第57回 日本視能矯正学会

一般講演

高齢者高度角膜乱視における前面・後面乱視の検討

馬込 和功・長井 博文・新飼 一仁・副島 由美・松井 孝明

医療法人松井医仁会 大島眼科病院

Anterior and Posterior Corneal Astigmatism in Elderly Patients With High Corneal Astigmatism

Kazuyoshi Magome, Hirofumi Nagai, Kazuhito Shinkai,
Yumi Soejima, Takaaki Matsui

Ohshima Hospital of Ophthalmology

要 約

【目的】 高齢者高度角膜乱視眼の前面と後面乱視の分布や関係性を検討する。

【対象および方法】 対象は角膜乱視が2.0D以上あり角膜疾患や眼手術歴を有さない60歳以上の304名426眼（60代142眼、70代149眼、80代以上135眼）。角膜形状の測定には前眼部OCTを用い、角膜前面はKeratometric、角膜後面はPosteriorの値を使用し、分布や関係性について検討した。

【結果】 角膜乱視軸分類において前面乱視は直乱視173眼・斜乱視2眼・倒乱視251眼、後面は直乱視98眼・斜乱視65眼・倒乱視231眼、乱視なし32眼であった。年代別における前面乱視は、60代では直乱視78.2%、倒乱視21.1%で、80歳以上になると直乱視9.6%、倒乱視89.6%となり加齢による倒乱視化がみられた。後面乱視は、60代では直乱視6.3%、倒乱視84.5%で、80歳以上になると直乱視38.5%、倒乱視26.7%となり直乱視化がみられた。また、角膜前面直乱視群は全症例後面倒乱視で前面・後面の乱視量に相関を認め（ $r = 0.71$, $p < 0.01$, Spearman）、角膜前面倒乱視群では、後面倒乱視23.3%で前面・後面の乱視量に相関を認めず（ $r = 0.01$, $p > 0.05$, Spearman）、前面乱視軸の種類により後面乱視の分布や前面乱視との関係性に違いを認めた。

【結論】 高齢者高度角膜乱視眼の角膜後面乱視軸は、角膜前面乱視軸とは逆方向の軸分布傾向がみられた。特に角膜前面倒乱視群の場合は、後面倒乱視以外が約80%を占め後面乱視軸のバラつきがあるため、トーリック眼内レンズのモデル選択には注意が必要と考える。

別冊請求先（〒812-0036）福岡県福岡市博多区上呉服町11-8

Tel. 092 (281) 3020 Fax. 092 (281) 5407

E-mail : kazuyoshi2399038@gmail.com

Key words : 角膜前面乱視、角膜後面乱視、高度角膜乱視、トーリック眼内レンズ

anterior corneal astigmatism, posterior corneal astigmatism, high corneal astigmatism,
toric intraocular lens

Abstract

[Purpose] This study was conducted to examine the distributions of anterior and posterior corneal astigmatism and their relationship with high degree of corneal astigmatism in elderly patients.

[Materials and Methods] Subjects were 426 eyes of 304 patients aged ≥ 60 years (142 eyes in their 60s, 149 eyes in 70s, and 135 eyes in 80s or older) with corneal astigmatism of > 2.0 D. All the subjects had no corneal diseases or history of ophthalmic surgery. The corneal shape was measured by anterior optical coherence tomography (OCT). Using keratometric values for the anterior cornea and posterior values for the posterior cornea, the distribution and relationship of anterior and posterior corneal astigmatism were examined.

[Results] The subjects' corneal astigmatism included anterior with-the-rule (173 eyes), oblique (2 eyes), and against-the-rule (251 eyes) astigmatism; and posterior with-the-rule (98 eyes), oblique (65 eyes), and against-the-rule (231 eyes) astigmatism. Thirty-two eyes had no posterior astigmatism. The respective percentages of anterior with-the-rule and against-the-rule astigmatism were 78.2% and 21.1% in the subjects in their 60s, and 9.6% and 89.6% in the subjects in their 80s or older, indicating a tendency for development of anterior against-the-rule astigmatism with aging. The respective percentage of posterior with-the-rule and against-the-rule astigmatism were 6.3% and 84.5% in the subjects in their 60s, and 38.5% and 26.7% in the subjects in their 80s or older, indicating a tendency for development of posterior with-the-rule astigmatism with aging. All the subjects with anterior with-the-rule astigmatism had posterior against-the-rule astigmatism, and a significant correlation was seen between these two conditions ($r = 0.71$, $P < 0.01$; Spearman). In contrast, only 23.3% of the subjects with anterior against-the-rule astigmatism had posterior against-the-rule astigmatism without a significant correlation ($r = 0.01$, $P > 0.05$; Spearman). Thus, the distribution of posterior astigmatism and its relationship with anterior astigmatism depended on the type of the anterior astigmatic axis.

[Conclusion] In elderly patients with high corneal astigmatism, the posterior astigmatic axis of the eye tended to have a distribution which was in the opposite direction of the distribution of the anterior astigmatic axis. Particularly 80% of the eyes with anterior against-the-rule astigmatism had posterior astigmatism other than the against-the-rule type. Because the orientation of the posterior astigmatic axis varied, attention should be paid when selecting the model of toric intraocular lens.

I. 緒言

現在、白内障手術の目的は水晶体の濁りを取り除き透光性の向上だけでなく、屈折矯正の要素も高くなり術後の裸眼での見え方や乱視・老視の矯正にこだわりを持つ患者も少なくない。乱視矯正がコンセプトのトーリック眼内レンズは、術後の角膜乱視を矯正することを目的とされている眼内レンズで、quality of vision (QOV) を向上することのできる眼内レンズである。従来、トーリック眼内レンズの乱視矯正は、角膜前面乱視のデータでモデルの選択が一般的に行われていたが、最近の報告では角膜後面乱視も考慮する方が、より適切な乱視矯正の

可能性が高くなることが示唆されている^{1)~7)}。

2014年日視会誌において、我々はトーリック眼内レンズが担う乱視矯正効果において、重要なファクターである角膜乱視を、角膜形状解析装置 (TMS5) を用いて角膜前面、角膜後面についてそれぞれの分布や関係性について報告を行った。その中で角膜後面乱視は角膜前面乱視の種類により違いがみられ、特に2.5D以上付近の角膜前面倒乱視量になると軸のばらつきがある傾向を報告した²⁾。

そこで今回は2.0D以上の高度角膜乱視で白内障手術症例が多くなる高齢者に限定し、角膜前面乱視、角膜後面乱視についてそれぞれの分布や相関について検討したので報告する。

Ⅱ. 対象および方法

対象は大島眼科病院（以下 当院）にて2014年5月から2016年5月までに、前眼部optical coherence tomography（以下OCT）にて角膜乱視が2.0D以上あり、角膜疾患や眼手術歴を有さない60歳以上の304症例426眼（男性173眼、女性253眼）。平均年齢は 74.47 ± 8.87 歳であった。

角膜乱視の測定には前眼部OCT CASIA SS-1000（TOMEY社製）を用いて測定し、角膜前面乱視はKeratometric、角膜後面乱視はPosteriorの値を使用した。測定にあたっては、十分瞬目を促し、開瞼により眼球を圧迫して角膜を歪ませることのないように注意した⁸⁾。また乱視軸の測定結果の再現性については、それぞれ3回以上測定し5°以内になることを確認した。

本装置でのKeratometricは角膜中心3mm経線線上における角膜前面曲率半径に角膜換算屈折率1.3375を用いて近似計算される値であり、Posteriorは角膜前面中心を基準にして、屈折力換算はGullstrand模型眼の屈折率である角膜1.376、房水1.336を用いて近軸計算される値である。

角膜前面乱視、角膜後面乱視の軸については、直乱視軸群、倒乱視軸群、斜乱視軸群に分けた。なお、乱視軸の分類については神谷らと同様に強主経線の軸が0～29°および150～179°を倒乱視、60～119°を直乱視、30～59°および120～149°のものを斜乱視とした⁹⁾。また、高齢者の年代別分類については60～70歳未満（以下60代）（142眼）、70～80歳未満（以下70代）（149眼）、80歳以上（以下80代以上）（135眼）の3群に分類した。（図1）

測定した結果は、角膜前面乱視、角膜後面乱視のそれぞれ個々について①角膜前面・角膜後面乱視量の平均値、②角膜前面・角膜後面乱視軸の分布、③年代別での角膜前面・角膜後面乱視軸分布、④年代別での角膜前面・角膜後面乱視量と、それぞれの関係性⑤角膜前面乱視軸群による後面乱視軸分布、⑥角膜前面乱視量による角膜後面乱視量の平均と比較、⑦角膜前面乱視軸による角膜前面・角膜後面乱視量の相関に

図1. 年代別分類

ついて検討した。角膜前面・角膜後面乱視の関係性についての検討は、角膜前面斜乱視軸群は症例数が少ないため除外した。また、乱視量の比較についての統計学的検討はMann - Whitney U - testとSteel - Dwass法、相関についてはSpearman順位相関係数により評価し有意水準は5%未満とした。

なお、本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に添い、臨床研究に関する倫理指針に基づいて実施した。

Ⅲ. 結果

①角膜前面乱視量、角膜後面乱視量の平均

全症例426眼での角膜乱視量平均は、角膜前面乱視 2.60 ± 0.34 D、角膜後面乱視 0.34 ± 0.26 Dであった。角膜前面乱視量の平均は対象条件を角膜乱視2.00D以上としていたため高い数値であった（図2）。

②角膜前面乱視、角膜後面乱視軸の分布

全症例426眼での角膜前面乱視軸分布は、直乱視（173眼40.5%）、斜乱視（2眼0.5%）、倒乱視（251眼58.9%）であった。角膜後面乱視は、直乱視（98眼23%）、斜乱視（65眼15.3%）、倒乱視（231眼54.2%）、乱視0D（32眼7.5%）であった。角膜前面乱視については全体の99.5%が直乱視、倒乱視であり、斜乱視は0.5%で大部分において直乱視、倒乱視が占めた。また、角膜後面乱視については全体の54.2%が倒乱視であり、約半数は倒乱視以外の軸分布となった（図3）。

③年代別での角膜前面乱視軸、角膜後面乱視軸の分布

図2. 角膜前面乱視、後面乱視量の平均

図3. 角膜前面乱視、後面乱視軸の分布

角膜前面乱視については全体の99.5%が直乱視、倒乱視であった。角膜後面乱視については全体の54.2%が倒乱視であった。

年代別に3群（60代、70代、80代以上）に分類して、角膜前面乱視軸では、60代は直乱視（111眼78.2%）、斜乱視（1眼0.7%）、倒乱視（30眼21.1%）であったが、80代以上になると直乱視（13眼9.6%）、斜乱視（1眼0.8%）、倒乱視（121眼89.6%）となり、加齢に伴い直乱視が大幅に減少し、倒乱視の割合が大幅に増加した。

角膜後面乱視軸においては60代では直乱視（37眼8.3%）、斜乱視（7眼4.9%）、倒乱視（120眼84.5%）、乱視0D（8眼4.2%）であ

り、倒乱視が大部分を占めた。しかし80代以上の年齢になると直乱視（52眼38.5%）、斜乱視（36眼26.7%）、倒乱視（36眼26.7%）、乱視0D（11眼8.1%）であり倒乱視の割合が大幅に減少した（図4）。

④年代別での角膜前面乱視、角膜後面乱視量の平均

角膜前面乱視量平均は、60代 $2.66 \pm 0.71D$ 、70代 $2.54 \pm 0.63D$ 、80代以上 $2.60 \pm 0.66D$ であり各年代別で角膜前面乱視量の有意な差を認めなかった（ $p > 0.05$ 、Steel - Dwass法）（図5）。

一方、角膜後面乱視量平均においては60代 $0.52 \pm 0.25D$ 、70代 $0.29 \pm 0.24D$ 、80代以上 $0.19 \pm 0.18D$ であり加齢に伴い角膜後面乱視量が減少し各年代別で角膜後面乱視量の有意な差を認めた（ $p < 0.01$ 、Steel - Dwass法）（図5）。

⑤角膜前面乱視群（直乱視群・倒乱視群）における角膜後面乱視軸の分類

角膜前面直乱視群は角膜後面乱視軸が全症例倒乱視（173眼100%）であった。角膜前面倒乱視群では、角膜後面乱視軸は、直乱視（98眼39%）、斜乱視（65眼25.9%）、倒乱視（56眼23.3%）、乱視0D（32眼12.7%）であり、角膜前面直乱視群と角膜前面倒乱視群では明らかな分布の違いを認めた（図6）。

⑥角膜前面乱視群（直乱視群・倒乱視群）における角膜後面乱視量の平均と比較

角膜前面直乱視群での角膜後面乱視量の平均は $0.62 \pm 0.14D$ 、角膜前面倒乱視群での角膜後面乱視量平均は $0.14 \pm 0.11D$ 、であった。角膜前面直乱視群は、角膜前面倒乱視群より強い角膜後面乱視量となり、統計学的な有意差を認めた（ $p < 0.01$ 、Mann - Whitney U - test）（図7）。

⑦角膜前面乱視群（直乱視群・倒乱視群）における角膜前面乱視量、後面乱視量の相関

角膜前面直乱視群における角膜前面・後面乱視量の相関については、強い正の相関を認めた（ $r = 0.71$ 、 $p < 0.01$ 、Spearman）（図8）。角膜前面倒乱視群における前面・後面乱視量の相関関係については、後面直乱視（ $r = 0.57$ 、 $p < 0.01$ ）、後面斜乱視（ $r = 0.42$ 、 $p < 0.01$ ）では前面乱視量と後面乱視量の間に有意な相関を認めたが、後面倒乱視では前面乱視量と後面乱視量の間に

図4. 年代別での角膜前面乱視、後面乱視軸の分布
角膜前面乱視軸は加齢に伴い直乱視が大幅に減少し、倒乱視の割合が大幅に増加した。角膜後面乱視軸は加齢に伴い倒乱視の割合が大幅に減少した。

図6. 角膜前面乱視群（直乱視群・倒乱視群）における角膜後面乱視軸の分類
角膜前面直乱視群は全症例後面倒乱視であった。角膜前面倒乱視群では、23.3%が後面倒乱視であった。

図5. 年代別での角膜前面乱視、後面乱視量の平均

図7. 角膜前面乱視群（直乱視群・倒乱視群）における角膜後面乱視量の平均と比較
角膜前面直乱視群は、角膜前面倒乱視群より強い角膜後面乱視量で、有意な差を認めた

有意な相関は認めなかった ($r = 0.01$, $p > 0.05$, Spearman) (図9)。

Ⅳ. 考按

角膜前面乱視については60代では直乱視78.2%、倒乱視21.1%であり80歳以上になると直乱視9.6%、倒乱視89.6%となり、年代別による分布から加齢による倒乱視化がみられた。

図8. 角膜前面直乱視群における角膜前面乱視、後面乱視量の相関
前面乱視量と後面乱視量に有意な正の相関を認めた。

図9. 角膜前面倒乱視群における角膜前面乱視、後面乱視量の相関
後面直乱視と後面斜乱視は前面乱視量と後面乱視量に有意な正の相関を認めたが、後面倒乱視では有意な相関は認めなかった。

この結果は今回調査対象としていた高度角膜乱視眼に限定しても、過去の角膜前面乱視の加齢変化の複数の報告^{1), 2), 4), 10) ~ 16)}と変わらなかった。

角膜後面乱視においては加齢に関係なくほとんどが倒乱視と報告^{1), 4), 10), 11)}されているが、今回の調査では60代では直乱視6.3%、倒乱視84.5%であり、80歳以上になると直乱視38.5%、倒乱視26.7%となり、倒乱視の割合が60代から80代以上になると約50%も減少し、年齢と共に明らかな直乱視化がみられた。今回の調査からは角膜後面乱視の直乱視化の原因は追究できなかったが、高度角膜乱視眼においては何らかの加齢による内的な因子が影響している可能性が推測される。角膜前面乱視軸による乱視軸の分類では、角膜前面直乱視群173眼は角膜後面乱視が全眼倒乱視(173眼100%)であり、角膜前面倒乱視群251眼の角膜後面乱視は、直乱視(98眼39.0%)、斜乱視(65眼25.9%)、倒乱視(66眼23.3%)乱視0D(32眼12.7%)であり、角膜前面直乱視群と角膜前面倒乱視群では角膜後面乱視軸の分布に明らかな違いを認めた。この結果については、Miyakeらが角膜前面倒乱視眼1.0D以上、1.5D以上においては、角膜後面倒乱視がそれぞれ59.6%、42.9%であり、強い角膜前面倒乱視では角膜後面乱視の軸方向が一定ではなかったと報告⁴⁾しており、我々の2.0D以上の高度角膜乱視眼での検討もおおむね同様の結果を示し、角膜後面乱視軸は角膜前面乱視軸とは逆方向の軸分布傾向がみられた。また、角膜前面直乱視群と角膜前面倒乱視群での角膜前面乱視量と後面乱視量の相関関係については、過去の報告では角膜前面直乱視群では角膜前面直乱視と後面倒乱視の乱視量に有意な正の相関がみられ、角膜前面倒乱視群では角膜前面倒乱視と後面直乱視の乱視量に有意な相関がみられなかったと報告^{1), 2)}しており、角膜前面直乱視群では同様の結果が得られた。しかし角膜前面倒乱視群においては角膜前面倒乱視と後面直乱視の乱視量に有意な正の相関がみられる結果となり、角膜前面乱視軸と後面乱視軸の逆方向の軸分布や前面乱視量と後面乱視量の相関関係を総合すると、今回調査した高齢者の高度角膜乱視眼では角膜前面乱視と後

面乱視が互いに補正している可能性が考えられる。

角膜後面乱視量においては、過去に平均0.20D～0.54Dと複数の報告^{1), 2), 4), 5), 10), 11)}があり、我々の平均0.30Dとほとんど変わらない結果であった。しかし、角前面乱視軸別に分類すると角膜前面直乱視群の角膜後面乱視量平均は0.62D、角膜前面倒乱視群では角膜後面乱視量平均0.14Dとなり角膜前面乱視軸別により角膜後面乱視量に有意な差を認めた($p<0.01$, Mann - Whitney U - test)。これは、角膜前面直乱視群は角膜前面・後面乱視量の関係において強い正の相関($r=0.71$, $p<0.01$, Spearman)があり今回は2.0以上の乱視量を対象としたため後面乱視量が0.62Dと高い値となり、角膜前面倒乱視群については角膜後面直乱視($r=0.57$, $p<0.01$)、後面斜乱視($r=0.42$, $p<0.01$)では前面・後面乱視量の関係に中等度の正の相関を認めたが、後面倒乱視では相関は認めず($r=0.01$, $p>0.05$, Spearman)、乱視なしが(32眼12.7%)を占めたため0.14Dと低い値になったことが考えられる。

また、年代別での乱視量においても、角膜後面乱視量平均においては60代0.52D、70代0.29D、80代以上0.19Dであり加齢に伴い後面乱視量が減少し各年代でそれぞれ後面乱視量に有意な差を認め($p<0.01$, Steel - Dwass法)、後面乱視の補正効果が弱くなる可能性が示唆された。しかし、今回はベクトル解析による角膜全乱視とKeratometricによる乱視の差の検討を行わなかったため今後検討が必要と考える。

現在、角膜後面乱視の評価は、トーリック眼内レンズのモデルを選択する場合に重要な因子として考えられている^{1)~5), 10)}。今回調査した高齢者高度角膜乱視眼に限定しても、前面のみを考慮したトーリック眼内レンズカリキュレーターで、Keratometricの乱視量を使用した場合、角膜前面直乱視群は角膜後面倒乱視であること、角膜前面乱視量からある程度予測可能な後面倒乱視量や加齢変化に伴う前面倒乱視化を考慮して、過去の報告^{1)~3)}と同様に術後の乱視の過矯正となるモデル選択でも良いと思われる。しかし、角膜前面倒乱視群の場合は、過去の報

告^{1), 4), 10), 11)}と角膜後面乱視の軸分布が高齢者高度角膜乱視眼の場合は大きく異なり後面倒乱視以外が約80%を占めるため後面乱視の評価を慎重に行い、後面乱視の軸や量を測定したうえで、モデルの選択が必要と考える。

参考文献

- 1) Koch DD, Ali SF, BS, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L, : Contribution of posterior corneal astigmatism to total Corneal astigmatism. J Cataract Refract Surg 38: 2080-2087, 2012.
- 2) 馬込和功, 副島由美, 山田敏夫, 矢部伸幸, 松井孝明: 角膜形状解析装置による角膜前面乱視, 後面乱視の検討. 日視会誌 43 : 233-239, 2014.
- 3) Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, Yeu E, Waang R: Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism. J Cataract Refract Surg 39: 1803-1809, 2013.
- 4) Miyake T, Shimizu K, Kamiya K: Distribution of Posterior Corneal Astigmatism According to Axis Orientation of Anterior Corneal Astigmatism. PLOS ONE 10: e117194, 2015.
- 5) Savini G, Versaci F, Vestri G, Ducoli P, Naser K: Influence of posterior corneal astigmatism on total corneal astigmatism in eyes with moderate to high astigmatism. J Cataract Refract Surg 40: 1645-1653, 2014.
- 6) Abulafia A, Hill WE, Franchina M, Barrett GD: Comparison of Methods to Predict Residual Astigmatism After Intraocular Lens Implantation. Journal of Refractive Surgery 31(10): 699-706, 2015.
- 7) 山本真菜, 玉置明野, 小島隆司, 長谷川亜里, 市川和夫: オートケラトメーターと前眼部OCTによる角膜乱視の比較. 日視会誌 44: 73-82, 2015.
- 8) 林 研, 榎本美樹, 藤野鈴枝, 林 文彦: 加齢による角膜乱視の変化. 日眼会誌 97: 1193-

- 1196, 1993.
 - 9) 神谷和孝：乱視の種類．トーリック眼内レンズ 南山堂：3-9, 2010.
 - 10) Ueno Y, Hiraoka T, Beheregaray S, Miyazaki M, Ito M et al: Age-Related Changes in Anterior, Posterior, and Total Corneal Astigmatism. J Cataract Refract Surg 30: 192-197, 2014.
 - 11) Ho JD, Liow SW, Tsai RJ, Tsai CY: Effect of Aging on Anterior and Posterior Corneal Astigmatism. Cornea 30(6): 632-637, 2010.
 - 12) 五藤智子, 前田直之：加齢による角膜の変化．あたらしい眼科 18：1275-1280, 2001.
 - 13) 升田豊：角膜乱視変化と年齢, 性別, 眼軸長, 角膜曲率半径, 乱視の大きさとの関係．IOL&RS 18: 311-314, 2004.
 - 14) 神谷貞義：加齢による角膜乱視ならびに角膜乱視軸の推移．眼紀 35: 2011-2018, 1984.
 - 15) 三宅俊之, 神谷和孝, 天野理恵, 清水公也：白内障術前時の角膜乱視．日眼会誌 115: 447-453, 2011.
 - 16) 小幡博人, 征矢耕一：角膜の加齢変化．眼科 47: 1031-1039, 2005.
-