第58回 日本視能矯正学会

一般講演

遠視の屈折矯正を行った弱視と内斜視の眼軸長と脈絡膜厚の変化

佐藤 千尋¹⁾・笠井 彩香¹⁾・森 隆史¹⁾・松野 希望¹⁾
新田 美和¹⁾・橋本 禎子^{1), 2)}・齋藤 章子¹⁾・石龍 鉄樹¹⁾

¹⁾ 福島県立医科大学

²⁾ 桜水さかい眼科

Changes in Axial Length and Choroidal Thickness Wearing Corrective Glasses for Hyperopia with Amblyopia or Esotropia

Chihiro Sato¹⁾, Ayaka Kasai¹⁾, Takafumi Mori¹⁾, Nozomi Matsuno¹⁾,
Miwa Nitta¹⁾, Teiko Hashimoto¹⁾²⁾, Akiko Saito¹⁾, Tetsuju Sekiryu¹⁾

¹⁾ Department of Ophthalmology, Fukushima Medical University

²⁾ Sakuramizu-Sakai Eye Clinic

要 約

【目的】眼鏡装用により遠視の屈折矯正を行っている幼児の眼軸長と脈絡膜厚の変化について調査したので報告する。

【方法】対象は弱視または内斜視に対する治療目的で、遠視または遠視性乱視の矯正眼鏡を装用している幼児18名36眼である。3歳時と4歳時に行った1%アトロピン点眼1日2回7日間の調節麻痺下屈折検査にあわせて、光学的生体測定装置で眼軸長と角膜曲率半径を測定した。同時に光干渉断層計により中心窩下脈絡膜厚を測定した。

【結果】3歳時と4歳時の変化量は、等価球面屈折値は $+0.32 \pm 0.55\text{D}$ 、眼軸長は $+0.19 \pm 0.17\text{mm}$ 、角膜曲率半径は $+0.02 \pm 0.03\text{mm}$ 、中心窩下脈絡膜厚は $+10 \pm 27 \mu\text{m}$ であった。眼軸長と等価球面屈折値の変化量に強い負の相関を認めた ($r=-0.80$, $p<0.01$)。等価球面屈折値と中心窩下脈絡膜厚の変化量には有意な相関は認めなかった ($r=0.15$, $p=0.38$)。眼軸が伸長するほど中心窩下脈絡膜厚が減少する傾向が認められたが相関性は低かった ($r=-0.29$, $p=0.08$)。

【結論】弱視と内斜視の幼児においては遠視の矯正眼鏡装用により、一律に眼軸長と脈絡膜厚が変化することはなかった。

別冊請求先 (〒960-1295) 福島県福島市光が丘1番地

Tel. 024 (547) 1303 Fax. 024 (548) 2640

E-mail : c-3218@fmu.ac.jp

Key words : 眼軸長、脈絡膜厚、等価球面屈折値、角膜曲率半径、遠視

axial length, choroidal thickness, spherical equivalent, corneal curvature radius,
hyperopia

Abstract

【Purpose】 We investigated the changes in axial length (AL) and subfoveal choroidal thickness (SFCT) in children who wore corrective glasses for hyperopia.

【Subjects and Methods】 Subjects were 36 eyes of 18 children who wore corrective glasses for hyperopia or hyperopic astigmatism to treat amblyopia or esotropia. When the subjects received a cycloplegic refraction test with 1% Atropine eye drops twice daily for 7 days at 3 and 4 years of age, measurements of spherical equivalent (SE), AL, and corneal curvature radius (CCR) using an optical biometer and SFCT using optical coherence tomography were obtained.

【Results】 The amounts of changes in SE, AL, CCR, and SFCT between 3 and 4 years of age were $+0.32 \pm 0.55$ D, $+0.19 \pm 0.17$ mm, $+0.02 \pm 0.03$ mm, and $+10 \pm 27 \mu\text{m}$, respectively. A strong negative correlation was found between the changes in SE and AL ($r = -0.80$, $P < 0.01$). No significant correlation was seen between the changes in SE and SFCT ($r = 0.15$, $P = 0.38$). Although increasing AL showed a tendency for decreasing SFCT, the correlation appeared weak ($r = -0.29$, $P = 0.08$).

【Conclusion】 No uniform change in AL or SFCT was observed in children who wore corrective glasses for hyperopia to treat amblyopia or esotropia.

I 緒言

眼球形態の発育には正常な視覚経験が必要であり、幼児期に遠視が減少する正視化現象や学童期の近視化における眼軸の伸長に、視覚入力に影響するとされている^{1),2)}。鳥類を用いた実験では、レンズ負荷による遠視性デフォーカスに対して眼軸伸長が促進され網膜が後方の像面へ移動すること、近視性デフォーカスでは脈絡膜が厚くなり網膜が前方の像面へ移動すること (Choroidal Accommodation) が報告されている³⁾。

光干渉断層計 (OCT: Optical Coherence Tomography) では、日本人の健常成人において、眼軸長と脈絡膜厚は負の相関をもつことが報告されている⁴⁾。弱視眼における脈絡膜厚は、不同視弱視では健常人と同様に眼軸長と負の相関が存在し⁵⁾、遠視性不同視弱視では健眼に比べて弱視眼で厚いと報告されている⁶⁾。一方、斜視弱視眼では脈絡膜厚は健眼と弱視眼に差がないと言われている⁶⁾。

弱視や内斜視の幼児において、屈折度数の変化と眼球形態の関連を明らかにするためには、経時的観察が必要であるが報告は少ない⁷⁾。

今回、3歳時に遠視または遠視性乱視に対して完全矯正眼鏡を装用した幼児の、1年間での眼軸長と脈絡膜厚の変化について調査したので

報告する。

II 対象及び方法

対象は当院で弱視または内斜視に対する治療目的で、治療用眼鏡により遠視または遠視性乱視の完全矯正を行っている幼児18名36眼である。原疾患は屈折異常弱視11名、不同視弱視4名、調節性内斜視4名 (延べ人数) で、1名に屈折異常弱視と調節性内斜視が合併していた。また、調節性内斜視の1例に遠視性不同視を伴う片眼弱視を合併していた。斜視と弱視以外の器質的眼疾患を有する症例は除外した。不同視弱視症例の4例と片眼弱視を伴う調節性内斜視の1例で、完全屈折矯正眼鏡の常時装用に加えて2時間の健眼遮閉が併施されていた。

3歳での治療用眼鏡処方時と4歳での眼鏡更新時に、1%アトロピン点眼を1日2回7日間行ったのちに、据え置き型オートレフケラトメータ (TONOREF[®] II、NIDEK 社) にて調節麻痺下屈折検査を施行した。それに合わせて光学的生体計測装置 (IOL マスター[®] 500、Carl Zeiss 社) で眼軸長と角膜曲率半径を測定した。また、OCT (Heidelberg Spectralis[™] OCT、Heidelberg Engineering 社) を用いて、Enhanced depth imaging (EDI) モードで中心窩を通る水平断と垂直断を撮像した。測定は、午前9時から

午後3時の間で行われた。中心窩下脈絡膜厚 (SFCT: Subfoveal Choroidal Thickness) は、視能訓練士と眼科専門医の2名 (CSとAK) が水平断と垂直断を独立して計測し、そこから得られた4つの数値の平均値とした。検者間の信頼性として級内相関係数を求めた。代表症例を図1に示す。

3歳時と4歳時の各測定結果について Wilcoxon 符号付順位検定で有意差検定を行った。また、3歳時と4歳時の各測定結果の変化量について Pearson の積率相関係数の検定を行い、相関について検討した。

Ⅲ 結果

観察期間は14ヵ月 (11～17ヵ月) であった。等価球面屈折値は3歳時 $+3.82 \pm 2.01\text{D}$ (平均値 $\pm$ 標準偏差, 分布範囲: $+0.87 \sim +8.38\text{D}$)、4歳時 $+4.14 \pm 1.94\text{D}$ ($+0.62 \sim +8.13\text{D}$)、変化量は $+0.32 \pm 0.55\text{D}$ ($-1.00 \sim +1.50\text{D}$)、3歳時と4歳時に有意差を認めた ($p < 0.01$, 表1)。変化量が $\pm 0.5\text{D}$ 未満であったのは、36眼中18眼 (50%) だった。 -0.5D 以上の遠視の減少を3眼に認め、調節性内斜視1例の両眼と屈折異常弱視1例の片眼であった。 $+0.5\text{D}$ 以上の遠視の増加を15

図1 左不同視弱視の代表症例のEDIOCT 水平断画像

3歳時のa) 健眼 ($405 \mu\text{m}$)、b) 弱視眼 ($504 \mu\text{m}$)、4歳時のc) 健眼 ($434 \mu\text{m}$)、d) 弱視眼 ($506 \mu\text{m}$)。矢印 (網膜色素上皮高反射帯の外縁～脈絡膜厚-強膜境界) を脈絡膜厚と定義し、測定した。

表1 3歳時と4歳時の各測定結果と変化量

	3 歳時	4 歳時	変化量	P 値
等価球面屈折値 (D)	$+3.82 \pm 2.01$	$+4.14 \pm 1.94$	$+0.32 \pm 0.55$	$p < 0.01$
	$+0.87 \sim +8.38$	$+0.62 \sim +8.13$	$-1.00 \sim +1.50$	
眼軸長 (mm)	21.08 ± 0.66	21.27 ± 0.63	$+0.19 \pm 0.17$	$p < 0.01$
	$20.16 \sim 22.37$	$20.31 \sim 22.43$	$-0.28 \sim +0.61$	
平均角膜曲率半径 (mm)	7.70 ± 0.26	7.72 ± 0.26	$+0.02 \pm 0.03$	$p < 0.01$
	$7.27 \sim 8.08$	$7.29 \sim 8.19$	$-0.04 \sim +0.11$	
中心窩下脈絡膜厚 (μm)	403 ± 63	413 ± 58	$+10 \pm 27$	$p > 0.05$
	$269 \sim 553$	$269 \sim 512$	$-41 \sim +81$	

上段：平均値 $\pm$ 標準偏差

Wilcoxon 符号付順位検定

下段：分布範囲

眼に認め、両眼とも増加したものは調節性内斜視1例と屈折異常弱視4例、片眼のみ増加したものは調節性内斜視1例と不同視弱視4例でいずれも健眼であった（図2a）。不同視弱視4例での等価球面屈折値の左右差は3歳時に $3.88 \pm 1.33D$ 、4歳時に $2.97 \pm 1.03D$ 、変化量 $-0.91 \pm 0.37D$ で、全例で減少していた。

眼軸長は3歳時 $21.08 \pm 0.66mm$ （20.16～22.37mm）、4歳時 $21.27 \pm 0.63mm$ （20.31～22.43mm）、変化量は $+0.19 \pm 0.17mm$ （-0.28～+0.61mm）、3歳時と4歳時に有意差を認めた（ $p<0.01$ ，表1）。36眼のうち眼軸が短縮したものが4眼あり、調節性内斜視1例の両眼と、不同視弱視2例の健眼だった。眼軸が伸長した32眼のうち0.2mm以上伸長したものが18眼あり、両眼とも伸長したのは調節性内斜視1例と屈折

異常弱視6例、片眼のみ伸長したのは屈折異常弱視1例と不同視弱視3例でいずれも弱視眼であった（図2b）。

平均角膜曲率半径は3歳時 $7.70 \pm 0.26mm$ （7.27～8.08mm）、4歳時 $7.72 \pm 0.26mm$ （7.29～8.19mm）、変化量は $+0.02 \pm 0.03mm$ （-0.04～+0.11mm）、3歳時と4歳時に有意差を認めた（ $p<0.01$ ，表1）。36眼のうち角膜曲率半径が0.03mm以上小さくなったものが4眼あり、屈折異常弱視1例の両眼および屈折異常弱視1例と調節性内斜視1例の片眼であった。角膜曲率半径が0.03mm以上大きくなったものが11眼あり、両眼とも扁平となったものは調節性内斜視1例と不同視弱視1例、片眼のみ扁平となったものは屈折異常弱視4例と不同視弱視2例のいずれも健眼および片眼弱視を伴った調節性内斜

図2 3歳時と4歳時の各検査結果の散布図

a) 等価球面屈折値、b) 眼軸長、c) 平均角膜曲率半径、d) SFCTの結果を、3歳時を横軸に、4歳時を縦軸に示す。

（屈折異常弱視…●、不同視弱視の健眼…□、不同視弱視の弱視眼…■、調節性内斜視…×）

視の弱視眼であった。

1年間で平均等価球面屈折値は有意差をもって遠視化し、平均眼軸長と平均角膜曲率半径は有意差をもって増加していた ($p<0.01$)。

SFCT計測の検者間級内相関係数 (95%信頼区間) は0.97 (0.92~0.96) で、高い再現性を示した。SFCTは3歳時 $403 \pm 63 \mu\text{m}$ (269~553 μm)、4歳時 $413 \pm 58 \mu\text{m}$ (269~512 μm)、変化量は $+10 \pm 27 \mu\text{m}$ (-41~+81 μm)、3歳時と4歳時に有意差を認めなかった ($p>0.05$, 表1)。調節性内斜視の合併例を除いた屈折異常弱視10例20眼の変化量は $+1 \pm 22 \mu\text{m}$ で、10 μm 以上増加したものが7眼、-9~+9 μm の変化であったものが6眼、10 μm 以上減少したものは7眼であった。不同視弱視の弱視眼4例4眼の変化量は $+2 \pm 27 \mu\text{m}$ で、10 μm 以上増加したものが2例、-9~+9 μm の変化であったものが1例、10 μm 以上減少したものは1例であった。不同

視弱視の健眼4例4眼の変化量は $+52 \pm 31 \mu\text{m}$ で、全例で10 μm 以上増加がみられた。調節性内斜視4例8眼の変化量は $+16 \pm 15 \mu\text{m}$ で、10 μm 以上増加したものが4眼、-9~+9 μm の変化であったものが4眼だった (表2)。SFCTが30 μm 以上増加したものが7眼あり、両眼とも増加したものは屈折異常弱視1例で、片眼のみ増加したものは屈折異常弱視1例と不同視弱視3例のいずれも健眼および片眼弱視を伴う調節性内斜視の健眼であった。SFCTが30 μm 以上減少したものが2眼あり、屈折異常弱視1例の片眼と不同視弱視1例の弱視眼であった (図2d)。

眼軸長と等価球面屈折値の変化量には強い負の相関が認められた ($r=-0.80$, $p<0.01$)。眼軸が短くなった4眼はすべて遠視が増加しており、眼軸が長くなるほど遠視が減少する傾向をみとめた (図3a)。

等価球面屈折値とSFCTの変化量には、有意

表2 原疾患ごとの脈絡膜厚の変化量

	N	変化量	10 μm 以上増加	-9~+9 μm	10 μm 以上減少
全例	36	$+10 \pm 27$	17	11	8
屈折異常弱視	20	$+1 \pm 22$	7	6	7
不同視弱視弱視眼	4	$+2 \pm 27$	2	1	1
不同視弱視健眼	4	$+52 \pm 31$	4	0	0
調節性内斜視	8	$+16 \pm 15$	4	4	0

図3 変化量の相関

a) 等価球面屈折値と眼軸長の変化量に、強い負の相関が認められた ($r=-0.80$, $p<0.01$)。

b) 等価球面屈折値とSFCTの変化量に、有意な相関は認められなかった ($r=0.15$, $p=0.38$)。

c) 眼軸長とSFCTの変化量に、有意な相関は認められなかったが ($r=-0.29$, $p=0.08$)、眼軸伸長に伴ってSFCTが減少する傾向がみられた。

(屈折異常弱視…●、不同視弱視の健眼…□、不同視弱視の弱視眼…■、調節性内斜視…×)

な相関は認められなかった ($r=0.15$, $p=0.38$, 図3b)。SFCTの変化量は $+0.5D$ 以上遠視が増加した15眼では $+10 \pm 23 \mu m$ 、 $-0.5D$ 以上遠視が減少した3眼では $+9 \pm 11 \mu m$ 、球面屈折値の変化が $\pm 0.5D$ 未満であった18眼では $+11 \pm 32 \mu m$ であった。等価球面屈折値の変化にかかわらず、SFCTは増加する傾向にあった。

眼軸が長くなるほどSFCTが減少する傾向がみられたが、眼軸長と中心窩下脈絡膜厚には有意な相関は認められなかった ($r=-0.29$, $p=0.08$, 図3c)。眼軸長が短縮した4眼ではSFCTは増加していた。

IV 考案

今回の研究により、治療用眼鏡により遠視または遠視性乱視の完全矯正を行っている幼児では、3歳時と4歳時の1年間で、屈折値は遠視が増加し、眼軸は長くなり、平均角膜曲率半径は扁平化し、SFCTは増加することが示された。

眼軸は36眼中32眼(89%)で伸長していた。1年での眼軸長変化の平均値は $+0.19mm$ で、屈折変化に換算すると $-0.42D$ の遠視減少に相当した。これは、等価球面屈折値の変化とは相反する形態変化であった。したがって、幼児期の屈折変化では、角膜と水晶体での屈折要素の変化を考慮する必要がある。平均角膜曲率半径は、生後2週から4週の間に急激に増大し、8週を過ぎると緩徐になり、生後12週で小児の域に達しほとんど変化がなくなるとされている⁸⁾。また、Gordonらは角膜曲率測定による屈折値が幼児期にも緩徐に減少すると報告している⁹⁾。本研究でも、屈折に変換すると $43.83D$ から $43.72D$ と $0.11D$ 扁平化し、角膜曲率半径に変化がみられた。今回の研究では、等価球面屈折値の変化に $+0.32D$ の遠視の増加があった。これに対して眼球形態変化では、眼軸長の伸長による $-0.42D$ の遠視の減少と角膜曲率半径の増大による $+0.11D$ の遠視の増加の2つをあわせて、 $-0.31D$ に相当する変化を認めた。したがって、等価球面屈折値の変化量 $+0.32D$ と眼軸長と角膜の形態変化によって生じた $-0.31D$ の近視化を補う遠視化をあわせた $+0.63D$ の遠視の増加が、

水晶体の扁平化などの他の眼屈折要素を反映しているものと考えられた。Gordonらは、水晶体屈折は3歳から4歳に約 $0.8D$ 変化すると報告している⁹⁾。本研究の結果はこの既報による当年齢での水晶体の屈折変化と同様の値であった。

本研究では、眼軸長とSFCTおよび等価球面屈折値とSFCTの変化量に、有意な相関は認められなかった。健常人や遠視性不同視弱視の小児症例では、眼軸長とSFCTに負の相関がある。一方で、SFCTは成長に伴い増加し11歳でピークとなり、その後次第に減少するとの報告がある¹⁰⁾。幼児期のSFCT増加と減少には両方向に変化する眼球が混在していた。これは、弱視や斜視の疾患の多様性、日内変動や測定環境などの誤差要因が影響した可能性がある。今後、条件を統一した研究が必要である。本研究の3歳児では、不同視弱視の健眼では全例でSFCTが増加していた。Nishiらは、3～6歳の不同視弱視の症例で、眼鏡装用によるSFCTの変化を一年間観察し、不同視弱視の弱視眼と健眼では、眼鏡装用開始時にSFCTが薄い症例ほど厚くなり、SFCTが厚い症例ほど薄くなる傾向があると報告した⁷⁾。またNishiらの報告で、SFCTは眼鏡装用開始時に弱視眼 $351.9 \pm 59.4 \mu m$ 、健眼 $297.7 \pm 63.6 \mu m$ 、一年後に弱視眼 $346.0 \pm 59.8 \mu m$ 、健眼 $303.1 \pm 62.5 \mu m$ として示している。これは本研究の3歳児の結果と同様の傾向であった。今回の研究から、遠視の矯正に伴う脈絡膜厚の変化は症例により一定ではなく、両眼弱視と片眼弱視の弱視眼と健眼、内斜視で異なる変化を示す可能性が示唆された。今後症例数を増やしての検討が必要である。

脈絡膜厚を検討項目とするうえでは、日内変動の影響についても考慮する必要がある。小児での報告はないが、脈絡膜厚は日本人の成人では午後6時で最も薄く、午前3時で最も厚くなるとされている¹¹⁾。今回検査を行った午前9時から午後3時では $10 \mu m$ 以下の変化であるとされている。本研究での3歳から4歳の脈絡膜厚の変化量は $+10 \pm 27 \mu m$ であり、わずかに日内変動を超える変化であることから有意な変化として推察しているが、日内変動の可能性も否定

できない。

今回の研究で、幼児においては遠視の矯正眼鏡装用により、一律に眼軸長と脈絡膜厚が変化することはなかった。強い屈折異常や弱視をともしなう眼では、独自の眼球形態や発育シグナルの異常などが、脈絡膜厚の変化に影響を与えている可能性があるかもしれない。今後、症例数の蓄積と長期の観察研究を行うことで、遠視眼鏡装用による視能矯正が、脈絡膜形態に与える影響について明らかにできるかもしれない。

参考文献

- 1) Wallman J, Winawer J: Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron* 43, 447-468, 2004.
- 2) Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM: Myopia. *The Lancet* 379, 1739-1748, 2012.
- 3) Wallman J, Wildsoet C, Xu A, Gottlieb MD, Nickla DL, Marran L, et al: Moving the retina: choroidal modulation of refractive state. *Vision research* 35, 37-50, 1995.
- 4) Ikuno Y, Kawaguchi K, Nouchi T, Yasuno Y: Choroidal thickness in healthy Japanese subjects. *Invest ophthalmol vis sci* 51, 2173-2176, 2010.
- 5) Mori T, Sugano Y, Maruko I, Sekiryu T: Subfoveal choroidal thickness and axial length in preschool children with hyperopic anisometropic amblyopia. *Current eye research* 40, 954-961, 2015.
- 6) Araki S, Miki A, Goto K, Yamashita T, Takizawa G, Haruishi K, et al: Macular retinal and choroidal thickness in unilateral amblyopia using swept-source optical coherence tomography. *BMC ophthalmology*, 17(1), 167, 2017.
- 7) Nishi T, Ueda T, Mizusawa Y, Semba K, Shinomiya K, Mitamura Y, et al: Effect of optical correction on subfoveal choroidal thickness in children with anisohypermetropic amblyopia. *PloS one*, 12(12), e0189735.2017.
- 8) 稲垣有司: 角膜曲率半径の経年変化. *日眼会誌* 91, 132-139, 1987.
- 9) Gordon RA, Donzis PB: Refractive development of the human eye. *Archives of ophthalmology*, 103, 785-789, 1985.
- 10) Zhu D, Wang Y, Zheng YF, Yang DY, Guo K, Yang XR, et al: Choroidal thickness in school children: The Gobi Desert Children Eye Study. *PloS one* 12, e0179579, 2017.
- 11) Usui S, Ikuno Y, Akiba M, Maruko I, Sekiryu T, Nishida K, et al: Circadian Changes in Subfoveal Choroidal Thickness and the Relationship with Circulatory Factors in Healthy Subjects. *Invest ophthalmol vis sci*, 53, 2300-2307, 2012.