

## Sliding noose を用いた調節糸法の矯正精度

長谷部 聡, 山根 貴司, 藤原 裕文, 野中 文貴, 中柄 千明, 大月 洋

岡山大学医学部眼科学教室

## 要 約

目的：眼位矯正における調節糸法の意義を明らかにするため、sliding noose による調節糸法の矯正精度を検討した。

対象と方法：各種の斜視疾患で、上下、水平偏位を示す 34 症例(年齢 12~79 歳、遠見斜視角 4~123 prism diopters(PD))を対象とした。テノン嚢内麻酔下で、後転術単独、前後転術、後転術と筋移動術を行い、このうち 1 筋の後転術に調節糸を設置し(Guyton の方法)、術後 6~24 時間で糸の調整を行った。術後初回の斜視検査(1~4 週後、平均 2.8 週)の結果を基に、術後遠見眼位の目標値に対する誤差を検討した。

結果：26 例(76%)に 1~8 回の糸の調節が必要であった。矯正精度は、50% の症例で $\pm 0.8$  瞳孔間距離(P-D)、75% の症例で $\pm 2.0$  PD 以内であったが、10 PD を超える低矯正が内斜視 2 例(6%)にみられた。誤差の分布は術前の斜視角によらず、ほぼ一定であった。

結論：調節糸法により、術後短期的には、過半数の症例で眼位のピンポイント・アライメントが達成できるものと考えられる。(日眼会誌 106 : 149-153, 2002)

キーワード：斜視、調節糸法、両眼視、眼球運動

## Accuracy of Suture Adjustment in Sliding Noose Type Adjustable Strabismus Surgery

Satoshi Hasebe, Takashi Yamane, Hiroyuki Fujiwara, Fumitaka Nonaka, Chiaki Nakatsuka and Hiroshi Ohtsuki

Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School

## Abstract

**Purpose** : To clarify the efficacy of adjustable suture strabismus surgery with sliding noose, we evaluated the accuracy of suture adjustment.

**Methods and Subjects** : Thirty-four patients with various types of strabismus participated [age range : 12~79 years, range of far deviation : 4~123 prism diopters(PD)]. Under sub-Tenon anesthesia, a recession (with or without an additional resection or a muscle transposition) was performed with an adjustable suture (Guyton's procedure), and the suture was adjusted 6~24 hours after the surgery. Based on the initial postoperative examination performed 1~4 weeks (mean : 2.8 weeks) after the surgery, errors in the far deviation from the individual target were analyzed.

**Results** : Twenty-six (76%) patients required suture adjustment 1~8 times. In 50% and 75% of our patients, the errors were within  $\pm 0.8$  and  $\pm 2.0$  PD, respectively, whereas 2 (6%) patients with esotropia showed an undercorrection larger than 10 PD. Distribution of the errors was the same throughout the range of pre-operative deviation.

**Conclusion** : By using the sliding noose type adjustable suture, a pin-point alignment of the eyes can be established in more than 50% of cases, at least, in the early post-operative period. (J Jpn Ophthalmol Soc 106 : 149-153, 2002)

**Key words** : Strabismus, Adjustable strabismus surgery, Binocularity, Eye movement

## I 緒 言

調節糸法 (adjustable suture strabismus surgery) は、

ボツリヌム毒素、眼窩プーリーの発見とともに、20 世紀斜視学におけるマイルストーンの一つと評されている<sup>1)</sup>。欧米では、約 20 年前の Jampolsky<sup>2)</sup>の報告以来、調

別刷請求先：700-8558 岡山市鹿田町 2-5-1 岡山大学医学部眼科学教室 長谷部 聡  
(平成 13 年 5 月 28 日受付, 平成 13 年 8 月 23 日改訂受理)

Reprint requests to : Satoshi Hasebe, M. D. Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School.  
2-5-1 Shikata-cho, Okayama 700-8558, Japan

(Received May 28, 2001 and accepted in revised form August 23, 2001)

調節法の手術手技に関して改良が進み、現在ではその対象は乳幼児を含むほぼすべての斜視疾患に拡大している<sup>3)4)</sup>。しかし、従来の斜視手術に対する調節糸法のアドバンテージは、再手術率の比較において論じられることが多く<sup>5)~9)</sup>、調節糸法を取り入れることによって期待できる矯正精度自体に関する具体的情報が少ないのが実情である。

一方我が国では、煩雑な手術手技、調節時の疼痛、効果の不確実性など、報告当初にみられた問題点が強調される余り、現在では一部の術者が、限られた症例に試みられているにすぎない。調節糸法に関する研究報告も限られており、評価も分かれている<sup>10)~13)</sup>。しかし、これらの報告で使用された調節糸法は、調節糸にスライドする結び目(sliding noose)を置かない、つまり bow-tie 法が主体であり、麻酔や糸の調節のやり方など、現在米国で行われている標準的な方法<sup>14)15)</sup>と比べると、異なる点が少なくない。

そこで、著者らは調節糸法の意義を再評価するため、各種の斜視疾患に対し sliding noose を用いた最新の調節糸法手技(Guyton の手技<sup>15)</sup>)に従って斜視手術を施行し、術後初回の斜視検査に基づいて、調節糸法の矯正精度について検討したので報告する。

## II 対象と方法

### 1. 対象

対象は、調節糸法の目的や方法について説明し書面で同意を得た後、岡山大学医学部附属病院で、調節糸法による斜視手術を行った連続症例 34 例(2000 年 1~12 月)である。男性 12 例、女性 22 例、平均(±標準偏差)年齢は 42±21(12~79)歳であった。

調節糸法の対象とした主な偏位は、内斜偏位 9 例、外斜偏位 10 例、上下偏位 15 例、眼位ずれの大きさは 4~123 prism diopters(PD)(平均 23±21 PD)であった。疾患の内訳は、上斜筋麻痺 5 例、上斜視 5 例、間歇性外斜視 5 例、外転神経麻痺 3 例、網膜剥離術後の癒着性斜視 3 例、動眼神経麻痺 2 例、先天内斜視 2 例、交代性上斜位 2 例、術後内斜視 2 例、核上性眼球運動障害 1 例、甲状腺眼症 1 例、ミトコンドリア脳筋症 1 例、残余外斜視 1 例、恒常性外斜視 1 例であった。術式の内訳は、単筋手術としては、下直筋後転術 9 例、上直筋後転術 6 例、外直筋後転術 4 例、内直筋後転術 1 例、複数筋手術としては、水平筋前後転術 11 例、両内直筋後転術+外直筋短縮術 1 例、Hummelsheim 筋移動術+外直筋後転術 1 例、下直筋後転術+外直筋後転術 1 例であった。

### 2. 手術手技

4% lidocaine(キシロカイン®)点眼と 2% lidocaine(キシロカイン®)を 1 筋当たり 1.5 ml テノン嚢下麻酔を行い、著者のうち 1 名が手術を行った。術中は角膜上に粘弾性物質を点滴し、乾燥による角膜傷害を防いだ。

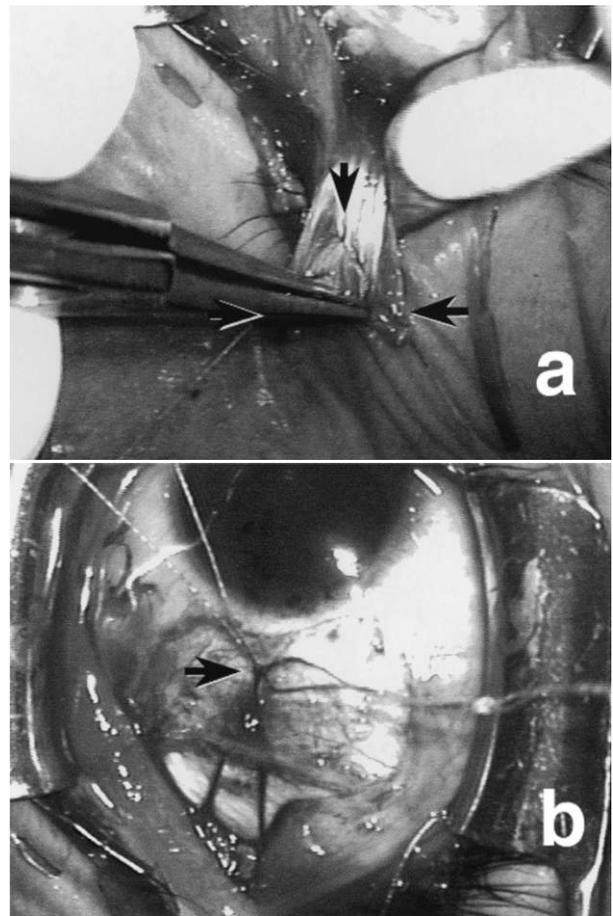


図 1 調節糸法の手術手技

6-0 Vicryl による double armed locking suture の中央通糸(a, 矢印)を、筋の断端から 2~3 mm 後方に置き、筋断端の変形(たわみ)による誤差を最小にした。術後の muscle slippage を防ぐため、筋裏面の筋膜を除去した(a)。Sliding noose(b, 矢印)を後転量+0.75 mm(fudge factor)の位置に設置した後(b)、制御糸を引くことで、sliding noose を筋附着部まで後退させた。

輪部切開法で結膜切開し、斜視鉤で筋をとらえた後、必要最小限で制動靭帯と筋間膜を切開または剥離した。筋は double armed locking bite で縫合糸 6-0 Vicryl(Alcon)を置いた後、附着部から切離した。中央縫合を筋の断端から 2~3 mm 後方に置くことにより、筋断端の変形(たるみ)による定量誤差を最小にした(図 1 a)。さらに、筋と強膜の早期癒着を図り、筋のスリップを防ぐため、筋の裏側の筋膜を除去した。次いで、この 2 本の縫合糸(main suture)を筋附着部中央に通糸し、6-0 Vicryl を 2 回まわして 1-1 結紮することで sliding noose を作製した(図 1 b)。筋附着部には、5-0 dacron で制御糸を置き、結膜創は 8-0 silk(Alcon)で縫合閉鎖した。

後転量は、著者らの術量テーブルを基準に、屈折矯正下遠見斜視角を参考に決定した。後転量には、通糸が三角形の斜辺を走ることによる補正值(fudge factor)0.75 mm を加え、附着部通糸部まで筋の断端を一端牽引したうえで、附着部から sliding noose までの距離をキャ

リパで計測した。

### 3. 糸の調節

術後 6～24 時間で糸の調節を行った。0.4% oxyprocaïne(ベノキシール®)を点眼し、まず座位で、常用眼鏡があれば眼鏡装用し、5 m の距離のペンライトに対してプリズム交代遮閉試験を行った。外斜視では 8 PD の過矯正、内斜視や上下斜視では正位を目標眼位とした。他覚的、自覚的プリズム遮閉試験で目標眼位が得られていないと判断された場合、いったん仰臥位にして、糸の調整を行った。後転の追加には、sliding noose より後方で main suture を把握し、両者を逆方向に牽引、後転の軽減には sliding noose の前方で糸を把握し、両者を逆方向に牽引した。次いで、制御糸で筋の作用方向と逆方向に眼球を牽引し、sliding noose を筋付着部へ後退させた<sup>15)</sup>。再び座位で眼位を確認し、目標とする眼位が得られるまでこの操作を繰り返し、その後縫合糸を結紮した。

### 4. 手術精度の評価

術後 1～4 週(平均 2.8 週)時点で、視能訓練士による術後最初の斜視検査を行った。このうち屈折矯正下での遠見眼位について、糸の調節の際に目標とした眼位との差を調節糸法の誤差とみなし、手術精度を検討した(JMP, SAS Institute Inc)。

## III 結 果

34 例中 26 例(76%)に、糸の調節が必要であった。術前の眼位ずれ(遠見矯正下)の大きさと目標値に対する誤差の関係を図 2 に示した。術前斜視角 4～123 PD の範囲で、術前の眼位ずれの大きさにかかわらず、誤差はほぼ一定の分布を示した。内斜視の 2 例で、13 PD と 20 PD と大きな低矯正がみられたが、その他の 32 例(94%)では、誤差は±5 PD 以内に矯正された。累積度数分析(quantile analysis with a weighted average of the values, 表 1)では、目標値との誤差は、50% の症例で±0.8 PD 以内、75% の症例で±2.0 PD 以内であった。

術前の眼位ずれの種類別に、内斜偏位群、外斜偏位群、上下偏位群に群分けして誤差を比べたところ、50、

75、90% ポイントとも、内斜偏位群で誤差が大きい傾向があったが、3 群間の差は有意でなかった( $p=0.37$ , Kruskal-Wallis test)。また、単筋手術群と複数筋手術群の比較では、90% ポイントについて複数筋群が誤差が大きい傾向があったが、両群間の差は有意でなかった( $p=0.80$ , Wilcoxon test)。

疼痛により糸の調節に支障を来した症例はみられず、多くの症例で、(プリズム)遮閉試験で固視整復運動がほぼ観察できなくなるまで、糸の調節を繰り返すことができた(1～8 回)。術中の角膜障害による霧視や、網膜対応異常により、調節時に正確な遮閉試験が難しい症例も少数みられた。

## IV 考 按

著者らの症例には、網膜剥離後の癒着性斜視、甲状腺眼症など、量定に慎重を要する症例が含まれていたが、

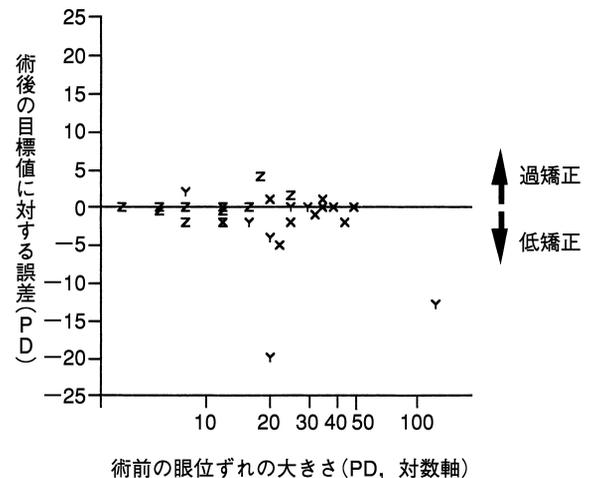


図 2 術前の眼位ずれの大きさと術後の目標値との誤差の関係。

X：外斜，Y：内斜，Z：上下偏位群。術前の斜視角〔4～123 prism diopters (PD)〕によらず、目標値に対する手術効果のずれの分布は、ほぼ一様であった。内斜視 2 例(6%)に 10 PD を超える低矯正がみられたが、他の 32(94%)例では、目標値との誤差は±5 PD 以内に矯正された。屈折矯正下での遠見眼位を示す。

表 1 調節糸法の矯正精度

	各累積度数における目標値に対する遠見眼位の誤差				矯正量	
	n	50%	75%	90%	平均±SD	範囲
全症例	34	0.8 PD	2.0 PD	4.5 PD	21.1±20.1 PD	0-110 PD
内斜偏位群	9	2.0 PD	8.5 PD	20.0 PD	27.4±32.5 PD	0-110 PD
外斜偏位群	10	1.0 PD	2.0 PD	4.7 PD	30.7±12.6 PD	10-50 PD
垂直偏位群	15	0.0 PD	2.0 PD	2.8 PD	11.0± 6.7 PD	4-27 PD
単筋手術群	20	0.8 PD	2.0 PD	4.0 PD	12.2± 6.3 PD	4-27 PD
複数筋手術群	14	0.5 PD	2.0 PD	16.5 PD	34.0±25.7 PD	0-110 PD

SD：標準偏差 PD：prism diopters

調節糸法により、少なくとも術後早期においては症例の75%で、目標値との誤差 $\pm 2$  PD 以内のピンポイント・アライメントを達成することができた。さらに、34 例中32 例(94%)で、美容的に十分許容される範囲( $\pm 5$  PD)<sup>16)</sup>まで、眼位ずれを軽減することができた。外眼筋と強膜の癒着は、術後24 時間から始まり、約3 週間では術前の強度に戻るとされる<sup>17)</sup>。したがって、今回示した術後1~4 週(平均2.8 週)での手術成績は、創傷治癒過程で筋や筋周囲組織の張力変化が長期的には眼位を変動させるとしても、調節糸法自体の矯正精度を示す適当な指標であると思われる。

斜視手術の原理は、筋付着部の移動により筋の張力を変化させ、眼位ずれを矯正することにある。しかし眼位は、筋付着部の距離のみではなく、多数の生体計測的なパラメータ(外眼筋の粘弾性抵抗、外眼筋の長さ、プリーリーの位置、眼窩周囲組織の粘度、眼軸長など)との均衡の上に定まる<sup>18)</sup>。このため、同一量定で手術を行ったとしても、手術効果は症例によって差が生じる。この影響は、これらパラメータが正常値とかけ離れた症例(網膜剥離術後の癒着性斜視や甲状腺眼症など)では深刻な問題となるが、より確実な斜視矯正を追求していくうえでは、一般的な斜視疾患においても、無視できない因子である。生体においてこれらのパラメータを実測することは難しいが、少なくとも調節糸法により、手術効果を術量にフィードバックさせることで、その影響を補正することは可能である。今回、過半数の症例で得られた矯正精度( $\pm 2$  PD)が、ほぼ遮閉試験でとらえ得る限界<sup>19)</sup>と一致したことは、このような調節糸法の原理の合理性を支持するものと思われる。

眼位ずれの種類別の比較(表1)では、外斜偏位群や上下偏位群に比べ、内斜偏位群で矯正精度が若干劣る傾向がみられた。この3 群間では、矯正量をはじめとして背景因子が異なり、統計学的な比較はできないものの、内斜偏位群に10 PD を超える低矯正が2 例含まれていたことが要因と考えられる。1 例は、術前のプリズム・アダプテーション試験で著しいeat-up がみられた症例であり、強固な感覚的な異常により、手術効果が短期間で無効となったのかも知れない。もう1 例は123 PD の大角度の内斜視で、水平筋3 筋に手術を行った症例であった。術前の眼位ずれの大きさと目標値に対する誤差の検討(図2)では、眼位ずれの大きさによらず、手術精度は一定に保たれるようにみえる。しかし、眼位ずれが50 PD を超す症例は1 例のみであり、大角度の症例について同様の矯正精度を期待できるか、症例を重ねて検討する必要がある。

単筋手術群と複数筋手術群の比較(表1)では、矯正量の平均値がそれぞれ12.2 PD と34.0 PD と差があったにもかかわらず、累計度数50、75%ポイントとも矯正精度に差はみられなかった。その理由としては、前後転

術では、後転術単独と異なり、後転筋の張力が保たれるため、糸を調節する際に、強膜上での筋断端の位置が安定するためではないかと考えた<sup>17)</sup>。

調節時の疼痛は、調節糸法の短所として繰り返し指摘されてきたが<sup>10)13)</sup>、その原因は報告者の多くがbow-tie 法を採用していることに注意すべきである。Sliding noose による方法はbow-tie 法と異なり、調節時に直接眼球を鉗子で把握する必要がなく、また1 回の調節が数秒と短いため、調節時に疼痛を訴える患者がほとんどみられなかった。糸の調節が必要になる頻度は報告者によって大きな差があり(39%~52%<sup>9)</sup>)、糸の調節を行うかどうかの基準も術者により異なるようであるが、著者らはプリズム交代遮閉試験で眼位ずれがほぼ観察されなくなるまで、調節操作を繰り返すことができたため、糸の調節の頻度(76%)は、これまでの報告では最も高かった。

また、bow-tie 法では、結び目をほどこき再結紮する間に、初期の調節位置を見失う危険があるが、6-0 Vicryl によるsliding noose は、適度のスムーズネスと安定性を兼ね備え、少しずつnoose の位置を移動させながら、細かい眼位調整を狙うのに適している。さらにVicryl は術後約3 か月で吸収されるため、調節後の糸の処置、縫合糸に対する炎症反応にあまり神経質になる必要がないのも利点である。

調節糸法では、従来の斜視手術以上に、術直後に得られた眼位が(おそらく治癒機転に伴う組織学的な変化<sup>17)20)</sup>により筋の張力が変化し)時間とともに変動することが、大きな問題になる<sup>6)21)~23)</sup>。術直後の矯正精度が優れていても、長期成績に反映されなければ、調節糸法を行う意義は限られたものになる。著者らはGuyton の手技に習い、早期に筋と強膜の癒着を得て筋のスリップを予防するため、筋裏面の筋膜を除去した。しかし、この工夫により、眼位がどの程度に保たれ、あるいは変動を示すか、今後追跡調査が必要である。

生理学的な実験によれば<sup>24)25)</sup>、いったん眼位が融像域内に矯正されれば、その後、外眼筋の張力が徐々に変化したとしても、輻湊の順応機転によって変化が代償される可能性が推定されている。また、術後の眼位変動がある程度予測できれば、外斜視で過矯正を目指す<sup>14)</sup>ように、糸の調節を行う際、意図的に補正を加えることができるかも知れない。輻湊の順応機転が作用する範囲と限界、術後眼位の変動傾向を把握するためには、術直後に正確に眼位ずれを矯正することが必要条件であり、この意味でも、調節糸法を斜視診療に取り入れる意義は少なくない。

斜視手術のエキスパートと初心者で、手術成績に差はないとする報告<sup>26)</sup>がみられる。従来の手術法に頼る限り、先に述べた生体計測的なパラメータの個体差から、手術効果に偶然誤差が介入し、両者の技術的な差がマス

クされるのかも知れない。調節糸法では、理論的には、パラメータの個体差を補正し得るため、経験の差や手技上の優劣は、より手術成績に反映されることであろう。例えば、術中乾燥により角膜障害が起これば調節時の眼位検査が、結膜やテノン囊組織に浮腫や血腫が起これば糸の調整が困難になる。不適切な制動靭帯や筋間膜の処理は、調節時の眼位に影響するかも知れない。この意味で、今回示した手術成績は調節糸法導入期における著者らの個人的な経験を反映したものにはすぎず、調節糸法のエキスパートと比べれば、なお不十分かも知れない。三宅ら<sup>12)</sup>が指摘するように、一つ一つの手術操作を確実に、しかも低侵襲で遂行できるかどうか調節糸法を成功させる鍵といえる。

稿を終えるに当たり調節糸法についてご教授いただいた Johns Hopkins Hospital, Wilmer Eye Institute, Professor David L Guyton に感謝いたします。

## 文 献

- 1) **Kushner BJ** : Pediatric ophthalmology in the new millenium. Arch Ophthalmol 118 : 1277—1280, 2000.
- 2) **Jampolsky A** : Current techniques of adjustable strabismus surgery. Am J Ophthalmol 88 : 406—418, 1979.
- 3) **Strominger M, Richards R** : Adjustable sutures in pediatric ophthalmology and strabismus. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 36 : 112—117, 1999.
- 4) **Isenberg SJ** : Adjustable suture strabismus surgery : Continuing progress. Br J Ophthalmol 85 : 2—3, 2001.
- 5) **Wynanski-Jaffe T, Wyanbeek Y, Bessler E, Spierer A** : Strabismus surgery using the adjustable suture technique. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 36 : 184—188, 1999.
- 6) **Spierer A** : Adjustment of sutures 8 hours vs 24 hours after strabismus surgery. Am J Ophthalmol 129 : 521—524, 2000.
- 7) **Rosenbaum AL, Metz HS, Carlson M, Jampolsky AJ** : Adjustable rectus recession surgery : A follow-up study. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 95 : 817—820, 1977.
- 8) **Keech RV, Scott WE, Christensen LE** : Adjustable suture strabismus surgery. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 24 : 97—102, 1987.
- 9) **Wisnicki HI, Repka MA, Guyton DL** : Reoperation rate in adjustable suture surgery. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 25 : 112—114, 1988.
- 10) **Ohmi G, Hosohata J, Okada A, Fujikado T, Tanahashi N, Uchida I** : Strabismus surgery using the intraoperative adjustable suture method under anesthesia with propofol. Jpn J Ophthalmol 43 : 522—525, 1999.
- 11) **河野玲華, 大月 洋, 長谷部聡** : 甲状腺眼症による上下斜視に対する調節糸法と従来の後転法との比較. 臨眼 54 : 321—325, 2000.
- 12) **三宅三平, 磯村悠宇子, 鈴木福江, 大石文恵, 青山昭夫** : Adjustable Suture Technique を後転法に用いて行った斜視手術の結果. 眼臨 79 : 1274—1278, 1992.
- 13) **松葉裕実, 大越貴志子, 草野良明, 山口達夫, 神吉和男** : Adjustable suture を用いた斜視手術の成績. 日本弱視斜視学会報 20 : 199—202, 1993.
- 14) **Wright KW** : Chapter 7, Adjustable-suture technique. In : Color atlas of Ophthalmic surgery, Strabismus (Ed) : Lippincott Company, Philadelphia, 87—124, 1991.
- 15) **Guyton DL** : Fornix approach with adjustable sutures. Ophthalmic Surgery 5th ed, In : Gottsch JD, et al (Eds) : Arnold, London, 85—91, 1999.
- 16) **Choi RY, Kushner BJ** : The accuracy of experienced strabismologists using the Hirschberg and Krimsky tests. Ophthalmology 105 : 1301—1306, 1998.
- 17) **Hertle RW, James M, Farber MG** : Insertion site dynamics and histology in a rabbit model after conventional or suspension rectus recession combined with ipsilateral antagonist resection. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 30 : 184—191, 1993.
- 18) **Miller JM** : Orbit 1.8 Gaze Mechanics Simulation, User's Manual. Edatic, San Francisco, 1999.
- 19) **Ludvig E** : Amount of eye movement objectively perceptible to the unaided eye. Am J Ophthalmol 32 : 649, 1949.
- 20) **Ohtsuki H, Oshima K, Hasebe S, Kobashi R, Okano M, Furuse T** : Extraocular muscle surgery in a rabbit model : Site of reattachment following hang-back and conventional recession. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 232 : 689—694, 1994.
- 21) **Weston B, Enzenauer RW, Kraft SP, Gayowsky GR** : Stability of the postoperative alignment in adjustable-suture strabismus surgery. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 28 : 206—211, 1991.
- 22) **Eino D, Kraft SP** : Postoperative drift after adjustable-suture strabismus surgery. Can J Ophthalmol 32 : 163—169, 1997.
- 23) **Scotcher SM, O'Flynn EA, Morris RJ** : Inferior rectus recession-an effective procedure? Br J Ophthalmol 81 : 1031—1036, 1997.
- 24) **Schor CM** : The relationship between fusional vergence eye movements and fixation disparity. Vision Res 19 : 1359—1367, 1979.
- 25) **Maxwell J, Schor CM** : Mechanisms of vertical phoria adaptation revealed time-course and two-dimensional spatiotopic maps. Vision Res 34 : 241—251, 1994.
- 26) **Lipton JR, Willshaw HE** : Prospective multicentre study of the accuracy of surgery for horizontal strabismus. Br J Ophthalmol 79 : 10—26, 1995.