

## 34. BÖLÜM / CHAPTER 34

### TIPTA GÖZ HAREKETLERİ TAKİP TEKNOLOJİSİ

#### EYE TRACKING TECHNOLOGY IN MEDICINE

**Nergiz Ercil ÇAĞILTAY\***

\*Doç. Dr. Atılım Üniversitesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, İncek, Ankara, Türkiye

E-posta: necagiltay@gmail.com

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.34

#### ÖZ

Göz hareketleri takip teknolojisi öncelikli olarak insan görsel algı sistemi ile ilgili araştırmaları desteklemek amacıyla geliştirilmiş olan bir teknolojidir. Bu konuda yapılan çalışmalar çok eskilere dayanmaktadır. Günümüzde kullanılan teknolojik seviyeye ulaşmaya kadar birçok farklı teknik ve yöntemsel çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak, günümüzde bu teknoloji kullanılarak elde edilen verilerin incelenmesi ve farklı alanlara uyarlanarak insan davranışlarının daha iyi anlaşılmasının mümkün olduğu da görülmektedir. Dolayısıyla, göz hareketleri takip teknolojisinin tıp bilimi alanında kullanımı konusundaki çalışmalar oldukça yenidir ve bu alanda sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar, tıp bilimi alanında göz hareketleri takip teknolojilerinin kullanılması ile birçok yeniliğin gerçekleşmesinin mümkün olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, göz hareketleri takip teknolojileri ile desteklendiğinde, tıp alanındaki çalışmaların farklı boyutlarda geliştirilmesi de mümkün olabilecektir. Bu kapsamda, kitabın bu bölümünde, öncelikle göz hareketleri takip teknolojisi incelenmekte, göz hareketleri verisi ve analiz yöntemleri özetlenmektedir. Daha sonra, tıp alanında göz hareketleri takip teknolojisinin kullanımı ile ilgili olarak yapılmış olan araştırmalar hakkında bilgi verilmektedir. Bu kapsamda, bu teknolojinin tıp eğitimine gerek eğitim süreçlerinin iyileştirilmesi, gerekse objektif bazı ölçme-değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi ve beceriye dayalı yeterlilik seviyelerinin ölçümü gibi konulardaki muhtemel katkıları ile ilgili bulgular tartışılmaktadır. Bunun yanı sıra, görsel algıya dayalı birçok hastalığın teşhis ve tedavi süreçlerinin desteklenmesine ve kullanılabilirlik çalışmalarının gerçekleştirilmesine kadar birçok konuda göz hareketleri takip teknolojisinin kullanımı sonucunda elde edilen bulgular özetlenmektedir. Çeşitli tıp alanlarındaki çalışmaların performansının bu teknoloji ile nasıl artırılacağı ve tedavi süreçlerindeki olası destek alternatifleri özetlenmektedir. Bunun yanı sıra, göz hareketleri teknolojisi aracılığı ile çeşitli tıbbi cihazların arayüzleri ile ilgili kullanılabilirlik çalışmalarına sağlanabilecek olası katkılar özetlenmektedir. Çalışma sonuçlarının, tıp bilimi kapsamında farklı konularda çalışan kişilerin kendi alanlarına bu teknolojiyi uyarlayarak yenilikçi yaklaşımlar ile katkı sağlaması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Göz hareketleri takip teknolojisi, tıp bilimi, kullanılabilirlik, teşhis, tedavi, tıp eğitimi

**ABSTRACT**

Eye tracking technology has been developed primarily to support research on the human visual perception system. Studies on this subject are very old. Many different technical and methodical studies have been conducted until reaching the technological level used today. However, today, it is also seen that it is possible to examine the data obtained using this technology and to better understand human behavior by adapting it to different fields. Therefore, studies on the use of eye tracking technology in medical informatics are fairly new, and there is a limited research in this area. However, studies demonstrate that many innovations are possible with the use of eye tracking technologies in the field of medical informatics. Therefore, when supported with eye tracking technologies, it will be possible to develop medical studies in different dimensions. In this context, this book chapter, first, discusses eye movement tracking technology and summarizes eye movement data and its analysis methods. Then, it encapsulates the research results on the use of eye tracking technology in the field of medicine. In this context, the chapter discusses findings related to the possible contributions of this technology to medical education such as improving educational processes, developing some objective assessment evaluation methods, and measuring skill-based proficiency levels. Furthermore, it summarizes the findings obtained because of using eye tracking technology on many subjects such as supporting the diagnosis and treatment processes of many diseases based on visual perception and conducting usability studies. Additionally, the chapter outlines the possible contributions to usability studies regarding the interfaces of various medical devices through eye movement technology. It is aimed that the results of the study will contribute toward assisting people working on different subjects within the scope of medical informatics with innovative approaches by adapting this technology to their fields.

**Keywords:** Eye tracking technology, medical informatics, usability, diagnosis, treatment, medical education

**1. Giriş**

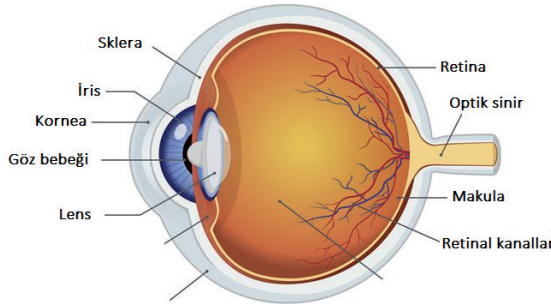
Yeni teknolojiler, teşhis ve tedavi hizmetlerinin verilmesi ve eğitim süreçlerinin desteklenmesi ile ilgili birçok konuda tıp alanında daha yüksek bir performansın elde edilmesini sağlamaktadır. Göz hareketlerinin takibi ve analizi de bu kapsamda tıp alanına birçok katkı sağlama potansiyeline sahip bir teknolojidir. Kitabın bu bölümünde öncelikle göz hareketlerinin takip edilmesi konusunda kullanılan cihazlar, verilerin toplanması ve analizi gibi konularda bilgi verilmektedir. Daha sonra, göz hareketlerini takip teknolojisinin tıp alanında farklı kullanım yöntemleri ve tıp alanına olan potansiyel etkileri tartışılmaktadır. Göz hareketleri takibi teknolojisinin tıp eğitimi, hastalıkların teşhis ve tedavi süreçleri, tıpta performans desteği amaçlı kullanımı ve kullanılabilirlik çalışmalarına olan katkıları özetlenmektedir.

**2. Göz Hareketlerinin Takibi**

Göz hareketlerinin takibi, temel olarak insanların belirli zaman dilimlerinde tam olarak nereye baktığını tespit edilmesini amaçlamaktadır. Bu konuda gerçekleştirilen ilk çalışmalardan birisi, 1737 yılında Porterfield tarafından nicel olarak göz hareketlerinin tanımlanmasıdır (Drewes, 2010). Bundan sonra Well 1792 yılında, hayalet görüntüleri (*ghost images*) adı da

verilen görüntüleri kullanarak göz hareketlerini tanımlamıştır (Drewes, 2010). 19. YY da, bazı araştırmacılar göz hareketlerini duyulabilir hale getirmek için lastik bir bant kullanarak gözlerin ve kulakların mekanik bir birleşimini gerçekleştirerek göz hareketlerini incelemişler ve Fransızca kökenli bir kelime olan gözde zıplama (*saccade*) terimini tanımlamışlardır (Drewes, 2010). Ahrens-1891, Delabarre-1898 ve Huey-1898 de göz küresine sabitlenmiş küçük kollarla göz hareketlerini kurumla kaplı bir yüzeye transfer ederek kaydetmeye çalışan ilk kişiler olmuştur (Drewes, 2010).

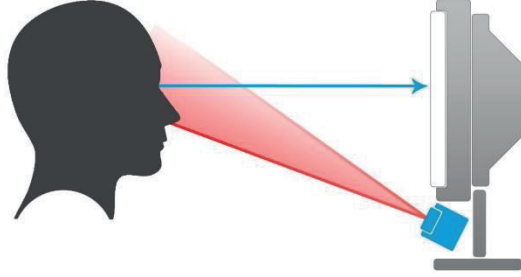
Bu çalışmaları, çeşitli fotoğraf görüntülerinin analiz edilmesi, yatay ve dikey göz hareketlerinin kaydedilmesi ve analiz edilmesi gibi birçok farklı teknolojinin kullanımı izlemektedir (Drewes, 2010). Göz hareketini analiz etmek için kamera teknolojisinin kullanıldığı çalışmalar, ilk olarak pilotların göz hareketleri davranışlarını incelemek amacıyla 1950 yılında gerçekleştirilmiştir (Fitts ve Jones, 1950). Daha sonra bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ile birlikte günümüzdeki göz hareketleri takip teknolojilerinin gelişmesi mümkün olmuştur. İnsan göz yapısı genel olarak Şekil 1’de gösterildiği gibidir (Usakli, Gurkan, 2010; Moravcik, 2010; Cuong, Hoang, 2010). İnsan göz yapısının anatomik olarak nasıl çalıştığı konusundaki tıbbi detaylara girmeden, özellikle göz hareketleri analizine yönelik çalışmaları esas aldığımızda, Şekil 1’de gösterilen göz bebeğinin büyüklüğü (*pupil size*) ve nereye bakmakta olduğu ile ilgili koordinat bilgilerinin takibi, bu teknolojiye esas temel konuları içermektedir.



Şekil 1. İnsan Göz Yapısı (TrMedBook, 2018’den adapte edilmiştir)

Göz hareketlerinin takibi teknolojisi ile temel olarak, göz bebeği (*pupil*) konumunu takip etmek için kızılötesi aydınlatmanın korneaya yansımaları kaydedilmektedir. Böylelikle, öznenin ilgi odağının, görüş alanının ve bakılan koordinat bilgilerinin tespit edilmesi ve bu verilerin video kayıtlarıyla eşleştirilmesi mümkün olabilmektedir (Duchowski, 2007). Bu kapsamda,

günümüzde farklı amaçlara yönelik olarak farklı göz hareketleri takip cihazlarının kullanımı mümkün olabilmektedir. Bu cihazlar ile Şekil 2’de de görüldüğü gibi, insan gözüne yansıtılan bir infrared ışık aracılığı ile göz bebeğinin büyüklüğü ve o anda gözün ekranda bakmakta olduğu koordinat bilgeleri belirli zaman aralıklarında sürekli olarak kaydedilebilmektedir.

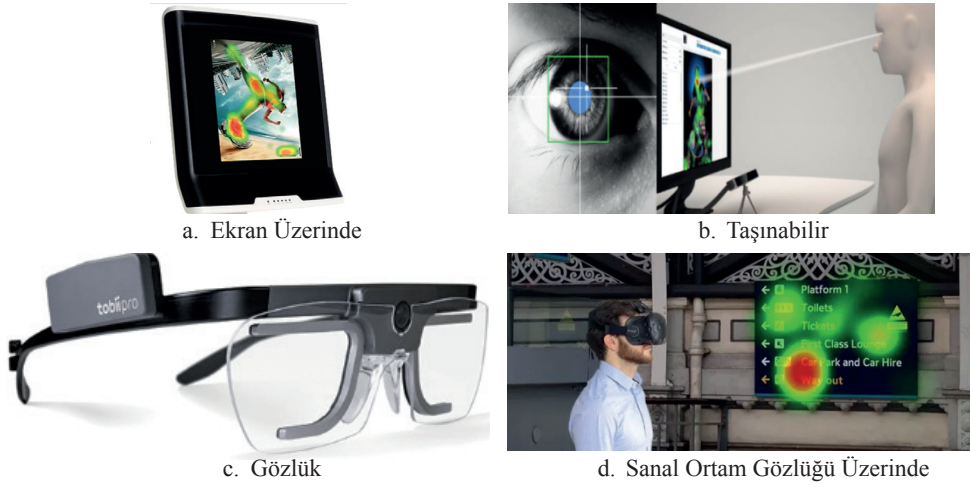


Şekil 2. İnsan Göz Bebeği

Günümüzde, göz hareketlerinin etkin bir şekilde kaydedilmesini sağlayabilmek amacıyla, farklı kullanım hedeflerine yönelik olarak geliştirilmiş olan farklı teknolojiler bulunmaktadır. Bu teknolojiler genel olarak bir sonraki kısımda özetlenmektedir.

### 2.1. Göz Hareketleri İzleme Cihazları

Göz hareketleri takip cihazları, günümüzde birçok farklı alanda birçok farklı amaç ile kullanılmaları mümkündür. Dolayısıyla, farklı kullanım amaçlarına yönelik farklı göz hareketleri takip cihazı modelleri bulunmaktadır. Şekil 3.a’da da görüldüğü gibi, bu modellerden ilki, bilgisayar ekranına donanımsal olarak monte edilmiş olan göz hareketleri takip cihazlarıdır. Bu cihazlar, özel ortamlar ve laboratuvarlarda konumlandırılmakta ve göz hareketleri verilerinin bu ortamlarda toplanması sağlanmaktadır.



Şekil 3. Göz Hareketleri İzleme Cihazları

Ancak, sadece laboratuvar ortamında bu verilerin toplanabiliyor olması bazı çalışmalar için kısıtlara neden olabilmektedir. Bu durumlarda kullanılmak üzere, Şekil 3.b'de görülen taşınabilir (*portable*) göz hareketleri takip cihazlarının kullanımı mümkündür. Bu cihazlar herhangi bir bilgisayar sistemine monte edilerek, istenilen bir yerde kullanılabilir. Ancak, bu her iki göz hareketleri takip sistemi de (Şekil 3.a ve b), kişilerin belirli bir pozisyonda bilgisayar karşısında bulunmalarını zorunlu kılar. Daha hareketli ortamlarda göz hareketleri takip verilerinin toplanabilmesini sağlamak amacıyla ise, Şekil 3.c'de görülen gözlük modelinin kullanılması mümkündür. Bu şekilde kişiler göz hareketleri takip cihazını bir gözlük gibi gözlerine takabilmekte ve bu sayede, hareket halindeyken bile göz hareketlerinin takibi mümkün olabilmektedir. Bunların yanısıra, sanal ortamlardaki etkileşimler sırasında da göz hareketlerinin takibini sağlayabilmek amacıyla, Şekil 3.d'de görülen ve sanal ortam gözlüklerine monte edilmiş olan göz hareketleri takip cihazları da bulunmaktadır.

Göz hareketleri takip cihazları temel olarak, Şekil 4'den de görüldüğü üzere, ekran üzerinde göz bebeğinin izdüşümü olan koordinatların ve o andaki göz bebeği büyüklüğünün sık zaman aralıklarında kaydedilmesini sağlamaktadır. Verilerin toplandığı zaman dilimi içinde bu bilgiler sürekli olarak kaydedilmektedir. Toplanan bu veriler genellikle, verinin kaydedildiği zaman dilimi bilgisi, o andaki sağ göz ve sol göz bebeği büyüklüğü ve her iki gözün o andaki ekranda baktığı koordinatları gösteren izdüşümü bilgilerini içerir.



**Şekil 4.** Göz Hareketleri ve Ekranda Konumlandırılması (Tobii, 2020)

Kaydedilen tüm bu veriler daha sonra çeşitli yöntemler ile analiz edilerek, kişilerin göz bebeği davranışları, yaptıkları iş ile birlikte anlamlandırılmaya çalışılmaktadır. Bu veriler, kişilerin belirli işleri yaptığı andaki bilişsel süreçlerinin, kullanmakta oldukları sistemler ile olan etkileşimlerinin ve bu sistemleri kullanırken ya da verilen görevleri yaparken sergiledikleri davranışların anlaşılabilmesi gibi birçok farklı konuda çok değerli bilgiler sunabilmektedir. Günümüzde çeşitli farklı marka ve modellere sahip göz hareketleri takip cihazları bulunmakla birlikte henüz bu cihazların standart ve yaygın bir kullanımı mümkün olamamaktadır. Sınırlı sayıdaki marka ve modele sahip bu cihazlarla yapılan araştırmalar konusunda da bazı sınırlılıklar söz konusudur. Örneğin, bu cihazların veri toplama sıklıkları ve yöntemleri arasındaki farklılıklar, bazı çalışmalarda elde edilen verilerin karşılaştırılmalı analizlerini mümkün kılamamaktadır. Farklı cihazlardan elde edilen verilerin karşılaştırılmalı analizleri mümkün olmadığı gibi, aynı cihazlardan elde edilen verilerin toplanma süreçlerinde de sistematik bir yöntemin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, bu verilerin kullanımı sonucunda elde edilen bazı ölçüm değerlerinin hesaplanması yöntemlerinde de farklılıklar söz konusu olabilmekte, bu durum ise aynı verilerin farklı biçimlerde yorumlanmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla, bu alanda yapılan araştırmalarda bu farklılıklar kontrol altına alınmalı ve araştırmanın sonuçlarına olabilecek olası etkileri kontrol edilmelidir. Bölümün ileriki kısımlarda tüm bu farklılıklar konusunda bilgi verilmektedir.

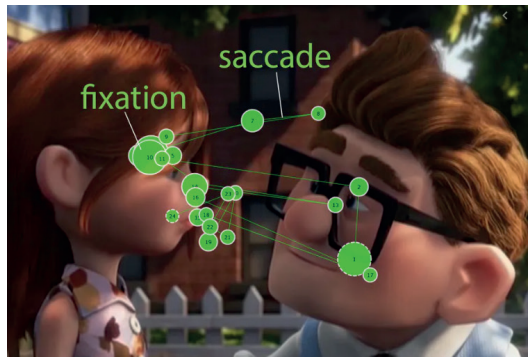
## 2.2. Göz Hareketleri Teknolojisinin Kullanımı

Bu cihazları kullanarak veri toplamadan önce, cihaz ile birlikte gelen ayarlama (*calibration*) yazılımı kullanılarak, kullanıcın göz hareketleri ile ilgili bir ön tanımlama yapılması gerekmektedir. Bu ayarlama süreci, yeterli başarı seviyesi elde edilinceye kadar tekrarlı olarak

yapılmak durumundadır. İstenilen seviyede ayarlama elde edildikten sonra, veri kaydı sürecine başlanılmalıdır. Gözlük kullanımı genellikle kayıtlar süresinde sorun oluşturmamakta, ancak bazı göz problemi ve asimetrisi olan kişiler ile toplanan verilerde sorunlar söz konusu olabilmektedir. Ayrıca, veri toplama sürecinde ortamdaki ışık durumunun ayarlamaları tüm süreçler için benzer şekilde olmalı, parlaklık seviyesi ise, kaliteli kayıt ortamı için uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu tür faktörler toplanan veri kalitesini yakından ilgilendirmekte ve bazen veri kayıplarına neden olabilmektedir. Bunun yanısıra, göz hareketleri cihazları kullanılarak elde edilen veriler farklı yöntemler ile analiz edilebilir. Bu analiz yöntemleri bir sonraki kısımda sunulmaktadır.

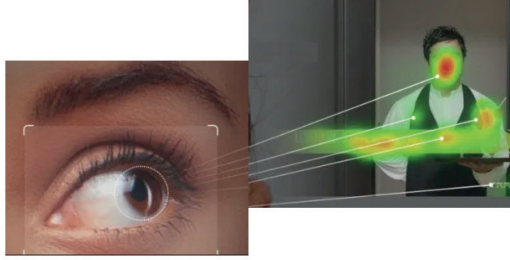
### 2.3. Göz Hareketleri Verisi

Göz hareketlerinin takibi ile aslında, gözlerin bakışına ek olarak, bu bakış ile ilgili yoğunlaşma frekansı, algılanan uyarının öneminin yedek bir ölçüsü olarak kullanılan bekleme süresi (Fitts ve Jones, 1950; Koh v.d. 2011) ve konu çabası ve konuya odaklanmasının bir göstergesi olarak değerlendirilen gözbebeği genişlemesi (Thomas ve Lleras, 2007; Thomas ve Lleras, 2009) gibi çeşitli olayların hesaplanması da mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, göz hareketleri takibi teknolojisi sayesinde sık frekanslarda alınan sağ göz- ve sol göz-bebeği büyüklüğü (*pupil size*) verisi, ekrandaki iz düşümü konumları ile farklı zaman dilimleri için eşleştirildiğinde aslında çok zengin bir veri kümesi elde edilebilmektedir. Örneğin, Şekil 5’de görüldüğü gibi, kişinin göz hareketlerinde zıplama olayının (*saccade event*) incelenmesi mümkündür. Göz hareketlerindeki bu zıplama olayı kişilerin çeşitli konumlar arasında gözlerindeki hızlı hareketleri tanımlamaktadır. Bu hareketlerin sayısının (*saccade number*) ve süresinin (*saccade duration*) sınıflandırılma yöntemleri ile hesaplanması sonucunda, kişinin davranışları hakkında önemli veriler elde edilmektedir.



Şekil 5. Göz Bebeklerindeki Zıplama ve Yoğunlaşma (Objective Experience, 2016)

Bu konudaki diğer bir veri ise, göz hareketlerindeki yoğunlaşma olayıdır (*fixation event*). Yoğunlaşma, göz hareketinin küçük bir dağılım ve hıza sahip olduğu yavaş bir dönemi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 5’de daha büyük çemberler ile gösterilen noktalar ve Şekil 4’de kırmızı ile gösterilen bölgeler, göz bebeklerindeki yoğunlaşma olaylarının daha fazla olduğu noktaları göstermektedir. Bu kapsamda, göz bebeklerindeki yoğunlaşma sayısı (*fixation number*) ve yoğunlaşma süresi (*fixation duration*) sınıflandırılabilir ve bu verilerin analizleri sonucunda insan davranışlarının anlaşılması çalışmaları desteklenebilmektedir.



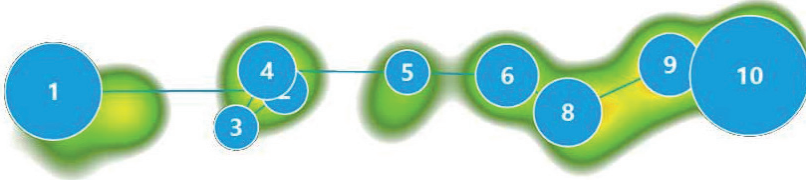
Şekil 6. Göz Bebeklerindeki Takip Hareketi

Göz bebekleri hareketlerinin analizi sonucunda zıplama ve yoğunlaşma olayları dışında elde edilebilecek olan diğer bir veri ise, göz hareketlerindeki takip olayıdır (*pursuit event*). Göz hareketlerindeki takip olayı, dinamik nesnelere takip etme durumu olarak tanımlanmaktadır. Bu takiplerin süresi (*pursuit duration*) ve sayısı (*pursuit number*) sınıflandırma yöntemleri ile elde edilebilmekte ve böylelikle, kişilerin göz bebekleri hareketleri hakkında diğer bir önemli veri elde edilebilmektedir.

#### 2.4. Göz Hareketleri Verilerinin Analizi

Göz hareketleri takip cihazları kullanılarak elde edilen ham verilerin, anlamlandırılarak zıplama, yoğunlaşma ve takip olayları ile ilgili verilerinin elde edilmesi amacıyla çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. Bu algoritmaların bir kısmı, kullanılan göz hareketleri takip cihazının bir parçası olarak gelen ve o cihaz ile elde edilen verilerin analizinde kullanılan özel algoritmalarlardır. Ancak, bu özel algoritmalar tarafından kullanılan metotların kapalı olması ve bu yazılımların maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle, bu konuda yazılmış olan bazı açık kaynak algoritmaların kullanımı da mümkündür. Tüm bu algoritmaların kullanımı sonucunda, göz hareketleri ile ilgili, zıplama sayısı, zıplama süresi, yoğunlaşma sayısı, yoğunlaşma süresi, takip sayısı, takip süresi ve göz bebeği büyüklükleri, bakılan alan koordinat verileri ile birlikte elde edilebilmektedir. Bu veriler kullanılarak, kişilerin bakış haritaları (*gaze map*), Şekil 7’deki gibi hazırlanabilmektedir.





Şekil 7. Bakış Haritası

Böylelikle kişilerin öncelikle hangi noktalara baktığı ve zıplama, yoğunlaşma ve takip hareketleri ile ilgili sayı ve süreler konusunda detaylı bir veri kümesi elde edilebilmektedir. Ancak, bu algoritmalarda kullanılan yöntemsel farklılıklar, bu elde edilen veriler ile ilgili olarak bazı sapmaların oluşmasına da neden olabilmektedir. Dolayısıyla, göz hareketleri takibi teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilecek olan çalışmalarda bu farklılıkların değerlendirilmesi ve en uygun yöntemlerin kullanılması önemli olmaktadır. Bu konuda detaylı bilgiye, on açık kaynak algoritmanın, bilgisayar ortamlarında benzetim-tabanlı cerrahi eğitim süreçleri kapsamında toplanan aynı veri kümesi ile karşılaştırmalı olarak sunulduğu çalışmamızdan ulaşılabilir (Dalveren ve Çağiltay, 2019.a).

Göz hareketleri verilerinin analizi amacıyla ayrıca, ilgi alanı (*Area of interest AoI*) olarak nitelendirilen bir kavram da kullanılmaktadır. Böylelikle, bölümlenmiş bölgelere düşen göz hareketleri sayıları ve süreleri hesaplanabilmektedir. *AoI*'de ayrıca ilk yoğunlaşmanın (*fixation*) oluşma zamanı (Cooper v.d. 2009) gibi değerlendirmeler ile kişilerin göz hareketleri davranışları incelenebilmektedir.

### 3. Göz Hareketleri Takip Teknolojisinin Tıpta Kullanımı

Göz hareketleri teknolojisinin tıp alanında birçok farklı konuda destek sağlanabilmektedir. Tıp eğitiminden, teşhis ve tedavi süreçlerinin desteklenmesine ve kullanılabilirlik çalışmalarının gerçekleştirilmesine kadar birçok konuda bu teknolojinin kullanılması ile iyileşmelerin elde edilmesi mümkündür. Bu bölümde bu konularda gerçekleştirilen çalışmalar özetlenmektedir.

#### 3.1. Tıp Eğitimi

Tıp eğitimi alanında, farklı beceri seviyelerindeki cerrahların belirli görevleri yaptığı süreç içindeki göz hareketleri verilerinin analiz edilmesi ile tıp eğitimi süreçlerinin iyileştirilmesi mümkündür (Ashraf v.d. 2018). Bu veriler genellikle simülasyon ortamlarında hazırlanan görevler üzerinde toplanmaktadır. Bu verilerin analizi sonucunda, farklı beceri seviyelerine sahip kişilerin davranışları arasında çeşitli farklılıkların olduğu görülmektedir (Koh v.d. 2011; Khan v.d. 2012; Wilson, McGrath, Vine, Brewer, Defriend, Masters, 2011; Richstone v.d. 2010; Wilson v.d. 2010; O'Neill v.d. 2011; Krupinski v.d. 2006; Manning, Ethell, Donovan ve Craw-

ford, 2006; Di Stasi, Contreras, Ca'ndido, Can, Catena, 2011; Borowsky, Oron-Gilad, Meir, Parnet, 2012). Örneğin, gerçek hasta modelleri kullanılarak geliştirilen ve gerçeklik seviyesi daha yüksek olan senaryolardaki görevleri yerine getirirken cerrahi eğitim alan öğrencilerin gözlerindeki, odaklanma sayısı ve süresi değerlerinin daha yüksek olduğu rapor edilmektedir (Dalveren & Cagiltay, 2018-a). Ayrıca, bu kişilerin iki elleri ile ve dominant olmayan elleri ile görevleri yaparken gözbebeği boyutu, odaklanma sayısı, zıplama sayısı ve süreleri dominant ele oranla daha yüksek olmaktadır (Dalveren & Cagiltay, 2018-b). Yine aynı çalışmanın sonucuna göre, acemi kişiler orta uzmanlık düzeyindeki kişilere oranla daha sıklıkla ve uzun sürede nesnelere üzerinde odaklanmakta, daha sıklıkla ve uzun sürede gözleriyle zıplama hareketi yapmakta, nesnelere daha fazla ve uzun süreyle takip etmekte ve göz bebekleri boyutu da daha büyük olmaktadır (Dalveren & Cagiltay, 2018-b). Sağlıklı kişilerde genellikle sağ ve sol göz bebekleri boyutunun aynı büyüklükte olduğu belirtilmektedir ve göz hareketleri ile ilgili çalışmalarda bu nedenle her iki gözbebeği büyüklüğünün ortalaması alınmaktadır. Ancak yapılan bir çalışmada, simülasyon ortamlarında cerrahi eğitim alan kişilerde, acemi grubundaki katılımcıların iki elleri ile görevleri yaparken sağ-gözbebeği boyutunun, sol-gözbebeği boyutuna oranla daha büyük olduğu saptanmıştır (Dalveren & Cagiltay, 2019.b). Bu durum, simülasyon tabanlı cerrahi eğitim programları açısından son derece önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde, acemi grubundaki kişilerin görevleri yaparken orta-seviyedekilere göre daha fazla zorlandıkları ve bu durumun göz hareketleri verileri incelenerek anlaşılabilirdiği değerlendirilebilir. Diğer bir çalışmada, kritik bir olay sırasında göz davranışını değerlendirmek için bir simülatörde 15 anestezi uzmanı incelenmiş ve uzman ve acemi anestezi uzmanların göz hareketleri davranışlarında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Schulz, Schneider, Fritz, v.d. 2011). Tüm bu çalışmalar, göz hareketleri takip teknolojisinin farklı uzmanlık seviyelerindeki davranış farklılıklarının belirlenmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Günümüzde simülasyon ortamlarında toplanan göz hareketleri verilerinin yanısıra, göz hareketleri takip cihazlarının ameliyathanedeki cihazlara monte edilerek kullanılması da mümkün olabilmektedir. Örneğin bir çalışmada araştırmacılar binoküler göz hareketleri takibi teknolojisini bir ameliyathane mikroskopuna gömmüşlerdir ve geliştirilen çözümün diğer tip cihazlara da uyarlanabileceğini belirtmişlerdir (Eivazi v.d. 2015). Böylelikle cerrahların göz verilerini sadece deneysel çalışmalar ile değil, aynı zamanda gerçek ortamda ameliyat sürecinde de kaydetmek mümkün olabilmektedir. Örneğin bu konuda yapılan çalışmaların sonuçları, uzman cerrahların, laparoskopik prosedürler sırasında anatomik hedefler üzerinde daha fazla yoğunlaştıklarını göstermektedir (Wilson v.d. McGrath, Vine, Brewer, Defriend,

Masters, 2011; Richstone, Schwartz, Seideman, Cadeddu, Marshall, Kavoussi, 2010; Wilson, McGrath, Vine, Brewer, Defriend, Masters, 2010).

Bunların yanısıra, Khan ve arkadaşları (2012), uzman ve acemi cerrahların ameliyat videolarını izlediği andaki göz hareketlerini kaydetmiş ve analiz etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucuna göre, uzman cerrahlar hedef alanlara yoğunlaşırken, acemilerin operasyonel alandaki anahtar bölgelere yoğunlaştıkları görülmüştür (Khan v.d. 2012) . Bunların yanısıra, kişilerin uzmanlık ve eğitim seviyeleri arttıkça, radyologların göz hareketlerinde, patolojiyi tanımlamak için daha az yoğunlaştıkları (Manning v.d. 2006) ve yoğunlaşma sürelerinin daha kısa olduğu (Krupinski v.d. 2006) rapor edilmektedir. Benzer sonuçlar oftalmolojik, endoskopik ve hemşirelik alanlarında gerçekleştirilen çalışmalarda da elde edilmektedir (Koh v.d. 2011; O'Neill v.d. 2011; Almansa v.d. 2011).

Dolayısıyla, tıp alanında çalışmakta olan ya da uzmanlık eğitimi almakta olan kişilerin, alanları ile ilgili görevleri yerine getirirken göz hareketlerinin de incelenmesi yolu ile tıp eğitim alanına katkı verebilecek birçok bilgi elde edilebilmektedir. Göz hareketleri takip yöntemleri cerrahide, özellikle minimal invaziv cerrahi eğitiminde ve gerçek zamanlı bilgisayar grafikleri ve sanal gerçeklik için ayrıntı kontrolü düzeyinde kullanılmaktadır.

### **Objektif Ölçme ve Değerlendirme**

Farklı becerilere sahip kişilerin göz hareketlerindeki bu davranış farklılıklarının incelenmesi ile beceri seviyelerinin ölçülmesi konusunda objektif bir metrik elde edilmektedir (Tien v.d. 2014). Bu metrikler ile çok çeşitli ölçme-değerlendirme araçlarının geliştirilmesi mümkün olabilmektedir (Koh v.d. 2011; Khan v.d. 2012; Wilson v.d. 2010; Sodergren, Orihuela-Espina, Mountney v.d. 2011; Sarter v.d. 2007; van de Merwe, van Dijk ve Zon, 2012). Örneğin, kişilerin eğitime başladıkları aşamada ve eğitim sürecindeki göz hareketlerindeki gelişmelerin bu şekilde takip edilmesi mümkün olabilmektedir (Richstone v.d. 2010). Bu metrikler kullanılarak eğitim programının etkinliğinin ve verimliliğinin değerlendirilmesi de mümkün olabilmektedir (Sodergren, Orihuela-Espina, Froggi, Clark, Teare, Yang, Darzi, 2011). Bunun yanısıra örneğin endoskopik cerrahi eğitim süreçlerinde objektif olarak ölçülmesinin son derece önemli olduğu el-göz koordinasyon becerilerinin göz hareketleri ve el hareketleri verilerinin koordineli bir şekilde analiz edilmesi ile ölçülenmesinin mümkün olabileceği görülmektedir (Topalli ve Cagiltay, 2018).

Bunların yanısıra tıp alanında, durumsal farkındalık becerilerinin ölçülmesi amacıyla da göz hareketleri takip cihazlarının kullanılabileceği görülmektedir. Durumsal farkındalık, kişinin çevresindekilerin farkında olma, mevcut durumu anlama ve sonuçları tahmin ede-

bilme becerileri için kullanılan ve tıbbi hatayı azaltmakla ilişkili olan önemli bir beceridir. Çalışmalar, göz hareketleri takip teknolojisinin durumsal farkındalığın ilk algılama bileşeni olan nesnel ve nitel bir ölçüm sağlaması nedeniyle, tıbbi alanda durumsal farkındalık beceri seviyelerinin anlaşılması ve geliştirilmesi için kullanılabilceğini göstermektedir (Williams, Qusted ve Cooper, 2013).

### **Yeterlilik Seviyesinin Belirlenmesi**

Göz hareketleri takip cihazları ile elde edilen verilerin analizi sonucunda, farklı beceri seviyelerine sahip kişilerin beceri seviyelerinin tahmin edilmesi mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla örneğin günümüzde objektif ve standart bir yöntemin bulunmadığı cerrahi uzmanlık seviyelerinin belirlenmesi amacıyla bu cihazların ve analiz yöntemlerinin kullanılması mümkündür. Bu veriler üzerinde yapılan değerlendirmelere göre belirlenecek olan eşik değerleri kapsamında uzmanlık seviyelerinin belirlenmesine yönelik objektif ve standart bazı yöntemlerin önerilmesi mümkündür (Harvey v.d. 2014; Tien v.d. 2015). Bu değerlendirmelerin cerrahi alanlarda olduğu gibi, farklı uzmanlık seviyelerine sahip kişilerin göz hareketlerinde de farklılıkların tespit edildiği radyoloji (Kundel v.d. 1991; Kundel v.d. 2007; Rubin v.d. 2005; Roos v.d. 2010; Pinsky v.d. 2013; Wood v.d. 2013; Anderson ve Shyu 2010; Tourassi v.d. 2013; Reingold, Sheridan, 2011; Kok v.d. 2012), patoloji (Tiersma 2003; Krupinski v.d. 2006; Meining v.d. 2010; Edmondson v.d. 2016; Jaarsma v.d. 2015; O'Neill v.d. 2011) ve ultrason eşliğinde bölgesel anestezi (Harrison v.d. 2016) gibi diğer alanlara da uygulanmasının da mümkün olduğu rapor edilmektedir.

### **Eğitim Destek Aracı**

Bu veriler bir ölçme-değerlendirme aracı olarak kullanılmanın yanı sıra, bu alanlardaki eğitim süreçlerinin desteklenmesi amacıyla bir eğitim destek aracı olarak da kullanılabilir (Tien v.d. 2015; Vine v.d. 2012; Wilson, Vine v.d. 2011; Sodergren MH, Orihuela-Espina F, Froggi F, v.d. 2011; Sodergren MH, Orihuela-Espina F, Mountney P, et al., 2011; Chetwood v.d. 2012; Moore v.d. 2012; Wood ve Wilson, 2011; Vine ve Wilson, 2011; Litchfield ve Ball 2011; Leff v.d. 2015; Jarodzka v.d. 2013; Jarodzka v.d. 2012). Örneğin, uzman kişilerin belirli görevleri yaparken göz hareketleri davranışları incelenerek, acemi ya da başlangıç seviyesindeki kişilerin de gözleri ile benzer yaklaşımları gerçekleştirebilmelerini sağlayacak yönlendirmeleri ve geribildirimleri içeren çeşitli sistemlerin geliştirilmesi mümkün olabilmektedir (Ahmidi v.d. 2010; O'Meara v.d. 2015; Marquard v.d. 2011; Szulewski ve Howes 2014; Henneman v.d. 2014; Khan v.d. 2012).

### 3.2. Teşhis Süreci Desteği

İnsanın görsel algısı oldukça karmaşıktır. Görsel algı, beyindeki beyaz çıkıntı (hippocampus) ve medial temporal lob yapıları gibi birçok bölgenin aktif hale getirilmesine neden olur. Bu nedenle göz hareketlerinin takip edilmesi ve doğru analizi sonucunda bazı hastalıkların teşhis süreçlerinin desteklenmesi mümkün olabilmektedir. Örneğin şizofreni (Levy v.d. 2010), bipolar bozukluk (Garcia-Blanco v.d. 2014), hafif bilişsel bozukluk (*MCI*), (Yang v.d. 2013; Pereira v.d. 2014), Alzheimer (Lagun v.d. 2011; Crutcher v.d. 2009), multipl skleroz (Solingen v.d. 1977; Derwenskus v.d. 2005), otizm (Wang v.d. 2015), Parkinson (Tseng v.d. 2013), dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu (*attention deficit hyperactivity disorder-AHDH*) (Tseng v.d. 2013), psikoz (Ettinger v.d. 2004) gibi bazı zihinsel hastalıkların uygun tasarlanmış göz hareketleri takip deneyleri ile teşhis edilmesinin mümkün olabileceği raporlanmaktadır. Bu hastalıkların teşhis süreçlerinde göz hareketleri takip cihazı verilerinin diğer tıbbi veriler ile birlikte analiz edilmesinin de teşhis süreçlerini destekleyen bir unsur olduğu raporlanmaktadır (Alichniewicz v.d. 2013; Ettinger v.d. 2004; Antoniadis ve FitzGerald, 2016; Koprowski, Kasprowski ve Rzendkowski, 2016). Örneğin, genellikle, bir zıplama sırasında insan gözü hızlı bir hareket gerçekleştirir, ancak hareketli bir nesneyi izlerken bu hareket daha yavaş ve düzgün bir şekilde gerçekleşir. Ancak, şizofreni hastaları bu takip hareketlerini sürdürmek, kontrol etmek ve zıplama hareketini gerçekleştirmek konularında zorlanmakta ve normal insanlardan farklı davranışlar sergilemektedirler (Karoumi, Ventre Dominey ve Dalery, 1998; McDowell, Clementz ve Wixted, 1996; Fukushima v.d. 1988; Gooding, 1999; Sereno ve Holzman, 1995; Shimizu v.d. 2000; Williams, Loughland, Green, Harris ve Gordon, 2003). Tüm bu farklı davranış biçimleri, şizofreni hastalığının teşhis süreçleri için önemli bir bilgi sunmaktadır (Radant v.d. 1997; Ross, 2003). Benzer bir şekilde, rett sendromu (*Rett syndrome*) davranışsal fenotipini tam olarak anlamak amacıyla, geleneksel yöntemlerin yanısıra göz hareketleri takip teknolojisi sayesinde elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda umut verici sonuçların elde edildiği raporlanmaktadır (Byiers ve Symons, 2013). Bunların yanısıra, ciddi fiziksel bozukluğu olan ve konuşma yeteneği olmayan çocuklarda, göz hareketleri takip teknolojisi kullanarak, göz bakış performansındaki değişiklikler (görev zamanı ve doğruluk zamanı) incelendiğinde, göz çevresi performansında düzelmelerin olabileceği görülmüştür (Borgestig v.d. 2016). Ayrıca göz hareketleri takip teknolojisinin sayıklama (*delirium*) hastalığı ile ilgili temel bilişsel semptomlarının değerlendirilmesinde de doğrudan klinik uygulamalar için potansiyelinin ümit verici olduğu değerlendirilmektedir (Exton ve Leonard, 2009). Diğer bir inceleme çalışmasında ise, beyindeki göz hareketi üretimi ve organik işlev bozukluğu arasındaki yakın ilişki nedeniyle, göz hareketleri takip cihazlarının ciddi bilinç

bozukluğu (*disorders of consciousness*) hastalıklarının klinik bakımın seyirini takip süreçlerinde ve klinik tanı konusunda mevcut değerlendirmelere katkı verebileceği ve gelecekte bu cihazların hassasiyetlerinin iyileştirilmesi ile daha bütünlük çözümleri ile bu alana olan katkı potansiyelinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir (Ting v.d. 2014). Çalışmalar göz hareketleri takip teknolojisinin, özellikle erken ortaya çıkan gelişimsel anormallikleri değerlendirmek ve ölçmek için invaziv olmayan bir araç sunması nedeniyle, gelişim bozukluğu olan küçük çocukları incelemek için yararlı olabileceğini değerlendirmektedir (Pierce v.d. 2011; Chawarska ve Shic, 2009; Sasson v.d. 2011; Sasson v.d. 2012). Göz hareketleri takip teknolojisinin, sarsıntı ve yapısal beyin hasarı ile ilişkili oküler motilite bozulmasının şiddetini ölçmeye yardımcı olabileceği de rapor edilmektedir (Samadani v.d. 2015).

### 3.3. Performans Desteği

Radyologların çalışmaları genellikle tıbbi görüntülerde anormallikler arayarak tanı koymayı içerir. Geleneksel olarak, bu çalışmalarda, göğüs gibi bir nesnenin röntgen ışınlarına maruz bırakılması ve sonuçta ortaya çıkan “gölge” nin 2B fotoğraf filmlerinde yakalanmasıyla oluşturulan projeksiyon radyografisi görüntüleri kullanılmakta ve tıbbi görüntülerin filmleri büyük ışık kutularında gösterilmektedir. Ancak günümüzde, bilgisayar monitörlerinde görüntülenen dijital veriler kullanarak filmsiz tanı daha yaygın bir hale gelmiştir. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ve Bilgisayarlı Tomografi (BT) gibi tomografik 3B görüntü yöntemlerinin çoğu artık bilgisayar monitörlerinde görüntülenen dijitalleştirilmiş görüntüleri kullanmaktadır. Bu kapsamda, göz hareketleri takip cihazlarının radyoloji alanında tıbbi görüntü algısının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla kullanılabilirliğini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar temel olarak tıbbi görüntülerin incelenmesi sürecindeki hata oranlarını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Örneğin bir çalışmada, uzman, acemi ve başlangıç seviyesindeki kişilerin BT ve MRG beyin görüntülerini incelerken göz hareketleri kaydedilmiş ve bu inceleme sırasında hangi bölgelere yoğunlaştıkları analiz edilmiştir (Cooper v.d. 2009). Bu çalışmanın sonuçlarına göre, uzmanların başlangıç seviyesindekilere ve acemilere oranla daha zorlayıcı bölgelere yoğunlaştığı ve lezyonlu bölge ve çevresiyle daha fazla ilgilendikleri görülmüştür (Cooper v.d. 2009). Diğer bir çalışmada, radyologların akciğer parankiminin (*lung parenchyma*) sadece % 26’sında aramaya devam etmesine karşın, aramalarında nodüllerin % 75’ini kapsadıkları gözlemlenmiştir (Rubin v.d. 2015). Bu tıbbi görüntüleri inceleyerek cilt lezyonlarının tanısının konulması konusunda gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, göz hareketleri takip analizleri sonuçlarına göre uzmanların daha farklı davrandıkları görülmektedir (Dreiseitl, Pivec ve Binder, 2012). Deneyimli cerrahlar, sınırlı sayıda bulunan ilgi alanına (*AoI*) daha fazla dikkat eymekte ve daha iyi bir oryantasyon göstererek

daha az zıplama göz hareketleri göstermektedirler (Burgert v.d. 2007). Diğer bir çalışmada, radyologların bakış ve davranış içeriğinden yararlanarak, mamografideki tanı hatalarının büyük ölçüde öngörülebileceği gösterilmiştir (Voisin v.d. 2013).

### 3.4. Tedavi Süreci Desteği

Göz hareketleri takip teknolojisinin yoğun olarak kullanıldığı sağlıkla ilgili diğer bir alan ise engelli kişilerin yaşam kalitelerini iyileştirmek amacıyla geliştirilen yöntem ve sistemlerdir. Örneğin, sağlık problemleri nedeniyle vücutlarında gözleri dışında herhangi bir organını hareket ettiremeyen kişilerin dünya ile olan iletişimlerini göz hareketleri sayesinde artırmaya yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kişilerin göz hareketleri ile sağ, sol yukarı, aşağı gibi çok basit komutları verebilmeleri mümkündür. Örneğin bazı eğitimler sonucunda bu tür engelleri olan kişilerin göz hareketleri ile kitap yazmasının mümkün olduğu rapor edilmiştir (Räihä, 2015). Otizm hastalığına sahip kişilerin iletişimlerinin iyileştirilmesi amacıyla da göz hareketleri teknolojisinin kullanılması mümkün olabilmektedir (Gillespie-Smith ve Fletcher-Watson, 2014). Bunun yanı sıra, yapılan çalışmalar göz takip cihazları kullanarak geliştirilen ciddi oyunlar ile göz terapisinin mümkün olabileceğini göstermektedir. Bu tür göz terapilerinin çocukların görsel becerilerini geliştirdiği belirtilmektedir (Takeshita, 2012). Görme yeteneği az olan kişilerin göz hareketleri takip cihazları ile birlikte geliştirilen ve göz hareketleri ile kontrol edilen özel bazı oyunların görme yeteneklerini geliştirmeye yardımcı olduğu belirtilmektedir (Donmez, & Cagiltay, 2019). Bu egzersizler göz hareketleri takip cihazlarıyla birlikte geliştirilen oyunlar ile daha eğlenceli bir hale getirilmekte ve bu durum kişilerin görsel becerilerinin gelişmesinde olumlu bir katkı vermektedir (Kasprowski v.d. 2016). Yine dikkat eksikliği olan çocuklarda (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder-ADHD*), gözler ile kontrol edilen oyunların kullanılması sayesinde, odaklanma becerilerinin, görsel ve sözel dikkatlerinin ve konsantrasyonlarının iyileştirilmesinin mümkün olduğu görülmektedir (Al-Shathri v.d. 2013). Alzheimer gibi hastalıkların tedavi sürecinde de hastalığın başlama aşaması ve ilerlemesi ile ilgili değerlendirmelerin yapılması amacıyla göz hareketleri takip teknolojisi kullanılabilir (Vidal v.d. 2012). Göz hareketleri takip cihazlarının tedavi süreçlerinde kullanılması konusunda diğer bir örnek çalışmada ise, göz hareketleri takip cihazı kullanılarak, bir tümörün üzerine konumlanmanın ve bu bölgeye radyasyon bombaları uygulamanın mümkün olabildiğini göstermektedir (Wyder v.d. 2015; Inoue v.d. 2016).

### 3.5. Kullanılabilirlik Çalışmaları

Özellikle kullanılabilirlik araştırmalarında göz hareketleri takip cihazlarının kullanımı ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, bir alantaraması çalışması sonucuna göre, göz

hareketleri takip teknolojisinin, kullanılabilirlik problemlerini anlayabilmek için çok yararlı bir araç olmasına rağmen, medikal bilişim sistemlerinin kullanılabilirlik değerlendirilmesi amacıyla yürütülen çalışmaların henüz başlangıç aşamasında olduğu belirtilmekte, özellikle doğal ortamlarda değerlendirme konusunda yeterli araştırmanın bulunmadığı belirtilmektedir (Asan ve Yang, 2015). Bunun yanısıra, göz hareketleri takip cihazları yardımıyla, ilaç broşürlerinin içeriklerinin anlaşılabilirliğinin artırılması gibi konularda bazı çalışmaların yürütüldüğü de görülmektedir (Ozkan ve Ulutas, 2017).

Modern elektronik sağlık kayıtları sistemleri karmaşıktır ve son kullanıcı davranışı ve eğitimi oldukça değişkendir. Klinisyenlerin önemli klinik verilere erişme ihtiyacı kritik bir hasta güvenliği sorunudur. Dolayısıyla, bu sistemlerin de kullanıcı deneyimi değerlendirmelerinin göz hareketleri takip cihazları ile gerçekleştirilmesinin bu alana önemli katkılar sağlayabileceği raporlanmaktadır (Doberne v.d. 2015; Moacdieh ve Sarter, 2015). Diğer bir alan taraması çalışması sonucuna göre, göz hareketleri takip cihazlarının elektronik sağlık kayıtları sistemleri ile bütünleştirilmesi sayesinde, bu sistemlerin kullanılabilirliğinin iyileştirilmesi ve klinik değerlendirmelere olan katkısının artırılmasının mümkün olabileceği belirtilmektedir (Blondon, Wipfli ve Lovis, 2015). Ayrıca çalışmalar, cerrahlar için geliştirilen arayüzlerin tasarımlarının iyileştirilmesi konusunda da göz hareketleri takip cihazlarının ciddi katkılar sağladığını göstermektedir (Barkana ve Açık, 2014). Diğer bir çalışmada ise, elektronik sağlık kaydı tabanlı simülasyon sistemleri ile göz hareketleri takip teknolojisinin başarıyla bütünleştirilmesi sonucunda, karar verme süreçlerindeki bilişsel yüklerin daha iyi anlaşılabilmesinin ve elektronik sağlık kaydı sistemlerinin kullanılabilirliğinin artırılmasının mümkün olabileceği belirtilmektedir (Gold v.d. 2016).

#### **4. Sonuç ve Öneriler**

Yukarıda özetlendiği gibi, göz hareketleri takip teknolojisinin tıp bilişimi alanında birçok farklı şekillerde kullanılması mümkündür. Bu teknoloji sayesinde, tıp alanında geliştirilmiş sistemlerin kullanılabilirliklerinin iyileştirilmesinin yanısıra, hastaların bilişsel süreçlerinin daha iyi anlaşılması yönünde çalışmaların yürütülmesi de mümkündür. Dolayısıyla farklı tıp alanlarında teşhis ve tedavi süreçlerinin göz hareketleri takip teknolojisi ile desteklenmesinin de mümkün olduğu görülmektedir. Bunun yanısıra, cerrahi eğitim gibi beceri geliştirmeye yönelik tıp eğitim süreçlerinin daha iyi anlaşılması ve iyileştirilmesi konusunda da göz hareketleri takip teknolojisi ciddi katkılar sunmaktadır. Gelecekte tıp bilişimi alanında göz hareketleri takip teknolojisinin daha etkin bir şekilde kullanımı sayesinde, geliştirilen sistemlerin verimliliğinin ve performansının iyileştirilmesi mümkündür.



## Kaynakça / References

- Ahmidi N, Hager GD, Ishii L, Fichtinger G, Gallia GL, Ishii M. 2010. Surgical gesture classification from eye tracking and tool motion in minimally invasive surgery. *Lecture Notes Comput Sci.* 63:295–302.
- Ali Bulent Usakli and Serkan Gurkan, “Design of a Novel Efficient Human-Computer Interface: An Electrooculogram Based Virtual Keyboard” *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, Vol. 59, N0.8, August 2010, pp 2099-2108
- Alichniewicz, K.K., Brunner, F., Klünemann, H.H., Greenlee, M.W., 2013. Neural correlates of saccadic inhibition in healthy elderly and patients with amnestiform cognitive impairment. *Front. Psychol.* 4, 467.
- Almansa C, Shahid MW, Heckman MG, Preissler S, Wallace MB. Association between visual gaze patterns and adenoma detection rate during colonoscopy: a preliminary investigation. *Am J Gastroenterol* 2011;106:1070.
- Al-Shathri, A., Al-Wabil, A., Al-Ohali, Y., 2013. Eye-controlled games for behavioral therapy of attention deficit disorders. In: *International Conference on Human-Computer Interaction*. Springer, pp. 574–578.
- Anderson B, Shyu C-R. 2010. A preliminary study to understand tacit knowledge and visual routines of medical experts through gaze tracking. *AMIA, Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium*. AMIA Symposium. p. 21–25.
- Antoniades, C.A., FitzGerald, J.J., 2016. Using saccadometry with deep brain stimulation to study normal and pathological brain function. *J. Visual. Exp.*(113), e53640
- Asan, O., & Yang, Y. 2015. Using eye trackers for usability evaluation of health information technology: a systematic literature review. *JMIR human factors*, 2(1), e5.
- Ashraf H, Sodergren MH, Merali N, Mylonas G, Singh H, Darzi A. Eye-tracking technology in medical education: A systematic review. *Medical teacher*. 2018 Jan 2;40(1):62-9.
- Barkana, D. E., & Açık, A. 2014. Improvement of design of a surgical interface using an eye tracking device. *Theoretical Biology and Medical Modelling*, 11(1), S4.
- Blondon, K. S., Wipfli, R., & Lovis, C. (2015, May). Use of eye-tracking technology in clinical reasoning: a systematic review. In *MIE* (pp. 90-94).
- Borgestig, M., Sandqvist, J., Parsons, R., Falkmer, T., & Hemmingsson, H. 2016. Eye gaze performance for children with severe physical impairments using gaze-based assistive technology—A longitudinal study. *Assistive technology*, 28(2), 93-102.
- Borowsky A, Oron-Gilad T, Meir A, Parmet Y. Drivers’ perception of vulnerable road users: a hazard perception approach. *Accid Anal Prev* 2012;44:160.
- Burgert, O., Örn, V., Velichkovsky, B. M., Gessat, M., Joos, M., Strauß, G., ... & Hertel, I. 2007. Evaluation of perception performance in neck dissection planning using eye tracking and attention landscapes. In *Medical imaging 2007: Image perception, observer performance, and technology assessment* (Vol. 6515, p. 65150B). International Society for Optics and Photonics.
- Byiers, B., & Symons, F. 2013. The need for unbiased cognitive assessment in Rett syndrome: is eye tracking the answer?. *Developmental medicine and child neurology*, 55(4), 301.
- Chawarska, K. & Shic, F. Looking but not seeing: atypical visual scanning and recognition of faces in 2 and 4-year-old children with autism spectrum disorder. *J. Autism Dev. Disord.* 39, 1663-1672 (2009).
- Chetwood AS, Kwok KW, Sun LW, et al. Collaborative eye tracking: a potential training tool in laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2012;26:2003.
- Cooper, L., Gale, A., Darker, I., Toms, A., Saada, J., 2009. Radiology image perception and observer performance: how does expertise and clinical information alter interpretation? Stroke detection explored through eye-tracking. In: *SPIE Medical Imaging, International Society for Optics and Photonics.*, pp. 72630K.
- Crutcher, M.D., Calhoun-Haney, R., Manzanares, C.M., Lah, J.J., Levey, A.I., Zola, S.M., 2009. Eye tracking during a visual paired comparison task as a predictor of early dementia. *Am. J. Alzheimer’s Dis. Other Dementias*

- Dalveren, G. G. M., & Cagiltay, N. E. 2019.a. Evaluation of Ten Open-Source Eye-Movement Classification Algorithms in Simulated Surgical Scenarios. *IEEE Access*, 7, 161794-161804.
- Dalveren, G.G.M & Cagiltay, N.E. 2018.b. Insights from surgeons' eye-movement data in a virtual simulation surgical training environment: effect of experience level and hand conditions, *Behaviour & Information Technology*, 37(5), pp. 517-37.
- Dalveren, G.G.M., Cagiltay, N.E. 2019.b. Are left- and right-eye pupil sizes always equal? *Journal of Eye Movement Research*, 12(2).
- Dalveren, G.G.M., Cagiltay, N.E., 2018.a. Using Eye-Movement Events to Determine the Mental Workload of Surgical Residents. *Journal of Eye Movement Research*, 11(4).
- Derwenskus, J., Rucker, J.C., Serra, A., Stahl, J.S., Downey, D.L., Adams, N.L., LEIGH, R., 2005. Abnormal eye movements predict disability in ms: two-yearfollow-up. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1039 (1), 521–523.
- Di Stasi LL, Contreras D, Cañido A, Cañal JJ, Catena A. Behavioral and eye-movement measures to track improvements in driving skills of vulnerable road users: firsttime motorcycle riders. *Transp Res F* 2011;14:26.
- Doberne, J. W., He, Z., Mohan, V., Gold, J. A., Marquard, J., & Chiang, M. F. 2015. Using high-fidelity simulation and eye tracking to characterize EHR workflow patterns among hospital physicians. In *AMIA Annual Symposium Proceedings* (Vol. 2015, p. 1881). American Medical Informatics Association.
- Donmez, M., & Cagiltay, K. 2019. Development of eye movement games for students with low vision: Single-subject design research. *Education and Information Technologies*, 24(1), 295-305.
- Dreiseitl, S., Pivec, M., & Binder, M. 2012. Differences in examination characteristics of pigmented skin lesions: Results of an eye tracking study. *Artificial intelligence in medicine*, 54(3), 201-205.
- Drewes, H. 2010. Eye gaze tracking for human computer interaction (Doctoral dissertation, Imu).
- Duchowski AT. Eye tracking methodology: theory and practice. New York: Springer; 2007.
- Edmondson MJ, Pucher PH, Sriskandarajah K, Hoare J, Teare J, Yang GZ, Darzi A, Sodergren MH. 2016. Looking towards objective quality evaluation in colonoscopy: analysis of visual gaze patterns. *J Gastroenterol Hepatol (Australia)*. 31:604–609.
- Eivazi, S., Bednarik, R., Leinonen, V., von und zu Fraunberg, M., & Jääskeläinen, J. E. 2015. Embedding an eye tracker into a surgical microscope: Requirements, design, and implementation. *IEEE Sensors Journal*, 16(7), 2070-2078.
- Ettinger, U., Kumari, V., Chitnis, X.A., Corr, P.J., Crawford, T.J., Fannon, D.G., O'Ceallaigh, S., Sumich, A.L., Doku, V.C., Sharma, T., 2004. Volumetric neural correlates of antisaccade eye movements in first-episode psychosis. *Am. J. Psychiatry*.
- Exton, C., & Leonard, M. 2009. Eye tracking technology: a fresh approach in delirium assessment?. *International Review of Psychiatry*, 21(1), 8-14.
- Fitts PM, Jones RE, L MJ. Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. *Aeronaut Eng Rev* 1950;9:24.
- Fukushima, J., Fukushima, K., Chiba, T., Tanaka, S., Yamashita, I., & Kato, M. 1988. Disturbances of voluntary control of saccadic eye movements in schizophrenic patients. *Biological Psychiatry*, 23(7), 670-677.
- Garcia-Blanco, A., Salmerón, L., Perea, M., Livianos, L., 2014. Attentional bias toward emotional images in the different episodes of bipolar disorder: an eye-tracking study. *Psychiatry Res*. 215 (3), 628–633.
- Gillespie-Smith, K., Fletcher-Watson, S., 2014. Designing AAC systems for children with autism: evidence from eye tracking research. *Augment. Altern. Commun.* 30 (2), 160–171
- Gold, J. A., Stephenson, L. E., Gorsuch, A., Parthasarathy, K., & Mohan, V. 2016. Feasibility of utilizing a commercial eye tracker to assess electronic health record use during patient simulation. *Health informatics journal*, 22(3), 744-757.

- Gooding, D. C. 1999. Antisaccade task performance in questionnaire-identified schizotypes. *Schizophrenia Research*, 35(2), 157-166.
- Harrison, T.K., Kim, T.E., Kou, A., Shum, C., Mariano, E.R. and Howard, S.K., 2016. Feasibility of eye-tracking technology to quantify expertise in ultrasound-guided regional anesthesia. *Journal of anesthesia*, 30(3), pp.530-533.
- Harvey A, Vickers JN, Snelgrove R, Scott MF, Morrison S. 2014. Expert surgeon's quiet eye and slowing down: expertise differences in performance and quiet eye duration during identification and dissection of the recurrent laryngeal nerve. *Am J Surg*. 207:187–193.
- Henneman EA, Cunningham H, Fisher DL, Plotkin K, Nathanson BH, Roche JP, Marquard JL, Reilly CA, Henneman PL. 2014. Eye tracking as a debriefing mechanism in the simulated setting improves patient safety practices. *Dimensions Crit Care Nurs: DCCN*. 33:129–135.
- Inoue, T., Masai, N., Shiomi, H., Oh, R.-J., Uemoto, K., Hashida, N., 2016. Feasibility study of a non-invasive eye fixation and monitoring device using a right-angle prism mirror for intensity-modulated radiotherapy for choroidal melanoma. *J. Radiat. Res.*
- Jaarsma T, Jarodzka H, Nap M, van Merriënboer JGG, Boshuizen HPA. 2015. Expertise in clinical pathology: combining the visual and cognitive perspective. *Adv Health Sci Educ*. 20:1089.
- Jarodzka H, Balslev T, Holmqvist K, Nyström M, Scheiter K, Gerjets P, Eika B. Conveying clinical reasoning based on visual observation via eye movement modelling examples. *Instr Sci* 2012;40 (5):813–27.
- Jarodzka H, van Gog T, Dorr M, Scheiter K, Gerjets P. Learning to see: guiding students' attention via a model's eye movements fosters learning. *Learn Instr* 2013; 25:62–70.
- Karoumi, B., Ventre Dominey, J., & Dalery, J. (1998). Predictive saccade behavior is enhanced in schizophrenia. *Cognition*, 68(3), B81-B91.
- Kasprowski, P., Dzierzega, M., Kruk, K., Harezlak, K., Filipek, E., 2016. Application of eye tracking to support children's vision enhancing exercises. In: *Information Technologies in Medicine*. Springer, pp. 75–84.
- Khan, R.S.A., Tien, G., Atkins, M.S., Zheng, B., Panton, O.N.M., Meneghetti, A.T., 2012. Analysis of eye gaze: do novice surgeons look at the same location as expert surgeons during a laparoscopic operation? *Surg. Endosc*. 26 (12), 3536–3540, <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-012-2400-7>.
- Koh RY, Park T, Wickens CD, Ong LT, Chia SN. Differences in attentional strategies by novice and experienced operating theatre scrub nurses. *J Exp Psychol Appl* 2011;17:233.
- Kok EM, De Bruin ABH, Robben SGF, van Merriënboer JGG. Looking in the same manner but seeing it differently: bottom-up and expertise effects in radiology. *Appl Cogn Psych* 2012;26 (6):854–62.
- Koprowski, R., Kasprowski, P., Rzendkowski, M., 2016. Simplified automatic method for measuring the visual field using the perimeter zerk 1. *Biomed. Eng. Online* 15 (1), 88.
- Krupinski EA, Tillack AA, Richter L, Henderson JT, Bhattacharyya AK, Scott KM, Graham AR, Descour MR, Davis JR, Weinstein RS, et al. 2006. Eye-movement study and human performance using telepathology virtual slides. Implications for medical education and differences with experience. *Hum Pathol*. 37:1543–1556.
- Kundel HL, Nodine CF, Conant EF, Weinstein SP. Holistic component of image perception in mammogram interpretation: gaze-tracking study. *Radiology* 2007;242 (2):396–402.
- Kundel HL, Nodine CF, Toto L. 1991. Searching for lung nodules. The guidance of visual scanning. *Invest Radiol*. 26:777–781.
- Lagun, D., Manzanares, C., Zola, S.M., Buffalo, E.A., Agichtein, E., 2011. Detecting cognitive impairment by eye movement analysis using automatic classification algorithms. *J. Neurosci. Methods* 201 (1), 196–203.
- Leff DR, James DRC, Orihuela-Espina F, Kwok K-W, Sun LW, Mylonas G, Athanasiou T, Darzi AW, Yang G-Z. 2015. The impact of expert visual guidance on trainee visual search strategy, visual attention and motor skills. *Front Hum Neurosci*. 9:1–11.

- Levy, D.L., Sereno, A.B., Gooding, D.C., O'Driscoll, G.A., 2010. Eye tracking dysfunction in schizophrenia: characterization and pathophysiology. In: Behavioral Neurobiology of Schizophrenia and Its Treatment. Springer, pp.311–347.
- Litchfield D, Ball LJ. 2011. Using another's gaze as an explicit aid to insight problem solving. *Quart J Exp Psychol* (2006). 64:649–656.
- Manning D, Ethell S, Donovan T, Crawford T. How do radiologists do it? The influence of experience and training on searching for chest nodules. *Radiography* 2006;12:134.
- Marquard JL, Henneman PL, He Z, Jo J, Fisher DL, Henneman EA. 2011. Nurses' behaviors and visual scanning patterns may reduce patient identification errors. *J Exp Psychol: Appl.* 17:247–256.
- McDowell, J. E., Clementz, B. A., & Wixted, J. T. (1996). Timing and amplitude of saccades during predictive saccadic tracking in schizophrenia. *Psychophysiology*, 33(1), 93-101.
- Meining A, Atasoy S, Chung A, Navab N, Yang G. 2010. "Eye-tracking" for assessment of image perception in gastrointestinal endoscopy with narrow-band imaging compared with white-light endoscopy. *Endoscopy.* 42:652–655.
- Moacdieh, N., & Sarter, N. (2015). Clutter in electronic medical records: examining its performance and attentional costs using eye tracking. *Human factors*, 57(4), 591-606.
- Moore LJ, Vine SJ, Cooke A, Ring C, Wilson MR. Quiet eye training expedites motor learning and aids performance under heightened anxiety: the roles of response programming and external attention. *Psychophysiol* 2012;49:1005.
- N H Cuong, and H T Hoang, "Eye Gaze Detection with a Single WebCAM Based on Geometry Features Extraction", 2010 11th International Conference on Control, Automation, Robotics and vision, Singapore, 7-10th December, 2010, pp 2507-2512.
- O'Meara P, Munro G, Williams B, Cooper S, Bogossian F, Ross L, Sparkes L, Browning M, McClounan M. 2015. Developing situation awareness amongst nursing and paramedicine students utilizing eye tracking technology and video debriefing techniques: a proof of concept paper. *Int Emerg Nurs.* 23:94–99.
- O'Neill EC, Kong YX, Connell PP, Ong DN, Haymes SA, Coote MA, Crowston JG. 2011. Gaze behavior among experts and trainees during optic disc examination: does how we look affect what we see? *Invest Ophthalmol Visual Sci.* 52:3976–3983.
- Objective Experience 2016. Eye Trackers & Sampling Frequency, <https://eyetrackinginasia.wordpress.com/2016/05/16/eye-trackers-sampling-frequency/> [26.02.2020 de erişilmiştir]
- Ozkan, F., & Ulutas, H. B. (2017). Using eye-tracking data to evaluate medicine information leaflets on-screen. *J. Math. Stat. Sci.* 3(12), 364-376.
- Pereira, M.L., Camargo, M.v.Z.A., Aprahamian, I., Forlenza, O.V., et al., 2014. Eyemovement analysis and cognitive processing: detecting indicators of conversion to Alzheimer's disease. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 10, 1273–1285.
- Pierce, K., Conant, D., Hazin, R., Stoner, R., & Desmond, J., 2011. Preference for geometric patterns early in life as a risk factor for autism. *Arch. Gen. Psychiat.* 68, 101-109.
- Pinsky PF, Gierada DS, Nath PH, Kazerooni E, Amorosa J. 2013. National lung screening trial: variability in nodule detection rates in chest CT studies. *Radiology.* 268:865–873.
- Radant, A. D., Claypoole, K., Wingerson, D. K., Cowley, D. S., & Roy Byrne, P. P. 1997. Relationships between neuropsychological and oculomotor measures in schizophrenia patients and normal controls. *Biological Psychiatry*, 42(9), 797- 805.
- Räihä, K.-J., 2015. Life in the fast lane: effect of language and calibration accuracy on the speed of text entry by gaze. In: *Human-Computer Interaction*. Springer, pp. 402–417.
- Reingold EM, Sheridan H. Eye movements and visual expertise in chess and medicine. In: Leversedge SP, Gilchrist ID, Everling S, eds. *Oxford Handbook on Eye Movements*. Oxford: Oxford University Press 2011;528–50.

- Richstone L, Schwartz MJ, Seideman C, Cadeddu J, Marshall S, Kavoussi LR. 2010. Eye metrics as an objective assessment of surgical skill. *Ann Surg.* 252:177–182.
- Roos JE, Paik D, Olsen D, Liu EG, Chow LC, Leung AN, Mindelzun R, Choudhury KR, Naidich DP, Napel S, et al. 2010. Computer-aided detection (CAD) of lung nodules in CT scans: radiologist performance and reading time with incremental CAD assistance. *Eur Radiol.* 20:549–557.
- Ross, R. G. (2003). Early expression of a pathophysiological feature of schizophrenia: Saccadic intrusions into smooth-pursuit eye movements in school-age children vulnerable to schizophrenia. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 42(4), 468-476.
- Rubin GD, Lyo JK, Paik DS, Sherbondy AJ, Chow LC, Leung AN, Mindelzun R, Schraedley-Desmond PK, Zinck SE, Naidich DP, et al. 2005. Pulmonary nodules on multi-detector row CT scans: performance comparison of radiologists and computer-aided detection. *Radiology.* 234:274–283.
- Rubin, G.D., Roos, J.E., Tall, M., Harrawood, B., Bag, S., Ly, D.L., Seaman, D.M., Hurwitz, L.M., Napel, S., Roy Choudhury, K., 2015. Characterizing search, recognition, and decision in the detection of lung nodules on CT scans: elucidation with eye tracking. *Radiology* 274 (1), 276–286.
- Samadani, U., Ritlop, R., Reyes, M., Nehrbass, E., Li, M., Lamm, E., Schneider, J., Shimunov, D., Sava, M., Kolecki, R. and Burris, P., 2015. Eye tracking detects disconjugate eye movements associated with structural traumatic brain injury and concussion. *Journal of neurotrauma*, 32(8), pp.548-556.
- Sarter NB, Mumaw RJ, Wickens CD., 2007. Pilots' monitoring strategies and performance on automated flight decks: an empirical study combining behavioral and eye-tracking data. *Hum Fact*;49:347.
- Sasson, N.J., Elison, J.T., Turner-Brown, L.M., Dichter, G.S., & Bodfish, J.W., 2011. Brief report: circumscribed attention in young children with autism. *J. Autism Dev. Disord.* 41, 242-247.
- Sasson, Noah J., and Jed T. Elison., 2012. Eye tracking young children with autism. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)* 61: e3675.
- Schulz CM, Schneider E, Fritz L, et al., 2011. Visual attention of anaesthetists during simulated critical incidents. *Br J Anaesth*;106:807.
- Sereno, A. B., & Holzman, P. S. 1995. Antisaccades and smooth pursuit eye movements in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 37(6), 394-401.
- Shimizu, T., Shimizu, A., Yamashita, K., Iwase, M., Kajimoto, O., & Kawasaki, T. 2000. Comparison of eye-movement patterns in schizophrenic and normal adults during examination of facial affect displays. *Perceptual and Motor Skills*, 91(3, Pt 2), 1045-1056.
- Sodergren MH, Orihuela-Espina F, Froghi F, Clark J, Teare J, Yang GZ, Darzi A. 2011. Value of orientation training in laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg.* 98:1437–1445.
- Sodergren MH, Orihuela-Espina F, Mountney P, et al., 2011. Orientation strategies in natural orifice transluminal endoscopic surgery. *Ann Surg*;254:257.
- Solingen, L.D., Baloh, R.W., Myers, L., Ellison, G., 1977. Subclinical eye movement disorders in patients with multiple sclerosis. *Neurology* 27 (7), 614.
- Szulewski A, Howes D. 2014. Combining first-person video and gazetracking in medical simulation: a technical feasibility study. *Sci World J.* 2014:1.
- T Moravcik, "An Approach to Iris and Pupil Detection in Eye Image", 12 International Ph D Workshop OWD 2012, 23-26 October 2010, pp 239-242.
- Takeshita, B., 2012. *Developing Your Children's Vision. A Guide for Parents of Infants and Young Children with Vision Impairment.* The Center for the Partially Sighted.
- Thomas LE, Lleras A., 2007. Covert shifts of attention function as an implicit aid to insight. *Cognition* 2009;111:168.
- Thomas LE, Lleras A. Moving eyes and moving thought: on the spatial compatibility between eye movements and cognition. *Psychon Bull Rev*; 14:663.

- Tien T, Pucher PH, Sodergren MH, Sriskandarajah K, Yang G-Z, Darzi A. 2015. Differences in gaze behaviour of expert and junior surgeons performing open inguinal hernia repair. *Surg Endosc.* 29:405–413.
- Tien, T., Pucher, P.H., Sodergren, M.H., Sriskandarajah, K., Yang, G.Z. and Darzi, A., 2014. Eye tracking for skills assessment and training: a systematic review. *Journal of surgical research*, 191(1), pp.169-178.
- Tiersma ESM. 2003. Visualising scanning patterns of pathologists in the grading of cervical intraepithelial neoplasia. *J Clin Pathol.* 56:677–680.
- Ting, W. K. C., Perez Velazquez, J. L., & Cusimano, M. D., 2014. Eye movement measurement in diagnostic assessment of disorders of consciousness. *Frontiers in neurology*, 5, 137.
- Tobii, 2020. This is eye tracking, <https://www.tobii.com/group/about/this-is-eye-tracking/> [26.02.2020 de erişilmiştir].
- Topalli, D., & Cagiltay, N. E. 2018. Eye-hand coordination patterns of intermediate and novice surgeons in a simulation-based endoscopic surgery training environment. *Journal of Eye Movement Research*, 11(6).
- Tourassi G, Voisin S, Paquit V, Krupinski E., 2013. Investigating the link between radiologists' gaze, diagnostic decision, and image content. *J Am Med Inform Assoc.* 20:1067–1075.
- TrMedBook, 2018. Gözlere giriş ve nasıl çalışırlar, <https://trmedbook.com/gozlere-giris-ve-nasil-calisirlar/> [26.02.2020 de erişilmiştir]
- Tseng, P.-H., Cameron, I.G., Pari, G., Reynolds, J.N., Munoz, D.P., Itti, L., 2013. High-throughput classification of clinical populations from natural viewingeye movements. *J. Neurol.* 260 (1), 275–284.
- van de Merwe K, van Dijk H, Zon R., 2012. Eye movements as an indicator of situation awareness in a flight simulator experiment. *Int J Av Psych*; 22:78.
- Vidal M, Turner J, Bulling A, Gellersen H., 2012. Wearable eye tracking for mental health monitoring. *Comput Commun* 35(2012):1306–1311
- Vine SJ, Masters RS, McGrath JS, Bright E, Wilson MR., 2012. Cheating experience: guiding novices to adopt the gaze strategies of experts expedites the learning of technical laparoscopic skills. *Surgery*; 152:32.
- Vine SJ, Wilson MR., 2011. The influence of quiet eye training and pressure on attention and visuo-motor control. *Acta Psychol (Amst)*;136:340.
- Voisin, S., Pinto, F., Morin □Ducote, G., Hudson, K. B., & Tourassi, G. D., 2013. Predicting diagnostic error in radiology via eye □tracking and image analytics: Preliminary investigation in mammography. *Medical physics*, 40(10), 101906.
- Wang, S., Jiang, M., Duchesne, X.M., Laugeson, E.A., Kennedy, D.P., Adolphs, R., Zhao, Q., 2015. Atypical visual saliency in autism spectrum disorder quantifiedthrough model-based eye tracking. *Neuron* 88 (3), 604–616.
- Williams, B., Quedest, A., & Cooper, S., 2013. Can eye-tracking technology improve situational awareness in paramedic clinical education?. *Open access emergency medicine: OAEM*, 5, 23.
- Williams, L. M., Loughland, C. M., Green, M. J., Harris, A. W. F., & Gordon, E., 2003. Emotion perception in schizophrenia: An eye movement study comparing the effectiveness of risperidone vs. haloperidol. *Psychiatry Research*, 120(1), 13-27.
- Wilson M, McGrath J, Vine S, Brewer J, Defriend D, Masters R. 2010. Psychomotor control in a virtual laparoscopic surgery training environment: gaze control parameters differentiate novices from experts. *Surg Endosc*; 24: 2458.
- Wilson MR, McGrath JS, Vine SJ, Brewer J, Defriend D, Masters RS. 2011. Perceptual impairment and psychomotor control in virtual laparoscopic surgery. *Surg Endosc*; 25: 2268.
- Wilson MR, Vine SJ, Bright E, Masters RS, Defriend D, McGrath JS. 2011. Gaze training enhances laparoscopic technical skill acquisition and multi tasking performance: a randomized, controlled study. *Surg Endosc*; 25: 3731.

- Wood G, Knapp KM, Rock B, Cousens C, Roobottom C, Wilson MR. 2013. Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures. *Skeletal Radiol.* 42:165–172.
- Wood G, Wilson MR. 2011. Quiet-eye training for soccer penalty kicks. *Cogn Process*;12: 257.
- Wyder, S., Hennings, F., Pezold, S., Hrbacek, J., Cattin, P., 2015. With Gaze Tracking Towards Noninvasive Eye Cancer Treatment.
- Yang, Q., Wang, T., Su, N., Xiao, S., Kapoula, Z., 2013. Specific saccade deficits in patients with Alzheimer's disease at mild to moderate stage and in patients with amnesic mild cognitive impairment. *Age* 35 (4), 1287–1298.

