

老人性白内障に対する白内障手術後経過における残余屈折異常に関する検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/4554

老人性白内障に対する白内障手術後経過における 残余屈折異常に関する検討

金沢大学大学院医学系研究科脳医科学専攻光情報伝達学
(旧講座名：眼科学)
(主任：河崎一夫教授)

岩 瀬 剛

白内障術後における患者の視覚の質を向上させるためには、残余屈折異常を極力減少させ患者が術前に希望した屈折状態に近づける必要がある。残余屈折異常は手術起因性角膜乱視（術前角膜乱視と術後角膜乱視実測値との差）および残余球面屈折誤差（術前予測値と術後実測値との差）に分けられる。手術手技や眼内レンズ（intraocular lens, IOL）の種類が残余屈折異常におよぼす影響を調べる目的で、耳側切開無縫合白内障手術における切開方法として3.0ミリ切開法、3.8ミリ切開法または6.0ミリ切開法を用い、手術起因性角膜乱視の経時的な変化量および視軸切開縁間距離が手術起因性角膜乱視におよぼす影響を調べた。残余球面屈折誤差に関しては、IOLの種類毎に術後の等価球面屈折値、前房深度の推移の差異および後発切開術が残余球面屈折誤差におよぼす影響を調べた。その結果、白内障手術における切開幅が小さくなるほど手術起因性角膜乱視が少なくなること、視軸切開縁間距離は手術起因性角膜乱視には大きな影響を与えないことが示された。一方、IOLの種類により白内障術後における屈折値および前房深度の推移が大きく異なり、IOLの種類が残余球面屈折誤差に大きく関与していることがわかった。これらの結果を基に、無縫合白内障手術で切開の長さやIOLの種類を選択することにより、残余屈折異常を軽減することが可能になり、さらには術前の屈折異常を補正することも可能である。

Key words phacoemulsification and aspiration, intraocular lens, self-sealing wound, postoperative refractive errors

老人性白内障の治療には薬物療法と手術療法とがあるが、現在の治療の主流は手術療法である。手術療法においては、白濁した水晶体を除去しそれによって失われた屈折力を、術後の眼鏡装用、術後のコンタクトレンズ装用または術中の人工眼内レンズ（intraocular lens, IOL）挿入によって補填することが必要である。眼鏡は、破損時における眼障害の可能性を除けば最も安全と考えられるが、眼鏡が大きく重いという不便や、周辺視野の歪曲、輪状暗点および左右度数差が大きい場合の不等像視という大きな光学的欠点を有し、近年ほとんど顧みられない。コンタクトレンズは眼鏡のように大きな光学的欠点は有さないものの、脱着に伴う角膜障害の可能性、脱着自体の不便性ならびに長期装用に伴う角膜障害を免れない。一方、IOLは、利便性および光学的特性という観点からは最も優れ、IOL導入初期には懸念されていたIOL自体およびその挿入手技に伴う眼障害もきわめて少ないことがわかった。したがって、現時点においては、白内障手術に伴う屈折力の補填は大多数の症例でIOLによる。

しかし、IOL挿入後の眼球が有する屈折力は理論的に算出されるのではなく経験式によって予測されるのみであり¹⁾、換言すれば例外が必ず存在する。また仮に理論式が存在するとして

も、眼球の屈折力にかかわるすべての因子を術前に数値化すること、すなわち眼球の屈折に関与しうる個体差を計測して数値化することは、現時点では不可能である。しかもIOLは術後に屈折力を調整できないという欠点を持つ。したがって術前に予測した術後の眼屈折力（予測屈折値）と術後の眼屈折力実測値との間には差異が生じる。この差異を残余屈折異常と本報では定義する。残余屈折異常には、挿入するIOLの球面屈折力の過不足および眼内の眼軸方向におけるIOL固定位置の不確定性に起因する球面屈折異常（残余球面屈折誤差）と手術切開創の幅、位置、縫合などによって角膜形状が変化することに起因する乱視^{2)~3)}（手術起因性角膜乱視）、およびIOLの偏心や傾斜などによって生じるIOL起因性乱視^{30)~42)}とがある。

残余屈折異常が大きければ、術後にそれを矯正するための眼鏡装用が必至であり、患者の視覚の質（Quality of Vision）が損なわれる。それゆえ、残余屈折異常を極力減少させる必要がある。それを目的として無縫合水晶体超音波乳化吸引・IOL挿入術^{2)~5)}（方法の項に詳述）がすでに考案されているが、それでもなお残余屈折異常が存在する。そこで私は、無縫合水晶体超音波乳化吸引・IOL挿入術のうち、一般的に残余屈折異常が少ないとされる耳側強角膜切開無縫合水晶体超音波乳化吸引・IOL

平成13年11月22日受付，平成13年12月27日受理

Abbreviations : ACD, anterior chamber depth; CCC, continuous curvilinear capsulorhexis; D, diopter; IOL, intraocular lens; Nd, neodymium; PMMA, polymethylmethacrylate; YAG, yttrium aluminium garnet

挿入術²³⁾ および耳側角膜一面切開無縫合水晶体超音波乳化吸引・IOL挿入術⁴⁵⁾における残余屈折異常にかかわる要因を調べれば、残余屈折異常のさらなる軽減に有用ではないかと考えた。

IOL起因性乱視の原因であるIOLの偏心や傾斜は、しばしば術後長期を経たからの水晶体囊の収縮により起こり^{34)~42)}、その程度を予測することは非常に困難である。すなわち、手術手技の改良によってIOL起因性乱視を軽減できる余地は極めて少ない。一方、手術起因性角膜乱視は手術手技、特に角膜または強角膜切開創の位置と大きさおよび切開創の縫合の有無に著しく影響されることが知られており^{2)~33)}、換言すれば手術起因性角膜乱視には手術手技の改良によって軽減できる余地がある。しかも角膜はヒト眼光学系の総屈折力約60ジオプター(diopter, D)のうち約48Dを担う⁴³⁾ので、そのわずかな変形がヒト眼光学系におよぼす影響は大きい。従って本報では、主に手術起因性角膜乱視におよぼす術式の影響を調べ、さらにIOLの種類および術後水晶体囊混濁へのレーザー切開が残余球面屈折誤差におよぼす影響も調べた。

対象および方法

I. 対象

著者が平成7年4月から平成12年3月までの間に、水見市民病院で白内障手術を施行した1037例1579眼のうち、下記IIの術式で手術が行われ、下記V, VI, VIIおよびVIIIに記載された検査が行われ、かつIVに記載された除外基準にあてはまらなかった眼を対象とした。眼数、年齢等はそれぞれの研究において異なるので結果に記す。

II. 術式

手術はすべて耳側方向から角膜一面切開法または結膜切開・6.0mm幅強角膜切開法(6.0ミリ切開法)のいずれかで行われ、角膜一面切開法はその最終的角膜切開幅によって3.0mm幅角膜一面切開法(3.0ミリ切開法)および3.8mm幅角膜一面切開法(3.8ミリ切開法)に分けられた。以下にその術式の詳細を示す。

1. 角膜一面切開法

1) 術前の処置

手術開始120分前から0.5%トロピカミドおよび0.5%塩酸フェニレフリン点眼薬(ミドリンP[®], 参天製薬, 大阪)を2回点眼し、手術時に最大散瞳を得た。

2) 術野の消毒

ポピドンヨード(イソジン[®], 明治製薬, 東京)および0.1%グルコン酸クロルヘキシジン(マスキン[®], 丸石製薬, 大阪)を用いて術眼の眼瞼およびその周囲の皮膚を消毒し、イソジンを生理食塩水で10倍に希釈した液、ついで生理食塩水で術眼を洗眼した。

3) 麻酔

眼科用4%塩酸リドカイン(キシロカイン[®], 藤沢, 東京)を2回点眼した後、2%塩酸リドカイン(キシロカイン[®], 藤沢)の0.3mlを結膜下に注入した⁴⁴⁾。

4) 前囊切開

右眼にあつては7時および11時の位置の、左眼にあつては1時および5時の位置の角膜輪部に尖刃刀(マイクロフェザー730[®], フェザー安全剃刀, 大阪)を用いて虹彩面と平行に幅0.5mmの切開を行った。ついで2つの角膜輪部小切開を作成した。水晶体前囊を一部切除するために、25ゲージ鋭針を折り曲

げ、右眼では7時の、左眼では1時の角膜輪部切開創より挿入し、その先端から眼内灌流液(BSS-PLUS[®], 参天製薬)を灌流させることによって前房内を加圧しながら、連続円形線状水晶体前囊切開(continuous curvilinear capsulorhexis, CCC)⁴⁵⁾⁴⁶⁾を行った。

5) 角膜切開

粘弾性物質であるヒアルロン酸ナトリウム(ヒーロン[®], 分子量約100万, ファルマシア日本, 東京; またはオペガンハイ[®], 分子量約100万, 参天製薬)を前房に注入し、前房空間を保ち眼圧を上昇させた状態で、結膜を切開しないように真横の位置(右眼にあつては9時, 左眼にあつては3時の位置)で結膜付着起始部より角膜側の輪部角膜を、幅3.0mmの槍状刀(ビジテックスリットナイフ581107[®], 日本ベクトンディッキンソン, 東京)で虹彩面に平行になるように切開した。

6) 水晶体核および皮質吸引

眼内灌流液を満した注射器に27ゲージ鈍針を装着し、鈍針の先端を水晶体前囊下に挿入して眼内灌流液を水晶体囊と水晶体内容物の間に圧注し、水晶体囊と水晶体皮質を分離した⁴⁷⁾⁴⁸⁾。超音波白内障手術装置(ユニバーサルフェイコ[®], 日本アルコン, 東京)を用いて真横の角膜創から水晶体超音波破碎器具を挿入し、11時(右眼)あるいは5時(左眼)の角膜輪部小切開創より水晶体分割フック(新川橋式核分割フック[®], イナミ, 東京)を挿入し、水晶体分割フックと水晶体超音波破碎器具を用いて水晶体核を分割しながら水晶体核を破碎吸引した⁴⁹⁾。ついで、皮質吸引器具を用いて水晶体皮質を吸引した。

7) IOLの挿入

粘弾性物質を注入し、真横の幅3.0mmの角膜創を幅3.8mmの槍状刀(ビジテックフェイコスリットナイフAU1121[®], 日本ベクトンディッキンソン)を用いて幅3.8mmに拡大するかあるいは幅3.0mmのまま、光学部が折り曲げ可能なIOLを折り曲げて水晶体囊内へ挿入し、水晶体囊内で展開させた。IOLを挿入するために真横の角膜創を幅3.8mmに拡大した術式を3.8ミリ切開法、拡大しなかった術式を3.0ミリ切開法と定義した。次いで前房内の残余の粘弾性物質を吸引除去し、角膜創内壁から角膜実質内に眼内灌流液を注入することによって角膜を膨潤させ、角膜創を閉鎖した²¹⁾。それでも尚漏出が認められた眼では10-0ポリエステル糸(R770G[®], ジョンソン・エンド・ジョンソン日本, 東京)による角膜縫合を1糸置いたが、検討の対象から除外した。なお、水晶体超音波破碎器具挿入あるいはIOL挿入のための細隙状の創の前房側開口部を内方切開線、角膜輪部側開口部を外方切開線とよぶ(後記強角膜切開法でも同様)。

8) 手術終了時およびその後の処置

手術終了時に0.1%リン酸デキサメタゾンナトリウム溶液(デカドロン[®], 萬有製薬, 東京)の0.3mlおよび0.3%トブラマイシン(トブラシン[®], 塩野義製薬, 大阪)溶液の0.3mlを結膜下注射した。手術翌日から術後6日目までオフロキサシン(タリビット[®], 参天製薬), ジクロフェナクナトリウム(ジクロード[®], わかもと製薬, 東京)およびリン酸ベタメタゾンナトリウム点眼液(リンデロンA[®], 塩野義製薬)を1日に3回点眼し、術後7日目からはリン酸ベタメタゾンナトリウム(リンデロンA[®])点眼を中止し、代わりに0.1%フルオロメトロン(0.1%フルメトロン[®], 参天製薬)点眼を1日3回、3か月間以上点眼を行った。

2. 強角膜切開法

1) 術前の処置

術野の消毒および麻酔は角膜一面切開法に準じた。

2) 強角膜切開

右眼にあっては9時、左眼にあっては3時の位置を中心として輪部結膜を幅6.0mmで切開した。強膜止血は行わなかった⁵⁰⁾。右眼にあっては9時、左眼にあっては3時の位置を中心として輪部より強膜側1mmの強膜を尖刃刀で幅6.0mm、深さ約0.3mmで直線的に強膜を切開した。その部位から円刃刀(ビーバーエクスタークレセントナイフマットフィニッシュ373807[®], 日本ベクトンディッキンソン)を用いて、切開の深さ約0.3mmが一定で切開の奥行きが切開両端部の方が長くその長さが約3mmになるまで強膜側から角膜内方へ強角膜半層切開を進め、切開の先端が前房内へ入らないように、また切開先端が輪部と平行な弧状になるように留意した²⁰⁾。CCCは角膜一面切開法のそれに準じた。粘弾性物質を前房に注入し、前房空間を保ち眼圧を上昇させた状態で、幅6.0mmの強角膜切開創の中央でかつ半層切開層の先端の部位で、幅3.0mmの槍状刀を用いて強角膜創を前房側に貫通させた。

3) 水晶体核および皮質吸引

角膜一面切開法に準じた。

4) IOLの挿入

前房を粘弾性物質で満たし、IOLを挿入するために槍状刀を用いて強角膜創の切開幅を6.0mmに拡大した。その際、強角膜半層切開の先端部で切開するように心がけた。光学部が折り曲げられないIOLを水晶体嚢内に挿入し、残余の粘弾性物質を吸引除去した。前房内に眼内灌流液を注入し創孔からの漏出の有無を調べた。漏出が認められた眼では強角膜実質を膨潤させて創孔を閉鎖した。この術式を6.0ミリ切開法と定義した。それでも尚漏出が認められた眼では10-0ポリエステル糸

(R770G[®])による強角膜縫合を1糸置いたが、検討の対象から除外した。

5) 手術終了時およびその後の処置

角膜一面切開法に準じた。

Ⅲ. IOL

使用したIOLはいずれも円板状の光学部と弧状の支持部からなっていたが、その材質、形状、性状、製造法において差異を有した。

3.0ミリ切開法には光学部が折り曲げ可能なIOL(AQ110NV[®], キヤノンスター, 東京)を使用した(図1)。AQ110NVの光学部は軟質シリコン樹脂製, 支持部はポリイミド製で, 光学部の直径は5.5mm, 支持部を含めた全長は12.5mmであった。2本の支持部は光学部より斜め前方に10°の角度をなしていた²⁵⁾⁵¹⁾。

3.8ミリ切開法には折り曲げ可能なIOL(MA60BM[®], 日本アルコン)を使用した(図1)。MA60BMの光学部は軟質アクリル樹脂製, 支持部はポリメチルメタクリレート(polymethylmethacrylate, PMMA)製であった。光学部径は6.0mmで支持部を含めた全長は13.0mmであり, 2本の支持部は光学部より斜め前方に10°の角度をなしていた⁵²⁾。これらの2種類のIOLは, 光学部に支持部を後付けする方法で製造された。

6.0ミリ切開法には2種類のPMMA製IOL(824C[®]または811C[®], とともにファルマシア日本)を使用した(図1)。両IOLともに光学部および支持部はいずれもPMMA製で, 光学部の直径は6.0mmで支持部を含めた全長は12.0mmであった。824Cでは, 2本の支持部は光学部に平行にしかも光学部から前方(眼内に挿入した際に眼球の前方に位置する方向)に0.6mm偏位して取り付けられていた⁵³⁾。811Cでは2本の支持部は光学部より斜め前方に6°の角度をなしていた。これらの2種類のIOL

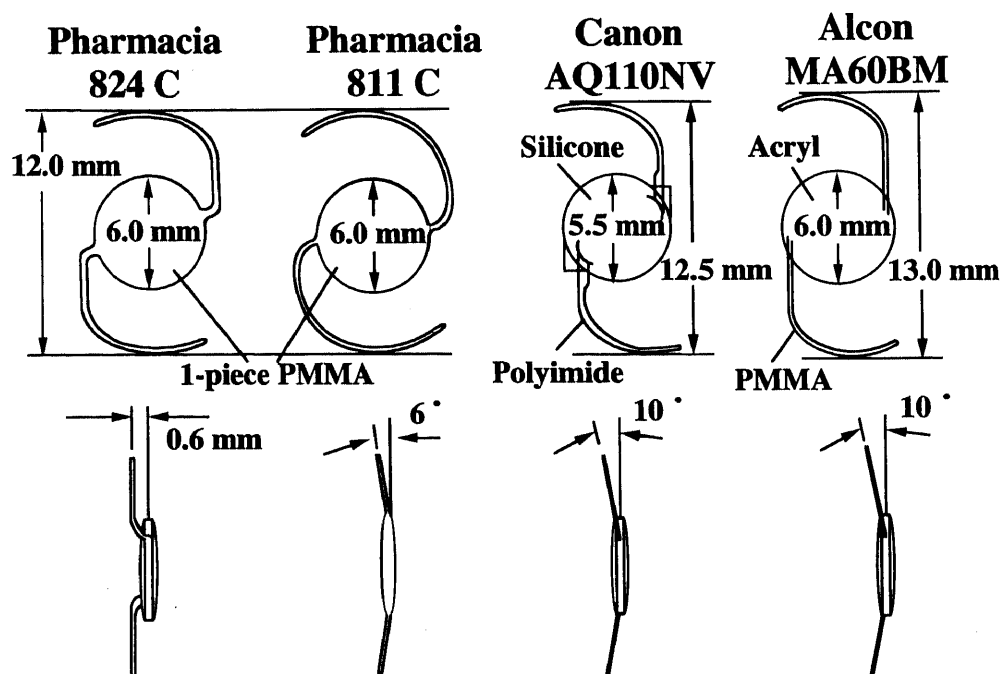


Fig. 1. Shapes and specifications of IOLs. IOLs are composed of one optic that bears refraction and two haptics that hold the optic in the lens capsule. Pharmacia 824C, single-piece polymethylmethacrylate IOL; Pharmacia 811C, single-piece polymethylmethacrylate IOL; Canon-Staar AQ110NV, 3-piece silicone-optic polyimide-haptic IOL; Alcon MA60BM, 3-piece acrylic-optic polymethylmethacrylate-haptic IOL.

は光学部と支持部を一体成型する方法で製造された。

IV. 除外基準

切開の方法にかかわらず、手術終了時においてCCCの辺縁に外側が凸の変曲点があった眼、創孔の縫合を要した眼および水晶体嚢後半部(後嚢)が破損していた眼は対象から除外した。術前に白内障以外の内眼疾患を有していた眼³⁹⁾⁵⁴⁾⁵⁵⁾では術後炎症が著しく創傷治癒機転が修飾される可能性がある⁵⁶⁾。眼軸長が21mm以下または25mm以上の眼では水晶体の位置が術前においても正常眼とは異なっている可能性が高い。また30mmHgを超える眼圧の眼では術後に高眼圧を生じるとIOLの前方への偏位を伴いやすい。ゆえにIOLの種類および後発白内障切開術が残余球面屈折誤差におよぼす影響に関する研究においては、これらの眼も対象から除外した。

V. 切開創の特性が手術起因性角膜乱視におよぼす影響

1. 6.0ミリ切開法、3.8ミリ切開法および3.0ミリ切開法を行った眼で、下記のごとく経時的に角膜乱視を計測した眼(それぞれ乱視6.0ミリ切開群、乱視3.8ミリ切開群および乱視3.0ミリ切開群)において術前、術後1週、2週、1か月、2か月および3か月の角膜乱視を自動屈折角膜曲率計測装置(ARK-2000[®], ニデック, 蒲郡)を用いて測定した。計測ごとの球面度数および乱視度数の動揺がいずれも±0.25D内に収まるような結果が5回得られるまで反復して計測し、その5回の計測値の平均を求めた。乱視には乱視度数および乱視軸があり、乱視度数の単純な加減算では手術起因性角膜乱視を求めることはできないので、以下に述べるJaffe法⁵⁷⁾を用いて手術起因性角膜乱視を求めた。すなわち乱視には最も屈折力の強い経線(強主経線)と最も屈折力の弱い経線(弱主経線)とがある。角膜乱視の弱主径線の角度の2倍を母線となす角度とし、角膜乱視の大きさを長さとするベクトルを座標にあらわし、下記の式にしたがってそのベクトルの水平成分Aを求めた。

$$A = x \times \cos(2\pi \cdot y/180)$$

x: 乱視度数(D), y: 弱主経線の乱視軸(度)。

Aは直乱視であれば正の値、倒乱視であれば負の値をとるので、術後のA(A2)から術前のA(A1)を減じれば、手術によって角膜乱視が直乱視化したか倒乱視化したかを知ることができる。

A2-A1を手術起因性角膜乱視の大きさと定義し、個々の眼において種々の術後期間における手術起因性角膜乱視の大きさを算出した。

2. 視軸切開縁間距離が手術起因性角膜乱視におよぼす影響

3.8ミリ切開法および3.0ミリ切開法を施行した眼のうち、下記の視軸切開縁間距離を計測した眼(それぞれ、距離3.8ミリ群および距離3.0ミリ切開群)を対象とした。

術後1ないし2週に細隙灯顕微鏡(スリットランプ30SL/M[®], カールツァイス日本, 東京)に荷電結合素子カメラ(KY-F58[®], 日本ビクター, 横浜)を装着し、検眼の正面に光源を置きその光源を患者に注視させて、患者の角膜上に反射している点、すなわち視軸と角膜表面の交点(角膜光学中心)に焦点を合わせて前眼部を撮影した。予め同じ光学系を用いて定規を撮影しておき、それを較正として実際の画像上の光源の角膜反射による輝点から外方角膜切開縁までの長さ(図2)を算出し、これを視軸切開縁間距離と呼称した。この視軸切開縁間距離と術後1か月における手術起因性角膜乱視との相関を調べた。

VI. IOLの種類が残余球面屈折誤差の術後経過におよぼす影響

6.0ミリ切開法を行って811Cを挿入し以下の屈折検査を施行できた群(屈折811C群)、6.0ミリ切開法を行って824Cを挿入し以下の屈折検査を施行できた群(屈折824C群)、3.0ミリ切開法を行ってAQ110NVを挿入し以下の屈折検査を施行できた群(屈折AQ110NV群)および3.8ミリ切開法を行ってMA60BMを挿入し以下の屈折検査を施行できた群(屈折MA60BM群)の4群を比較した。術後1, 2週, 1, 2, 3, 6, 9および12か月の屈折値を自動屈折角膜曲率計測装置(ARK-2000[®])を用いて計測した。球面度数および乱視度数の動揺がいずれも±0.25D以内に収まるような結果が5回得られるまで反復して計測し、その5回の球面度数および乱視度数を平均した。その平均値から以下の式で等価球面度数を算出し、それをその眼の屈折値とした。

$$B = x + y/2$$

x: 球面度数, y: 円柱度数。

VII. IOLの種類が白内障術後の前房深度におよぼす影響

白内障術後における残余球面屈折誤差の変化の一因として、IOL光学部の前後方向への偏位が理論上ありうる。その偏位にIOLの種類が関与するか否かを調べるために、6.0ミリ切開法を行って824Cを挿入し下記のごとく前房深度を計測したした群(深度824C群)および3.0ミリ切開法を行ってAQ110NVを挿入し前房深度を計測したした群(深度AQ110NV群)の2群を対象として、前房深度の術後経過を調べた。

本研究では角膜後面からIOL前面までの距離を前房深度と定義し、前眼部解析装置(EAS-1000[®], ニデック)を用いて⁵⁸⁾計測した。撮影時には散瞳は行わず、測定機内の点滅する注視点を固視させた状態で撮影した。撮影条件は、光量が200W、スリット幅が7mm、撮影軸は180°、スリットモードである。術後2日, 1, 2週, 1, 2, 3か月の前房深度を計測し白内障術後経過における前房深度値の推移を比較検討した。また眼ごとに前房深度値は異なるので、術後の前房深度推移のIOLによる差異を調べる目的で、術後2日の前房深度値に対する術後1, 2週, 1, 2, 3か月の前房深度値の比(前房深度比)を求め、深度

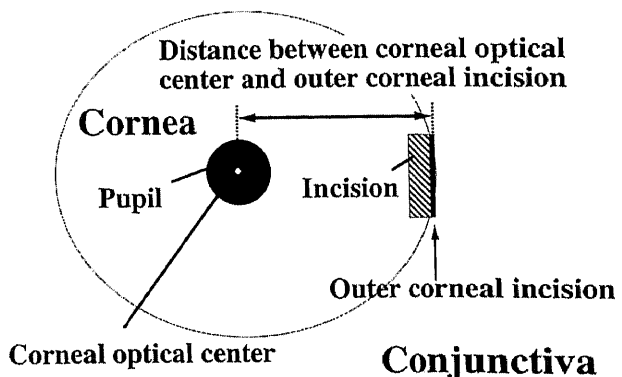


Fig. 2. Definition of the distance between corneal optical center and the outer corneal incision. The corneal optical center can be recognized as a bright reflex from the corneal surface when the subject gazes a light source and the photograph is taken from behind the light source.

824C群と深度AQ110NV群間でその推移を比較検討した。前房深度の基準となる値として術後2日の値を用いた理由は、白内障術前の前房深度値は角膜後面と水晶体前面との間の距離であり、術前の水晶体は直径および厚さのいずれにおいてもIOLとは非常に異なるのでIOL挿入後の前房深度の基準としては不適であり、また術後経過とともに前房深度値が変化することが予想されるので術後可及的早期のものが望ましいからである。

また前房深度の術後推移に対する年齢および眼軸長の関与を調べるために、前房深度比と年齢および眼軸長との間の相関を調べた。

Ⅶ. 後発白内障レーザー切開術による白内障術後の屈折値に対する影響の検討

術後経過中に後嚢が混濁(後発白内障)すると矯正視力が低下する⁵⁹⁾⁶⁰⁾ので、ネオジウム(neodmium, Nd):イットリウム/アルミニウム/ガーネット(yttrium/aluminium/garnet, YAG)レーザーによる後発白内障切開術が必要になることがしばしばある⁶⁰⁾。後発白内障切開術を行うと後嚢の緊張が緩和され、それによってもIOLの位置が移動し、それによっても眼屈折値

も変化する⁶¹⁾⁶²⁾。その変化の大きさにIOLの種類が関与する可能性を調べるために、6.0ミリ切開法を行って811Cを挿入し上記の後発白内障切開術を施行した群(後発811C群)および3.0ミリ切開法を行ってAQ110NVを挿入し後発白内障切開術を施行した群(後発AQ110NV群)の2群を対象とし、白内障術後1週および後発白内障術前に対するNd:YAGレーザー(YC-1400®ニデック)を用いた後発白内障切開術後の屈折値の変化の大きさを比較した。

成 績

I. 切開創の特性が手術起因性角膜乱視におよぼす影響

1. 強角膜または角膜切開幅が手術起因性角膜乱視におよぼす影響

眼数および平均年齢は乱視6.0ミリ切開群では61眼および78.8 ± 6.7歳(平均値±標準偏差, 以下同様)、乱視3.8ミリ切開群では116眼および74.3 ± 7.4歳、乱視3.0ミリ切開群では228眼および73.7 ± 7.5歳であった。

図3に乱視6.0ミリ切開群、乱視3.8ミリ切開群および乱視3.0

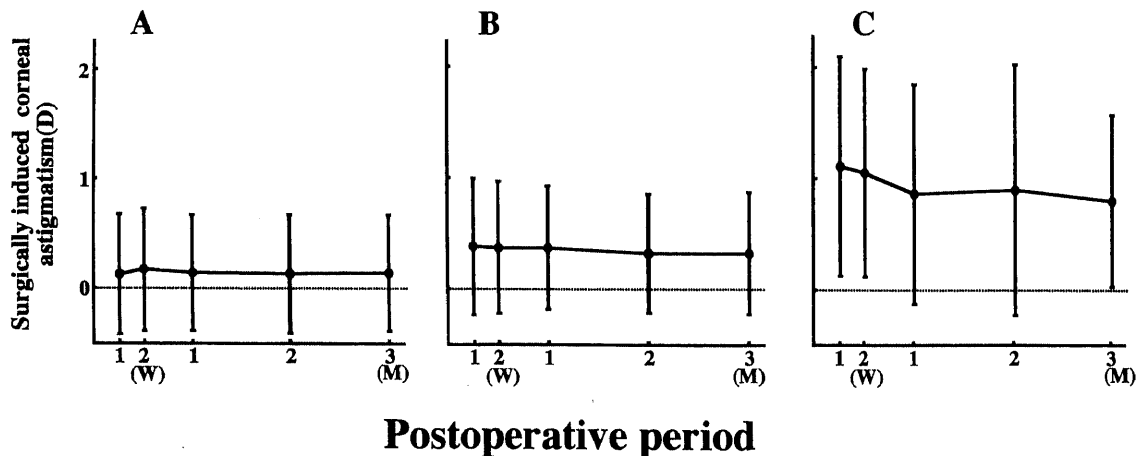


Fig. 3. Change in the surgically induced corneal astigmatism for 3.0-mm clear-cornea (A), 3.8-mm clear-cornea (B), and 6.0-mm sclerocorneal (C). Horizontal bars and vertical lines at each point of time designate the $\bar{X} \pm 1SD$, respectively (likewise in Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, and Fig. 10).

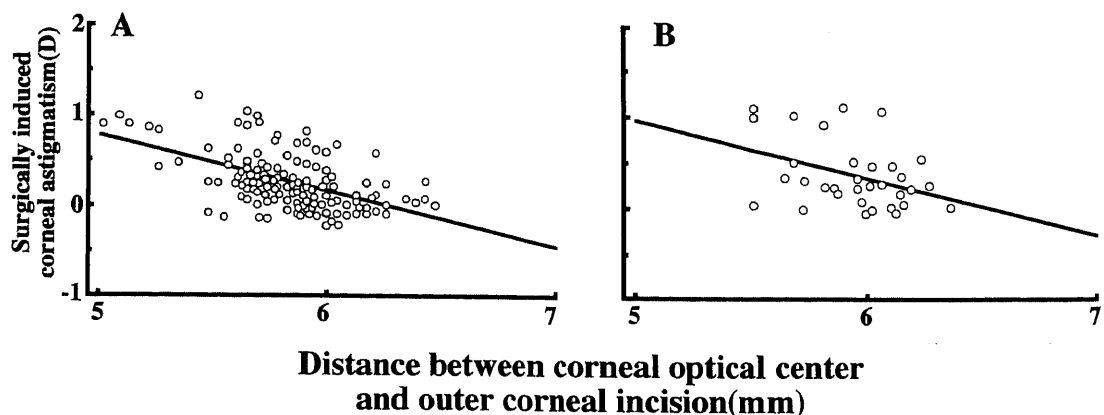


Fig. 4. Correlation between surgically induced corneal astigmatism and the distance between corneal optical center and the outer corneal incision for 3.0-mm clear-cornea (A) and 3.8-mm clear-cornea (B).

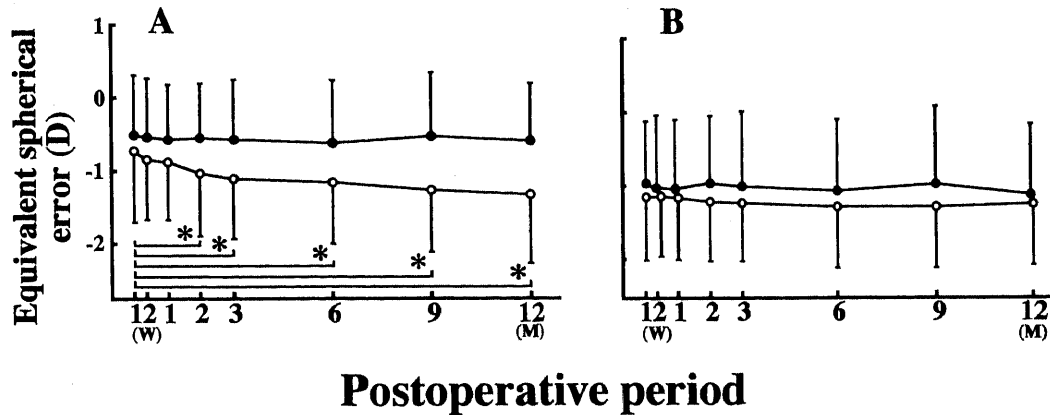


Fig. 5. Chronological changes of surgically induced corneal astigmatism. Ordinate, surgically induced corneal astigmatism; abscissa, time after surgery. Left panel (A), open symbols: eyes implanted with Canon-Staar AQ110NV (n = 191); left panel, filled symbols: eyes implanted with Alcon MA60BM (n = 80); right panel (B), open symbols: eyes implanted with Pharmacia 811C (n = 83); right panel, filled symbols: eyes implanted with Pharmacia 824C (n = 80).

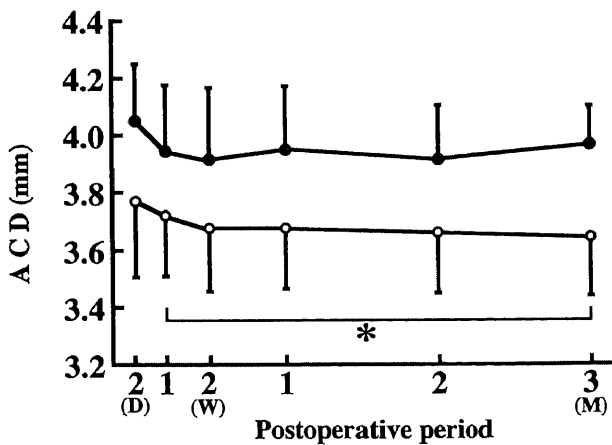


Fig. 6. Chronological changes of postoperative anterior chamber depth (ACD) in 824C and AQ110NV-implanted eyes (filled and open symbols, respectively). Ordinate, postoperative ACD, abscissa, time after surgery.

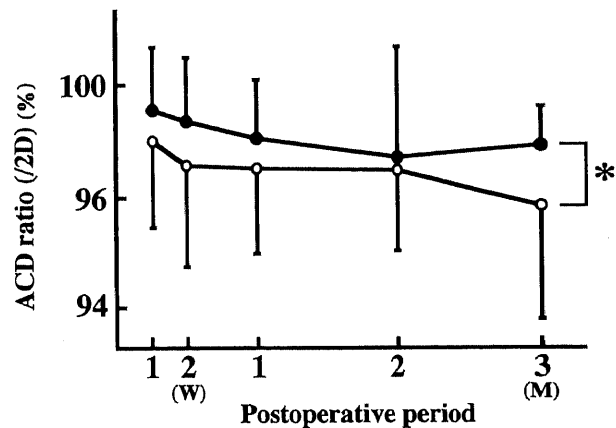


Fig. 7. Chronological changes of postoperative ACD ratio between in 824C and AQ110NV-implanted eyes (filled and open symbols, respectively). Ordinate, postoperative ACD ratio; abscissa, time after surgery. Postoperative ACD ratio = postoperative ACD/ACD 2days after surgery.

ミリ切開群における白内障手術による術後3か月までの手術起因性角膜乱視の推移を示す。全ての群で術前に比べ術後に直乱視化した。術後の1, 2週, 1, 2および3か月のすべての期間において、乱視3.0ミリ切開群, 乱視3.8ミリ切開群, 乱視6.0ミリ切開群の昇順で手術起因性角膜乱視の変化量および標準偏差が多かった。調べた限り術後のすべての期間において、乱視3.0ミリ切開群と乱視3.8ミリ切開群との間および乱視3.8ミリ切開群と乱視6.0ミリ切開群との間で、手術起因性角膜乱視の大きさに有意差がみられた ($p < 0.01$, 独立する2標本のt検定)。乱視6.0ミリ切開群では術後1週に 1.11 ± 0.99 Dと大きく直乱視化し、術後経過中に少しずつ直乱視化が減少する傾向が術後3か月まで続き、術後3か月では 0.80 ± 0.77 Dに直乱視化の程度が減少した。ただし、術後1週と術後3か月との間には有意差はなかった ($p > 0.05$, 対応のある2標本のt検定)。それに比べ、乱視3.0ミリ切開群および乱視3.8ミリ切開群では術後1週では、手術起因性角膜乱視の大きさは 0.13 ± 0.55 Dおよび $0.38 \pm$

0.61 Dであったが、術後3か月までの術後経過を通して手術起因性角膜乱視の大きさの変動は少なく、術後3か月における手術起因性角膜乱視はそれぞれ 0.14 ± 0.53 Dおよび 0.32 ± 0.55 Dであった。術後3か月における手術起因性角膜乱視が1 Dを越えた眼は乱視3.0ミリ切開群では4.1%, 乱視3.8ミリ切開群では11.8%, 乱視6.0ミリ切開群では35.3%であった。

2. 視軸切開縁間距離が手術起因性角膜乱視におよぼす影響
眼数および平均年齢は距離3.8ミリ群では34眼および74.7 ± 8.3歳, 距離3.0ミリ切開群では143眼および73.8 ± 7.9歳であった。

図4に距離3.0ミリ切開群および距離3.8ミリ切開群における視軸切開縁間距離と術後1か月における手術起因性角膜乱視との関連を示す。視軸切開縁間距離の長い症例では短い症例に比べて、手術起因性角膜乱視が少ない傾向がみられたが、手術起因性角膜乱視と視軸切開縁間距離との間には有意の相関はみられなかった。

Ⅱ. IOLの種類が残余球面屈折誤差の術後経過におよぼす影響

眼数, 平均年齢および眼軸長は, 屈折811C群では83眼, 78.7 ± 6.7歳および22.94 ± 0.88mm, 屈折824C群では80眼, 77.8 ± 6.4歳および22.85 ± 0.85mm, 屈折AQ110NV群では191眼, 76.6 ± 7.3歳および22.77 ± 0.85mm, 屈折MA60BM群では80眼, 74.0 ± 8.3歳および22.61 ± 0.87mmであった。

図5に白内障術後における屈折値の推移を示す。予測屈折値の平均は, 4群において-0.66Dから-0.90Dであったが, 術後1週に計測した屈折値と術前に予測した屈折値との差が各群ごとに異なった。術後1週の残余球面屈折誤差は屈折MA60BM群では-0.51 ± 0.82D, 屈折AQ110NV群では-0.68 ± 0.96D, 屈折811C群では-0.97 ± 0.85Dおよび屈折824C群では-1.16 ± 0.86Dであった。4群全てにおいて術後12か月では術後1週に比べて近視化する傾向がみられ, その間の変化量は屈折824C群では0.08 ± 0.55D, 屈折811C群では0.09 ± 0.66D, 屈折MA60BM群では0.09 ± 0.54D, および屈折AQ110NV群では0.53 ± 0.67Dであり, 屈折AQ110NV群では他の3群に比べ有意

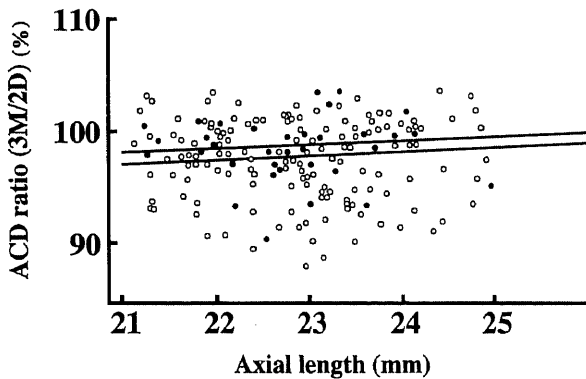


Fig. 8. Correlation between ocular axial length and postoperative ACD ratio 3 months after surgery in 824C and AQ110NV-implanted eyes (filled and open symbols, respectively). Ordinate, postoperative ACD ratio; abscissa, ocular axial length measured before surgery.

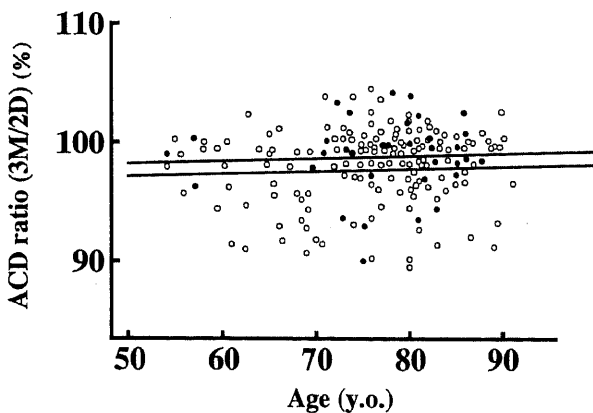


Fig. 9. Correlation between age and postoperative ACD ratio at 3 months after surgery in 824C and AQ110NV-implanted eyes (filled and open symbols, respectively). Ordinate, ACD ratio; abscissa, age at surgery.

に近視化が強かった ($p < 0.01$, 独立する2標本のt検定)。屈折AQ110NV群では術後経時的に近視化する傾向がみられ, 術後2か月以降で調べた限り全ての術後期間において, 術後1週の屈折値に比べて有意に近視化していた ($p < 0.01$, 対応のある2標本のt検定)。

Ⅲ. 白内障術後の前房深度におよぼすIOLの種類の影響

眼数, 平均年齢および眼軸長は, 深度824C群では44眼, 76.4 ± 8.9歳および22.92 ± 0.99mm, 深度AQ110NV群で61眼, 76.6 ± 5.9歳および22.61 ± 0.84mmであった。

深度824C群および深度AQ110NV群における白内障術後2日から3か月までの前房深度値の推移を図6に示す。深度824C群および深度AQ110NV群ともに白内障術後経過中に前房深度が浅くなる傾向を示し, それぞれ術後2日では4.05 ± 0.20 mm および3.76 ± 0.20mmであったが術後3か月では3.91 ± 0.13

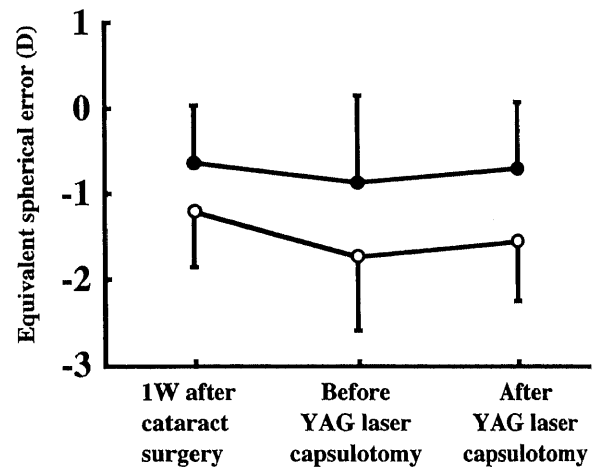


Fig. 10. Effects of Nd:YAG-laser capsulotomy on equivalent spherical refractive error. Chronological changes of YAG-laser capsulotomy in 811C and AQ110NV-implanted eyes (filled and open symbols, respectively). Ordinate, changes of equivalent spherical refractive error due to Nd:YAG capsulotomy. Horizontal bars designate the $\bar{X} \pm 1SD$. Nd:YAG-laser; neodymium:yttrium/aluminium/garnet-laser.

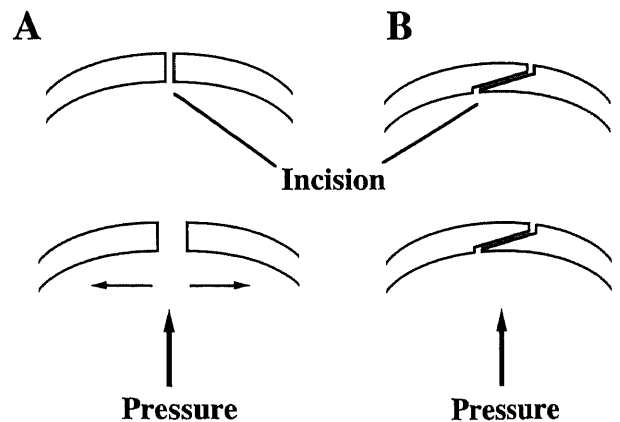


Fig. 11. Schema of self-sealing corneal wound. Left panel (A), the incision at right angle against corneal wound; right panel (B), the incision at acute angle against corneal wound. Inner pressure presses up the inner flap against the base of the outer flap.

mm および 3.62 ± 0.21 mm となった。深度 824C 群では術後 2 日に比べてそれ以降のいずれの時期においても前房深度は有意な変化を示さなかったが、深度 AQ110NV 群では術後 3 か月には術後 2 日に比べると有意に前房深度が減少した ($p < 0.01$, 対応のある 2 標本の t 検定)。

術後 2 日に対する術後 1, 2 週 1, 2, 3 か月の前房深度比を図 7 に示す。術後 3 か月での前房深度比は、深度 AQ110NV 群では 96.1 ± 2.3 %, 深度 824C 群では 98.2 ± 0.9 % であり、深度 AQ110NV 群では深度 824C 群に比べると有意に前房深度比が少なく、すなわち有意に前房が浅くなった ($p < 0.01$, 独立する 2 標本の t 検定)。

図 8 に術後 2 日との前房深度値の比と眼軸長との相関を示す。深度 824C 群および深度 AQ110NV 群ともに眼軸長が短いほうがやや前房深度が浅くなる傾向がみられたが有意の相関はみられなかった ($p > 0.05$, Fisher 検定)。

図 9 に前房深度値の比と年齢との相関を示す。深度 824C 群および深度 AQ110NV 群ともに年齢の若い方が前房深度が浅くなる傾向がみられたものの、有意の相関はみられなかった ($p > 0.05$, Fisher 検定)。

IV. 後発切開術による白内障術後の屈折値に対する影響の検討

眼数, 平均年齢および眼軸長はそれぞれ後発 811C 群では 19 眼, 76.5 ± 2.3 歳および 23.15 ± 0.35 mm, 後発 AQ110NV 群では 53 眼, 76.7 ± 3.5 歳および 22.92 ± 0.64 mm であった。

図 10 に白内障術後 1 週, 後発切開術前および後発切開術後における屈折値の変化を示す。後発 811C 群および後発 AQ110NV 群ともに、後発切開術前には白内障術後 1 週に比べると近視化していたが、後発切開術後では後発切開術前に比べ遠視化し、その程度は後発 811C 群では 0.15 ± 0.51 D, 後発 AQ110NV 群では 0.18 ± 0.55 D であった。すなわち後発切開術後の屈折値は白内障術後 1 週目の値に近づいたが、後発切開術後も術後 1 週に比べ後発 811C 群では -0.06 ± 0.56 D, 後発 AQ110NV 群では -0.33 ± 0.66 D の近視化が残った。

考 察

近年の白内障手術においては、患者は、矯正視力の向上は当然のこととして術前に希望した屈折状態に可能な限り近づくこと、すなわち残余屈折異常を可及的に解消することを強く希望する。この背景には、白内障手術技術、白内障手術装置および IOL の目覚しい進歩により、このような患者の希望を時として実現できるに至ったことが挙げられる。この希望をできるだけ多数の患者で実現するためには、残余屈折異常をにかかわる因子をできるだけ多数抽出し、その解消を試みなければならない。

残余屈折異常には、緒言で述べた如く残余球面屈折誤差、手術起因性角膜乱視および IOL 起因性乱視がある。IOL 起因性乱視は術後の水晶体嚢の収縮などによって IOL が眼内で視軸に対して傾斜あるいは偏心することに起因し^{34)~42)}、その程度は患者個人によって大きく異なる。したがってそれを予測し手術手技をもってそれに対処することは現在のところ至難である。しかし、残余球面屈折誤差は、術後の IOL 光学部が眼軸上前後方向のいかなる位置に最終的に固定されるかによって決まり、その位置は術後に収縮・平板化した水晶体嚢の前後方向における位置、すなわち毛様体の位置および収縮した水晶体嚢内におけ

る位置、すなわち IOL の弾性・可塑性に大きく支配されると予想される。毛様体の位置を操作することはできないが、位置移動を起こしにくい IOL を選択することによって、不測の残余球面屈折異常を減らすことは可能であろう。また、手術起因性角膜乱視に対しては角膜に変形を残さないような術式が開発されれば対処しうる。角膜形状への影響を可及的に減じるには、切開幅を極力短縮し^{6)~9)}、切開の位置を極力角膜輪部から遠ざけ¹⁰⁾¹¹⁾、縫合せずに自己閉鎖に任せるのがよい^{2)~5)} ことが明らかにされ、手術操作性などを考慮して無縫合水晶体超音波乳化吸引・IOL 挿入術がすでに実用化されている^{2)~5)}。この術式が可能になった背景には、水晶体摘出術の進歩すなわち超音波水晶体乳化吸引術の登場⁶³⁾⁶⁴⁾、および IOL の進歩すなわち折り曲げ可能な IOL の開発がある⁶⁵⁾⁶⁶⁾。水晶体摘出術は、水晶体嚢外摘出術、水晶体嚢内摘出術、IOL 挿入を前提とした水晶体嚢外摘出術という変遷を経て、現在の超音波水晶体乳化吸引術に至った⁶⁵⁾⁶⁶⁾。超音波水晶体乳化吸引術の最大の利点は、超音波で水晶体核を破碎し吸引するので、水晶体摘出の際の切開幅は水晶体超音波破碎器具が挿入できる約 3mm でよいという点で、水晶体嚢内摘出術および水晶体嚢外摘出術における切開幅約 11mm に比べて、著しく小さい。一方、IOL の進歩も著しい。1950 年 Ridley⁶⁷⁾ によって最初にヒトに移植された IOL は PMMA を素材としていたので硬く、眼内に移植するには IOL 光学部径と同長の切開幅を要したが、その後切開幅を可及的に小さくするために軟質シリコン樹脂⁵¹⁾、軟質アクリル樹脂⁵²⁾、ハドロジェル⁶⁸⁾ などの折り曲げ可能な材質の IOL が開発された。ここに至り切開創を縫合しないで手術を終わる、いわゆる小切開無縫合(自己閉鎖)白内障手術が考案された^{2)~5)}。切開創が自己閉鎖する理由は以下のとおりである。切開創が眼球壁に対して垂直に作られた創孔では眼圧の上昇に伴い容易に離開する(図 11)。しかし、切開が厚みのある壁に対して強い鋭角をなすように行われた場合には、眼圧が上昇した際に、眼球内方に位置し内側の断面が鋭角の切開面(内方弁, 図 11)がそれに相対し内側の断面が鈍角の切開面(外方弁, 図 11)に押し付けられ、前房水は漏出しない。非常に高い眼圧による強い接線方向の力が内方弁と外方弁が相対しなくなるほど変形させるか、あるいは局所的に弁を変形させるような力が加わったときにのみ漏水する。水晶体嚢内摘出術および水晶体嚢外摘出術に比べ、小切開無縫合(自己閉鎖)白内障手術では手術起因性角膜乱視は著明に減少した^{2)~11)}が、それでもなお存在する。手術起因性角膜乱視をできる限り減少させるためには、術後乱視に影響を与える因子を全て考慮し、角膜乱視の調整を行わなければならない。

白内障手術において術後の角膜形状に影響をおよぼす因子として従来から、縫合の方法、外方切開線の形状、切開部位、切開の方向、および切開の大きさなどが知られている^{12)~33)}。以下に各々の因子に関して、本報で用いた方法の妥当性を検証する。

まず従来の縫合を置く術式を考察する。かつて切開創の縫合方法や縫合糸の種類を変えることによって、手術起因性角膜乱視を軽減しようとする試みがあった^{12)~16)}。しかし、切開創を縫合することは縫合糸の張力が点状に数箇所作用する、すなわち創を合わせる力が均一ではないことを意味し、それゆえ必ず角膜形状に影響を及ぼす。しかも、長期経過において縫合糸は糸による組織圧迫損傷および糸の劣化により必ず緩み、その

緩みによる角膜形状の変化は避け難い。したがって、縫合による創閉鎖では手術起因性角膜乱視の軽減は難しい。

一方、無縫合白内障手術では、縫合糸の材質、縫合の強さ、縫合の数などの因子は存在しない。したがって、手術起因性角膜乱視の予測は縫合を置く術式よりも容易であると考えられる。無縫合白内障手術では、切開を角膜半径に関して線対称にすることを前提とすれば、切開部の眼球円周方向における位置、切開の形状、切開の幅が手術起因性角膜乱視におよぼす因子として知られているが¹⁷⁾¹⁸⁾、本報では新たに切開部位と眼球の光学的中心との間の距離も因子の一つであろうと考え、切開創内方縁と角膜光学中心との間の距離すなわち視軸切開縁間距離を検討した。これを因子のひとつとして疑うに至った端緒は、角膜表層から角膜を切開し乱視矯正を行う乱視矯正角膜切開術においては、角膜切開の位置が角膜光学中心に近いほど角膜形状を大きく変えるという事実である¹⁰⁾¹¹⁾。すなわち、角膜内方切開縁が角膜光学中心より離れているほど手術起因性角膜乱視は少ないのではないかという仮説を立てた。

外方切開線の形状に関して、強角膜切開法においては直線切開、角膜輪部と平行に切開する弧状切開および角膜輪部と対称に切開する弧状切開などがある³⁾¹⁹⁾²⁰⁾が、角膜一面切開法においては直線切開しかない。弧状切開は直線切開に比べて手術ごとの変動が大きいと推測され²⁰⁾、角膜一面切開法の外方切開線の形状と同じにするという観点から、強角膜切開法においても外方切開線の形状として直線切開を用いた。切開幅が手術起因性角膜乱視に及ぼす影響を調べるのであれば、切開部位は角膜一面切開あるいは強角膜切開に統一することが望ましい。しかし切開幅が6.0mmの角膜一面切開法では創孔の自己閉鎖が困難であることが予想され、患者に不利益となる可能性が高いので採用できない。一方、強角膜切開法で切開幅を角膜一面切開法で十分に自己閉鎖可能な3.8mmまたは3.0mmとすることは、将来の他の眼疾患手術のために結膜を温存でき、結膜や強膜への手術侵襲がないので術後炎症が少なく、角結膜輪部を切開しないので幹細胞を保ち術後の角膜上皮傷害を起こしにくいという角膜切開法の利点を損なう²¹⁾。したがって3.8 mmおよび3.0 mmの切開幅の短い切開を強角膜切開で行うことは患者の利益にならない。また6.0ミリ切開法には、IOLとして長い実績を持ち、その長期安定性が確認されているPMMA製一体成形IOLを挿入できるという利点がある。上記の諸点を勘案して6.0ミリ(強角膜)切開法、3.8ミリ(角膜一面)切開法および3.0ミリ(角膜一面)切開法を比較検討した。

切開の方向に関しては全ての切開を耳側より行った。その理由を以下に述べる。視軸から角膜輪部までの距離は全ての方向で均一ではなく角膜光学中心は角膜の中央である解剖学的中心より鼻側に偏位している²²⁾、すなわち通常手術を行う方向で最も多い上方角膜輪部より耳側角膜輪部の方が約1mm視軸より遠い。したがって、上方ではなく耳側より手術を行えば角膜中央部に及ぼす手術侵襲が少なく視力回復が早く、角膜内方切開縁が角膜光学中心から最も距離の離れている耳側から手術を行うことが最も手術起因性乱視が少なく考えられるの²²⁾⁶⁹⁾で、本研究では全ての手術を耳側より行った。

乱視6.0ミリ切開群、乱視3.8ミリ切開群および乱視3.0ミリ切開群の全てにおいて、手術起因性角膜乱視は直乱視であった。過去にも、自己閉鎖創の無縫合白内障手術では視軸から切開の中央に向かう子午線方向に角膜形状の軽度の平坦化が生じ、耳

側で手術を行うと手術起因性角膜乱視は直乱視となるという報告が多数あり^{21)~24)}、本報結果もそれに一致した。乱視6.0ミリ切開群、乱視3.8ミリ切開群および乱視3.0ミリ切開群間の比較検討では、乱視3.0ミリ切開群、乱視3.8ミリ切開群、乱視6.0ミリ切開群の昇順に術後1, 2週, 1, 2および3か月のすべての期間において、それぞれの群間で手術起因性角膜乱視の変化量が有意に多かった。すなわち無縫合白内障手術においては切開の幅が小さくなればなる程、手術起因性角膜乱視に対する影響は少なくなるといえる。乱視3.0ミリ切開群では手術起因性角膜乱視が観察した術後期間を通じて約0.14Dであり、3.0ミリ切開法はほとんど角膜形状に影響を与えないと言える。無縫合白内障手術を角膜一面切開で行う際に手術起因性角膜乱視がない状態(角膜乱視中立)を得るための切開幅は、理論的には2.5~2.8mmであるという²⁵⁾から、本報の乱視3.0ミリ切開群の成績はこれを支持する。

乱視6.0ミリ切開群では、術後経過中に少しずつ直乱視化が減少する傾向が術後3か月まで続いていたが、乱視3.0ミリ切開群および乱視3.8ミリ切開群では術後期間を通じて乱視の変動が少なかった。強角膜切開からの手術では術後経過とともに手術起因性角膜乱視の軽減がみられ、水晶体嚢外摘出術における11mmのような大きな切開創では手術起因性角膜乱視の変化は緩徐に長期に亘るとの報告がある²⁶⁾²⁷⁾。その原因として、妹尾らは²⁸⁾強角膜切開創における創傷治癒過程では術後1~3か月で創孔は物理学的癒着から組織学的癒着へと変化し、それとともに手術起因性角膜乱視も変化するという説を述べた。これらの報告をもとに推測すれば、本研究における乱視6.0ミリ切開法で術後経過中に少しずつ直乱視化が減少する傾向が続いていた理由は、切開創を強角膜切開法で作成していること、および切開幅が6.0mmと比較的長いことが挙げられよう。一方、乱視3.0ミリ切開法あるいは3.8ミリ切開法のような切開幅が小さい角膜切開では、もともと手術起因性角膜乱視が少ないこと、角膜切開では切開の幅および長さが短く切開部位が角膜のみであるので術後の創傷治癒が早く術後の角膜乱視変化が早期に停止することなどが挙げられる。

角膜を切開して人工的に角膜乱視を作り、それによってもとある全乱視(角膜乱視および水晶体による乱視の和)を打ち消そうという治療法(乱視矯正角膜切開術)がある^{29)~32)}。乱視矯正角膜切開術において日本人と欧米人で同等の乱視矯正効果を得るためには、欧米人に比べて日本人ではより長い角膜切開が必要であるという³¹⁾。その理由として、日本人の角膜直径は欧米人のそれに比べて小さいので、角膜光学中心から同一の距離をおいて切開したとしても日本人においては欧米人に比べて相対的により角膜周辺部を切開したことになり、それゆえ乱視矯正効果が出にくいという説がある³²⁾。

白内障手術における角膜切開でも、角膜径が異なれば角膜切開部位と角膜光学中心までの距離(本報ではこの距離の指標として視軸切開縁間距離を用いた)は異なるが、耳側角膜最周辺部という相対的位置は不変である。したがって、屈折矯正角膜切開術における説を演繹すれば、視軸切開縁間距離は手術起因性角膜乱視には大きく影響しなくともよい。本報結果では、距離3.0ミリ切開群および距離3.8ミリ切開群のいずれにおいても、視軸切開縁間距離と手術起因性角膜乱視は有意な相関を示さず、前記の推論が正しいことが示唆された。ただし、本報で用いた角膜曲率計測装置では角膜光学中心を中心とした直径

4mmの範囲での角膜曲率を示すのみ³³⁾なので、周辺部角膜形状に及ぼす視軸切開縁間距離の影響は本報結果からは否定できない。

一方、角膜乱視中立を得るための理論的切開幅に近い²⁵⁾乱視3.0ミリ切開群においても、術後3か月で4.1%の症例が1D以上の手術起因性角膜乱視を示したことは、手術起因性角膜乱視の因子に本報で検討した因子以外のものである可能性を示唆する。角膜切開では輪部結膜の角膜中心寄りのところで虹彩面と目視で平行になるように角膜を切開しているため、角膜創の形状に影響を与えうる因子として、目視に伴う誤差、虹彩が角膜裏面となす角度および輪部角膜の厚さなどがあるが、いずれも計測することは極めて困難で本報では検討できなかった。

白内障術後の残余球面屈折誤差の推移に関して、4種類のIOL全てにおいて術後経過中に残余球面屈折誤差が近視化する傾向がみられた。屈折AQ110NV群では術後経過に伴い残余球面屈折誤差が近視化する傾向が術後12か月まで続き、術後2か月から12か月までの調べた限りいずれの術後期間においても、術後1週の残余球面屈折誤差に比べて有意に近視化しており、術後12か月では他の3群に比べ有意に残余球面屈折誤差が近視化していた。このように、術後長期経過における近視化の程度は、IOLの種類により異なった。残余球面屈折誤差に影響をおよぼす因子には、IOL度数を算出するために必要な因子である角膜曲率、眼軸長およびIOLの位置が考えられる⁷⁰⁾。角膜曲率に関して、角膜はヒト眼光学系の総屈折力の大半を担うので、手術起因性角膜乱視だけではなく残余球面屈折誤差に影響をおよぼすことが考えられる。残余球面屈折誤差が近視化することを角膜形状の変化で説明するためには角膜曲率が小さくならなければならない。しかし、無縫合白内障手術では切開方向に角膜曲率が增大すること⁷¹⁾、屈折AQ110NV群での切開幅が3.0mmで4群中最も短く角膜形状に最も影響を与えにくいはずであることを鑑みれば、屈折AQ110NV群で用いた3.0mm幅の角膜切開による角膜曲率の変化が残余球面屈折誤差を近視化させることは考えにくい。

眼軸長に関しては、術後経過とともに眼軸長が長くなれば残余球面屈折誤差が近視化することは可能である。それを証明するには、白内障術前後で眼軸長を比較すればよい。しかし、IOL挿入眼で眼軸長を術前と同様の精度で計測することは困難である。その理由は以下に述べるとおりである。

一般的に用いられている超音波による眼軸長計測では、超音波が眼球内の音響的界面(水晶体前面、水晶体後面および網膜前面)から反射して探子に戻るまでの時間を計測し、その値をもとに前房、水晶体および硝子体を音波が通過するのに要する時間を算出し、それぞれの通過時間に前房、水晶体および硝子体における推定音速(既定値)を乗じ、その総和として眼軸長を求める。IOL挿入眼で眼軸長を術前と同様の精度で計測できない第一の理由は、IOL挿入眼ではIOL光学部前面および後面において超音波が多量に反射されるので、網膜前面で反射して探子に戻る超音波が不足し、計測自体が困難であることが多いことである。

第二の理由は、IOL光学部では音速が水晶体と異なる⁷²⁾ので、眼軸長のうちIOL光学部が占める長さは不正な値に算出される。すなわち計測できても算出された眼軸長は正しくないことである。これらの理由で、白内障手術が眼軸長に与える影響を計測値をもって否定することはできない。しかし、仮に無縫合

白内障手術が眼軸長に影響を与えたとすれば切開幅が長いほどその影響は大きいと考えるのが妥当であろう。ところが、屈折AQ110NV群では切開幅が3.0mmと最も短いにもかかわらず残余球面屈折誤差の近視化が最も強いから、眼軸長の変化が残余球面屈折誤差に影響をおよぼし近視化させることは考えにくい。

IOLの位置に関して、角膜曲率、眼軸長などの他の条件が同じであるならばIOLが前方に移動すれば屈折値は近視化し、後方に移動すれば遠視化する。白内障術後経過において深度AQ110NV群および深度824C群で前房深度を計測したところ、ともに経時的に前房深度が浅くなった。これは、IOL光学部が前方へ移動したことを意味する。すなわち、残余球面屈折誤差が術後経過に伴い近視化した原因の一つにはIOL光学部が前方に移動したことが考えられる。白内障術後の近視化の程度が強かった屈折AQ110NV群と同じIOLを挿入した深度AQ110NV群において、術後3か月には術後2日に比べると有意に前房深度が浅くなり、術後2日目に対する術後3か月の前房深度比が深度AQ110NV群では深度824C群に比べて有意に小さかったことは、AQ110NVを挿入された眼では824Cを挿入された眼に比べ白内障術後経過においてIOL光学部がより前方に移動したので、白内障術後の残余球面屈折誤差の近視化が強かったことを示唆する。

IOLが前方へ移動するためには何らかの力がIOLに加わることが必要である。IOL支持部末端は通常、光学部から0.5mm程度前方の位置にある。このためIOLを水晶体嚢内に挿入しても術直後にはIOLと水晶体前嚢とは密着しない。また、屈折率は全てのIOL光学部において水晶体よりも大きくかつIOL光学部の直径は水晶体の直径よりも小さいので、IOL光学部の厚さは水晶体よりも圧倒的に薄い、したがって、IOL光学部が支持部末端よりも若干後方にあっても、IOL光学部と後嚢は密着しない。しかるに、術後経過とともに少しずつIOLと水晶体前嚢および後嚢が近づき三者が密着する、すなわち三者の位置関係が平板化することが報告されている⁷³⁾⁷⁴⁾。このような位置関係の変化をもたす力として、硝子体圧、毛様筋の運動、水晶体嚢の収縮などが想定されている。

このうち、硝子体圧とは圧力ではなく、硝子体ゲルを前方に移動させようとする力であって、その源は脈絡膜の体積変化および眼周囲組織が眼球壁を押し出す力であると考えられている。このような力が術後長期に亘って水晶体嚢・IOLを少しずつ前方に押し続けられれば、前房は経時的に浅くなりうる。また、毛様筋が収縮あるいは弛緩すればIOL光学部が前方移動あるいは後方移動することはすでにわかっている⁴⁰⁾ので、術後長期にわたって徐々に毛様筋が収縮し続けることによってIOLが前方に移動しうる。しかし、この二つの機序では後発白内障切開術後の遠視化を説明できない。したがって、この二つの機序はIOLの術後の経時的な前方偏位の原因ではない。

一方、水晶体嚢の収縮に関しては、これがIOL光学部の前方移動を惹起すると推論するに足る十分な証拠がある。白内障手術において前嚢切開を行い水晶体を摘出するが、本研究ではCCCで円形に前嚢切開を行った。CCCによる前嚢切開では白内障の術後経過において、水晶体嚢内に残存、増殖した水晶体上皮細胞が線維芽細胞様細胞へ化成熟し、コラーゲンを産生するという生体反応に起因して⁷⁵⁾⁷⁶⁾水晶体嚢が収縮することが報告されている³⁸⁾³⁹⁾。また、術後長期間を経て摘出された嚢内固定

IOLと水晶体嚢は眼外にあっても平板化したままである⁷⁴⁾から、収縮した水晶体嚢はIOL光学部を前方移動させるに足る力を有するといえよう。

白内障術後経過中に後発白内障を起こした症例に対し後発白内障切開術を行ったところ、後発白内障切開術後では術前に比べ残余球面屈折誤差が遠視化した(図10)。後発白内障切開術では水晶体後嚢を切開するのみで角膜曲率や眼軸長には影響を与えないと考えられるので、水晶体後嚢からIOLを前方移動させるような力が加わっていて後発白内障切開術によりその力が解消されてIOL光学部が後方移動して遠視化したと解釈すれば、白内障手術後の近視化および後発白内障切開術後の遠視化を一元的に説明できる。

次に、IOLの種類により白内障術後および後発切開術前後の残余球面屈折誤差の推移が異なる機序を考える。本研究で使用した4種類のIOLは円板状の光学部と弧状の支持部から成るが、4種類のIOLでは光学部と支持部の接続の仕方、光学部と支持部の成す角度、光学部の材質だけではなく支持部の材質および全長などの性状の少なくとも1つ以上が異なる。生体外でIOL光学部が前進した距離とその際にループに生じた抵抗力の大きさの関係を調べるIOL支持部機械的特性試験では、前記のようなIOLの性状が異なるとその抵抗力も異なるとの報告がある⁷⁷⁾⁷⁸⁾。すなわち各IOLでその性状が異なると、後方から同じ力を受けても前方に移動する距離が異なる。一方、IOL光学部の素材として軟質シリコン樹脂はPMMAや軟質アクリル樹脂に比べ疎水性が強く細胞接着性が低いため、水晶体嚢内に挿入されても軟質シリコン樹脂製光学部を持つIOLは水晶体嚢内で移動しやすく報告されている⁷⁹⁾⁸⁰⁾。そして軟質シリコン樹脂製光学部は水晶体前嚢および後嚢に癒着しにくいので、PMMAまたは軟質アクリル樹脂製光学部に比して水晶体前嚢の収縮が起こりやすく、水晶体前嚢の収縮は術後3か月もしくはそれ以上継続する⁸¹⁾⁸²⁾との報告もある。これらのことから屈折AQ110NV群において少なくとも術後3か月まで経時的に残余球面屈折誤差が近視化したことは、AQ110NVが挿入された眼では光学部がシリコンという素材であることとIOL支持部の前後方向への抵抗力が弱いことによって、他のIOLが挿入された眼に比べ水晶体嚢が収縮・平板化し、それゆえIOLも前方へ移動したものと推察される。そして前房深度の計測は本研究では術後3か月までしか行わなかったため術後3か月以降の前房深度の推移は推測の域を出ないが、屈折AQ110NV群において術後3か月以降も残余球面屈折誤差が経時的に近視化したことを考えると、術後3か月までと同様に水晶体嚢の収縮・平板化に伴いIOLも前方へ移動し前房深度が浅くなると推測される。

水晶体嚢の収縮に関しては年齢および眼軸長との関連があるとの報告もある⁸³⁾。水晶体嚢が収縮・平板化すれば前記の理由により前房深度も影響を受け浅くなるので、前房深度比と年齢および眼軸長との関連を調べたが、それらの間には有意な相関はみられなかった。このことから前房深度の変化は年齢および眼軸長よりも光学部の素材やIOL支持部の前後方向への抵抗力などの要因の方の影響を大きく受けることを示唆する。

模型眼においてはIOLが1mm動くとき屈折値が約1D変化する⁸⁴⁾。術後3か月では術後1週と比べ、深度AQ110NV群において前房深度が $0.13 \pm 0.13\text{mm}$ 浅くなり、屈折AQ110NV群において残余球面屈折誤差が $0.33 \pm 0.43\text{D}$ 近視化した。一方、術後

3か月では術後1週と比べ、深度824C群において $0.08 \pm 0.10\text{mm}$ 浅くなり、屈折824C群において屈折残余球面屈折誤差が $0.08 \pm 0.45\text{D}$ 近視化した。824Cが挿入された眼では、IOLの前方への移動量($0.08 \pm 0.10\text{mm}$)と残余球面屈折誤差の近視化の量($0.08 \pm 0.45\text{D}$)はIOLが1mm動くとき屈折値が約1D変化する⁸⁴⁾という上記の関係にほぼ合致するが、AQ110NVが挿入された眼ではIOLの前方への移動量($0.13 \pm 0.13\text{mm}$)に対する残余球面屈折誤差の近視化の量($0.33 \pm 0.43\text{D}$)は合致しない。これは眼数が少ないことに起因するものかもしれないが、残余球面屈折誤差に影響を与える因子は水晶体嚢の収縮・平板化に伴うIOLの移動だけではない可能性も否定できない。緑内障を合併する眼では、白内障手術後に水晶体嚢の収縮に大きく関与するとされる水晶体上皮の活性が高く、したがって術後の水晶体嚢の収縮・平板化が著しくなる可能性がある。またチン小帯が脆弱になる疾患、例えばぶどう膜炎、網膜色素変性症、偽膜性網膜炎などを合併する眼でも、水晶体嚢の収縮・平板化が著しくなる可能性がある。しかし本研究ではそのような眼は除外されているから、白内障以外に主要な内眼疾患がない眼では、IOLの種類が白内障手術後の残余球面屈折誤差における最も大きな因子であるといえよう。

結 論

老人性白内障患者に対し耳側切開無縫合超音波水晶体乳化吸引術およびIOL挿入術を行い、術後経過における手術起因性角膜乱視および残余球面屈折誤差について検討し、以下の結果を得た。

1. 乱視3.0ミリ切開群、乱視3.8ミリ切開群、乱視6.0ミリ切開群の昇順に、白内障術後のすべての期間において手術起因性角膜乱視が有意に増加したことから、無縫合白内障手術においては切開の幅が小さくなるほど手術起因性角膜乱視は少ない。

2. 距離3.0ミリ切開群および距離3.8ミリ切開群のいずれにおいても、視軸切開縁間距離と手術起因性角膜乱視の間には有意な相関はみられなかったから、視軸切開縁間距離は手術起因性角膜乱視には大きな影響を与えない。

3. 白内障術後の残余球面屈折誤差は、調べた4種類のIOL(AQ110NV, MA60BM, 811C, 824C)を挿入された眼のいずれでも経時的に近視化する傾向を示し、AQ110NVが挿入された眼では他のIOLを挿入された眼に比べ有意に強く近視化した。

4. 白内障術後の前房深度は、2種類のIOL(AQ110NV, 824C)を挿入された眼のいずれでも経時的に浅くなり、術後3か月目では、AQ110NVが挿入された眼では824C群が挿入された眼に比べて有意に前房深度が浅かった。

5. 後発白内障を起こした症例に対し後発白内障レーザー切開術を行ったところ、切開後では切開前に比べ残余球面屈折誤差が遠視化した。

6. 白内障術後経過において水晶体嚢が収縮することにより水晶体嚢・IOLが収縮・平板化し、IOLが前方に移動し前房深度が浅くなるので残余球面屈折誤差が近視化することが推察され、特にAQ110NVを挿入された眼ではこの傾向が強くIOLの種類が残余球面屈折誤差の術後経過に大きく関与していることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、御指導、御校閲を賜りました恩師金沢大学大学院

医学系研究科脳医科学専攻光情報伝達学河崎一夫教授に深甚の謝意を捧げます。また御指導いただきました同白尾 裕助教授に深謝致します。

文 献

- 1) 高良由紀子. 術後屈折誤差の検討. 眼科 39: 1493-1500, 1991
- 2) McFarland MS. The clinical history of sutureless surgery: The first modern sutureless cases. *In* Gills JP, Martin RG, Sanders DR (eds), Sutureless Cataract surgery, 1st ed, p3-5, Slack, Thorofare, 1992
- 3) Galand A, Delmelle M. Preliminary report on the rigid disc lens. *J Cataract Refract Surg* 12: 394-397, 1986
- 4) Singer JA. Frown incision for minimizing induced astigmatism after small incision cataract surgery with rigid optic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 17: 677-688, 1991
- 5) Langerman DW. Architectural design of self-sealing corneal tunnel, single-hinge incision. *J Cataract Refract Surg* 20: 84-88, 1994
- 6) Neumann AC, McCarty GR, Sanders DR, Raanan MG. Small incision to control astigmatism during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 15: 78-84, 1989
- 7) Shepherd JR. Induced astigmatism in small incision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 18: 85-88, 1989
- 8) Gills JP, Sanders DR. Use of small incisions to control induced astigmatism and inflammation following cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 17: 740-744, 1991
- 9) Lean MH, Ho CC, Yanoff M. Association between surgically-induced astigmatism and cataract incision size in the early postoperative period. *Ophthalmic Surg* 24: 586-592, 1993
- 10) Ernest PH, Lavery KT, Kiessling LA. Relative strength of scleral corneal and clear corneal incisions constructed in cadaver eyes. *J Cataract Refract Surg* 20: 626-629, 1994
- 11) Steven WS, Douglas DK, Craig CK. Determination of maximal incision length for true small-incision surgery. *Ophthalmic Surg* 22: 204-207, 1991
- 12) 木下 茂. 術後乱視を軽減させる方法について. 眼科手術 4: 189-194, 1991
- 13) 宮田和典. 眼内レンズ移植時における角膜乱視のコントロール. あたらしい眼科 3: 35-42, 1986
- 14) Davision JA. Transverse astigmatic keratotomy combined with phacoemulsification and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 15: 38-44, 1989
- 15) Kronish JW, Forster RK. Control of corneal astigmatism following cataract extraction by selective suture cutting. *Arch Ophthalmol* 105: 1650-1655, 1987
- 16) Parker WT, Clorefeine GS. Long-term evolution of astigmatism following planned extracapsular cataract extraction. *Arch Ophthalmol* 107: 353-357, 1989
- 17) Thrasher BH, Boerner CH. Control of astigmatism by wound placement. *J Am Intraocul Implant Soc* 10: 176-179, 1984
- 18) Masket S. Deep versus appositional suturing of the scleral pocket incision for astigmatic control in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 13: 131-135, 1987
- 19) Koch PS. Structural analysis of cataract incision. *J Cataract Refract Surg* 17: 661-667, 1991
- 20) 杉田元太郎. フラウン切開. あたらしい眼科 11: 335-341, 1994
- 21) 清水公也. 角膜耳側切開白内障手術. 眼科 37: 323-330, 1995
- 22) Cravy TV. Routin use of a lateral approach to cataract extraction achieve rapid and sustained stabilization of postoperative astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 17: 415-423, 1991
- 23) 上谷弥子, 高塚忠宏. 耳側角膜切開による角膜倒乱視矯正効果. 眼科手術 7: 461-464, 1994
- 24) 大谷伸一郎, 田邊樹郎, 宮田和典. 眼内レンズ挿入眼の角膜形状と乱視コントロール眼科手術 14: 183-189, 2001
- 25) 清水公也, 小松真里, 中島敏之. 新しい小切開用シリコン IOL の開発. 臨眼 48: 1103-1107, 1994
- 26) 宮田和典, 清水公也. 偽水晶体眼における術後乱視. 眼科手術 2: 193-205, 1989
- 27) Scott CR. Long-term course of surgically induced astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 14: 270-276, 1988
- 28) 妹尾一恵, 妹尾 正, 平良亮子, 千葉桂三, 小原喜隆, 原孔. Holladay法を用いた白内障後屈折の評価. 臨眼 51: 1863-1867, 1997
- 29) Hall GW, Campion M, Sorenson CM, Monthofer S. Reduction of corneal astigmatism at cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 17: 407-414, 1991
- 30) Budak K, Friedman NJ, Koch DD. Limbal relaxing incision with cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 24: 503-508, 1998
- 31) Neumann AC, McCarty GR, Sanders DR, Raanan MG. Refractive evaluation of astigmatism keratotomy procedures. *J Cataract Refract Surg* 15: 25-31, 1989
- 32) 吉富文昭. 白内障と乱視矯正角膜切開の同時手術. あたらしい眼科 12: 1545-1546, 1995
- 33) 吉富文昭. 白内障切開と乱視. あたらしい眼科 11: 359-362, 1994
- 34) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F. Decentration and tilt of polymethylmethacrylate, silicone, and acrylic soft intraocular lenses. *Ophthalmology* 104: 793-798, 1997
- 35) Masket S. Postoperative complications of capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 19: 721-724, 1993
- 36) 小峯輝男, 加藤桂一郎, 高橋文男. 人工水晶体の偏位について. 眼光学 6: 50-52, 1985
- 37) 小峯輝男, 加藤桂一郎, 高橋文男. 人工水晶体の傾斜について. 眼光学 7: 99-102, 1986
- 38) Hansehn SO, Crandall AS, Olsen RJ. Progressive constriction of the anterior capsular opening following intact capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 19: 77-82, 1993
- 39) Nishi O, Nishi K. Intraocular lens encapsulation by shrinkage of the capsulorhexis opening. *J Cataract Refract Surg* 19: 544-545, 1993
- 40) 重盛差都子, 永田豊文, 小野寺貴子. 毛様筋の収縮・弛緩に伴う眼内レンズの前後移動. 日眼会誌 97: 721-725, 1993
- 41) Olsen T. Prediction of intraocular lens position after cataract extraction. *J Cataract Refract Surg* 12: 376-379, 1986
- 42) Richburg FA, Sun HS. Size of the crushed cataractous

- capsule bag. *J Am Intraocul Implant Soc* 10: 475-476, 1984
- 43) Duke-Elder S, Wybar KC. The cornea. In Duke-Elder S (eds), *System of Ophthalmology: The anatomy of the visual system*, 1st ed, p92-131, Henry Kimpton, London, 1970
- 44) Smith R. Cataract extraction without retrobulbar anaesthetic injection. *Br J Ophthalmol* 74: 205-207, 1990
- 45) Gimbel HV, Neuhman T. Development, advantages and methods of the continuous circular capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 16: 31-37, 1990
- 46) Gimbel HV, Neuhman T. Continuous curvilinear capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 16: 436-440, 1991
- 47) Faust KJ. Hydrodissection of soft nuclei. *J Am Intraocul Implant Soc* 10: 75-77, 1984
- 48) Koch DD, Lin JF. Multilamellar hydrodissection in phacoemulsification and planned extracapsular surgery. *J Cataract Refract Surg* 16: 559-562, 1990
- 49) 永原國宏. Phaco Chop™. *眼科手術* 7: 415-418, 1994
- 50) Bergmann MT, Koch DD, Zeiter JH. The effect of scleral cautery on corneal astigmatism in cadaver eyes. *Ophthalmic Surg* 19: 259-262, 1988
- 51) 大鹿哲郎. シリコン眼内レンズ. *眼科* 37: 331-337, 1995
- 52) 大城三和子. アクリルソフト眼内レンズの術後成績と安定状態. *IOL & RS* 11: 19-24, 1997
- 53) 永田豊文, 渡邊郁緒. ボールテイング制御レンズは前房深度の安定に有効か. *IOL & RS* 14: 273-277, 2000
- 54) Davison JA. Capsule contraction syndrome. *J Cataract Refract Surg* 19: 582-589, 1993
- 55) Young DA, Orlin SE. Capsulorhexis contracture in phacoemulsification surgery. *Ophthalmic Surg* 25: 477-478, 1994
- 56) 山下秀明. 眼圧上昇による角膜形状変化について. *臨眼* 35: 215-219, 1981
- 57) Jaffe NS, Clayman HM. The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 79: 615-630, 1979
- 58) Sasaki K, Sakamoto Y, Shibata T, Emori Y. The multipurpose camera: a new anterior eye segment analysis system. *Ophthalmic Res* 22: 3-8, 1990
- 59) 吉田紳一郎. 後発白内障の定量的解析. *あたらしい眼科* 13: 1899-1902, 1996
- 60) 西 興史. 後囊混濁. *眼科手術* 2: 243-252, 1989
- 61) Findl O, Drexler W, Menapace R, Georgopoulos M, Rainer G, Hitzemberger CK, Fercher AF. Changes in intraocular lens position after neodymium: YAG capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 25: 659-662, 1999
- 62) Thornval P, Naeser K. Refraction and anterior chamber depth before and after neodymium: YAG laser treatment for posterior capsule opacification in pseudophakic eyes: a prospective study. *J Cataract Refract Surg* 21: 457-460, 1995
- 63) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration: A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol* 64: 23-35, 1967
- 64) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A progress report. *Am J Ophthalmol* 67: 464-477, 1969
- 65) Neumann AC, Cobb B. Advantage and limitations of current soft intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 15: 257-263, 1989
- 66) 小松真里. 小切開対応レンズ-Foldable 型. *眼科手術* 7: 5-14, 1994
- 67) Ridley H. Intra-ocular acrylic lenses: 10 years, development. *Br J Ophthalmol* 44: 705-712, 1960
- 68) Miyake K, Ota I, Miyake S, Maekubo K. Correlation between intraocular lens hydrophilicity and anterior capsule opacification and aqueous flare. *J Cataract Refract Surg* 22: 764-769, 1996
- 69) Lyhne N, Krogsager J, Corydon L, Kjeldgaard M. One year follow-up of astigmatism after 4.0 mm temporal clear corneal and superior scleral incisions. *J Cataract Refract Surg* 26: 83-87, 2000
- 70) 新井三樹, 雑喉正泰, 久野里佳, 大角五輪男. 後房レンズ嚢内固定眼における術後前房深度の経時的変化. *臨眼* 48: 207-210, 1994
- 71) Binkhorst CD. Corneal and retinal corrections after cataract extraction: the medical aspect of endophthalmodonesis. *Ophthalmology* 87: 609-617, 1980
- 72) 魚里 博. 眼内レンズ (IOL) の光学的特性. *IOL & RS* 15: 26-32, 2001
- 73) 近藤武久. 術後眼内偏位の反省. *IOL* 5: 163-173, 1991
- 74) Apple DJ, Richards SC, Park SB, Langley KE, Merkley KH, Piest KL, Brems RN, Isenberg RA. Posterior chamber intraocular lenses in a series of 75 autopsy eyes. Part I: Loop location. *J Cataract Refract Surg* 12: 358-362, 1986
- 75) 西 佳代. 術後水晶体上皮のサイトカイン, プロスタグランディン E₂, コラーゲン産生. *あたらしい眼科* 10: 1633-1637, 1993
- 76) 綾木雅彦. 術後水晶体上皮の増殖. *あたらしい眼科* 10: 1625-1632, 1993
- 77) 永田豊文, 羽瀨由紀子, 中神哲司, 大長正典. トラベクレクトミーを併用した眼内レンズ挿入術における前房深度の安定性. *IOL* 5: 87-91, 1991
- 78) 木村 亘, 木村 徹, 澤田 達, 大手昭俊, 広兼賢治, 中島敏之. IOL支持部機械的特性試験の新しい評価法と結果. *IOL & RS* 10: 49-54, 1996
- 79) 小松真里, 池沢暁子, 小杉幸子, 宮田和典, 清水公也. 嚢内固定Silicone - 100例の臨床経過について - . *あたらしい眼科* 6: 1717-1721, 1989
- 80) 黒部直樹, 馬嶋慶直, 野村隆康, 木全一幹, 広川仁則. シリコン眼内レンズ移植術についての検討. *臨眼* 41: 319-323, 1987
- 81) 吉田紳一郎, 小原喜隆. 白内障術後の前囊収縮と眼内レンズの偏位. *IOL & RS* 9: 33-36, 1995
- 82) Kimura W, Yamanishi S, Kimura T, Sawada T, Ohte A. Measuring the anterior capsule opening after cataract surgery to assess capsule shrinkage. *J Cataract Refract Surg* 24: 1235-1238, 1998
- 83) 松浦豊明, 二木純子, 門野保子, 平井宏明, 魚里 博, 西信元嗣. 後房レンズ挿入眼の術後ACDの変化. *眼紀* 40: 2007-2010, 1989
- 84) 田坂慶孝, 木村 亘, 木村 徹, 澤田 達, 菅 英毅, 大手昭俊, 小原孝文, 山西茂喜. 水晶体上皮細胞除去眼の前囊切除面積減少率. *臨眼* 51: 953-956, 1997

Investigation on the postoperative residual refractive errors following temporal-approach stitchless cataract surgery Takeshi Iwase, Department of Ophthalmology, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University, Kanazawa 920-8640 — J. Jusen Med Soc., **110**, 404 — 417 (2001)

Key words phacoemulsification and aspiration, intraocular lens, self-sealing wound, postoperative refractive errors

Abstract

Cataract surgery with intraocular lens (IOL) implantation has greatly improved the postoperative visual rehabilitation. However, patients' more intense requirement for better quality of vision has urged the ophthalmic surgeons to reduce not only the physical restriction such as bed rest but also unwanted postoperative refractive errors. The unwanted refractive error consists of 2 parts; one is surgically induced corneal astigmatism and the other is spherical deviation from the target refractive status. Among a number of recent breakthroughs in cataract surgery, the self-sealing (stitchless) wound technique has been proved to bring about much less surgically-induced corneal astigmatism. In order to further elucidate the factors affecting surgically-induced corneal astigmatism and spherical deviation in self-sealing wound technique, I investigated the effects of the incision length, and the distance between the corneal optical center and the outer incision border on the surgically induced corneal astigmatism: the effects of IOL models on the postoperative spherical deviation and the anterior chamber depth: and the effects of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on the postoperative spherical deviation and the anterior chamber depth. All of the eyes studied here the ones that underwent cataract surgery with self-sealing wound procedure from the temporal side. (1) Eyes were grouped according to the incision length (3.0-mm clear-cornea incision, 3.8-mm clear-cornea incision, or 6.0-mm sclerocorneal incision) and surgically induced corneal astigmatism was chronologically followed and compared among the 3 groups. (2) Correlation between the surgically-induced corneal astigmatism and the corneal size (represented by the distance from the corneal optical center to the outer border of the clear-cornea incision) was tested in eyes that underwent 3.0-mm clear-cornea incision or 3.8-mm clear-cornea incision. (3) Chronological changes of the spherical deviation and the anterior chamber depth were followed in eyes where one of 3 IOL models (foldable acryl, foldable silicone and unfoldable polymethylmethacrylate models) was implanted. (4) Effects of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on the spherical deviation and the anterior chamber depth were studied in eyes where either of foldable silicone IOL or unfoldable polymethylmethacrylate IOL was implanted. The shorter the incision length was, the smaller the surgically-induced corneal astigmatism. The corneal size did not significantly affect the surgically induced corneal astigmatism. The spherical deviation was the worst in eyes implanted with foldable silicone IOL. The eyes implanted with unfoldable IOLs showed the least spherical deviation. Nd:YAG laser capsulotomy ameliorated the spherical deviation regardless of the implanted IOL. Unwanted postoperative refractive error can be minimized by reducing the length of the incision and by choosing an IOL model that allows less postoperative shift along the ocular optical axis.