

Işık ve karanlık adaptasyonunun retrobulber hemodinami üzerindeki etkileri

Simay Altan Kara, Pelin Taner, Cengiz Akarsu, Yasemin K. Bilgili, Deniz Altınok

AMAÇ

Işık uyarısının gözde sınır uyarımına dönüştürülmesi ya da karanlık adaptasyonu ve karanlıkta görebilme, retinadaki birçok fizikokimyasal mekanizma aracılığı ile mümkün olmaktadır. Amacımız, ışık ve karanlık adaptasyonu sırasındaki fizyolojik değişikliklerin retrobulber hemodinamik sirkülasyona olan etkilerini renkli Doppler ultrasonografi ile araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Yaşları 25-38 arasında değişen, 22 kadın, 8 erkek olguda toplam 60 göz renkli Doppler ultrasonografi ile incelendi. Tüm bireylerde, her iki gözde, aydınlık oda ışığında ve ortam tamamen karartılarak 20 dakikalık karanlık adaptasyonu sonrasında, santral retinal arter (SRA), oftalmik arter (OA) ve posterior siliyer arter (PSA) akım spektrumları alındı. Her arter için maksimum sistolik, minimum diastolik hız, pulsatilite ve rezistivite indeksleri saptandı.

BULGULAR

Karanlık adaptasyonu sonrasında SRA, OA ve PSA'da maksimum sistolik ve son diastolik hız artışı saptandı. Vmax artışı bilateral SRA'da, Vmin artışı bilateral SRA (her iki gözde $p<0.001$) ve PSA'da (sağ gözde $p<0.001$, sol gözde $p:0.004$) istatistiksel olarak anlamlıydı. RI değerleri tüm incelenen arterlerde azalırken sadece bilateral SRA ($p<0.001$) ve PSA'da (sağ $p:0.048$, sol $p:0.35$) saptanan indeksler istatistiksel açıdan farklılık gösterdiler. PI değerleri de, karanlık adaptasyonu sonrasında tüm incelenen arterlerde azalmış olmakla birlikte, istatistiksel açıdan farklılık saptanmadı.

SONUÇ

Karanlık adaptasyonu, muhtemelen fotoreseptörlerin metabolik ihtiyaçlarının, fotoreseptör komplekslerinin oksijen tüketiminin artması ile ilişkili olarak retrobulber hemodinamik sirkülasyonda anlamlı değişikliklere neden olmaktadır.

Göz, özel somatik afferent duylardan biri olarak kabul edilen görme duyusunun reseptör organıdır. Görme duyusu, retinadaki fotoreseptör hücreler tarafından algılanır ve optik sinir aracılığıyla görme yollarının diğer kısımlarına iletilir. Işık uyarısının gözde sinir uyarımına dönüştürülmesi ya da karanlık adaptasyonu ve karanlıkta görebilme retinadaki birçok fizikokimyasal mekanizma aracılığı ile mümkün olmaktadır. Işık ve karanlığın gözde oluşturduğu biyokimyasal değişiklikler bilinmekle birlikte bu değişimlerin retrobulber hemodinami üzerindeki etkileri tam olarak aydınlatılamamıştır (1).

Hayvan deneylerinde karanlıkta, retinanın oksijen ve glukoz tüketiminin arttığı gösterilmiştir (2-4). İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalar az sayıda olup sonuçları tartışmalıdır (5-9). Işık ve karanlık adaptasyonu sırasında koroidal ve retinal kan akımı değişiklikleri, çok sayıda iki yönlü lazer Doppler ölçümleri, lazer oftalmoskopi çalışmaları ile araştırılmıştır (5,7,9-12). Ancak bu konuda günümüzde retrobulber hemodinamik değişiklikleri saptamada en güvenilir ve etkin yöntemlerden biri olarak kabul edilen renkli Doppler ultrasonografi (RDU) ile retrobulber hemodinamik sirkülasyona yönelik yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır (11).

Gereç ve yöntem

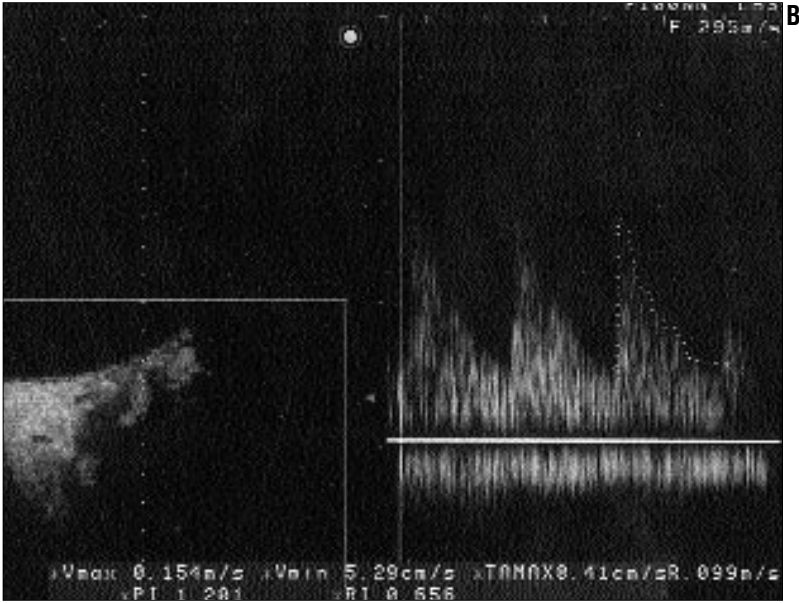
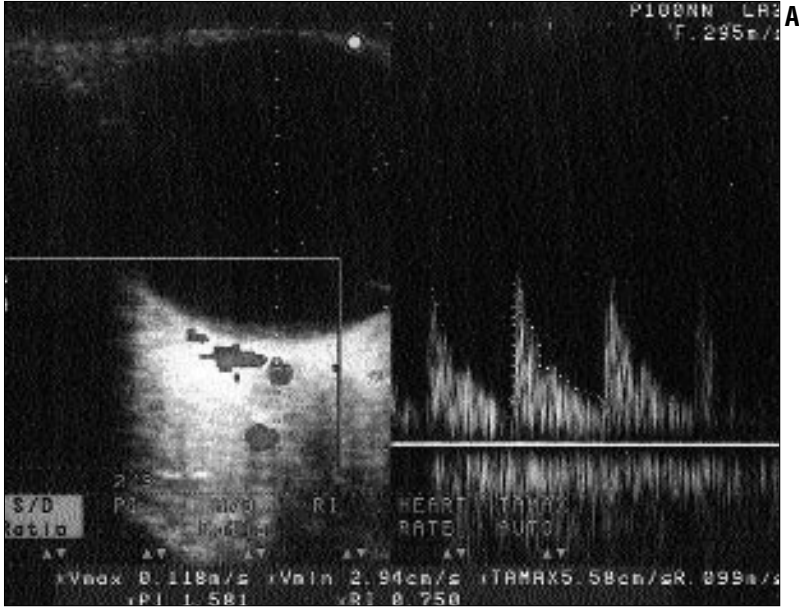
Yaşları 25-38 (ortalama 31.4 ± 5.7) arasında değişen, 22 kadın, 8 erkek toplam 30 olguda, 60 göz renkli Doppler ultrasonografi (RDU) ile incelendi. Volanter sağlıklı, oküler patolojisi, sistemik, kardiyovasküler, nörolojik hastalığı olmayan, ilaç, kafein ve sigara kullanmayan bireylerde retrobulber hemodinami değişiklikleri araştırıldı. Olguların oftalmolojik muayeneleri (görme, göz içi basıncı, karanlık adaptasyonu, pupil refleksi) normaldi.

Bireyler supin pozisyonunda tek radyolog tarafında RDU ile incelendiler. Bu amaçla GE Logic 400 MD cihazı, 7.5 MHz'lik lineer prop kullanıldı. Tüm bireylerde, her iki gözde, aydınlık oda ışığında ve ortam tamamen karartılarak 20 dakikalık karanlık adaptasyonu sonrasında, santral retinal arter (SRA), oftalmik arter (OA) ve posterior siliyer arter (PSA) akım spektrumları alındı. Işık ölçümleri yapılırken, göz kapakları gözün ışığı algılamasını sağlamak amacıyla minimal açık tutuldu. Tüm incelemelerde ilk olarak sağ, sonra sol göz ölçümleri yapıldı. Aksiyal ekseninde optik sinir lokalize edildikten sonra SRA, OA ve PSA bulunarak akım spektrumları incelendi. Akım spektrumuna paralel olarak şekilde açılı düzeltmeleri kullanıldı (<60 derece). SRA globun 10-15

S. A. Kara (E), Y.K. Bilgili, D. Altınok
Kırıkkale Üniversitesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Kırıkkale

P. Taner, C. Akarsu
Kırıkkale Üniversitesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı,
Kırıkkale

Gelişi: 27.02.2001 / Kabulü: 20.06.2002



Resim 1. A. Santral retinal arterde ışıkta alınan akım trasesi görülüyor (Vmax: 11.8 cm/s, RI: 0.75). **B.** Aynı olgunun yaklaşık 20 dakikalık karanlık adaptasyonu sonrasında santral retinal arterde artmış Vmax ve azalmış RI değerleri görülüyor (Vmax: 15.4 cm/s, RI: 0.66).

mm posteriorunda; PSA optik diskin 5-15 mm lateralinde; OA globun 20-30 mm posteriorunda görüntülenerek ölçümler yapıldı. Her arter için maksimum sistolik (Vmax), minimum diastolik hız (Vmin), pulsatilite [PI: (Vmax-Vmin)/ortalama hız] ve rezistivite [RI: (Vmax-Vmin)/Vmax] indeksleri saptandı.

İstatistiksel incelemede 'Unpaired student t test' kullanıldı, 'p<0.05' olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Sonuçlar, ortalama ± standart deviyasyon olarak hesaplandı. Sağ ve

sol göz ayrı ayrı değerlendirildi.

Bulgular

Işık ve karanlık adaptasyonu sonrasında, RDU incelemesinde elde edilen sağ ve sol göze ait ortalama SRA, OA ve PSA akım hız ve Doppler indeksleri Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur. Karanlık adaptasyonu sonrasında SRA, OA ve PSA'da maksimum sistolik ve minimum diastolik hızlarda artış saptandı. Vmax artışı, SRA'da sağ gözde %15 (p: 0.017), sol gözde %16 (p:

0.019); OA'da her iki gözde %11; PSA'da sağda %13, solda %16 oranındaydı. Vmin değerleri, SRA'da sağda %48, solda %55; OA'da sağda %11, solda %19 ve PSA'da sağda %33, solda %45 oranında artmıştı. Vmax artışı bilateral SRA'da, Vmin artışı bilateral SRA (her iki gözde p<0.001) ve PSA'da (sağ gözde p<0.001, sol gözde p: 0.004) istatistiksel olarak anlamlıydı (Resim 1).

Karanlık adaptasyonu sonrasında RI, tüm incelenen arterlerde azalırken sadece bilateral SRA (p<0.001) ve PSA'da (sağ p: 0.048, sol p: 0.35) saptanan indeksler istatistiksel açıdan anlamlıydı. PI, karanlık adaptasyonu sonrasında tüm incelenen arterlerde azalmış olmakla birlikte, saptanan değerler istatistiksel açıdan anlamlı değildi. Sağ ve sol göz arasında farklılık saptanmadı.

Tartışma

Dış kat retinada, ışığa hassas çomak ve koni adı verilen fotoreseptör hücreler bulunur. Çomaklar, alacakaranlık ve karanlıkta, koni hücreleri ise parlak ışıklı ortamda renkli görmeyi sağlarlar. Çomak hücrelerinin ışığa karşı hassasiyeti daha fazla olmasına rağmen rodopsin denilen tek tip fotopigment içerdiklerinden sadece renksiz görmeye ilgilidirler (1). Karanlık adaptasyonu ortalama 20 (2-32) dakika sürmektedir (10). Işığa hassasiyeti daha az olan konilerde ise renkli görme ile ilgili olarak uzun, orta ve kısa dalga boylu ışığa duyarlı olmak üzere 3 tip görme pigmenti bulunmaktadır.

1938 yılında Feke (6) ve Riva (7) helyum neon lazer kullanarak fundus lazer Doppler incelemesi yapmışlar, karanlıkta retinal kan akımının arttığını, bu sonucun karanlıkta fotoreseptör komplekslerinin oksijen tüketiminin artması ile ilişkili olduğunu, fotoreseptör kompleksinin yüksek enerji gereksinimi nedeniyle hafif hipoksemilerde bile karanlık adaptasyonunun geciktiğini savunmuşlardır. Bu incelemelerde kullanılan helyumun istenmeyen yönü gözde ışık uyarısını başlatabilmesi ve dolayısıyla gerçek anlamda karanlık ölçümü yapılamama-

Tablo 1. Sağ gözde elde edilen ortalama Doppler değerleri

Doppler ölçümü	SRA	OA	PSA
Vmax Işık	12.7±3.2 (p:0.017)**	33.6±8.5 (p:0.372)	13.0±4.6 (p:0.189)
Karanlık	14.6±2.9	37.3±6.7	14.7±3.9
Vmin Işık	3.7±1.5 (p:0.001)**	8.9±5.5 (p:0.578)	14.2±1.8 (p:0.004)**
Karanlık	5.5±1.5	9.9±6.0	5.6±1.2
PI Işık	1.21±0.24 (p:0.141)	1.61±0.52 (p:0.486)	1.01±0.23 (p:0.130)
Karanlık	1.11±0.29	1.52±0.34	0.89±0.21
RI Işık	0.69±0.07 (p:0.001)**	0.71±0.08 (p:0.676)	0.61±0.10 (p:0.084)
Karanlık	0.62±0.05	0.70±0.07	0.56±0.09

*Vmax ve Vmin değerleri cm/s olarak verilmiştir.

** İstatistiksel olarak anlamlı bulunan sonuçlardır (p<0.05).

SRA: Santral retinal arter, OA: Oftalmik arter, PSA: Posterior siliyer arter, Vmax: Pik sistolik hız, Vmin: Son diyastolik hız, PI: Pulsatilite indeksi, RI: Reziitivite indeksi

sıdır (6,7). Bu nedenle Riva ve arkadaşları 1987 yılında infrared lazer Doppler yöntemiyle çalışmışlardır. Tek kişilik bu çalışmada retinal kan akım hızında istatistiksel olarak anlamlı olmayan hafif düzeyde azalma saptamışlar ve öncekilerden farklı olarak, karanlık adaptasyonu sırasında retinal kan akımının artmadığını, ani aydınlatma sonucunda retinal kan akımının arttığını savunmuşlardır (8,10).

Riva ve arkadaşları iki yönlü lazer Doppler hız ölçümü ve fundus fotoğraflarıyla retinal kan akımını ölçmüş ve 5 dakika süreli karanlık sonrasında %67 oranında artış saptamışlardır (7). Feke ve arkadaşları ise bu oranı %40-70 olarak bulmuşlardır (6).

Fuchsjaeger ve arkadaşları koroidal kan akımı ve oküler fundus pulsasyon amplitüdü üzerinde yaptıkları çalışmada, karanlıkta koroidal parametrelerin %12-14 oranında azaldığını ancak ışık periyodundan sonra normale

döndüğünü göstermişlerdir (5,9,13). Oda ışığında koroidal kan akımı stabildir. Ancak gözlerden biri ışıkta kalıp diğer gözde karanlık adaptasyonu sağlandığında, ışıklı ortamdaki gözde de kan akımının azaldığı, fakat bunun %8-10 gibi daha az bir oran olduğu görülmüştür. Unilateral göz kapatıldığında diğer gözde de kan akımı parametrelerinin değişmesi, retinal adaptasyonda, nöronal kontrol mekanizmalarının da etkili olduğunu düşündürmektedir (9). Longo ve arkadaşları da karanlık adaptasyonu subfoveal koroidal kan akımının %15 azaldığını, ancak 20 dakika karanlığı takiben, yeniden ışıklı ortama maruz kalındığında 6 dakika sonra bazal değere ulaştığını göstermişlerdir. Fovea santraliste kan akımları ışık, karanlık adaptasyonu ve kuvvetli ışığa maruz kaldıktan sonra ölçülmüş, koroidal-subfoveal kan akımına benzer şekilde karanlıkta %15 azaldığı, ancak yeniden ışığa

maruz kalınca 6 dakika sonra normale döndüğü izlenmiştir (13).

Retinal kan akım hızının artmasını etkileyen nedenler, ortalama arteriyel kan basıncı, göz içi basıncı, kan viskozitesi, lümenin çapı, periferel direnç değişiklikleri olabilir. Ancak supin pozisyonunda yatan kişilerde karanlık adaptasyonu sonrasında kan basıncının değişmediği bilinmektedir (5,14). Karanlık adaptasyonunda göz içi basıncı birkaç mm Hg artabilmektedir (5). Ancak göz içi basıncının artışıyla kan akım hızı azalacağından bu faktör de SRA hız artımını açıklayamaz. Normal sağlıklı bireylerde kan viskozite değişikliği olmadığı bilinmektedir. Lümen çapı üzerine yapılan çalışmalarda, Feke ve arkadaşları karanlık adaptasyonu retinal arter dallarında ihmal edilebilir düzeyde vazodilatasyon olduğunu göstermiş (6), ancak Hill ve arkadaşları daha sonra yaptıkları benzer çalışmada anlamlı lümen çapı farklılığı saptamamışlardır (15). Bu nedenle kan akım hızı artışında rol oynayan en önemli parametre periferik vasküler direnç değişiklikleri gibi görünmektedir. Feke ve Riva'nın karanlık adaptasyonu sırasında saptadığı SRV'deki %5-8'lik çap artışı da periferik direnç azalması olasılığını desteklemektedir (6-8). Çalışmamızda da karanlık adaptasyonu sonrasında tüm arterlerde saptadığımız azalmış RI değerleri bu düşüncemizi kuvvetlendirmektedir.

Havelius ve ark. ışıkta, karanlıkta 5., 15., 25. dakikalarda, sonra da yeniden 5. dakikada ışığa maruz kalındığında SRA ve OA akımlarını RDU ile incelemişlerdir (11). Karanlıkta OA'da sistolik akım hızının düştüğünü, diastolik hızın değişmediğini göstermişlerdir. SRA'da ise sistolik ve diastolik akım hızının belirgin şekilde arttığını saptamışlardır. OA sistolik hızı karanlık adaptasyonu sağ gözde %12, solda %11 azalmıştır. Bizim çalışmamızda ise karanlık adaptasyonu sonrasında OA'da her iki gözde %11'lik artış mevcuttu. Havelius ve ark. çalışmalarındaki bu sonucu OA trasesinin farklı lokalizasyondan alınmasına bağlı olabileceğini düşünmüşlerdir. Çalışmalarında OA diastolik hızı

Tablo 2. Sol gözde elde edilen ortalama Doppler değerleri

Doppler ölçümü	SRA	OA	PSA
Vmax Işık	12.4±3.5 (p:0.019)**	33.4±7.3 (p:0.132)	14.9±4.5 (p:0.074)
Karanlık	14.4±2.8	37.3±9.1	17.4±4.6
Vmin Işık	3.6±1.3 (p:0.001)**	7.8±2.9 (p:0.178)	5.5±1.9 (p:0.001)**
Karanlık	5.6±1.8	9.3±4.5	8.0±2.7
PI Işık	1.21±0.19 (p:0.128)	1.55±0.52 (p:0.264)	0.93±0.18 (p:0.070)
Karanlık	1.11±0.28	1.43±0.32	0.83±0.19
RI Işık	0.70±0.06 (p:0.001)**	0.71±0.07 (p:0.318)	0.61±0.07 (p:0.035)
Karanlık	0.63±0.04	0.69±0.05	0.56±0.07

*Vmax ve Vmin değerleri cm/s olarak verilmiştir.

** İstatistiksel olarak anlamlı bulunan sonuçlardır (p<0.05).

SRA: Santral retinal arter, OA: Oftalmik arter, PSA: Posterior siliyer arter, Vmax: Pik sistolik hız, Vmin: Son diyastolik hız, PI: Pulsatilite indeksi, RI: Reziitivite indeksi

zı ve RI karanlık adaptasyonu sırasında değişmemektedir. Uyumlu olarak biz de çalışmamızda OA'da Vmin, RI ve PI'da anlamlı fark saptamadık. SRA'da Vmax'ta sağ gözde %25, sol gözde %32'lik artış tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Biz de çalışmamızda sağ gözde %15, sol da %16'lık artış saptadık. Karanlık adaptasyonu sonrasında SRA, Vmin sağ gözde %68, sol gözde %53 artmış, bizim çalışmamızda da benzer şekilde sağda %48, sol gözde %55 oranında artmıştır. SRA, RI değerleri incelendiğinde karanlık adaptasyonu azaldığı saptanmış, bizim çalışmamızda da benzer şekilde RI düşmüştür.

Çalışmamızda diğer çalışmalara ek olarak PSA'yı da inceledik ve diğer arterlere benzer şekilde Vmax ve Vmin'de artış, PI-RI'de azalma saptadık. Bu artışın diğer arterlere benzer şekilde retina ve fotoreseptörlerin metabolik ihtiyacının artışı ile ilgili olabileceğini düşündük.

RDU, oküler hastalıkların tanısı ve izleminde yol gösteren, basit, ucuz, non-invaziv, güvenilir ve tekrarlanabilen bir yöntemdir. Gözün bir bütün olarak görüntülenmesi, eşlik edebilecek diğer patolojilerin saptanabilmesi RDU'yu diğer tekniklere daha üstün kılmaktadır (16,17). RDU incelemesi, gerçek karanlığın sağlanabilmesi, tekrarlanabilirliği, gözlerin fikse olması-

nın gerekmemesi gibi nedenlerle lazer incelemelerden daha avantajlıdır. Tek dezavantajı inceleme sırasında probun minimal basısı nedeniyle, göz içi basıncının minimal artabilmesidir. Ancak inceleme tecrübeli bir radyolog tarafından yapılırsa bu hatanın da ortadan kaldırılabileceği belirtilmektedir (11). Olgularımızda da inceleme tek radyolog tarafından özenle yapıldı ve minimal bası uygulanarak bu dezavantaj en aza indirilmeye çalışıldı.

Sonuçta, karanlık adaptasyonu muhtemelen fotoreseptörlerin metabolik ihtiyaçlarının artması ile ilişkili olarak retrobulber hemodinamik sirkülasyonda anlamlı fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişikliklerin aydınlatılması karanlık adaptasyon bozuklukları ile seyreden göz hastalıklarında oluşabilecek akım değişikliklerinin de değerlendirilmesinde yol gösterecektir.

LIGHT AND DARK ADAPTATION EFFECTS ON RETROBULBAR HEMODYNAMIC CIRCULATION

PURPOSE: The transformation of light stimulation to nerve induction or dark adaptation and vision in the darkness may become possible via physicochemical reactions in the retina. We aimed to investigate the physiologic changes in regard to retrobulbar hemodynamic circulation with color Doppler ultrasound.

MATERIALS AND METHODS: A total of 60 eyes in 22 female and 8 male patients with ages ranging from 25 to 38 years were evaluated with color Doppler ultrasound. We measured the flow spectrums of the central retinal artery (CRA), ophthalmic artery (OA) and posterior ciliary artery (PCA) in both eyes both in room light, and following dark adaptation after 20 minutes. We measured maximum systolic, minimum diastolic velocities, pulsatility (PI) and resistivity indices (RI) for all arteries.

RESULTS: Maximum systolic and minimum diastolic velocities showed an increase in CRA, OA and PCA following dark adaptation. The increase of Vmax in bilateral CRA, and Vmin of bilateral CRA (in both eyes $p<0.001$), and in PCA (right $p<0.001$, left $p=0.004$) were statistically significant. The values of RI decreased in all the arteries, however only bilateral CRA ($p<0.001$) and PCA (right $p=0.048$, left $p=0.035$) revealed a statistical significance. Although the values of PI decreased in all arteries, we did not obtain a significant difference.

CONCLUSION: Dark adaptation possibly related to the metabolic needs of the photoreceptors and the increase in the oxygen consumption of the photoreceptor complexes result in significant changes in the retrobulbar hemodynamic circulation.

TURK J DIAGN INTERVENT RADIOL 2002; 8:335-338

Kaynaklar

- Green DG. Visual acuity, color vision and adaptation. In: Albert DM, Jacobiec EA eds. Principles and Practice of Ophthalmology. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 2000; 1673-1688.
- Bill A, Sperber GO. Aspects of oxygen and glucose consumption in the retina: effects of high intraocular pressure and light. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1990; 228:124-127.
- Linsenmeier RA, Braun RD. Oxygen distribution and consumption in the cat retina during normoxia and hypoxemia. J Gen Physiol 1992; 99:177-197.
- Braun RD, Linsenmeier RA, Goldstick TK. Oxygen consumption in the inner and outer retina of the cat. Invest Ophthalmol Vis Sci 1995; 37:473-475.
- Longo A, Geiser M, Riva CE. Subfoveal choroidal blood flow in response to light-dark exposure. Invest Ophthalmol Vis Sci 2000; 41:2678-2683.
- Feke GT, Zuckerman R, Green GJ, Weiter

- JJ. Response of human retinal blood flow to light and dark. Invest Ophthalmol Vis Sci 1983; 24:136-141.
- Riva CE, Grunwald JE, Petrig BL. Reactivity of the human retinal circulation to darkness: a laser Doppler velocimetry study. Invest Ophthalmol Vis Sci 1983; 24:737-740.
- Riva CE, Petrig BL, Grunwald JE. Near infrared retinal laser Doppler velocimetry. Lasers Ophthalmol 1987; 1:211-215.
- Fuchsjaeger-Mayri G, Polska E, Malec M, Schmetterer L. Unilateral light-dark transitions affect choroidal blood flow in both eyes. Vision Res 2001; 41:2919-2924.
- Riva CE, Logean E, Petrig BL, Falsini B. Effect of dark adaptation on retinal blood flow. Klin Monatsbl Augenheilkd 2000; 216:309-310.
- Havelius U, Hansen F, Hindfelt B, Krakau T. Human ocular vasodynamic changes in light and darkness. Invest Ophthalmol Vis Sci 1999; 40:1850-1855.
- Michelson G, Langhans MJ, Grohn MJ.

- Clinical investigation of the combination of a scanning laser ophthalmoscope and laser Doppler flowmeter. Ger J Ophthalmol 1995; 4:342-349.
- Longo A, Geiser M, Riva CE. Effect of light on choroidal blood flow in the fovea centralis. Klin Monatsbl Augenheilkd 2000; 216:311-312.
- Guthoff RF, Berger RW, Winkler P, Halmke K, Chumbley LC. Doppler ultrasonography of the ophthalmic and central retinal vessels. Arch Ophthalmol 1991; 109:532-536.
- Hill DW, Houseman J. Retinal blood flow in the cat following periods of light and darkness. Exp Eye Res 1985; 41:219-225.
- Baxter GM, Williamson TH. Color Doppler imaging of the eye: normal ranges, reproducibility and observer variation. J Ultrasound Med 1995; 14:91-96.
- Özdemir H, Yücel C, AYTEKİN C, et al. Intraocular tumors: the value of spectral and color Doppler sonography. Clin Imaging 1997; 21:77-81.