

図1 Goldmann 視野検査所見
a: 左眼, b: 右眼。初診時に両眼とも中心暗点を認めた。

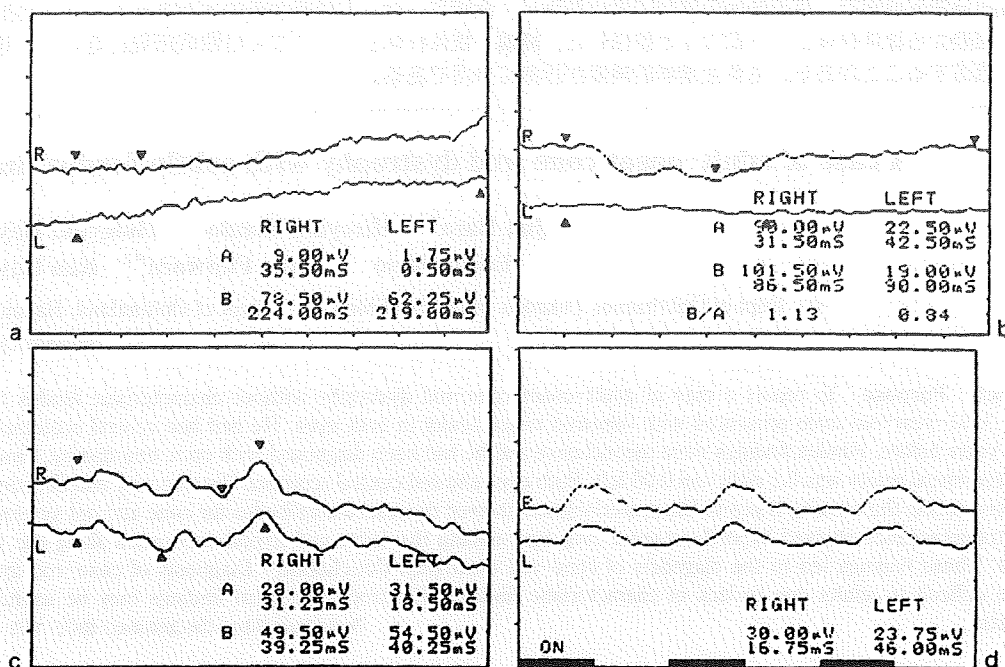


図2 杆体錐体分離網膜電図所見
a: 杆体網膜電図 (ERG), b: フラッシュ ERG, c: 錐体 ERG, d: フリッカ ERG。杆体系 (a, b) は振幅がほぼ消失し, 錐体系 (c, d) は振幅の低下を認めた。

既往歴: 肺扁平上皮癌 (2003年)

家族歴: 特記すべきことはない。

現病歴: 1998年から両眼の視力低下を自覚し, 他院で視神経萎縮と診断され, 治療は受けなかった。その後, 症状が増悪したため, 2000年2月に当科を初診した。

初診時所見: 視力は右 (0.1 \times -2.75D \odot cyl -1.00D 90°), 左 (0.06 \times -2.75D \odot cyl -0.75D 90°), 眼圧は両眼とも正常であった。前眼部, 中

間透光体に異常はなく, 眼底にも明らかな異常はなかったが, 中心窩反射は不明瞭であった。中心フリッカ値は右 33 Hz, 左 21 Hz と若干低下していた。Goldmann 視野検査では両眼ともに中心暗点を認めた (図1)。蛍光眼底造影検査を行ったところ, 気分不良を起し検査を中止した。フラッシュ網膜電図 (electroretinogram: 以下, ERG) では a 波と b 波の減弱があった。

経過: 眼底に明らかな異常がみられなかったも

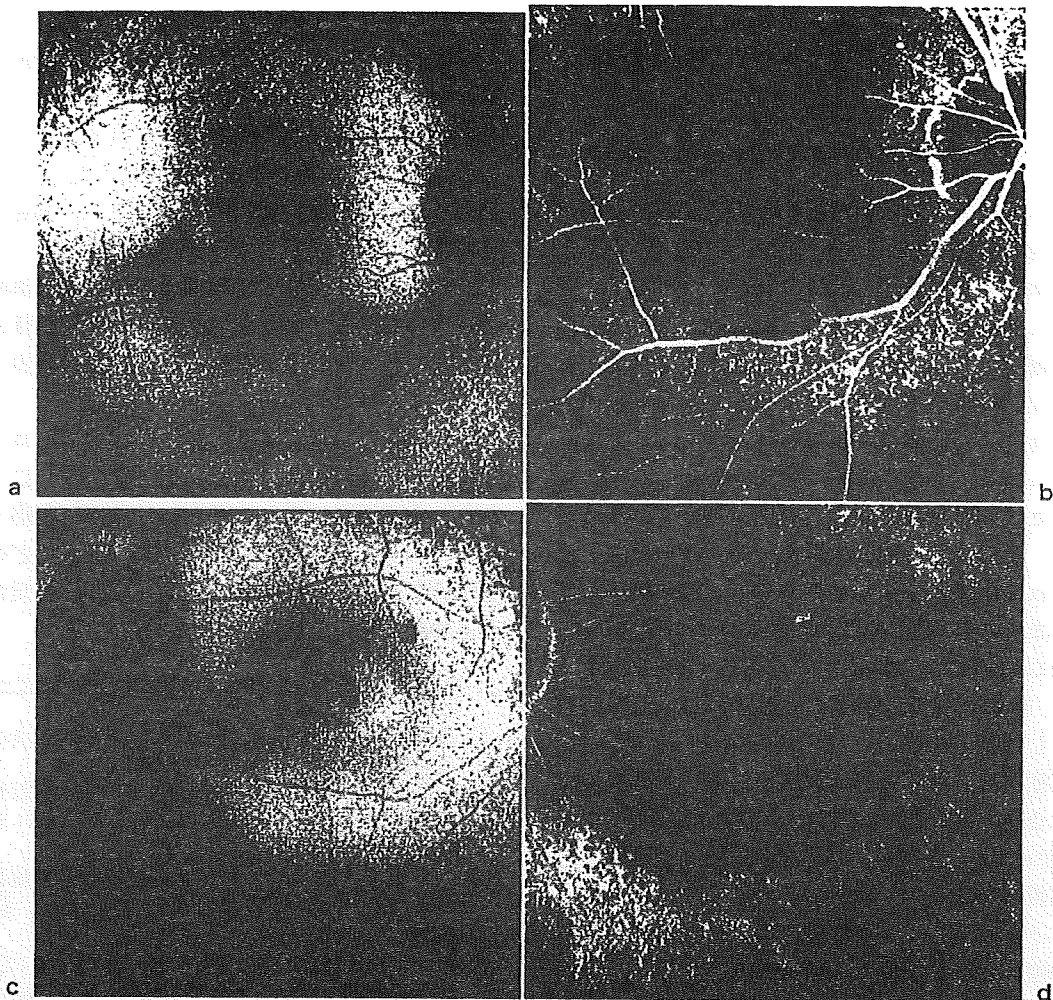


図3 眼底自発蛍光と蛍光眼底造影検査所見の対比
 a, b: 右眼, c, d: 左眼。両眼とも眼底自発蛍光 (a, c) では黄斑周囲に環状の蛍光増強を示した。また, 蛍光眼底造影 (b, d) のアーケード血管に沿った window defect に一致し, 眼底自発蛍光では低蛍光を示した。

の、フラッシュ ERG での異常所見から非定型網膜色素変性症と診断し、2000年3月～2004年1月までヘレニエン (1,500 $\mu\text{g}/\text{日}$) の投与を受けた。2003年10月には矯正視力は右 0.09, 左 0.03 とさらに低下した。Goldmann 視野検査では両眼ともに中心暗点の拡大がみられた。同年10月8日の杆体錐体分離 ERG では、杆体 ERG, フラッシュ ERG では振幅が消失し、錐体 ERG, フリッカ ERG で振幅の低下を認めた (図2)。また、OCT3000 による黄斑部の光干渉断層像で著変はみられなかった。これらの所見から錐体杆体ジストロフィと診断した。

2008年にハイデルベルグ社製の HRA2 を用いて眼底自発蛍光検査を行った。両眼とも血管アーケードに沿って低蛍光であり、黄斑部は環状の蛍光増強がみられた。左眼には黄斑中心に過蛍光の所見を認めた (図3)。同時に蛍光眼底造影検査を行ったところ、両眼とも眼底自発蛍光検査での低蛍光領域に一致して window defect を認め、黄斑部は正常であった。最終矯正視力は右 0.07, 左 0.01 であった。

2003年12月13日に肺の扁平上皮癌がみつかり、同年12月26日に左肺全摘術、リンパ節郭清を施行されていた。このため、癌関連網膜症の可

能性も考えたが、その後5年の経過では肺癌の再発や転移はない。血清抗リカバリン抗体は陰性であった。

二 考 按

錐体ジストロフィは遺伝性の疾患であり、進行性の視力障害に加え、中心暗点、羞明、色覚異常を特徴とする。発症年齢はさまざまであるが、若年者に初発する症例が多い。眼底像として標的黄斑萎縮病巣を呈することがあり診断上有用であるが、症例によってはまったく正常な眼底を示すものもある^{2,3)}。杆体系の視機能は正常であるという報告もあるが、後年杆体系異常を併発したり、錐体系と杆体系の視機能が同時期に障害される例もあり、このような症例は錐体杆体ジストロフィと呼ばれて区別されることもある^{2,4)}。遺伝形式もさまざまであり、現在多数の原因遺伝子が報告され、多様な原因による疾患であることが知られている⁵⁾。家族歴が明らかでないことが多いが、孤発例もしばしばみられる。

本症例は、発症当初は眼底が正常なため視神経疾患を疑われ、のちにERGの異常から網膜変性が疑われた。その後、進行性の視力・視野異常、杆体錐体分離ERG所見などから錐体杆体ジストロフィと診断した。本症例のように壮年期に比較的急性に症状が出現し、眼底異常に乏しく、家族歴がないと、正確に診断することは容易ではない。また、本症例では発症当初に蛍光眼底造影検査ができなかったことも診断が遅れた理由である。

最近になり、さまざまな眼底疾患に対する眼底自発蛍光検査の有用性が報告されている。眼底自発蛍光は視細胞内の代謝産物であるリポフスチンに由来し、加齢黄斑変性や中心性漿液性網脈絡膜症などの多くの黄斑疾患で特徴的な異常所見を呈する⁶⁾。錐体ジストロフィでは眼底自発蛍光により黄斑部での過蛍光や低蛍光を示すことが知られ、また正常領域との境界部に円形の輪状の過蛍光を示すことがあり、他疾患との鑑別に有用である⁶⁾。本症例でも黄斑部の輪状過蛍光がみられ、

錐体ジストロフィの診断の根拠となった。

本症例は経過中に肺癌が見つかり、癌関連網膜症も疑った^{7,8)}。癌関連網膜症を示唆する所見として網膜色素変性症様の眼底変化を呈することが知られ、錐体ジストロフィ様の眼所見のこともある。さらに、患者が比較的高齢であること、肺癌の発見に先行した眼症状などが知られている⁷⁾。しかし、本症例は初発から5年経過後に肺癌の診断を受けていること、また血清抗リカバリン抗体が検出されなかったことから癌関連網膜症の経過とは合致しなかった⁹⁾。

本症例にみられたように錐体杆体ジストロフィでは壮年に比較的急激に視力低下をきたすことがあり、眼底所見に乏しい場合には診断に苦慮することがある。本疾患を念頭におきERGなどの検査を考慮することが重要であり、眼底自発蛍光検査も診断に有用であると思われる。

三 文 献

- 1) 近藤峰生：原因不明の視力低下への対処。あたらしい眼科 24：1577-1583, 2007
- 2) 三宅養三・市川一夫・徳田浩子・他：進行性錐体杆体ジストロフィの臨床特性。臨眼 36：323-329, 1982
- 3) 飯島裕幸：錐体ジストロフィ症候群。大庭紀雄(編)：遺伝性眼疾患。201-215, 金原出版, 東京, 1987
- 4) Szlyk JP, Fishman GA, Alexander KR et al：Clinical subtypes of cone-rod dystrophy. Arch Ophthalmol 111：781-788, 1993
- 5) 中村 誠：Cone dystrophy. 眼科 49：1057-1072, 2007
- 6) Schmitz-Valckenberg S, Holtz FG, Bird AC et al：Fundus autofluorescence imaging. Retina 28：385-409, 2008
- 7) 大原 進・坂本泰二・右田雅義・他：悪性腫瘍に伴う網膜症(cancer associated retinopathy)と思われる2例。臨眼 46：850-851, 1992
- 8) Sawyer RA, Selhorst JB, Zimmerman LE et al：Blindness caused by photoreceptor degeneration as a remote effect of cancer. Am J Ophthalmol 81：606-613, 1976
- 9) 横井由美子・大黒 浩・大黒幾代・他：癌関連網膜症の血清診断。あたらしい眼科 21：987-990, 2004



MRIの撮像法

MRI protocol for orbital region

西田保裕¹⁾

Yasuhito Nishida¹⁾

【要約】 眼窩内組織、特に外眼筋の観察に適したMRIの撮像条件を検討した。正常成人被検者に対して、1.5テスラ超電導MRIであるPHILIPS社製Achieva 1.5T NOVA DUALを用いて撮像した。検討項目は撮像方法、スライス方向、撮像範囲、マトリックス数、スライス厚、加算回数、受信コイルの7項目である。撮像方法ではスピンエコー法のT1、T2強調画像が適切で、T2強調画像は形態だけでなく、炎症の把握にも有用な撮像法である。スライス方向では冠状断は必須で、観察したい外眼筋に応じて、軸位断、矢状断を撮像する。良好な解像度の外眼筋像を得るには、撮像範囲field of viewは120～150mm、マトリックス数256×256、スライス厚は1.5～3.0mmでの設定が適切である。加算回数はsignal/noise比と撮像時間を考慮して2～4回が適切である。受信コイルはヘッドコイルの使用で通常の撮像は可能である。各施設に応じた条件の設定には眼科と放射線科の共同での検討が理想である。

【キーワード】 MRI、眼窩、外眼筋、撮像条件

緒言

1980年後半にMRIが我が国に導入されて以来、機器と撮像法の進歩により、MRIは眼科領域でも主要な画像診断法として定着している。しかし、眼科領域の疾患にMRIを行う際には、検査をオーダーする眼科側と実施する放射線科側の問題により、情報の乏しい画像になってしまうことをしばしば経験する。眼科側では、MRI自体が脳神経外科や神経内科のように汎用検査ではないため、具体的な条件を提示したオーダーができないことが多い。一方、放射線科側では他科領域の疾患と比較して、眼科領域の疾患は馴染みが薄く、適切な撮像プロトコルを作成していないのがほとんどである。このような問題

を解決しない以上、高性能のMRI装置の利点を眼科領域で発揮することは困難である。

以上のような問題を解決し、適切な画像を獲得するには、疑う疾患と観察領域を明確にするのはもちろんのこと、目的にあった撮像条件を決定する必要がある¹⁾。本論文では眼窩内の外眼筋観察に適したMRIの撮像プロトコルを検討した。

撮像プロトコルの主要項目

プロトコルの中で眼科医が押さえておくべき主要条件²⁾を表1に示す。病変の形態や性状の観察に応じて撮像方法は異なり、病変の観察方向に応じてスライス方向を決定しなければならない。病変観察の詳細度に応じて、撮像範囲、マトリックス数、スライス厚も決定する必要がある。その他、加算回数や使用する受信コイルも検討しなければならない。本論文では、各項目ごとに複数の条件でMRIを撮像し、その画像を比較することにより外眼筋観察に適した眼窩MRIプロトコルを検討した。

¹⁾ 東京医科大学眼科 Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science

●要約請求先: ISSN 2192-5202 発行社: 日本神経学会
東京医科大学眼科 西田保裕

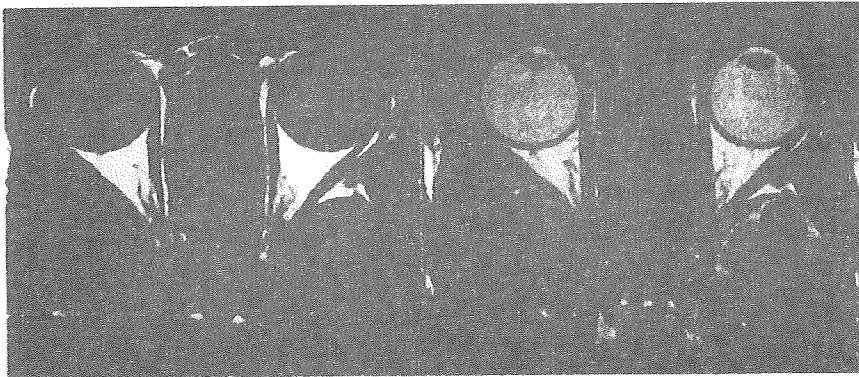


図1 スピンエコー法
左がT1強調画像、右がT2強調画像

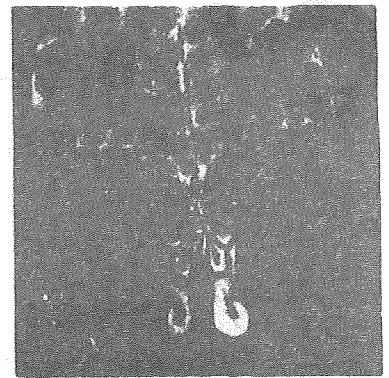


図2 STIR(short TI inversion recovery)法

対象と装置

正常成人被検者1名を用いて、各項目ごとにMRIを撮像した。使用したMRI装置は臨床用の1.5テスラ超電導MRIであるPHILIPS社製Achieva 1.5T NOVA DUALである。

検討項目

1. 撮像方法

眼窩内組織の形態観察の基本的な撮像方法は、現在もスピンエコー法である。図1はスピンエコー法によるT1強調画像とT2強調画像を示す。いずれも、高信号の眼窩脂肪の中に、低～中等度信号の外眼筋が明瞭に描出されている。T2強調画像は水を含む組織が高信号となるため、外眼筋の浮腫でも信号強度は亢進し、炎症の評価にも有用である。

一方、高速撮像法は短時間に薄切スライスを得ることができるため、脳組織の観察にも用いられているが、外眼筋の観察にはコントラストが低いことやケミカルシフトによるアーティファクトなどが原因のために、適していない。

図2はSTIR(short TI inversion recovery)法による眼窩像である。この撮像法は脂肪組織の信号を抑制して、他の組織の炎症による信号強度の上昇を強調する脂肪抑制画像の一つである。甲状腺眼症や外眼筋炎など、外眼筋の炎症が予想される場合には有用な撮像方法である。

2 スライス方向

スライス方向は病変の部位や形態によって選択すべき

表1 MRIで決定すべき主要条件

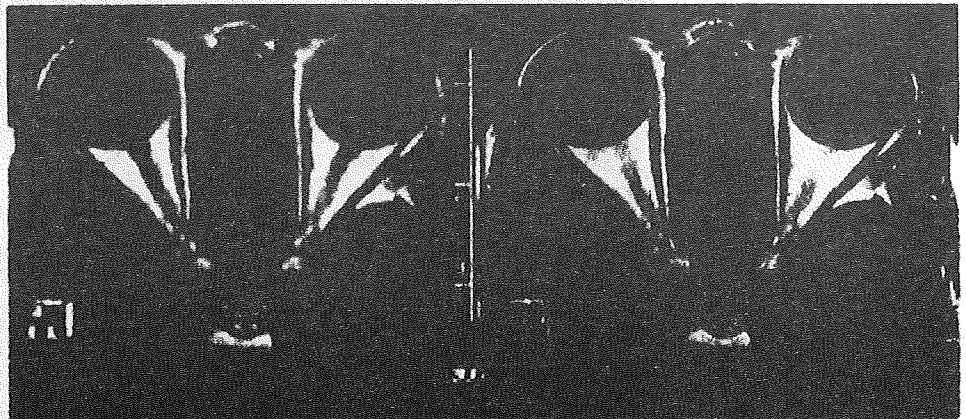
1. 病変の形態や正常に応じて
撮像方法の決定
2. 病変の観察方向に応じて
スライス方向の決定
3. 病変観察の詳細度に応じて
撮像組数、マトリックス数、スライス厚の決定
4. その他
加算回数、使用するコイルの決定

条件である。図3に代表的な3つのスライスである軸位断axial slice、冠状断coronal slice、矢状断(sagittal slice)を示す。このスライス決定が、撮像条件の中でも最も重要である。不適切なスライス設定は病変の見落としにもつながる。軸位断は最も見慣れたスライスで、水平筋の走行を観察するのに適している。軸位断の設定は左右の眼窩が同じレベルになるよう厳密に設定することが重要で、同じ写真で左右の外眼筋の比較が容易となる。冠状断は一般に見慣れている軸位断よりも多くの情報が得られる必須スライスである。すなわち、眼窩前方では下斜筋が観察でき、球後部では視神経とともにその他の外眼筋が同時に観察できる。しかも、眼窩壁が全周観察できることから、外傷による眼窩壁骨折の評価にも不可欠となる。ただし、冠状断には頭部に対するものと、眼窩軸に対するものがあるが、眼窩軸に対する冠状断で撮像すると、左右合わせて2回の撮像が必要なことと、同一画像で左右の比較ができないことより、通常は頭部方向での冠状断を選択するのが一般的である。矢状断も頭部に対する矢状断と眼窩軸に対する矢状断があるが、垂直筋は眼窩軸に一致して走行しているため眼窩軸に平行な矢状



図3 3方向スライス
左が軸位断、中央が冠状断、右が矢状断。

図4 マトリックス数での比較
左がマトリックス数 128×128、
右が256×256。



断を選択する。矢状断は上直筋、上眼瞼挙筋、下直筋の観察に有用である。

3. 撮像範囲

撮像範囲は解像度を決定する要素の一つである。MRIは正方形で撮像するため、その辺の長さであるFOV (field of view) で撮像範囲を表す。FOVの設定には同心領域の大きさを考慮する必要がある。必要以上に大きなFOVは画像の空間分解能を著しく低下させる。ただし、FOVを極端に小さくすると計算上の空間分解能は向上するが、信号強度の低下によりS/N (signal/noise) 比も低下し、ざらついた画像となる。図3はFOV 120mmの画像である。眼窩の大きさや体格を考慮すると、眼窩内の外眼筋観察に適するFOVは120～150mm程度が適切であると考えられる。

4. マトリックス数

マトリックス数は画像を構成している画素の縦と横の数で表し、FOVと共に解像度を決定する要素となる。図4はいずれもFOV 120mmでマトリックス数はそれぞれ

れ128×128と256×256のMRIである。FOVをマトリックスで除すと、解像度を求めることができる。マトリックス数128×128の解像度は約1mm、256×256では約0.5mmとなる。マトリックス数128×128では、解像度が低いため眼窩組織の輪郭がぼやけている。明瞭な眼窩像を得るためには256×256程度のマトリックス数が必要である。また、必要に応じて512×512のマトリックス数の設定による高分解能画像も有用であるが、撮像時間は延長する。

5. スライス厚

スライス厚は画像の垂直方向に対する空間分解能を決定する。図5はスライス厚0.5、1.5、2.5、5.0mmのMRIである。スライスを薄くすると、垂直方向の空間分解能は数値的には向上するが、0.5mmのような極端な薄切スライスでは写真のように斜磁の信号強度の低下によりS/N比の低い画像となる。また、同心領域を多数のスライスでカバーしなければならず撮像時間も延長する。方、スライスを厚くすると、組織の信号強度の上昇と

図5 スライス厚での比較
 左上がスライス厚0.5mm、左下が
 1.5mm、右上が2.5mm、右下が
 5.0mm。

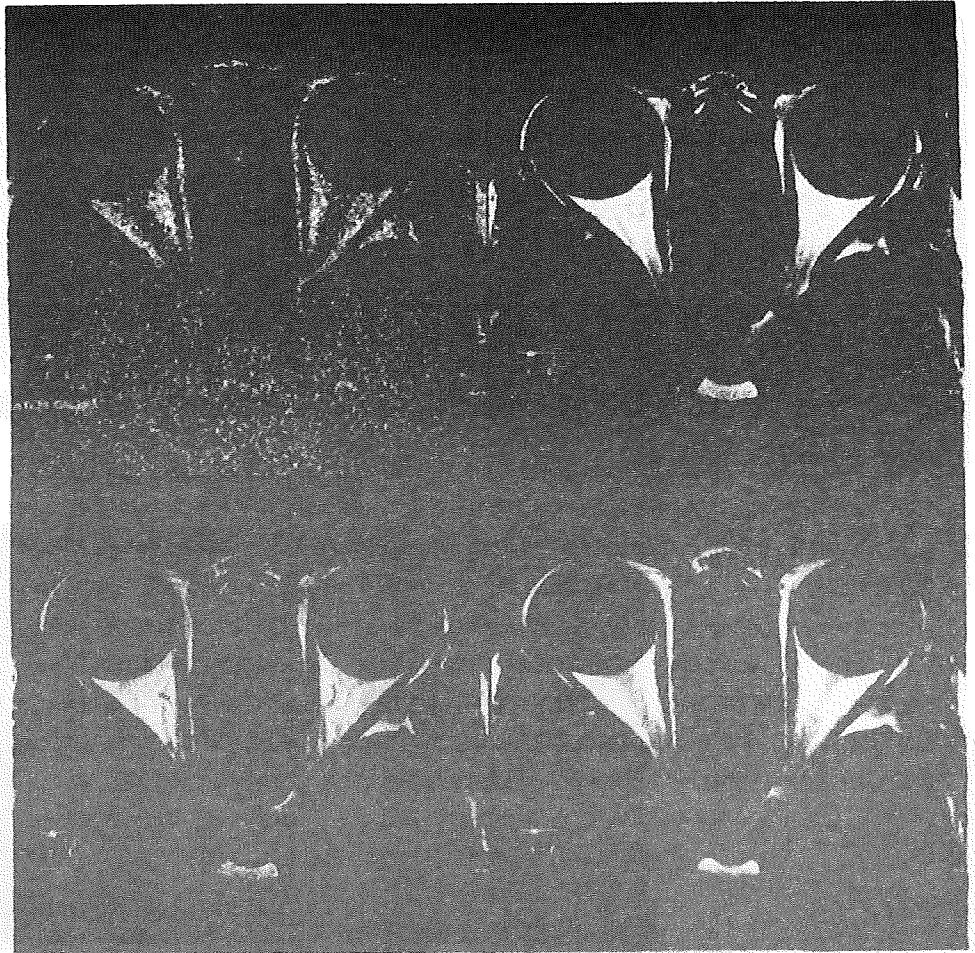
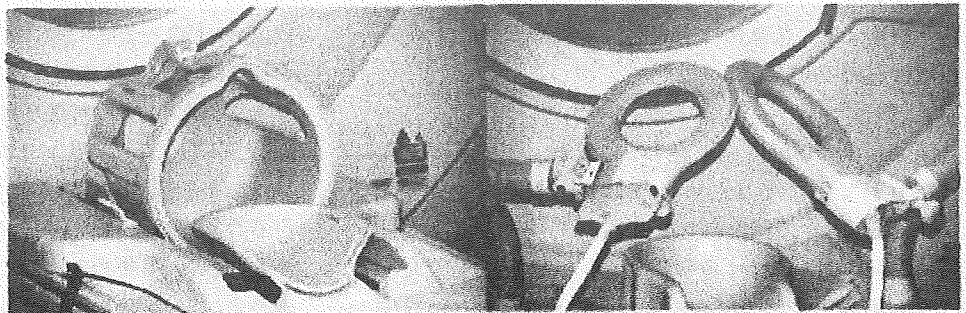


図6 受信コイル
 左がヘッドコイル、右がリーフェー
 スコイル



もにS/N比も向上する。ただし、5.0mmのような厚いスライスを設定すると、partial volume effectの問題が生じる。partial volume effectとは小さい組織に対して、厚いスライスを設定すると、組織の信号が厚いスライスの中にマスクされて反映されず、忠実な組織再現ができなくなる影響をいう。S/N比、partial volume effectを考慮すると、外眼前の観察には、スライス厚1.5～3.0mm程度の設定が望ましいと考ええる。

6. 加算回数

加算回数とは同じ部位から信号を受信する回数で、加算回数が増加すれば画質も向上し、S/N比は加算回数の平方根に比例する。ただし、撮像時間も加算回数に比例する。両者の要素を考慮すると加算回数は2～4回の範囲で設定すればよいと考える。

7. 受信コイル

MRIの信号受信コイルは、撮像部位によって様々な種

類が開発されている。眼窩を含む頭部では、図6で示す頭部を円筒状のコイル内に入れて撮像するヘッドコイルや、眼前に円形のコイルを装着する頭部サーフェスコイルがある。ヘッドコイルは頭部全体をカバーするため、撮像領域の信号は均一になるが、サーフェスコイルでは表面の信号検出効率は良好な反面、深部は不良となり、コイルからの距離が大きくなるにつれて信号は徐々に減衰していく。10年以内に導入された比較的新しい静磁場強度1.5テスラ以上の装置では、ヘッドコイルの受信効率が向上し、通常の撮像法なら、設置も容易で汎用されているヘッドコイルの使用で十分である。ただし、眼窩組織など眼窩前部に絞った観察の場合は、サーフェスコイルが有用であると考えられる。

おわりに

眼窩組織、特に外眼筋のMRIを実施する具体的条件について検討してきたが、CTを含め、最良の画像を得る近道は、眼科医自ら放射線科に足を運び、放射線科の

スタッフと眼窩に特化した撮像プロトコルを十分検討すべきである。眼科側は「どのような画像を観察したいか」はわかっているが「具体的な条件設定」は行えず、放射線科側では「具体的な条件設定」は行えても、「どのような画像を撮るべきか」ということがわからない。両科で共同検討することで、上記のような疑問や問題は解決され、同じ目的意識で画像診断が可能となる。そして、各施設のMRI装置に応じた最適な撮像プロトコルを構築することが理想である。

文献

- 1) 西田保裕, 井瀬隆太, 他: MRI, CTの適応と評価. 眼科 52(増刊): 37-41, 1998.
- 2) 西田保裕: 眼窩の画像診断. 山本 節(編): 小児眼科・救急の最新編. 金原出版, 東京, 90-96, 2003.
- 3) 西田保裕: オーダー条件設定の基本方針. 根木 昭(編): 眼科プラクティス5. これならわかる神経眼科. 文光堂, 東京, 108-111, 2005.
- 4) 山田孝生: 眼窩の正常画像. 根木 昭(編): 眼科プラクティス5. これならわかる神経眼科. 文光堂, 東京, 112-116, 2005.

片眼の強度近視性斜視のMRI所見と術中外眼筋所見

中島智子 西田保裕 村木早苗 大路正人

滋賀医科大学眼科学講座

Clinical Findings in a Case of Monocular Acquired Esotropia with High Myopia

Tomoko Nakashima, Yasuhiro Nishida, Sanae Muraki and Masahito Ohji

Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science

58歳、女性。左眼に60Dの内斜視と14Dの下斜視を呈し、眼球運動制限を認めた。右眼の眼軸長は23.7mmに対し、左眼の眼軸長は31.2mmであった。眼窩MRI(磁気共鳴画像)では、右眼に比べ、左眼球後極部は上耳側の筋口縁外に脱臼し、左上直筋は鼻側へ、左外直筋は下方へ偏位していた。左眼に横山法を実施した術中、外直筋は39°下方を、上直筋は25°鼻側を走行していた。術後MRIでは、左眼球後極部の脱臼とともに、上直筋と外直筋の偏位は改善していた。眼位も6Dの内斜視と4Dの下斜視に改善した。本症例は横山が提唱した強度近視性斜視の発症機序を支持するものであり、また、横山法の有用性を再確認した。

A 58-year-old female had 60 prism diopters (PD) of esotropia and 14 PD of hypotropia with restricted ocular motility in her left eye. The left axial length was 31.2 mm, whereas the right axial length was 23.7 mm. Magnetic resonance imaging (MRI) demonstrated superotemporal dislocation of the left posterior globe from the muscle cone, with shifts of the left superior rectus muscle (SR) nasally and the left lateral rectus muscle (LR) inferiorly. The Yokoyama procedure was performed on the eye. Intraoperatively, the LR belly was running 39 degrees inferiorly, and the SR was running 25 degrees nasally. Postoperative MRI demonstrated that the left posterior globe dislocation and the muscle shifts were improved. Eye position improved to 6 PD of esotropia and 4 PD of hypotropia. These clinical findings support Yokoyama's proposed etiology of acquired esotropia with high myopia, and the usefulness of the Yokoyama procedure.

[Atarashi Ganka (Journal of the Eye) 25(12) : 1697-1701, 2009]

Key words: 強度近視性斜視, 眼窩MRI, 横山法, 眼球後部脱臼, acquired esotropia with high myopia, orbital MRI, Yokoyama procedure, posterior globe dislocation.

はじめに

強度近視性斜視は、経過とともに徐々に下内斜視を呈し、上ひき、外ひき障害を合併する特殊な斜視である。進行すると著明な眼球運動制限により、固定内斜視となる。

その病態には眼軸の病的な伸長が大きく関与しており、眼窩画像診断の発達により、その病態が明確になった。1995年太田らは、眼窩X線CT・コンピュータ断層撮影検査を行い、眼軸が延長し、眼窩外圍管壁と眼球に外直筋が圧迫され、外直筋が下方偏位することを述べている。さらに、2000年Yokoyamaらは、眼窩MRI(磁気共鳴画像)により伸長した眼球後極部が外直筋と上直筋の筋口から上耳側の筋口縁外へ脱臼することを明らかにした。本所見が強度

近視性斜視の原因とされている。その後、筆者らを含む施設でも、横山の説を支持する報告¹⁾がなされている。本斜視の治療法として外直筋と上直筋の筋腹を互いに縫着する上外直筋縫着術(以下、横山法)が横山により考案され、本術式の有用性を示す報告もなされている²⁾。

今回筆者らは、片眼のみの強度近視性斜視の手術症例で、斜視眼と健眼の眼窩MRI所見の比較、斜視眼の術後のMRI所見の比較、術中の斜視眼の外眼筋の走行偏位を計測したので報告する。

I 症 例

患者 58歳 女性。

(別刷請求先) 中島智子 〒520-2192 大津市瀬田白輪町 滋賀医科大学眼科学講座

Reprint requests: Tomoko Nakashima, M.D., Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science, Seta, Tsuruga-shi, Shiga, 520-2192, JAPAN.

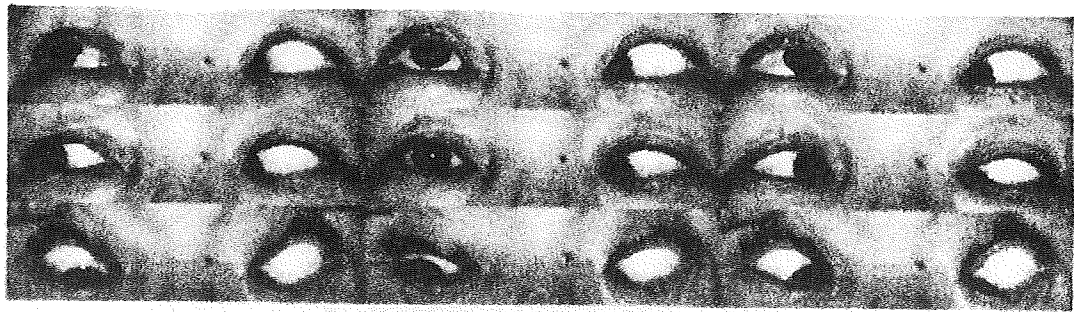


図1 術前9方向眼位写真

左眼は内下斜視の眼位で固定し、外ひき、上ひきはまったく不能であった。

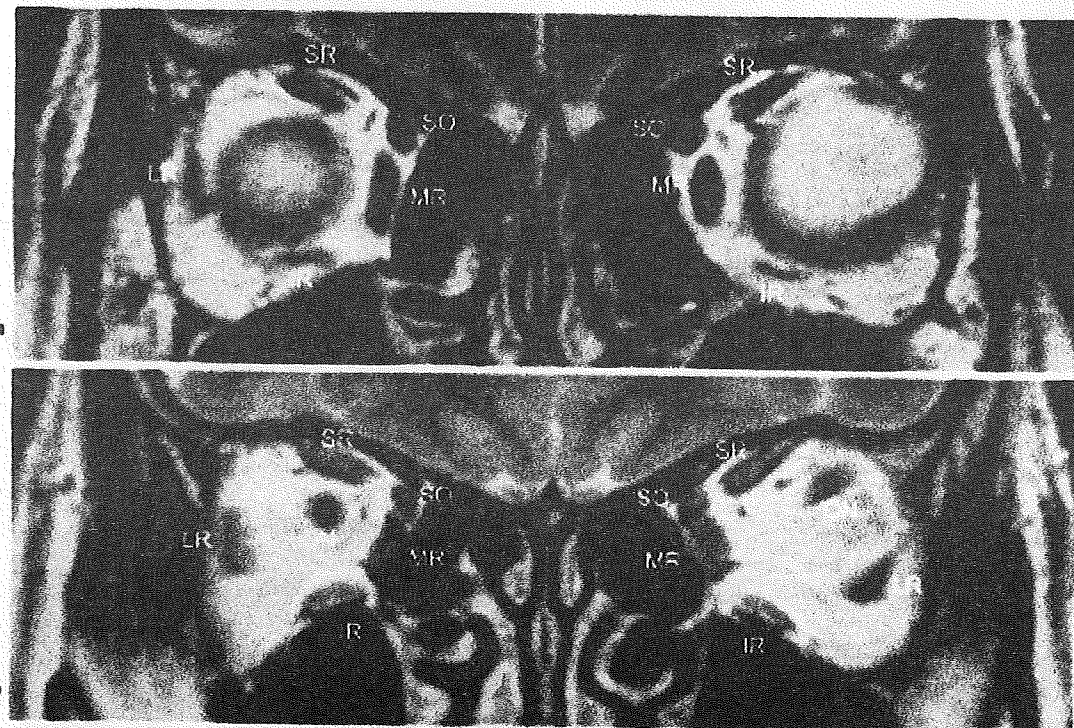


図2 術前冠状断MRI

- a: 左眼球後部が外直筋と上直筋の間から上耳側の方向に筋肉腫外へ脱臼していた。SR: 上直筋, LR: 外直筋, IR: 下直筋, MR: 内直筋, SO: 上斜筋, ON: 視神経。
- b: aよりさらに後方スライスでは、左外直筋が下方に偏位し、上直筋も鼻側に偏位していた。

初診: 2007年7月6日。

主訴: 左眼の内斜視。

既往歴: 特記すべきことなし。

家族歴: 特記すべきことなし。

現病歴: 小児期より左眼に近視があった。55歳頃より徐々に左眼の内斜視が出現し、その後外ひきも不能となった。今回眼位矯正目的で他院から当科へ紹介受診となった。

初診時所見:

視力は、VD=0.06 (15×sph-1.25D)、VS=0.03 (0.06×sph-13.0D-cyl-2.0D Ax180°)。前眼部、中間透光体に特

記すべきことなく、左眼底後極部に網膜輪状萎縮を認めた。眼位は60°の左内斜視とともに14°の左下斜視で、全方向に著しい眼球運動制限があり、眼位は内下斜視で固定し、固定内斜視の状態であった(図1)。右眼の眼球運動は正常であった。MRIの眼窩冠状断では、左眼の眼球後極部が外直筋と上直筋の間から上耳側の方向に筋肉腫外へ脱臼し、左眼の上直筋が鼻側に、外直筋が下方に偏位していた(図2)。右眼の眼球後極部と各外眼筋に明らかな異常は認められなかった。軸位断MRIでは、右眼と比較して左眼は長眼輪で内斜視を呈していた(図3)。超音波Aモードによる眼輪長計測



図3 術前軸位断MRI

右眼に比べ、左眼が内斜視とともに其傾動であった。

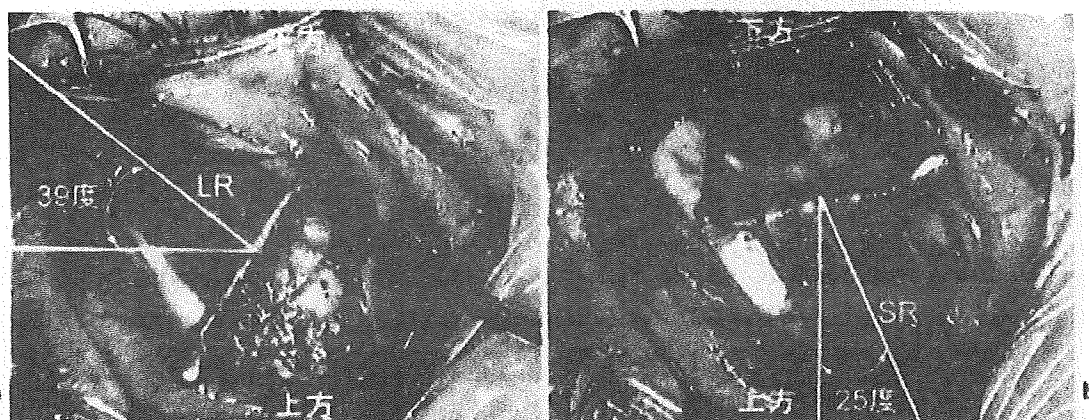


図4 術中外眼筋所見

- a: 左外直筋(LR)は著しく下方に偏位し、水平に対して39°下方を走行していた。
- b: 上直筋(SR)は垂直線に対して、25°斜位を走行していた。



図5 術後9方向眼位写真

術後左斜視に改善し、眼球運動も良好となった。

では、右眼23.7mm、左眼31.2mmであった。

経過：2007年11月12日、眼位矯正目的で全身麻酔下に横山法を左眼に実施した。外直筋の付着部から15mm後方の筋腹上縁に通糸し、斜しく上直筋の付着部から15mm後方の筋腹耳側縁にも通糸した。糸を結紮して外直筋上縁と上直筋耳側縁を互いに縫着し、上耳側の眼球後極部の視口を整復した。術中、左眼瞼の内瞼と外瞼を結んだ線を基準線として、外直筋は39°下方を走行し、上直筋は基準線に対する垂直線から25°斜位を走行していた(図4)。なお、この基準線は両眼の外瞼を結んだ顔面の水平線に対してわずか3°

反時計方向に回旋しているのみであった。

術後2カ月後、眼位は6Δの内斜視、4Δの下斜視となり、眼球運動は著しく改善し、外ひき、上ひきとも可能となった(図5)。冠状断MRIでは、左眼の上直筋、外直筋は、上耳側の眼球後極部を開くようにやや引き延ばされ、両筋の走行は改善していた。左眼球後極部の裂白は右眼に比べるとまだ残存しているものの、術前に比べ明らかに整復されていた(図6)。

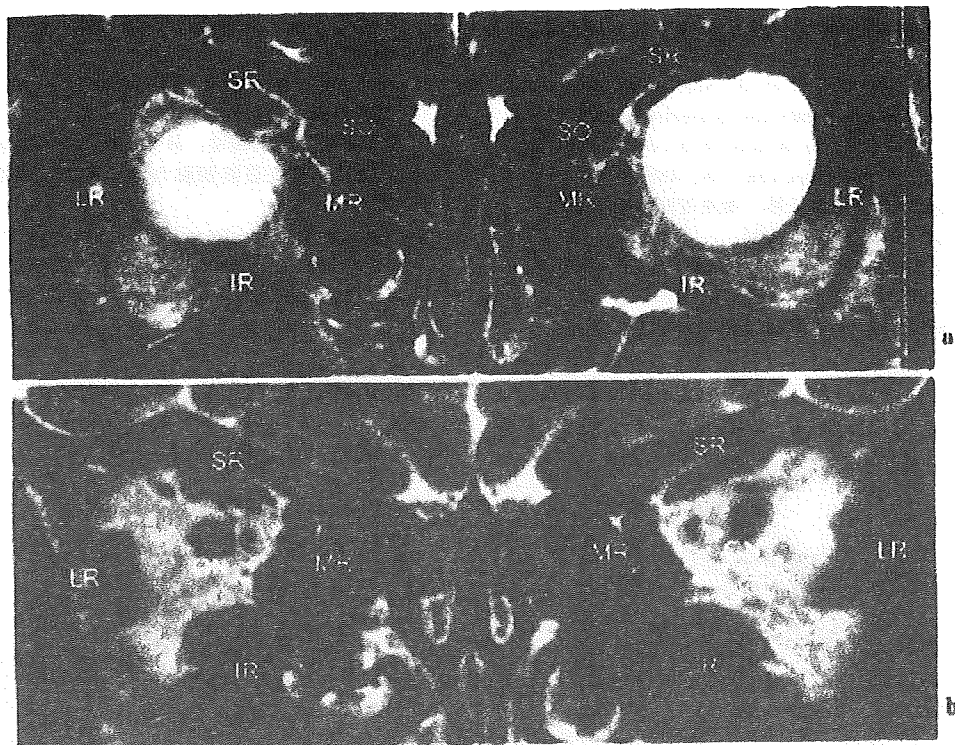


図6 術後冠状断 MRI

a: 眼球後部の脱臼は改善した。b: aよりさらに後方スライスでは、外直筋、上直筋の偏位は改善した。SR: 上直筋, LR: 外直筋, IR: 下直筋, MR: 内直筋, SO: 上斜筋, ON: 視神経

II 考 察

今回筆者らは、片眼が著しい下内斜視とともに高度な眼球運動制限を伴った強度近視性斜視で、他眼は、眼位、眼球運動がまったく正常な症例を経験した。同一症例で両眼の臨床所見を比較できた点で意義深いと考える。まず、眼軸長に関しては、MRI所見や超音波Aモードの値から、斜視眼は30mm以上の長眼軸に対して、他眼は正常の眼軸を示していた。冠状断MRIの所見では、斜視眼は横山が指摘している眼球後極部の上耳頭への脱臼と上、外直筋の偏位が認められたが、他眼は眼球後極部や外眼筋に関して解剖学的位置異常は認められなかった。同一個体での両眼の比較からも、眼軸の異常な伸長が強度近視性斜視の発症に最も重要な因子であり、眼球後極部が筋付離外に脱臼し、外眼筋の偏位が生じるとする横山の説²⁾を支持するものと考えられる。

強度近視性斜視の術中所見に関する過去の報告²⁾でも、外直筋の下方偏位が指摘されているが、筆者らは外眼筋の走行偏位を、簡便に角度で定量的評価した。本症例では基準線に対して約40°の著しい下方偏位が認められ、MRIでの走行異常を反映していた。上直筋は25°偏位を走行していたが、正常でも上直筋は眼球附着部から眼窩先端部³⁾の方向へ鼻側斜めに走行しているため、今回の計測だけではどの程度の走行異常

を示しているのかは評価困難である。今回の計測では、左眼瞼の内嚙と外嚙を結んだ線を基準線としたが、本症例での基準線は顔面の水平線と比較しても、わずかの回旋ずれがあるのみで、ほぼ水平の基準線としても問題ないと考えた。

横山法により、左眼の術後眼位と眼球運動は著明に改善した。術後の眼窩冠状断MRIでも、外直筋と上直筋が正常の走行部位に引き延ばされながらも脱臼した眼球後極部を取り囲む所見が確認できた。この所見からも、上下直筋の筋線を互いに癒着する横山法は、眼球後極部の脱臼を矯正し、両筋の走行を正常化する術式であることが、画像診断的にも再確認された。

以上、片眼のみに発症した強度近視性斜視症例で、両眼の眼軸長と眼窩MRI所見、術中の外眼筋所見、術前後のMRI所見を検討し、強度近視性斜視の発症機序である横山の説とその治療法である横山法の効果を再確認した。

文 献

- 1) 太田道孝, 岩澤博康, 林 孝彦ほか: 高度内斜視の画像学的研究. 日視会誌 99: 980-985, 1995
- 2) Yokoyama T, Tabuchi H, Ataka S et al: The mechanism of development in progressive esotropia with high myopia. Transactions of the 26th Meeting, European Strab-

- mological Association, Swet and Zeitlinger : 218-221, 2000
- 3) Aoki Y, Nishida Y, Hayashi O et al : MRI measurements of extraocular muscle path shift and posterior eyeball prolapse from the muscle cone in acquired esotropia with high myopia. *Am J Ophthalmol* 136 : 482-489, 2003
- 4) 秋澤聡子, 安澄健次郎, 井田正誠 : 強度近視の眼球後部と筋円錐. *日眼会誌* 108 : 12-17, 2004
- 5) 中川たか子, 末村隆温, 谷原秀信 : 両眼の固定内斜視(進行性内斜視)の1例. *眼臨* 101 : 185-187, 2007
- 6) 須賀美保子, 西田保樹, 鈴木雅志ほか : 滋賀区大で施行した強度近視性内斜視の手術治療. *眼科手術* 22 : 77-81, 2009
- 7) 三橋王紘, 山下英隆 : 固定内斜視の2例. *眼臨* 98 : 304-306, 2004
- 8) 高橋麻穂, 平石剛宏, 林孝徳ほか : 固定内斜視に対する上直筋・外直筋筋複合筋の効果. *眼臨* 100 : 569-572, 2006
- 9) Krzizok TH, Kaufmann H, Traupe H : New approach in strabismus surgery in high myopia. *Br J Ophthalmol* 81 : 625-630, 1997

* * *

白内障手術教育の進化

Progress of Training for Cataract Surgery

黒坂大次郎*

はじめに

白内障手術の細かなバリエーションは、かなりの数にのほり標準化されていない。教育方法についてもさまざまな方法があり、施設ごとの教育環境(教育機器などのハード面や人材などのソフト面)により現在でもさまざまであると思われる。したがって、白内障手術教育の進化といっても統一されたものがあるわけではないが、それでも、この10年で特記すべきことがいくつかあった。

まず第1に、ウェットラボ用の豚眼の加工技術や練習用模擬眼が開発されたことである。第2に、ウェットラボの提供施設が大都市には常設されたこと。第3に、指導医講習会が開催されるようになったことである。これらの概略を辿ってみたい。

I 豚眼実習の加工技術・練習用の模擬眼の開発

白内障手術に超音波水晶体乳化吸引術(phacoemulsification and aspiration: PEA)が導入され普及し一般化されると、術後早期よりの安定した視機能回復が可能となった。手術時間も、水晶体囊外摘出術の時代には、40分程度かかるのが当たり前だったものが、20分を切るような時代となった。それに伴い、研修医の手術も水晶体囊外摘出術は行われなくなり、教育も初めからPEAが行われるようになった。患者からの術後早期からの視機能回復の要求が強くなるとともに、PEA教育をいきなり人眼から開始することはなくなり、ウェットラボでの実習を経てから人眼手術を行うことが一般化さ

れている。

手術訓練をするにあたりヒトの眼が人手できれば、最も良い。ただ、わが国では、人眼の使用は、使用目的が限られており、白内障などの練習用に用いることはできない。したがって、比較的人手がやさしく人眼に近い動物の眼として豚眼が利用されてきた。ただ、この豚眼は、人眼に比べ一回り大きく角膜なども厚い。白内障手術を行うと、水晶体前囊は厚く、張力が強い(張力の強さは、小児の人眼に似ているが、厚みはかなり厚い)。前囊切開をヒトと同じ感覚で行おうとすると、切開線が流れてしまいうまく完成できない。豚眼でいくら研修して豚眼での前囊切開のコツをつかんでも、豚眼と同じような感覚で人眼水晶体の前囊切開を行うと、これもうまくはいかない。また、豚眼は若いブタの眼であるので、白内障はなく、核娩出、核分断などの手技を学ぶことはできなかった。豚眼実習は、あくまでも顕微鏡操作や、顕微鏡下での器具の操作をするときの手の動かしかた、器具の持ち方、ペダル操作の練習などに有用であった。これら基本的な手足の動かしかたは、手術において最も基本的な操作であり重要なものではあったが、PEA操作に習熟するには限界があった。

1998年頃、これらを改良する試みとして、組織固定液であるホルマリンを用いて、水晶体囊や水晶体核蛋白を変性させ、人眼に近い感覚で手術ができるよう豚眼を加工する工夫が始まった。当時、筆者も奉天製薬が開設したウェットラボ室を研修医の教育用に使うなかでウ

* Daijro Kurisaka: 岩手医科大学医学部眼科学講座
(岩手県盛岡市) 黒坂大次郎: 〒020-8505 盛岡市内丸19-1 岩手医科大学医学部眼科学講座

エッラボ室に在籍していた参天製薬(当時)の植月氏とともにこの開発に加わった。ホルマリンを粘弾性物質やヒドロキシエチルセルロース(スコビゾル)に混ぜ前囊上に留置すると1分足らずで前囊が固定され人眼に近い感覚での前囊切開の練習ができる(図1)。水晶体核にホルマリンを注入すると核が出来上がるが、粘着性が残ったり、破くなりすぎたりであった。その後電子レンジで蛋白質を熱変性させ核を作る方法も行われた(図2)。この方法では、粘着性がなく割れる核ができたが、水晶体の硝子体側半分程度の核作製で、それ以上に電子レンジ処理をすると水晶体が破裂してしまい限界があった。

しばらくして、豚眼水晶体を使うのではなく、水晶体内容を除去した空の水晶体囊内に人工物を注入し人眼に似た核を作るカートンが開発された(図3)。カートンで作った核では、人眼水晶体とは違うものの、潰崩り、核分離、核片除去などの操作が可能であり、豚眼水晶体をホルマリンやアルコールなどで処理した核にある粘りや硬さの不均一性などが解消された。ただ、このカートンは、注入方法にコツがあり、うまく水晶体内に注入しないと練習に適切な核を作ることができない。徐々に注入のコツがわかり、現在はカートンを使っただけのPEAの核処理の実習が広く行われるようになった。

これとは別に、豚眼などをまったく使わず人工物で眼

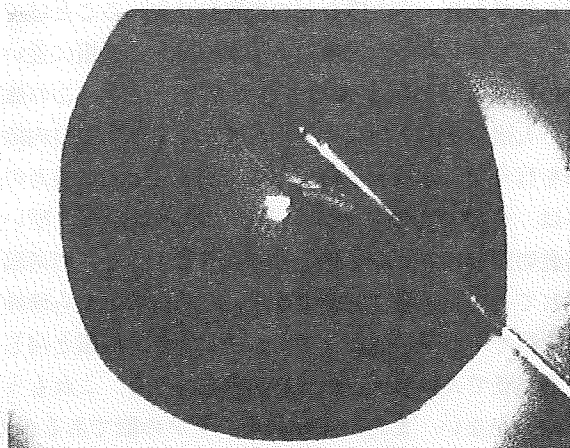


図1 ホルマリン固定した前囊でのCCC前囊が固定せ、人眼に似た感覚で行える。

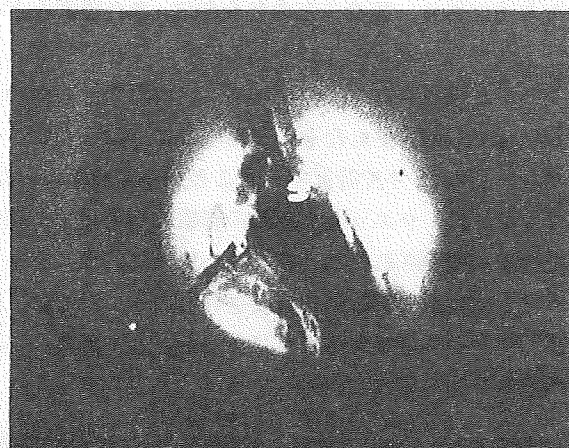


図2 電子レンジで作製した核での分割。分割可能な白い核ができている。

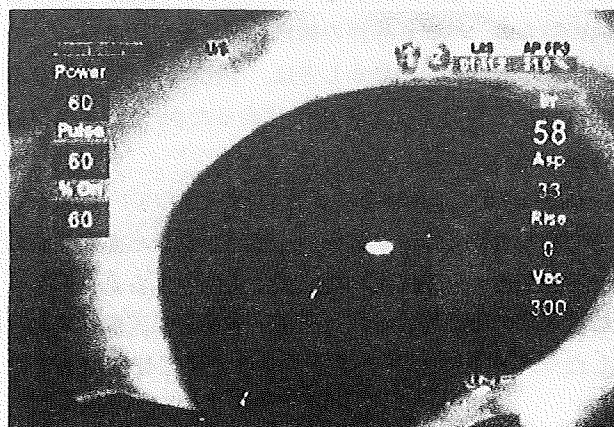


図3 カートンで作製した核での分割(杏林大学・永本敏之先生提供)



図4 白内障手術練習用模擬眼 植月氏(豊浦淳介先生提供)

を模し、白内障手術を練習する人眼模型が開発されている。以前より人眼模型は存在したが、比較的高価で、そのわりに人眼とあまり似ていなかったために普及しなかった。最近、新しい模擬眼が開発された(図4)。このセットは、顕微鏡やPEA機器を使わずに練習できるものである。それゆえ実際とは異なる点があるが、手術設備を必要としないという点で汎用性が高く、今後普及されていくことが期待される。

II ウエットラボ環境の変化

10年前までは、ウエットラボといえば、大学や病院の一室で、器械メーカーや製薬会社が準備した顕微鏡とPEA装置を使って行うことが主流であった。しかしながら、大都市を中心に常設のウエットラボ室が準備されるようになり、単にその会社の製品を試用する目的ばかりでなく、教育用に開放されているところが多い(図5)。

ウエットラボの利用においては、理想的には、自分が行う部分の(多くの初心者は、初めは一部の過程のみ手術をするので)練習をくり返し行い、納得したうえで人眼の手術を行い、再び勝手が通った部分を豚眼で確認していくことが望ましい。しかも実際に手術を指導する医師に教わりながらウエットラボを行うことができれば、さらに効果上がる。指導医も研修医の実力や問題点を豚眼を通じて把握できるし、自分の伝えたいことも声を

出して何度も伝えることができ、実際の手術中の指導の場でのストレスも軽減できる。

しかしながら、不定期に開催されるウエットラボでは、タイミングよく行えるとは限らないし、次の開催も確かではない。そうなると、勢い取られた時間内に多くのことを学ぼう・教えようとして、消化不良になることが多い。馴々の手技は荒くなり、最終的には練習したという思いだけが残り、なかなか実効が得られにくい。ウエットラボ室が、常時設置され、定期的に開催されているとなると研修医も指導者もある程度余裕をもって、教育ができるようになり、その意義は大きい。

また、大学内に常時設置されている場合と別の場所に設置されている場合の違いは、大学内だといつでもできる反面、指導者も研修医もさまざまな臨床の用事(患者に呼ばれたり)で結局不定期になりがちであるが、外の場合には場所を変えるので、計画が守られやすい利点がある。さらに、多くのウエットラボ室では、枯水性物質や眼内レンズなどが準備されており、手術環境としても優れていることが多い。企業のスポンサーとして持続が望まれる。

III 指導医講習会の始まり

白内障手術は、年間100万件行われ、多くの術者が存在する。研修医もそのほとんどが手術教育を受けるが、白内障手術教育を欠りあるものとするためには、良



図3 メーカーによるウエットラボ室での実習

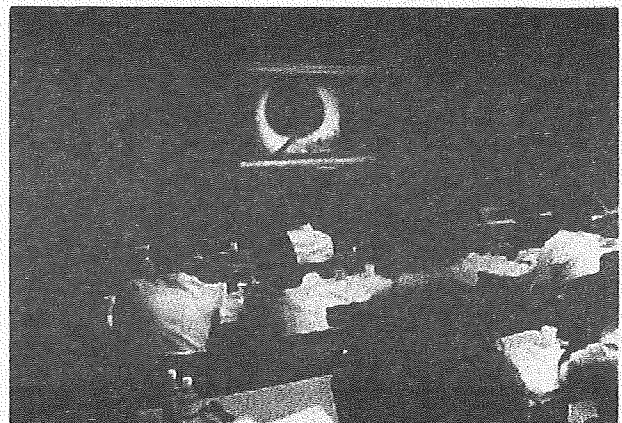


図4 JSCRS 白内障手術セミナーの様子
毎年7月に東京で開催される。

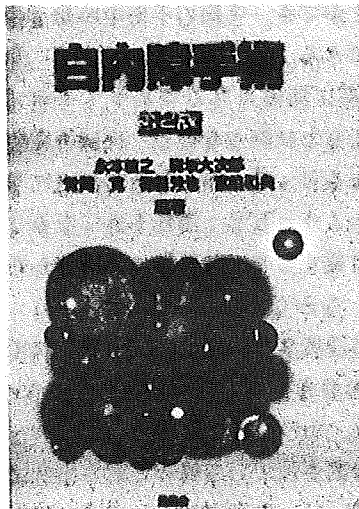


図7 JSCRS白内障手術セミナーで使われるテキスト
市販されている

質な指導医が必要である。一部の経験豊かな術者が直接に教えられる人数には限界があり、白内障手術の全国的なレベルアップのためには、研修医を指導する立場にある指導医の教育が大切である。このような考えの下、日本眼内レンズ屈折手術学会では、4年前より指導医を対象に白内障手術セミナーを行っている。約80名前後の指導者に対し、教科書をもとに2日間にわたる講義と、1日間のウエットラボを行っている (JSCRSのホームページアドレス：<http://www.jsdrs.jp/index.html>)。

おわりに

白内障手術は、年間100万件にも達する手術であり、眼科医にとって誰でもがかかわる手術である。眼科専門医であれば、ほぼ例外なく白内障手術の経験があるといっても過言ではないであろう。ここ10年のさまざまな進歩は、白内障手術をより安定化させ、さらに最近は、さまざまな付加価値がつく眼内レンズも開発され、術後視機能はより向上している。この現状をさらに持続し白内障治療が進歩し続けるためには、多くの優秀な術者を育て、患者側からの理解を得ることが重要である。

初心者が行う手術へのインフォームド・コンセントなど倫理面も含め、白内障手術教育がさらに発展することを願いたい。

文 献

- 1) 黒坂大次郎：ウエットラボ用の豚眼白内障モデル。(1) 核鬼理の練習用。あたらしい眼科 15：1553-1554, 1998
- 2) 黒坂大次郎：ウエットラボ用の豚眼白内障モデル。(2) Divide & Conquer法。あたらしい眼科 16：61-62, 1999
- 3) 黒坂大次郎：ウエットラボ用の豚眼白内障モデル。(3) CCCの練習用。あたらしい眼科 16：155-156, 1999
- 4) Hashimoto C, Kurmsaka D, Uetsuki Y: Teaching continuous curvilinear capsulorhexis using a postmortem pig eye with simulated cataract. *J Cataract Refract Surg* 27: 814-816, 2001

極小切開へのチャレンジ

黒坂 大次郎

医学部歯学系口腔顎顔面外科 学教授

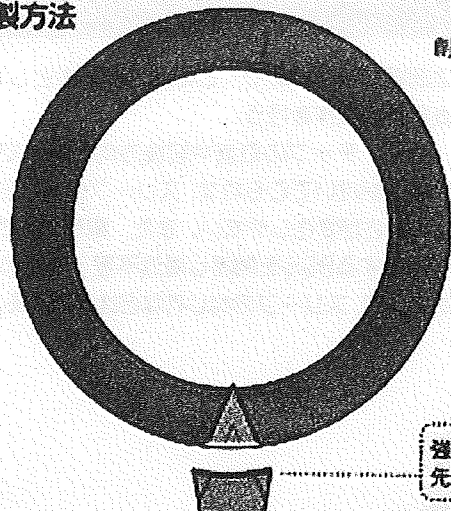
極小切開白内障手術では、切開幅が狭くなるため通常の手術とは違った点に注意を払う必要がある。

切開創

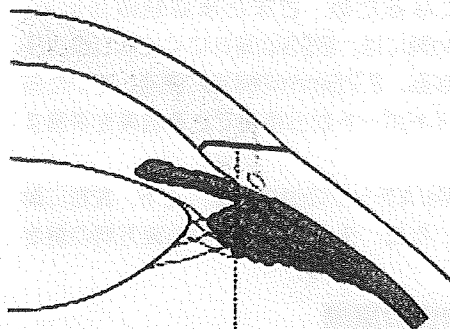
2mm前後の切開創になるので、強角膜切開もケラトームのみで作製する。切開幅は、表示してある切開幅より

実際に使ってみて漏れがなく、しかもある程度の動きが可能なナイフを選択する。

① 創口の作製方法

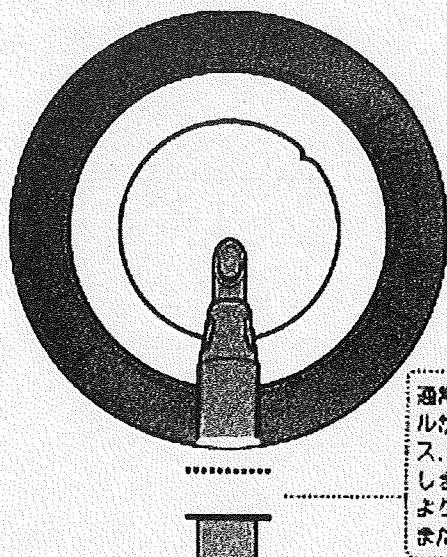


創口は、クレセントナイフを使わずケラトームのみで作製する。



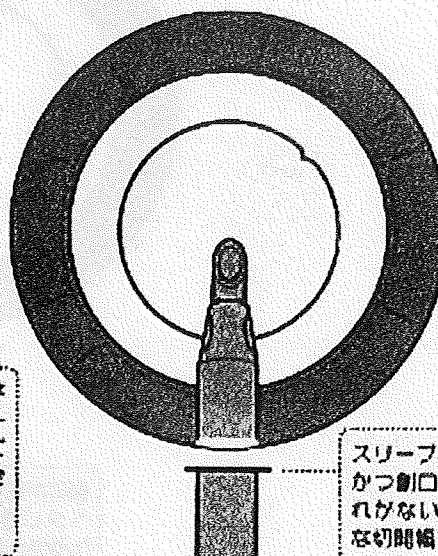
強膜にほぼ平行にケラトームを流し、前房に先端が達したら、水平にしてゆっくりと差める

② 切開線の位置



通常の切開線（実線）だとトンネルが長すぎて、超音波ハンドピース、IAが左右に振れなくなってしまう場合がある。通常のとときより少し輪郭寄りを切開するか、またはトンネルを短くする

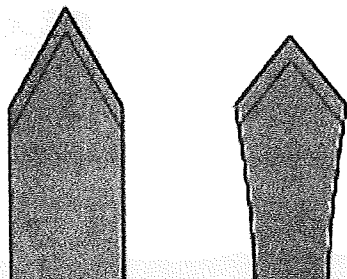
③ 切開幅の目安



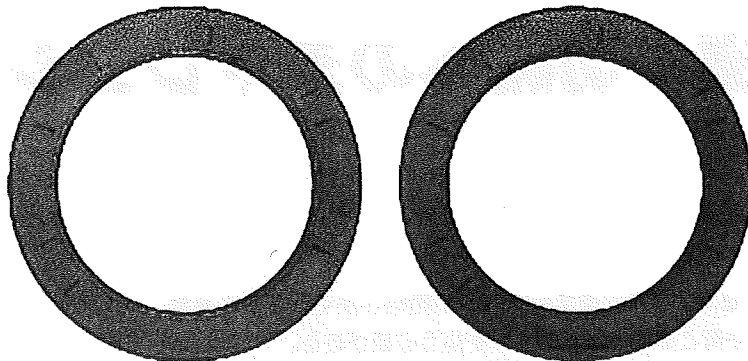
スリーブを挿入できて、かつ創口からBSSの漏れがないかよくわかる切開幅

④ メーカーによるスリットナイフの切開幅の違い

スリットナイフは各社によって切れ味が違い、同じナイフ幅の表示でも、実際に切れる切開幅は異なる。



⑤ 強角膜切開と角膜切開での切開幅の違い



同じナイフを使っても角膜切開のほうが切開幅がきつくなる

切開幅が狭いことによる制限

切開幅が狭くなるため、さまざまな制限が出る。hydrodissection時には、BSSは漏れにくくなり眼内圧が上昇しやすくなる。2.75mm切開時に使用していた器具は使えず、サイドポートから使用できる器具を準備する必要がある。

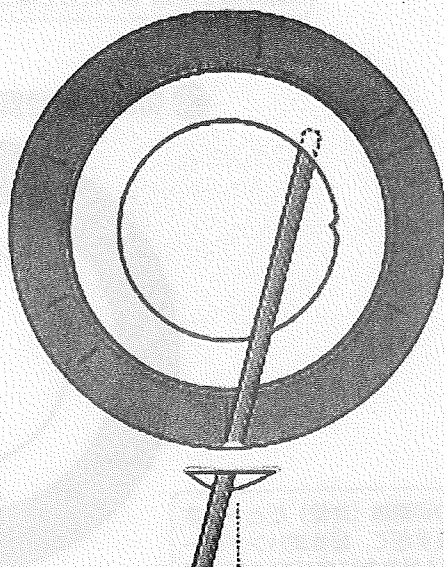
超音波チップや/Aチップの動きでは、上下、左右に動かしにくくなる。ただ、チップの回旋や前後方向の動き

は制限されないので、この動きを基本として核片・皮質除去などの操作を行う。

ただ、チップの回旋や前後方向の動きでも、スリーブの動きが付いてこられず、スリーブ先端から出ているチップの長さが変化しやすい。また、無理な動きはスリーブ内を通過するBSSを制限し灌流不足・前房の不安定につながるため、スリーブのねじれなどは改善するよう注意する。

灌流針の動きの制限

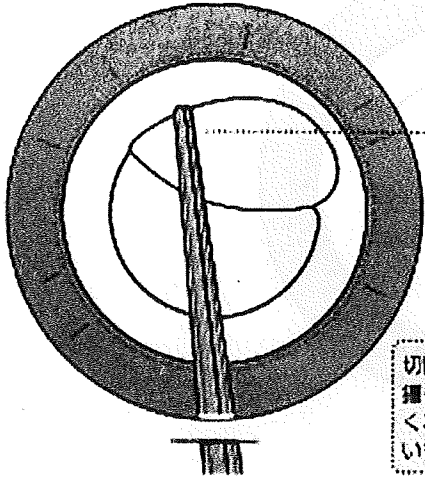
① hydrodissection時



創口が開くように灌流針を強眼へ少し押しつけるようにしてhydrodissectionを行う

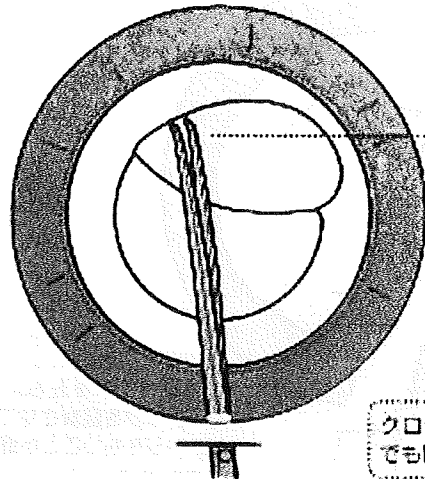
■ 鑿子・剪刀の動きの制限

② クロスアクションではない器具



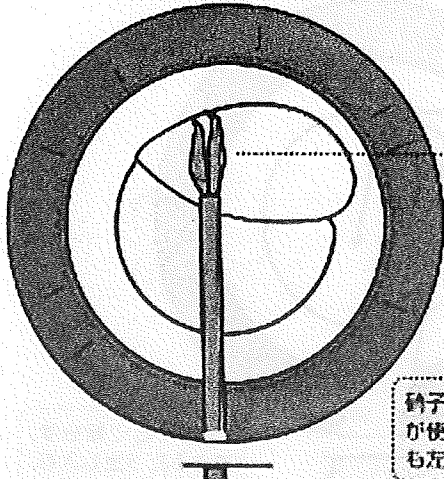
切開角が小さくなればなるほど
鑿子や剪刀は開口から入りづら
くなる。クロスアクションでな
いものは、まず矢張が随かない

③ クロスアクションの器具



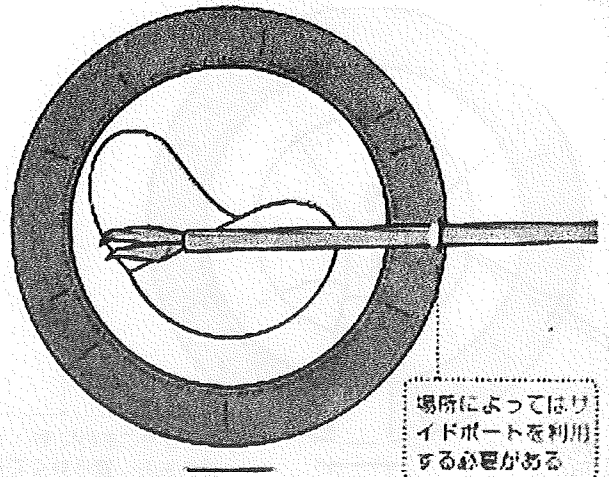
クロスタイプのも
でも開きづらくする

④ 硝子体鑿子タイプの器具



硝子体鑿子タイプのもの
が使いやすいが、それで
も左右に振りにくい

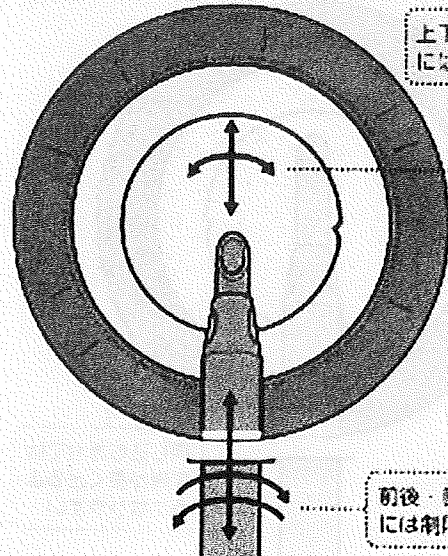
⑤ サイドポートも利用する



場所によってはリ
イドポートを利用
する必要がある

■ 超音波・I/Aチップの動きの制限

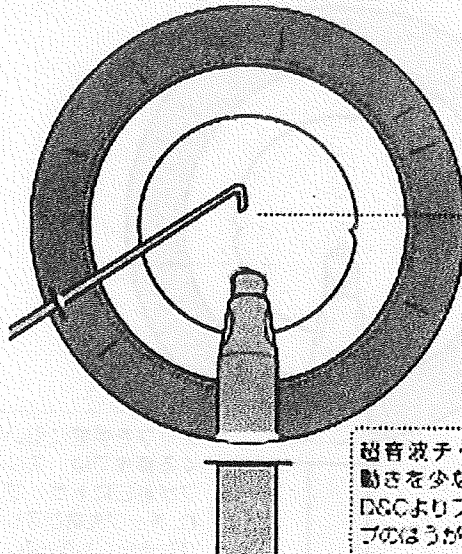
⑥ 制限のある方向



上下左右方向の動き
には制限がある

前後・巨度方向の動き
には制限がない

⑦ フェイコチョップがおすすめ



超音波チップの上下の
動きを少なくするため、
D&Cよりフェイコチョッ
プのほうが選んでいる