

Gözler Beynin Aynasıdır: Pupilometri ve Psikolojideki Uygulamaları

Mehmet Erdem MEMETOĞLU^{1*}

Özet

Son yıllarda radyolojik görüntüleme yöntemlerinin klinik uygulama alanlarının artması ve yeni görüntüleme yöntemlerinin uygulamaya girmesi; beyin fizyolojisinin, fonksiyonlarının ve psikopatolojilerin etiyojilerinin belirlenmesi ve bu patolojilerin farklı tedavi modellerine cevaplarının araştırılması yönünden çığır açmıştır. Ruh sağlığı alanında bu yöntemlerin kullanıma girmesi, bilimsel anlamda psikiyatri, psikoloji ve psikoterapi alanlarının; bilim metodolojisine uygun olarak, gözlemlenip, ölçülebilir olma niteliklerine katkıda bulunmuştur. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) yöntemi gibi yüksek teknolojik cihazların kullanımı, psikopatolojilerde somut verilerin elde edilmesini sağlamış olsa da, bu tip cihazların yüksek maliyetleri ve bu cihazlara erişim zorluklarının bulunması, pupilometri gibi daha ucuz, kolay erişilebilir yöntemlerin kullanılmasının daha uygun olabileceğini göstermiştir.

Pupil (göz bebeği), gözün yapısında bulunan irisin ortasında düzgün yuvarlak açıklıktır. Pupilin otonom sinirlerle uyarımı ve bu uyarıya pupil cevabı, sempatik ve parasempatik sistem aktivitesini değerlendirmede önemlidir. Pupil çapının değerlendirilmesinde, pupil cetvelleri ya da pupilometre cihazları kullanılabilir.

Pupilometri ve göz hareketlerinin ölçümlerine dayalı çalışmalar, başta tıp ve psikoloji alanlarında olmak üzere son yıllarda giderek daha fazla yer almaktadır. Pupil çapı; kişinin duygusal durumunun, mental aktivitesinin ve karar verme süreçlerinin bir göstergesi olabilir.

Pupil fonksiyonlarının, ruh sağlığı alanında da; hastaların bilgi işleme tarzlarını anlamak ve psikopatolojileri değerlendirmek gibi alanlarda kullanılabilenecek bir yöntem olabileceği bildirilmektedir.

Bu makalede, pupil ve göz fonksiyonlarının, zihin ve duygularla ilişkisi nörobiyolojik yönden ortaya konulup, bu konuda yapılmış çalışmaların bir derlemesini yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pupil, pupilometri, nörobiyoloji, psikopatoloji.

The Eyes are the Mirror of the Brain: Pupilometry and Its Applications in Psychology

Abstract

The increase in the clinical application areas of radiological imaging methods and the introduction of new imaging methods in recent years, has revolutionized brain physiology, functions and etiology of psychopathologies and investigating of the responses of these pathologies to different treatment models. The introduction of these methods in the field of mental health, scientific psychiatry, psychology and psychotherapy; in accordance with the methodology of science, contributed to the observation and measure qualities. Although the use of high-tech devices method such as functional magnetic resonance imaging (fMRI) has managed to obtain specific data in psychopathologies, the high cost of such devices and the difficulties of accessing these devices have brought the need for cheaper, easily accessible methods such as pupilometry.

Pupil is a smooth round opening in the middle of the iris in the structure of the eye. Stimulation of the pupil with autonomic nerves and pupil response to this stimulus are important in evaluating the activity of the sympathetic and parasympathetic systems. Pupil rulers or pupilometer devices can be used to evaluate the pupillary diameter.

^{1*} Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Bölümü, İstanbul, Türkiye.
Orcid ID: 0000-0003-2669-3223

Studies based on the measurement of pupillometry and eye movements have been increasing in recent years, especially in the fields of medicine and psychology. Pupil diameter; It can be an indicator of a person's emotional state, mental activity, and decision-making processes.

Pupil functions, in the field of mental health as well; It has been reported that it can be used in many areas such as understanding the information processing styles of the patients and choosing the appropriate treatment model.

In our article, we aimed to reveal the neurobiological relationship between pupil and eye functions with mind and emotions, and to make a compilation of studies regarding this subject.

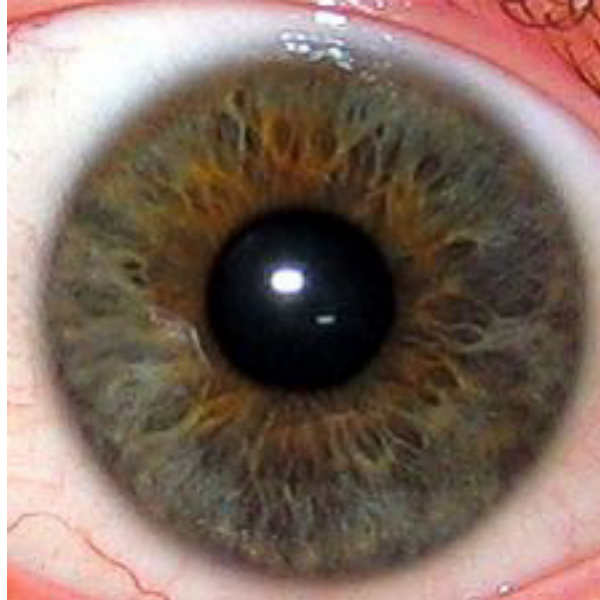
Key Words: Pupil, pupillometry, neurobiology, psychopathology.

Giriş:

Pupil gözün iris kısmının ortasında bulunan ve ışığın retina üzerine düşmesini sağlayan siyah renkte gözüken boşluktur. Pupilden geçen ışık ışınları gözün içindeki dokular tarafından soğrulduğu için ya da gözün içinde yansıyan ışın saçılmalarının dar pupilden geri çıkmaması nedeniyle pupil siyah renkli olarak görülür. Pupilin genişlemesinin (midriyazis) asıl amacı göze giren ışık miktarını ayarlamaktır. Daha yoğun ışık, pupilin daralmasına (myosis) neden olurken; daha az yoğunluktaki ışık, pupilin genişlemesine neden olarak göze daha fazla ışığın girmesine yol açar. Bir göze gelen ışık, her iki pupilde daralmaya yol açar. Pupilin sinirsel uyarımı otonom sinir sistemi ile olmaktadır. Parasempatik uyarı pupilin küçülmesine, sempatik uyarı ise genişlemesine neden olur (Mathôt, 2018).

Görme fonksiyonunun gerçekleşmesi için ışığın retina tabakasına ulaşması gerekir. Bunu gerçekleştiren pupilin ışığa duyarlı olarak büyüüp küçülme fonksiyonunun olmasıdır. Fazla aydınlık ortamlarda ışık yoğun olduğundan pupil küçülürken karanlık ortamlarda göze mümkün olduğunca ışık girmesi için pupil büyür.

Pupil açıklığını çevreleyen dairesel kasların sinirleri, otonom sinir sisteminin parasempatik yolundan gelirken, buna karşılık pupil açıklığını kontrol eden radyal kasların sinir iletim yolu otonom sinir sisteminin sempatik yolundan gelir. Bu iki kas grubunun etkileşimi pupil reflexini kontrol eder (Ciuffreda ve ark., 2017).



Şekil 1: İnsan gözünün karşıdan görünümü. Gözün ortasındaki siyah açıklık pupil ve etrafındaki iris tabakası görülüyor. (Görüntü tarihinde tr.wikipedia.org' sitesinden (1.08.2022) alınmıştır.)

Pupilometre ve Kullanım Alanları:

Pupilometre ya da pupillometer, biri pupiller ışık refleksi ölçmek için kullanılan, diğeri ise görsel uyaranlarla pupiller arasındaki mesafeyi ölçen ve uygun gözlük seçimi gibi alanlarda oftalmolojide kullanılan iki farklı cihazın adıdır (Lussier ve ark. 2019). Otomatik bir pupilometre; pupil boyutu, simetrisi ve reaktivitesinin güvenilir ve objektif bir şekilde ölçülmesini sağlayan portatif, el tipi bir cihazdır. Muayene eden kişiden bağımsız olarak, otomatik bir pupilometre, kişiye bağlı kullanım farklılığını ve subjektifliği ortadan kaldırır, pupildeki değişikliği sayısal olarak ifade eder, böylece hem pupil büyüklüğü hem de büyüklüğündeki farklılıkları tespit eder (Cortes ve ark. 2021).



Şekil 2: Otomatik pupilometre (NPI-300 automated infrared pupillometer (NeuroOptics, Inc.))

Pupilometre, sempatik ve parasempatik sinir sistemi tarafından kontrol edilen pupil genişleme ve daralma derecesini ölçerek dolaylı olarak santral ve otonomik sinir sistemini tetkik etmeye yarayan bir cihazdır. Pupilometre, migrende ki otonom fonksiyon bozukluğu derecesini değerlendirmede, Alzheimer hastalığında, nöroşirurji ve anesteziyoloji gibi sağlık bilimlerinde kullanım alanı bulmuştur (Bertinotti ve ark., 2002).

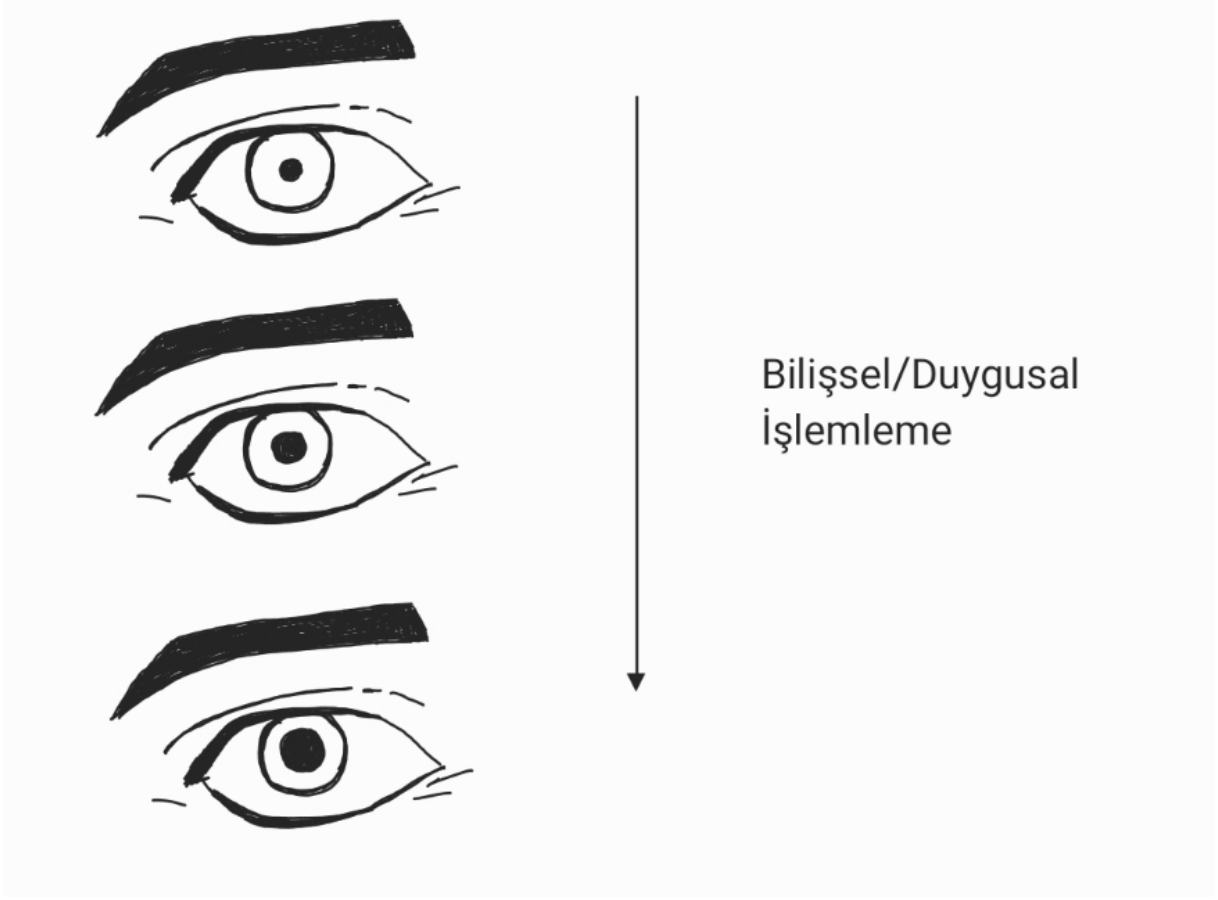
Pupil Fonksiyonları ve Nörofizyoloji:

Otonom sinir sistemi (OSS); kalp hızı, sindirim, solunum hızı, tükürük salgısı, terleme ve böbrek fonksiyonu gibi temel olarak homeostaz ile ilgili otomatik vücut fonksiyonlarını kontrol eder. Otonom sinir sisteminin, insan vücudunu tehlike ve stres zamanlarında harekete hazırlayan sempatik sinir sistemi ve vücudun dinlenme durumunu düzenleyen parasempatik sinir sistemi olmak üzere iki ana parçası vardır (Kreibig., 2010).

Pupilin boyutu, iris tabakasının içinde bulunan iki kas tarafından kontrol edilir: Pupilin daralmasına neden olan iris sfinkter kasının sinir uyarımı, parasempatik sinir sisteminden kaynak alırken; pupilin genişlemesine neden olan iris dilatör kasının sinir uyarımı, sempatik sinir sisteminden kaynak alır (Gamlin ve Mc Doual, 2015).

Pupil-ışık refleksi (PIR) bağlamında pupilin büyüklüğü, çapı ve ışığa cevabı uzun yıllardır Addison Hastalığı ve Horner Sendromunun teşhisinde, beyin hasarı şüphesi olan hastaların fizik muayenesinde, nörolojik fonksiyonların bir göstergesi olarak kullanılmıştır (Ciuffredave ark., 2017).

Pupil fonksiyonları ve büyüklüğü, OSS fonksiyonun göstergesidir. Belirli bir dereceye kadar insanların psikolojik durumunu yansıtabilir ve başkalarının kişiye davranışını etkileyebilir. Yapılan çalışmalar, pupil çapının; dikkat, sürpriz bir durumla karşılaşma ve belirli bilişsel değişkenlerdeki değişikliklere yanıt olarak genişleyip ve daralabileceğini belirtmişlerdir (Schriver ve ark., 2020).



Şekil 3: Bilişsel, duygusal değişikliklere pupil cevabı (04.08.2022). (Şekil yazarın kendi çizimidir.)

Bir problemi çözmekteki zihinsel çabayla paralel olarak pupil büyüklüğü artabilir ve problemin zorluk derecesi ile pupil çapındaki artış doğru orantılı olabilir. Örneğin birkaç basamaklı iki sayıyı çarpma sırasındaki pupil çapının, '2+2' nin toplamını hesaplama gibi daha kolay olabilecek matematiksel problemlerin çözümü esnasındaki pupil çapından daha büyük olması beklenebilir.

Birden fazla seçenek arasından karar vermek gerektiğinde zihnin her seçeneği destekleyen kademeli kanıt birikimi içerdiğine inanılmaktadır. Bu süreç ad belirtilerek yapılan eş uyaranlar konusunda karar verilmesinde bile değişkendir. Bu değişkenliği belirleyen nörobilişsel alt yapı henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Görsel uyarılma ve karar vermenin bireysel yönü üzerindeki rolünü belirten teorik açıklamalar vardır. Ancak son çalışmalar birden fazla seçenek arasında karar vermeyi etkileyenin seçeneklerle ilgili toplanan kanıtların oranıyla ve biriktirme hızıyla ilgili olduğu, bunun da pupil çapının büyümesi ile tespit edilebileceğini belirtilmektedir. Görsel uyaranlarla toplanan kanıt hızı değiştiğinde, pupil çapının artmasının görsel uyarılmadaki artışı yansıttığı bildirilmiştir (Murphy ve ark., 2014).

Hem doğrudan nöral kayıtların hem de elektriksel mikrostimülasyonun kullanıldığı bir çalışmada (Joshi ve ark.,2016), beyin sapında yer alan ve stres ve paniğe verilen fizyolojik tepkilerle ilgili ponsdaki bir çekirdek olan locus coeruleus (LC) aktivitesinin, pupil büyüklüğündeki an be an değişikliklerle yakından eşleştiği gösterilmiştir. Pupil çapındaki bu değişimlere locus coeruleus (LC)' dan salgılanan noradrenalin (NA)' in neden olduğu düşünülmektedir (Costa ve Rudebeck, 2016).

Locus coeruleus-noradrenalin sisteminin; uyku-uyanıklık, dikkat, hafıza, davranışsal ve bilişsel esneklik, yaratıcılık, davranışsal inhibisyon ve stres inhibisyonu, karar alma, duygu regülasyonu, vücut dengesi-postürü ve nöroplastisite gibi bir çok fonksiyonda etkisinin olduğu düşünülmektedir (Benarroch, 2009). Locus coeruleus depresyon, panik bozukluk, Parkinson hastalığı, Alzheimer hastalığı ve anksiyete bozukluğunda rol oynayabilir (Heneka, 2010).

Pupillerin, dış uyarının duygusal içeriğine de hassas olduğu düşünülmektedir. Bazı pupil ölçüm çalışmaları olumsuz duyguya neden olan dış uyarıların, pupilde daralmaya, olumlu duygusal etkiye neden olanların genişlemeye neden olduklarını göstermiş olsalar da (Hess ve ark., 1960) son zamanlarda görsel slaytlar, ses klipleri ve yüz ifadeleriyle yapılan pupil çalışmalarında, hem negatif hem de pozitif uyarıların pupili genişletebildikleri bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak, pupil genişlemesinde etkili faktörün, uyarının niteliğinden çok, kişide meydana getirdiği uyarılma miktarı olduğu söylenebilir (Mathôt, 2018). Pupil genişlemesinin derecesinin, uyarının temel savunma veya iştah açıcı motivasyon sistemlerini ne ölçüde ilgilendirdiğiyle ilgili olduğu fikri de savunulmaktadır (Bradley ve ark., 2017).

Davranışlar ve Locus coeruleus-Noradrenalin İlişkisi: Uyarlanabilir Kazanç teorisi

Uyarlanabilir kazanç teorisi, ilk kez 2005 yılında öne sürülmüş olup, Locus coeruleus-Noradrenalin sisteminin davranışsal ve psikosensöriyel (içtepki) çalışmalarından elde edilen verileri birleştirmiş ve pupil cevaplarıyla davranış biçimlerini irtibatlandırmıştır (Aston-Jones ve Cohen, 2005).

Bu kurama göre, iki farklı davranış grubu vardır. Bunlardan ilki, dikkatin dar bir şekilde tek bir göreve odaklandığı ve o davranıştan 'istifade edilen' davranış biçimidir.

Yemek yemek veya kitap okumak gibi eylemler; bu grup davranışa örnek olarak gösterilebilir.

Bu davranış biçimleri orta, fazık (patlamalı) LC aktivitesi ile ilişkilidir

Diğer bir davranış grubu, keşif ve merak duygusu içinde, kolayca dikkatinizin dağılabileceği ve en yüksek ödülü sunanı bulmak ve farklı şeylere ulaşmak için bir davranıştan diğerine geçme eğilimi içinde olunabilecek hal ve davranışları işaret eder.

Keşif ve merak hali, yüksek ve sürekli LC aktivitesi ve genişlemiş pupil fonksiyonu ile ilişkilidir. Bu teoriye göre düşük LC aktivitesi ve küçülmüş pupiller uyku hali ile ilişkilirken, orta derecede geniş pupil, dikkatin dar olarak tek bir yere odaklandığı davranışlarla ve geniş pupiller, dikkatin görevler-davranışlar arasında geçiş yapabilecek şekilde bir nevi tarama modunda olduğu hallerle ilişkilidir (Aston-Jones ve Cohen, 2005).

Ruh Sağlığı Alanında Pupilometre Çalışmaları ve Pupil Fonksiyonları:

Pupilometri uygulamaları, 1980'li yıllardan itibaren bilişsel ve duygu işlemedeki bireysel farklılıkları yansıtacak şekilde genişletilmiştir (Beatty, 1982). Bu açılım, pupilometrinin yetişkin, ergen ve çocuklardaki bilişsel ve duygusal bozuklukların incelenmesinde olduğu gibi farklı ruh sağlığı bozukluklarında kullanım potansiyelini sağlamıştır (Hakerem ve Steinhauer, 1992). Örneğin okul öncesi çocukların davranış problemlerinin belirlenmesinde pupil çalışmaları yapılmıştır. Okul öncesi çocukların, resimlere verdiği yanıtların değerlendirildiği bir çalışmada, negatif görüntülere azalmış pupil genişlemesi cevabı gözlenmiş olup, bu cevap önemli ölçüde artan davranış, problemleri, hiperaktivite, duygusal ve akran sorunları ve azalmış sosyal uyumla ilişkilendirilmiştir (Burley ve ark., 2020).

Majör depresyonu olan çocuklarda, gözbebeği genişlemesinin azalmasının, pediatrik depresyonla ilişkili duygusal tepkisellik ve/veya düzenlemedeki sorunların bir göstergesi olabileceği bildirilmiştir (Silkve ark., 2007).

Major depresyon bozukluğu olan yetişkinlerde yapılan çalışmalarda, majör depresif bozukluğun anormal otonomik bozukluklarla ilişkili olduğu ve pupilometre kullanılarak invaziv olmayan bir şekilde bu ilişkinin ortaya konabileceği öne sürülmüştür (Mestanikova, 2017). Pupil ışık refleksinin, majör depresif bozukluğu olan yetişkinlerde, sempatik ve parasempatik sinir sistemi arasındaki dinamik dengenin bir göstergesi olabileceği öne sürülmüştür. Yapılan bir çalışmada, majör depresif bozukluğu olan yetişkin hastaların sol göz ışık reflekslerinin, sağlıklı kontrol grubuna göre daha az küçülme eğiliminde oldukları belirtilmiştir. Bu çalışmada sağ göz ışık refleksleriyle ilgili herhangi bir fark tespit edilememiştir. Sağ ve sol gözler arasındaki bu farkın, santral sinir sisteminin otonomik kontrolünün fonksiyonel lateralizasyon etkisine bağlı olabileceği düşünülmüştür (Mestanikova, 2017).

Major depresyon bozukluğu olan yetişkinlerde yapılan ve duygusal kelimelerin değerliliğinin (valence) tanımlanmasını gerektiren çalışmalarda, pupil genişlemesinin arttığı ve davranışsal tepkilerden sonra 30 saniyeye kadar sürdüğü gösterilmiştir ve depresyonda anormal pupil cevabıyla ilgili olarak, depresyondaki anormal kognitif bozukluğun pupil dilatasyonu ile bağlantılı olabileceği bildirilmiştir (Scott ve ark., 20). Bu çalışmada depresif katılımcılar, bilgi işleme süreçlerinden bağımsız olarak kontrol grubuna göre daha fazla pupil genişlemesi göstermişlerdir.

Pupil fonksiyonlarının, henüz depresyona girmemiş kişilerde potansiyel olarak bir kırılma göstergesi olarak kullanılabileceği bildirilmiştir. Depresyona yatkın kişilerin, hüzünlü bir anı düşünmesi gibi bir şekilde duygusal olarak negatif bir ruh haline sokulduklarında, depresyona yatkın olmayan kişilere göre daha az pupil genişlemesi gösterdikleri bildirilmiştir (Jones ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak, kişilerdeki pupil cevap farklılıklarının hem depresyon esnasında olabileceği hem de depresyona yatkınlık yönünden bir belirteç olabileceği sonucuna varılabilir.

Etiyolojik modeller, duygusal tepkiselliğe karşı biyolojik kırılma, borderline kişilik bozukluğunun (BKB) gelişiminde önemli bir rol oynadığını öne sürmektedir. Bununla birlikte, ergenlik döneminde, BKB semptomlarının seyrini öngören duygusal reaktivitenin fizyolojik ve fenomenolojik bileşenleri tam olarak anlaşılammıştır. Bir prospektif çalışmada (Scott ve ark., 2017), 57 ergen kızda BKB semptom gelişiminin belirteçleri olarak anne geri bildirimine verilen pupiller ve afektif tepkileri incelenmiştir. Çalışma grubuna annelerinin kendileri hakkında övücü ya da eleştirel ses kayıtları dinletilmiş ve ergenlerin pupil değişimleri ve öznel duygulanımdaki değişiklikler çalışma sırasında kaydedilmiştir. Anne eleştirisine verilen daha büyük pupil yanıtının, zaman içinde BKB semptomlarındaki artışları öngörebileceği bildirilmiştir.

Ergenler üzerinde yapılan ve sosyal bağılıklarını araştıran bir çalışmada, ergenlerin akranları tarafından reddedildiklerinde, akranları tarafından kabul edildiklerine göre daha fazla pupil genişlemesi olduğu ve reddedilmeye yanıt olarak daha fazla pupil genişlemesinin, günlük yaşamda akranlarıyla daha düşük sosyal bağıllık algıları ile ilişkili olduğunu belirtmiştir (Burley, 2020).

Kronik anksiyete bozukluğu olan kişilerde anormal pupil fonksiyonları bildirilmiş olup, bir çalışmada anksiyeteye yatkın kişilerde, olumsuz duygusal uyarılara daha küçük pupil genişlemesi gözlenmiştir (Oathes ve ark., 2011).

Görsel uyarılarla yapılan bir çalışma düzeneğindeki pupil çap değişikliklerinin, otizm spektrum bozukluğu olan yetişkinlerde hastalığın klinik ağırlığını gösterebileceği belirtilmiştir (Turi ve ark., 2018).

Travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) olan bireylerde duygu düzenleme güçlüklerinin altında yatan nöronal mekanizmaları araştırmak için pupil fonksiyonlarını incelemeyi amaçlayan bir çalışmada, duygusal uyarılara yanıt olarak pupil genişlemesinin ölçüldüğü bir göz izleme değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada TSSB grubunun, travmaya maruz kalan ancak TSSB olmayan gruba kıyasla uyarılara karşı daha fazla pupil genişlemesine sahip oldukları bildirilmiştir. Pupil genişlemesindeki bu fark, TSSB'li bireylerde bozulmuş parasempatik sinir sistemi süreçlerini yansıtır (Ginton, 2017).

Yaygın antisosyal davranışlarla ilişkili bir kişilik bozukluğu biçimi olan psikopatide de pupil çalışmaları yapılmıştır. Seksen iki antisosyal kişilik bozukluğu olan erkek hastada, üç farklı modalitede (görüntüler, sesler ve dinamik yüz ifadeleri) ile negatif, pozitif ve nötr uyarılar verilerek yapılan bir çalışmada, antisosyal kişilik bozukluğu olan grupta kontrol grubuna göre negatif imaj ve öfkeli yüzlere karşı azalmış pupil cevabının izlendiği bildirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, antisosyal kişilik bozukluğu olan kişilerde, kişilerarası olumsuz duygusal uyarıların işlenmesinde bozukluk olduğu yönündedir (Burley ve ark., 2019).

Nöroanatomi ve Nöro-görüntüleme:

Pupil çalışmalarından farklı olarak daha farklı ve ileri teknoloji ürünü görüntüleme yöntemleri de ruh sağlığı ve psikoterapi alanlarında kullanılmışlardır. Örneğin limbik sistemin bir parçası olarak kabul edilen ve corpus callosum'un hemen üstünde yer alan singulat korteks (cingulate gyrus)'ın anterior singulat korteks bölümü, majör depresif bozuklukla ilişkilendirilmiştir (Sambataro ve ark., 2018).

Fonksiyonel manyetik rezonans çalışmaları, başarılı bilişsel terapi sonrası danışanların prefrontal korteks ve limbik sisteminin değiştiğini göstermişlerdir. (Fu ve ark., 2008) Tedavi öncesi hangi hastaların, yüksek ihtimalle, bilişsel terapidenden fayda görebilecekleri nöro-görüntüleme metotları ile tahmin edilebilmektedir. Örneğin terapi öncesi subgenual singulat korteks aktivitesi düşük hastalarda, tedaviye olumlu yanıt verme beklentisi yüksektir (Siegle ve ark., 2012).

Benzer şekilde, sol subgenual, sağ pregenual ve bilateral supragenual singulat korteks hacim büyüklüklerinin, majör depresif bozukluğu olan hastaların bilişsel-davranışçı terapi ile semptomlarının iyileşmesini öngörebildikleri bildirilmiştir (Sambataro ve ark., 2018).

Tartışma:

Günümüzde, hangi hastanın, hangi terapi tekniğinden ne kadar fayda göreceği belirsizliğini sürdürmektedir. Örneğin bilişsel terapinin, depresyon tedavisinde etkinliği gösterilmiş olsa da hastaların yalnızca % 40-60'ının semptomlarının tedavi esnasında gerilediği bildirilmiştir (Hollon ve ark., 2002). Gelişen teknolojiyle birlikte, radyolojik görüntüleme yöntemlerinin ilerlemesi, insan kişiliğinin ve davranışlarının beyin özelleşmiş bazı bölümleri tarafından belirlendiğini göstermektedir. Bu bilgiler ışığında, beyin anatomisinde meydana gelen değişikliklerin kişilik ve davranışlarda değişikliklere yol açabileceği ve diğer bir bakış açısıyla davranış ve kişilik değişimlerinin, muhtemelen, beyinde anatomik değişikliklere yol açabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Bu düşünce ve klinik bakış açısıyla, psikoterapi modellerinin hangi danışanlara uygun olabileceği ve terapi modellerinin etkinlik değerlendirilmesinde, nöro-görüntüleme yöntemlerinin kullanımı önemli olabilir. Bu bağlamda pupilometri gibi nispeten basit görüntüleme yöntemlerinin, terapi modeli seçimi ve etkinlik değerlendirmesi gibi birçok alanda uygulama potansiyellerinin olduklarını düşünüyoruz.

Pupiller, genel anlamda üç farklı uyarana yanıt verirler. Işık refleksi bağlamında ışık etkisinde ve yakın bir noktaya odaklanma halinde daralır; duygusal ve bilişsel uyarılma hallerinde genel olarak genişleme eğilimi gösterirler. Pupilometrenin yaygın kullanımı, pupil fonksiyonlarının birçok alanda kullanımına yol açmıştır. Pupil cevapları muhtemelen birçok fonksiyonun parçası ve göstergesi olmakla birlikte, psikoloji ve psikoterapi gibi alanlardaki muhtemel kullanım alanları henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Pupil çapının, kişinin "tercih" inin ince bir göstergesi olmadığı, ancak güvenilir şekilde, ölçülebilir sempatik sinir sistemi aktivitesi üreten olaylara duyarlı olduğu düşünülmektedir. Yani pupil çapı bilişsel görevler, hafıza ve duygular gibi algısal, bilişsel ve duygusal faktörler tarafından etkilenebilir, pupil çapının ölçülmesi de bu konularda güvenilir bilgiler verebilir (Granholm ve Steinhauer, 2004).

Yapılan klinik çalışmalarla, örneğin majör depresif bozukluk gibi psikopatolojilerin teşhisinde, pupilometre ve pupil fonksiyonlarının kullanılabilme potansiyellerine dikkat çekilmiştir. Bunun yanında nöro-görüntüleme yöntemlerinin kullanım yaygınlığı, örneğin psikoterapi öncesi ve sonrası danışanların tanı, takip ve tedavi süreçlerinin değerlendirilmesinde giderek artsa da, bu yöntemler pahalı ve erişimi kolay olmayabilecek yöntemlerdir. Pupilometri çalışmaları; ucuzluk, girişimsel olmama özellikleri ve kolay erişim imkanları nedeniyle nöro-görüntüleme çalışmalarına iyi bir alternatif olabilirler.

Yazımızın sınırlılığı olarak da değerlendirilebilecek derleme makalelerin, bu konuya dikkat çekmesinin yanı sıra; geniş ve farklı hasta gruplarında yapılacak randomize, *kontrollü* klinik araştırmaya dayalı çalışmaların bu ilişkiyi daha iyi aydınlatabileceğini düşünüyoruz.

Sonuç:

Mevcut çalışmaların sonuçları ışığında, pupilometri çalışmaları, duygusal durumun ve bilişsel yükün bir göstergesi olabilir. Bu gösterge, psikopatolojilerin teşhisinde, uygulanması düşünülen tedavi seçiminde ve tedavi sürecinde hastanın duygu ve bilişsel süreçler anlamında tecrübe ettiği değişiklikleri değerlendirmede kullanılabilir. ucuz, hızlı ve etkili bir yöntem olabilir.

Makale yazım sürecindeki katkılarından dolayı Dr. Hatice Meriç Sağlam' a ve Dr. Fatih Kızılyel' e teşekkür ederim.

Kaynakça

- Aston-Jones, G., ve Cohen, J. D. (2005). An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: adaptive gain and optimal performance. *Annual Reviews Neuroscience*, 28, 403-450.
- Beatty, J. (1982). Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological bulletin*, 91(2), 276.
- Benarroch EE (2009). "The locus ceruleus norepinephrine system: functional organization and potential clinical significance". *Neurology*. 73 (20): 1699-704.
- Bertinotti, L., Pietrini, U., Del Rosso, A., Casale, R., Colangelo, N., Zoppi, M., and Matucci Cerinic, M. (2002). The use of pupillometry in joint and connective tissue diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 966: 446-455.
- Bradley M. M., Sapigao R. G., Lang P. J. (2017). Sympathetic ANS modulation of pupil diameter in emotional scene perception: Effects of hedonic content, brightness, and contrast. *Psychophysiology*, 54, 1419-1435.
- Burley, Daniel T., and Stephanie HM Van Goozen. (2020). "Pupil response to affective stimuli: a biomarker of early conduct problems in young children." *Journal of abnormal child psychology* 48.5: 693-701.

- Ciuffreda KJ, Joshi NR., Truong JQ. (2017). Understanding the effects of mild traumatic brain injury on the pupillary light reflex. *Concussion* 2(3), CNC36.
- Cortes, M. X., Siaron, K. B., Nadim, H. T., Ahmed, K. M., & Romito, J. W. (2021). Neurological Pupil index as an indicator of irreversible cerebral edema: a case series. *Journal of Neuroscience Nursing*, 53(3), 145-148.
- Daniel T. Burley, , Nicola S. Gray, and Robert J.(2019). Emotional Modulation of the Pupil Response in Psychopathy.Snowden, *Personal Disord.*; 10(4): 365–375.
- Fu, C. H., Williams, S. C., Cleare, A. J., Scott, J., Mitterschiffthaler, M. T., Walsh, N. D.,Murray, R. M. (2008). Neural responses to sad facial expressions in major depression following cognitive behavioral therapy. *Biologicalpsychiatry*, 64(6), 505-512.
- Ginton, Lee.(2017) Investigating pupillometry as a novel mechanism for detecting emotional regulation difficulties in individuals with PTSD. MS thesis. University of Cape Town.
- Granholm, E. E., Steinhauer, S. R. (2004). Pupillometric measures of cognitive and emotional processes. *International Journal of Psychophysiology*.
- Heneka MT, Nadrigny F, Regen T, Martinez-Hernandez A, Dumitrescu-Ozimek L, Terwel D, Jardanhazi-Kurutz D, Walter J, Kirchhoff F, Hanisch UK., Kummer MP. (2010). "Locus ceruleus controls Alzheimer's disease pathology by modulating microglial functions through norepinephrine". *ProcNatI AcadSci U S A*. 107 (13): 6058–6063.
- Hess, E. H., Polt, J. M. (1960). Pupil size as related to interest value of visual stimuli. *Science*, 1960,132, 349–350.
- Hollon SD, Thase ME, Markowitz JC.(2002). Treatment and Prevention of Depression. *Psychological Science in the Public Interest*. 3(2):39–77.
- Jones, N. P., Siegle, G. J., Muelly, E. R., Haggerty, A., Ghinassi, F.(2010). Poor performance on cognitive tasks in depression: Doing too much or not enough?. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 10(1), 129-140.
- Joshi, S.Li, Y., Kalwani, R. M., Gold, J. I. (2016). Relationships between pupil diameter and neuronal activity in the locus coeruleus, colliculi, and cingulate cortex. *Neuron*, 89(1), 221-234.
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological psychology*, 84(3), 394-421.
- Lussier, B. L., Stutzman, S. E., Atem, F., Venkatachalam, A. M., Perera, A. C., Barnes, A., ... & Olson, D. M. (2019). Distributions and reference ranges for automated pupillometer values in neurocritical care patients. *Journal of Neuroscience Nursing*, 51(6), 335-340.
- Mathôt, S. (2018). Pupillometry: Psychology, physiology, and function. *Journal of Cognition*, 1(1).
- McDougal, D. H., Gamlin, P. D. (2015). Autonomic control of the eye. *Comprehensive physiology*, 5(1), 439.
- Mestanikova, A., Ondrejka, I., Mestanik, M., Cesnekova, D., Visnovcova, Z., Bujnakova, I., ... Tonhajzerova, I. (2017). Pupillary light reflex is altered in adolescent depression. *Physiological research*, 66.
- Murphy, P. R., Vandekerckhove, J., Nieuwenhuis, S. (2014). Pupil-linked arousal determines variability in perceptual decision making. *PLoS computational biology*, 10(9), e1003854.
- Oathes, DJ., Siegle, GJ., Ray WJ. (2011). Chronic worry and the temporal dynamics of emotional processing. *Emotion* 11(1):101-114.
- Sambataro, F., Doerig, N., Hänggi, J., Wolf, R. C., Brakowski, J., Holtforth, M. G., [Seifritz E.](#), and Spinelli, S. (2018). Anterior cingulate volume predicts response to psychotherapy and functional connectivity with the inferior parietal cortex in major depressive disorder. *European neuropsychopharmacology*, 28(1), 138-148.
- Schriver, B. J., Perkins, S. M., Sajda, P., Wang, Q. (2020). Interplay between components of pupil-linked phasic arousal and its role in driving behavioral choice in Go/No-Go perceptual decision-making. *Psychophysiology*, 57(8), e13565.
- Scott, L. N., Zalewski, M., Beeney, J. E., Jones, N. P., Stepp, S. D. (2017). Pupillary and affective responses to maternal feed back and the development of borderline personality disorder symptoms. *Development andpsychopatholog*, 29(3), 1089-1104.
- Siegle, G. J., Thompson, W. K., Collier, A., Berman, S. R., Feldmiller, J., Thase, M. E., Friedman, E. S. (2012). Toward clinically useful neuroimaging in depression treatment: prognostic utility of subgenual cingulate activity for determining depression outcome in cognitive therapy across studies, scanners, and patient characteristics. *Archives of general psychiatry*, 69(9), 913-924.
- Silk JS, Dahl RE., Ryan ND., Forbes EE., Axelson DA., Birmaher B., Siegle GJ. (2007). Pupillary reactivity to emotional information in child and adolescent depression: Links to clinical and ecological measures. *American Journal of Psychiatry*.164(12):1873-1880.
- The pupillary response in cognitive psychophysiology and schizophrenia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 658(1), 182-204.
- Turi, M., Turi, Burr, DC., and Binda, P. (2018) Pupillometry reveals perceptual differences that are tightly linked to autistic traits in typical adults. *eLife*. 7: e32399.
- van Dijk, A. E., van Lien, R., van Eijsden, M., Gemke, R. J., Vrijkotte, T. G., & de Geus, E. J. (2013). Measuring cardiac autonomic nervous system (ANS) activity in children. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (74), e50073.
- Vincent D Costa, , Peter H Rudebeck. (2016). More than meets the eye: the relationship between pupil size and Locus Coeruleus activity. *Neuron*. 89(1):8-10.