

クティブバキュームをもたらす) という点が改良されているが、次に述べる 2003 年に発売されたインフィニティ® ビジョンシステム (INFINITI vision system, 図 1) が現在の主力機種となっている (表 1)。

レガシーからインフィニティへ

インフィニティ® ビジョンシステムでは、数々の改良がなされた。まずインフィニティ® に採用された標準のハンドピースは、レガシー® よりも軽量化され発熱を抑える仕様に改良された。灌流・吸引系の改良として、カセットパックをチューブレス (ポンプ部分のチューブ消失) に改良した。また剛性の高いプラスチックのみで構成し、サージの原因であるチューブのたわみをなくし、サージの発生を極力減少させた。さらに吸引系圧センサーを改良し、10,000 回/秒でモニタリング (ソブリン、AMO 社の 200 倍、レガシーアドバンテックの 25 倍) することによって吸引流量の非常に精密なコンピュータ制御が可能となり、吸引流量の最大設定値は 60 ml/分だが、状況に応じて自動的に 100 ml/分まで上昇させたり、大きなサージではポンプが逆回転することにより、前房の安定性が格段に向上し、非常に安全なフェイコと灌流吸引が可能となった。

最大吸引圧の最大値は 650 mmHg、ボトル高の最大は 149 cm まで引き上げられ、非生理的な超高灌流圧 (100 mmHg 以上)、超高吸引流量 (50 ml/分以上)、超高吸引圧 (500 mmHg 以上) で、さらに短時間の手術を行うことが可能である。しかし、このような高灌流・高吸引設定では角膜内皮や眼循環に悪影響があることは必至であり、手術時間を争う一部のポリウムサージャンのみが使う設定といえる。

ダイナミックドライブポンプ (ペリスタルティック+ベンチュリポンプ) 機能を搭載し、吸引圧と吸引流量の両方を別々に制御することを可能にし、ベンチュリと同等の早い吸引圧の立ち上がりが可能で、かつ吸引圧を完全にリニアコントロールすることを実現した。灌流系にも圧モニ

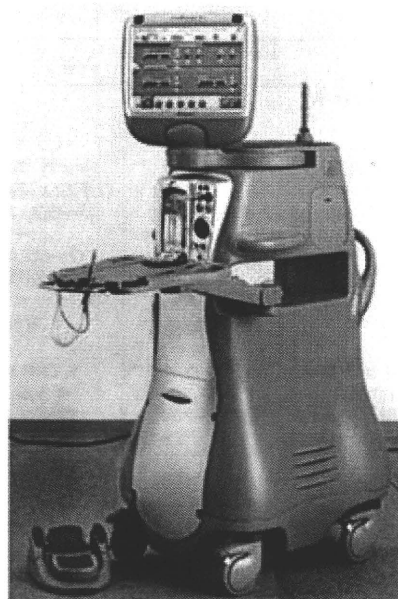


図 1 インフィニティ® ビジョンシステムの外観

ターを導入し、将来的にはボトル残量減少時あるいは灌流系異常時に警告を発することや、灌流圧もコンピュータ制御することが可能になりそうである。

さらに超音波発振も改良され、WHITESTAR® (AMO 社) と同様に高頻回パルス発振が可能となり、超音波エネルギー量の減少、発熱作用の抑制が実現されている。また以前から導入されている超音波発振モニタリング (1,000 回/秒、ソブリンの 50 倍) により、低出力でも安定かつ滑らかな超音波発振は定評がある。

OZil® の搭載：ねじれ振動

2005 年には OZil® が搭載された。ネオソニックス® の進化版といえる OZil® torsional technology は、核の破碎 (効率) を革命的に向上させた。OZil® のハンドピースは 60 g で、130 g のネオソニックス® ハンドピースより遥かに軽量化され、操作性が飛躍的に改善した。ねじれ振動によって破碎効率が上がることは (とくに硬い核) 経験的にわかっていたが、ネオソニックス® のわずか 100 Hz (0.1

表 1 白内障手術装置の進化 (アルコン社)

	10000 MASTER STT	20000 レガシー*	20000 レガシー* アドバンテック	20000 レガシー* エベレスト	インフィニティ* ビジョンシステム
灌流・吸引 (I/A) 機能					
I/A 吸引ポンプ方式	ベリスタル ティックポンプ	ベリスタル ティックポンプ TURBOSTALTIC™	ベリスタル ティックポンプ	ベリスタル ティックポンプ	ベリスタルティックポンプ (FMS)
吸引圧レベル	0~400 mmHg	0~500 mmHg	0~500 mmHg (500+も可能)	0~500 mmHg (500+も可能)	650 mmHg (650+も可能)
流量レベル	0~40 ml/分	0~60 ml/分	0~60 ml/分	0~60 ml/分	0~60 ml/分 (100 ml)
吸引圧のリニア可変	可能	可能	可能	可能	可能 (流量同時リニア可)
流量のリニア可変	可能	可能	可能	可能	可能 (流量同時リニア可)
I/A コントロール形式	パネル/サージョン 前面パネル	パネル/サージョン 前面パネル/フットスイッチ	パネル/サージョン 前面パネル/フットスイッチ 13~110 cm (エクステンション ボール使用) あり	パネル/サージョン 前面パネル/フットスイッチ 13~149 cm (エクステンション ボール使用) あり	パネル/サージョン 前面パネル/フットスイッチ (エクステンション ボール使用) あり
リフラックス機能	オートリフラックス	オートリフラックス	あり	あり	あり (RefluxOffset 0-40 cmH ₂ O)
ベンティング機能	通水ベント	通水ベント (コンピュータ管理のハイブリッドベント) あり	通水ベント (コンピュータ管理のハイブリッドベント) あり	通水ベント (コンピュータ管理のハイブリッドベント) あり	水流ベント (大気圧+重圧)+モーター
カプセル・バキューム	あり	あり	あり	あり	あり
セッティングの方式	ディスプレイ	ディスプレイ	カセット式 (ディスプレイ・オートローディング)	カセット式 (ディスプレイ・オートローディング)	カセット式 (ディスプレイ・オートローディング)
カセットの廃液最大量	500 ml	500 ml	500 ml	500 ml	500 ml
吸引圧可聴音	可能	可能	可能	可能	可能
吸引圧モニタリング		400 回/秒	400 回/秒	400 回/秒	10,000 回/秒
超音波 (US) 機能					
発振方式	ピエゾ エレクトリック	ピエゾ エレクトリック	ピエゾ エレクトリック	ピエゾ エレクトリック	ピエゾ エレクトリック
発振可能周波数域	40 kHz	40 kHz	40 kHz	40 kHz	40 kHz
最大振幅 (ストローク)	89 μm	90 μm	90 μm	90 μm	90 μm
横回転振動 (トーション) 機能			—	—	有 (OZ®ネオソニックスハンドピース)
横回転振数			—	—	32 KHz
縦振動と横振動の併用			—	—	可能
音波横回転振動 (ネオソニックス) 機能			あり (ネオソニックスハンドピース) 100 Hz	あり (ネオソニックスハンドピース) 100 Hz	あり (ネオソニックスハンドピース) 100 Hz
音波横回転振動数			可能	可能	可能
縦音波振動と横 US 振動の併用			あり	あり	あり
ビスコモード			可能	可能	可能
オートチューニング機能	可能	可能	可能	可能	可能
冷却方式	空冷	空冷	空冷	空冷	空冷
超音波のリニアコントロール	可/256 段階	可/1024 段階	可能	可能	可能
パルス発振機能	1~15 パルス	1~15 パルス	1~15 パルス	1~100 パルス, 5~95% duty cycle	1~100 パルス, 5~95% duty cycle カスタムパルス設定 可能
バースト発振機能			有 (バースト幅 30~500 ms)	有 (バースト幅 5~500 ms)	有 (バースト幅 5~500 ms)
US タイム積算	可能	可能	可能	可能	可能
出力表示		(平均パワー)	(平均パワー)	(平均パワー)	(平均パワー)

表1 つづき

	10000 MASTER STT	20000 レガシー*	20000 レガシー* アドバンテック	20000 レガシー* エベレスト	インフィニティ* ビジョンシステム
US コントロール	パネル/ サージョン 無 (AH は有)	パネル/ サージョン 有	パネル/ サージョン	パネル/ サージョン	パネル/ サージョン
HydroSonic 機能 U/S モニタリング US チップの種類	標準 (ストレート)	1,000 回/秒 標準/Kelman/ マイクロ/ ABS チップ	1,000 回/秒 標準/Kelman/ マイクロ/ABS/ マックール/ フレア	1,000 回/秒 標準/Kelman/ マイクロ/ABS/ マックール/ フレア	1,000 回/秒 標準/Kelman/ マイクロ/ ABS/フレア/ ミニフレア/OZ [®] 12
チップのサイズ/ 規格	外径: 1.1 mm 15, 30, 45°	外径: 1.1/0.9 mm 0, 15, 30, 45°	外径: 1.3~ 0.85 mm 0, 30, 45°	外径: 1.3~ 0.85 mm 0, 30, 45°	外径: 1.3~0.85 mm 0, 30, 45°
チップ・スリーブ	シリコン スリーブ	シリコン スリーブ 閉塞防止対策構造	シリコンスリーブ (マイクロス ムース加工) マイクロ・スタン ダード・HIS 有 (吸引流量/ 吸引圧)	シリコンスリーブ (マイクロス ムース加工) マイクロ・スタン ダード・HIS 有 (吸引流量/ 吸引圧)	シリコンスリーブ (マイクロスムース 加工) ウルトラ・マイクロ・ スタンダード・HIS 有 (吸引流量/ 吸引圧)
吸引リニア (バ イモダル) 機能 その他の特徴	コニカル・ チップ 泡発生極小化	MaxVac チューブ	MaxVac チューブ (HighVac 用) ステアブル I/A (オプション) なし	MaxVac チューブ (High Vac 用) なし	MaxVac チューブ INTREPID SYSTEM
吸引立ち上り可 変 灌流圧センサー			なし	なし	Dynamic Rise (7 段階) 灌流圧センサー
その他の機能 (1) 前眼部硝子体 カッター	あり (ギロチン)	あり (ギロチン)	あり (ギロチン) ATIOP 400 cpm なし あり	あり (ギロチン) ATIOP 400 cpm なし あり	あり (ギロチン) アキュラスカッター 800 cpm なし あり
超音波前囊切開 コーテリ-/ジ アテルミー機能	あり あり	400 cpm あり	なし あり	なし あり	なし あり
その他の機能 (2) メモリー機能	3 メモリー	96 メモリー (24 術者) あり	384 メモリー (96 術者) 可能	384 メモリー (96 術者) 可能	Infiniti (50,000 術者以上) 可能
プログラム可能 フットスイッチ	なし				
ボイス・フィード バック機能	不可	可能	可能	可能	可能
タッチスクリーン 式ディスプレイ	なし	可能	可能	可能	可能
リモートコント ロール	オンライン・ コントローラ	ワイヤレス・ コントローラ 可能	ワイヤレス・ コントローラ 可能	ワイヤレス・ コントローラ 可能	ワイヤレス・ コントローラ 可能
ビデオオーバー レイ					

斜体字の箇所は改良点を示す。

kHz) の振動では限界があった。Torsional による 32 kHz のねじれ振動の開発により破碎効率の実際的向上が実現した。従来の縦振動では、超音波パワーを上げて縦振動の振幅が大きくなると超音波チップが核を弾く現象が大きくなり、破碎効率が減少するとともに、硬い核になると核の散乱が生じ、飛散した核の接触で角膜内皮障害が生じるという悪影響があった。この状況を打開するため、高い灌流圧、流量、吸引圧に設定する傾向にあった。一方、ねじれ振動では硬い核でもチップが核

を弾くことはなく、安定した状態で効率よく核を破碎できる。

ねじれの振動によって破碎力を向上させるには曲チップ (Kelman チップ, リバース Kelman チップなど) の使用が必須となる。Kelman チップは先端から 3 mm の位置で下方へ 20° (Kelman12 では 12°) 屈曲しており (リバース Kelman では上方に屈曲), ねじれの振動はベベル 30° の Kelman チップで最大 91 μm, ベベル 45° チップで最大 120 μm の振幅に変えられる。縦振動は、前進のと

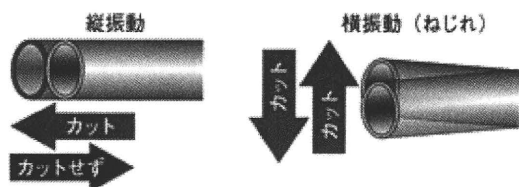


図2 縦振動と横(ねじれ)振動

縦振動では前進時にのみ核が破碎される(40,000カット/秒)。これに対し横振動では往復時に破碎されるので(60,000カット/秒)、破碎効率は1.6倍にアップする。

きのみ核が破碎されるのに対して、ねじれの振動は往復時、常に核が破碎されているため破碎効率が向上する(図2)。

実際には、縦振動とねじれ振動を組み合わせることによって破碎効率はさらに増大する。OZil®は最大振幅90 μ mの縦振動(40kHz)と最大振幅120 μ m(ベベル45°Kelmanチップ使用時)のねじれの振動(32kHz)を交互に発振できる。縦振動のパターンは従来のバーストモード、ハイパーパルスモードの設定がさらに細かく変更できるカスタムパルス、本発振の前に20%出力で前打ちが入るスマートパルスが設定できるようになっており、ねじれ振動は発振時間(最長20ms)と最大振幅をパネルで設定し、設定した発振時間と振幅を100として術者がコントロールできるようになっている。縦振動のみ、あるいはねじれ発振のみも設定可能である。

Kelmanチップへの移行

Torsional phacoを行うには曲がったチップが必要であるが、ほとんどの日本の術者はストレートチップを使っているため、Kelmanチップへの移行はかなりのテクニックの変更が必要である。これが1つの欠点となっているが、最近曲りが少ないKelman12チップが出ており、これはかなりストレートに近い感覚で使いこなすことができる。

Kelmanチップは、ベベルを上に向けた状態(ベベルアップ)で下に屈曲しているため、チップ先端が鋭角に(30°チップは60°、45°チップは45°)後囊側に面している。この状態でねじれ振動が起

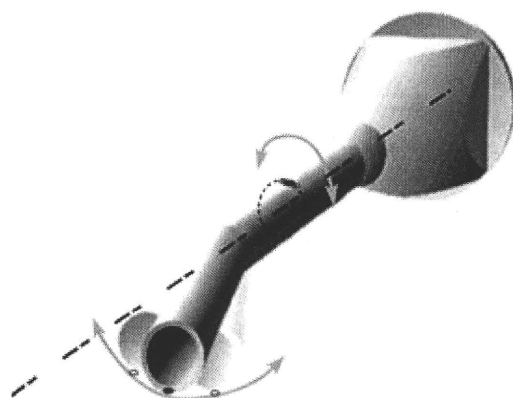


図3 Kelmanチップ先端によるカット

こると、チップ先端で後囊を切る動きとなってしまう(図3)。豚眼での実験でも、吸引なしのねじれ振動だけで前囊・後囊ともに短時間で切れることがわかっている。したがってKelmanチップをベベルアップの状態で使用していると、前囊の亀裂を作ってしまうたり、後囊破損を起してしまうことが臨床経験されており、打ち込み以外はベベルサイドで行うか、またはベベルダウンで行う術者が多い。切れすぎることが故の欠点であるが、初心者にとっては重大な欠点である。

このため最近では下ではなく上に屈曲したリバーズKelmanチップが販売されており、このチップを使えばベベルアップのテクニックでも後囊破損や前囊の亀裂を作る危険は非常に少ない(図4)。またリバーズKelman12を使えばストレートチップに非常に近い感覚で、しかも従来から慣れ親しんでいるベベルアップテクニックで安全にフェイコを行うことができる。ただしKelman12は通常のKelmanに比べて振幅が小さくなるため、破碎効率は約70%に低下する。

各種設定の実際

筆者の経験では、リバーズKelmanチップ12を使用し、フェイコチョップ法を用いる場合、ハイパーパルスを利用したOZil® custom pulse modeが最も効率よく安全であると思われる。筆者のセッティングは、縦振動超音波が、パワー30% lin-

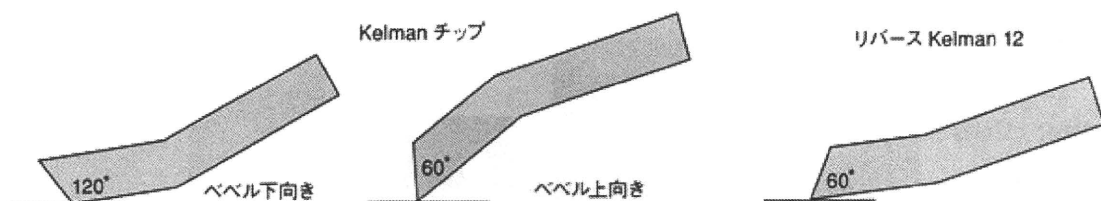


図4 Kelman チップ先端と後囊との角度

OZil Custom Pulse

US : 30% linear, 20 ms on, 10 ms off
 Tor : 90% linear, 100 ms increasing on, 10 ms off
 Asp : Max 250 mmHg fixed, Rate 25 cc/min fixed

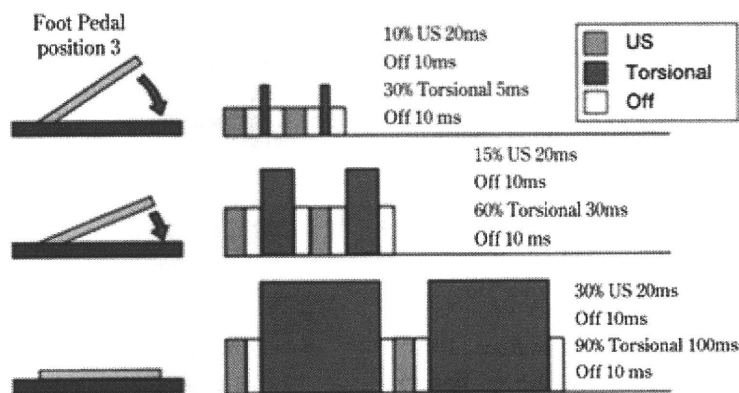


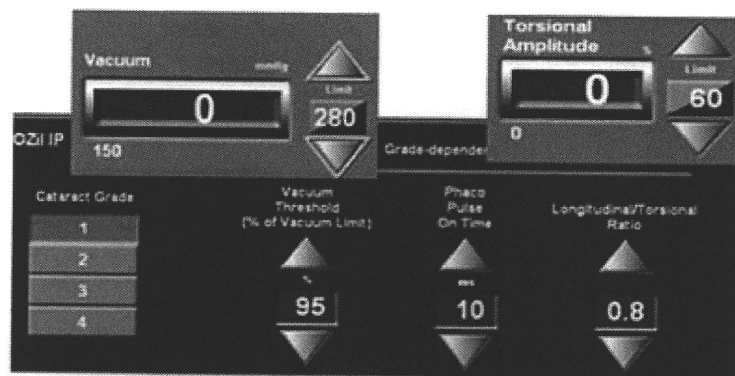
図5 OZil® custom pulse mode (筆者の設定)

ear で 20 ms on, 10 ms off のハイパーパルスで高効率, 低発熱設定, これに torsional を組み合わせ, パワー 90% linear で, フットペダルの踏み具合で最大 100 ms にまで達する increasing pulse 設定に 10 ms off を入れ, 完全に発熱を防止している。最大吸引圧と吸引流量は 250 mmHg と 25 cc/min に固定している。この設定ではフットペダルの踏み具合に応じてパワーと torsional の発振時間が変動し, 超音波が 0~30% で 20 ms 発振し, 10 ms の無発振に続いて, torsional が 0~90% で 5~100 ms 発振し, 10 ms の無発振というのが 1 サイクルで, 繰り返されることになる (図 5)。

非常に軟らかい核では, フットペダルをあまり踏み込まず, ほとんど超音波と torsional を発振しないまま固定した吸引だけで処理できる。つまり核の硬さに応じてフットペダルの踏み込みを変えるだけで, 器械の設定は変えなくても効率よく, 安全に対応が可能である。ただし, 4 度以上の硬

い核では, さらに US パワーを上げたほうが効率がよくなるため, NS 4 度で 40~50%, NS 5 度で 60~80% に上げている。ポトル高はスリーブと症例によって変えているが, 2.2~2.4 mm 切開用のウルTRASリーブでは, 70~85 cm に設定することが多い。ただし灌流開始時に前房が異常に深くなる逆瞳孔ブロックの症例では 30 cm にすることもある。

当科では, 初心者~中級者は原則として, 2.4 mm 切開, ウルTRASリーブ, リバース Kelman チップ 12 を使用し, デイバイドアンドコンカー法を用いているが, この場合は術中の各場面に応じて設定を変えている。インフィニティ® は場面ごとに設定値をメモリーできる (5,000 以上のパターン) ので非常に便利である。一般的な設定は, 溝掘り (sculpt) で US : 20% linear, 20 ms on, 10 ms off, Tor : 90% linear, 100 ms increasing on, 10 ms off, Asp : Max 60 mmHg fixed, Rate 25 cc/



48 (60×0.8) % and 10 ms of longitudinal oscillations occur when actual vacuum pressure exceeds 266 (280×0.95) mmHg

図6 OZil[®] ip の設定

この設定 (最大吸引圧を 280 mmHg, 閾値を 95%, torsional パワー 60%, 縦/ねじれ振動比 0.8, パルス on time 10 ms) の場合, $280 \times 0.95 = 266$ mmHg に吸引圧が達したときだけ ip 機能が動き, torsional pulse 1 パルス内の最後の 10 ms の部分で US パワー $60 \times 0.8 = 48\%$ が発振される。

min fixed, BH : 50 cm, 分割後核処理 (Quad) で US : 20% linear, 20 ms on, 10 ms off, Tor : 90% linear, 100 ms increasing on, 10 ms off, Asp : Max 250 mmHg fixed, Rate 25 cc/min fixed, BH : 85 cm である。初心者でも NS 3 度以下で, 眼合併症がなければ, この方法と設定で, いまのところ安全で効率よいフェイコができています。

2008 年にはさらに AquaLase[®] が搭載可能となった。AquaLase[®] はチップの先端から温熱を噴き出しながら水晶体を破碎して吸引するというコンセプトであるが, せいぜい硬度 2 までの軟らかい核に限られるため, 一般的には普及していない。

○ intelligent phaco 機能の搭載

さらに 2009 年に OZil[®] ip (intelligent phaco) system が搭載された。ip 機能を使うと, 吸引圧が設定した値 (閾値) に達すると自動的に縦振動超音波が発振される機能である。つまり, torsional phaco を行っていてチップ先端が閉塞し吸引圧が上昇したときにだけ超音波が発振され, 核を少し動かし閉塞を解除して torsional ということが繰り返されるといえる機能である。

ip 機能を使う場合, 通常の設定に加えて ip の設定を行わなければならない。設定するのは, 吸引

圧の閾値 (90~100%), パルス on time (off または 5~20 ms), 縦振動/ねじれ振動比 (longitudinal/torsional ratio) (0.7~1.0) の 3 種類である (図 6)。

パルス on time は超音波の発振時間を設定する。例えば 10 ms に設定すると, torsional pulse の 1 パルス内の最後の 10 ms の部分で発振される。縦/ねじれ振動比は, 発振される超音波のパワー設定である。Torsional パワーを 60% に設定し, 縦/ねじれ振動比を 0.8 にセットした場合は US パワーは $60 \times 0.8 = 48\%$ となる。そして最大吸引圧を 280 mmHg, 閾値を 95% にセットした場合, $280 \times 0.95 = 266$ mmHg に吸引圧が達したときだけ ip 機能が動き, torsional pulse 1 パルス内の最後の 10 ms の部分で 48% の超音波が発振される。OZil[®] continuous mode (連続発振モード) ではパルス時間がないが, ip 機能を使う場合は便宜上 100 ms が 1 パルスとして割り当てられ, パルス on time を 10 ms に設定すると torsional 90 ms, 超音波 10 ms が繰り返されることになる。

○ おわりに

これまでの進歩で前房内安定性, 破碎効率, 発熱制御はかなり改良され, 安全で効率のよい手術が可能になっている。昔の器械では, 微妙なフツ

トペダルのコントロールが安全かつ効率のよい破砕のために非常に重要であったが、現代の上位機種ではそのような微妙なコントロールは要求されない。この器械しか知らないで育った場合は、昔の器械や下位機種で安全に手術することは不可能になってしまうのかも知れない。しかし安全性が向上した器械がどんどん開発され、世の中の器械のほとんどすべてがそうなれば、そのような危険も無用となるはずである。

現在でも、前房安定性やNS 5度での破砕効率には完璧とは言い難い。今後は、さらに灌流系が改良され、前房内圧をほぼ一定に保ち、究極の前房安定性実現、さらなる破砕効率の追求に向けての開発が進むことが期待される。またフェムトセカンドレーザーの白内障手術への応用も将来実現するかもしれない。

文献

- 1) Kelman CD : Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. Am J Ophthalmol 64 : 23-25, 1967

- 2) Kelman CD : Phaco-emulsification and aspiration. A progress report. Am J Ophthalmol 67 : 464-477, 1969
- 3) 桑原安治 : 有核白内障の吸引法に就いて. 日眼会誌 74 : 1313-1327, 1973
- 4) 桑原安治 : 白内障吸引法. 医学書院, 東京, 1973
- 5) Gimbel HV, Neuhann T : Development, advantages and methods of the continuous circular capsulorrhexis. J Cataract Refract Surg 16 : 31-37, 1990
- 6) Gimbel HV, Neuhann T : Continuous curvilinear capsulorrhexis (letter). J Cataract Refract Surg 17 : 110-111, 1991
- 7) Gimbel HV : Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification : development and variations. J Cataract Refract Surg 17 : 281-291, 1991
- 8) Shepherd JR : In situ fracture. J Cataract Refract Surg 16 : 436-440, 1990
- 9) Faust K : Hydrodissection of soft nuclei. Am Intraocul Implant Soc J 10 : 75-77, 1984
- 10) Koch DD, Liu JF : Multilamellar hydrodissection in phacoemulsification and planned extracapsular surgery. J Cataract Refract Surg 16 : 559-562, 1990

MEDICAL BOOK INFORMATION

医学書院

今日からはじめられる

ボダージュ先生の医学英語論文講座

著 ジョージ・ボダージュ (Georges Bordage)
訳 大滝純司・水嶋春朔・富山紀子

●A5 頁128 2009年
定価2,625円(本体2,500円+税5%)
[ISBN978-4-260-00593-7]

本書は、東京大学医学教育国際協力研究センターで大好評だった「Scientific Writing」講義をよりわかりやすく再現したものである。Lesson1では日本人が苦手とする科学的な論文構成について、Lesson2ではまちがいがやすい英語表現について、Lesson3では執筆・投稿の手順について、具体例を挙げて解説。さらにLesson4では実際の抄録添削例を紹介する。

IV 非定型な眼内レンズの挿入

術中トラブル時の嚢内固定と嚢外固定

永本敏之*

術中トラブルとして眼内レンズの固定が問題となるのは、後嚢破損（核落下を含む）、Zinn 小帯断裂、前嚢の亀裂の3つである。

前嚢に亀裂がある場合

軟らかいアクリルシングルピースレンズ（アクリソフ®がベスト）を嚢内固定する場合は問題が起きないことが多い。しかし、3ピース眼内レンズを嚢内に挿入しようとして水晶体嚢に負荷をかけてしまうと、前嚢の亀裂が後嚢にまで回り、後嚢破損をきたしてしまうことがあるので、要注意である。このため CCC (continuous curvilinear capsulorrhexis) が小さい場合は嚢外固定にするか、軟らかいアクリルシングルピースレンズを嚢内固定したほうがよい。また3ピース眼内レンズをうまく嚢内固定できたとしても、術後の嚢の収縮に伴って片方のループが亀裂から飛び出してしまう (pea pod effect)、眼内レンズ偏位をきたすことがある¹⁾。このため前嚢の亀裂から90°離れた位置に

ループの頂点を持っていくのが原則である（表1）。

後嚢破損がある場合

眼内レンズは、核処理、硝子体処理、皮質処理を確実に行ってから挿入するが、原則として嚢外固定である。しかも全長の大きな3ピース眼内レンズを嚢外に固定する。シングルピースアクリルレンズを嚢外固定すると、ループが虹彩と擦れること (iris chaffing) により色素散布 (pigment dispersion) が起き、色素性緑内障 (pigment glaucoma) や遷延性虹彩炎 (persistent iritis) の原因となる^{2,3)}ので（図1）、シングルピースアクリルレンズの嚢外固定は原則として禁忌である。

CCC が完成している場合には、眼内レンズのループを前嚢上に挿入してから、レンズ光学部を嚢内に押し込むこと (optic capture) により、後嚢の状態のいかんによらず、残存前嚢がしっかりと眼内レンズを支えてくれるので確実な嚢外固定が

表1 前嚢に亀裂が生じたときの嚢内・嚢外固定の選択

前嚢の亀裂	眼内レンズの固定	備考
0	嚢内	
1か所	嚢内	できればアクリルシングルピース 亀裂と90°の位置にループを固定
	嚢外	3ピース眼内レンズしかなくてCCCが小さいとき 全長・光学部径ともに大きな眼内レンズを使用
2か所以上 (含む can opener)	嚢内	アクリルシングルピース
	嚢外	全長・光学部径ともに大きな3ピース眼内レンズ

* ながもと・としゆき 杏林大学医学部眼科学教室

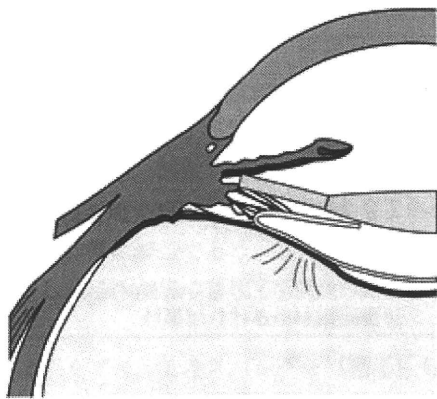


図1 シングルピースアクリルレンズ囊外固定時の iris chaffing による色素散布
シングルピースアクリルレンズの支持部は厚いため、囊外固定すると虹彩裏面と擦れやすい (iris chaffing)。このため色素散布をきたしやすい。

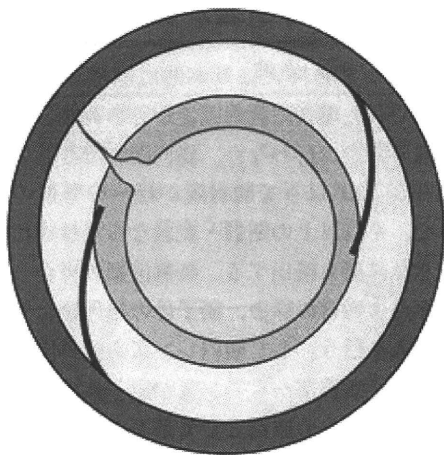


図3 前囊亀裂が1か所ある場合の眼内レンズ固定位置
眼内レンズ支持部頂点が前囊亀裂から90°離れた位置にくるように眼内レンズを固定する。

得られる⁴⁾(図2)。CCCが大き過ぎる、小さ過ぎる、亀裂があるなどの理由で光学部を囊内に押し込めない場合は、できるだけ全長が大きく(できれば13.5mm以上)、光学部が球面レンズで、直径も大きい(できれば6.5mm以上)3ピース眼内レンズを囊外に挿入する。そのほうが術後の偏位が少なく、多少偏位したとしても光学機能の劣化が少ない。

前囊の亀裂が1か所の後囊破損の場合は、亀裂

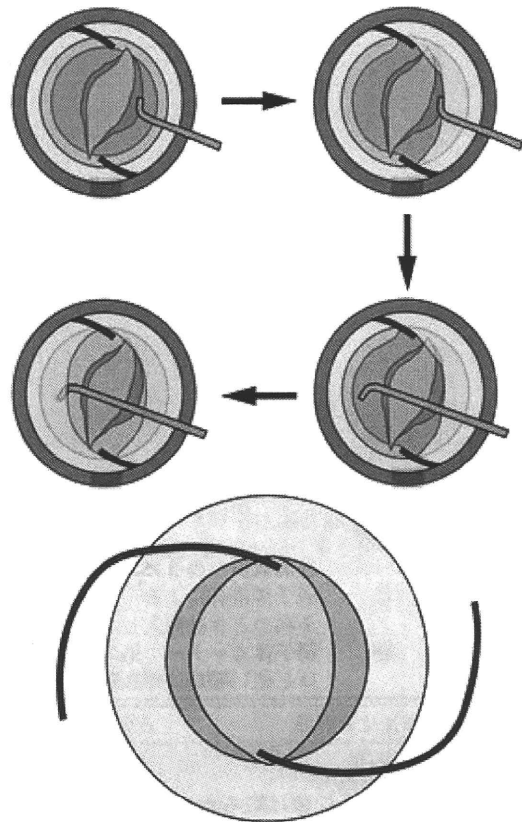


図2 Optic capture(眼内レンズ光学部の囊内押し込み)
前囊上に挿入した眼内レンズ(CCCより大きな光学部の3ピース眼内レンズを使用)の光学部周辺部をフックで硝子体側に押し、前囊下(囊内)に押し込む。続いて対側の光学部周辺部をフックで硝子体側に押し、前囊下(囊内)に押し込む。

の位置が重要である。下方の亀裂の場合は、術後に眼内レンズが亀裂部分から硝子体中に落下する危険が出てくる。しかしその場合でも、大きな3ピース眼内レンズを囊外固定し、ループ頂点を亀裂から90°の位置に固定して(図3)、術後は眼内レンズ偏位に気をつけながらフォローアップするのが一般的である。毛様溝縫着という選択肢もあるが、その場合は時間がかかるので一次的に続けて行うか、二次的に後で行うかも選択する必要がある。

もし残存前囊に2か所以上亀裂があり、後囊周辺部の残存も不十分な場合は、囊内固定でも囊外固定でも眼内レンズの支持が不確実であるため、毛様溝に縫着すべきである。

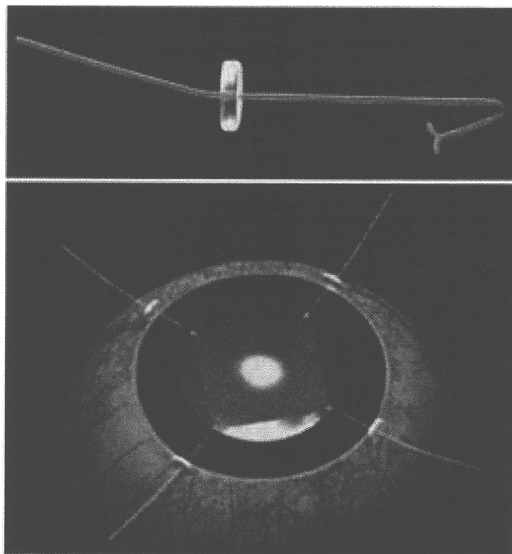


図5 カプセルエキスパンダー

基本構造はアイリスリトラクターに似ているが、折り返しが長く、先端はT字状に開いており、水晶体嚢赤道部を支える設計になっている。4か所のサイドポートから水晶体嚢内に挿入し、先端が赤道部に達した状態で、シリコンストッパーを角膜輪部までずらしてエキスパンダーを固定する。カプセルエキスパンダーを挿入すると水晶体嚢を補助的に固定できる。

吸引術後の Zinn 小帯の状態に応じて眼内レンズ挿入について決めなければならない⁸⁾(表4)。

文献

- 1) Assia EI, Apple DJ, Barden A et al : An experimental study comparing various anterior capsulectomy techniques. Arch Ophthalmol 109 : 642-647, 1991
- 2) Micheli T, Cheung LM, Sharma S et al : Acute haptic-induced pigmentary glaucoma with an AcrySof intraocular lens. J Cataract Refract Surg 28 : 1869-1872, 2002
- 3) Chang DF, Masket S, Miller KM et al ; ASCRS Cataract Clinical Committee : Complications of sulcus placement of single-piece acrylic intraocular lenses : recommendations for backup IOL implantation following posterior capsule rupture. J Cataract Refract Surg 35 : 1445-1458, 2009
- 4) Gimbel HV, Sun R, Ferensowicz M et al : Intraoperative management of posterior capsule tears in phacoemulsification and intraocular lens implantation. Ophthalmology 108 : 2186-2189 ; discussion 2190-2192, 2001
- 5) Menapace R, Findl O, Georgopoulos M et al : The capsular tension ring : designs, applications, and techniques. J Cataract Refract Surg 26 : 898-912, 2000
- 6) Takimoto M, Hayashi K, Hayashi H : Effect of a capsular tension ring on prevention of intraocular lens decentration and tilt and on anterior capsule contraction after cataract surgery. Jpn J Ophthalmol 52 : 363-367, 2008
- 7) Jacob S, Agarwal A, Agarwal A et al : Efficacy of a capsular tension ring for phacoemulsification in eyes with zonular dialysis. J Cataract Refract Surg 29 : 315-321, 2003
- 8) 小澤忠彦 : チン小帯脆弱例に対するカプセルエキスパンダー. IOL & RS 18 : 237-244, 2004

MEDICAL BOOK INFORMATION

医学書院

臨床検査データブック コンパクト版 第5版

監修 高久史廣
編集 黒川 清・春日雅人・北村 聖

●三五変型 頁392 2009年
定価1,890円(本体1,800円+税5%)
[ISBN978-4-260-00935-5]

大好評の「臨床検査データブック」本体から「コンパクト版 第5版」が飛び出した！ いつでもどこでも必要になる検査を中心に、205項目をセレクト掲載！ ポケットに入る判型で、病棟、外来、実習など、常に携帯可能！ 今版から新たに小見出し「検査目的」「採取保存」が加わり、さらに内容が充実！ 本体と共に読者の臨床をサポート。

小児の度数決定

黒坂大次郎*

小児の度数決定について一定の見解があるかと問われると、ないと答えるのが最も適切である。実際にその決定は、ケース・バイ・ケースで行われているのが実情である。眼球は、2歳くらいまで眼軸長や角膜曲率半径が大きく変化する¹⁾。もちろんこれは、2歳未満の症例への眼内レンズ度数決定が難しい大きな理由であるが、実際にはもっと複雑な要素がからんでくる。以下それらを考えたい。

将来の屈折値は予測できるか

まず、小児期は眼が成長するが、手術した時点で術後の例えば20歳のときの屈折値が予想できるかについて考えてみたい。小児期は眼軸長、角膜曲率半径は年齢とともに変化していくが、この2つが変化すれば、当然屈折は変化する。この変化が予想できないと、例えば1歳児に眼内レンズを挿入しても、10歳になったときその屈折がどうなっているかを予想することができない。もちろん眼軸長は、伸びる方向なので、1歳時より近視化することは予想できる。

しかし、実際に多数の小児例の無水晶体眼、眼内レンズ挿入眼の屈折の変化を長期的に解析した報告²⁾によると、対数換算した年齢と屈折値は、直線関係にあることが報告されている。つまり、例えば生後1~10歳の屈折値の変化と生後2~20歳までの変化は同じ度数であるということである。さらに、この直線の傾きは、無水晶体眼、眼内レンズ挿入眼で異なり、それぞれの値が報告されている。したがって、例外はあるものの基本的には、ある年齢の患児が20歳になったときの屈折値は予想ができることになる。ただ、挿入された眼内レンズの度数が高いほど、眼軸長が伸びたとき近視化させるので、挿入された眼内レンズでの補正が多少必要になる。

度数決定を困難にするもの

ある年齢である度数の眼内レンズを挿入すれば、20歳のときの屈折値がわかるのであれば、最適な眼内レンズ度数が決められそうである。しかしながら実際には、まだまだ大きな問題が残る。まず、患児が低年齢であればあるほど、眼軸長などの計測データが不正確になりやすい。眼軸長が短いと眼内レンズの計算式にも誤差が出やすくなる。したがって、小児では必ずしもねらいどおりの屈折値が術後に得られない可能性がある。

次に問題なのが、視機能発達時期の場合である。片眼性白内障では、もし弱視を形成していれば、術後に視能訓練が必要になる。この場合、屈折値は近視になっているほうが有利となる。将来近視化するということで、その時点で遠視にしているのは、視力の発達に不利になってしまう。それでは、コンタクトレンズを装用させるか、それであれば、何も眼内レンズを挿入しなくても……となってしまうかもしれない。手術の時点での健眼の屈折値も視能訓練には影響するし、さらにバランスを取りたい20歳時の健眼の屈折値を予想することも難しい。逆に両眼性であれば、術後眼鏡でも対応ができ遠視にしやすい。これらの視能訓練などは、実際には術後の患児の家庭環境なども影響し、症例ごとに検討していくしかないのが現状である。

ただ、7歳くらいで、もともと視力は良好で、術後の視力も期待できる場合、さらに健眼の屈折も軽度の遠視であれば、軽度の遠視になるように眼内レンズ度数を選択するのがよいと思われるが、実際には、これらの年齢で白内障を起こす症例は少ない。

文献

- 1) 安部修助：日本人小児の眼軸長に関する研究。第2報。小児の眼軸長の成長について。日眼会誌 83：214-226, 1979
- 2) McClatchey SK, Hofmeister EM: The optics of aphakic and pseudophakic eyes in childhood. Surv Ophthalmol 55: 174-182, 2010

*くろさか・だいじろう 岩手医科大学医学部眼科学教室

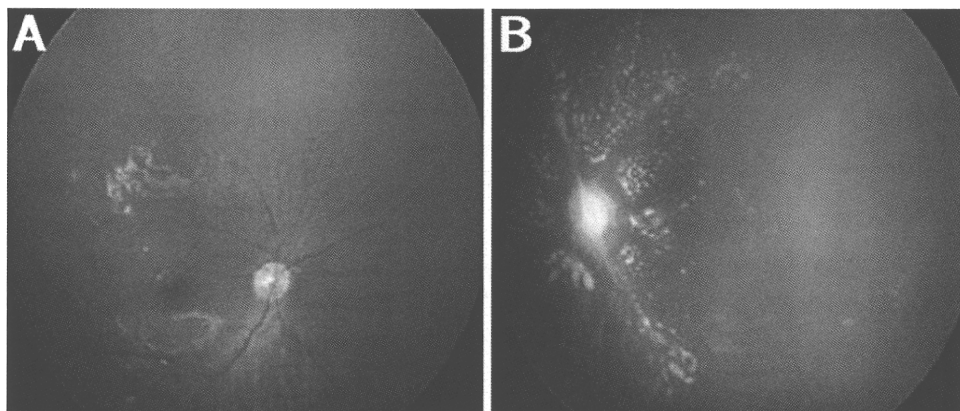


Figure 2A, B. Fundus photographs of the **A** right and **B** left eyes 1 month after administration of fluconazole. **A** The size of the white lesions had decreased significantly. **B** Retinal reattachment with hard exudates, white vessels, and optic disc pallor were observed.

in a patient with *Candida* vaginitis and onychomycosis; both patients were treated with antibiotics.^{2,3} The current patient had no systemic abnormalities but evidently had endogenous *Candida* endophthalmitis because PCR analysis detected sufficient quantities of *Candida* DNA in the vitreous and the cerebrospinal fluid to diagnose the infection. FA findings of abnormal vasculature in the peripheral retina are usually seen in eyes with retinopathy of prematurity or familial exudative vitreoretinopathy, which prompted us to suspect that the *Candida* infection in the present case was congenital. Generally, a congenital *Candida* infection occurs by vertical transmission through the uterus or vagina and is associated with systemic involvement, including dermatitis, meningitis, anomaly of the brain, and oral mucositis.⁴ However, the patient was delivered by Caesarean section, and no signs of *Candida* infection were detected in the mother. Thus, acquired *Candida* infection was the most likely diagnosis in the present case. Intravenous antibiotics delivered 2 weeks before the onset of bilateral endophthalmitis likely caused iatrogenic *Candida* infection because of inadvertent manipulation. Possible insufficient growth of the retinal vasculature might have facilitated the proliferation of *Candida* in the patient's retina.

To diagnose and treat such a difficult case, broad-range PCR for the 18S ribosomal RNA sequence is a good screening tool.⁵ Moreover, real-time PCR can examine the quantity of the pathogen and determine its relation to the endophthalmitis. Early treatment of infectious endophthalmitis is essential in infants, in whom vision develops rapidly. Thus, a broad-range, real-time PCR system using ocular samples is useful when the patient has uveitis or endophthalmitis of unknown origin.

Keywords: *Candida* chorioretinitis, *Candida* infection, polymerase chain reaction

Makiko Ito¹, Tadashi Yokoi¹, Sunao Sugita², Naomi Shinohara³, Sachiko Nishina¹, and Noriyuki Azuma¹

¹Department of Ophthalmology, National Center for Child Health and Development, Tokyo, Japan; ²Department of Ophthalmology and Visual Science, Tokyo Medical and Dental University Graduate School of Medicine and Dental Sciences, Tokyo, Japan; ³Department of Pediatrics, Tokyo Dental College Ichikawa General Hospital, Chiba, Japan

Received: January 14, 2010 / Accepted: June 8, 2010

Correspondence to: Noriyuki Azuma, Department of Ophthalmology, National Center for Child Health and Development, 2-10-1 Okura, Setagaya-ku, Tokyo 157-8535, Japan
e-mail: azuma-n@ncchd.go.jp

DOI 10.1007/s10384-010-0871-4

References

- Palmer EA. Endogenous *Candida* endophthalmitis in infants. *Am J Ophthalmol* 1980;89:388–395.
- Williams MA, McMullan R, Hedderwick S, Mulholland DA, Best RM. Diagnosis and treatment of endogenous fungal endophthalmitis. *Ophthalmologica* 2006;220:134–136.
- Kostick DA, Foster RE, Lowder CY, Meyers SM, McHenry MC. Endogenous endophthalmitis caused by *Candida albicans* in a healthy woman. *Am J Ophthalmol* 1992;113:593–595.
- Michael JM. Fungal infections. In: Remington JS, Klein JO, editors. *Infectious diseases of the fetus and newborn infant*. Philadelphia: WB Saunders; 1983. p. 466–469.
- Jaeger EEM, Carroll NM, Choudhury S, et al. Rapid detection and identification of *Candida*, *Aspergillus*, and *Fusarium* species in ocular samples using nested PCR. *J Clin Microbiol* 2000;38:2902–2908.

Choroidal Neovascularization in a Child Following Laser Pointer-Induced Macular Injury

Laser pointer-induced macular injury is characterized by a decrease in visual acuity and metamorphopsia.¹ High-energy lasers can cause chorioretinal damage, which can lead to choroidal neovascularization (CNV) in animals.² Case reports of the development of a CNV following laser-induced macular injury have also been published.^{3,4} We report the case of a child with a CNV that developed following a macular injury caused by repeated exposure to a green laser pointer. The prevalence of CNV in children is low, but it is still an important cause of visual impairment.⁵ To the best of our knowledge, this is the first report of a child developing CNV following a macular injury caused by exposure to a green laser pointer.

Case Report

An 11-year-old boy with decreased visual acuity in the right eye was referred to our hospital for consultation. The parents reported that the child stared directly at a commonly used green laser pointer. He did not understand the cautionary statement, and from the age of 2 to 3 years stared at it with his dominant right eye every day for more than 10 s at a time, as if it were a toy, at a distance of 30 cm. Although he had a congenital hearing loss and mental retardation, his visual functions developed normally up to the time of the injury. When he was 7 years old, his visual acuity was 1.0 OU, after correction of bilateral astigmatism, -4.0 diopters.

When he was 11 years old, his best-corrected visual acuity (BCVA) was 0.2 OD and 1.0 OS. No abnormalities were found in the anterior segment of either eye. Ophthalmoscopy identified a yellow exudate-like lesion or fibrous tissue surrounded by subretinal hemorrhage in the right macula (Fig. 1A). The left eye was completely normal. Two years later when he was 13 years of age, the fundus showed a yellow fibrous lesion in the right macula (Fig. 1B) that

demonstrated leakage on fluorescein angiography (Fig. 1C, D). A STRATUS optical coherence tomography image showed a highly reflective mass that extended from the outer retinal layer through the retinal pigment epithelium and Bruch's membrane into the choroidal tissue of the right macula (Fig. 1E). The left eye was normal. Investigations for ocular infectious diseases did not reveal any disease.

We elected to follow the patient with careful observation and not to perform invasive therapy because of his age and mental condition. He is now 14 years old, and his BCVA and the appearance of the fibrous tissue are unchanged.

Comment

By the results of the ophthalmological examinations and the history of events, we diagnosed the patient as having laser pointer-induced macular injury. An accurate diagnosis of laser pointer-induced macular injury did not come easily, because it was difficult to interpret the complaints of the

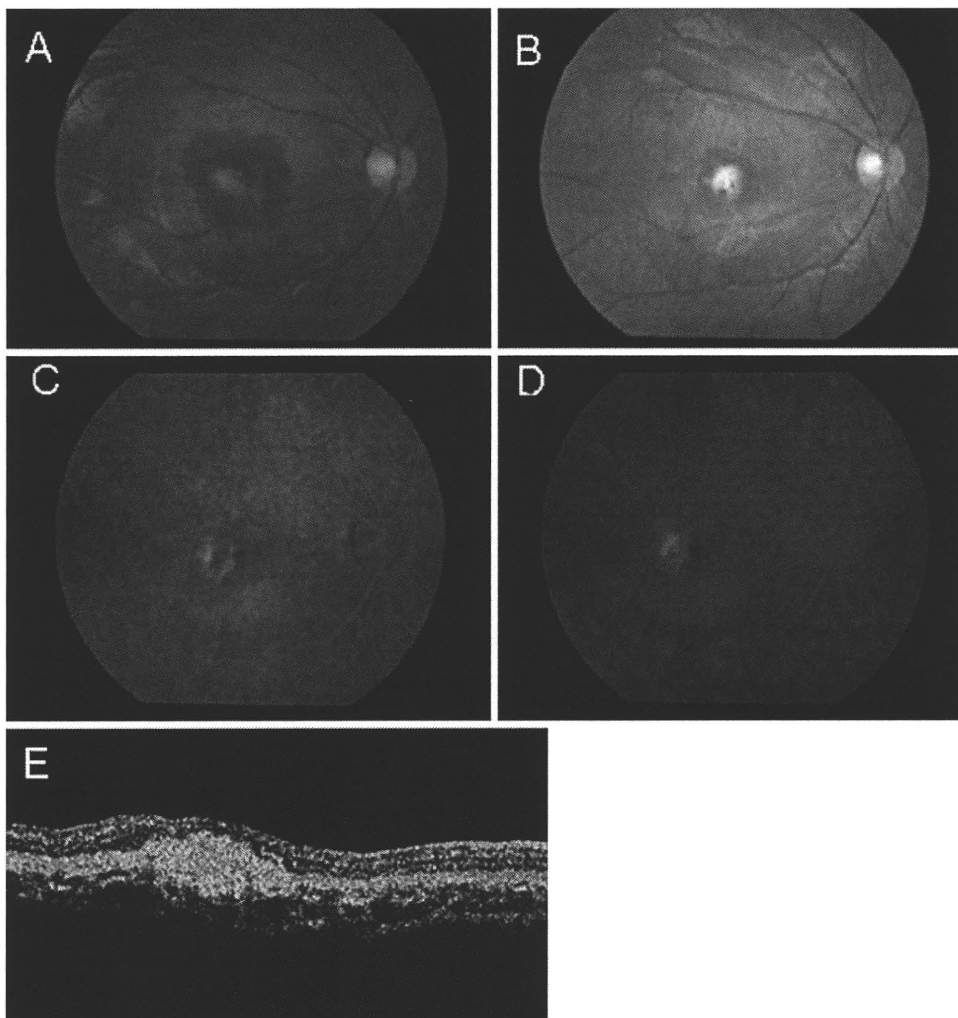


Figure 1A–E. Fundus images of the current case. **A** When the patient was 11 years old, the fundus of his right eye showed a yellow lesion resembling exudates or fibrous tissue surrounded by subretinal hemorrhage in the macula. **B** When he was 13 years old, the fundus showed a yellow lesion resembling fibrous tissue. **C, D** Fluorescein angiography showed leakage with fibrous tissue remaining in the right macula (**C** early phase; **D** late phase). **E** Optical coherence tomography demonstrated a highly reflective mass extending not only to the outer retinal layer and retinal pigment epithelium but also to the Bruch's membrane and choroidal tissue.

patient, and the time of the injury and initial examination were prolonged.

There is a correlation between the energy of a laser and the degree of chorioretinal damage it can cause. The output power of handheld laser pointers is commonly from 1 to 5 mW. Mild thermal retinal injuries might be caused by a 5-mW laser, if it is stared at for more than 10 to 20 s;¹ this suggests that the chorioretinal damage in our patient, which probably induced the CNV, was caused by the frequent and repeated exposure to the low-energy laser beam.

The prognosis of this patient is unclear, because the interval between the first laser exposure and the development of the CNV was long in comparison to previously reported cases. The patient is being carefully followed for the possible reactivation of the CNV.

Keywords: choroidal neovascularization, laser pointer, macular injury

Kaoru Fujinami^{1,2}, Tadashi Yokoi², Miina Hiraoka², Sachiko Nishina², and Noriyuki Azuma²

¹National Institute of Sensory Organs, National Hospital Organization, Tokyo Medical Center, Tokyo, Japan; ²Department of Ophthalmology, National Center for Child Health and Development, Tokyo, Japan

Received: February 25, 2010 / Accepted: June 29, 2010

Correspondence to: Noriyuki Azuma, Department of Ophthalmology, National Center for Child Health and Development, 2-10-1 Okura, Setagaya-ku, Tokyo 157-8535, Japan
e-mail: azuma-n@ncchd.go.jp

DOI 10.1007/s10384-010-0876-z

References

1. Barkana Y, Belkin M. Laser eye injuries. *Surv Ophthalmol* 2000;44:459–478.
2. Shen WY, Lee SY, Yeo I, et al. Predilection of the macular region to high incidence of choroidal neovascularization after intense laser photocoagulation in the monkey. *Arch Ophthalmol* 2004;122:353–360.
3. Roeder J, Buesgen P, Hoerauf H, Schmidt-Erfurth U, Laqua H, Birngruber R. Macular injury by a military range finder. *Retina* 1999;19:531–535.
4. Sun Z, Wen F, Li X, Wu D. Early subfoveal choroidal neovascularization secondary to an accidental stage laser injury. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006;244:888–890.
5. Sivaprasad S, Moore AT. Choroidal neovascularisation in children. *Br J Ophthalmol* 2008;92:451–454.

Spontaneous Closure of a Stage 2 Macular Hole Without Detachment of the Posterior Hyaloid

Stage 2 macular holes occasionally close spontaneously after hyaloid membranes with pseudo-opercula become separated from the surface of the retina. However, we observed spontaneous closure of a stage 2 macular hole

without release of the vitreofoveal traction. This case was documented by means of optical coherence tomography (OCT).

Case Report

A 52-year-old man complained of metamorphopsia in his left eye. He was referred to a nearby clinic, and a macular hole in the left eye was diagnosed. He did not report any trauma. About 2 weeks later, he came to our clinic at Akita University Hospital. His best-corrected visual acuity was 20/16 in the right eye and 20/160 in the left. Slit-lamp examination showed no remarkable findings. Biomicroscopic examination did not reveal posterior vitreous detachment (PVD). OCT (Zeiss OCT3; Zeiss-Humphrey Systems, Dublin, CA, USA) showed the presence of a stage 2 macular hole with perifoveal cyst formation (Fig. 1A). The hole measured 336 μm in diameter and was partially covered with a retinal flap. A posterior hyaloid was present and adhered to the edge of the hole (Fig. 1B). Around the macular hole, there was a shallow PVD. He did not have any other ocular diseases such as diabetic retinopathy, retinal vein occlusion, macular telangiectasia, or uveitis.

Four months later, the patient's best-corrected visual acuity had improved to 20/30. OCT seemed to show the presence of an outer retinal bridge over the macular hole (Fig. 1C, D), indicating a spontaneous macular hole closure in process. The perifoveal cysts were no longer apparent. However, the patient still felt metamorphopsia in his left eye, and the posterior hyaloid remained adhered to the retinal flap (Fig. 1E). To release this adhesion and close the hole completely, we performed a pars plana vitrectomy. During the operation, we used triamcinolone acetonide to visualize the vitreous and observed the hyaloid attachment to the macular hole. We did not peel the internal limiting membrane because the macular hole was already bridged and we thought that releasing the attachment was sufficient to close the hole completely. At the end of the operation, air tamponade was used.

Seven days after the surgery, OCT showed the presence of a thick bridge and a well-defined retinal hyporeflective space interrupting the inner high-reflective layer (Fig. 2A). Seven months after surgery, the patient's best-corrected visual acuity remained at 20/30. The hyporeflective space had become quite small. Two and a half years after surgery, his best-corrected visual acuity was 20/20. OCT (Spectralis HRA+OCT; Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) showed that the hyporeflective space no longer existed and the foveal morphology had progressed to almost normal (Fig. 2B).

Comments

As the use of OCT has become more common, many cases of spontaneous closure of macular holes have been reported.^{1–4} Four explanations have been proposed for the

CLINICAL INVESTIGATION

Development of Anisometropia in Patients After Surgery for Esotropia

Takashi Fujikado¹, Takeshi Morimoto², and Hiroshi Shimojyo²

¹Department of Applied Visual Science, Osaka University Graduate School of Medicine, Osaka, Japan; ²Department of Ophthalmology, Osaka University Graduate School of Medicine, Osaka, Japan

Abstract

Purpose: Anisometropia is reported to increase with age; however, the relationship between the development of anisometropia and binocular vision has not been determined. The purpose of this study was to determine the relationship between anisometropia and binocular vision after esotropia (ET) surgery.

Methods: The medical records of 51 consecutive patients with ET who had undergone ET surgery were studied. Patients with amblyopia or anisometropia ≥ 2 diopters (D) before surgery were excluded. The average age of the patients at the time of surgery was 4.5 ± 3.7 years, and the average postoperative period was 5.0 ± 2.2 years. The refractive errors (spherical equivalent) in both eyes were measured preoperatively and postoperatively. Binocular visual function was evaluated with a modified Worth-4 dot test.

Results: At the final visit, average anisometropia was 0.98 ± 1.30 D, which was significantly greater than the preoperative value of 0.36 ± 0.46 D ($P < 0.001$). Anisometropia ≥ 2 D was observed in ten patients (23%) postoperatively. One patient was able to fuse a target of $\leq 2^\circ$ (10%) in the anisometropia ≥ 2 D group, significantly fewer than the 13 patients (32%) in the anisometropia < 2.0 D group ($P = 0.02$).

Conclusions: Anisometropia may develop in patients with poor sensory fusion after surgery for esotropia. **Jpn J Ophthalmol** 2010;54:589–593 © Japanese Ophthalmological Society 2010

Keywords: anisometropia, esotropia, sensory fusion, strabismus surgery

Introduction

Anisometropia is a condition in which the two eyes have different refractive power. The prevalence of anisometropia is higher in adults than in school-age children.^{1–4} Shih et al.⁴ reported that the prevalence of anisometropia > 2.0 diopters (D) is about 3% in Taiwanese school children and that the degree of anisometropia increases with age. In eyes with anisometropic myopia, Cheng et al.¹ reported that the dominant eye is the more myopic eye.

The relationship between the development of anisometropia and the presence of binocular visual fusion has not been well investigated, and most studies have been cross-sectional. In a longitudinal study of five school-age patients with myopia and constant exotropia (XT), we found that the myopic anisometropia increased with age.⁵ We hypothesized that a lack of binocularity may play a role in the development of myopic anisometropia.

We retrospectively examined the postoperative change in the refractive errors of patients with esotropia (ET) before and after strabismus surgery and investigated whether binocularity affected the development of anisometropia. We selected ET patients because their binocular visual function is usually not good.⁶ In addition, the angle of strabismus usually fluctuates after ET surgery,⁷ which allows longer follow-up periods.

Received: January 8, 2010 / Accepted: June 8, 2010

Correspondence and reprint requests to: Takashi Fujikado, Department of Applied Visual Science, Osaka University Graduate School of Medicine, 2-2 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan
e-mail: fujikado@ophthal.med.osaka-u.ac.jp

Participants and Methods

Participants

The medical charts of 51 consecutive patients with ET who were examined at the Osaka University Hospital between 1991 and 2005 and had undergone strabismus surgery were studied. Patients with amblyopia or any other ocular pathology such as glaucoma were excluded. Patients with a difference in refractive error (spherical equivalent) ≥ 2 D between the two eyes before the surgery were also excluded.

The study protocol was conducted according to the tenets of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association, and informed consent was obtained from the participants after the nature and possible consequences of the study had been explained to them.

The average age of the patients at the time of surgery was 4.5 ± 3.7 years (range, 1–19 years). The postoperative follow-up period was >3 years, with an average duration of 5.0 ± 2.2 years.

Clinical Measurements

The refractive error was determined by subjective refractions in patients ≥ 4 years of age by certified orthoptists at the Osaka University Hospital. For patients <4 years of age or those who could not cooperate in the subjective refraction, refraction was determined by retinoscopy under atropine-induced cycloplegia by one of the authors (TF). The degree of anisometropia was determined as the difference in the spherical equivalent of the refractive error between the two eyes.

The objective angle (OA) of strabismus was measured using the alternate prism cover test for distance (5 m) and

near (30 cm) fixation. The dominant eye for distance and for near fixation was determined as the fixating eye during the prism cover test. Patients whose OA was >8 prism diopters (PD) were classified as esotropic; those with -8 PD \leq OA ≤ 8 PD as orthotropic (OT); and those with OA < -8 PD as exotropic (XT).

Sensory fusion was determined by the 4-dot test using a parallax barrier system,⁸ which is similar to the Worth 4-dot test but can quantitatively determine the minimum angle of sensory fusion without corrective glasses.

Statistical Analyses

Data were presented as means \pm standard deviation, and they were statistically analyzed with SigmaStat version 3.11 software (Systat Software, Chicago, IL, USA). Comparisons among the different groups were made by one-way analysis of variance, and comparisons between two groups by *t* tests. The association between anisometropia and sensory fusion was assessed by the Fisher exact test. A *P* value < 0.05 was accepted as statistically significant.

Results

The preoperative (baseline) refractive errors ranged from -3.0 D to $+6.0$ D, with an average of 1.17 D ± 1.56 D, in the right eye, and from -3.5 D to $+5.5$ D, with an average of 1.18 D ± 1.63 D, in the left eye. The average difference between the two eyes was 0.36 D ± 0.46 D. The amount of anisometropia at the last visit was 0.98 ± 1.20 D, which was significantly higher than that at the first visit ($P < 0.05$; Fig. 1). The time in which anisometropia developed after surgery varied among the patients (Fig. 2).

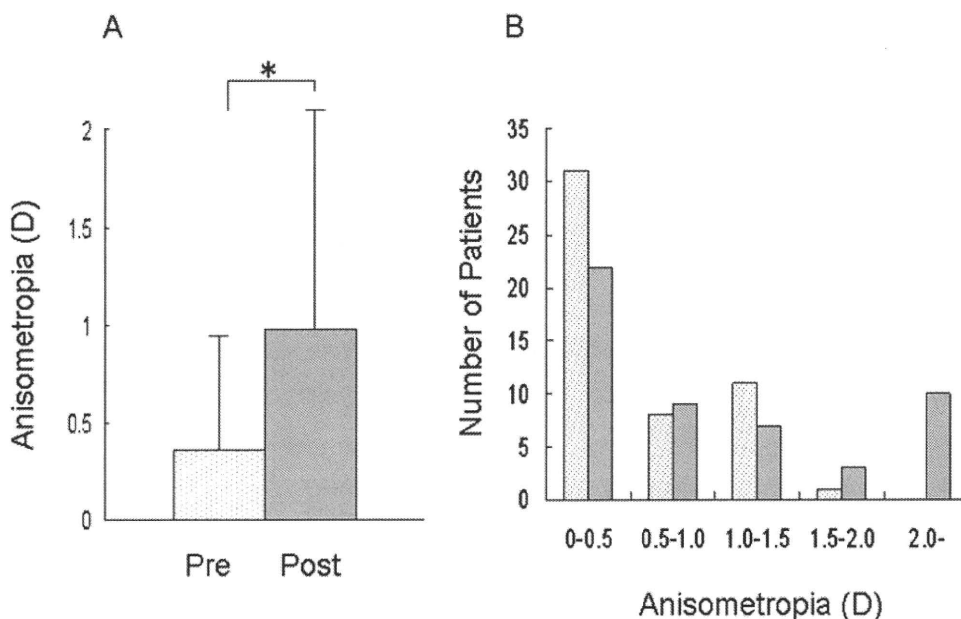


Figure 1A, B. Increase in anisometropia after surgery for esotropia. **A** Degree of anisometropia at final visit (■) was significantly higher than that before surgery (□). The T bars indicate the standard deviation. $*P < 0.01$. **B** Distribution of the degree of anisometropia before surgery (□) and at the final visit (■).

The eye position at the final visit was ET in 15 patients, OT in 16 patients, and XT in 20 patients. Two of 15 (13%) patients in the ET group, three of 16 (20%) in the OT group, and five of 20 (25%) in the XT group were classified as anisometric (≥ 2 D) at the final visit. The differences in the distribution of anisometropia among the three groups were not significant (Fig. 3A). The age at which the anisometropia exceeded 2 D was ≥ 7 years in all ten patients (Fig. 3B).

The dominant eye for near fixation was the more myopic eye in the ten postoperative anisometric patients (100%), and the dominant eye for distance was the less myopic eye in three patients (30%). These three patients fixated far objects with the less myopic eye and near objects with the more myopic eye.

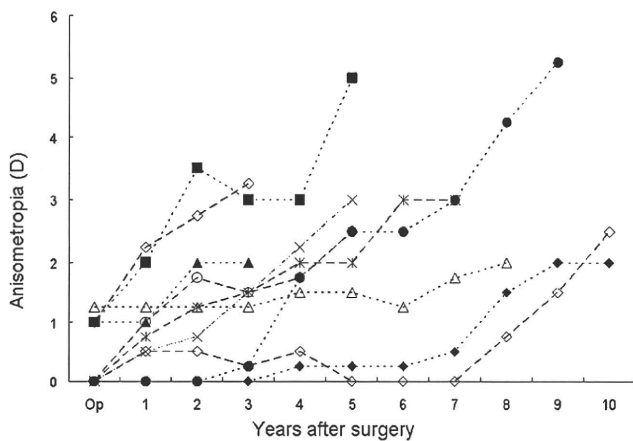


Figure 2. Time course of increases in anisometropia in patients who developed anisometropia (≥ 2 D) after strabismus surgery.

The minimum angle of sensory fusion was compared between the patients with anisometropia ≥ 2 D and those with anisometropia ≤ 2 D. The number of patients with sensory fusion within 2° of the fovea in the anisometropia ≥ 2 D group was significantly smaller than that in the anisometropia ≤ 2 D group ($P = 0.02$; Fig. 4).

Case Report

We describe a typical case in which anisometropia increased after the development of consecutive exotropia. A 16-year-old boy with 30 PD of ET underwent surgery at the age of 4 years. After the surgery, his eyes were exophoric, and the angle of phoria varied between -12 PD and -18 PD until he reached 7 years of age. During this period, he was able to attain 6° to 10° of sensory fusion on the 4-dot test, and the anisometropia was ≤ 0.25 D. His left eye was dominant for both distance and near fixation.

From when the patient was 8 years old, the angle of strabismus increased and eye alignment became constant XT. He fixated far objects with his emmetropic right eye and near objects with his myopic left eye. Sensory fusion was not detected. The anisometropia was 1 D when the patient was 8 years old and 3.75 D when he was 13 years old. The anisometropia increased almost linearly with increasing age. The patient's compliance in wearing glasses during this period was poor.

When the patient was 13 years old, a second surgery for the XT was performed; the angle of strabismus was reduced from -40 to -20 PD, and the patient regained 10° of sensory fusion by wearing disposable soft contact lenses. However, the degree of anisometropia continued to increase after the second surgery (Fig. 5).

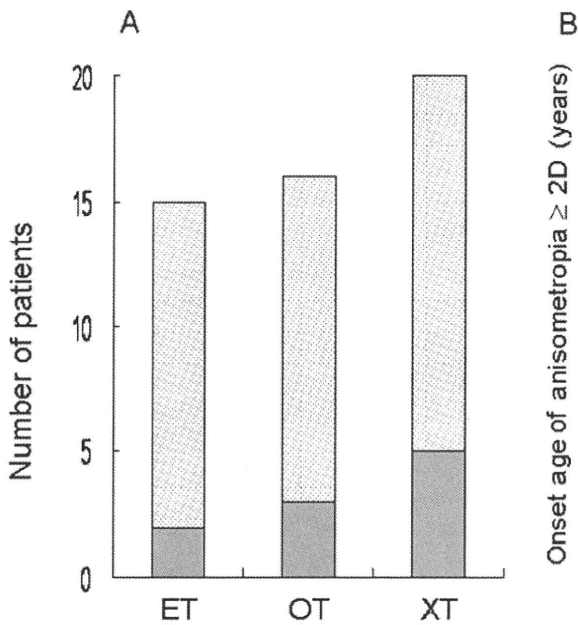


Figure 3A, B. Incidence (A) and onset age (B) of anisometropia. A The number of patients who developed anisometropia (\square) was not different among the esotropia (ET), orthotropia (OT), and exotropia (XT) groups. The \square show the number of patients who did not develop anisometropia ≥ 2 D. B Age of onset of anisometropia (≥ 2 D) in the ET, OT, and XT groups; anisometropia developed after the patients reached the age of 7 years.

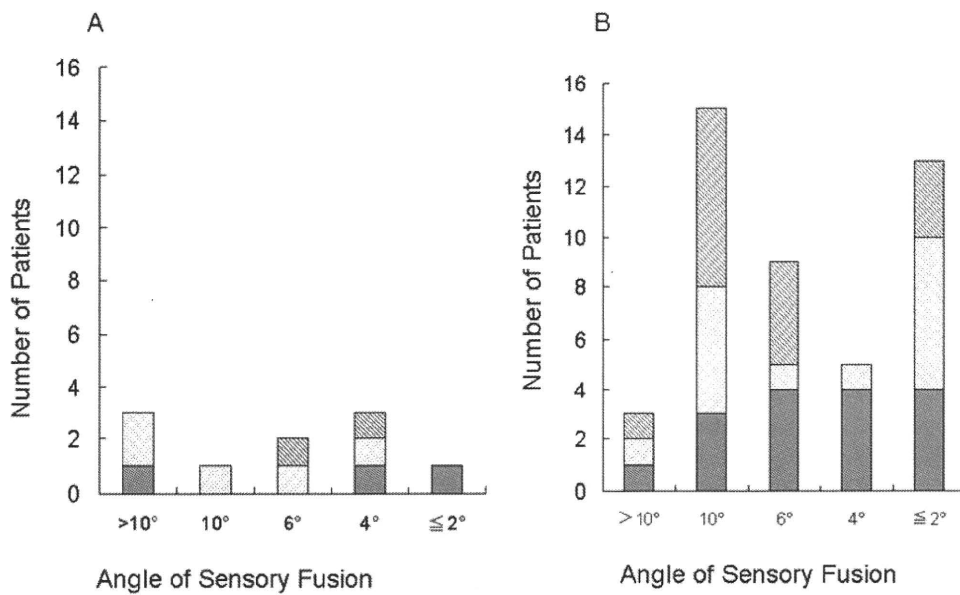


Figure 4. Distribution of the degree of sensory fusion by the 4-dot test in the anisometropia (≥ 2 D) (A) and the nonanisometropia (< 2 D) groups (B). \square , OT; \square , XT; \square , ET.

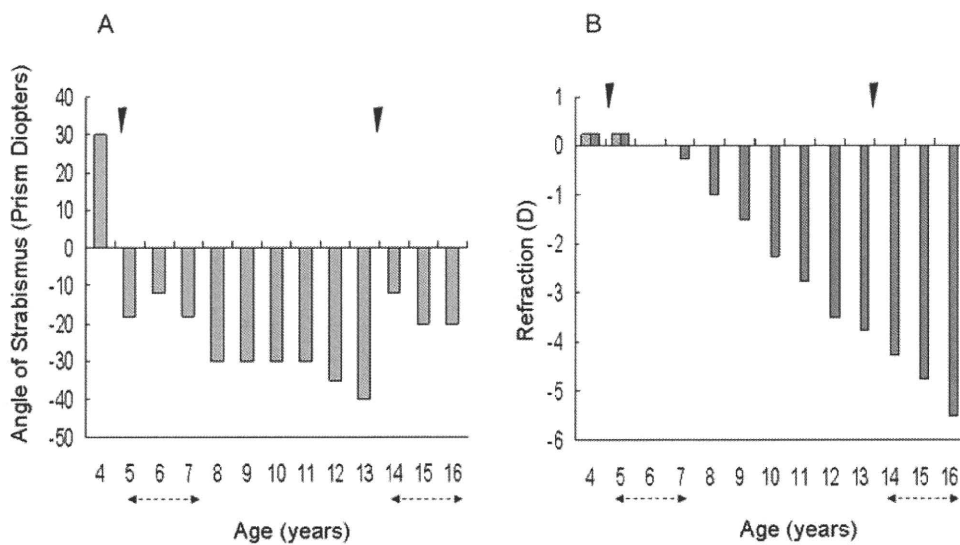


Figure 5A, B. Representative case of anisometropia that developed after strabismus surgery. **A** Change in the angle of strabismus. **B** Change in refraction (spherical equivalent) in the right (hatched) and left (grey) eyes. The arrowheads indicate the timing of strabismus surgery, and the double-headed arrows indicate periods in which sensory fusion was observed.

Discussion

Our longitudinal study showed that the average degree of anisometropia increased significantly with age in the patients after strabismus surgery (Fig. 1). These findings are consistent with the results of cross-sectional studies indicating that the prevalence of anisometropia increases with age.¹⁻⁴ Only a few reports exist regarding the age at which anisometropia develops in the normal population. In Taiwan, a cross-sectional study of schoolchildren ($n = 10878$) showed that the average degree of anisometropia increases almost linearly with age from 0.2 D at 7 years to 0.6 D at 16 years.⁴

In our five patients with constant exotropia,⁵ the development of significant myopic anisometropia was observed when they were between 6 and 12 years of age. In this study

of ET patients, anisometropia (≥ 2 D) developed after the patients were 7 years of age in all cases (Fig. 3), suggesting that anisometropia may develop in school-age children, at least in those with strabismus.

The development of anisometropia was not dependent on the type of postoperative tropia, but central fusion was poor in patients with anisometropia (Fig. 4), suggesting that good sensory fusion may prevent the development of anisometropia.

In the ten patients with postoperative anisometropia (≥ 2 D), the dominant eye for near viewing was the more myopic eye, while the dominant eye for distance was the less myopic eye in three patients (30%). Hendricks et al.² reported that the dominant eye was the more myopic eye in participants in their study with anisometropia ≥ 1.75 D.

The discrepancy between their findings and ours may be explained by the fact that patients with strabismus with poor sensory fusion tend to suppress the input of the non-fixating eye and can change the dominant eye between distance and near fixation. The patient reported here is a good example of this; he fixated distant objects with his emmetropic eye and near objects with his more myopic eye, beginning at age 8, when sensory fusion was interrupted and the angle of strabismus increased.

We did not examine the mechanism of the increase in myopia in the more myopic eye, but we suggest the blur theory⁹ as a possible explanation. The boy was unwilling to wear spectacles because he was comfortable with monovision.¹⁰ In this situation, the retinal image of the more myopic left eye was always blurred when he fixated on far objects with his emmetropic right eye. Although the retinal image was focused in the right eye when he fixated on near objects, this young boy may have spent less time overall viewing near objects than far objects.

The blurred retinal image of the nondominant eye for distance would make sensory fusion more difficult,¹¹ which would in turn make proper eye alignment more difficult. Therefore, we recommend that parents of children with anisometropia and strabismus be instructed that their children should wear corrective glasses whenever possible.

Acknowledgments. This study was supported by a Health Sciences Grant from the Ministry of Health, Labour, and Welfare of Japan (H16-Sensory-001) and by a grant from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (C-2-16591752) (TF).

References

1. Cheng CY, Yen MY, Lin HY, Hsia WW, Hsu WM. Association of ocular dominance and anisometropic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:2856–2860.
2. Hendricks TJW, de Brabander J, Vankan-Hendricks MHP, van der Horst FG, Hendrikse F, Knottnerus JA. Prevalence of habitual refractive errors and anisometropia among Dutch schoolchildren and hospital employees. *Acta Ophthalmol* 2009;87:538–543.
3. Qin XJ, Margrain TH, To CH, Bromham N, Guggenheim JA. Anisometropia is independently associated with both spherical and cylindrical ametropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4024–4031.
4. Shih YF, Hsiao CH, Wen SH, Lin LL, Chen CJ, Hung PT. Prevalence of anisometropia in Taiwanese schoolchildren. *J Formos Med Assoc* 2005;104:412–417.
5. Fujikado T, Kazuo K, Tano Y. Anisometropia in patients with exotropia [in Japanese]. *Jpn J Vis Sci* 1993;14:31–34.
6. Birch EE, Stager DR Sr. Long-term motor and sensory outcomes after early surgery for infantile esotropia. *J AAPOS* 2006;10:409–413.
7. Simonsz HJ, Kolling GH, Unnebrink K. Final report of the early vs. late infantile strabismus surgery study (ELISSS), a controlled, prospective, multicenter study. *Strabismus* 2005;13:169–199.
8. Fujikado T, Matsuda I, Hosohata J, Ohmi G. A development of a new four-dot test to assess suppression scotoma without glasses. In: Lennerstrand G, editor. *Advances in strabismology*. Buren, The Netherlands: Aeolus Press; 2000. p. 65–68.
9. Goss DA, Wickham MG. Retinal-image mediated ocular growth as a mechanism for juvenile onset myopia and for emmetropization. A literature review. *Doc Ophthalmol* 1995;90:341–375.
10. Jain S, Arora I, Azar DT. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 1996;40:491–499.
11. Brooks SE, Johnson D, Fischer N. Anisometropia and binocularity. *Ophthalmology* 1996;103:1139–1143.

LABORATORY INVESTIGATION

Comparing Retinal Reflectance Changes Elicited by Transcorneal Electrical Retinal Stimulation with Those of Optic Chiasma Stimulation in Cats

T. Mihashi¹, Y. Okawa², T. Miyoshi³, Y. Kitaguchi², Y. Hirohara¹,
and Takashi Fujikado²

1

¹Topcon Research Institute, Itabashi, Japan; ²Applied Visual Science, Osaka University Graduate School of Medicine, Suita, Japan; ³Physiology, Osaka University Graduate School of Medicine, Suita, Japan

Abstract

Purpose: To compare retinal reflectance changes (RCs) elicited by transcorneal electrical stimulation (TES) to those elicited by electrical stimulation of the optic chiasma (OX).

Methods: Two eyes of two cats were studied under general anesthesia. Biphasic electrical pulses at 20 Hz were applied for 5 ms in TES, and monophasic pulses were applied for 50 μ s at 100 Hz in OX stimulation. Fundus images observed with near-infrared light (800–880 nm) were recorded every 25 ms for 26 s, beginning 2 s before and ending 20 s after the electrical stimulation. To improve the signal-to-noise ratio, the images of ten consecutive recordings were averaged. Two-dimensional topographic maps of the RCs were constructed by subtracting images before the stimulation from those after the stimulation. The electrically evoked potentials (EEPs) were recorded at the OX. The effect of an intravitreal injection of tetrodotoxin (TTX) on the RCs elicited by electrical stimulation was also determined.

Results: After electrical stimulation, RCs were observed at the optic disc, retinal arteries, and retinal veins. The two-dimensional maps of the RCs elicited by both TES and OX stimulation were similar. The latency of the RCs ranged from 2.0 to 4.0 s, and the peak occurred 6 to 9 s after the onset of the ES. The intensity of the RCs was correlated with the amplitude of EEP elicited by TES stimulation. The RCs disappeared after the TTX injection in both TES and OX stimulation.

Conclusions: TES activates principally the retinal ganglion cells, and a change in the blood flow is initiated thereafter. *Jpn J Ophthalmol* 2011;55:■■-■■ © Japanese Ophthalmological Society 2011

Keywords: intrinsic signal, optical imaging, reflectance change, retina, transcorneal electrical stimulation

Introduction

Transcorneal electrical stimulation (TES) can elicit electrical phosphenes and visual cortical potentials. These responses can be used to evaluate the function of the inner retina in diseased eyes in which photoreceptors are damaged, such as in retinitis pigmentosa.^{1,2} The evaluation

is important because it provides information as to whether a patient is a suitable candidate for a retinal prosthesis.³⁻⁵

TES can be used to evaluate the function of the residual retinal ganglion cells (RGCs).⁶ Transscleral electrical stimulation and transcutaneous electrical stimulation have both been used to determine whether the residual RGCs are functional.^{7,8}

TES also has a neuroprotective effect on RGCs.⁹ Immunohistochemical data suggest that TES induces secretion of insulin-like growth factor 1 (IGF-1) from Mueller cells, and that IGF-1 is involved in neuroprotection.⁹ TES may activate the functional connections of the axons of RGCs.¹⁰ However, which retinal cells are activated by TES is still unclear.

Received: February 10, 2010 / Accepted: September 11, 2010

Correspondence and reprint requests to: Takashi Fujikado, Department of Applied Visual Science, Osaka University Graduate School of Medicine, 2-2 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan
e-mail: fujikado@ophthal.med.osaka-u.ac.jp