

原著

白内障術後眼血流に眼軸長の及ぼす影響の検討

井田 洋輔, 日景 史人, 伊藤 格, 大黒 浩

札幌医科大学 眼科学講座

Relationship between axial lengths and postoperative ocular blood flows after cataract surgery.

Yosuke IDA, Fumihito HIKAGE, Kaku ITOH, Hiroshi OHGURO.

Departments of Ophthalmology, Sapporo Medical University School of Medicine

ABSTRACT

PURPOSE. The purpose of the present study is to study the relationship between axial lengths and postoperative optic nerve head (ONH) blood flow after cataract surgery.

METHODS. Three hundred and forty-nine eyes from patients who had undergone cataract surgery were included in the study. Five groups were categorized in accordance with axial lengths as follows: 1) 22 mm group (axial length < 23 mm, 110 eyes), 2) 23 mm group (23 mm ~ 24 mm, 121 eyes), 3) 24 mm group (24 mm ~ 25 mm, 56 eyes), 4) 25 mm group (25 mm ~ 26 mm, 34 eyes), and 5) 26 mm group (\geq 26 mm, 28 eyes). Intraocular pressures (IOPs) and ONH blood flow were measured by laser speckle flowgraphy (LSFG) at pre- and post-surgery and again at 1, 4, and 12 weeks.

RESULTS. The average mean blur rate (MBR) significantly increased in the 22 mm group, 23 mm group, 24 mm group, and was continuing at 12 weeks after surgery. The mean of vascular area (MV) did not change during the perioperative period. However, mean of tissue area (MT) apparently increased in all groups during all of the postoperative periods. This indicated that improvements of the ONH blood flow were based on the increase of the MT. Upon cataract surgery, macula MBR increased only in the eyes of the 23 mm group.

CONCLUSIONS. Our present study demonstrated that postoperative beneficial effects on ONH and macula blood flow after cataract surgery were observed in the normal axial length (23 mm) eyes, while such effects were not expected in myopic eyes.

(Received September 11, 2019 and Accepted November 1, 2019)

Key words: cataract surgery, myopia, laser speckle flowgraphy

1 緒言

近視は最も一般的な屈折異常であり、現在世界的にも増加傾向にあり、その眼血流を評価するさまざまな研究対象となっている。現在、近視研究会によって近視の診断基準は、近視：等価球面值が $-0.5D$ かそれを超えるもの、強度近視：等価球面值が $-6.0D$ または眼軸長 26.0 mm 以上のものと定義されている¹⁾。このうち、等価球面值、すなわち屈折度を形成する要素には水晶体屈折力も含まれており、水晶体屈折力は核白内障の進行に伴い増加することが知られている。眼軸長の増加に伴う近視では、強膜、脈絡膜、および網膜組織の伸張と菲薄化、および網膜血管径の減少を

もたらし、眼の血流を妨げるとされている²⁾。現在までの報告では、使用されている診断方法に関係なく、高眼軸長で網脈絡膜萎縮をきたした眼では眼血流が低いことが報告されている²⁾。Aizawaらは、レーザー-speckle法 (laser speckle flow graphy : LSFG) を使用して長眼軸眼患者の視神経乳頭血流について検討したところ近視眼の視神経乳頭血流は正常眼グループと比較して減少していることを報告している³⁾。

しかし、このような長眼軸眼における眼血流の低下は眼組織の菲薄化を引き起こす原因の変化なのか、それとも逆に変化の結果なのかということ是不明である。つまり、眼球壁が機械的に引き伸ばされて厚みが減少し、組織の酸素需要が減少するため眼血流が低下する。

さらに、眼血流低下に伴い眼球壁を主体とした組織が菲薄化するものと考えられている²⁾。

加齢に伴って生じる水晶体の硬化および混濁化するなわち白内障の手術は眼科領域で最も多く施行される術式で近年では切開創が2-3 mmの極小切開創からの超音波乳化吸引術で水晶体を摘出し、眼内レンズを挿入する術式の普及により無縫合で可能になり、短時間かつ日帰り手術も可能になってきている。眼内レンズの度数は計算式で求められ、広く用いられているSRK-T式(第3世代)では $P=A-2.5L-0.9K$ (P:眼内レンズ度数, K:角膜屈折力, L:眼軸長, A:眼内レンズA定数)で求められる⁴⁾。しかし、このような安全かつ侵襲が軽微な術式とはいえ、術中および術後の眼内炎症や水晶体から人工眼内レンズに代わる物理的な変化は眼内の血流動態に変化をもたらすことが知られている。従ってもともと正常眼軸眼に比べて血流動態が低下した長眼軸眼に対する白内障手術がどのような影響をもたらすかは術後の視力変化並びに長期予後に大きく影響することが予想される。

今回我々は、白内障手術前後の眼血流の動態と眼軸長の関係性を詳細に検討する目的で異なる眼軸長に対して行った白内障手術前後の視神経乳頭血流動態および黄斑部血流動態をLSFGを用いて比較検討したので報告する。

2 対象および方法

対象は2017年1月から2017年12月に市立室蘭総合病院で白内障手術を受け術前後に眼血流を計測できた349眼、内訳は男性154眼、女性195眼であった(市立室蘭総合病院倫理委員会承認番号2018-03)。LSFGの測定が困難な角膜混濁例、水晶体混濁の強い症例、硝子体出血のある症例などは除外した。眼血流に影響を与える可能性のあるコントロール不良な高血圧症患者(Keith-Wagner分類II群以上)、糖尿病患者は除外した。さらに、高眼軸長で網脈絡膜萎縮をきたし、すでに血流障害が生じている可能性のある患者は

除外した。術前に光学式眼軸長測定を行い、眼軸に応じて、眼軸が23 mm未満の群(22 mm群)、23 mm以上24 mm未満の群(23 mm群)、24 mm以上25 mm未満の群(24 mm群)、25 mm以上26 mm未満の群(25 mm群)、26 mm以上の群(26 mm群)の5群に分けた。既報によると成人の日本人の眼軸長の平均値は23.4 mmとされており⁵⁾、本研究に含まれた症例でも23 mm群の割合が最も多かった。

術式は全症例とも超音波水晶体乳化吸引術+眼内レンズ挿入術を行い、各群における術前後の視神経乳頭血流および黄斑部血流並びに視力および眼圧について術前および術後1週間後、4週間後および12週間後に測定し、比較検討した。視神経乳頭血流および黄斑部血流をLSFGを用いて測定した。LSFGはLSFGシステム第4世代機種(ソフトケア有限会社、姫路市)を使用した。測定は被験者の術眼をトロピカミド・塩酸フェニレフリン(ミドリリンP®参天製薬)にて散瞳し、非散瞳の僚眼で固視点を注視させて行った。測定に使用するレーザー波長は830 nmで、神経乳頭および黄斑領域の網脈絡膜循環を描出した(図1)。測定で得られたレーザー散乱干渉模様をLSFG解析ソフトのLSFG-NAVI(ソフトケア有限会社、姫路市)で二次元画像化し、血流マップを作成した。血球の移動速度を表すmean blur rate(MBR)を計測して、平均乳頭血流(Average)と黄斑部血流(Macula)を測定した。乳頭血流に関しては、血管部分のMBR(mean of vascular area: MV)と組織部分のMBR(mean of tissue area: MT)それぞれに関して比較検討を行った。眼圧は非接触自動眼圧測定装置(NIDEK、蒲安市)を用いて測定した。

3 結果

患者の性別、年齢、手術前後の視力などの患者背景は表1に示す。LSFGを用いたMBRの計測では年齢との負の相関関係が報告されている⁶⁾。今回の症例では、25 mm群と26 mm群が22 mm群よりも有意に

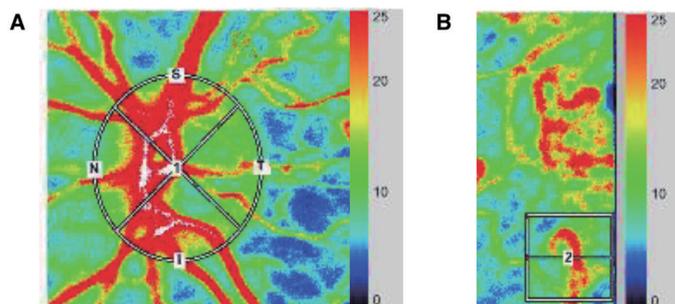


図1. LSFGによって測定されたMBRの複合カラーマップ。

- (A) 赤色は高いMBRを示し、青色は低いMBRを示す。ONHの血流のMBRを測定するために、ONHに円形の継続領域を設定した。
 (B) 黄斑上の血流のMBRを測定するために、黄斑上に正方形の計測領域を設定した。

年齢が若かった。しかし、年齢以外に MBR に影響を与えるとしてされている眼圧に関しては術前に各群間に有意差はなかった。

意差はなかった。

図 2 に各群における代表症例の 2 次元画像および

表 1. 各群の背景

	22 mm	23 mm	24 mm	25 mm	26 mm
眼軸長	< 23 mm	23~24 mm	24~25 mm	25~26 mm	26 mm ≤
数(眼)	110	121	56	34	28
年齢	75.9 ± 7.0	74.7 ± 8.9	75.5 ± 8.7	71.1 ± 9.3*	7.08 ± 12.4*
男性/女性	31/79	52/69	35/21	21/13	15/13
右眼/左眼	55/55	58/63	25/31	18/16	15/13
術前眼圧 (mmHg)	14.3 ± 3.9	14.1 ± 3.1	13.5 ± 2.7	14.4 ± 3.8	12.9 ± 3.6

年齢には 22 mm 群と 25 mm 群および 26 mm 群の間に有意差があり (*: P<0.05, Ordinary one way ANOVA, Turkey's multiple comparisons test), そのほかの被験眼の臨床的特徴に他の有意差はなかった。

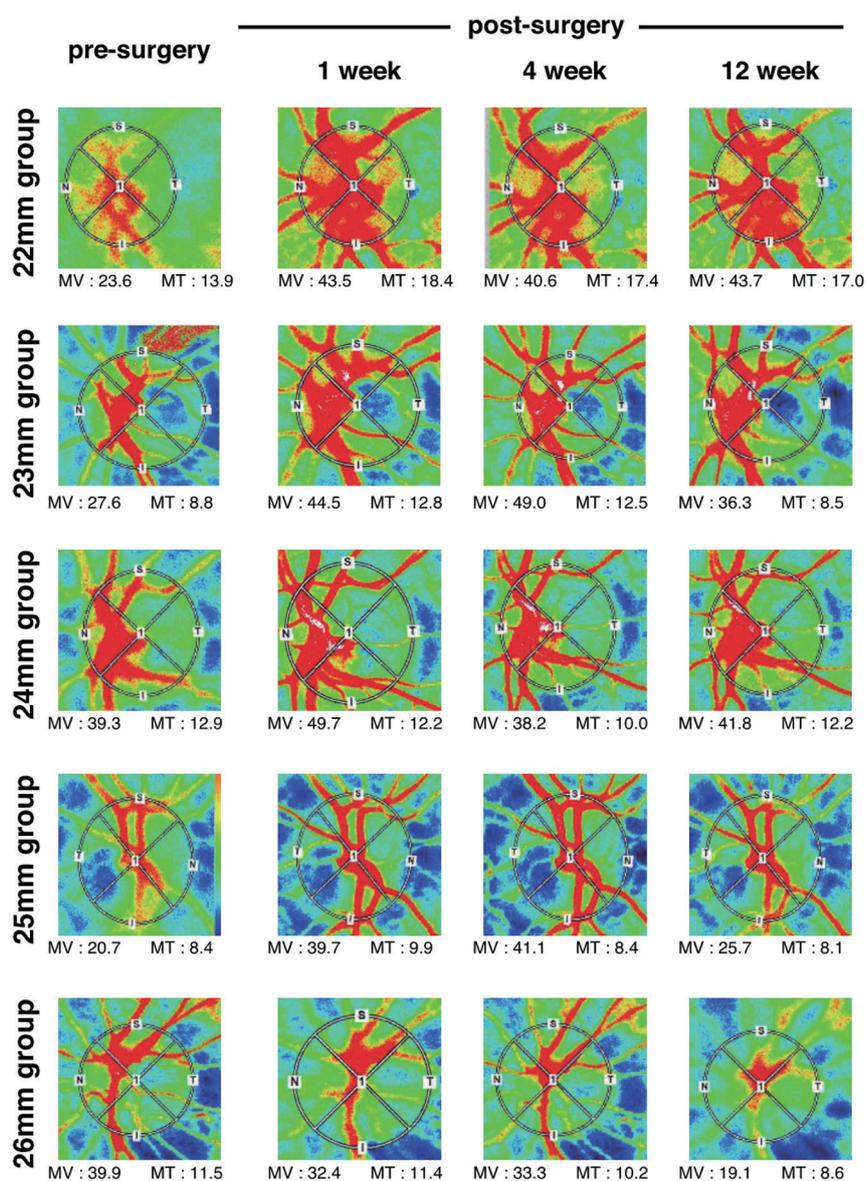


図 2. 各群の白内障手術前後での複合カラーマップと ONH の MBR 変化。

複合カラーマップの手術前(左)と手術 1, 4, 12 週間後(右)を比較すると、正常眼軸長群では、ONH の平均 MBR は術後大幅に増加した。しかし、この増加は近視群では明らかではなかった。各複合カラーマップの血管部分の MBR (mean of vascular area : MV) および組織部分 MBR (mean of tissue area : MT) をカラーマップの下に記載。

図3に術前の各群におけるMBR成分の比較を示す。術前の状態では平均乳頭血流(Average)は眼軸長による有意差を認めなかった。さらに、各群においてMV、MTにおいて有意差はみられず、黄斑部血流(Macula)にも各群間で術前に有意差はみられなかった。

術前後のLSFGの変化として、22mm群と23mm群では術直後の1週間後からAverageが増加する症例が多く、この増加は12週間後にも継続していた(図2および図4)。しかし、25mm群と26mm群においてはこのような変化はみられなかった。また、MVに関しては各群ともに周術期中に有意な変化を示さなかった。一方、MTに関しては白内障手術後にすべての眼軸長のグループで術前と比較して明らかに増加した。このMTの増加は手術1週間後、4週間後及び12週間後の全ての時点で確認できた。黄斑部血流は、乳頭血流に比較すると術後の術前後の変動幅は少なかったが、23mm群でのみ術後1週間および12週間後の時点で有意に増加していた。

4 考察

眼球への血流供給は主に眼動脈(ophthalmic artery: OA)とその枝が担っている。OAに影響を与える血流障害が生じた場合には、眼球への血流供給は中硬膜動脈と涙液嚢動脈の間、もしくは鼻背動脈からの吻合により、眼球に血液が供給される場合がある。網膜中心動脈は、網膜の内層に血液を供給する眼動脈の最初の枝で解剖学的な末端動脈である。視床動脈から分岐する他の枝には、脈絡膜および毛様体に到達する短後毛様動脈および長後毛様動脈がある。さらに、前毛様動脈から前眼部に血流が供給される。これらの血管から

供給される眼の総血流量は概ね1ml/minと推定されている。しかも、そのほとんどがぶどう膜の血管系に供給され、網膜に供給されるのはわずか2~5%とされる⁷⁾。

眼血流は、局所調節因子および全身調節因子、ならびに自己調節メカニズムの影響を受ける。後者のメカニズムは、動脈血圧だけでなく、眼圧または代謝パラメータの変動にも依存する灌流圧の変化が生じて、一定の眼血流を維持するのに役立っている⁸⁾。血流の変化に影響することが知られている眼要因には、眼圧、緑内障や糖尿病性網膜症などの疾患が含まれる。また、年齢、血圧、体位の変化、空気組成、および薬物により、眼血流が変化する可能性があることも知られている⁹⁾。さらに、眼血流は温度、明るさ、大気圧、高度などの外部および環境要因の影響も受けるとされている。

現在、眼血流を評価するのに利用可能な方法は多数ある。一般的に網膜血管閉塞疾患や糖尿病網膜症などの網膜循環異常を有する症例に対する循環動態の検査として、眼科領域では以前より蛍光眼底造影検査が汎用されており、無灌流領域の検出、新生血管の有無など多くの有用な情報が得られることが知られている。しかし、稀ではあるが一定の確率で引き起こされるショックの合併症の可能性に加えて、侵襲的検査ゆえに使用する薬剤に対するアレルギーや全身状態の悪い症例には施行できないなどの欠点もある。また定性的な検査であるため眼血流動態を定量できないことなどが挙げられる。

これに対して、網膜循環の定量的な評価法としては、Microsphere法¹⁰⁾、水素ガスクリアランス法¹¹⁾などが実験的に試みられたが、臨床応用には至らなかった。

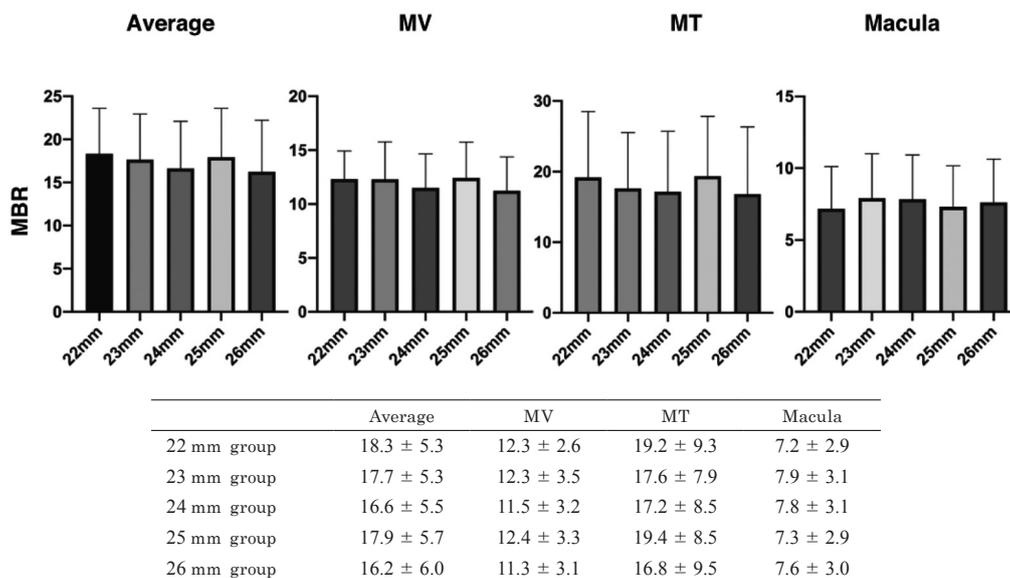
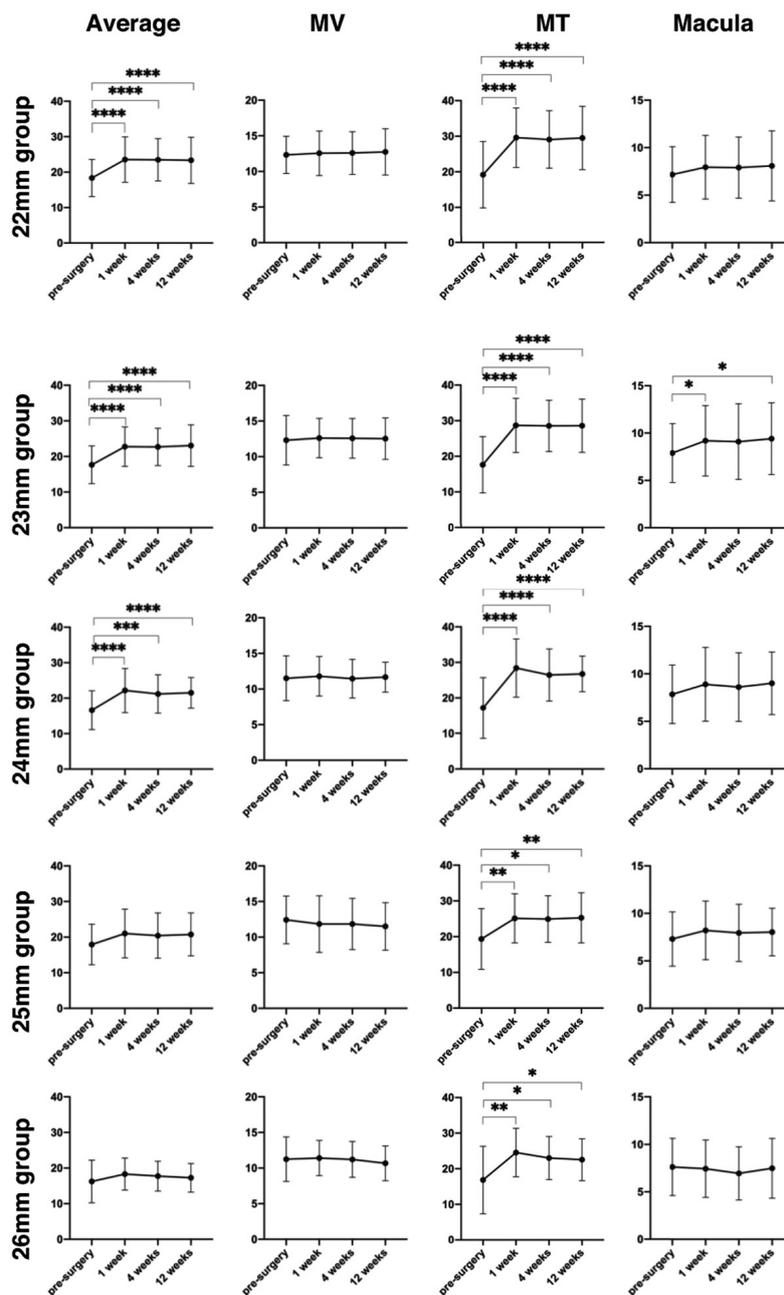


図3. 各群の術前乳頭部血流および黄斑部血流の比較
眼血流は各成分において各群間で有意な差は認めなかった。(Ordinary One way ANOVA)



	Average				MV			
	pre-surgery	1 week	4 weeks	12 weeks	pre-surgery	1 week	4 weeks	12 weeks
22 mm group	18.3 ± 5.3	23.5 ± 6.4	23.5 ± 6.0	23.4 ± 6.5	12.3 ± 2.6	12.6 ± 3.1	12.6 ± 3.0	12.7 ± 3.2
23 mm group	17.7 ± 5.3	22.8 ± 5.5	22.7 ± 5.2	23.0 ± 5.8	12.3 ± 3.5	12.6 ± 2.8	12.6 ± 2.8	12.5 ± 2.9
24 mm group	16.6 ± 5.5	22.2 ± 6.2	21.2 ± 5.4	21.5 ± 4.3	11.5 ± 3.2	12.7 ± 5.4	11.5 ± 2.7	11.7 ± 2.1
25 mm group	17.9 ± 5.7	21.0 ± 6.8	20.4 ± 6.4	20.8 ± 6.0	12.4 ± 3.3	11.8 ± 4.0	11.9 ± 3.6	11.5 ± 3.3
26 mm group	16.2 ± 6.0	18.3 ± 4.5	17.7 ± 4.2	17.3 ± 4.0	11.3 ± 3.1	11.4 ± 2.5	11.2 ± 2.5	10.7 ± 2.4

	MT				Macula			
	pre-surgery	1 week	4 weeks	12 weeks	pre-surgery	1 week	4 weeks	12 weeks
22 mm group	19.2 ± 9.3	29.6 ± 8.3	29.1 ± 8.1	29.5 ± 8.9	7.2 ± 2.9	7.9 ± 3.3	7.9 ± 3.2	8.1 ± 3.7
23 mm group	17.6 ± 7.9	28.7 ± 7.6	28.6 ± 7.2	28.6 ± 7.5	7.9 ± 3.1	9.2 ± 3.7	9.1 ± 4.0	9.4 ± 3.8
24 mm group	17.2 ± 8.5	28.4 ± 8.2	26.4 ± 7.3	26.8 ± 5.0	7.8 ± 3.1	8.9 ± 3.9	8.6 ± 3.6	9.0 ± 3.3
25 mm group	19.4 ± 8.5	25.1 ± 6.9	24.9 ± 6.5	25.3 ± 7.0	7.3 ± 2.9	8.2 ± 3.1	7.9 ± 3.0	8.0 ± 2.5
26 mm group	16.8 ± 9.5	24.6 ± 6.8	23.0 ± 6.0	22.6 ± 5.9	7.6 ± 3.0	7.4 ± 3.0	6.9 ± 2.8	7.5 ± 3.1

図 4. 周術期の MBR の統計解析.

各群における手術前, 手術後 1, 4, および 12 週間後の MBR を比較検討した. MBR は ONH 全体平均の MBR, MV, MT, および黄斑血流をそれぞれ統計解析した. (paired T 検定, Bonferroni correction, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.005, ****: P < 0.001)

近年、眼底血流を非侵襲的かつ定量的に評価できる手法としてはカラードップラー法 (color Doppler imaging: CDI), レーザードップラー法 (laser Doppler velocimetry: LDV)¹²⁾ および LSFG¹³⁾ が開発された。CDI および LDV では測定値が絶対値で表される一方、固定した比較的大きな大血管の信号しか測定できず¹⁴⁾、微細な血管や組織血流を描出することは困難である。計測範囲が狭いことや時間分解能が低いことなどから CDI および LDV は日常臨床への応用はされず、主に研究目的で使用されている。

これに対して、LSFG は測定する部位のレーザー散乱を利用した検査法で、測定値は各部位における血流動態を経時的に検討することが可能である¹³⁾。本研究でもこの特性を生かして乳頭血流の血管血流と組織血流に関して継時的に比較検討することができた。さらに、視神経乳頭の血管を描出することが可能なので血管の血流を確認しながらの血流の比較検討可能である¹³⁾。LSFG の血流流速の指標として MBR が用いられる。MBR はスペckル光の平均ブレ率を表す血流速度の指標であり、血球の動きが反映されるスペckルパターンがゆっくり動くときはブレが少ないので MBR は低値をとり、逆に血球が早く動くときにはブレが多くなり MBR は高値となる。実験的に MBR は水素クリアランス法^{15, 16)}、マイクロフェア法¹⁷⁾ と相関があり、血流速度を反映していることが証明されている。また、MBR は血流速度のみならず、血流量を反映することが報告されている¹⁸⁾。しかし、MBR は高い再現性があるものの絶対値でなく、単位を持たない相対値であるため同個体同一組織での比較検討に用いられることが多い。しかし、最近では波形解析を用いることで、年齢や緑内障病期による血流値の特性¹⁹⁾ が報告されており、一定の条件下では異個体でも比較検討しうることが示唆されている。そのため、LSFG はこれまで緑内障、網膜疾患、視神経疾患などについて基礎研究、臨床研究が行われてきている^{19, 20, 21, 22)}。

長眼軸眼の血流評価に焦点を当てた既報は多くあるが、屈折異常のない被験者と比較して、長眼軸眼の被験者の流量パラメータは著しく低かった²⁾。CDI 法では長眼軸眼において網膜および脈絡膜の血流速度が低下し、屈折異常の増加とともに平均速度が低下するとされている²⁾。これらの観察結果は、血管造影で認められる血流の遅延と一致している。また、LSFG を使用した研究では、長眼軸眼において乳頭周囲の網膜血流が低下することが報告されている³⁾。

これらの違いはおそらく、眼球の伸長に関連する組織の機械的伸張と菲薄化によるものが考えられる。組織の伸長および菲薄化は、酸素と栄養素に対する組織の代謝需要の減少を引き起こすと考えられている。また、別の理由としては、眼血流の減少が組織の二次的

な菲薄化につながる可能性も示唆している。

本研究では、これらの眼軸長と眼血流との関係に加えて、白内障手術を行いこれらに手術ストレスを加えた際の関連性について比較的多くの患者数で比較検討した。今回の結果では白内障手術後の平均乳頭血流は正常眼軸長に近い 22 mm 群、23 mm 群、および 24 mm 群において有意に改善した。しかし、25 mm 群と 26 mm 群においてはこの平均乳頭血流の増加は認めなかった。また、MV については全ての群で術前後に有意差はなかった。対照的に MT は全ての眼軸長において改善した。これらのことから特に正常眼軸眼において術後に平均乳頭血流が増加するのは血管血流よりも組織血流の増加が寄与している可能性が高いものと考えられた。

これに加えて今回黄斑血流に対する影響を検討したところ、白内障術後の有意な上昇は正常眼軸長に最も近い 23 mm 群では観察されたが、同様の効果は他の群では認められなかった。中心視力に関係する黄斑部の血流に関して、正常眼においては改善するが、長眼軸眼では改善しないことから、我々眼科医が日常診療で黄斑疾患を持つ患者に対して白内障手術をする際に術後の黄斑血流の改善、ひいては視力改善において眼軸長を考慮し、手術中の眼灌流圧などに注意を払う必要が示唆された。

本研究に関し、開示すべき利益相反状態は存在しない。

5 文献

1. 坪田一男. 近視進行予防のサイエンス. 東京: 金原出版; 2019. 1-8.
2. Grudzinska E, Modrzejewska M. Modern Diagnostic Techniques for the Assessment of Ocular Blood Flow in Myopia: Current State of Knowledge. *J Ophthalmol*. 2018; 4694789. doi: 10.1155/2018/4694789.
3. Aizawa N, Kunikata H, Shiga Y, Yokoyama Y, Omodaka K, Nakazawa T. Correlation between structure/function and optic disc microcirculation in myopic glaucoma, measured with laser speckle flowgraphy. *BMC Ophthalmol*. 2014; 14: 113. doi: 10.1186/1471-2415-14-113.
4. 田野保雄, 樋田哲夫総編集, 大路正人, 山田昌和, 野田徹編. 今日の眼疾患治療指針 第2版. 東京: 医学書院; 2007: 638-640.
5. 馬嶋昭生. 小眼球症とその発生病理学的分類. *日本眼科学会雑誌* 1994; 98: 1180-1200.
6. 田村明子, 小暮朗子, 渡辺五郎, 岸章治, 堀貞夫. レーザースペckルフローグラフィを用いた正常眼における網脈絡膜血流動態と加齢の関係. *日本眼科学会雑誌* 2013; 117: 110-116.
7. Williamson TH, Harris A. Ocular blood flow measurement. *Br J Ophthalmol*. 1994; 78: 939-945.
8. Modrzejewska M. [The regulating mechanisms of retinal and choroidal circulation]. *Klin Oczna*. 2012; 114: 131-134. Polish

9. Costa VP, Harris A, Anderson D, Stodtmeister R, Cremasco F, Kergoat H, et al. Ocular perfusion pressure in glaucoma. *Acta Ophthalmol.* 2014; 92: e252-266.
 10. Brown BW, Hales JR, Mattner PE. Capillary blood flow in sheep ovaries, measured by iodoantipyrine and microsphere techniques. *Experientia.* 1974; 30: 914-915.
 11. Aukland K, Berliner RW. Renal Medullary Countercurrent System Studied with Hydrogen Gas. *Circ Res.* 1964; 15: 430-442.
 12. Riva CE, Grunwald JE, Sinclair SH, Petrig BL. Blood velocity and volumetric flow rate in human retinal vessels. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1985; 26: 1124-1132.
 13. Tamaki Y, Araie M, Tomita K, Nagahara M, Tomidokoro A, Fujii H. Real-time measurement of human optic nerve head and choroid circulation, using the laser speckle phenomenon. *Jpn J Ophthalmol.* 1997; 41: 49-54.
 14. Lieb WE, Cohen SM, Merton DA, Shields JA, Mitchell DG, Goldberg BB. Color Doppler imaging of the eye and orbit. Technique and normal vascular anatomy. *Arch Ophthalmol.* 1991; 109: 527-531.
 15. Takahashi H, Sugiyama T, Tokushige H, Maeno T, Nakazawa T, Ikeda T, Araie M. Comparison of CCD-equipped laser speckle flowgraphy with hydrogen gas clearance method in the measurement of optic nerve head microcirculation in rabbits. *Exp Eye Res.* 2013; 108: 10-15.
 16. Sugiyama T, Utsumi T, Azuma I, Fujii H. Measurement of optic nerve head circulation: comparison of laser speckle and hydrogen clearance methods. *Jpn J Ophthalmol.* 1996; 40: 339-343.
 17. Wang L, Cull GA, Piper C, Burgoyne CF, Fortune B. Anterior and posterior optic nerve head blood flow in nonhuman primate experimental glaucoma model measured by laser speckle imaging technique and microsphere method. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012; 53: 8303-8309.
 18. 岡本兼児, レーブン・トゥイ, 高橋則善, 安本篤史, 藤井仁. Laser Speckle Flowgraphy による網膜血管流量解析. *あたらしい眼科.* 2010; 27: 256-259.
 19. Shiga Y, Omodaka K, Kunikata H, Ryu M, Yokoyama Y, Tsuda S, Asano T, Maekawa S, Maruyama K, Nakazawa T. Waveform analysis of ocular blood flow and the early detection of normal tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013; 54: 7699-7706.
 20. Sugiyama T, Araie M, Riva CE, Schmetterer L, Orgul S. Use of laser speckle flowgraphy in ocular blood flow research. *Acta Ophthalmol.* 2010; 88: 723-729.
 21. Aizawa N, Kunikata H, Nitta F, Nakazawa T. The relationship between laser speckle flowgraphy-measured optic disc microcirculation and postoperative visual recovery in rhegmatogenous retinal detachment. *Acta Ophthalmol.* 2015; 93: e397-399.
 22. Tsuda S, Kunikata H, Shimura M, Aizawa N, Omodaka K, Shiga Y, Yasuda M, Yokoyama Y, Nakazawa T. Pulse-waveform analysis of normal population using laser speckle flowgraphy. *Curr Eye Res.* 2014; 39: 1207-1215.
-
- 別刷請求先：井田 洋輔
〒060-8543 札幌市中央区南1条西16丁目
札幌医科大学医学部眼科学講座
TEL：011-611-2111 (内線 34350)
FAX：011-613-6575
E-mail：funky.sonic@gmail.com

