

筑波大学

博士（医学）学位論文

Effect of preoperative corneal astigmatism  
orientation on results with a toric intraocular lens

(術前角膜乱視の種類がトーリック眼内レンズの矯正効果に与える影響)

2014

筑波大学

長谷川優実

## 目次

### 第1章 緒言

- 1-1 乱視とは
- 1-2 白内障手術と乱視
- 1-3 トーリック眼内レンズとは

### 第2章 本研究の目的

### 第3章 術前角膜乱視種類がトーリック眼内レンズの矯正効果に与える影響の検討

- 3-1 目的
- 3-2 対象と方法
- 3-3 結果
- 3-4 考察
- 3-5 結論

### 第4章 トーリック眼内レンズの矯正効果に影響を与える因子の検討

- 4-1 目的
- 4-2 対象と方法
- 4-3 結果
- 4-4 考察
- 4-5 結論

### 第5章 初心者と熟練者におけるトーリック眼内レンズ挿入白内障手術の術後成績

- 4-1 目的
- 4-2 対象と方法
- 4-3 結果
- 4-4 考察
- 4-5 結論

### 第6章 結語および今後の展望

### 第7章 謝辞

### 第8章 引用文献

### 第9章 図表

### 第10章 参考論文

## 第1章 緒言

### 1-1 乱視とは

乱視とは、近視や遠視とともに屈折異常のひとつで、主に角膜や水晶体の歪みによって生じる。眼の経線方向により屈折力が異なり、外界の1点から出た光が眼内で1点に結像しないため像がぼやける。光が2カ所で焦点を結ぶ場合を正乱視という。正乱視における屈折力の強い方向を強主経線といい、それに直行する屈折力の弱い方向を弱主経線という。光がどこにも焦点を結べない場合を不正乱視という。正乱視は眼鏡やコンタクトで矯正が可能だが、不正乱視は矯正できない。

乱視は視機能を低下させ、二重にみえる、霞む、滲んで見えるなどの自覚症状があり、調節に努力がいることから眼精疲労や頭痛を伴うこともある。正乱視は直行する二つの方向で屈折力が異なるため、網膜面に像を結ばない方向がぼやける。つまり、縦の線ははっきり見えるが横の線はぼやけるというように見える。1ジオプター (D) 程度の乱視では視力の低下はほとんどないが、quality of vision が低下すると言われている<sup>1)</sup>。乱視の矯正は、一般的には眼鏡やコンタクトによって行う。また屈折矯正手術という方法もある。手術には、角膜弧状切開、輪部減張切開、laser in situ keratomileusis (LASIK) などがある。

### 1-2 白内障手術と乱視

白内障手術により水晶体が除去されると、術後の乱視は、ほとんど角膜乱視と等しくなる。過去の大規模研究によると、22.0 から 25.7%の白内障患者が、1.5ジオプター (D) 以上の角膜乱視を有すると報告されている<sup>2-4)</sup>。これらの患者では、術後に乱視が残存するため、輪部減張切開や photorefractive keratectomy、LASIK などによる屈折矯正手術が必要となることもある<sup>5-8)</sup>。

### 1-3 トーリック眼内レンズとは

近年、白内障術後乱視矯正を目的とした付加価値眼内レンズとして、トーリック眼内レンズが使用されるようになり、術後の乱視を軽減させることが可能となった。2005年に発売されたトーリック眼内レンズである Acrysof toric (Alcon Laboratories, Inc.) は、単焦点眼内レンズより有意に術後乱視が減少し、裸眼視力が向上すると報告されている<sup>9-11)</sup>。Hollandらは、トーリック眼内レン

ズと非トーリック眼内レンズ挿入後の裸眼視力を比較し、0.8以上の裸眼視力を得た割合はそれぞれ63.4%、41.4%で、日常で遠方視時に眼鏡を必要としない割合は、それぞれ61.0%、36.4%であったと報告している<sup>9)</sup>。Acrysof toric を非球面モデルとした Acrysof IQ toric は、2009年に日本でも使用可能になった。球面収差が減ることにより、コントラスト感度が向上することが期待される<sup>12~15)</sup>。

現在、わが国で承認されている Acrysof IQ toric は、モデルは乱視度数の大きさを SN6AT3 から SN6AT9 まで7種類あり、乱視度数は角膜平面換算で 1.03~4.11 D まで矯正できる。眼内レンズには、レンズの弱主経線の方に軸マークがついており (図 1)、角膜の強主経線に眼内レンズの弱主経線を合わせるように位置を決定する (図 2)。軸が1度ずれるごとに矯正効果は約3.3%減弱し、30度ずれると矯正効果がなくなるとされている<sup>16)</sup>。眼内レンズのモデルと固定位置は、ウェブ上のプログラム (トーリックカリキュレーター) に、角膜乱視と軸の値、手術により惹起される乱視量 (術者ごとに異なる) を入力することにより求めることができる。( <http://www.acrysoftoriccalculator.com>.)

## 第2章 本研究の目的

本研究の目的は、トーリック眼内レンズ (AcrySof IQ toric) の乱視軽減効果と術後視機能を、同素材の非トーリック眼内レンズ (Acrysof IQ) と比較し、さらに乱視矯正効果に影響を与える因子や、術者による差が生じないかについて検討することである。

## 第3章 術前角膜乱視種類がトーリック眼内レンズの矯正効果に与える影響の検討

### 3-1 目的

トーリック眼内レンズは、どの角膜乱視の種類（倒乱視、直乱視、斜乱視）でも効果を得られる。Ernestらは、術前の角膜乱視の種類によって術後の残余乱視に差はないという報告しているが<sup>17)</sup>、視力を含めた評価を行っていない。

本研究の目的は、トーリック眼内レンズ（AcrySof IQ toric）と、同モデルの非トーリック眼内レンズ（AcrySof IQ）の乱視軽減効果と視機能を比較し、術前の角膜乱視種類別に2種類の眼内レンズを比較検討することである。

### 3-2 対象と方法

対象は2009年9月から2011年3月までに手術を行った1.0Dから2.5Dまでの角膜乱視を有する白内障患者で、AcrySof IQ toricを挿入した68例82眼（トーリック群）と、同様の角膜乱視を有する、2007年7月から2009年7月にAcrySof IQを挿入した52例61眼をレトロスペクティブに調査した（非トーリック群）。除外基準は角膜疾患、黄斑疾患、緑内障進行例、術中後囊破損例、角膜縫合を要した症例とした。

術前検査として、裸眼視力、矯正視力、自覚乱視量、眼圧、角膜内皮細胞数、オートレフケラトメーター、超音波眼軸長測定を行い、ケラトメーターと超音波眼軸長測定の結果から眼内レンズ度数を決定した。トーリック眼内レンズの乱視度数と固定位置は、ウェブ上のトーリックカリキュレーターを用いて決定した。術前角膜乱視の種類は、直乱視は強主経線が $90 \pm 30$ 度以内にあるもの、倒乱視は強主経線が $180 \pm 30$ 度以内にあるもの、斜乱視はそれ以外のものと定義した。

術後は視力、眼圧、オートレフケラトメーター、細隙灯顕微鏡検査を術後1日、1週間、2週間、1ヶ月、3ヶ月に行った。術前と術後3ヶ月の裸眼視力、矯正視力、自覚乱視量を検討に用いた。また、術後3ヶ月の時点で前眼部写真を撮影し、眼内レンズの位置ずれを評価した。位置ずれは、術前に予定していた角度からのずれと定義した。

手術は同一術者（S.N.）によって行われた。術前に角膜輪部の6時の位置に座位で基準点をマーキングし、2.2mmのスリットナイフで上方（12時）に切開創

を作成し、超音波乳化吸引術を行った。その後角膜輪部に眼内レンズ固定位置のマーキングを行い、眼内レンズを挿入し、眼内レンズの回転を防ぐため粘弾性物質を完全に除去した。

視力はランドルト環の指標を用いて測定し、logMAR に変換して解析に用いた。0.01 以下の視力については、指数弁を 2.00、手動弁を 2.30、光覚弁を 2.60 として計算した<sup>18,19)</sup>。術前のトーリック群と非トーリック群の各パラメーターの比較には Mann-Whitney *U* test を用いた。2 群の男女比の比較には chi-square test を用いた。術後 3 ヶ月での裸眼視力、矯正視力、自覚乱視量の比較には Mann-Whitney *U* test を用いた。すべての検討は SPSS software (SPSS, Inc.) を用いて行い、 $P < 0.05$  を有意とした。なお今回用いた検査結果は、すべて白内障手術時の標準的な検査であり、対象患者への同意を得ている。また、今回の研究は、筑波大学臨床研究倫理審査委員会、龍ヶ崎済生会病院倫理審査会の承認を得ており、ヘルシンキ宣言の条文を厳守し施行したものである。

### 3-3 結果

術前の年齢、角膜乱視度数、視力、各乱視の種類割合、眼軸長、眼内レンズ度数は、トーリック群と非トーリック群で差はなかった(表 1)。各術前角膜乱視の種類における、年齢と術前角膜乱視度数は 2 群間で差はなかった(表 2)。

図 3 は 2 群間の視力の比較である。矯正視力は有意差がなかったが、裸眼視力は有意にトーリック群で良好であった ( $P < 0.0001$ )。図 4 は 2 群間の術後の乱視量の比較である。術後乱視はトーリック群が非トーリック群よりも有意に減少していた ( $P < 0.0001$ )。

図 5 と 6 は各術前角膜乱視の種類別の比較である。術後自覚乱視量は、トーリック群が非トーリック群より、すべての乱視の種類において小さかった(図 5)。トーリック群の乱視の種類間で術後乱視量を比較すると、直乱視は倒乱視より乱視量が小さかった( $P < 0.001$ )。倒乱視と斜乱視、直乱視と斜乱視間では有意差はなかった。術後裸眼視力は、倒乱視と斜乱視ではトーリック群が非トーリック群よりも有意に良い結果であったが、直乱視は有意差がなかった(図 6)。トーリック群の乱視の種類間で術後裸眼視力を比較すると、直乱視は倒乱視より裸眼視力が良かった ( $P < 0.05$ )。倒乱視と斜乱視、直乱視と斜乱視間では有意差はなかった。

術後 3 ヶ月の平均眼内レンズ軸ずれは  $6.8 \pm 6.9$  度 (0.0~31.0 度)であった。倒



乱視眼は  $5.9 \pm 5.5$  度、直乱視眼は  $7.0 \pm 5.5$  度、斜乱視眼は  $5.0 \pm 0.0$  度で、各乱視の種類間で差はなかった。軸ずれが 10 度以上あった眼は 9 眼であったが、位置を修正する手術を要した症例はなかった。

### 3-5 考察

AcrySof IQ toric は、支持部のデザインを工夫することによって、眼内レンズの固定が改良されている。そのため乱視矯正効果が高く、裸眼視力が向上した。我々の結果では、トーリック群における術後平均裸眼視力は、 $0.12 \log\text{MAR}$  であった。AcrySof IQ toric の以前のデザインである AcrySof toric を使用した報告では、術後裸眼視力は  $-0.03$  から  $0.20 \log\text{MAR}$  で<sup>10,11,20)</sup>、術後乱視は、 $0.28$  から  $0.80 \text{ D}$  と報告されている<sup>9,20-26)</sup>。今回の術後乱視の結果は  $0.51 \text{ D}$  であった。

今回の結果では、トーリック群は非トーリック群と比較して、術後裸眼視力が良く、術後乱視が有意に軽減していた。AcrySof toric を使用した報告でも同様に、トーリック群は非トーリック群より術後乱視が有意に軽減し、裸眼視力が向上したと報告されている<sup>9-11)</sup>。球面と非球面という眼内レンズデザインの相違はあるが、今回の結果と同様であった。

術前角膜乱視の種類別に術後乱視量を検討すると、いずれの角膜乱視もトーリック群は非トーリック群と比較して術後乱視が軽減した。Ernest らは、 $0.75 \text{ D}$  から  $1.38 \text{ D}$  の角膜乱視を有する白内障患者に、トーリック眼内レンズまたは非トーリック眼内レンズを挿入し、術後乱視を術前角膜乱視の種類間で比較したところ、非トーリック眼内レンズ挿入例では直乱視群は倒乱視群より術後乱視が大きかったが、トーリック眼内レンズ挿入例では、2 群間に有意差がなかったと報告した<sup>15)</sup>。この報告では、手術時に耳側切開を用いている。耳側切開は、直乱視眼では切開が乱視を増強させる効果をもつ。今回の研究では、直乱視群はトーリック挿入例と非トーリック挿入例の術後乱視度数の差が  $0.35 \text{ D}$  で、倒乱視群 ( $0.89 \text{ D}$ )、直乱視群 ( $0.87 \text{ D}$ ) と比較して小さかった。これは手術時に上方切開を用いたため、直乱視では乱視が軽減する効果をもつためと考えられる。トーリック群では、倒乱視は直乱視より術後乱視量が大きかった。トーリックカリキュレーターは、手術によって惹起される乱視も考慮して計算されるため、術後乱視量は角膜乱視の種類によって差はないはずである。今回は、ケラトメーターの値を用いているため、角膜前面のみの計測から角膜全体の屈折を推測した値を用いることになる。角膜後面乱視は倒乱視が多いことが報告されてお

り<sup>27,28)</sup>、角膜前面の計測のみでは、直乱視眼は過矯正になりやすく、倒乱視は低矯正になりやすい可能性がある<sup>25)</sup>。そのため、倒乱視では術後乱視が大きかったのかもしれない。

術前角膜乱視の種類別に裸眼視力を比較すると、倒乱視と斜乱視では、術後裸眼視力が非トーリック群と比較してトーリック群で有意に改善していたが、直乱視群では有意差がなかった。これは上方切開により乱視が軽減されるため、非トーリック群でも術後乱視量が減じ、裸眼視力が良好であったため、トーリック群との裸眼視力の差が出にくかったと考えられる。また、直乱視は倒乱視や斜乱視と比べて視機能に影響しにくいという報告がある<sup>29)</sup>。そのため直乱視では、非トーリック群、トーリック群ともに裸眼視力が良好で、裸眼視力の差が2群間で出なかったのかもしれない。

### 3-6 結論

本研究は、AcrySof IQ toric を挿入した白内障手術で、術前角膜乱視の種類別に術後乱視量と視機能について検討した初めての報告である。トーリック眼内レンズは、同素材の非トーリック眼内レンズと比較し、術後乱視を軽減させ、術後裸眼視力を向上させた。AcrySof IQ toric は、いずれの角膜乱視の種類でも術後乱視を有意に軽減し、特に倒乱視と斜乱視では裸眼視力を向上させた。倒乱視と斜乱視の白内障手術の際は、トーリック眼内レンズを積極的に選択する必要があると考えられる。

## 第4章 トーリック眼内レンズの矯正効果に影響を与える因子の検討

### 4-1 目的

トーリック眼内レンズ挿入後の残余乱視は平均 0.28 から 0.80 D と報告されている<sup>9,20-26)</sup>。しかし乱視矯正効果が不良な例も少なからず存在し、このような不良例について詳細に検討した報告は少ない。

本研究の目的は、トーリック眼内レンズ挿入後の乱視量を評価し、術後乱視量に影響する因子を調べることである。

### 4-2 対象と方法

2009年9月から2010年5月に手術を行った、術前角膜乱視量が 0.75 D から 2.5 D でトーリック眼内レンズ (AcrySof IQ toric) 挿入を行った 47 例 58 眼をレトロスペクティブに調査した。術中後囊破損例、角膜縫合を要した症例は除外した。

術前検査として、裸眼視力、矯正視力、自覚乱視量、眼圧、角膜内皮細胞数、オートレフケラトメーター、超音波眼軸長測定を行い、ケラトメーターと超音波眼軸長測定の結果から眼内レンズ度数を決定した。トーリック眼内レンズの乱視度数と固定位置は、ウェブ上のトーリックカリキュレーターを用いて決定した。

術後は視力、眼圧、オートレフケラトメーター、細隙灯顕微鏡検査を術後 1 日、1 週間、2 週間、1 ヶ月に行った。術後 1 カ月の自覚乱視量を 0.75D 以下の良好群とそれ以上の不良群に分け、年齢、術前自覚乱視量、術前角膜乱視量、術前裸眼視力、術前矯正視力、眼内レンズ度数、乱視の種類 (倒乱視、直乱視、斜乱視)、眼内レンズの種類 (SN6AT3、SN6AT4、SN6AT5)、術前自覚乱視量と術前角膜乱視量の差について、2 群間に差があるか検討した。

手術は同一術者 (S.N.) によって行われた。術前に角膜輪部の 6 時の位置に座位で基準点をマーキングし、2.2mm のスリットナイフで上方 (12 時) に切開創を作成し、超音波乳化吸引術を行った。その後角膜輪部に IOL 固定位置のマーキングを行い、眼内レンズを挿入し、眼内レンズの回転を防ぐため粘弾性物質を完全に除去した。

視力はランドルト環の指標を用いて測定し、logMAR に変換して解析に用いた。0.01 以下の視力については、指数弁を 2.00、手動弁を 2.30、光覚弁を 2.60 とし

て計算した<sup>18,19)</sup>。術前後の自覚乱視量の比較には Wilcoxon signed-ranks test を用いた。Fisher's exact probability test を用いて、乱視の種類と眼内レンズの種類を乱視矯正良好群と不良群の2群間で比較した。その他の術前因子は、Mann-Whitney *U* test を用いて検討した。すべての検討は SPSS software (SPSS, Inc.) を用いて行い、 $P < 0.05$  を有意とした。なお今回の研究は、筑波大学臨床研究倫理審査委員会、龍ヶ崎済生会病院倫理審査会の承認を得ており、ヘルシンキ宣言の条文を厳守し施行したものである。

#### 4-3 結果

全症例の術前角膜乱視は、 $1.37 \pm 0.42$  D (0.75 ~ 2.50 D) であった。乱視の種類は直乱視が12例、倒乱視が38例、斜乱視が8例であった。眼内レンズ度数は、平均  $20.6 \pm 3.8$  D であった。眼内レンズの種類は、SN6AT3 が33例、SN6AT4 が16例、SN6AT5 が9例であった。

図7に術後の裸眼視力、矯正視力の結果を示す。矯正視力は81%が0.8以上であった。裸眼視力は、0.8以上が37.9%、0.5以上が67.2%であった。図8は、術前後の自覚乱視量の変化である。術前  $1.34 \pm 0.82$  D が術後  $0.47 \pm 0.43$  D に改善した。

乱視矯正良好群は51例(87.9%)、不良群は7例(12.1%)であった。2群間で術前の各パラメーターについて比較すると、術前自覚乱視量と術前角膜乱視量の差が有意に不良群で大きかった(表3)。統計学的有意差は検出されなかったが、不良例はすべて倒乱視の症例であった。術後の軸ずれを2群間で比較すると、良好群は  $3.8 \pm 3.7$  度、不良群は  $13.0 \pm 8.0$  度で不良群が大きかったが、統計学的有意差はなかった ( $P = 0.050$ )

#### 4-4 考察

トーリック眼内レンズ挿入後の残余乱視量は、平均0.28から0.80Dと報告されている<sup>9,20-26)</sup>。今回は平均0.47Dと同等の結果が得られた。術後裸眼視力については、術後裸眼視力0.8以上が65.5から84.3%との報告がある<sup>23,30)</sup>が、今回の結果では0.8以上得られた例は37.9%とこれらの報告よりも不良であった。この原因は過去の報告とは異なり、網膜疾患を有するもの、緑内障患者など矯正視力が不良な例も今回は対象としているためと考えられる。

乱視矯正不良群について検討すると、すべて倒乱視の症例で、良好群と比較

して、術前自覚乱視量と角膜乱視量の差が大きかった。倒乱視は症例数が多く、直乱視や斜乱視は少なかったことが原因のひとつと考えられるが、第 3 章に記した通り、角膜後面乱視は倒乱視が多いことが報告されており<sup>27,28)</sup>、角膜前面の計測のみでは、倒乱視は低矯正になる可能性がある<sup>27)</sup>。今回はオートレフケラトメーターの値を用いているため、角膜前面のみの計測で、角膜後面乱視は考慮していない。矯正不良群は乱視量を過小評価されていた可能性がある。術前自覚乱視量は、角膜乱視成分と水晶体乱視成分により構成され、トーリック眼内レンズは水晶体除去後に残った角膜乱視を矯正する。角膜乱視量はオートレフケラトメーターのケラト値を用いたが、計測時の頭の位置、固視の状態、眼表面の涙液層の状態により誤差が生じる。また、不正乱視は正確に評価できない。今回の結果では矯正不良群において術前自覚乱視量と角膜乱視量(ケラト値)の差が大きかった。その理由として、測定誤差や、角膜後面乱視、不正乱視のために、ケラト値が実際の角膜乱視量と異なっていた可能性がある。矯正不良群については、有意差はなかったが、術後眼内レンズの軸ずれが矯正良好群よりも大きかった。トーリック眼内レンズは、軸が 1 度ずれるごとに矯正効果は約 3.3%減弱するため<sup>16)</sup>、10 度のずれでは 33%効果が減弱する。それが矯正不良の原因のひとつとなっている可能性がある。

#### 4-5 結論

乱視矯正不良例は倒乱視に多く、術前自覚乱視量と角膜乱視量の差が大きかった。これらの症例では、複数回の検査、計測時の体位や固視への注意、角膜トポグラフィなどの角膜形状解析を用いるなどの注意が必要である。また、可能であれば角膜後面乱視を考慮した眼内レンズ選択が望ましい。

## 第5章 初心者と熟練者におけるトーリック眼内レンズ挿入白内障手術の術後成績

### 5-1 目的

トーリック眼内レンズを用いた白内障手術は、眼内レンズを決められた位置に固定するという通常とは異なる操作を必要とする。Pouye らは<sup>31)</sup>、白内障手術初心者がトーリック眼内レンズを使用した場合の成績について、良好な結果が得られたと報告しているが、熟練者と比較してはいない。この研究の目的は、トーリック眼内レンズを用いた白内障手術の初心者と熟練者の術後成績を比較検討することである。

### 5-2 対象と方法

2010年4月から2011年1月に手術を行った、術前角膜乱視量が1.0Dから2.5Dでトーリック眼内レンズ (AcrySof IQ toric) 挿入を行った67例79眼をレトロスペクティブに調査した。角膜疾患、網膜疾患、緑内障進行例は除外した。2名の術者は、熟練者を眼科経験年数14年で白内障手術経験数約3000例、うちトーリック眼内レンズ挿入経験197例の眼科医とし、初心者を眼科経験年数3年、白内障手術経験数98例、トーリック眼内レンズ挿入経験なしの眼科医とした。熟練者47例54眼(74.1±8.3歳)、初心者20例25眼(73.5±7.1歳)で検討を行った。術前検査として、裸眼視力、矯正視力、自覚乱視量、眼圧、角膜内皮細胞数、オートレフケラトメーター、超音波眼軸長測定を行い、ケラトメーターと超音波眼軸長測定の結果から眼内レンズ度数を決定した。トーリック眼内レンズの乱視度数と固定位置は、ウェブ上のトーリックカリキュレーターを用いて決定した。

術後は視力、眼圧、オートレフケラトメーター、細隙灯顕微鏡検査を術後1日、1週間、2週間、1ヶ月、3ヶ月に行った。術後3ヶ月の時点で前眼部写真を撮影し、眼内レンズの固定位置を確認した。術後3ヶ月の時点での裸眼視力、自覚乱視量、眼内レンズの軸ずれを、熟練者と初心者間で比較した。

手術は、両術者とも、術前に角膜輪部の6時の位置に座位で基準点をマーキングし、超音波乳化吸引術後、角膜輪部にIOL固定位置のマーキングを行い、眼内レンズを挿入し、眼内レンズの回転を防ぐため粘弾性物質を完全に除去した。超音波乳化吸引術における創口は、熟練者は2.2mmまたは2.4mmの上方切

開 (12 時)、初心者は 2.4mm の上方切開で行った。初心者の手術は、必ず熟練者の指導の下で行い、必要時には眼内レンズの固定位置などの助言を行った。初心者の症例は、成熟白内障や散瞳不良例などの難症例は除外した。

視力はランドルト環の指標を用いて測定し、logMAR に変換して解析に用いた。0.01 以下の視力については、指数弁を 2.00、手動弁を 2.30、光覚弁を 2.60 として計算した<sup>18,19)</sup>。裸眼視力、自覚乱視量、軸ずれの比較には Mann-Whitney *U* test を用いた。すべての検討は SPSS software (SPSS, Inc.) を用いて行い、 $P < 0.05$  を有意とした。なお今回の研究は、筑波大学臨床研究倫理審査委員会、龍ヶ崎済生会病院倫理審査会の承認を得ており、ヘルシンキ宣言の条文を厳守し施行したものである。

### 5-3 結果

図 9 は術前後の裸眼視力の比較である。術前、術後とも 2 群間で有意差はなかった。自覚乱視量も、術前、術後ともに 2 群間に有意差はなかった (図 10)。軸ずれの平均値は、熟練者が 6.23 度、初心者が 5.93 度で有意差はなかった (図 11)。全観察期間中の合併症は 3 例で生じ、術中の創縫合が熟練者、初心者と各 1 例あり、熟練者において破囊が 1 例生じた。術後に眼内レンズの位置修正が必要となるなどの合併症はなかった。

### 5-4 考察

トーリック眼内レンズ挿入後の裸眼視力は、-0.03 から 0.20 logMAR と報告されており<sup>10,11,20)</sup>、これは少数視力にすると 0.63 から 1.07 に相当する。今回は術後 3 ヶ月の平均裸眼視力が、熟練者で 0.80、初心者が 0.76 とこれらの報告と同等であった。術後乱視は、過去の報告によると、0.28 から 0.80 D とされるが<sup>9,20-26)</sup>、今回は、熟練者が平均 0.57 D、初心者は 0.61 D で、過去の報告と同等であった。軸ずれは、平均 3.6 から 4.1 度と報告されている<sup>9,20,23)</sup>。今回の結果は、熟練者が平均 6.23 度、初心者が 5.93 度で、それほど変わらない結果を得られた。Pouyeh らは、初心者が行ったトーリック眼内レンズを使用した白内障手術 80 例 94 眼の術後を評価し、術後残余乱視が平均 0.48 ± 1.2 D と良好な結果が得られたと報告している<sup>31)</sup>。今回の研究では、熟練者と比較し、裸眼視力、術後乱視量、軸ずれとも差はなかったことを示した。また、合併症については、Pouyeh らは眼内レンズ固定位置誤差が 2 例に生じたと報告している<sup>31)</sup>。今回も術中の創縫

合が 1 例のみで重篤な合併症は生じなかった。初心者であっても、安全にトーリック眼内レンズを使用し、十分な効果を得ることができると考えられる。

#### 5-5 結論

トーリック眼内レンズを用いることにより、初心者、熟練者とも白内障術後の乱視が軽減し、裸眼視力が向上した。術後裸眼視力、自覚乱視量、軸ずれは初心者と熟練者間で差はなかった。



## 第6章 結語

トーリック眼内レンズは、同素材の非トーリック眼内レンズと比較し、術後乱視を軽減させ、術後裸眼視力を向上させた。AcrySof IQ toric は、いずれの角膜乱視の種類でも術後乱視を有意に軽減し、特に倒乱視と斜乱視では裸眼視力を向上させた。

トーリック眼内レンズの効果を得にくい症例は、倒乱視症例や、術前自覚乱視量と角膜乱視量の差が大きい症例に多く、これらの症例では、他の角膜形状解析を用いることや、複数回検査をして再現性を確認するなどの注意が必要である。

トーリック眼内レンズは、手術初心者であっても適切な指導の下であれば、安全に使用でき、術後成績も熟練者と変わらない結果を得られる。

### 今後の展望

#### 乱視の視機能へ与える影響についての検討

乱視による視機能の低下は知られているが、乱視軸の影響は報告により様々で、乱視軸の影響は受けないとするもの<sup>1,32)</sup>、斜乱視が悪いとするもの<sup>33,34)</sup>、直乱視が良いとするものなどがある<sup>29)</sup>。どの乱視がより視機能を低下させるのか、また、どの程度の乱視であれば視機能を維持できるのかを検討することにより、トーリック眼内レンズ挿入を考えるときの参考にできると考えられる。様々な乱視の度数で、様々な視機能検査を測定し、検討していきたい。

## 第7章 謝辞

本稿を終えるにあたり、ご指導いただきました大鹿哲郎教授をはじめ共著者である岡本史樹先生、中野伸一郎先生、平岡孝浩先生、岡本芳史先生、福田慎一先生、また多大なるご協力をいただきました龍ヶ崎済生会眼科外来の皆様に深謝いたします。

## 第 8 章 引用文献

1. Savage H, Rothstein M, Davuluri G, El Ghormli L, Zaetta DM. Myopic astigmatism and presbyopia trial. *Am J Ophthalmol*. 2003;135:628-632
2. Hoffer KJ. Biometry of 7,500 cataractous eyes. *Am J Ophthalmol* 1980; 90:360–368; correction, 890
3. Ninn-Pedersen K, Stenevi U, Ehinger B. Cataract patients in a defined Swedish population 1986-1990. II. Preoperative observations. *Acta Ophthalmol* 1994; 72:10–15
4. Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R, Peixoto-de-Matos SC, González-Méijome JM, Cerviño A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:70–75
5. Budak K, Friedman NJ, Koch DD. Limbal relaxing incisions with cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24:503–508
6. Müller-Jensen K, Fischer P, Siepe U. Limbal relaxing incisions to correct astigmatism in clear corneal cataract surgery. *J Refract Surg* 1999; 15:586–589
7. Artola A, Ayala MJ, Claramonte P, Pérez-Santonja JJ, Alió JL. Photorefractive keratectomy for residual myopia after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25:1456–1460
8. Pop M, Payette Y, Amyot M. Clear lens extraction with intraocular lens followed by photorefractive keratectomy or laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology* 2001; 108:104–111
9. Holland E, Lane S, Horn JD, Ernest P, Arleo R, Miller KM. The AcrySof toric intraocular lens in subjects with cataracts and corneal astigmatism; a randomized, subject-masked, parallel-group, 1-year study. *Ophthalmology* 2010; 117:2104–2111

10. Lane SS, Ernest P, Miller KM, Hileman KS, Harris B, Waycaster CR. Comparison of clinical and patient-reported outcomes with bilateral AcrySof toric or spherical control intraocular lenses. *J Refract Surg* 2009; 25:899–901
11. Statham M, Apel A, Stephensen D. Comparison of the AcrySof SA60 spherical intraocular lens and the AcrySof Toric SN60T3 intraocular lens outcomes in patients with low amounts of corneal astigmatism. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37:775–779
12. Rocha KM, Soriano ES, Chalita MR, Yamada AC, Bottós K, Bottós J, Morimoto L, Nosé W. Wavefront analysis and contrast sensitivity of aspheric and spherical intraocular lenses: a randomized prospective study. *Am J Ophthalmol* 2006; 142:750–756
13. Takmaz T, Genç İ, Yıldız Y, Can İ. Ocular wavefront analysis and contrast sensitivity in eyes implanted with AcrySof IQ or AcrySof Natural intraocular lenses. *Acta Ophthalmol* 2009; 87:759–763
14. Awwad ST, Warmerdam D, Bowman RW, Dwarakanathan S, Cavanagh HD, McCulley JP. Contrast sensitivity and higher order aberrations in eyes implanted with AcrySof IQ SN60WF and AcrySof SN60AT intraocular lenses. *J Refract Surg* 2008; 24:619–625
15. Trueb PR, Albach C, Montés-Micó R, Ferrer-Blasco T. Visual acuity and contrast sensitivity in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses. *Ophthalmology* 2009; 116:890–895
16. Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20:523-526
17. Ernest P, Potvin R. Effects of preoperative corneal astigmatism orientation on results with a low-cylinder-power toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:727–732

18. The IONDT Research Group. The Ischemic Optic Neuropathy Decompression trial (IONDT): design and methods. *Control Clin Trials* 1998; 19:276–296
19. Deramo VA, Cox TA, Syed AB, Lee PP, Fekrat S. Vision-related quality of life in people with central retinal vein occlusion using the 25-item National Eye Institute Visual Function Questionnaire. *Arch Ophthalmol* 2003; 121:1297–1302
20. Koshy JJ, Nishi Y, Hirschschall N, Crnej A, Gangwani V, Maurino V, Findl O. Rotational stability of a single-piece toric acrylic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1665–1670
21. Bauer NJC, de Vries NE, Webers CAB, Hendrikse F, Nuijts RMMA. Astigmatism management in cataract surgery with the AcrySof toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:1483–1488
22. Ruíz-Mesa R, Carrasco-Sánchez D, Díaz-Álvarez SB, Ruíz-Mateos MÁ, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Refractive lens exchange with foldable toric intraocular lens. *Am J Ophthalmol* 2009; 147:990–996
23. Tsinopoulos IT, Tsaousis KT, Tsakpinis D, Ziakas NG, Dimitrakos SA. Acrylic toric intraocular lens implantation: a single center experience concerning clinical outcomes and postoperative rotation. *Clin Ophthalmol* 2010; 4:137–142
24. Mendicutte J, Irigoyen C, Aramberri J, Ondarra A, Montés-Micó R. Foldable toric intraocular lens for astigmatism correction in cataract patients. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:601–607
25. Kim MH, Chung T-Y, Chung E-S. Long-term efficacy and rotational stability of AcrySof toric intraocular lens implantation in cataract surgery. *Korean J Ophthalmol* 2010; 24:207–212
26. Ahmed IIK, Rocha G, Slomovic AR, Climenhaga H, Gohill J, Grégoire A, Ma J, for the Canadian Toric Study Group. Visual function and patient experience after bilateral

implantation of toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:609–616

27. Koch DD, Ali SF, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:2080–2087

28. Ho J-D, Liou S-W, Tsai RJ-F, Tsai C-Y. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism. *Cornea* 2010; 29:632–637

29. Wolffsohn JS, Bhogal G, Shah S. Effect of uncorrected astigmatism on vision. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:454–460

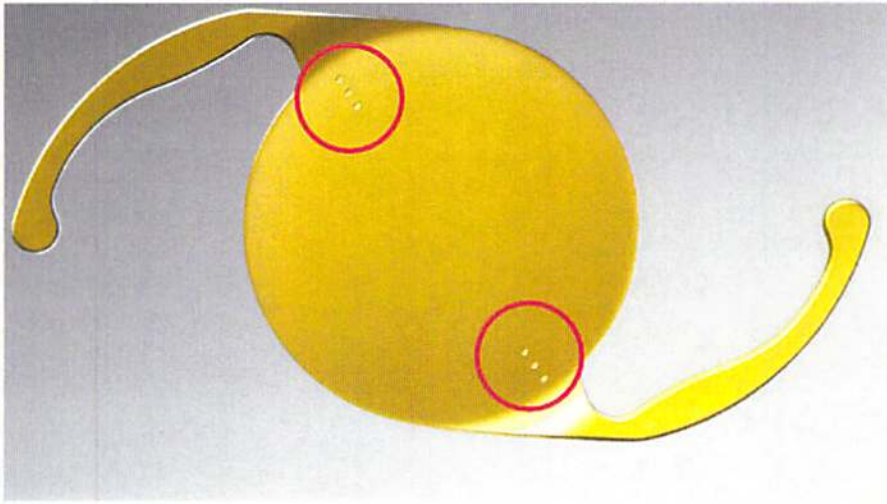
30. Ruiz-Mesa R, Carrasco-Sanchez D, Diaz-Alvarez SB, et al. Refractive lens exchange with foldable toric intraocular lens. *Am J Ophthalmol* 2009;147:990-6

31. Pouyeh B, Galor A, Junk AK, Pelletier J, Wellik SR, Gregori NZ, Trentacoste J. Surgical and refractive outcomes of cataract surgery with toric intraocular lens implantation at a resident-teaching institution. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1623-1628

32. Remón L, Tornel M, Furlan WD. Visual acuity in simple myopic astigmatism: influence of cylinder axis. *Optom Vis Sci*. 2006;83:311-315

33. Chen SI, Hove M, McCloskey CL, Kaye SB. The effect of monocularly and binocularly induced astigmatic blur on depth discrimination is orientation dependent. *Optom Vis Sci*. 2005;82:101-13

34. Kobashi H, Kamiya K, Shimizu K, Kawamorita T, Uozato H. Effect of axis orientation on visual performance in astigmatic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:1352-1359



スタイル	円柱度数(D)
SN6AT3	1.03
SN6AT4	1.55
SN6AT5	2.06
SN6AT6	2.57
SN6AT7	3.08
SN6AT8	3.60
SN6AT9	4.11

図1 トーリック眼内レンズの外観と種類

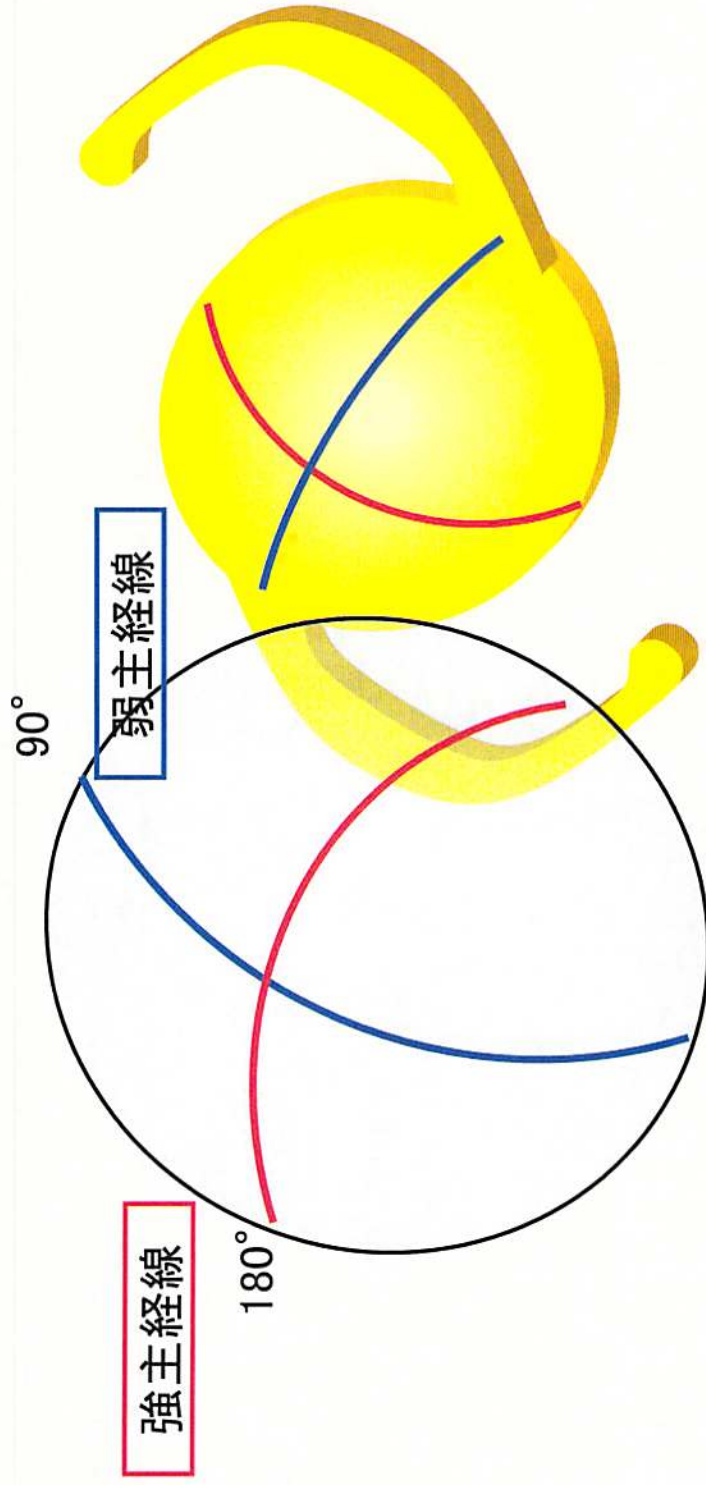


図2 角膜の形状と眼内レンズの位置関係



表 1 トーリック群と非トーリック群の比較 (J Cataract Refract Surg. 2013;39:1846-51. より改変)

	トーリック群 (n = 82)	非トーリック群 (n = 61)	P
性別 (男性 / 女性)	30 / 38	17 / 35	0.17
年齢 (歳)	74.1 ± 10.4 (52 - 94)	75.2 ± 9.7 (43 - 91)	0.52
術前自覚乱視量 (D)	1.38 ± 0.77 (0 - 3.00)	1.12 ± 0.99 (0 - 4.00)	0.08
術前角膜乱視量 (D)	1.34 ± 0.36 (1.00 - 2.50)	1.32 ± 0.39 (1.00 - 2.25)	0.81
術前裸眼視力 (logMAR)	0.84 ± 0.49 (0.15 - 2.30)	0.83 ± 0.56 (0.15 - 2.30)	0.94
術前矯正視力 (logMAR)	0.35 ± 0.37 (-0.08 - 2.30)	0.51 ± 0.57 (-0.08 - 2.30)	0.05
角膜乱視の種類 (倒乱視 / 直乱視 / 斜乱視)	57 / 19 / 6	40 / 16 / 5	0.89
眼軸長 (mm)	23.80 ± 1.9 (20.75 - 29.76)	23.43 ± 1.6 (20.68 - 28.43)	0.23
眼内レンズ度数 (D)	19.5 ± 5.0 (6.0 - 28.0)	20.5 ± 4.7 (6.0 - 28.0)	0.19

Values are presented as mean ± standard deviation (range)

D = diopter

表2 各術前角膜乱視の種類における、トーリック群と非トーリック群の比較

(J Cataract Refract Surg. 2013;39:1846-51.より改変)

	トーリック群	非トーリック群	P
倒乱視 症例数	57	40	
年齢 (歳)	76.3 ± 10.0 (52 - 94)	77.3 ± 7.9 (59 - 91)	0.62
術前角膜乱視量 (D)	1.34 ± 0.39 (1.00 - 2.50)	1.39 ± 0.40 (1.00 - 2.25)	0.49
直乱視 症例数	19	16	
年齢 (歳)	66.8 ± 8.7 (52 - 94)	68.2 ± 10.0 (43 - 82)	0.67
術前角膜乱視量 (D)	1.29 ± 0.27 (1.00 - 2.50)	1.20 ± 0.39 (1.00 - 2.25)	0.44
斜乱視 症例数	6	5	
年齢 (歳)	75.0 ± 8.9 (59 - 86)	80.4 ± 13.3 (58 - 91)	0.44
術前角膜乱視量 (D)	1.46 ± 0.37 (1.00 - 1.75)	1.10 ± 0.14 (1.00 - 1.25)	0.71

Values are presented as mean ± standard deviation (range)

D = diopter

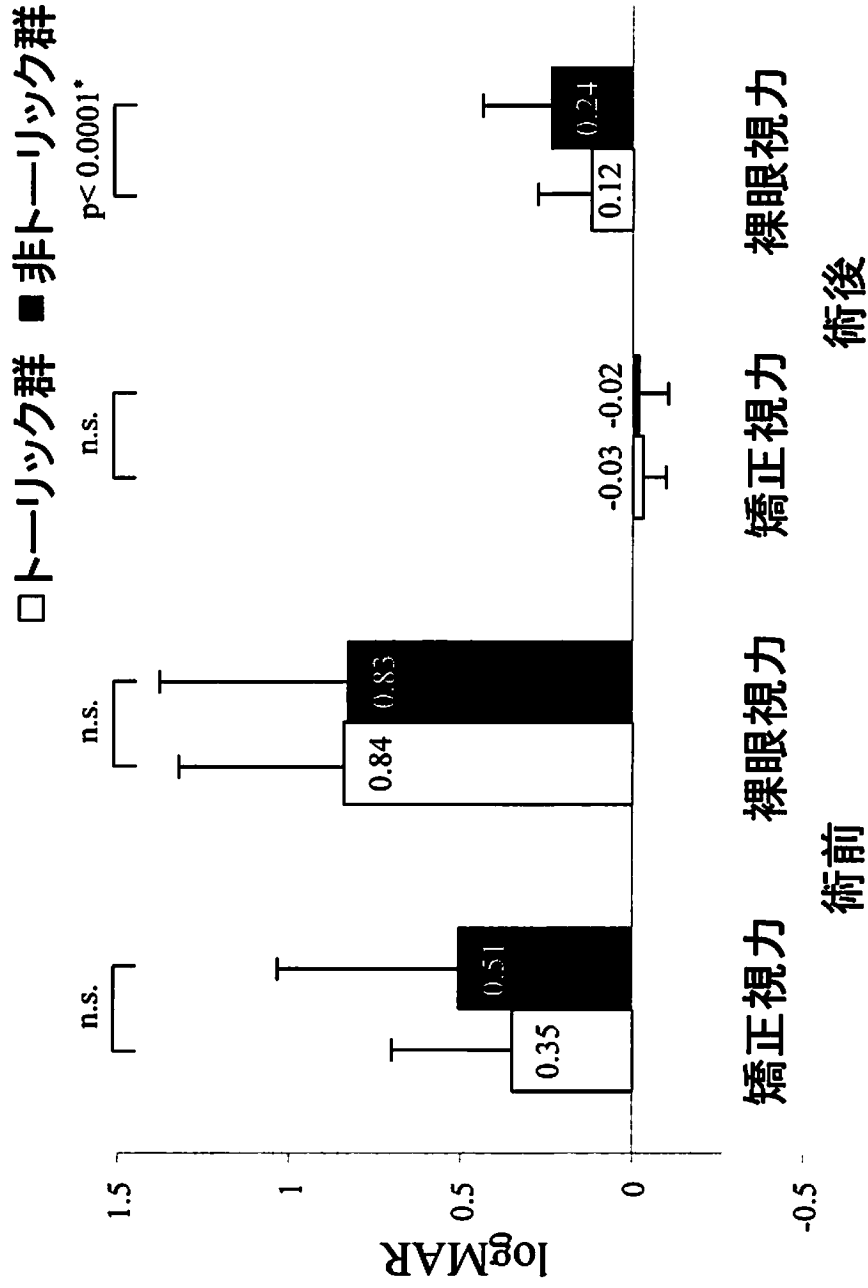


図3 2群間の視力の比較(J Cataract Refract Surg. 2013;39:1846-51.より改変)  
 術後視力は、矯正視力は2群間で差がなかったが、裸眼視力はトーリック群が有意に良い結果であった (Mann-Whitney U test)

□トーリック群 ■非トーリック群

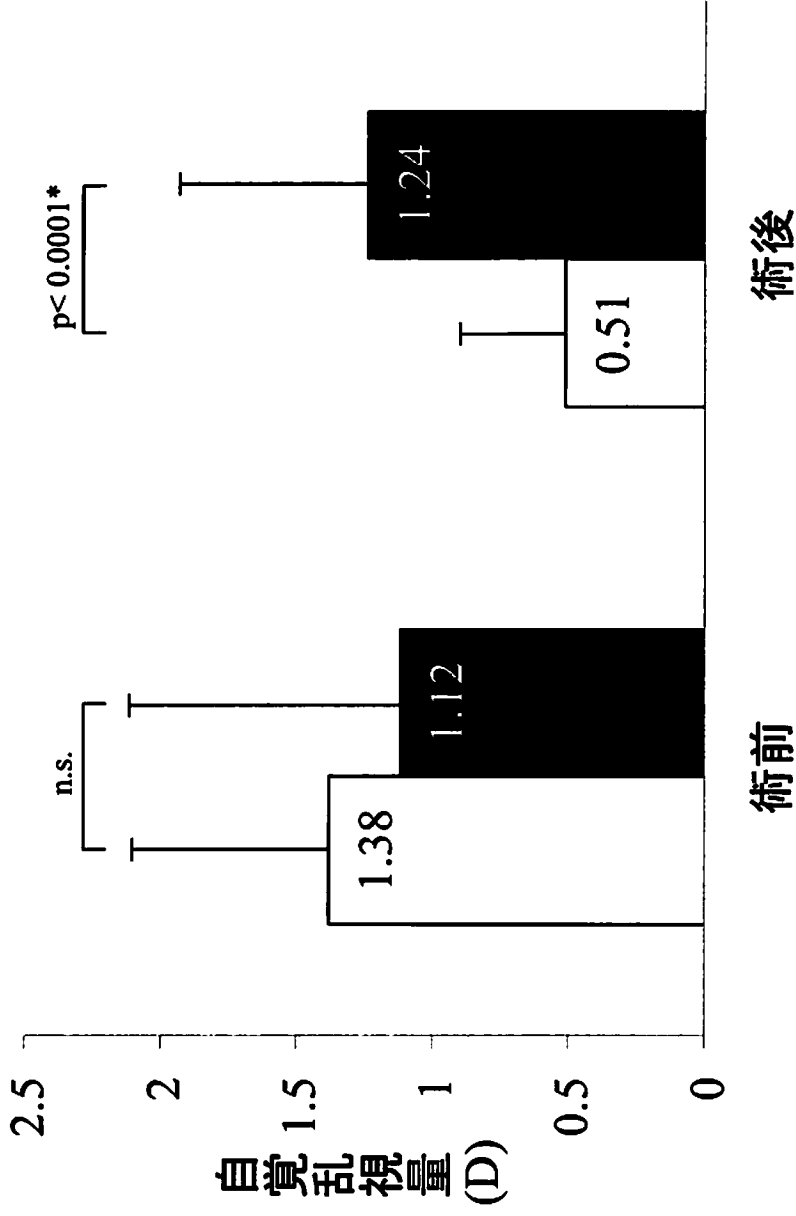
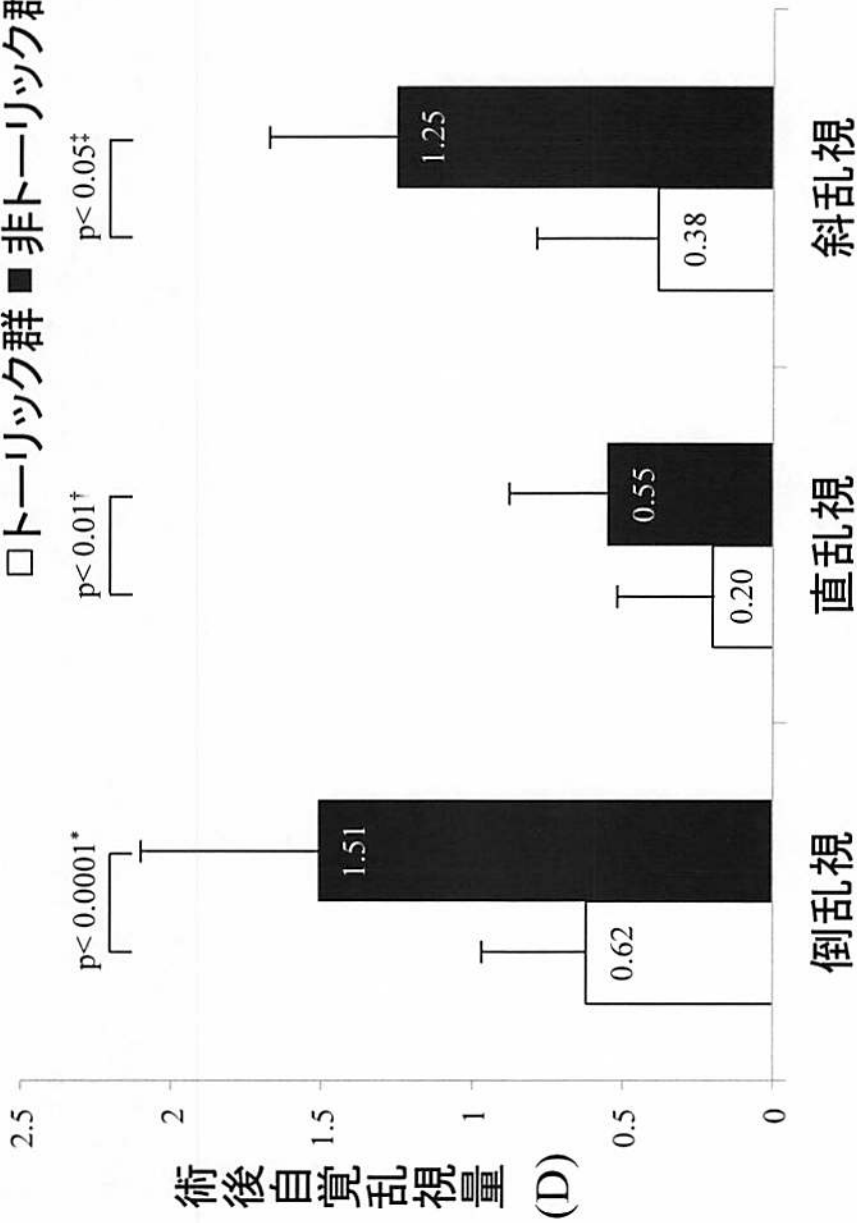


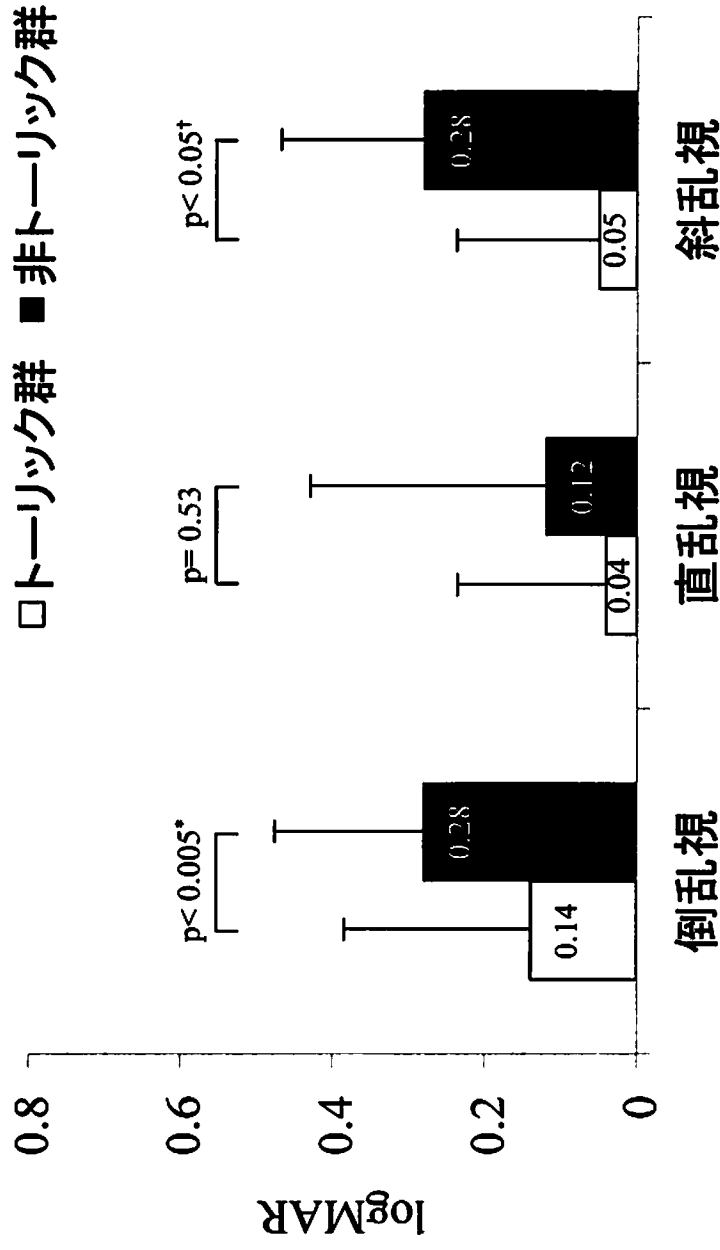
図4 2群間の自覚乱視量の比較(J Cataract Refract Surg. 2013;39:1846-51.より改変)  
術前自覚乱視量は2群間で差がなかったが、術後自覚乱視量はトーリック群で有意に  
良い結果であった (Mann-Whitney U test)

□トリーリック群 ■非トリーリック群



術前角膜乱視の種類

図5 各術前角膜乱視の種類における2群間の術後自覚乱視量の比較  
 (J Cataract Refract Surg. 2013;39:1846-51.より改変)  
 トリーリック群が非トリーリック群より、すべての乱視の種類において小さかった (Mann-Whitney U test)



### 術前角膜乱視の種類

図6 各術前角膜乱視の種類における2群間の術後裸眼視力の比較  
 (J Cataract Refract Surg. 2013;39:1846-51.より改変)  
 倒乱視と斜乱視ではトーリック群が非トーリック群よりも有意に良い結果であったが、直乱視は有意差がなかった (Mann-Whitney U test)

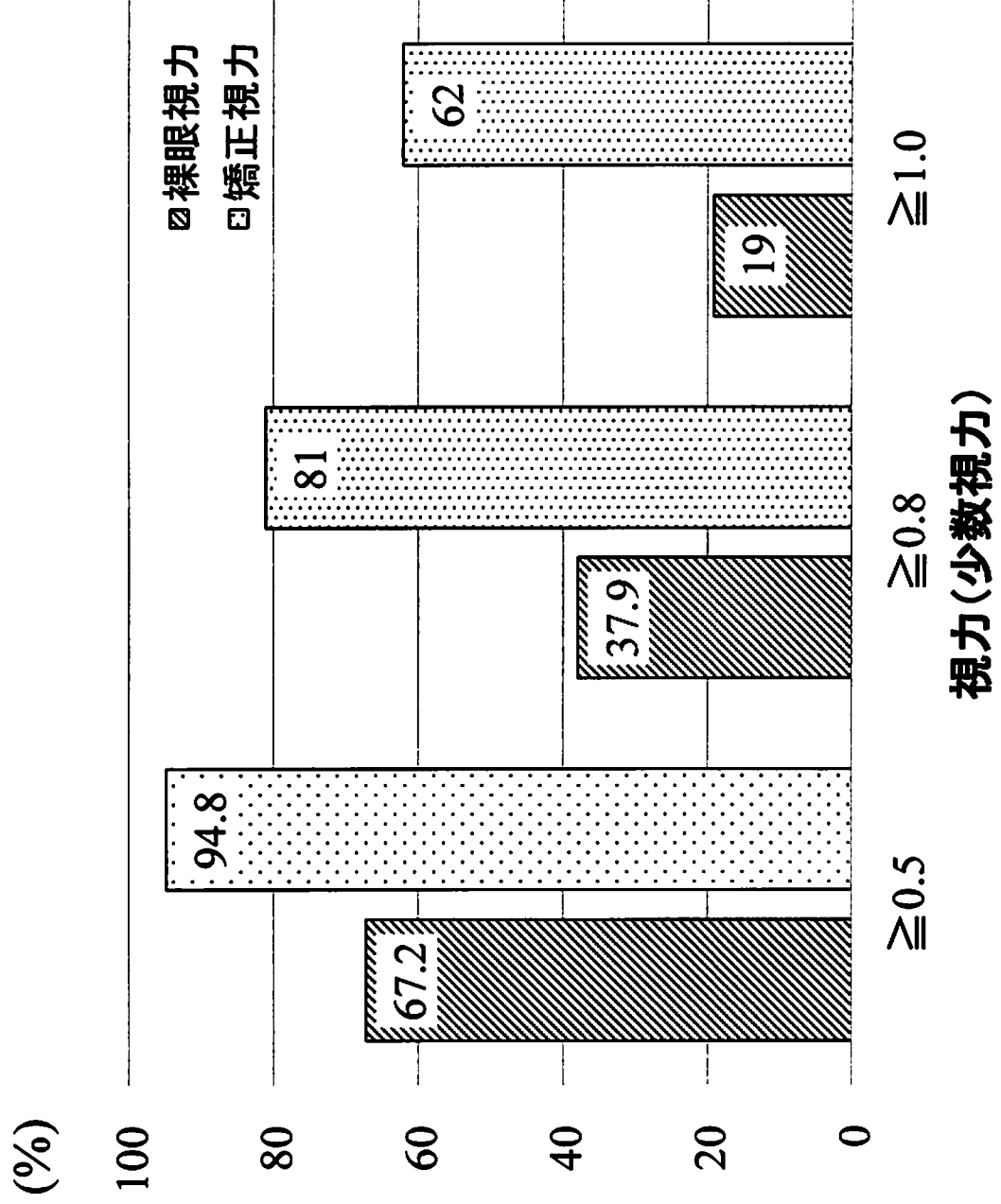


図7 術後視力  
術後裸眼視力は、67.2%が0.5以上、37.9%が0.8以上の視力であった

表3 乱視矯正良好群と不良群の比較

	良好群 (n = 51)	不良群 (n = 7)	P
年齢 (歳)	72.7 ± 9.8 (52 - 89)	75.8 ± 12.0 (57 - 85)	0.83
術前自覚乱視量 (D)	1.28 ± 0.76 (0 - 3.00)	1.82 ± 1.0 (0 - 3.00)	0.08
術前角膜乱視量 (D)	1.36 ± 0.41 (0.75 - 2.25)	1.43 ± 0.39 (1.00 - 2.00)	0.75
術前裸眼視力 (logMAR)	0.81 ± 0.48 (0.15 - 2.0)	0.84 ± 0.30 (0.40 - 1.40)	0.62
術前矯正視力 (logMAR)	0.40 ± 0.45 (-0.08 - 2.0)	0.53 ± 0.41 (-0.08 - 1.15)	0.44
眼内レンズ度数 (D)	20.3 ± 3.8 (8.5 - 28.0)	22.1 ± 3.14 (18.5 - 26.0)	0.37
角膜乱視の種類 (倒乱視 / 直乱視 / 斜乱視)	31 / 12 / 8	7 / 0 / 0	0.12
眼内レンズの種類 (T3 / T4 / T5)	31 / 12 / 8	2 / 4 / 1	0.16
術前自覚乱視量-術前角膜乱視量	0.70 ± 0.53 (0 - 1.75)	1.35 ± 0.62 (0.25 - 2.00)	0.02



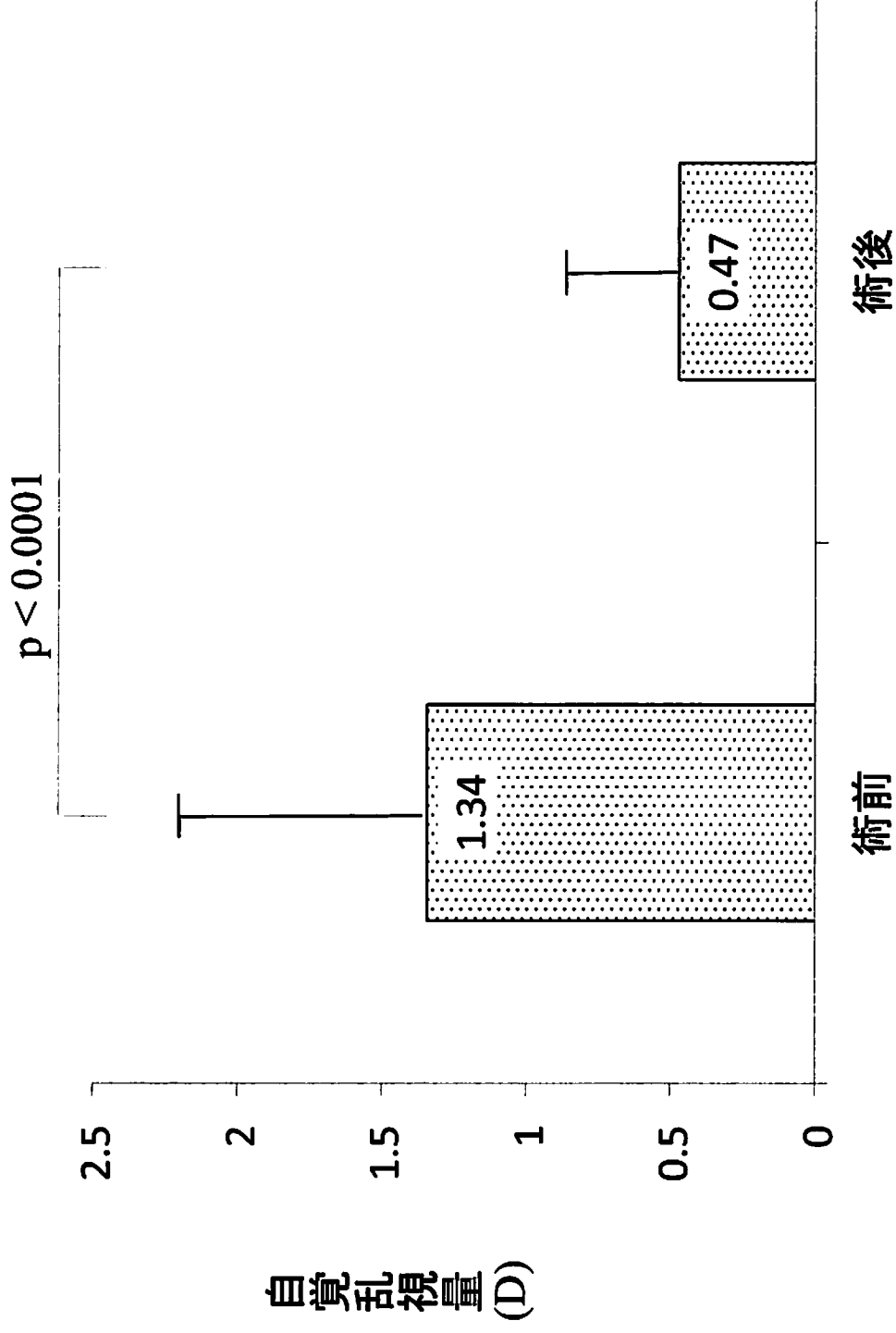


図8 自覚乱視量の変化  
白内障術後、自覚乱視量は術前と比較して有意に減少した (Wilcoxon signed-ranks test)



図9 術前後の裸眼視力  
術前後とも、2群間で有意差はなかった

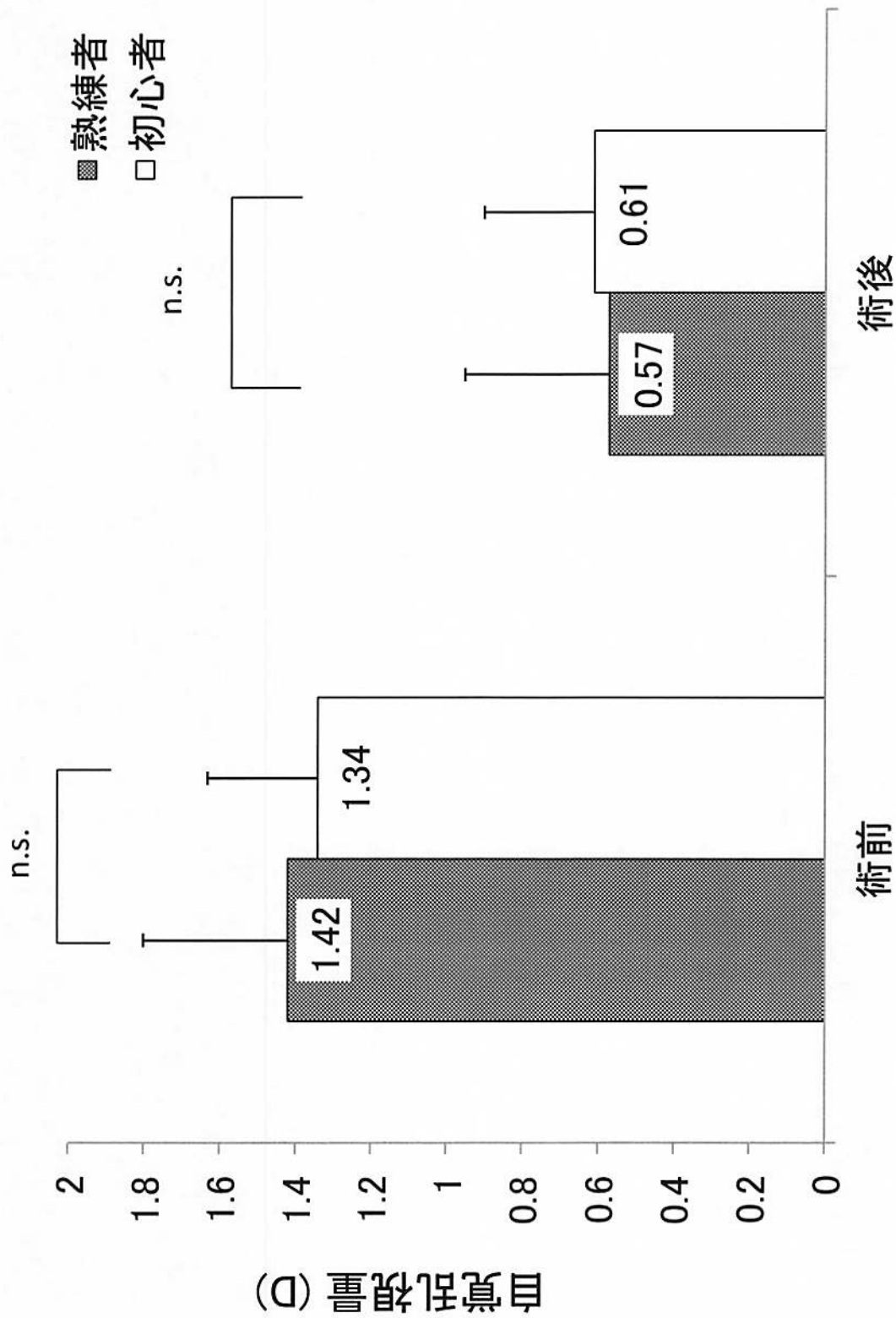


図10 術前後の自覚乱視量  
術前後とも、2群間で有意差はなかった

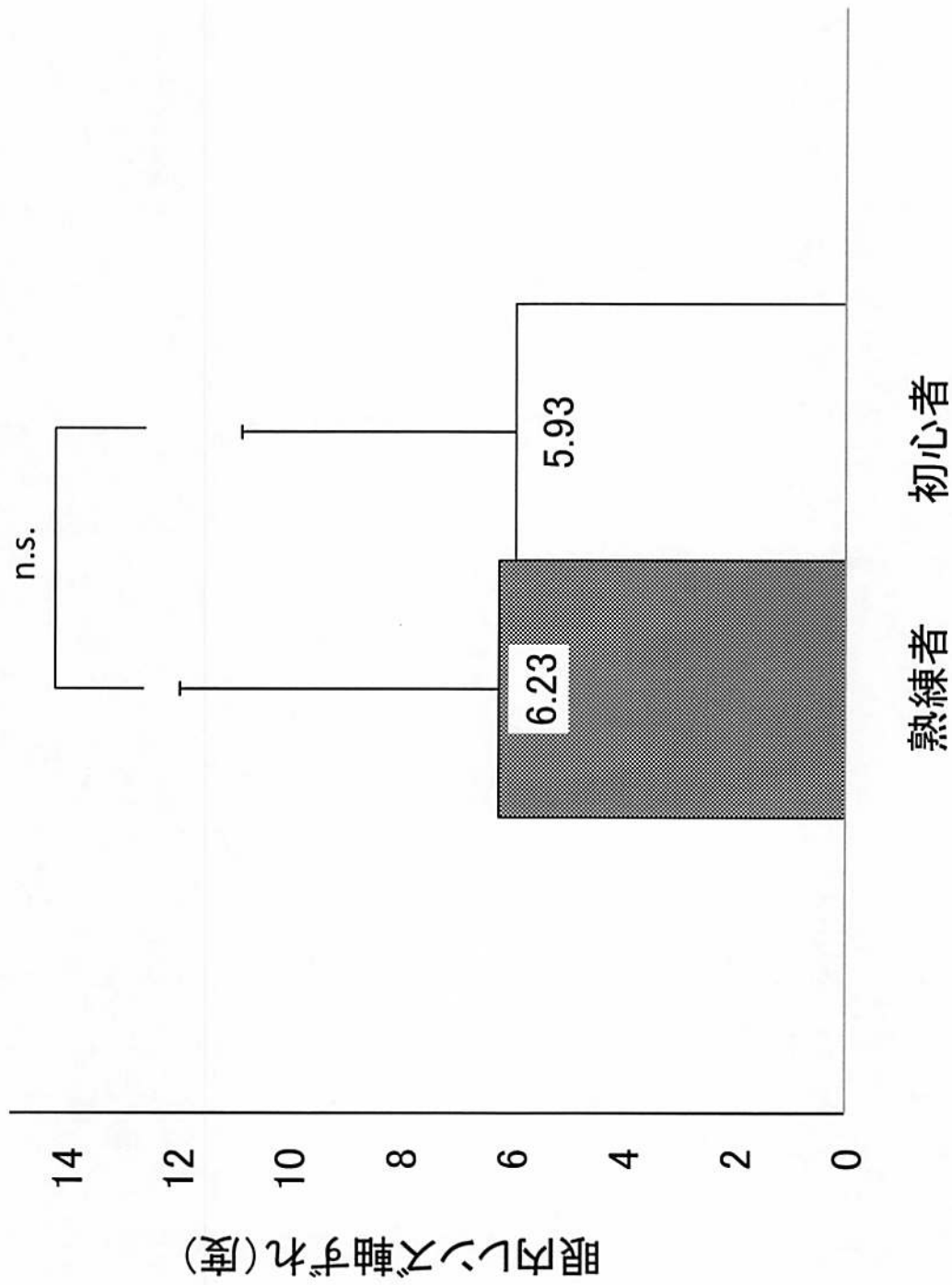


図11 術後3ヶ月の眼内レンズ軸ずれの比較  
2群間で有意差はなかった

# 参 考 论 文