme	Futbol	38 Makale	Futbol, göz takibi; karar verme, algı, görme alanı	Futbol branşında görsel algı ve arama davranışını ölçmek için kullanılan ve göz hareketini takip eden sistemlerin kullanıldığı 38 makalenin incelenmesi.
Alexandra ve ark., 2018	Uzaktan	Cimnastik	35 Hakem	Eye Tracking; hakem; resmi spor dalları	Üst düzey cimnastik hakemlerinin değerlendirmeleriyle hakemlerin göz davranışları ilişkisini incelemek.
Martijn ve ark., 2018	Mobil	Voleybol	40 Voleybol Oyuncusu	Eye Tracking, spor, aydınlatma, yetersiz ışık	Hollanda ulusal kapalı salon voleybol müsabakalarında, voleybol sahası üzerinde meydana gelen ışık miktarının hem amatör hem de profesyonel sporcuların performansına etkisi.
Mateusz ve ark., 2018	Mobil	Eskrim	12 Elit Eskrim sporcusu	Eskrim, algı stratejileri, el kullanımı, eye tracking	Eskrimcilerin sağ ve sol taraftan yapılan hamlelerdeki görsel algılarındaki farklılıkların incelenmesi.
Derek ve ark., 2017	Mobil	Buz hokeyi	8 Üniversite Hokey Oyuncusu	Bakış, engelleyici eylemler, beklenti, belirsizlik, buz hokeyi	Buz hokeyi kalecilerinin ‘‘Quite Eye’’ davranışları ile başarılı kale savunması arasındaki ilişki.
Hossner E. (Ed.), 2016	Makale İnceleme	Genel	Joan N. Vickers’in, 16 adet Makalesi	Genel	Joan N. Vickers tarafından yazılan bir ana makale, 16 makale ve bir yazarın cevabını içeren bir inceleme makalesidir.

Tablo 2. Beden Eğitimi ve Spor alanında Göz Takip Cihazı (Eye Tracker) ile yapılan güncel çalışma örnekleri.

Yazar(lar)	Kullanılan Cihaz Türü	Spor Branşı Aktivite	Örneklem	Anahtar Kelimeler	Araştırmanın Konusu
Vickers J. N., 2016	Genel	Genel	Genel	Spor, bakış, uzmanlık, bilişsel, motor kontrol, dikkat	''Quite Eye'' teorisinin kurucusu kabul edilen yazarın, konu ile ilgili değerlendirmeleri.
Gal Ziv and Ronnie Lidor, 2015	Mobil	Golf	72 Beden Eğitimi Bölümü Öğrencisi	Dikkat odağı, görme gücü, motor öğrenme, quiet eye, doğruluk	Golf oynama esnasında iç ve dış dikkat odaklanması sürecinde, dikkat dağıtan ve dağınk (gürültülü) koşulların performansa etkisi.
Yusuke ve ark., 2014	Uzaktan	Basketbol	8 Elit Basketbolcu	Basketbol, tahmin, görsel arama stratejisi, geçici bilgiler	Basketbol serbest atışı videolarının tekrar hızındaki değişikliklerin, görsel arama stratejisi ve serbest atış başarısının tahmin edebilme becerisine etkisi.
José ve ark., 2014	Mobil	Voleybol	9 Voleybol Oyuncusu	Algısal uzmanlık, deneysel tasarım, görev özgüllüğü	Video film ortamında izletilen voleybol pozisyonlarında oyuncuların görsel arama davranışları ve sözlü yanıtlarının incelenmesi.
David ve ark., 2013	Mobil	Buz hokeyi	35 Hakem	Eye tracking, hakem, görsel ipuçları	Farklı beceri düzeylerine sahip buz hokeyi hakemlerinin bakış açısı davranışlarını, karar doğruluğunu ve karar hassasiyetini laboratuvar ortamında incelenmesi.
Robert ve ark., 2013	Mobil	Dart	24 Dart Oyuncusu	Bağlamsal girişim, motor planlama, algısal motor, süreçler	Bir hareketin başlamasından önceki gözün son sabitlenmesi olarak adlandırılan ''Quite Eye'' hipotezini test etmek.
Samuel ve ark., 2010	Mobil	Golf	8 Üniversite Öğrencisi	Quite eye, stres, eye tracking	'Quite Eye'' antrenmanının baskı altında öğrenme ve performans üzerine etkisi.

Tablo 2. Beden Eğitimi ve Spor alanında Göz Takip Cihazı (Eye Tracker) ile yapılan güncel çalışma örnekleri.

Yazar(lar)	Kullanılan Cihaz Türü	Spor Branşı Aktivite	Örneklem	Anahtar Kelimeler	Araştırmanın Konusu
Greg ve Mark, 2010	Mobil	Futbol	18 Elit Futbolcu	Anksiyete, futbol, dikkat kontrolü, penaltı atışı, quiet eye	Görsel dikkat dağıtıcı unsurların, futbolcuların dikkat/odaklanma kontrolü ve performansı üzerine etkileri.
Rita ve ark., 2008	Mobil	Basketbol	6 Elit Basketbolcu	Şut performansı, uzak hedef, serbest atış, sıçrayarak atış	Üç faktörü dikkate alarak basketbolda şut atışı tekniğinin incelenmesi.
Sergio ve ark., 2002	Mobil	Masa Tenisi	16 Masa Tenisi Oyuncusu	Bakış davranışı, müdahaleci davranışlar, beceri, görsel algı	Masa tenisinde forehand vuruşu sırasında baş, göz ve kol hareketlerinin rolünü belirlemek.
Mark A. ve ark., 2002	Mobil	Bilardo	24 Bilardo Oyuncusu	Bilardo, algı, görsel arama, quite eye	Uzak ve yakın hedeflere göre Quite Eye davranışının incelenmesi.
Saleh A. ve ark., 2002	Uzaktan	Basketbol	16 Elit Olmayan Basketbolcu	Dikkatin dış odağı, modelleme, hareket dinamiği, görsel arama kalıpları.	Dikkatin odaklanmasında dışarıdan sözlü yönlendirmenin basketbolda serbest atış performansı üzerine etkileri.

SONUÇ

Psikoloji, sağlık, mühendislik, pazarlama, reklam vb. birçok alanda yoğun bir şekilde kullanılan göz izleme teknolojisi, sporcuların görme becerilerini, görsel algılama davranışlarını ve bakış açılarını keşfetmek için heyecan verici bir platform oluşturmaktadır. Göz takibi, zihinde işleyen süreçleri başlatan görme aktivitesini kayıt altına alabildiği için bilişsel psikolojiye veri sağlamaktadır. Sporunun motorsal hareket davranışına etki eden durumlarda, karar verme süreçlerinin gözlenmesi ve görsel algılama davranışının fiziksel performansla olası etkilerinin ölçülebilmesi göz takip sistemi ile mümkün olabilmektedir. Ancak söz konusu sistemin çok pahalı olması, birçok alternatif modelin bulunması, kullanımının çok kolay olmaması bu sistemleri kullanacak araştırmacıları endişelendirmektedir. Bu süreçte, yapılması tasarlanan çalışmanın donanımsal ihtiyaçlarının, mekânsal sınırlılıklarının doğru tespit edilmesi ve kaynakların etkin şekilde kullanılması için bir zorunluluktur. Ayrıca çalışmaya başlamadan önce göz takip sistemi ile ilgili teorik-pratik hazırlıkların ve öğrenme sürecinin araştırmacı tarafından tamamlanması gerekmektedir. Göz takip sistemi ile araştırmaya başlamadan önce, nasıl bir sisteme ihtiyaç olduğu net olarak belirlenmelidir. Kullanılacak cihazın teknik özellikleri araştırılmalı ve mümkünse spor bilimleri araştırmaları için en az 120 Hz örnekleme yapabilen cihazlar tercih edilmelidir. Cihazların nasıl kurulacağı ve doğru kalibrasyonun incelikleri araştırmacı tarafından üretici firmadan öğrenilmelidir. Deney ortamı dikkatli planlanmalı, örneklem grubu araştırmanın hedeflerine uygun seçilmelidir. Araştırmaya iştirak edecek katılımcıların kullandıkları gözlükler, lensler ve göz çevresine sürdükleri malzemelerin, toplanacak verinin kalitesini etkileyeceği unutulmamalıdır. Ayrıca gün ışığı ve ortam aydınlatmasının, kullanılacak sistemin sınırlarını aşmamasına dikkat edilmelidir. Bu makalenin, göz takip sistemi ile çalışmaya başlayacak araştırmacıların zihinlerinde oluşabilecek soru işaretlerinin cevaplanmasına ve nasıl bir başlangıç yapmaları gerektiği hususunda fikir sahibi olmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Afonso J., Garganta J., McRobert A., Williams M., Mesquita I. (2014). Visual search behaviours and verbal reports during film-based and in situ representative tasks in volleyball. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 177–184.
- Al-Abood S. A., Bennett S. J., Hernandez F. M., Ashford D., Davids K. (2002). Effect of verbal instructions and image size on visual search strategies in basketball free throw shooting. *Journal of Sports Sciences*, 20(3), 271–278.
- Barfoot K.M., Casey M., Callaway A. (2012). Combined EEG and Eye-tracking in Sports Skills Training and Performance Analysis “An Archery Case Study”. University of Surrey.
- Bojko A. (2013). Eye Tracking the User Experience. A Practical Guide to Research. *Rosenfeld Media, LLC*.
- Gidlöf K., Wallin A., Dewhurst R., Holmqvist K. (2013). Gaze Behaviour During Decision Making in a Natural Environment. *Journal of Eye Movement Research*, 6(1), 3, 1-14.
- Gidlöf K. (2015). Visual attention during decision-making in natural environments. Doctoral dissertation. Lund University
- Holmqvist K., Nyström M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H., Van de Weijer J. (2011). Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. *New York: Oxford University Press*.
- Hossner E.J. (Ed.) (2016). Quiet Eye research – Joan Vickers on target. *Current Issues in Sport Science*, 1:100.
- Hancock D. J., Ste-Marie D. M. (2013). Gaze behaviors and decision making accuracy of higher- and lower-level ice hockey referees. *Psychology of Sport and Exercise*, 14(1), 66–71.

- James E. H. (1998). "Visual Attention and Eye Movements," in Attention, ed. Harold Pashler. *London: University College London Press*.119–154.
- Krede R., Vater C., Klostermann A., Hossner E. J. (2017). Eye-tracking technology and the dynamics of natural gaze behavior in sports: A systematic review of 40 years of research. *Frontiers in Psychology*.
- Lohmeyer Q., Meboldt M., Matthiesen S. (2013). Analyzing Visual Strategies of Novice and Experienced Designers by Eye Tracking Application. International Conference on Engineering and Product Design Education 5-6 September 2013, Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland
- Mark W.A., Robert N. S., Shane G. F. (2002) Quiet Eye Duration, Expertise, and Task Complexity in Near and Far Aiming Tasks. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 197-207.
- McGuckian T. B., Cole M. H., Pepping G. J. (2018). A systematic review of the technology-based assessment of visual perception and exploration behaviour in association football. *Journal of Sports Sciences*, 36(8), 861–880.
- Oliveira R. F., Oudejans R. R. D., Beek P. J. (2008). Gaze Behavior in Basketball Shooting: Further Evidence for Online Visual Control. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(3), 399–404.
- Pakkert M., Rosemann A. L. P., Duijnhoven J. Van., Donners M. A. H. (2018). Glare quantification for indoor volleyball. *Building an Environment*.143, 48–58.
- Panchuk D., Vine S., Vickers J. (2015). Eye Tracking Methods in Sport Expertise. *Routledge handbook of sport expertise*. 176–187.
- Panchuk D., Vickers J. N., Hopkins W. G. (2017). Quiet eye predicts goaltender success in deflected ice hockey shots†. *European Journal of Sport Science*, 17(1), 93–99.
- Pizzera A., Möller C., Plessner H., Pizzera A., Möller C., Plessner H. (2018). Research Quarterly for Exercise and Sport Gaze Behavior of Gymnastics Judges : Where Do Experienced Judges and Gymnasts Look While Judging ? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(1), 112–119.
- Rodrigues S. T., Vickers J. N., Williams A. M. (2002). Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, 20(3), 187–200.
- Robert R. Horn , Michelle S. Okumura , Melissa G. F. Alexander , Fredrick A. Gardin, Curtis T. Sylvester (2012) Quiet Eye Duration Is Responsive to Variability of Practice and to the Axis of Target Changes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 204-21.
- Russell M. D., Stewart T. C. (2015). Eye tracking in sport: A guide for new and aspiring researchers. *Sport & Exercise Psychology Review*, 11(2).
- Seo Y. Nam Kim, M., Lee D., Jung Y. (2018). Attention to eSports advertisement: effects of ad animation and in-game dynamics on viewers' visual attention. *Behaviour and Information Technology*, 37(12), 1194–1202.
- Uchida Y., Mizuguchi N., Honda M., Kanosue K. (2014). Prediction of shot success for basketball free throws: Visual search strategy. *European Journal of Sport Science*, 14(5), 426–432.
- Vickers J. N. (2016). Origins and current issues in Quiet Eye research. *Current Issues in Sport Science*, 1:101.
- Vine S. J., Wilson M. R. (2010). Quiet eye training: Effects on learning and performance under pressure. *Journal of Applied Sport Psychology*, 22(4), 361–376.
- Witkowski M., Tomczak M., Bronikowski M., Tomczak E., Marciniak M., Borysiuk Z. (2018). Visual Perception Strategies of Foil Fencers Facing Right- Versus Left-Handed Opponents. *Perceptual and Motor Skills*, 125(3), 612–625.
- Wood G., Wilson M. R. (2010). A moving goalkeeper distracts penalty takers and impairs shooting accuracy. *Journal of Sports Sciences*, 28(9), 937–946.

Ziv G., Lidor R. (2015). Focusing attention instructions, accuracy, and quiet eye in a self-paced task an exploratory study. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. 13(2), 104–120.