

図2 Schilling法

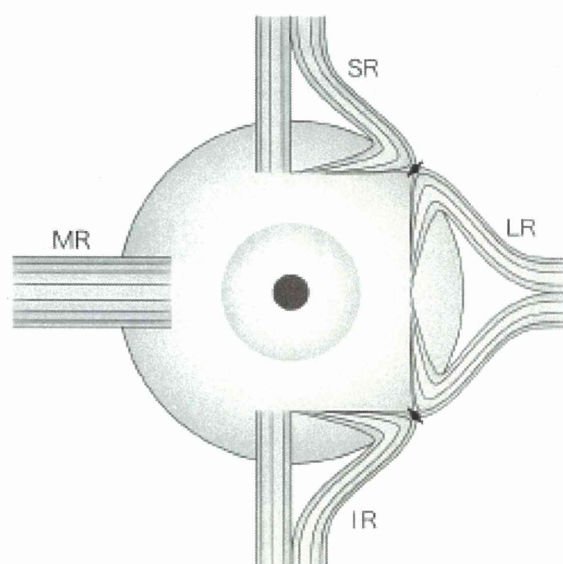


図3 Jensen法

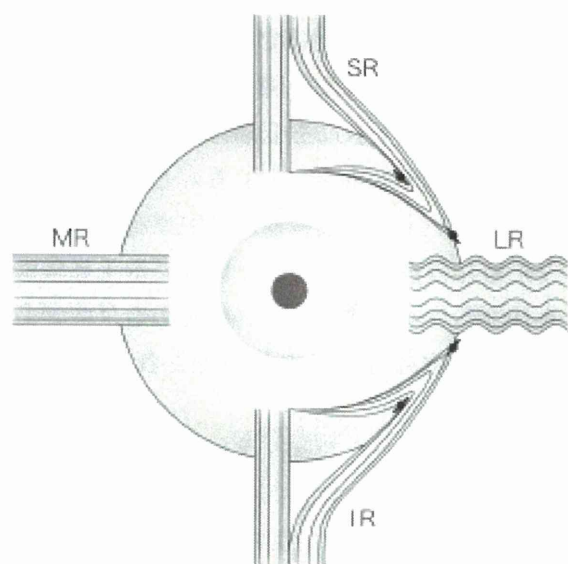


図4 稲富法

そして、前眼部虚血の危険性を回避するために、新たな術式として図3のJensen法⁵⁾が考案された。本法はHummelsheim法と同様に上直筋と下直筋を二分し、さらに麻痺筋である外直筋も二分する。そして、上直筋の耳側半分と外直筋の上側半分を上耳側で、下直筋の耳側半分と外直筋の下側半分を下耳側で、筋同士を互いに糸で縫着して結合(muscle union)させる。本法は切腱が不要で筋同士の縫着により筋を移動・

固定するため、前眼部虚血が予防できる安全な術式とされ、これまで広く応用されてきた。

II. 稲富法の開発

しかし、Jensen法では他の術式と異なり、麻痺筋に対する分割という操作が加わるが、我々はその必要性に疑問を感じていた。すなわち、麻痺筋である外直筋を上・下耳側に分割・移動することは、手術侵襲のみならず、外直筋の作用方向の変化によりさらに外転方向の張力低下が生じることになる。また、麻痺筋である外直筋と健常筋である上直筋、下直筋の間には大きな張力差が存在するため、筋同士の縫着のみでは結合部が上下耳側に留まらず、結合部が健常筋である上直筋と下直筋の方へ移動し、効果の減弱が生じる可能性がある。

このため、我々は移動筋の切腱を行わず、麻痺筋に侵襲を加えない新たな眼筋移動術として図4の稲富法を考案した⁶⁾。稲富法は上直筋と下直筋をHummelsheim法やJensen法と同様に筋線維方向に沿って二分するが、切腱は行わず耳側半分の筋腹を外直筋付近に移動させ、

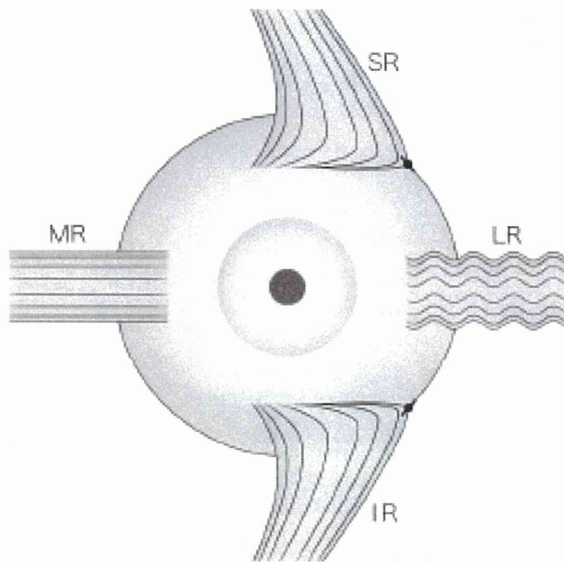


図5 上下直筋全幅移動術

強膜上に縫着する術式である。切腫が不要なことに加え、麻痺筋の手術操作も不要なことから、Jensen法より低侵襲な術式と考える。また、Jensen法と異なり、移動筋腹は強膜に直接縫着するため、固定も確実である。そして、本術式の1眼あたりの眼位矯正効果は約40PDで、前述のHummelsheim法やJensen法の眼位矯正効果⁸⁾⁹⁾とも同等の効果が得られた。

III. 上下直筋全幅移動術の開発

我々はその後、稲富法をさらに低侵襲化した術式として図5に示す上下直筋全幅移動術を考案した¹⁰⁾。本術式は移動筋である上直筋、下直筋を稲富法のように分割せず、両直筋の耳側縁を上・下耳側の強膜に移動、縫着するだけの単純な術式である。

① 本術式の実際

図6のアトラスと図7の術中写真で、右眼の上下直筋全幅移動術の具体的な手技を解説する。結膜切開の後、上直筋と下直筋の筋腹を眼球赤道部付近まで十分露出する。この際、筋間膜も筋腹から丁寧に分離する。

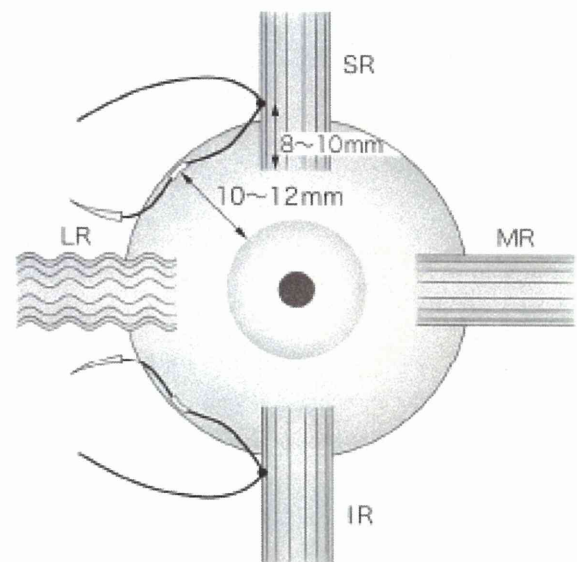


図6 上下直筋全幅移動術の説明図

図7Aのように、筋の付着部後方8~10mmの筋腹耳側縁に通糸を行う。通糸幅は全筋幅の3分の1を目安にしている。通糸する糸は、非吸収糸である6-0プロリンが適当である。通糸した糸は、図7Bのように一旦筋腹に1-1で結紮を行う。これは、その後の筋移動の際の糸の張力により、通糸した糸が筋線維走行に裂けるのを予防するためである。

図7Cのように、移動筋に通糸・結紮した同じ糸を、角膜輪部から10~12mm後方の上耳側および下耳側の強膜に続けて通糸する。強膜通糸部位の決定には、上直筋、下直筋、外直筋の付着部の位置を参考にするといよい。すなわち、角膜輪部から強膜通糸部位を結ぶ直線が、上耳側では上直筋付着部の耳側縁と外直筋付着部の上縁を結ぶ線の中点、下耳側では下直筋付着部の耳側縁と外直筋付着部の下縁を結ぶ線の中点を通るようにする。これにより、上下2カ所の通糸部位は水平線に対して上下対称になり、移動筋の非対称性で生じる術後の上下偏位や回旋偏位の可能性を軽減できる。

図7Dのように、強膜に通糸した糸を引いて上直筋、下直筋の耳側縁を強膜通糸部位まで移

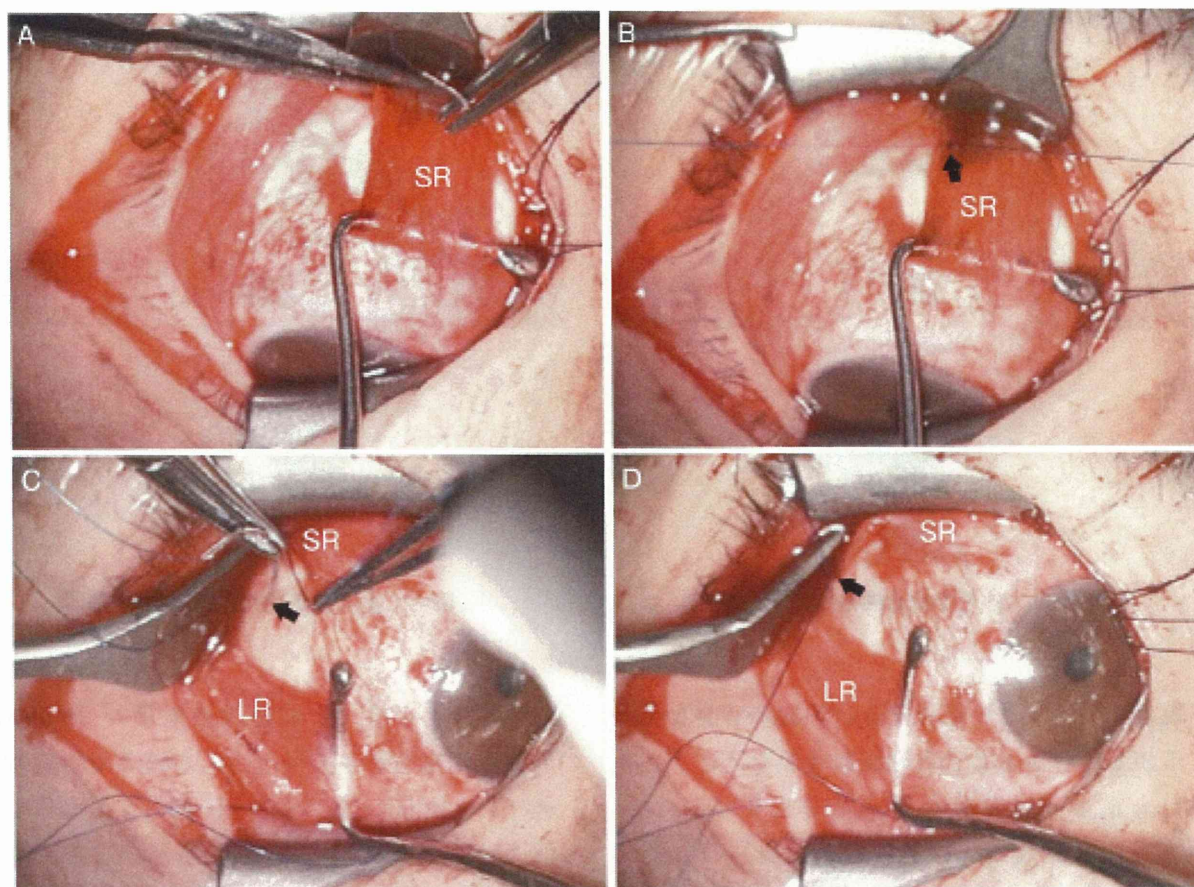


図7 上下直筋全幅移動術の右眼術中写真
写真上が12時方向で、上直筋の移動を示す。

動させ、強膜上で結紮・固定する。この際、移動筋周囲のテノン囊など、軟部組織の巻き込みがないように注意する。最後に、結膜縫合を行って手術を終了する。

また、拮抗筋である内直筋の拘縮が認められる場合は、内直筋の後転術の併施が必要である。この場合、上下直筋全幅移動術の前に、内直筋後転術の際に実施する切腱を先に行い、その後上下直筋全幅移動術を行う。切腱により拮抗筋である内直筋の張力が低下して、眼球のコントロールが容易となり、眼筋移動術の手術操作が円滑になる。そして、上下直筋全幅移動術が終了した後、切腱した内直筋を後転部位の強膜に縫着して、手術を終了する。

② 本術式の効果

本術式の1眼あたりの眼位矯正効果は約

40PDで、稲富法、Hummelsheim法、Jensen法の眼位矯正効果^{7)~9)}と遜色のない効果が得られている。図8は両外転神経麻痺(右完全麻痺、左不全麻痺)の症例で、図8上段のように術前+75PDの内斜視が存在し、右外転は正中を越えなかった。右眼に対して、上下直筋全幅移動術と内直筋後転術6mmを施行し、図8下段のように術後眼位は+30PDとなり、左眼の外転も正中を越えるようになった。その後、左眼の内直筋後転術を実施し、眼位は+12PDまで改善した。

IV. 筋移動術後の眼位改善と外転改善の機序

眼筋移動術を実施すると眼位とともに外転も

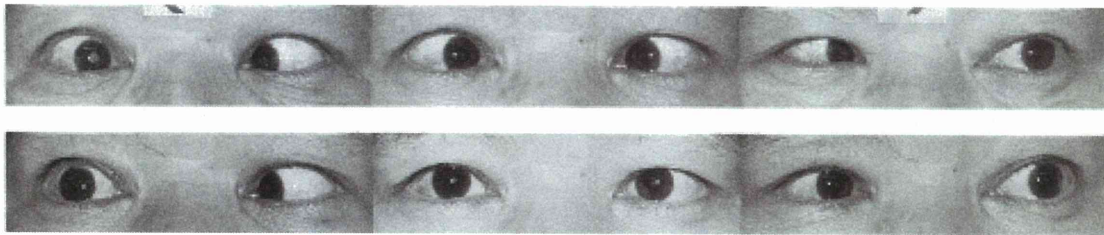


図8 両外転神経麻痺症例

上段が術前、下段は術後を示す。写真中央が第1眼位、写真左が右むき眼位、写真右が左むき眼位である。

改善する。しかし、眼筋移動術の移動筋である上直筋と下直筋の走行を外直筋方向へ移動しても、支配神経は本来の動眼神経であり、術後に神経支配が変化することはない。そして、第1眼位では麻痺筋である外直筋の安静時張力と移動筋である上・下直筋の安静時張力の和が、拮抗筋である内直筋の安静時張力と釣り合っ眼位が保持される。

一方、麻痺眼の外転時には麻痺筋は収縮眼位となるために第1眼位より張力は上昇するが、高度な麻痺のため、その張力増加はごくわずかである。そして、移動筋である上・下直筋の張力は第1眼位と同じである。しかし、内直筋は伸展眼位となるために張力は第1眼位に比べて低下する。すなわち、麻痺眼の外転時には拮抗筋である内直筋の張力低下が生じ、その張力差が主となり、麻痺眼は受動的に外転する。このため、眼筋移動術後に第1眼位での眼位改善が良好で正面視での複視が消失しても、麻痺眼の外転は完全に回復することはなく、麻痺側へのむき眼位での複視は必ず残存する。このことは、術前の患者への手術説明でも十分述べる必要がある。

最後に

現在我々が実施している上下直筋全幅移動術は、移動筋の切腱を不要にしながら、移動筋の確実な強膜縫着を行う術式であり、過去に考案された眼筋移動術の中で最も低侵襲な術式と考

える。しかし、いずれの眼筋移動術も完全な外転機能の回復は望めない。今後、外眼筋に替わる新たな人工素材や、それに伴う新たな術式の開発が望まれる。

文献

- 1) Hummelsheim E : Weitere Erfahrungen mit partieller Sehnenüberpflanzung an den Augenmuskeln. Arch Augenheilkd 62 : 71-74, 1908
- 2) Helveston EM : Extraocular muscle transfer. Trans Sect Ophthalmol Am Acad Ophthalmol Otolaryngol 79 : 722-726, 1975
- 3) Schillinger RJ : A new type of tendon transplant operation for abducens paralysis. J Int Coll Surg 31 : 593-600, 1959
- 4) France TD, Simon JW : Anterior segment ischemia syndrome following muscle surgery : the AAPO&S experience. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 23 : 87-91, 1986
- 5) Jensen CDF : Rectus muscle union : a new operation for paralysis of the rectus muscles. Trans Pac Coast Otoophthalmol Soc Annu Meet 45 : 359-387, 1964
- 6) 西田保裕, 稲富昭太 : 新しい筋移動術, あたらしい眼科 2 : 1447-1449, 1985
- 7) Nishida Y, Inatomi A, Aoki Y et al : A muscle transposition procedure for abducens palsy, in which the halves of the vertical rectus muscle bellies are sutured onto the sclera. Jpn J Ophthalmol 47 : 281-286, 2003
- 8) Brooks SE, Olitsky SE, de B Ribeiro G : Augmented Hummelsheim procedure for paralytic strabismus. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 37 : 189-195, 2000
- 9) Maruo T, Iwashige H, Kubota N et al : Re-

目次

- sults of surgery for paralytic esotropia due to abducens palsy. *Jpn J Ophthalmol* 40 : 229-234, 1996
- 10) Nishida Y, Hayashi O, Oda S et al : A simple muscle transposition procedure for abducens palsy without tenotomy or splitting muscles. *Jpn J Ophthalmol* 49 : 179-180, 2005

*

*

複視の画像診断

Imaging Diagnosis for Diplopia

西田 保裕*

はじめに

複視は眼位、眼球運動の異常により生じ、その多くは後天性である。このため、複視を自覚する患者が来院した場合、まず原因を精査することが重要となる。その原因のなかには、眼窩内の外眼筋自体に病変が存在することがしばしばある。しかし、外眼筋は通常の眼科検査機器では観察できず、CT(コンピュータ断層撮影)やMRI(磁気共鳴画像)の画像診断が重要となり、その有用性が報告されている¹⁻⁶⁾。

本稿では、外眼筋の画像診断のために眼科医自らが適切なMRI検査のオーダーが行えるよう、撮像条件のポイントを具体的に解説する。さらに、代表的な外眼筋病変を呈示し、外眼筋画像診断でのMRIの有用性について述べたい。

I 外眼筋をMRIで観察する際の留意点

画像診断で外眼筋の形態観察をする場合の留意点は以下のとおりである。1) 外眼筋の周囲は眼窩脂肪組織であるため、同組織に良好なコントラストが必要となる。2) 外眼筋は1cm²以下の小さい組織²⁾であるため、関心領域の十分な絞り込みが必要となる。3) 各外眼筋の走行は異なるため、各筋に応じたスライス方向の設定が必要となる。以上のようなことを留意し、MRIによる眼窩画像診断を行わなければならない。

II 眼窩MRIの具体的な条件設定

MRIは多くの種類の画像が得られる反面、その条件設定はCTに比較して複雑である。このため、外眼筋画像に適した条件を選択する必要がある。

1. 撮像法

MRIでは観察目的に応じて、さまざまな撮像法が考案されているが、スピンエコー法はMRIが臨床応用された当時から汎用されている基本的な撮像法である。図1のスピンエコー法のT1強調像(左写真)とT2強調像(右写真)では、眼窩内では高信号の脂肪組織の中に低から中等度信号の外眼筋が、高いコントラストで描出されている。また、T2強調像では硝子体・前房が白く描出されているように、水により高信号となるため、炎症による外眼筋浮腫の把握が可能となる。

一方、脂肪抑制画像の一つであるSTIR(short T1 inversion recovery)法は、眼窩内で最も高い脂肪組織の信号を選択的に抑制する撮像法である。そして、脂肪組織以外の外眼筋、視神経の信号亢進を強調するSTIR法では図2の写真の矢印で示すように、炎症による外眼筋浮腫で信号強度が上昇する。ただし、脂肪抑制画像は外眼筋炎症の評価には非常に有用だが、外眼筋と脂肪組織のコントラストは低いいため形態観察には不向きである。形態観察目的でオーダーしたはずのスピンエコー画像が、すべて脂肪抑制された画像で送られてくることも

* Yasuhiro Nishida : 滋賀医科大学眼科学講座

(別稿請求先) 西田保裕 : 〒520-2192 大津市瀬田月輪町 滋賀医科大学眼科学講座

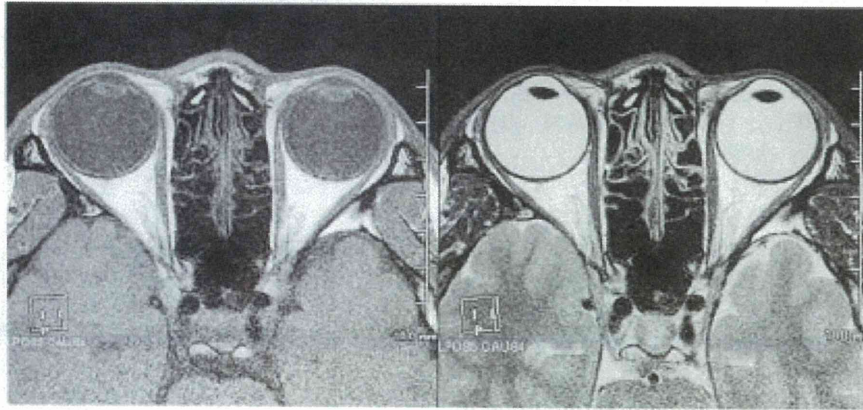


図1 スピンエコー画像
左がT1強調画像、右がT2強調画像である。

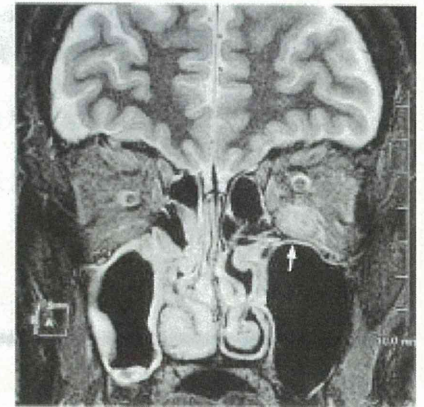


図2 甲状腺眼症のSTIR画像
矢印の左下直筋の腫大とともに、著しく信号が亢進している。

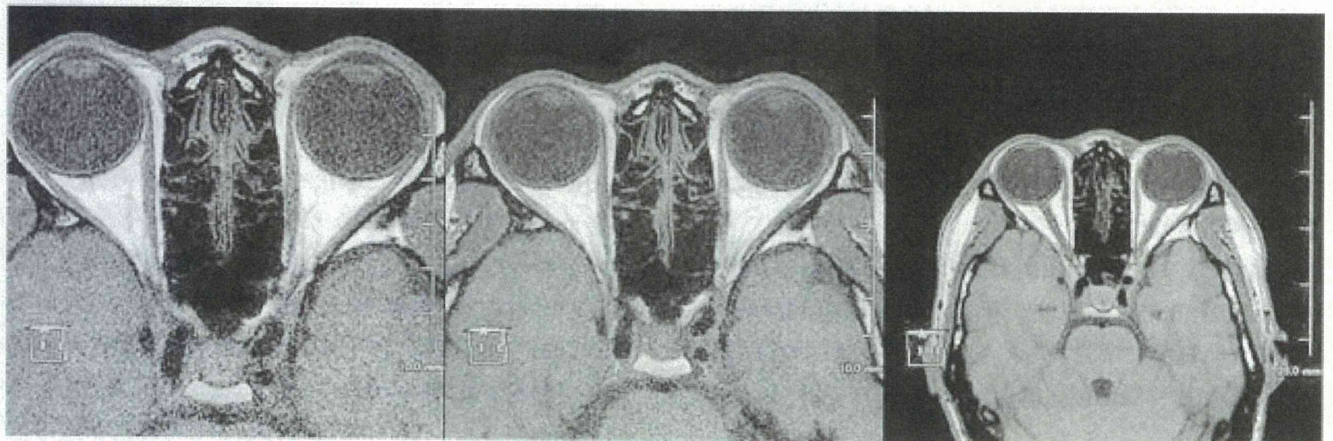


図3 FOVの設定
FOVは左から100, 120, 200mmである。

あり、注意が必要である。

2. 撮像範囲

撮像範囲は解像度を決定する要素の一つで、正方形の観察範囲の一辺の長さである Field of View (FOV) で表す。図3は左から、FOV 100, 120, 200mmで撮像した写真である。時折、右のFOV 200mmの写真のように頭蓋内検索のプロトコルで眼窩を撮像したのを見かけるが、これでは眼窩内の組織が小さく表現され、詳細が不良となる。このため、観察したい眼窩領域に応じたFOVにすべきである。ただし、非常に小さいFOVの設定は、マトリックス内の信号が低下するため、signal/

noise (S/N) 比の低い粗い画像となる。体格なども考慮すると、眼窩ではFOV 120mm前後が適切と考える。

3. 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、これも解像度を決定する要素の一つとなる。図4は左から右へとマトリックス数が、256×256, 256×128, 128×128と少なくなり、左の写真に比べ右の写真は解像度が低く、組織の辺縁が不鮮明である。いずれもFOVは120mmで、FOVをマトリックス数で割れば、マトリックスサイズが求められる。左写真ではマトリックス数が256×256のため1辺0.5mmの正方形

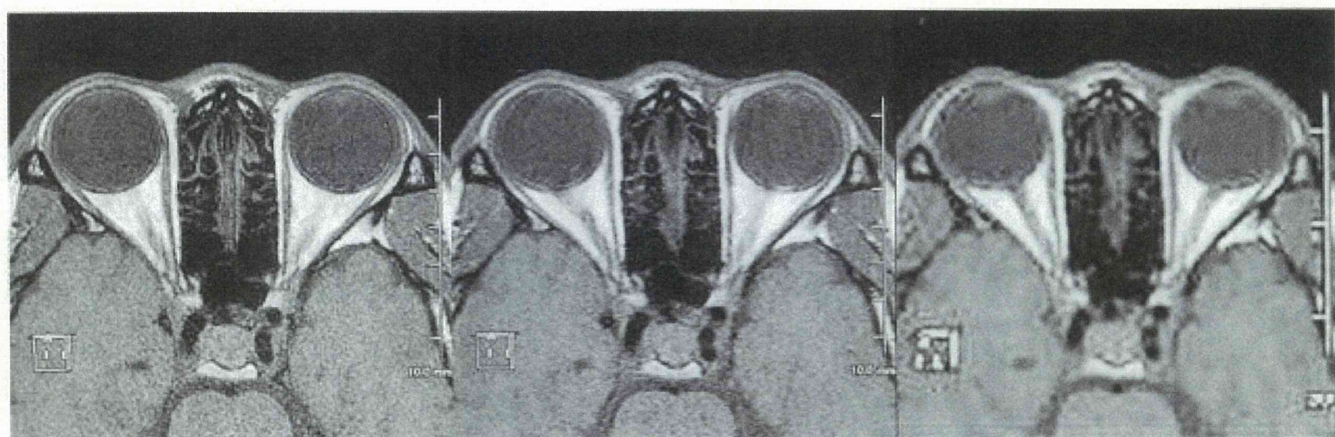


図4 マトリックス数の設定
 マトリックス数は左から256×256、256×128、128×128である。

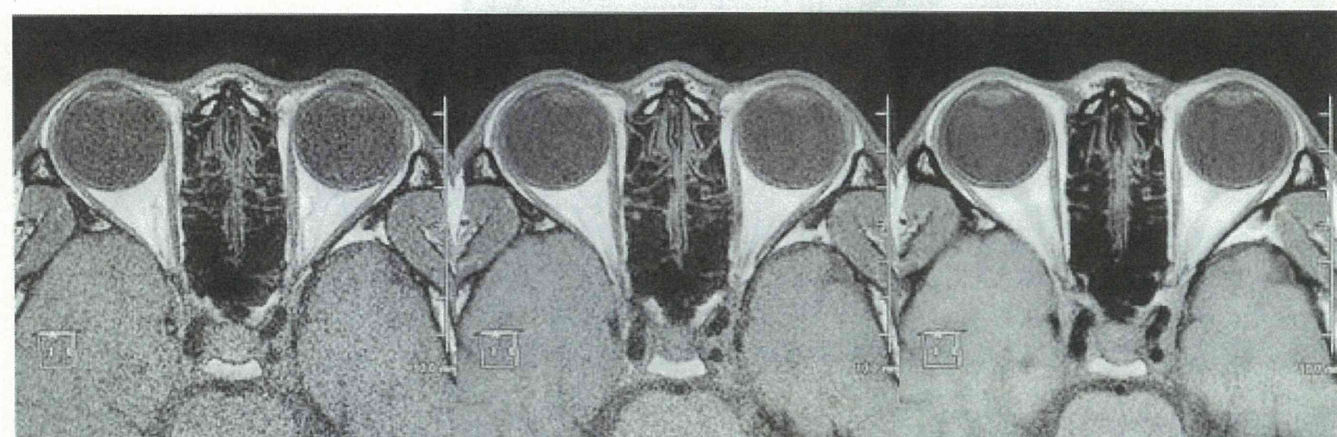


図5 スライス厚の設定
 スライス厚は左から1.5、2.5、5.0mmである。

マトリックス、右写真ではマトリックス数が128×128のため1辺1.0mmの正方形マトリックスとなる。眼窩内の観察には、1辺約0.5mm以下のマトリックスが必要である。ただし、マトリックス数の増加は撮像時間の延長につながるため、マトリックス数は256×256くらいが適切である。

4. スライス厚

スライス厚はZ軸方向の解像度を決定する要素となる。図5は左からスライス厚1.5mm、2.5mm、5.0mmのスライスである。スライスが厚くなるにつれ、小さい組織が他の大きい組織の信号に埋もれてしまう partial

volume effectが生じ、外眼筋などの小さい組織の描出能が低下する。実際、軸位断で撮像すると1.5mmスライスでは水平筋が8枚のスライスに描出され、2.5mmスライスでは5枚に描出されるのに対し、5.0mmスライスではわずか3枚程度にしか外眼筋が描出されず、partial volume effectにより外眼筋だけでなく視神経の描出能も低下する。一方、0.5mm、1.0mmのような薄切スライスでは、組織の信号強度の低下により、S/N比の低い粗い画像となる。しかも関心領域を多数のスライスでカバーしなければならず、撮像時間も長くなる。以上のことから、1.5～3.0mm程度のスライス厚を観察目的に応じて選択すればよい。



図6 軸位断

左写真では水平筋が観察でき、上方スライスである右写真では矢印の上斜筋が観察できる。

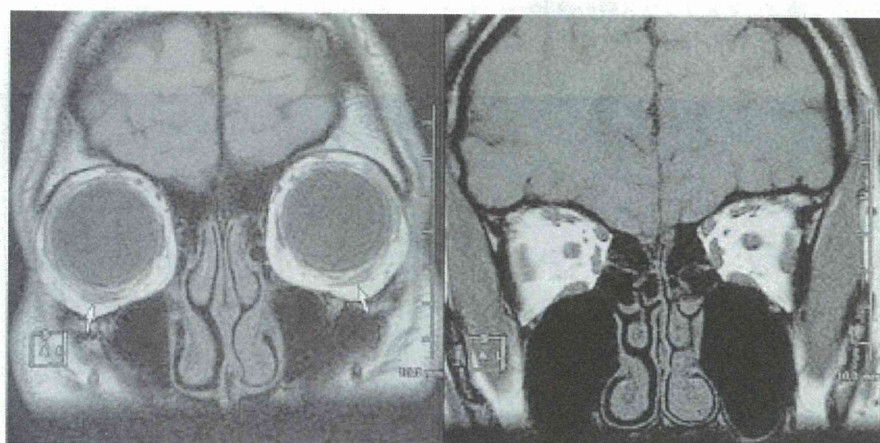


図7 冠状断

写真は頭部に対する冠状断である。左写真では矢印の下斜筋が観察でき、後方スライスである右写真では他の外眼筋が視神経とともに観察できる。

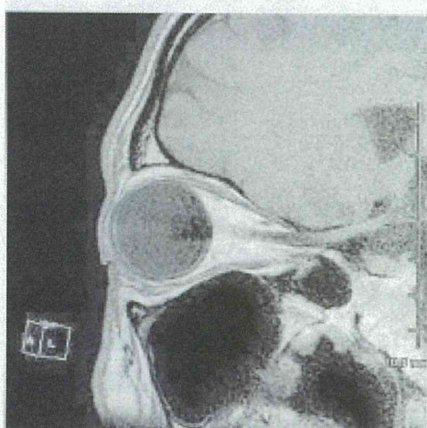


図8 矢状断

写真は眼窩軸に平行な矢状断である。上眼瞼挙筋、上直筋、下直筋が視神経とともに観察できる。

5. スライス方向

スライス方向は観察したい外眼筋によって選択する必要がある。代表的なスライス方向として、軸位断、冠状断、矢状断がある。そして、撮像条件のなかでも、適切なスライスの選択は最も重要な要素である。

図6の軸位断は、左写真のように水平筋である内直筋と外直筋の走行を観察するのに適切なスライスである。また、右写真のように上方のスライスでは上斜筋とその腱の観察も可能である。そして、軸位断の撮像の際には、左右の眼窩の高さが同じになるよう設定することが重要で、左右の外眼筋の比較が容易となる。

図7の冠状断は、他のスライス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、左写真の眼窩前部では下斜筋が観察でき、右写真の球後部では他のすべての外眼筋が左右同時に観察できる。しかし、冠状断には、頭部に対する冠状断と、眼窩軸に対する冠状断がある。頭部に対する冠状断のほうが、1回の撮像で両側の眼窩組織が観察できることから一般的である。ただし、

頭部に対する冠状断では内直筋、上斜筋が、ほぼ直角の断面となるため鮮明であるが、外直筋は約45°の断面となり他の筋より幅広く描出され輪郭も不鮮明となる。

矢状断も眼窩軸に対する矢状断と、頭部に対する矢状断があるが、垂直筋の走行は眼窩軸に一致しているため、図8のような各眼窩軸に対する矢状断を選択すべきで、上直筋、上眼瞼挙筋、下直筋の観察に有用である。

III 代表症例

1. 外眼筋の萎縮

図9は両側の完全外転神経麻痺に対し、筋移動術を行い眼位が正位となった症例である。両外直筋は明らかに萎縮しており、しかも筋の走行が耳側に大きく弛んでいるのが観察される。完全神経麻痺では筋萎縮が生じる例が多く、筋移動術の適応決定の際にも参考となる所見で

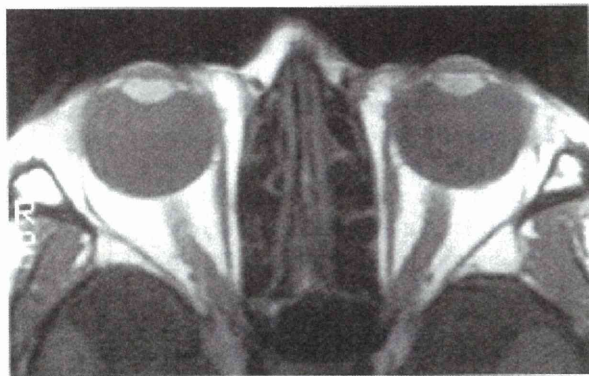


図9 両外転神経麻痺

筋移動術で眼位は矯正されているが、両外直筋は萎縮し、耳側に弛んでいる。

ある。

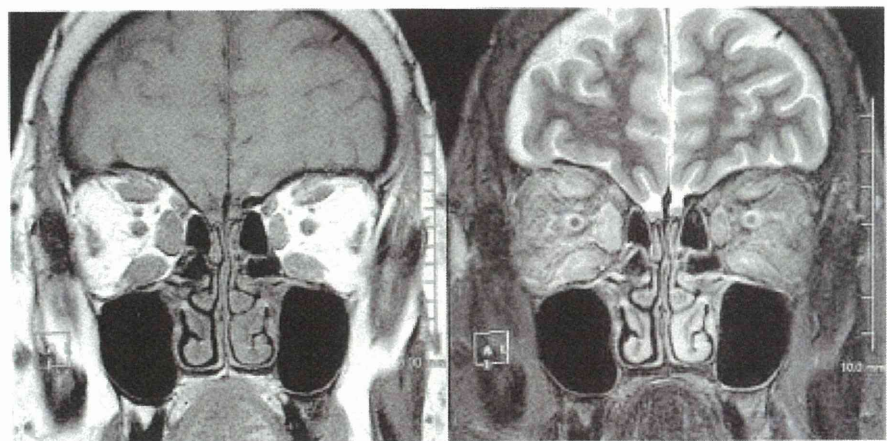
2. 外眼筋の腫大

甲状腺眼症に代表される外眼筋の腫大症例では、画像診断が最も有力な検査となる⁶⁾。図10は甲状腺眼症の症例で、左のスピンエコー画像で外眼筋の腫大が確認でき、STIR画像で炎症による信号の亢進が確認できる。このように、スピンエコー法とSTIR法を組み合わせることにより、甲状腺眼症では外眼筋の腫大程度と、その原因である炎症による浮腫の評価が可能となる。

3. 強度近視性内斜視

強度近視性内斜視は眼位が内下斜視になるとともに、眼球運動が不良となり、いわゆる固定内斜視となる特殊な斜視である。以前は原因不明の難治性斜視とされていたが、最近Yokoyamaらが画像診断により原因を明らかにした⁷⁾。図11は左片眼性の強度近視性内斜視のMRI画像である。写真上段の冠状断で、長眼軸の左眼球後部が上直筋と外直筋の間から筋円錐外に脱臼している。下段のさらに後方の冠状断では、左の上直筋は鼻側に、外直筋は下方に偏位しているのが明らかである。すなわち、長眼軸の眼球後部の脱臼とそれに伴う外眼筋の偏位がこの斜視の原因とされている^{7,8)}。正常である右眼と比較すると、左眼の異常は明らかである。本症例の手術治療としては、上外直筋縫着術(横山法)が有効である⁹⁾。

図10 甲状腺眼症
左がスピンエコー画像、右がSTIR画像である。スピンエコー画像で外眼筋の腫大が明瞭に観察でき、STIR画像で腫大筋の信号強度の亢進が観察できる。



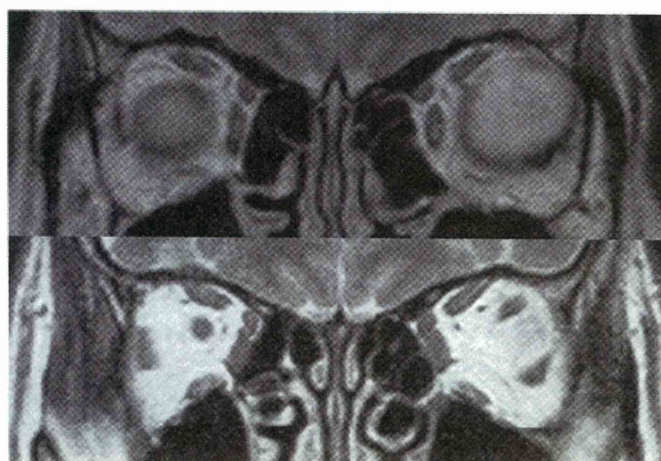


図 11 左強度近視性内斜視

上段の写真では左眼球後部が上耳側方向に筋肉錐から脱臼している。下段の後方スライスでは左上直筋が鼻側へ、左外直筋が下方へ偏位している。一方、右眼窩内には異常は認められない。

おわりに

複視による眼位や眼球運動障害の原因が外眼筋である場合、そのための画像診断は眼科医が主体でなければならない。しかし、眼科医がMRIやCTを用いての画像診断を行う機会はまれで、具体的なオーダー法がわからないことが多い。一方、MRIやCTを運用している放射線科でも、眼窩の特殊性に必ずしも精通しているわけではなく、眼科医がどのような画像を必要としているかわからないという問題がある。このため、眼科と放射線科

で、「眼窩画像診断」についての共通の知識が必要となる。そのためには、眼科医自らが足を運び、放射線科と十分にディスカッションを行い、各施設で適切なプロトコルを構築すべきである。本稿がその参考になれば幸いである。

文 献

- 1) Miller JM : Functional anatomy of normal human rectus muscles. *Vision Res* **29** : 223-240, 1989
- 2) Nishida Y, Aoki Y, Hayashi O et al : Volume measurement of horizontal extraocular muscles with magnetic resonance imaging. *Jpn J Ophthalmol* **40** : 439-446, 1996
- 3) 西田保裕, 井藤隆太, 高橋雅士ほか : MRI, CT の適応と評価. *臨眼* **52** (増刊号) : 37-41, 1998
- 4) 山田泰生 : 眼窩の正常画像. *眼科プラクティス* 5, これならわかる神経眼科 (根木 昭編), p112-116, 文光堂, 2005
- 5) 西田保裕 : MRI の撮像法. *眼臨紀* **2** : 18-22, 2009
- 6) 木村重紀子 : 甲状腺眼症の画像診断. *眼臨紀* **2** : 33-38, 2009
- 7) Yokoyama T, Tabuchi H, Ataka S et al : The mechanism of development in progressive esotropia with high myopia. *Transactions of the 26th Meeting of European Strabismological Association (de Faber JT ed)*, p218-221, Swets & Zeitlinger, Netherlands, 2000
- 8) 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
- 9) Yamaguchi M, Yokoyama T, Shiraki K : Surgical procedure for correcting globe dislocation in highly myopic strabismus. *Am J Ophthalmol* **149** : 341-346, 2010

4. 高齢者に多い眼疾患の診断と治療

2) 加齢白内障

Kurosaka Daijiro
黒坂大次郎*

*岩手医科大学眼科学

はじめに

白内障は、様々な全身疾患や眼疾患に伴って生じてくる場合があるが、多くは加齢に伴う加齢白内障である。視機能障害が生じ、患者が改善を望む場合には、治療として手術が選択される。白内障は、視機能障害によって高齢者のQOLを低下させるが、これは白内障手術によって改善される。医療経済的には、費用対効果の高い手術であり、現在年間100万件近い手術が行われている。これらの概略を解説したい。

白内障の症状と診断

白内障は、水晶体の混濁であり、直接的に視機能を低下させる。白内障が初期の場合には、混濁した部位により症状が異なる。加齢白内障の中でも多い核硬化白内障(図1)は、水晶体の中心部が徐々にやや褐色に濁ってくるもので、はじめは近視化(近くが見えるようになって、老眼が治ったという患者もいる)や複視(ダブって見える)を訴える。水晶体後部の後囊中央から濁る後囊下白内障は、早くから視力低下の原因になる白内障で、初期は縮瞳する明所や近見時に視力低下を訴える。前囊下白内障や皮質白内障は、光が乱反射し、羞明(まぶしさ)を訴える。さらに進行し、水晶体全体が混濁した場合には、視力が大幅に低下し、全体的に白っぽく、ちょうど、霧の中にいるような感じ(霧視)を訴える。異物感、乾燥感などとは、直接的なかわりはない。

診断には、散瞳薬を用いて瞳孔を広げ、細隙灯顕微

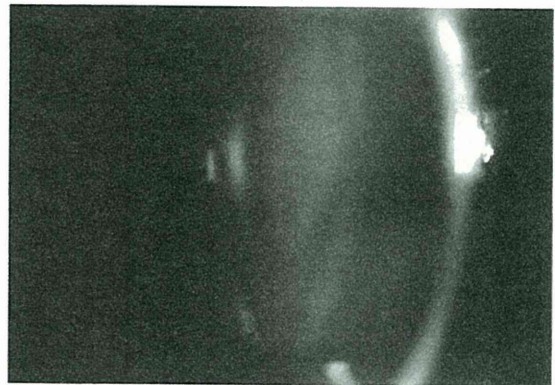


図1 核硬化白内障
水晶体中央部が茶褐色になっている。

鏡で水晶体の混濁を観察する。白内障の有無を確認するのは比較的容易であるが、白内障が視機能低下の原因になっているかどうかは、眼底検査、超音波断層撮影による網膜評価、視野検査などを行って他の部位(網膜など)の異常の有無を判断することが必要である。さらに、眼底を透見できないほど白内障の混濁が強い場合には、超音波エコー検査、網膜電図検査を行って網膜機能の評価を行う。他疾患があった場合には、白内障のみが視機能障害の原因になっているか、他疾患の影響が大きいのかの判断が、その後の治療方針を決める上で重要となる。

白内障とQOL

白内障患者では、様々なQOLが低下することが知られている。患者のQOLの評価として、健康関連QOLがあり、その視覚関連QOLを測定する疾患特異的尺度と

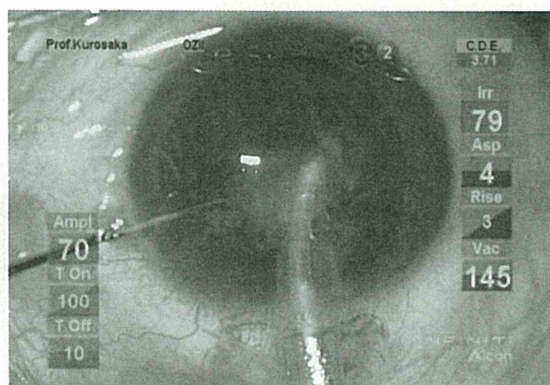


図2 超音波水晶体乳化吸引術
2 mmの創口より混濁した水晶体を除去している。

して、信頼性と妥当性が確認されたものにNEI VFQ-25がある。大鹿ら¹⁾によれば、NEI VFQ-25のうち、白内障手術によって目の痛みの改善は認めないものの、全体的見え方、近見視力行動、遠見視力行動、運転、周辺視野、色覚、社会生活機能、自立、役割制限、心の健康、総合得点で有意に改善する。さらに、白内障手術後のNEI VFQ-25スコアは、正常対象者と同等まで回復すると報告されている。

また、白内障は、様々な日常生活上の危険と結びついている。白内障で手術した患者は、手術していない患者に比べ、転倒や骨折の頻度が減少し²⁾、車の運転に関しても事故を起こす頻度が半減すること³⁾が報告されている。

手術治療の適応

薬物治療として、進行予防に抗酸化薬の点眼や内服などが行われるが、これらの方法では一度進行してしまった白内障を軽減することはできない。また、完全に白内障の進行を遅らせることもできない。このため、点眼治療などを行わず進行して視力が低下したならば、手術を選択することを勧める眼科医もいる。

白内障手術は、基本的には視機能障害となる白内障があり、患者がその改善を希望し、さらに手術によって改善されることが期待される場合に行われる。これ以外にも、眼底管理や、白内障が進行すると緑内障発作を誘発する場合や、緑内障などの治療目的で白内障手術が行われることがある。

全身疾患や眼疾患を合併している場合には、それらの治療状態によって手術時期を決める場合がある。例えば糖尿病では、血糖コントロールが不良の場合で、糖尿病網膜症がある場合には、術後網膜症が悪化する

危険性があり、血糖コントロールを優先させる場合がある。また、活動性のぶどう膜炎などがある場合にも、それらの治療を優先させ、少なくとも小康状態を得られた段階で手術を行うことが多い。

術前の準備

一般的な眼科検査以外に、角膜内皮細胞検査、眼内に挿入する眼内レンズの度数を決定するために、眼軸長検査、角膜曲率検査が行われる。全身検査として、心電図、胸部X線、採血などが行われる。通常の白内障手術では、抗凝固薬の内服によるトラブル例は少なく、一般的には内服を持続したまま手術が行われる⁴⁾。

手術治療

白内障手術は、混濁した水晶体の除去と代替の眼内レンズ挿入が行われる。最近では水晶体の中身を砕いて吸い取ってしまう超音波水晶体乳化吸引術が主流である。

手術は、洗眼後、点眼やテノン嚢麻酔など、ほとんど麻酔時に痛みのない麻酔法が選択される。2～3 mm程度の切開創から混濁した水晶体を除去する(図2)。小さな切開創からの手術であり、しかも切開創を弁状に作成することにより、縫合しなくても弁の機構により自然に切開創を閉鎖させることが可能になった。この方法だと縫合による角膜のゆがみはなくなり、術直後から安定した視機能の回復が可能になる。術後の合併症として多いのは、残存させた水晶体後囊上に水晶体線維が不完全に再生し、視機能を低下させる後発白内障であるが、通常レーザー治療により視機能を回復させることが可能である。また、術後早期に生じる術後眼内炎は、約0.05%の頻度で生じ重篤な視力障害を残すことが多い。

眼内レンズ

さらに手術では、除去した水晶体の代わりに透明な眼内レンズを挿入する。アクリル系プラスチックやシリコンなどの比較的柔らかな素材で作られている眼内レンズが主流で、折りたたんで上述の小さな切開創から挿入可能である。従来、この眼内レンズは、単に1カ所に焦点を合わせる単純なレンズであったが、白内障手術が安定化するとともに、様々な付加価値が付

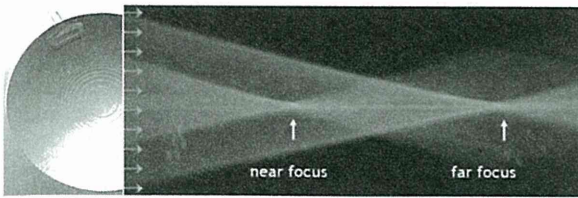


図3 多焦点眼内レンズ
回折現象により遠点と近点に焦点がある。

くようになった。まず着色化では、網膜に到達する有害光を減弱し、加齢黄斑変性の発症・進行を予防する効果が期待されている。非球面化は、夜間など瞳孔が開く状態での視機能を向上させるものである。トーリックレンズは、2009年夏に発売されたものだが、眼内レンズに乱視矯正の効果を含ませたもので、患者自身がつ乱視を軽減させ、術後の裸眼視力の向上を期待するものである。

また、数年前より多焦点眼内レンズが再登場している(図3)。人眼では水晶体の厚みが変化することで遠近の調節を行うが、45歳を過ぎた頃からこの調節機能が低下し、老視(老眼)になる。従来の眼内レンズは、一点のみに焦点が合うため、遠近両用のめがねなどが必要であった。この遠近両用のめがね効果を眼内レンズに負荷したものが、多焦点眼内レンズである。ただ、保険適用での手術が受けられないため、その分の費用負担が必要なこと、他の眼疾患がある場合は適用できないなど、適用には制限がある。

●●● 白内障手術の効用・経済効果

種々の手術法の評価として、近年QALY(quality adjusted life year)が用いられる。時間得失法などで得られた効用値と生命予後より算出されるが、手術によるQOLの改善・生命予後などの要素を含んだもので、様々な部位の手術や処置などにより、どのくらい改善が得られるのかをQALY単位で算出するため、異なった分野の手術であっても相互に比較することが可能である^{5,6)}。欧米のデータでは、1眼目の白内障手術により1.25QALYの改善が得られる⁵⁾。これは、例えば冠動脈バイパス手術が9.8 QALYの改善が得られるのよりも低い。ただし、1 QALY得るために必要な様々な費用を計算すると、白内障手術が1 QALY得るために2,020ドルのコストが掛かるのに対し、冠動脈バイパス手術では7,000ドル掛かり⁶⁾、費用対効果では白内障手術が約3.5倍効率の良い手術となる。一般に、1 QALY

得るために100,000ドル以下の手術が効率の良い手術と考えられており、白内障手術は、費用対効果の高い手術とされている⁵⁾。現在、本邦での解析が行われている。

また、前述のごとく白内障患者は、転倒などのリスクが多く、手術を行わない場合と行った場合の社会が支払うべきコストを比較したデータでは、2001年から2010年までで約1,527億円のプラスの経済効果があると試算されている⁷⁾。

●●● おわりに

白内障手術は、比較的簡単な手術ととらえられがちであるが、患者の高齢化、より良き術後視機能の要求などによって、難易度は増している。だが、その結果として、より良き視機能が得られるようになれば、患者の喜びも大きい。今後社会の高齢化に伴って、その重要性や社会的な意義が増加すると思われるが、全身合併症などを有する患者の増加も考えられ、白内障手術が今後も安全に行われていくためには、他科の先生方の理解や協力が欠かせない。

●●● 文 献

- 1) 大鹿哲郎, 杉田元太郎, 林 研ほか: 白内障手術による健康関連quality of lifeの変化. 日眼誌 2005; 109: 753-760.
- 2) Harwood RH, Foss AJ, Osborn F, et al: Falls and health status in elderly women following first eye cataract surgery: a randomised controlled trial. Br J Ophthalmol 2005; 89: 53-59.
- 3) Owsley C, McGwin G, Sloane ME, et al: Impact of cataract surgery on motor vehicle crash involvement by older adults. JAMA 2002; 288: 841-849.
- 4) Jamula E, Anderson J, Douketis JD: Safety of continuing warfarin therapy during cataract surgery: a systematic review and meta-analysis. Thromb Res 2009; 124: 292-299.
- 5) Busbee BG, Brown MM, Brown GC, et al: Incremental cost-effectiveness of initial cataract surgery. Ophthalmology 2002; 109: 606-613.
- 6) Yock CA, Boothroyd DB, Owens DK, et al: Cost-effectiveness of bypass surgery versus stenting in patients with multivessel coronary artery disease. Am J Med 2003; 115: 382-389.
- 7) 田倉智之. 眼科と医療問題: 白内障手術のアセスメントの考え方: 費用効用分析による白内障手術の医療経済学. IOL&RS 2003; 19: 228-232.

新

ES NOW

Eye Surgery Now

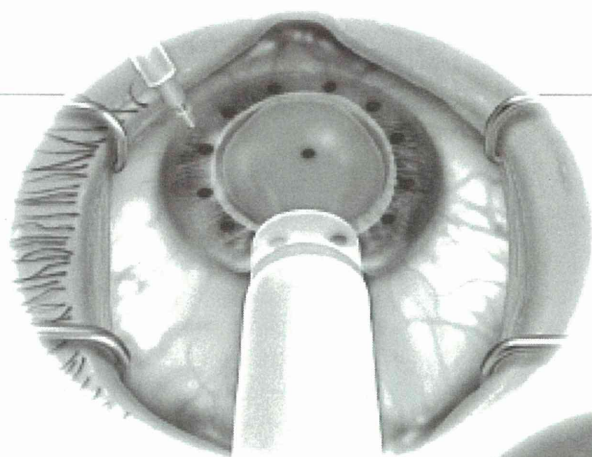
5

眼科手術のロジック

こう考えれば手術は上達する

■担当編集委員

江口秀一郎
江口眼科病院院長



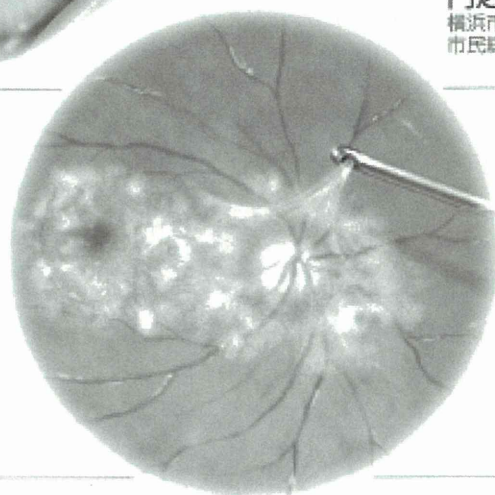
■編集委員

山本哲也
岐阜大学大学院医学系研究科
眼科学教授

江口秀一郎
江口眼科病院院長

ピッセン宮島弘子
東京歯科大学水戸橋病院眼科教授

門之園一明
横浜市立大学附属
市民総合医療センター眼科教授



MEDICAL VIEW

粘弾性物質

黒坂 大次郎

岩手医科大学医学部眼科学教授

粘弾性物質の性質

新しい粘弾性物質（高分子量ヒアルロン酸と4%コンドロイチン硫酸の合剤）が登場し、基本的な性質によって粘弾性物質は、高分子量、低分子量、viscoadaptive、合剤（低分子量）、合剤（高分子量）に分類される。基本的な特徴を①にまとめるが、実際の手術の場面ごとに各粘弾性物質の性質を考えたい。

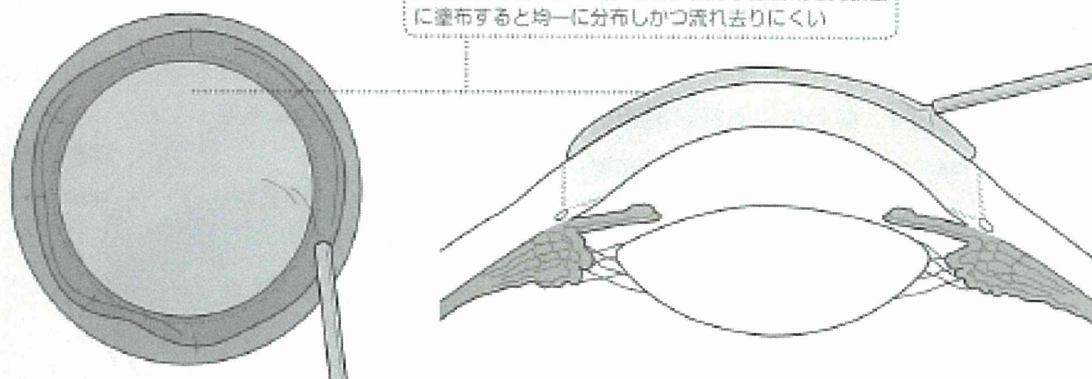
① 各種粘弾性物質の性質

	空間保持	角膜内皮保護	残存時眼圧上昇
高分子量	高い	低い	高い
低分子量	低い	普通	低い
viscoadaptive	きわめて高い	条件により高い	きわめて高い
低分子量合剤	低い	きわめて高い	低い
高分子量合剤	高い	高い	高い

② 前房内視認性改善 角膜上で平坦化し、流れ去らない能力

合剤（低分子量）≫ 他の粘弾性物質

角膜上皮障害がある場合など、低分子量合剤を角膜上に塗布すると均一に分布しかつ流れ去りにくい

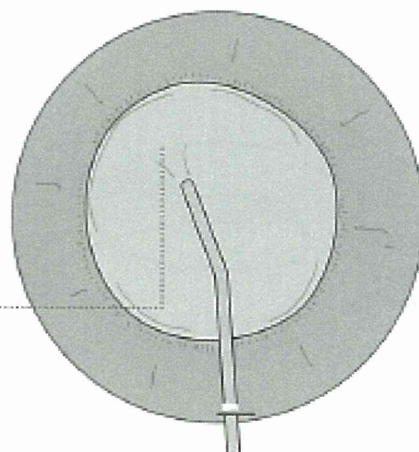


③ 浅前房例での前房確保, 膨隆水晶体での前囊圧平, 小瞳孔で瞳孔拡大, PEA中に核片を浮き上がらせるなど圧迫する力

viscoadaptive > 高分子量 ≥ 合剤（高分子量）≫

合剤（低分子量）≈ 低分子量

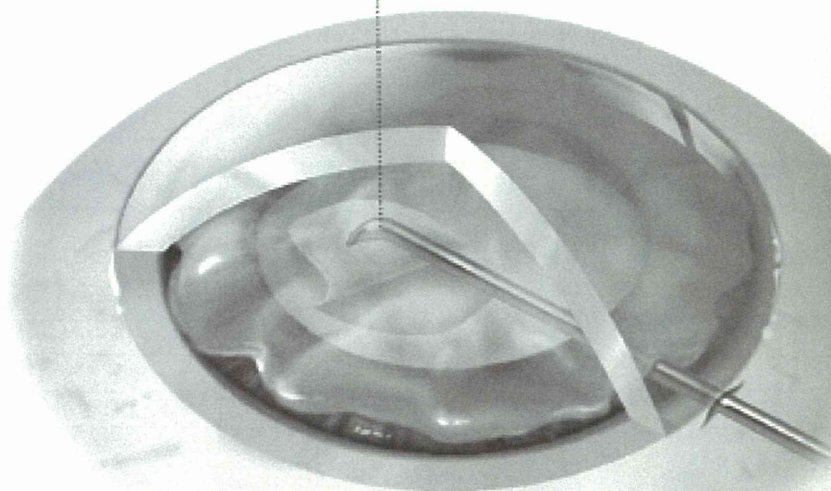
viscoadaptive製剤では虹彩を押し下げ瞳孔を拡張する



④ 前囊切開（チストーム）フラップの広がりやすさ

低分子量 > 高分子量 > 合剤（高分子量） > 合剤（低分子量） ≧ viscoadaptive

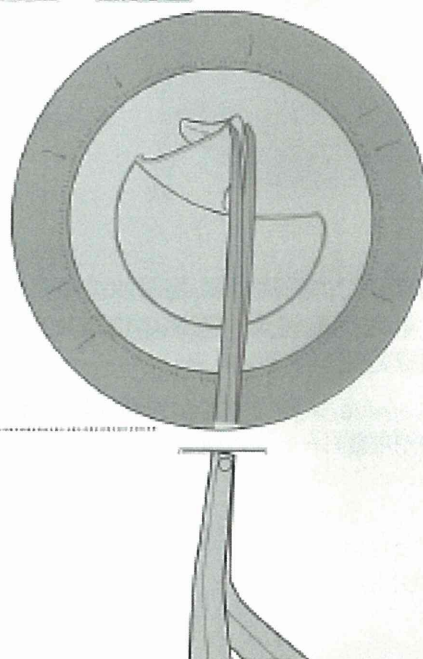
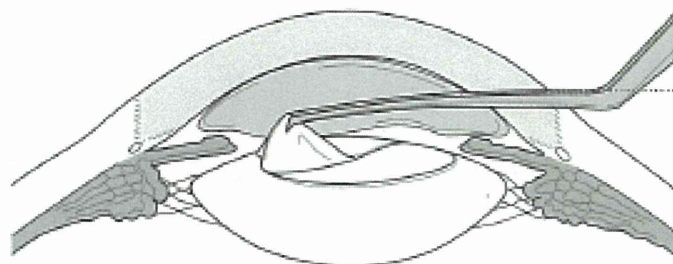
高分子量では、フラップが過度に広がる



⑤ 前囊切開（前囊鑷子）、穿刀による虹彩括約筋切開など創口からの漏れにくさ

viscoadaptive > 合剤（低分子量） > 合剤（高分子量） ≧ 高分子量 ≧ 低分子量

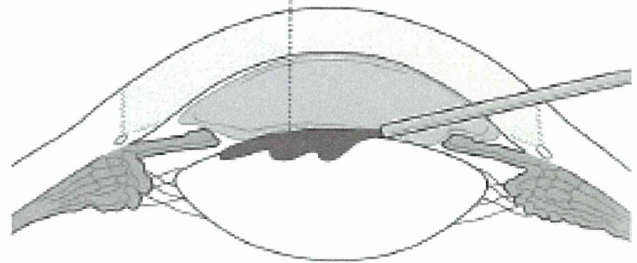
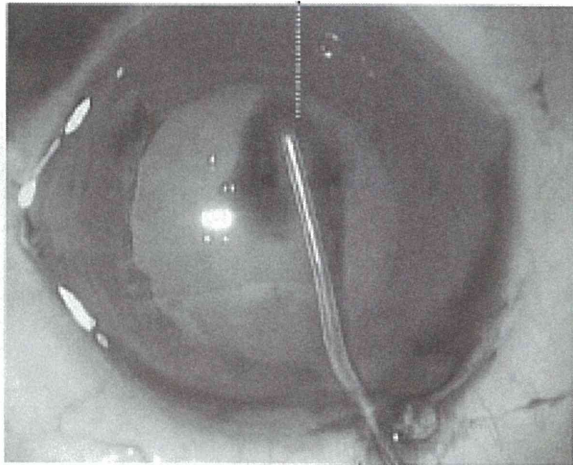
高分子量合剤では、前囊鑷子を創口から挿入してもすぐに漏出して前房が濡れることはない（viscoadaptive製剤では、さらに濡れない）



⑥ 乳化した皮質、トリバンブルー染色での液状物との混合のしにくさ

viscoadaptive > 高分子量 ≧ 合剤 (高分子量) > 合剤 (低分子量) ≡ 低分子量

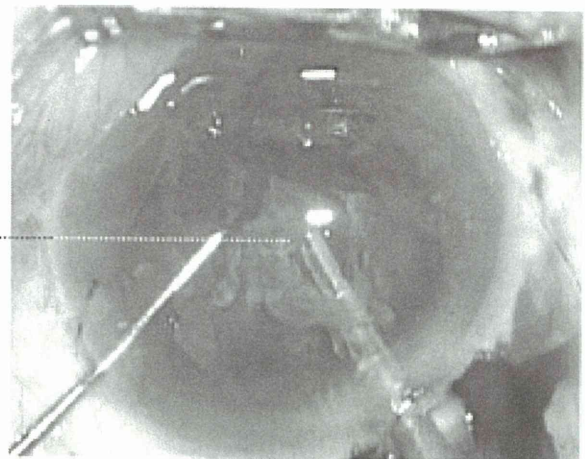
高分子量合剤下でのトリバンブルー
粘弾性物質と前囊の間に拡散している



⑦ PEA中の角膜内皮保護 (PEA中の残存)

合剤 (低分子量) > 合剤 (高分子量) ≡ viscoadaptive
> 低分子量 ≧ 高分子量

角膜内皮面の低分子量合剤の層に
板片の断端がトラップされ、よく
残存していることがわかる



⑧ IOL挿入後の除去のしやすさ

高分子量 ≡ 低分子量 ≧ 合剤 (高分子量) > viscoadaptive
> 合剤 (低分子量)

高分子量合剤の除去
粘弾性物質がひとかたまりになっ
て視認され、それが除去されてい
くのが見える (viscoadaptive
製剤でも、同様に視認できる)

