

## 近視眼の眼球後部と筋円錐

秋澤 尉子<sup>1)</sup>, 井田 正博<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>東京都保健医療公社荏原病院眼科, <sup>2)</sup>東京都保健医療公社荏原病院放射線科

### 要 約

**目的:** 中等度近視の眼球後部が筋円錐内で偏位しているか否かを検討する。さらに、強度近視も含めた近視眼において眼球後部が筋円錐内で偏位しているか、偏位しているなら偏位量と外眼軸長に相関があるか、偏位の方向に一定の方向性があるか否かを明らかにする。

**対象と方法:** 中等度近視 5 名 7 眼(中等度近視群), 内斜視のない強度近視眼 12 名 15 眼(強度近視群), 内斜視を伴う強度近視 5 名 5 眼(近視性内斜視群), 対照眼 16 名 22 眼(対照群)を対象とした。頭部磁気共鳴画像を 4 直筋からなる筋円錐に垂直に撮影した。眼球視神経接続部から 4 mm 前方位置の画像を用い、外眼軸長と筋円錐内での眼球後部の偏位量および偏位の方向性を測定した。偏位量は筋円錐の中心と眼球の中心との距離とした。

**結果:** 外眼軸長(平均値±標準偏差)は対照群 22.8±0.83 mm, 中等度近視群 26.0±1.5 mm, 強度近視群 29.0±2.3 mm, 近視性内斜視群 30.8±1.9 mm であり、対照群に対し中等度近視群, 強度近視群, 近視性内斜視群は有意に延長した(Dunnett の検定)。4 群を比較すると有意差があった(一元配置分散分析法)。また多

重比較の結果では中等度近視群, 強度近視群, 近視性内斜視群の各群間相互に有意差が認められた。偏位量(平均値±標準偏差)は、対照群 0.11±0.18 mm, 中等度近視群 0.14±0.25 mm, 強度近視群 0.94±0.52 mm, 近視性内斜視群 1.53±0.49 mm であり、対照群に対し、強度近視群, 近視性内斜視群は有意に大きかった(Dunnett の検定)。対照群以外の 3 群には有意差があり(一元配置分散分析)、偏位量は外眼軸長と有意に相関( $r=0.87$ ,  $p=0.01$ )した。多重比較の結果では対照群は強度近視群, 近視性内斜視群と、中等度近視群は強度近視群, 近視性内斜視群と、強度近視群は近視性内斜視群と有意の差があった。偏位の方向性は外上方だった。

**結論:** 対照群, 中等度近視群, 強度近視群, 近視性内斜視群にかかわらず、眼球後部は、外眼軸長の延長に比例し、筋円錐から外上方に偏位する。ついには筋円錐から脱出していくと考えられた。(日眼会誌 110: 984-989, 2006)

**キーワード:** 強度近視, 眼球後部, 筋円錐, 偏位, 外眼軸長

## Displacement of the Posterior Part of the Eyeball in Myopia

Yasuko Akizawa<sup>1)</sup> and Ida Masahiro<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Tokyo Metropolitan Health and Medical Treatment Corporation Ebara Hospital

<sup>2)</sup>Department of Radiology, Tokyo Metropolitan Health and Medical Treatment Corporation Ebara Hospital

### Abstract

**Purpose:** The principal aim of this study was to investigate displacement of the posterior part of the eyeball within the muscle cone in myopic eyes, particularly in moderately myopic subjects as well as in high myopes. Secondly, the correlation of the amount of displacement and the outer axial length of the globe was studied. The direction of displacement was also examined to clarify whether the eyeball tends to shift toward a certain direction.

**Methods:** Seven patients with moderate myopia (moderate myopia group), fifteen patients with high myopia without esotropia (high myopia group), five patients with high myopia and esotropia

(myopic esotropia group), and twenty-two controls (control group) were examined. Using magnetic resonance imaging, the outer axial length and the displacement of the posterior portion of the eyeball in the muscle cone were measured. In order to eliminate interindividual differences in the facial configuration, the coronal scanning was done perpendicularly to the orbital axis. The displacement was measured in a plane 4 mm anterior to the globe-optic nerve junction. The displacement was represented by the distance and direction of the globe center from the center of the muscle cone.

**Results:** In the moderate myopia group, there

別刷請求先: 145-0065 東京都大田区東雪谷 4-5-10 東京都保健医療公社荏原病院眼科 秋澤 尉子

(平成 18 年 1 月 25 日受付, 平成 18 年 7 月 27 日改訂受理) E-mail: akizawa-e@ebara-hp.ota.tokyo.jp

Reprint requests to: Yasuko Akizawa, M.D. Department of Ophthalmology, Tokyo Metropolitan Health and Medical Treatment Corporation Ebara Hospital. 4-5-10 Higashi-yukigaya, Oota-ku, Tokyo 145-0065, Japan

(Received January 25, 2006 and accepted in revised form July 27, 2006)

was no displacement of the posterior part of the eyeball in the muscle cone. It was the same as in the control group. But among the three groups, the displacement (mean  $\pm$  standard deviation) was significantly greater in the myopic esotropia group (1.53  $\pm$  0.49 mm) and the high myopia group (0.94  $\pm$  0.52 mm) than in the control group (0.11  $\pm$  0.18 mm) (one way ANOVA and multiple comparison). The outer axial length and the distance of the displacement in all cases was significantly correlated ( $r=0.87$ ,  $p=0.01$ ). Moreover, the posterior part of the eyeball of the myopic esotropia group and the high myopia group was displaced superiorly and temporally.

**Conclusions** : The posterior part of the eyeball of myopic eyes was displaced superotemporally in the muscle cone regardless of the presence of esotropia, and the amount of displacement was significantly correlated with the outer axial length. The more the eyeball expanded, the farther it was displaced. In the end, it was thought that the most elongated high myopic eyes would dislocate out of the muscle cone.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 110 : 984–989, 2006)

**Key words** : High myopia, Posterior part of the eyeball, Muscle cone, Displacement, Outer axial length

## I 緒 言

強度近視の一部は進行性の内斜視を発症し、前眼部が内下転位に固定し、ついには眼球は可動性を失って固定内斜視となる。本邦では太田ら<sup>1)</sup>、林ら<sup>2)3)</sup>が早くからその発症機序の解明に取り組み、Computed Tomography (CT) 画像の検討から近視により拡大した眼球が眼窩外側骨壁との間で外直筋を圧迫して内斜視を発症するとの仮説を立て、手術法についても検討した。

しかし、Yokoyama ら<sup>4)</sup>は頭部磁気共鳴画像 (MRI) を検討し、近視により拡大した眼球後部が 4 直筋からなる筋円錐から脱出するために眼球後部が上直筋と外直筋の間に嵌頓し、眼球は可動性を失い、ついには前眼部が内下転位に固定するとの発症機序を解明した。近視により拡大した眼球が筋円錐から脱出するのであれば、近視の程度と脱出する関係について定量的な検討が不可欠である。既報<sup>5)~7)</sup>では強度近視、近視に伴う内斜視を対象に定量を行ったが、今回はさらに中等度近視を含めた測定を行い、近視眼の眼球後部と筋円錐との関係を検討したので報告する。

## II 対象および方法

### 1. 対 象

対象は強度近視を伴う内斜視(以下、近視性内斜視群)

5 名 5 眼、内斜視のない強度近視(以下、強度近視群)12 名 15 眼、中等度近視(以下、中等度近視群)5 名 7 眼、正常対照者(以下、対照群)16 名 22 眼である。年齢は近視性内斜視群では 66 歳から 78 歳であり平均値  $\pm$  標準偏差は 71.8  $\pm$  4.4 歳、強度近視群では 55 歳から 86 歳で 74.1  $\pm$  7.0 歳、中等度近視群では 53 歳から 61 歳で 58.4  $\pm$  3.2 歳、対照群では 21 歳から 84 歳で 64.8  $\pm$  18.9 歳であった。

近視性内斜視群 5 名 5 眼の臨床像を表 1 に示した。男性 2 名 2 眼、女性 3 名 3 眼であった。強度近視群は屈折  $-8.0$  D 以上、中等度近視群は屈折  $-3.0$  D 以上  $-8.0$  D 未満とした。対照群は荏原病院で白内障手術を受けた患者で正視から  $-2.0$  D 以内の近視であり、手術後半年以内に頭部 MRI 検査を受けた者とした。なお、強度近視群 12 名、中等度近視群 5 名および対照群 16 名については、研究目的を説明し承諾を得た後に頭部 MRI 検査を施行した。

### 2. 方 法

頭部 MRI 検査はシーメンス社 VISION MRI SCANNER を用いた。

外眼軸長の計測については既報<sup>5)</sup>に述べたごとく、頭部 MRI 水平断画像を用い角膜頂点から眼球後極に至る最大距離を測定した。

筋円錐と眼球後部の位置関係の測定に際しては、既

表 1 近視性内斜視群の臨床像

症例	年齢	性	左右	外眼軸長 (mm)	偏位量 (mm)	偏位の角度 (°)	斜視角 (プリズムジオプトリー)	屈折 (D)	矯正視力	水晶体の有無
1	72	女	右	34.0	2.31	130	30	-4.0	0.6	無水晶体
2	66	女	左	29.5	1.25	170	18	-16.0	0.04	有水晶体
3	73	男	右	29.4	1.16	140	30	-1.50	0.15	偽水晶体
4	70	男	右	30.6	1.70	165	4	-2.75	0.4	偽水晶体
5	78	女	左	30.7	1.23	135	30	-3.0	光覚弁	無水晶体

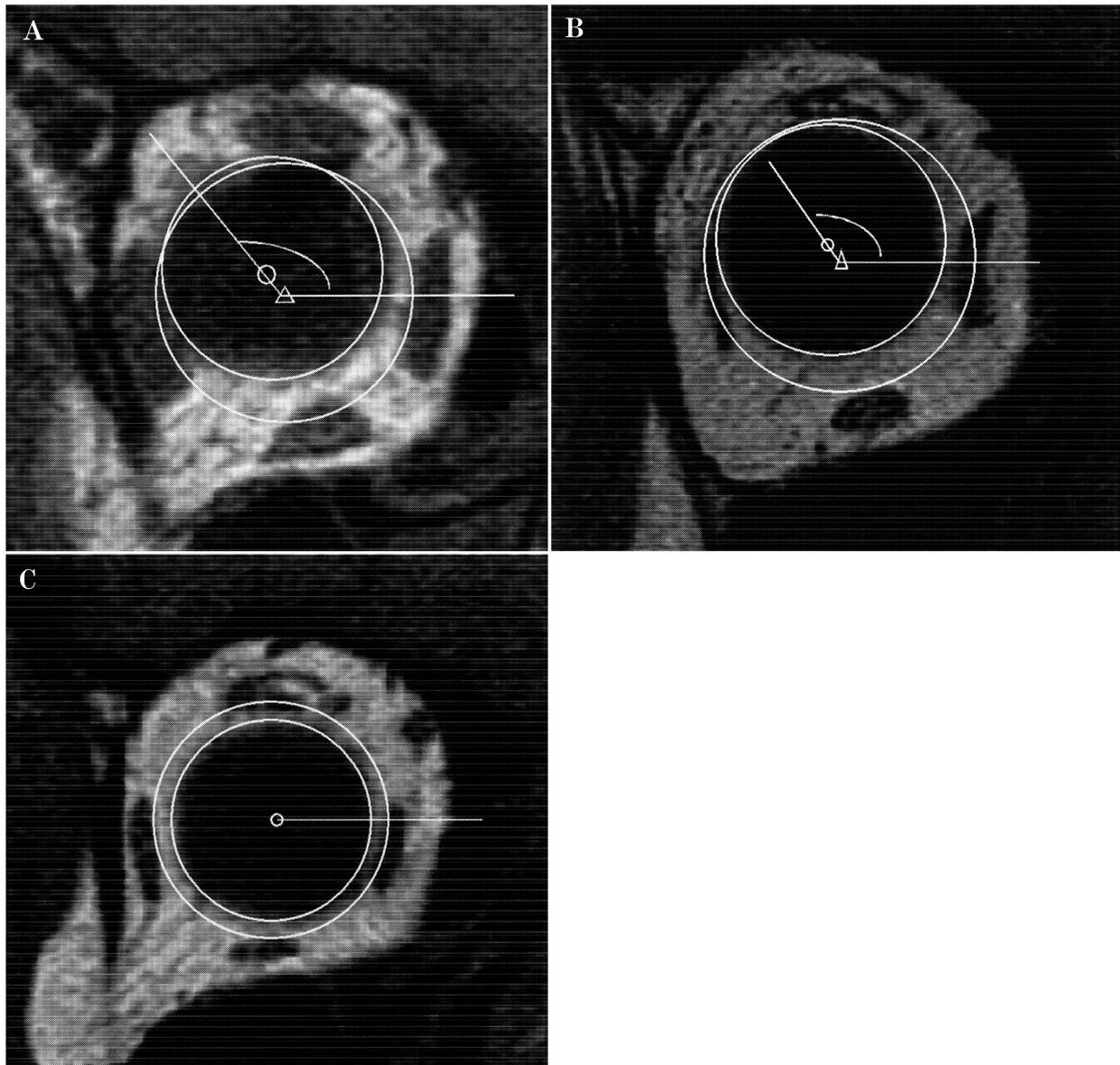


図1 偏位量および偏位の角度の測定方法。

撮影画像から可及的に眼球外壁を通る円の中心(○)と4直筋から成る筋円錐内側を通る円の中心(△)とを求め、2点間の距離を偏位量(mm)とした。偏位の角度は鼻側水平線と2円の中心を結ぶ線のなす角度とし、右眼については反時計回りに左眼については時計回りに測定した。Aは近視性内斜視群の症例1であり偏位量は2.31 mm、偏位の角度は130°であった。Bは強度近視群であり偏位量は1.34 mm、偏位の角度は125°、Cは中等度近視群であり偏位量は0 mm、偏位の角度は0°であった。

報<sup>6)</sup>のごとくとした。すなわち、筋円錐に垂直に頭部MRI撮影を行った。既報<sup>6)</sup>で視神経眼球接続部から6 mm前方位置、4 mm前方位置、2 mm前方位置の3枚の画像で偏位量と外眼軸長の相関関係を検討した結果、4 mm前方位置での画像が一番相関が大きい結果が得られた。そこで、偏位量の測定に際しては4 mm前方位置の1枚の画像を用いた。偏位量については撮影画像から可及的に4直筋の内側を通る円と眼球外壁を通る円を求め、2つの円の中心間の距離とした。偏位の角度については鼻側水平線と2円の中心を結ぶ線のなす角度とし、右眼については反時計回りに左眼については時計回

りに測定した(図1)。

斜視の角度は大型弱視鏡を用いた。視力不良で大型弱視鏡による測定ができない症例はHirshberg法によった。

有意性の検定には、一元配置分散分析法とBonferroniの多重比較、またはDunnnettの検定を用い、5%未満を有意性ありとした。

### III 結 果

対象の眼数・男女比・年齢・外眼軸長・眼球後部の偏位量を表2に示した。

表 2 外眼軸長と眼球後部の偏位量の比較

	眼数	男女比	年齢	外眼軸長(mm)	偏位量(mm)
対照群	22	0.37	64.8±18.9	22.8±0.83	0.11±0.18
中等度近視群	7	0.71	58.4±3.2	26.0±1.5	0.14±0.25
強度近視群	15	0.33	74.1±7.0	29.0±2.3	0.94±0.52
近視性内斜視群	5	0.40	71.8±4.4	30.8±1.9	1.53±0.49
p 値			0.061	0.0001	0.0001

平均値±標準偏差, ) は多重比較, ☆: p<0.05 ☆☆: p<0.01, p: 一元配置分散分析法, n.s.: 有意差なし

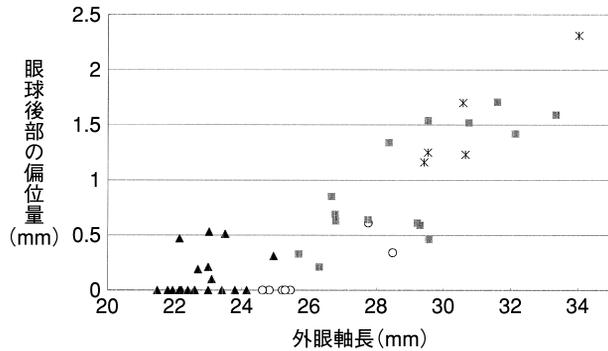


図 2 外眼軸長と眼球後部の偏位量。

▲: 対照群, ○: 中等度近視群, ■: 強度近視群, \*: 近視性内斜視群

全症例の相関係数は 0.87 であり, 有意の相関があった (p=0.01)。

各群の年齢については, 中等度近視群に比し強度近視群・近視性内斜視群で高齢の傾向があったが, 4 群間で有意の差はなかった(一元配置分散分析法)。

外眼軸長について各群間の差を検討した。対照群に対し中等度近視群(p=0.0001), 強度近視群(p=0.0001), 近視性内斜視群(p=0.0001)は有意に延長した(Dunnett の検定)。対照群以外の 3 群を比較すると有意差があった(p=0.0001: 一元配置分散分析法)。また多重比較の結果では中等度近視群, 強度近視群, 近視性内斜視群の各群間相互に有意差が認められた。

眼球後部の筋円錐内での偏位量について各群間の差を検討した。対照群に対し中等度近視群は有意の差はなかったが, 強度近視群(p=0.0001), 近視性内斜視群(p=0.0001)は有意に偏位量が大きかった(Dunnett の検定)。対照群以外の 3 群を比較すると有意の差があった(p=0.0001: 一元配置分散分析法)。また, 多重比較の結果では対照群に対し, 強度近視群(p=0.0001), 近視性内斜視群(p=0.0001)は有意に偏位量が大きく, 中等度近視群に対し強度近視群(p=0.0001), 近視性内斜視群(p=0.0001)は有意に偏位量が大きく, 強度近視群に対し近視性内斜視群(p=0.0026)は有意に偏位量が大きかった。

近視性内斜視群の斜視角は表 1 に示したように 1 例が 4 プリズムジオプトリー, 1 例が 18 プリズムジオプト

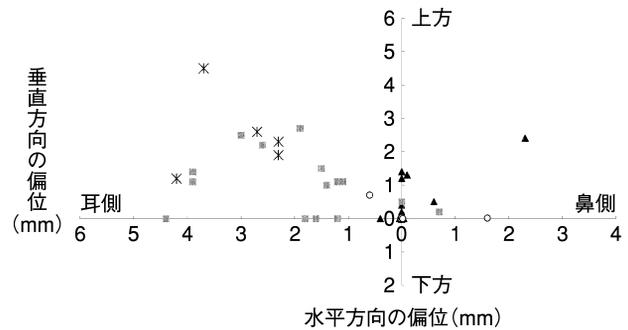


図 3 筋円錐内の眼球後部の位置。

▲: 対照群, ○: 中等度近視群, ■: 強度近視群, \*: 近視性内斜視群

対照群では全例がほぼ中央に位置した。中等度近視群では 7 眼中 6 眼がほぼ中央に位置し, 1 眼がやや鼻側に位置した。強度近視群では 15 眼中 3 眼がほぼ中央に位置し, 3 眼が外方, 9 眼は外上方への偏位を示した。近視性内斜視群では 5 例全例が外上方への偏位を示した。

りー, 3 例が 30 プリズムジオプトリーであった。その偏位量と斜視角の間には有意の相関はなかった。

対照群から近視性内斜視群まで区別なしに外眼軸長と偏位量の相関をみると, 外眼軸長が長くなるに比し眼球後部は筋円錐内での偏位量が大きくなり, 両者には有意の相関があった(r=0.87: p=0.01) (図 2)。

筋円錐内での眼球後部の位置を図示した(図 3)。対照群では 22 眼中 22 眼すべてがほぼ中央に位置した。中等度近視群では 7 眼中 6 眼がほぼ中央に位置し, 1 眼がやや鼻側に位置した。強度近視群では 15 眼中 3 眼がほぼ中央に位置し, 3 眼が耳側, 9 眼が上耳側に位置した。近視性内斜視群では 5 眼中 5 眼が上耳側に位置した。

#### IV 考 按

近視による内斜視は進行性であり, 末期には眼球は可動性を失い, 内下転位に固定した固定内斜視になることが知られている。Yokoyama ら<sup>4)</sup>が MRI 画像の研究から, 近視により拡大した眼球後部が上直筋と外直筋との間に嵌頓し, これに伴って前眼部は内下転位に固定されていくという発症機序を明らかにした。さらに Aoki ら<sup>8)</sup>は視神経眼球接続部から 6 mm 前方の MRI 冠状断撮影像を用い近視による後天性内斜視に発現する筋円錐

からの眼球後部の脱出を定量した。すなわち、中等度近視、強度近視、近視による後天性内斜視群で外直筋と上直筋の偏位を測定し、外直筋と上直筋を結ぶ2線から脱出する眼球部分の比率をsuperotemporal prolapse ratioとして計測した結果、対照群・中等度近視群・強度近視群では差がないのに対し強度近視による後天性内斜視群では有意差があったと定量的な報告をした。一方、Krzizokら<sup>9)10)</sup>は強度近視眼を対象に眼窩内の外眼筋の位置をMRI画像で測定し、正常対照群に比し、眼球運動制限のない強度近視、運動制限のある強度近視の順に上直筋が鼻側に、外直筋が下方に偏位していることを報告した。

しかし、3者はいずれも測定方法には冠状断撮影を行っている。筋円錐と眼球後部の位置関係を把握するにはMRIの撮影方法に2通りが考えられる。筋円錐に垂直に撮影する方法と通常の冠状断撮影法である。Clarkら<sup>11)</sup>は斜視でも第一眼位では眼窩内での外眼筋の位置は変わらないことを示し、Miller<sup>12)</sup>は眼位が異なると眼窩での外眼筋の位置は変わることを示した。すなわち、比較するには一定の眼位にする必要があることを報告しているが、いずれも筋円錐に垂直な撮影法を用いた。一方、近視眼で外直筋の下方偏位を定量したKrzizokら<sup>9)10)</sup>、Yokoyamaら<sup>4)</sup>、Aokiら<sup>8)</sup>は冠状断撮影法を用いた。しかしながら、筋円錐を含む眼窩はそもそも顔面に斜めに位置している。顔面骨には個人差があり、当然眼窩の角度にも個人差があるため、定量を目的とした撮影では筋円錐に垂直の撮影が適切と考える。そこで本報告でもMRIの撮影法は既報<sup>5)~7)</sup>と同様に筋円錐に垂直に撮影した。

さらに眼球の拡大に関する測定方法にも課題がある。最近では超音波Aモード測定法の精度がよく、前述の報告ではすべて眼軸長をAモードで測定している。しかし、Aモード測定法で測定しているのは内眼軸長、すなわち、角膜頂点から網膜中心窩までの距離である。ところで、Curtinら<sup>13)</sup>の述べるごとく、後部ぶどう腫は中心窩以外にも生じており、強度近視では中心窩までの距離が最大長とは限らない。眼球の拡大を把握するには眼球の最大縦径である外眼軸長の測定が必須であり、本報ではMRI画像から眼球最大前後長を測定するという方法を選択した。

近視の後眼部病変は-8.0D以上の強度近視<sup>14)</sup>に多い。既報<sup>9)</sup>では、-8.0D以上の強度近視および近視性内斜視を対象として検討し、眼軸長および眼球後部の筋円錐内での偏位量は対照群、強度近視群、近視性内斜視群の順に多くなり、偏位には外上方という一定の方向性がある結果を得た。さらに本報告で中等度近視に関して眼球後部が筋円錐内でいかなる位置にあるのか検討したところ、中等度近視群では筋円錐内のほぼ中央に位置し、偏位量は対照群と有意差のない結果であった。外眼

軸長が26mm程度の大きさでは眼球は筋円錐内にすっきり収まり、眼球後部が脱出することはなかった。

Krzizokら<sup>9)10)</sup>は眼球運動制限のない強度近視の段階ですでに外眼筋の偏位があったと報告しているが、著者らの測定でも眼球後部の偏位は内斜視のない強度近視でも認められ、偏位量は外眼軸長に比例して連続的であり、Krzizokら<sup>9)10)</sup>と一致した結果であった。しかし、眼球後部の脱出を定量したAokiら<sup>8)</sup>は中等度近視群、強度近視群で上直筋・外直筋の偏位はなく、superotemporal prolapse ratioにも有意の差はない、近視による後天性内斜視群においてのみ上直筋、外直筋の偏位と眼球脱出を認めたと報告した。さらに、眼軸長が32mmを超えると上直筋、外直筋の偏位と眼球脱出が起こり、上直筋、外直筋が偏位するため眼球の上転障害、外転障害が生じて内斜視を発症するとしており、著者らの報告とは異なる結果であった。頭部MRI撮影の方法の違い、および脱出した時点で評価するか偏位が始まった時点で評価するかという測定方法の違いなどが一因と考える。

それではどのくらいの眼球拡大ならば、脱出するのか。さらに、なぜ脱出するのであろうか。

まず、筋円錐の大きさと眼球拡大との相対的な関係を考えて。筋円錐の大きさは、眼球横径と筋円錐の長さに関係する。眼球の横径については、Xiao-dongら<sup>15)</sup>はCT画像を用いて遠視群、正視群、近視群の眼球の形態を検討し、眼球の横径は有意に増加はするものの少ない、一方、前後径は有意に増加、横径対前後径は有意に増加するとし、近視の眼球拡大の多くは前後径の増大に起因すると報告した。すなわち、眼球拡大に伴う筋円錐底面の拡大は少なく、これを超えて眼球前後径が拡大する。だからこそ、眼球が拡大すると筋円錐から脱出すると考える。そこで、脱出する際には一定の方向性があることに注目したい。中等度近視を含め症例数を増やした本報告では、既報<sup>6)</sup>と同様に眼球後部の偏位量は外眼軸長と相関し、偏位の方向性は外上方であった。眼球は筋円錐内で外上方という一定の方向性を持って拡大していく。東<sup>16)</sup>は発生学的研究でヒトの眼球は発生の段階で顔面の正面からシグナル伝達物質が放出され眼球後極に正確に黄斑部が位置付けられる機構が存在すると提唱している。この仮説をとれば、強度近視は眼球の拡大に際し顔面正面から後方へ向かって拡大する。一方で、筋円錐を含む眼窩は視交叉に向かい顔面に斜めに存在する。この眼球後部の拡大の方向性と筋円錐の向きとの解剖学的不一致があるため、眼球の拡大がある一定を超えると筋円錐の外方から脱出してしまうと説明ができる。

中等度近視についても検討したが、結果は26mm程度の外眼軸長では、眼球後部は円錐のほぼ中央にあり、近視による固定内斜視を発症することはなかった。

しかし、一方で眼軸長がある一定以上ならば必ず内斜視

を発症するとは限らない。拡大した眼球の大きさと筋肉錐の大きさ、さらに顔面に対する眼窩の角度という解剖学的な個人差などの相対的なものが関与することも考えられる。さらに、近視性内斜視群については、斜視角と偏位量は相関がない結果であった。Yokoyama ら<sup>4)</sup>、Aoki ら<sup>8)</sup>も斜視角と眼球脱出の程度の相関を論じていないが、症例数が少ないことが一因と考える。

今回の検討では筋肉錐の外方から脱出する機序は説明できるが、なぜ外下方でなく、外上方なのかは未だ不明であり、さらなる検討を要する。

## 文 献

- 1) 太田道孝, 岩重博康, 林 孝雄, 丸尾敏夫: 固定内斜視の画像的研究. 日眼会誌 99: 980—985, 1995.
- 2) 林 孝雄, 丸尾敏夫: 後天進行性内斜視と後天固定内斜視. 日眼会誌 103: 604—611, 1999.
- 3) Hayashi T, Iwashige H, Maruo T: Clinical features and surgery for acquired progressive esotropia associated with severe myopia. *Acta Ophthalmol Scand* 77: 66—71, 1999.
- 4) Yokoyama T, Tabuchi H, Ataka S, Shiraki K, Miki T, Mochizuki K: The mechanism of development in progressive esotropia with high myopia. In: de Faber JT (Ed): Transactions of the 26th meeting, European Strabismological Association, Barcelona, Spain, September 2000. Swets & Zeitlinger Publishers, Lisse, 218—221, 2000.
- 5) 秋澤尉子, 安澄健次郎, 田中明子: 強度近視を伴う内斜視の眼球形態の特徴. 日眼会誌 106: 411—415, 2002.
- 6) 秋澤尉子, 安澄健次郎, 井田正博: 強度近視の眼球後部と筋肉錐. 日眼会誌 108: 12—17, 2004.
- 7) 秋澤尉子, 井田正博: 強度近視に伴う内斜視. 眼科臨床医報 98: 966—972, 2004.
- 8) Aoki Y, Nishida Y, Hayashi O, Nakamura J, Oda S, Yamada S, et al: Magnetic resonance imaging measurements of extra 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) Krzizok TH, Kaufmann H, Traupe H: Elucidation of restrictive motility in high myopia by magnetic resonance imaging. *Arch Ophthalmol* 115: 1019—1027, 1997.
- 10) Krzizok TH, Schoeder BU: Measurement of recti eye muscle paths by magnetic resonance imaging in highly myopic and normal subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 40: 2554—2560, 1999.
- 11) Clark RA, Miller JM, Demer JL: Location and stability of rectus muscle pulleys. Muscle paths as a function of gaze. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 38: 227—240, 1997.
- 12) Miller JM: Functional anatomy of normal human rectus muscles. *Vision Res* 29: 223—240, 1989.
- 13) Curtin BJ, Karlin DB: Axial length measurements and fundus changes of the myopic eye. *Am J Ophthalmol* 71: 42—53, 1971.
- 14) 所 敬, 林 一彦, 佐藤百合子: 高度近視の視力障害について. 厚生省特定疾患網脈絡膜萎縮症調査班, 昭和 53 年度研究, 14—18, 1978.
- 15) Xiao-dong Z, Fang-rum W, Shi-zheng Z, Jin-shi S: A computed tomographic study of the relation between axial biometry and refraction. In: Tokoro T (Ed): Myopia updates. Springer, Tokyo, 112—116, 1998.
- 16) 東 範行: 黄斑疾患 黄斑形成と中心視成立の分子生物学. 日眼会誌 104: 960—985, 2000.