

Göz İzleme Sistemi ve Ortodonti

Eye Tracking System and Orthodontics: Review

Hasan CAMCI^a

^aOrtodonti AD,
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Sivas

Geliş Tarihi/Received: 16.01.2017
Kabul Tarihi/Accepted: 24.02.2017

Yazışma Adresi/Correspondence:
Hasan CAMCI
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ortodonti AD, Sivas,
TÜRKİYE/TURKEY
dt.hasan@hotmail.com

ÖZET Yaklaşık bir asır önce ortaya çıkan göz hareketlerini izleme fikri, ilk dönemlerde sınırlı kullanıma sahip iken, günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Göz hareketlerinin izlemi ilk kez 1936 yılında Mowrer tarafından geliştirilen sistem ile gerçekleştirilmiştir. Mowrer'in geliştirdiği bu sistem, gözün nereye baktığını ve baktığı bölgedeki nesnelere algılamak (görmek) için ne tür hareketler yaptığını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Göz izlemi (eye tracking) olarak adlandırılan bu sistemle, kişinin nereye baktığını ve baktığı noktalardan yola çıkarak nelere ilgisi olduğu analiz edilebilmektedir. Günümüzdeki modern göz izleme sistemleri sayesinde; gözlemcinin ilk baktığı yer, en uzun süre bakılan bölgeler veya noktalar, gözün; takip ettiği yol ve bakmadığı alanlar değerlendirilebilmektedir. Göz izleme sistemlerinin; tıbbi araştırmalar, psikoloji, ürün pazarlama gibi çok yaygın kullanım alanları mevcuttur. Son yıllarda estetik algının değerlendirilmesi amacıyla ortodontik araştırmalarda da kullanılmaya başlanmıştır. Ortodontik tedavi öncesi maloklüzyonun ya da tedavi sonunda elde edilen sonuçların; ortodontistler, diş hekimleri, hastalar ya da konudan bağımsız kişiler tarafından nasıl algılandığı birçok araştırmaya konu olmuştur. Estetik algının değerlendirildiği rutin araştırmalar genellikle resimli anket çalışmalarıdır, ancak göz izleme sistemi; anket çalışmalarına kıyasla estetik algının değerlendirilmesinde daha objektif sonuçlar verebilen, sayısal verilere dayalı bir teknolojidir. Bu çalışmada, "Göz İzleme Sistemi ve Ortodonti" başlığı altında, bu yeni teknolojiye ilişkin ortodontistler arasında bir farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ortodonti; teknoloji; göz hareketleri

ABSTRACT The idea of tracking eye movements that appeared about a century ago had limited usage in the its first periods but today; in parallel with technological developments, usage of eye tracking system has become widespread. The tracking of eye movements were first applied via a system developed in 1936 by Mowrer. This system has aimed at where an eye looks and what movements an eye does to perceive the objects in the area where it looks. Within this system called eye tracking, it can be analyzed where the person is looking at and what the person is interested in. Thanks to modern eye tracking system today, the first place which observer has looked, the areas which has been looked longest period or the way which eye is looking or areas which eye is not looking can be evaluated. Eye tracking systems has a large variety of usage areas such as medical researches, psychology and product marketing. In recent years, it has also been used in orthodontic researches in order to evaluate aesthetic perception. Evaluation of the perception of orthodontists, dentists, patients and laypersons about the malocclusion before orthodontic treatment and the treatment result have been the subject of many researches. Routine research in which aesthetics is assessed is often a picture survey study, but the eye tracking system is a technology based on numerical data, which can give more objective results in evaluating aesthetics compared to survey studies. In this review, under the title of "Eye Tracking System and Orthodonti", it is aimed to raise awareness among orthodontists against this new technology.

Keywords: Orthodonti; technology; eye movements

Estetik, hastaların ortodontik tedavi görmek istemelerinde önemli bir motivasyon kaynağıdır.¹ Fasiyal ve dental estetik; temel olarak kişilerin kendini nasıl değerlendirdiği ile ilişkili subjektif olgulardır.² Estetik algı; ortodontistler ve hastalar arasında da farklılıklar gösterebilmektedir.³ Ortodontistlerin estetik algısı; referans çizgiler, norm değerleri, oranlar ve açılara dayanır iken, hastaların estetik algısı daha subjektif kriterler ile ilişkilidir.⁴ Ortodontist, diş hekimliği öğrencileri ve hastaların estetik algılarının değerlendirildiği bazı çalışmalarda, gruplar arasında önemli algı farklılıklarının olduğu görülmüştür.^{5,6} Estetik algı farklılıklarının değerlendirildiği bu çalışmalarda, genellikle silüet, profil resimleri ya da photoshop ile düzenlenmiş resimler kullanılmıştır.⁶⁻⁷ Bu algı farklılıklarının tespiti; hastanın tedaviden beklentisini, tedavi ihtiyacını, tedavi sonucunu ve hasta psikolojisini değerlendirmede önemli bir role sahiptir. Ancak, estetik algı farklılıkları saptanırken ortodontist ve hastanın algısı kadar dışardan üçüncü bir göz olarak toplumun, yani birlikte yaşadığımız insanların estetik algılarının da değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Çünkü, bazı hastaların ortodontik tedavi görme isteği başkalarının (toplumun) kendisi hakkındaki algısını değiştirme ihtiyacından kaynaklanmaktadır.⁸ Zira, tedavi sonucu sadece ortodontist ve hasta tarafından değil toplum tarafından da değerlendirilmektedir. Bu yüzden son dönemde bazı araştırmacılar; estetik algının değerlendirilmesinde göz izleme (eye tracking) sistemini kullanmaktadır.⁹ Fotoğraflar ya da silüet resimler kullanılarak estetik algı değerlendirilmesinin yapıldığı yayınlara kıyasla, daha objektif sonuçlar verebilmesi bu sistemin en büyük avantajıdır.

GÖZ İZLEME (EYE TRACKING) SİSTEMİ NEDİR?

Göz izleme; bir objeye bakarken göz pozisyonlarını ve göz hareketlerini ölçme sürecidir. Bu tür deneyleri gerçekleştirirken kullanılan aygıtlara göz izleyici (eye-tracker) denir. "Eye-tracker"lar genel olarak ikiye ayrılır:

- Kafaya monte (head mounted) edilenler (Resim 1),
- Uzak (remote) olanlar (Resim 2).^{10,11}



RESİM 1: Kafaya monte edilen göz izleyici.



RESİM 2: "Remote" göz izleyici.

Kafaya monte edilen göz izleyicilerinde sensörler; takılan aygıtlara ya da gözlüklere gömülü iken, uzak (remote) göz izleyicilerinde göz hareketlerini kaydeden sensörler ekrana gömülüdür. Göz izleyicisinin göz hareketlerini yakalama oranı, örnekleme frekansı (sampling frequency) olarak bilinmektedir.¹² Örnekleme frekansı ne kadar yüksek ise, cihaz tarafından birim zamanda kaydedilen bakış noktalarının sayısı da o kadar yüksek olacaktır. Göz izleme deneylerinin yapılandırılması, tekrarlanması ve analizi için özel yazılımlar gerekmektedir.¹³

GÖZ İZLEME SİSTEMİ İLE İLGİLİ BAZI KAVRAMLAR

Gaze: Belirli bir noktada/kelimede anlık bir göz sabitlemedir. Süreyle ilişkisi yoktur.¹⁴

Fiksasyon: Belli bir noktada/kelimede uzun süreli göz fiksasyonu. Süreyle ilişkili bir kavramdır.¹⁵

Saccade: İki fiksasyon arasında gözün çabuk hareketidir.¹⁶

Scanpath: Ardışık göz fiksasyon dizisidir.¹⁷

GÖZ İZLEME TEKNOLOJİSİ NASIL ÇALIŞIR?

Piyasadaki mevcut göz izleme sistemleri, genellikle “korneal-yansıma/göz bebeği-merkez” tekniği ile gözün bakış noktalarını ölçerek çalışmaktadır.¹⁸ Standart bir bilgisayarda monitör üzerine yerleştirilmiş kızıl ötesi kameradan çıkan kızıl ötesi ışınlar, hedef göz bölgesinde güçlü yansımalar yapmakta ve bu yansımalar sayesinde göz izleme sağlanmaktadır. Retinaya giren ışın göz bebeğinin parlak görünmesini sağlamak ve retinadan büyük ölçüde geri yansımaktadır.¹⁹ Bu esnada görüntü işleme yazılımı ile göz bebeğinin merkezi ve korneal yansımanın konumu saptanmakta ve bu ikisi arasındaki vektör ölçülerek çeşitli trigonometrik hesaplarla gözün dikkat noktası belirlenmektedir.²⁰

Bu tekniğe ilave olarak; göz çevresini kaplayan derideki elektriğin ölçülmesi ya da göze takılan özel lenslerle hareketin izlenmesi gibi farklı teknikler de mevcuttur.

GÖZ İZLEME TEKNOLOJİSİ KULLANIM ALANLARI

1936 yılında Mowrer, göz hareketlerini otomatik olarak kaydeden ve değerlendiren bir sistem geliştirerek, gözün baktığı bölgeyi ve baktığı bölgedeki nesnelere algılamak (görmek) için nasıl hareketler yaptığını değerlendirmiştir.²¹ Mowrer’in geliştirdiği bu sistem, günümüz modern göz izleme sistemlerinin temelini oluşturmuş ve bu sistemin kullanımı son yıllarda ciddi şekilde artmıştır. Psikoloji, pazarlama araştırmaları, tıbbi araştırmalar, insan-bilgisayar etkileşimi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Göz izleme sisteminin kullanıldığı diğer alanlar şöyle sıralanabilmektedir:

- Araç simülasyonları,
- Nöroşirürji,
- Ürün geliştirme,
- Çalışan eğitimi,
- Okuma değerlendirme,

- Havacılık,

■ Manyetik rezonans görüntüleme (MRG)/Manyetoensefalografi (MEG)/Elektroensefalografi (EEG),

- Lazer cerrahi vb.

Bu listeye son yıllarda yapılan çalışmalara bakılarak “ortodontik araştırmalar” başlığı da eklenebilmektedir.²²

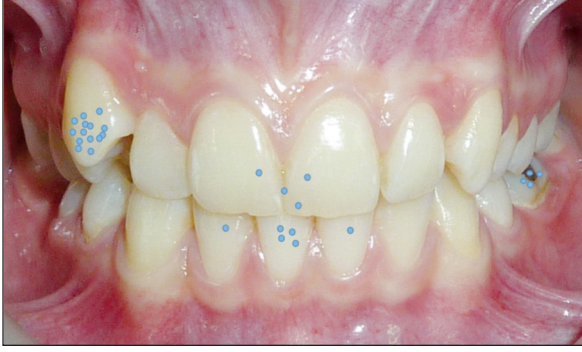
GÖZ HAREKETLERİ VE GÖRSEL DİKKAT

Göz izleme sistemini kullanarak, bir kişinin dikkat ettiği alanların takibi sağlanabilmekte ve bu yöntemle gözlemcinin hangi noktalara veya alanlara ilgisi olduğu hakkında fikir elde edilebilmektedir.²³ Bu içsel kavrama süreci; görsel dikkat (visual attention) olarak tanımlanmaktadır. Görsel dikkat noktası, gözlemlenen tüm alan içerisinde görsel seçicilikle ilginin toplandığı alana karşılık gelmektedir. Ancak göz izleme sistemi, tek başına izleyicinin üzerinde yoğunlaşmayı seçtiği alanın öneminin ya da anlamının saptanmasında yeterli değildir. Çünkü bir görüntüye bakmak; bilinçli veya bilinçsiz şekilde meydana gelebilen karmaşık bir durumdur.²⁴ Görsel bir uyarana karşı önce genel çerçevede bir görme gerçekleşmekte, ardından ilginç özellikler ve dikkat çekici unsurlara doğru daha detaylı inceleme için ilgi bu noktalarda toplanmakta ve gözler hızla bu noktalara kaymaktadır. Gözler hareketini tamamladıktan sonra ilgili bölgeyi yüksek çözünürlükte değerlendirerek algılamaya başlamaktadır. İşte bunlar göz izleme sırasında takip edilen hareketlerdir.²³

ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLME BİÇİMİ

Göz izleme sistemindeki kamera, göz hareketlerini video formatında kaydetmektedir. Elde edilen bu işlenmemiş bilgiler özel yazılımlar ile farklı formatlarda analiz edilerek görüntülenmektedir. Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan teknikler şu şekildedir:

■ Bee Swarm tekniği: Görüntüye bakan kişinin dikkatini en çok çeken yerleri (gaze fixation) noktalar hâlinde göstermektedir (Resim 3).²⁴ Gözlemcinin göz hareketleri hakkında anlık bilgi vermektedir. Özellikle video klip değerlendirmelerinde etkilidir.



RESİM 3: Bee Swarm tekniği.



RESİM 4: Heat Map tekniği.



RESİM 5: Gaze Plot tekniği.

■ Heat Map tekniği: Meydana gelen sıcak ve soğuk lekeler aracılığıyla bir ısı haritası oluşturulmakta ve bu harita baz alınarak değerlendirme yapılmaktadır (Resim 4).²⁴

■ Gaze Plot tekniği: İzleme sırasını, düzenini ve süresini görüntülemektedir (Resim 5).²⁵

■ Cluster tekniği: En yüksek gözlem yoğunluğuna sahip alanları çokgenler şeklinde göstermektedir (Resim 6).²⁶

■ Areas of Interest (AOIs): Cluster'a benzer bir tekniktir (Resim 7).²⁷ Cluster tekniği ile yapılan değerlendirmeler kolaylıkla bu teknik ile elde edilen verilere dönüştürülebilmektedir.

GÖZ İZLEME SİSTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

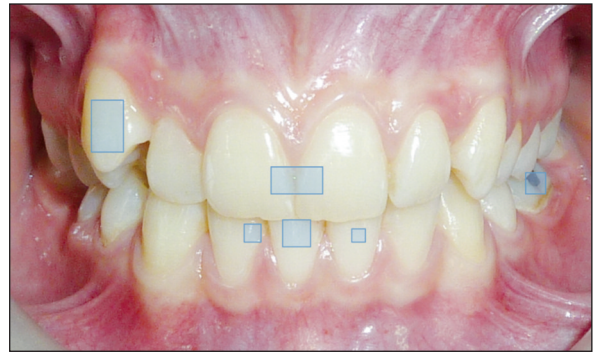
Göz izleme sisteminin yaygın kullanımı ve birçok avantajının yanı sıra sahip olduğu dezavantajlar da şu şekildedir:

■ Kişilerin ilgi alanları; yaş gruplarına, cinsiyete, sosyoekonomik düzeye ve eğitim seviyesine bağlı olarak değişkenlik gösterebildiğinden, hedef kitle seçimi konusunda dikkatli olunmalıdır.

■ Bir teste tabi tutulduklarının gözlemciler tarafından bilinmesi; gözlemcilerin rutin alışkanlık-



RESİM 6: Cluster tekniği.



RESİM 7: Areas of Interest (AOIs) tekniği.

larından bağımsız farklı tepkiler vermesine sebep olabilmektedir.

■ Ayrıca, göz izleyici (eye tracker) cihazlar ve sonuçları değerlendiren özel yazılımlar yüksek maliyet gerektirebilmektedir.

GÖZ İZLEME SİSTEMİ İLE YAPILMIŞ ORTODONTİK ÇALIŞMALAR

Göz izleme sisteminin kullanıldığı ortodontik araştırmalar çok az sayıdadır. Meyer-Marcotty ve ark.nın; tek taraflı dudak-damak yarıklı (DDY) hastanın tedavi edilmiş ve edilmemiş hâlinin fotoğraflarını, DDY'si olan ve olmayan insanlara göstererek yaptıkları değerlendirmede; her iki grubunda DDY'li fotoğrafta burun ve ağız bölgesine daha uzun süre baktığı saptanmıştır. Ayrıca, DDY'li gözlemcilerin DDY'si olan ya da olmayan fotoğraflara, DDY'si olmayan gözlemcilere kıyasla burun bölgesine daha uzun süre ve göz bölgesine daha kısa süre baktığı bildirilmiştir.²⁸ DDY'li hastaların burun estetiğini daha çok önemseydiğini gösteren bu çalışmadan yola çıkarak; bu hastaların tedavi planlaması yapılır iken yüzün orta üçlüsüne daha fazla dikkat etmenin yararlı olabileceği sonucuna varılabilmektedir.

Wang ve ark., üç farklı fotoğraf grubu üzerinde göz izlemi yapmışlardır. Birinci grup; tedavi görmemiş normal oklüzyona sahip bir bireyin istirahat ve gülüş fotoğrafı, ikinci grup; maloklüzyonu bulunan hastanın tedavi öncesi istirahat ve gülüş fotoğrafı, üçüncü grup; maloklüzyonu bulunan hastanın tedavi sonrası çekilen gülüş ve istirahat fotoğrafıdır. Meslekten olmayan insanların ardışık göz fiksasyon dizilerinin incelenerek değerlendirildiği bu çalışmada; maloklüzyonu olan hastanın tedavi öncesi gülüş fotoğrafında, maloklüzyonu olmayan normal bireyin gülüş fotoğrafına kıyasla; göz bölgesinde daha geç ve daha az fiksasyon, ağız bölgesinde daha erken ve daha fazla fiksasyon saptanmıştır. Ayrıca; maloklüzyonu olan hastanın istirahat fotoğrafında, maloklüzyonu bulunmayan hastanın istirahat fotoğrafına kıyasla ağız bölgesinde daha erken fiksasyon tespit edilmiştir.²⁹ Bu durum; mevcut maloklüzyonun bireydeki diğer özelliklere nispeten daha erken fark edildiğini ortaya koymakta ve bireyin toplumdaki algılanış biçimini etkileyebildiğini göstermektedir.

Richards ve ark. tarafından, kadınlarda maloklüzyonun (DDY) ve fasiyal çekiciliğin gülüş estetiğine etkisinin değerlendirildiği çalışmada; maloklüzyonun fasiyal çekiciliği anlamlı ölçüde etkilediği, fiksasyon sayısı ve süresi bakımından gözlerin bulunduğu alanın, ağızın bulunduğu alana üstün olduğu saptanmıştır. Dişlerin çekiciliği azaldıkça görsel ilginin ağızdan gözlere doğru kaydığı rapor edilmiştir. Hickman ve ark.nın yaptığı benzer çalışmada, fiksasyon süresinin ve miktarının sırasıyla en fazla göz, burun, ağız, kulak ve çene bölgesinde olduğu saptanmıştır. Gülüş esnasında dahi ağız bölgesine gösterilen görsel ilginin %10'dan az olduğu bildirilmiştir.³⁰ Fiksasyon süresinin; burun bölgesinde ağız bölgesinden fazla olması ve çene bölgesinde en az olması, orta yüz estetiğinin önemini ortaya koyan ve ortodontistlerin dikkat etmesi gereken önemli bir konudur.

Cheung'in üst lateral eksikliği tedavisinin sonuçlarının değerlendirildiği tez çalışmasında, eksik dişi bulunmayan kontrol grubu, kaninlerin lateral yapıldığı grup ve lateraller yerine implant yapılan grupların fotoğrafları; ortodontistlere ve meslekten olmayan insanlara gösterilmiştir. Ortodontistler kaninin laterale dönüştürüldüğü fotoğraflarda bu dönüşümü fark edip, lateral ve köpek dişlerine; lateral implant ve kontrol grubu fotoğraflarına kıyasla daha uzun süreli bakar iken, meslekten olmayan insanların iki tedavi seçeneği (lateral implant veya kaninin lateral yapılması) arasında estetik olarak bir farklılık algılayamadığı saptanmıştır (Cheung, C, *Doktora tezi*, 2015). Her iki tedavi seçeneği (lateral implantı ya da kaninin lateral yapılması) farklı estetik sonuçlar ortaya koyabilmektedir ve bu durum ortodontistlerin karar vermesini zorlaştırmaktadır. Ancak estetik kaygılar sebebiyle ortodontistlerin karar vermekte zorlandığı bu iki tedavi seçeneği arasında, meslekten olmayan insanlar bir farklılık algılayamamıştır; bu yüzden ortodontistlerin tedavi planlaması yaparken bu durumu gözönünde bulundurmalarında fayda vardır.

SONUÇ

Estetik algının değerlendirilmesinde geleneksel olarak kullanılan resimli anket çalışmalarının aksine; göz izleme sisteminin sayısal veriler ışığında

daha objektif sonuçlar vermesi bu sistemin kullanımını daha cazip hâle getirmektedir. Bu sistem; hastanın ve toplumun beklentilerinin, farkındalıklarının değerlendirilerek tedavi planlamasının yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu da en doğru estetik sonucu elde etme noktasında, ortodontiste kolaylık sağlamak ve hasta memnuniyetini artırmaya imkân tanımaktadır. Konu ile ilgili çalışmalar çok sınırlı sayıda olduğundan, göz izleme sisteminin ortodontik çalışmalarda etkin kullanılabilirliği-

ğinin değerlendirilmesi için konu ile ilgili daha çok çalışmaya gereksinim duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.

Yazar Katkıları

Bu çalışma tamamen yazarın kendi eseri olup, başka hiçbir yazar katkısı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(3):276-81.
- Bonetti GA, Alberti A, Sartini C, Parenti SI. Patients' self-perception of dentofacial attractiveness before and after exposure to facial photographs. *Angle Orthod* 2011;81(3):517-24.
- Flores-Mir C, Silva E, Barriga MI, Lagravere MO, Major PW. Lay person's perception of smile aesthetics in dental and facial views. *J Orthod* 2004;31(3):204-9.
- Zhang YF, Xiao L, Li J, Peng YR, Zhao Z. Young people's esthetic perception of dental midline deviation. *Angle Orthod* 2010;80(3):515-20.
- Zange SE, Ramos AL, Cuoghi OA, de Mendonça MR, Suguino R. Perceptions of laypersons and orthodontists regarding the buccal corridor in long-and short-face individuals. *Angle Orthod* 2011;81(1):86-90.
- Pithon MM, Santos AM, Couto FS, da Silva Coqueiro R, de Freitas LM, de Souza RA, et al. Perception of the esthetic impact of mandibular incisor extraction treatment on laypersons, dental professionals, and dental students. *Angle Orthod* 2011;82(4):732-8.
- Yin L, Jiang M, Chen W, Smales RJ, Wang Q, Tang L. Differences in facial profile and dental esthetic perceptions between young adults and orthodontists. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145(6):750-6.
- Phillips C, Broder HL, Bennett ME. Dentofacial disharmony: motivations for seeking treatment. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1997;12(1):7-15.
- Wang X, Cai B, Cao Y, Zhou C, Yang L, Liu R, et al. Objective method for evaluating orthodontic treatment from the lay perspective: an eye-tracking study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;150(4):601-10.
- Franchak JM, Kretch KS, Soska KC, Adolph KE. Head-mounted eye tracking: a new method to describe infant looking. *Child Dev* 2011;82(6):1738-50.
- Toricelli D, Conforto S, Schmid M, D'Alessio T. A neural-based remote eye gaze tracker under natural head motion. *Comput Methods Programs Biomed* 2008;92(1):66-78.
- Cornelissen FW, Peters EM, Palmer J. The eyelinx toolbox: eye tracking with MATLAB and the Psychophysics Toolbox. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2002;34(4):613-7.
- Duchowski A. Head-mounted system software development. *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. 2nd ed. London: Springer; 2007. p.69-86.
- Poole A, Ball LJ. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future. In: Ghaoui C, ed. *Encyclopedia of Human Computer Interaction*. 1st ed. Hershey, Pa: Idea Group Reference; 2006. p.211-9.
- Jacob RJ, Karn KS. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Mind* 2003; 2(3):4-6.
- Salvucci DD, Goldberg JH. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: Duchowski AT, Spencer SN, eds. *ETRA 200-Proceedings of the Eye Tracking Research & Applications Symposium*. 1st ed. Palm Beach Gardens, Florida, USA: ACM Press; 2000. p.71-8.
- Brandt SA, Stark LW. Spontaneous eye movements during visual imagery reflect the content of the visual scene. *J Cogn Neurosci* 1997;9(1):27-38.
- Goldberg JH, Kotval XP. Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *Int J Ind Ergon* 1999;24(6):631-45.
- Aslin RN, McMurray B. Automated corneal-reflection eye-tracking in infancy: Methodological developments and applications to cognition. *Infancy* 2004;6(2):155-63.
- Reed JB, Meyer RJ. Edmund Burke Huey (1870-1913): a brief life with an enduring legacy. In: Israel SE, Monaghan EJ, ed. *Shaping the Reading Field: The Impact of Early Reading Pioneers, Scientific Research, and Progressive Ideas*. 1st ed. Newark, DE: International Reading Association; 2007. p.159-75.
- Maughan L, Gutnikov S, Stevens R. Like more, look more. Look more, like more: the evidence from eye-tracking. *J Brand Manag* 2007;14(4):335-42.
- Duchowski AT. A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2002;34(4):455-70.
- Duchowski A. *Visual attention. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. 2nd ed. London: Springer; 2007. p.3-13.
- Špakov O, Miniotas D. Visualization of eye gaze data using heat maps. *Elektronika ir Elektrotechnika* 2015;74(2):55-8.
- Yusuf S, Kagdi H, Maletic JI. Assessing the comprehension of UML class diagrams via eye tracking. In: Wong K, Stroulia E, Tonella P, eds. *15th IEEE International Conference on Program Comprehension (ICPC'07)*. 1st ed. Banff, Alberta, Canada: IEEE; 2007. p.113-22.

26. Amarnag S, Kumaran RS, Gowdy JN. Real time eye tracking for human computer interfaces. In: Amarnag S. Multimedia and Expo, 2003. ICME'03. Proceedings. 2003 International Conference on. 1st ed. Vol. 3. Baltimore, MD, USA: IEEE; 2003. p.557-60.
27. Poole A, Ball LJ. Eye tracking in HCI and usability research. In: Ghaoui C, ed. Encyclopedia of Human Computer Interaction. 1st ed. Hershey, PA: Idea Group Reference; 2006. p.211-9.
28. Meyer-Marcotty P, Gerdes AB, Stellzig-Eisenhauer A, Alpers GW. Visual face perception of adults with unilateral cleft lip and palate in comparison to controls--an eye-tracking study. Cleft Palate Craniofac J 2011;48(2):210-6.
29. Wang X, Cai B, Cao Y, Zhou C, Yang L, Liu R, et al. Objective method for evaluating orthodontic treatment from the lay perspective: an eye-tracking study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2016;150(4):601-10.
30. Hickman L, Firestone AR, Beck FM, Speer S. Eye fixations when viewing faces. J Am Dent Assoc 2010;141(1):40-6.