

200828005A

厚生労働科学研究費補助金  
(感覚器障害研究事業)

小児重症視覚障害の早期治療・  
リハビリテーションによる自立支援

平成20年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 東 範 行

平成21年(2009年)3月

厚生労働科学研究費補助金

(感覚器障害研究事業)

小児重症視覚障害の早期治療・  
リハビリテーションによる自立支援

平成20年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 東 範 行

平成21年(2009年)3月

## 目 次

### I. 総括研究報告書

- 小児重症視覚障害の早期治療・リハビリテーションによる自立支援  
東 範行 国立成育医療センター 眼科 1

### II. 分担研究報告書

1. 重症未熟児網膜症に対する早期硝子体手術の視力予後  
東 範行 国立成育医療センター 眼科 6
2. 乳幼児に対する電気生理学的検査  
近藤 峰生 名古屋大学大学院医学系研究科感覚器障害制御学 9
3. 乳幼児の角膜厚  
佐藤 美保 浜松医科大学医学部眼科 11
4. ゲームを用いた視機能訓練装置の開発  
不二門 尚 大阪大学大学院医学系研究科 感覚機能形成学  
下條 浩史 大阪大学大学院医学系研究科 眼科学 12
5. 小児重症視覚障害の早期治療・リハビリテーションのための自立支援器具  
石橋達朗 九州大学大学院医学研究院 眼科学分野 16

### III. 研究成果の刊行に関する一覧表 18

### IV. 研究成果の刊行物、別刷 24

## 小児重症視覚障害の早期治療・ リハビリテーションによる自立支援

研究代表者 東 範行 国立成育医療センター 眼科 医長

研究要旨：小児重症眼疾患において、1) 従来は行われなかった未熟な段階で早期治療を開始することによる視機能発達温存の可能性の検討、2) 未発達な残存視機能の早期評価法の開発、3) 残存視機能の発達を含めたロービジョンケアプログラムの作成、4) ロービジョンケアのための支援器具の作成を目的とする。本年度の成果として、1) 術後に preferential looking 検査や視力検査によって視機能を評価したところ、網膜剥離が起こっていない早期に手術すれば、日常生活が行われる有用な視力が得られることが判明した。この早期硝子体手術は、予後を顕著に改善することができることが証明された。2) 小児の重症網膜疾患における診断および機能評価手段として、小児から信頼性のある網膜電図(ERG)を記録できる装置の開発を行なった。皮膚電極とノイズ軽減の工夫により、ERGのa波、b波、律動様小波を低ノイズで記録できる装置の開発に成功した。3) 全身麻酔下での眼圧、角膜厚測定を行い、乳幼児の眼球形状を解析した。4) 視覚障害児が、興味を持って積極的に弱視および奥行き知覚の訓練に取り組めるように、視力に応じた弱視訓練装置(2D)および弱い立体視を持つ小児の奥行き知覚訓練装置(3D)の開発を行った。5) 早期リハビリテーションを目的とした支援器具を開発した。

### 研究分担者

近藤 峰生 名古屋大学大学院医学系研究科  
感覚器障害制御学 准教授  
佐藤 美保 浜松医科大学医学部  
眼科学教室 准教授  
不二門 尚 大阪大学大学院医学系研究科  
感覚機能形成学分野教授  
石橋 達朗 九州大学大学院機能制御医学部門  
構造機能学講座眼科学部門教授

### A. 研究目的

視覚障害は成人のみならず小児においても重大な問題で、完全な失明状態と僅かながら視力を有するとで、社会生活を営むに隔絶した差となる。しかし、小児眼科の医療技術の進歩にもかかわらず、現在も治療困難な疾患は多く、視覚障害児はなお多く発生し、増加傾向にある。視覚障害原因の半数以上は依然として先天異常が占めるが、加えて、近年周産期医療の発展による生存率の飛躍的向上とともに重症未熟児網膜症の発症が増加している。少子化社会において、重症小児眼疾患の治療と視覚障害児への医療・教育・福祉を包括したロービジョンケア・社会参加への支援はきわめて重要である。ことに、視覚の感受性のピークは生後2ヵ月～3歳頃までであり、この期間内に

疾患をできるだけ早期に治療し、弱視訓練に加えて、適切な視機能評価と全身症状に応じたロービジョンケアを開始することは、生涯にわたり残存視機能を活用して社会参加していくために非常に重要である。しかし、小児眼科医や視覚障害児ロービジョンケアの専門家は我が国にはきわめて少ないばかりか、世界的にみても有効なロービジョンケアの方法は確立されていない。

小児の視覚障害の対策は、残存視力が僅かでも望める場合と視覚回復が望めない場合で、大きく異なる。前者ではより早期に治療を開始し発達訓練を開始することが、後者ではより強力な社会参加への支援を行うことが、視覚障害児の社会参加支援に大きく寄与すると考えられる。

本研究は、小児重症眼疾患において、1) 従来は行われなかった未熟な段階で早期治療を開始することによる視機能発達温存の可能性の検討、2) 未発達な残存視機能の早期評価法の開発、3) 残存視機能の発達を含めたロービジョンケアプログラムの作成を目的とする。具体的には先天角膜混濁と未熟児網膜症などの網膜硝子体疾患を対象とする。成人と異なり、可塑性をもつ小児においては、飛躍的な成果をあげる可能性を秘めている。さらに4) 残存視機能を有効に使う新たな拡大レンズ(近用拡大CL、拡大眼内レンズ)や

IT技術を用いた支援器具との開発を行う。本年度は、我々が開発した重症未熟児網膜症に対する早期硝子体手術の視力予後を検討して、良好な結果を得た。また、さまざまな術後機能評価法、視覚訓練装置、支援器具を開発した。

## B. 研究方法

### 1) 重症視覚疾患の早期手術による視機能温存

早期硝子体手術を行ったII型/aggressive posterior ROP 38例58眼(男児18例 女児20例)の予後を評価した。出生時の在胎 22~30週(平均25週)、体重 366~1,676g(平均737g)で、手術は修正在胎34~46週(平均38週)、体重 1,050~2,602g(平均1,939g)に行った。術後の網膜復位と黄斑形成を広角度眼底カメラで検討し、視力は3歳未満ではPreferential looking検査で、以後は絵なしはLandolt 1つ字視力検査で評価した。

### 2) 未発達な視機能の早期評価法の開発研究

#### ① 網膜電図による検討

小児でも抵抗なくERGが記録できる皮膚電極ERGに特殊なノイズ除去手法を用いることによって、安定かつ定量的なERGが記録できる新しいERG装置を開発した。装置は、アンプボックス、ERG電源装置、パソコン、刺激装置と電極から構成され、どれも小型で、15秒おきのLEDの自動発光システムと、反応の自動加算記録が可能なソフトウェアを搭載した。刺激には白色LEDを用い、発光装置を視力矯正用の眼鏡フレームに取り付けた。皮膚電極から記録したERGのノイズを軽減する工夫として、1)記録を左右で15秒おきに繰り返して、片眼で8回の加算平均を行なってノイズを軽減する、2)片眼ずつ光刺激して、右眼の波形と左眼の波形の差(減算)を計算することによって、両眼に混入したノイズを除去する。

#### ② 小児の角膜厚測定

全身麻酔下で、斜視手術をうける18歳以下の小児にたいして、眼圧および角膜厚を測定し、年齢群別に平均角膜厚を求めた。

### 3) 残存視機能の発達を含めたロービジョンケア

弱視の訓練のため、神経衰弱と類似のコンピューターゲーム(2D)を開発した。また、奥行き感覚の訓練装置(3D)を開発した。弱視訓練(2D)では、非優位眼の視力を、遮閉膜(Ryser社)を用いて、(0.1)(0.2)(0.3)(0.4)に低下させ、単眼視下で弱視訓練装置(2D)を用いて、1)全員がクリア可能な最高レベル(最小の視標)と視力について、2)クリアまでにかかる時間と視力の関係について、検討した。奥行き感覚訓練装置(3D)では、非優位眼の視力を(0.1)(0.2)(0.3)(0.4)に低下させ、両眼開放下で立体視検査を行い、①全員がクリア可能な最高レベル(最小の視差)と視力について、

②クリア時間と視力の関係について、検討した。

### 4) ロービジョンケアのための支援器具

シースルー型プログラムにカメラを装着した補助視覚装置を用い、その有用性を検討した。暗室で装置を装着の後、障害の程度に応じて、顔の認識、様々なサイズの字の認識が可能であるかを検証し、その満足度の調査を実施した。

## C. 研究結果および考察

### 1) 重症視覚疾患の早期手術による視機能温存

光凝固が十分行われていれば、網膜全復位90%、部分復位10%で、非復位はなく、74%に黄斑が形成された。一方、光凝固不十分だと、網膜全復位が12%のみで、部分復位50%、非復位38%で、いずれも黄斑は形成されなかった。乳頭や後極から増殖が立ち上がった非定型例は復位が得られなかった。

以前の、増殖組織内の新生血管が消退してから行う手術では、全復位が39%、部分復位が37%で、視力も殆どが光覚から手動弁/指数弁にとどまっていた。これに対して、今回の早期手術の視力予後は良好で、手術の段階で網膜剥離がstage 4Bであると0.05以下にとどまっていたが、早期のstage 4Aでは大部分が0.1~0.4の視力を得た。

重症のII型/aggressive posterior ROPが網膜剥離に進行すれば、従来は失明に至ると考えられていた。しかし、早期硝子体手術を行えば、良好な網膜復位率だけでなく、視力予後も良いことが証明された。3歳時点で0.1~0.5の視力が得られるのであれば、普通学校へ進学できる。従来は、多くは有用な視力が得られず、盲学校へ行くことが余儀なくされていたが、大きな進歩である。この手術法の開発によって、重症未熟児網膜症の手術適応は大きく変わり、早期治療の概念が普及した。

この手術では、その前に光凝固が十分に行われているか否かで、予後が大きく異なるので、II型/aggressive posterior ROPの特殊な循環動態の解明が必要と思われる。さらに、体重が極端に少ない未熟児の移送は容易ではなく、網膜症は急速に進行するので、手術器具の改善や、術式の標準化を進め、多くの網膜硝子体手術医が行えるようにすることが重要である。未熟児網膜症が小児の失明原因の40%を超えるようになった現在、この課題を解決することは急務である。

### 2) 未発達な視機能の早期評価法の開発研究、

#### ①網膜電図の検討

十分な加算平均とノイズの効率的除去ができた。従来の方法で、a波はなんとか認識できるが、b波はノイズに埋もれて振幅を計測できなかった。これに対して、我々の新しい方法では、陰性波のa波と陽性波のb波は明瞭に計測でき、b波

の上行脚には4-5個の律動様小波も記録でき、定量的評価に十分耐えうる波形が記録できることがわかった。

従来は定量的評価に耐えうるERGは記録できなかったが、今回の我々の装置は、小型で使いやすい上にノイズレベルも低く、小児の網膜疾患の診断や機能評価に広く用いられる可能性があると考えられた。今後は、1) 各年齢の小児からどの程度信頼性のあるERGが記録できるか、2) 診断に役立つ疾患(先天停止夜盲、先天網膜分離など)からERGを記録し、得られた波形が特徴的な波形(例えば陰性型波形など)を示すかどうか、を確認する。

#### ②小児の角膜厚測定

平均角膜厚は544.3 $\mu$ mで1歳以下は5歳以上の群に比べて有意に薄かった。角膜厚は5歳でほぼ成人のレベルに到達し、平均角膜厚は白人に比べて薄く、アフリカ系黒人に比べて厚いことが明らかとなり、成人と同様の傾向が見られた。

3) 残存視機能の発達を含めたロービジョンケア弱視訓練装置(2D)では、片目の視力を段階的に低下させると、課題をクリアできた人数がレベルの向上とともに減少した。視力と課題を全てクリアできるまでに要する時間の関係は、課題のレベルの向上に伴い延長することが示された。奥行き感覚訓練装置(3D)では、片目の視力を段階的に低下させると、課題をクリアできた人数がレベルの向上とともに減少した。視力と課題を全てクリアできるまでに要する時間の関係は、課題のレベルの向上に伴い延長することが示された。

これまで視力の程度に応じて視標の大きさを変化できるゲーム型の弱視訓練装置は存在しなかったが、われわれの試作した装置は、視力0.1から0.4程度の弱視に対応できることが示唆された。また、奥行き感覚の訓練装置も、眼鏡なしで立体感が得られるインテグラルイメージング方式で、やはり視力0.1から0.4程度の弱視眼に関して有効であることが示唆された。今後は患児に実際に応用する予定である。

#### 4) ロービジョンケアのための支援器具

片眼がほぼ失明している場合、優位眼で求心性視野狭窄があれば、字の認識は不可能であったが、顔の認識は非装着時と比較し改善し、良好な満足度を得た。優位眼が周辺視野の残存のみであれば、顔・字ともに認識は困難であったにもかかわらず、明るさの自覚の増強がみられおおむね満足な結果が得られた。両眼ともにおおむね視力は良好であるが、中心視野が一部残存し、高度な視野狭窄を有している症例では、装置装着により視野障害が高度な側で共通してディスプレイ認識が困難であった。さらに残存視野が多い側で逆にディスプレ

イサイズを縮小した方が対象物の認識が良好であるとの意見が得られた。

今回の検証から、我々の開発した補助視覚装置は、より重症の視覚障害者において装着による良好な満足度が得られたが、障害認定に至らないロービジョンを被験者に想定した場合、ディスプレイ画角の拡大や縮小さらに位置の補正など、使用者にとっての利便性を重視しよりニーズ指向型に柔軟に対応できる開発を進める重要性を認識した。さらに視覚障害児への応用を想定した場合、カメラ機能に加え、独自のコンテンツ作成と提供が必須であると考えられる。

#### D. 結論

II型/aggressive posterior ROPに対する早期硝子体手術後の視力評価を行い、良好な結果を得た。この術式の導入によって、重症未熟児網膜症の予後は大きく改善された。

新しい皮膚電極型ERG装置を開発し、全身麻酔を用いずに小児からノイズの少ない安定したERGを得ることができ、有用な検査となりうるということがわかった。1歳未満の小児の平均角膜厚は522 $\mu$ mで550 $\mu$ mを超える場合には、眼圧の補正が必要と考える。

視覚障害児が、興味を持って積極的に弱視および奥行き知覚の訓練に取り組めるように、弱視訓練装置(2D)と奥行き知覚訓練装置(3D)を開発した。

補助視覚装置を開発し、視覚障害での有用性の検証を行い、症例によっては満足度の高いものがあると確認すると同時に、視覚障害児への応用への問題点の抽出を行った。

#### E. 健康危険情報

該当する危険はなし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

Yokoi T, Nishina S, Azuma N. Glial extrusion from the regressed retinoblastoma after conservative treatment. *Acta Ophthalmol Scand* 2008; 86:462-464.

Azuma N, \*Hida T, Kohsaka S. Hypovascular glial overgrowth from the optic nerve head in fetuses of 16 weeks gestation. *Acta Ophthalmol Scand* 2008; Epub.

Hiraoka M, Nishina S, Nakagawa A, Matsuoka K, Azuma N. Case of aggressive posterior retinopathy of prematurity with atypical neovascular growth. *Jpn J Ophthalmol* 2008; 52:417-419.

Yokoi T, Nakagawa A, Matsuoka K, Koide R, Azuma N. Analysis of pathology in type I Stickler syndrome. *Acta Ophthalmol Scand* 2008; Epub.

Suzuki Y, Yokoi T, Hiraoka M, Nishina S, Azuma N. Congenital rotated macula with relatively good vision and binocularity. *Jpn J Ophthalmol* 2009; In press.

Nishina S, Suzuki Y, Azuma N. Exudative retinal detachment following cataract surgery in Hallermann-Steffens syndrome. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008; 246:453-455.

Seko Y, Azuma N, Takahashi Y, Makino H, Morito T, Muneta T, Matsumoto K, Saito H, Sekiya I, Umezawa A. Human sclera maintains common characteristics with cartilage throughout evolution. *PLoS ONE* 2008;3(11):e3709. Epub 2008 Nov 12.

Iso M, Fukami M, Horikawa R, Azuma N, Kawashiro N, Ogata T. SOX10 mutation in Wardenburg syndrome type II. *Am J Med Genet* 2008;146A:2162-2163.

Yokoi T, Hiraoka M, Miyamoto M, Yokoi T, Kobayashi Y, Nishina S, Azuma N. Vascular abnormalities of aggressive posterior retinopathy of prematurity by fluorescein angiography findings. *Ophthalmology* 2009; In press.

Nishina S, Yokoi T, Yokoi T, Kobayashi Y, Hiraoka M, Azuma N. Effect of early vitreous surgery for aggressive posterior retinopathy of prematurity. *Ophthalmology* 2009 In press.

Kobayashi Y, Suzuki K, Oba S, Nishina S, Azuma N, Okuyama M. Ocular manifestations and prognosis of shaken baby syndrome in Japanese children's hospitals. 2009; *JJO* In press.

Shimizu N, Watanabe H, Kubota J, Wu J, Saito R, Yokoi T, Era T, Iwatsubo T, Watanabe T, Nishina S, Azuma N, Katada T, Nishina H. Pax6-5a promotes neuronal differentiation of murine embryonic stem cells. *Biol Pharm Bull* 2009; in press.

東 範行: 黄斑を形成する遺伝子システムと再生医療への応用. *医学のあゆみ* 2008;226:965-972.

東 範行: 未熟児網膜症の最新の医療. *医療* 2009;62: In press.

東 範行: 未熟児網膜症の診断と治療. *日本眼科医会* 2009; In press.

東 範行: 眼疾病学 丸尾敏夫・栗屋忍 視能矯正学 改訂第2版増補 金原出版 125-137

2008.

東 範行: 未熟児網膜症. 視能訓練士用語解説辞典 *メディカル葵* 2009; In press.

東 範行: 網膜裂孔. 視能訓練士用語解説辞典 *メディカル葵* 2009; In press.

Sugita T, Kondo M, et al. Correlation between macular volume and focal macular electroretinogram in patients with retinitis pigmentosa. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:3551-3558.

Kondo M, Ueno S, et al. Comparison of focal macular cone ERGs in complete-type congenital stationary night blindness and APB-treated monkeys. *Vision Res* 2008;48:273-280.

Kondo M, Kurimoto Y, et al. Recording focal macular photopic negative response (PhNR) from monkeys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:3544-50.

Miho Sato, Emi Amano, Yoshiko Takai, Akiko Hikoya, Yuka Koide, Superior oblique palsy with class III tendon anomaly. *Am J Ophthalmol*, 146, 385-394, 2008.

Akiko Hikoya, Miho Sato, Kinnichi Tsuzuki, Yuka Maruyama Koide, Ryo Asaoka, Yoshihiro Hotta. Central corneal thickness in Japanese children. *Jpn J Ophthalmol* 53 7-11, 2009.

Emi Amano, Miho Sato, Kiyoko Ukai, Hiroko Terasaki. Magnetic resonance imaging of extraocular muscle path before and after strabismus surgery for treating large degree of cyclotorsion induced by macular translocation surgery. *Jpn J Ophthalmol*, in press.

浅野麻衣、正木勢津子、稲垣理佐子、彦谷明子、堀田喜裕、佐藤美保. 液晶視力表 システムチャート SC-2000 の臨床評価. *眼臨紀* 1: 60-63. 2008

Kitaguchi Y, Fujikado T, Bessho K, Sakaguchi H, Gomi F, Yamaguchi T, Nakazawa N, Mihashi T, Tano Y. Adaptive Optics Fundus Camera to Examine Localized Changes in the Photoreceptor Layer of the Fovea. *Ophthalmology*. 2008 Oct;115(10):1771-7.

Bessho K, Fujikado T, Mihashi T, Yamaguchi T, Nakazawa N, Tano Y. Photoreceptor images of normal eyes and of eyes with macular dystrophy obtained in vivo with an adaptive optics fundus camera *J J OPHTHALMOL* 2008; 52:380-385

平井敦子、阿曾沼早苗、大澤結、天野大輔、高田雄介、鶴留康弘、藤木かおり、天野知子、下條裕

史、不二門 尚. 顕微鏡下における立体視機能の  
検討 眼科臨床紀要、2009：2；149-152.

Mochizuki Y, Enaida H, Hisatomi T, Hata Y, Miura M,  
Arita R, Kawahara S, Kita T, Ueno A, Ishibashi T:  
The internal limiting membrane peeling with brilliant  
blue G staining for retinal detachment due to macular  
hole in high myopia.  
Br J Ophthalmol 92(7):1009, 2008

Kawahara S, Hata Y, Kita T, Arita R,  
Miura M, Nakao S, Mochizuki Y,  
Enaida H, Kagimoto T, Goto Y,  
Hafezi-Moghadam A, Ishibashi T:  
Potent inhibition of cicatricial contraction in  
proliferative vitreoretinal diseases by statins. Diabetes  
57(10):2784-2793, 2008

Murakami Y, Ikeda Y, Yonemitsu Y, Onimaru M,  
Nakagawa K, Kohno R,  
Miyazaki M, Hisatomi T, Nakamura M, Yabe T,

Hasegawa M, Ishibashi T, Sueishi K :  
Inhibition of nuclear translocation of  
apoptosis-inducing factor is an essential mechanism of  
the neuroprotective activity of pigment  
epithelium-derived factor in a rat model of retinal  
degeneration.  
Am J Pathol 173: 1326-1338, 2008

Kita T, Hata Y, Arita R, Kawahara S, Miura M, Nakao  
S, Mochizuki Y, Enaida H, Goto Y, Shimokawa H,  
Hafezi-Moghadam A, Ishibashi T:  
Role of TGF-beta in proliferative vitreoretinal  
diseases and ROCK as a therapeutic target.  
PNAS 45: 17504-17509, 2008

G 知的所有権の出願・取得状況（予定を含む）

- |          |    |
|----------|----|
| 1 特許取得   | あり |
| 2 実用新案登録 | なし |
| 3 その他    | なし |



## 重症未熟児網膜症に対する早期硝子体手術の視力予後

研究分担者 東 範行 国立成育医療センター 眼科医長

研究要旨: 重症未熟児網膜症 (II型/aggressive posterior retinopathy of prematurity) は、従来は光凝固を行っても網膜剥離に進行することが多く、きわめて予後不良であった。これに対して我々は早期硝子体手術を開発し、高率な網膜が復位の成績を得た。術後に preferential looking 検査や視力検査によって視機能を評価したところ、網膜剥離が起こっていない早期に手術すれば、日常生活が行われる有用な視力が得られることが判明した。したがって、この早期硝子体手術は、予後を顕著に改善することができることが証明された。

### A. 研究目的

未熟児網膜症には崩症型とも言える重症型が存在する。わが国では厚生省分類<sup>1)</sup>でII型として注意を喚起してきたが、昨年改定された国際分類はこの概念を全面的に受け入れ、aggressive posterior retinopathy of prematurity (ROP)と規定した。近年、体重が極端に少ない超低出生体重児が救えるようになり、わが国でもII型/aggressive posterior ROPや従来とは異なる非定型重症例が増加している。このII型/aggressive posterior ROPはしばしば光凝固では進行が阻止できず、網膜全剥離にいたることも多く、予後がきわめて悪い。網膜剥離の原因である増殖組織は新生血管を多く含むので、従来は中の血管が自然消退してから手術を行っていたが、網膜剥離が起こってから1-2か月経過しているため、網膜障害が進んで、大部分の視力予後は光覚～手動弁にとどまっていた。これに対して、国立成育医療センターでは、この網膜症に早期硝子体手術を行い、きわめて良好な網膜復位の成績を得た。この手術の視力予後を検討した。

### B. 研究方法

2004年7月～2008年3月に早期硝子体手術を行ったII型/aggressive posterior ROP 38例58眼 (男児18例 女児20例)の予後を評価した。出生時在胎22～30週 (平均25週)、体重 366～1,676g (平均737g) で、手術は 修正在胎34～46週 (平均38週)、体重 1,050～2,602g (平均1,939g)に行った。術後の網膜復位と黄斑形成を広角度眼底カメラで検討し、視力は3歳未満ではPreferential looking検査で、以後は絵またはLandolt視力検査で評価した。

### C. 研究結果

術前に光凝固が十分行われていた47眼では、網膜全復位が42眼(90%)、部分復位が5眼(10%)で、非復位はなく、35眼(74%)に黄斑が形成され

た。一方、光凝固不十分な8眼では、網膜全復位が1眼(12%)のみで、部分復位が4眼(50%)、非復位が3眼(38%)であった。いずれも黄斑は形成されなかった。また、乳頭や後極から増殖が立ち上がった非定型例が3眼あり、いずれも復位が得られなかった。

早期手術を開始する前に行っていた増殖組織内の新生血管が自然消退してから行う手術では、252眼で全復位が98眼(39%)、部分復位が92眼(37%)であり、視力も図1に示すように、殆どが光感覚から手動弁/指放弁にとどまった。

これに対し、早期手術の視力予後は良好で (図2)、手術の段階で既に網膜剥離が進んでいたstage 4Bは0.05以下にとどまっていたが、早期のstage 4A症例では大部分が0.1～0.4の視力を得た。

図1 網膜剥離に対する従来の硝子体手術の視力予後

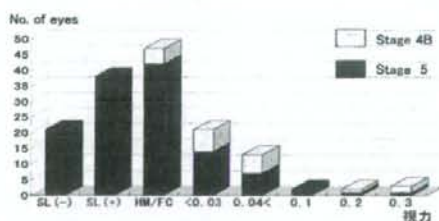
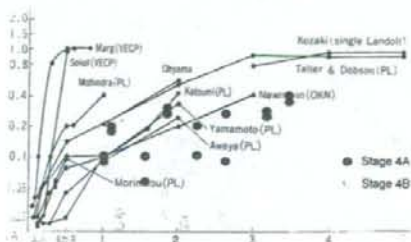


図2

II型 / Aggressive-Posterior ROPに対する早期硝子体手術の視力予後



#### D. 考察

重症のII型/aggressive posterior ROPが網膜剥離に進行すれば、従来は失明に至ると考えられていた。しかし、早期硝子体手術で有形硝子体を十分に除去して増殖の足場を取り払えば進行が抑えられ、良好な予後が得られることが明らかになった。既に網膜復位率で良好な成績を発表したが、今回は視力予後も良いことが証明された。3歳時点で正常児では平均0.5の視力であるのに比べて、0.1~0.5の視力が得られた。この視力であれば、普通学校へ進学できるに十分である。従来はII型/aggressive posterior ROPが起これば、多くは有用な視力が得られず、盲学校へ行くことが余儀なくされていたが、大きな進歩である。

この手術法を開発してから、重症未熟児網膜症の手術適応は大きく変わり、光凝固を十分に行って功を奏さなければ、早期に硝子体手術を行うという概念が普及した。Stage 5の網膜全剥離に至る前に専門施設に送ることが一般化されつつある。

この手術では、その前に光凝固が十分に行われているか否かで、予後が大きく異なる。II型/aggressive posterior ROPはI型/classic ROPと循環動態が大きく異なり、血管新生因子の放出も多いと思われ、今後はこの点の病態解明が適応や予後のさらなる改善のために必要と思われる。

さらに、手術器具の改善や、術式の標準化を進め、ある程度の優れた技術をもつ網膜硝子体手術医であれば、この新規手術を行えるようにすることが重要である。体重が極端に少ない未熟児の移送は容易ではなく、一方で網膜症は急速に進行するので、手術の時宜を逸することも多い。未熟児網膜症が小児の失明原因の40%を超えるようになった現在、この課題を解決することは急務である。

#### E. 結論

II型/aggressive posterior ROPに対する早期硝子体手術後の視力評価を行い、良好な結果を得た。この術式の導入によって、重症未熟児網膜症の予後は大きく改善された。

#### F. 健康危険情報

該当する危険はなし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

###### 原著論文

1. Yokoi T, Nishina S, Azuma N. Glial extrusion from the regressed retinoblastoma after conservative treatment. *Acta Ophthalmol Scand* 2008; 86:462-464.

2. Azuma N, \* Hida T, Kohsaka S. Hypovascular glial overgrowth from the optic nerve head in fetuses of 16 weeks gestation. *Acta Ophthalmol Scand* 2008; Epub.
3. Hiraoka M, Nishina S, Nakagawa A, Matsuoka K, Azuma N. Case of aggressive posterior retinopathy of prematurity with atypical neovascular growth. *Jpn J Ophthalmol* 2008; 41:7-419.
4. Yokoi T, Nakagawa A, Matsuoka K, Koide R, Azuma N. Analysis of pathology in type I Stickler syndrome. *Acta Ophthalmol Scand* 2008; Epub.
5. Suzuki Y, Yokoi T, Hiraoka M, Nishina S, Azuma N. Congenital rotated macula with relatively good vision and binocularity. *Jpn J Ophthalmol* 2009; In press
6. Nishina S, Suzuki Y, Azuma N. Exudative retinal detachment following cataract surgery in Hallermann-Stieff syndrome. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008; 246:453-455.
7. Seko Y, Azuma N, Takahashi Y, Makino H, Morito T, Muneta T, Matsumoto K, Saito H, Sekiya I, Umezawa A. Human sclera maintains common characteristics with cartilage throughout evolution. *PLoS ONE*. 2008;3(11):e3709. Epub 2008 Nov 12.
8. Iso M, Fukami M, Horikawa R, Azuma N, Kawashiro N, Ogata T. SOX10 mutation in Wardeburg syndrome type II. *Am J Med Genet* 2008;146A:2162-2163.
9. Yokoi T, Hiraoka M, Miyamoto M, Yokoi T, Kobayashi Y, Nishina S, Azuma N. Vascular abnormalities of aggressive posterior retinopathy of prematurity by fluorescein angiography findings. *Ophthalmology* 2008; in press.
10. Nishina S, Yokoi T, Yokoi T, Kobayashi Y, Hiraoka M, Azuma N. Effect of early vitreous surgery for aggressive posterior retinopathy of prematurity. *Ophthalmology* 2009; in press.
11. Kobayashi Y, Suzuki K, Oba S, Nishina S, Azuma N, Okuyama M. Ocular manifestations and prognosis of shaken baby syndrome in Japanese children's hospitals. *JJO* 2009; in press.
12. Shimizu N, Watanabe H, Kubota J, Wu J, Saito R, Yokoi T, Era T, Iwatsubo T, Watanabe T, Nishina S, Azuma N, Katada T, Nishina H. Pax6-5a promotes neuronal differentiation of murine embryonic stem cells. *Biol Pharm Bull* 2009; in press.

#### 総説

1. 東 範行: 黄斑を形成する遺伝子システムと再生医療への応用. *医学のあゆみ* 2008;226:965-972
2. 東 範行: 未熟児網膜症の最新の医療. *医療* 2009;62: In press
3. 東 範行: 未熟児網膜症の診断と治療. *日本*

眼科医会 2009; In press

辞典 メディカル葵 2009; In press

著書

1. 東 範行：眼疾病学 丸尾敏夫・栗屋忍 視能矯正学 改訂第2版増補 金原出版 125-137 2008.
2. 東 範行：未熟児網膜症 視能訓練士用語解説辞典 メディカル葵 2009; In press
3. 東 範行：網膜裂孔 視能訓練士用語解説

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

## 乳幼児に対する電気生理学的検査

研究分担者 近藤 峰生 名古屋大学大学院医学系研究科感覚器障害制御学 准教授

研究要旨：小児の重症な網膜疾患における診断および機能評価の手段として電気生理学的検査、特に網膜電図（ERG）は重要である。しかしながら従来の ERG 検査では角膜上にコンタクトレンズ電極を装着する必要があったため、全身麻酔下でなければ小児から信頼性のある ERG を記録することはできなかった。そこで今回我々は、下眼瞼の皮膚上に貼った電極（皮膚電極）からノイズの少ない ERG が記録できる装置の開発を行なった。ノイズを軽減するために以下の2つの工夫を行なった。まず、左右を15秒おきに交互に8回記録して十分な加算平均を行なった。さらに、両眼の反応を減算することによって筋電図ノイズを効率的に除去した。これによって、ERGのa波、b波のみならず律動様小波も低ノイズで記録できる新しい皮膚電極 ERG 装置の開発に成功した。

### A. 研究目的

自覚的な視機能検査の信頼性が低い小児においては、他覚的な電気生理学的視機能検査は重要な検査である。特に小児期から夜盲、羞明、あるいは視力低下などの症状が出現する遺伝性網膜疾患の診断においては、この電気生理学的検査（特に網膜電図：ERG）は極めて重要である。また、生下時より重症の視力障害を伴う未熟児網膜症の障害の様式と程度を知る上でも、網膜を局別に機能評価できる ERG は有用である（Fulton et al. IOVS, 2008）。しかし、小児から信頼性のある ERG を記録することは容易ではない。その主な理由は、全身麻酔をしていない状態で小児の角膜上にコンタクトレンズ電極を装着することの困難さにあった。角膜上にコンタクトレンズ電極を装着しなくても ERG を記録できる方法の一つとして、皮膚電極 ERG がこれまでも提案されてきたが、ノイズが多く不安定であるために定量的な評価にまでは至らなかった。

今回の研究の目的は、小児でも抵抗なく ERG が記録できる皮膚電極 ERG に特殊なノイズ除去手法を用いることによって、安定かつ定量的な ERG が記録できる新しい ERG 装置を開発することである。

### B. 研究方法

今回研究に用いた装置は、アンプボックス、ERG 電源装置、パソコン、刺激装置と電極 から構成されている（図1）。これらの部品はどれも小型のものを採用しており、装置のスペースは最小限とすることができた。パソコンには、15秒おきの LED の自動発光システムと、反応の自動加算記録

が可能なソフトウェアを搭載した。



図1. 新しい皮膚電極 ERG 装置の構成

刺激には白色 LED を使い、発光装置を視力矯正用の眼鏡フレームに取り付けた（図2）。



図2. 刺激装置（左）と下眼瞼に貼付けた皮膚電極

今回、皮膚電極から記録した ERG のノイズを軽減する工夫として、以下の2つの方法を用いた。

(1) ERG 記録を左右で15秒おきに繰り返して、片眼で8回の加算平均を行なってノイズを軽減する。(2) 片眼ずつ光刺激して、右眼の波形と左眼の波形の差（減算）を計算することによって、両眼に混入した筋電図などのノイズを効率的に除去する。

(倫理面への配慮)

今回の研究は、検査についての十分な説明後に被験者の承諾を得て行なった。

### C. 研究結果

15秒毎に右眼と左眼の記録を交互に8回ずつ行なうことによって十分な加算平均を行なうことができた。また両眼の反応を減算することによって筋電図などのノイズを効率的に除去することができた。

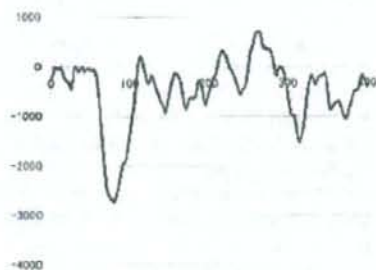


図3. 従来の方法による皮膚電極 ERG

図3に従来の方法による皮膚電極 ERG の例を示す。a 波はなんとか認識できるが、b 波はノイズに埋もれて振幅を計測することができない。

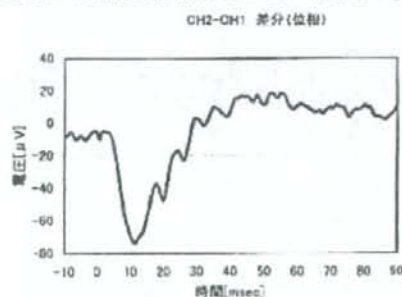


図4. 我々の方法による皮膚電極 ERG

図4に我々の新しい方法を用いた ERG の記録例を示す。陰性波の a 波と陽性波の b 波は明瞭に計測でき、b 波の上行脚には4-5個の律動様小波も記録できている。定量的な評価に十分耐えうる波形が記録できることがわかった。

### D. 考察

従来の皮膚電極 ERG 装置では、ERG の反応がある、ないという定性的な評価はできたが、ノイズの混入のために定量的評価に耐えうる ERG 記録は記録できなかった。それに対して今回の我々の装置では、a 波や b 波の記録だけでなく、網膜内層に起源を有する律動様小波の記録も十分可能であることがわかった。今回の皮膚電極 ERG 装

置は、小型で使いやすい上にノイズレベルも低いいため、小児の網膜疾患の診断や機能評価に広く用いられる可能性があると考えられた。

今後は以下の2点を確認すべきであると考えている。1つは、多くの小児から実際に記録を行ない、各年齢の小児からどの程度信頼性のある ERG が記録かを実際に確認することである。2つめは、実際に ERG が診断に役立つ疾患(先天停止夜盲、先天網膜分離など)から ERG を記録し、得られた波形が特徴的な波形(例えば陰性型波形など)を示すかどうかを確認することである。

### E. 結論

今回我々が開発した新しい皮膚電極型 ERG 装置は、全身麻酔を用いずに小児からノイズの少ない安定した ERG を得ることができる装置として、有用な検査となりうるということがわかった。

### F. 健康危険情報

なし

### G. 研究発表

#### 1. 論文発表

- 1) Sugita T, Kondo M, et al. Correlation between macular volume and focal macular electroretinogram in patients with retinitis pigmentosa. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008;49:3551-3558.
- 2) Kondo M, Ueno S, et al. Comparison of focal macular cone ERGs in complete-type congenital stationary night blindness and APB-treated monkeys. Vision Res. 2008;48:273-280.
- 3) Kondo M, Kurimoto Y, et al. Recording focal macular photopic negative response (PhNR) from monkeys. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008;49:3544-50.

#### 2. 学会発表

- 1) Kondo M, Ikenoya K, et al. Preservation of macular oscillatory potentials in eyes with retinitis pigmentosa with normal visual acuity. Visual Neuroscience Symposium. 18th International Congress for Eye Research. Beijing, China, September 28, 2008.

### H. 知的財産権の出願・登録状況

#### 1. 特許取得

なし

#### 2. 実用新案登録

なし。

#### 3. その他

なし。

### I. 参考文献

- 1) Fulton AB, Hansen RM et al. The cone electroretinogram in retinopathy of prematurity. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008;49:814-819.

## 乳幼児の角膜厚

研究分担者 佐藤 美保 浜松医科大学医学部眼科 准教授

研究要旨：全身麻酔下での眼圧、角膜厚測定を行い、乳幼児の眼球形状を解析した。

### A. 研究目的

小児緑内障は先天性および続発性に起る疾患であり、重篤な視力障害の原因となる。緑内障診療にとって、眼圧測定は不可欠であるが、角膜厚が眼圧測定値に影響を与えることが知られるようになり、角膜厚測定の重要性が近年強調されている。小児の角膜厚は成人とは異なり、成長によって変化することが知られている。また、人種差があるために、日本人小児の角膜厚の変化を知ることが、小児緑内障治療を行っていく上で重要である。そこで、日本人小児の多数の角膜厚を測定し、標準値を知ることを目的とした。

### B. 研究方法

全身麻酔下で、斜視手術をうける18歳以下の小児にたいして、患者家族の同意のもとに、眼圧および角膜厚を測定し、年齢群別に平均角膜厚を求めた。

### C. 研究結果

平均角膜厚は544.3 $\mu$ mで1歳以下は5歳以上の群に比べて有意に薄かった。

### D. 考察

角膜厚は5歳でほぼ成人のレベルに到達した。また、平均角膜厚は白人に比べて薄く、アフリカ系黒人に比べて厚いことが明らかとなり、成人と同様の傾向が見られた。

### E. 結論

1歳未満の小児の平均角膜厚は522 $\mu$ mで550 $\mu$ mを超える場合には、眼圧の補正が必要と考える。

### F. 健康危険情報

(倫理面への配慮)

浜松医科大学倫理委員会の承認を得て、研究を行った。

### G. 研究発表

#### 1. 論文発表

1. Miho Sato, Emi Amano, Yoshiko Takai, Akiko Hikoya, Yuka Koide, Superior oblique palsy with

class III tendon anomaly. *Am J Ophthalmol*, 146, 385-394, 2008.

2. Akiko Hikoya, Miho Sato, Kinnichi Tsuzuki, Yuka Maruyama Koide, Ryo Asaoka, Yoshihiro Hotta. Central corneal thickness in Japanese children. *Jpn J Ophthalmol* 53 7-11, 2009.
3. Emi Amano, Miho Sato, Kiyoko Ukai, Hiroko Terasaki. Magnetic resonance imaging of extraocular muscle path before and after strabismus surgery for treating large degree of cyclotorsion induced by macular translocation surgery. *Jpn J Ophthalmol*. *Jpn J Ophthalmol*, in press.
4. 浅野麻衣、正木勢津子、稲垣理佐子、彦谷明子、堀田喜裕、佐藤美保. 液晶視力表 システムチャート SC-2000 の臨床評価. *眼臨紀* 1: 60-63. 2008

#### 2. 学会発表

Central corneal thickness in Japanese children. 2008 World Congress of Ophthalmology, 6月28日～7月2日-

### H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む)

1. 特許取得；なし
2. 実用新案登録；なし
3. その他；なし

## ゲームを用いた視機能訓練装置の開発

研究分担者 不二門 尚 大阪大学大学院医学系研究科感覚機能形成学 教授  
研究協力者 下條 浩史 大阪大学大学院医学系研究科眼科学 医員

研究要旨: 視覚障害児が、興味を持って積極的に弱視および奥行き知覚の訓練に取り組めるように、視力に応じた弱視訓練装置(2D)および弱い立体視を持つ小児の奥行き知覚訓練装置(3D)の開発を行い、正常成人10名に対して遮閉膜を用いて擬似的に片目の視力を低下させた場合の本装置の有用性について検討した。方法は、“神経衰弱ゲーム”と類似のソフトを用いて、同じ視標ペアを探させる方式をとった。2Dの装置に関しては、弱視の程度とクリア可能な視標の大きさを検討することにより、適切な訓練レベルを設定することができた。3Dに関しては、眼鏡なしに使用できるインテグラルイメージング方式による立体視訓練装置の開発を行った。飛び出しの程度が同じ視標ペアを探させる方式をとり、視差は段階的に小さくした。片目の視力を低下させた場合の成功率(立体視が得られる割合)は、視差の程度に応じて変化した。全員が成功する最小の視差値から、訓練レベルを設定することができた。

### A. 研究目的

未熟児網膜症は、早期治療により視力が残存できるケースが増加している。このような、小児重症視覚障害もリハビリテーションによりさらに視力改善できる可能性がある。小児の視覚リハビリテーションの中心は弱視治療であるが、現在行われている弱視治療は、眼鏡あるいはコンタクトレンズによる屈折矯正と、健常な方の眼を遮閉して患眼を強制的に使用させる方法(遮閉訓練)である。

遮閉訓練を行う際に使われる器具は、紙ベースの迷路ゲーム等の古典的なものか、任天堂DSのようなコンピューターゲームである。紙ベースのものよりゲームの方が子供の集中力が高まるので、より効果的な訓練法といえるが、ゲーム機は視力に対応した視標を用いているわけではないので、弱視の程度によって訓練法を組み立てることができない。

われわれは、本研究において、弱視の程度に応じて視標の大きさを変えることができる、神経衰弱と類似のコンピューターゲーム(2D)を開発し、弱視の小児に対して効果的に訓練システムを確立することを最初の目標とした。

一方、奥行き感覚は、日常生活において、影などの単眼の奥行き感覚の手がかりと、視差による立体視を統合して得られる感覚である。これまで、奥行き感覚の基礎となる両眼視機能に関する訓練装置として、カイロスコプのような抑制除去の訓練装置は存在したが、奥行き知覚そのものを

対象とした訓練装置はなかった。弱視や斜視の小児の場合、適切な訓練機器を開発することにより、奥行き感覚を向上できる可能性がある。本研究でわれわれは、眼鏡なしで立体的に見ることのできる立体視表示装置を用い、視差および視標の大きさを変えることのできる、神経衰弱と類似のコンピューターゲームを開発し、弱視および斜視の小児の奥行き感覚が訓練可能か否かを検討することを、2番目の目標とした。

### B. 対象と方法

対象: 40°の立体視機能がある正常者10名。年齢は23~30(25.7±2.6)歳で、優位眼の屈折値: +2.75~7.25 (-1.86±3.06)D、非優位眼屈折値: +2.50~7.25 (-1.80±3.17)Dであった。

#### 方法

##### I. 弱視訓練(2D)

非優位眼の視力を、遮閉膜(Ryser社)を用いて、(0.1)(0.2)(0.3)(0.4)に低下させ、単眼視下で弱視訓練装置(2D)のレベル1~9(表1)を施行し、以下の検討を行った。

① 全員がクリア可能な最高レベル(最小の視標)と視力について。

② クリアまでにかかる時間と視力の関係について。

##### II. 奥行き感覚訓練(3D)

非優位眼の視力を遮閉膜(Ryser社)を用いて、(0.1)(0.2)(0.3)(0.4)に低下させ、両眼開放下で立体視検査装置(3D)のレベル1(単眼視視標)~8(表

2) を行い以下の検討を行った。

① 全員がクリア可能な最高レベル(最小の視差)と視力について

② クリア時間と視力の関係について  
尚、立体視ディスプレイは、インテグラルイメージング方式を用いた。有効ピクセル数：1920X1200、縦横4枚、計16枚のフィルタを使用しており(1枚あたり480X300ピクセル)、縦横にずれても立体感を得ることができる。視差量に相当する立体深さは、ディスプレイ面を基準(0cm)とし、+3cm~-3cmまでの範囲の表示とした。表示装置の大きさは15インチで、平置き状態で提示し、見る距離は、画面から65cmとした。

表1. レベルと仕様(2D)

レベル	ペア数	視標サイズ
1	5	20 mm
2	8	15 mm
3	10	12 mm
4	12	9 mm
5	14	7 mm
6	16	5 mm
7	18	4 mm
8	18	3 mm
9	18	2 mm

表2. レベルと仕様(3D)

レベル	ペア数	視角	視差
1	単眼視標		
2	2*4種	2.5°	900"
3	3*4種	2.3°	600"
4	3*4種	2.3°	450"
5	3*4種	2.3°	300"
6	4*3種	2.0°	300"
7	4*3種	2.0°	150"
8	4*2種 3*2種	1.8°	150"

## C. 結果

### 1. 弱視訓練(2D)

片目の視力を段階的に低下させると、課題をクリアできた人数がレベルの向上とともに減少した(図1)。10人全員がクリアできた課題のレベルを、視力ごとに表示すると図2のようになった。

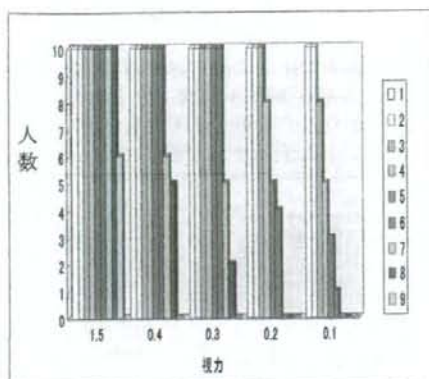


図1

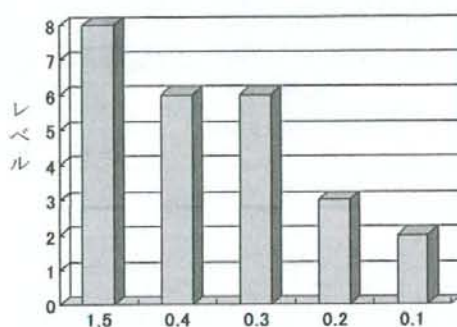


図2

視力と課題を全てクリアできるまでに要する時間の関係は図3のように、課題のレベルの向上に伴い延長することが示された。

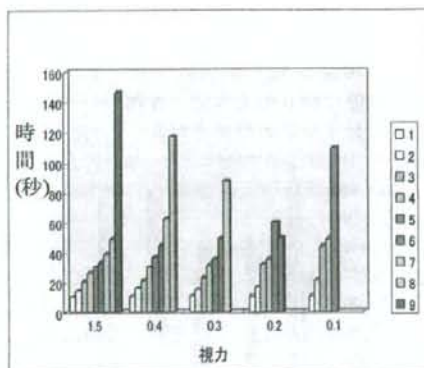


図3



## II. 奥行き感覚訓練 (3D)

片目の視力を段階的に低下させると、課題をクリアできた人数がレベルの向上とともに減少した (図4)。10人全員がクリアできた課題のレベルを、視力ごとに表示すると図5のようになった。

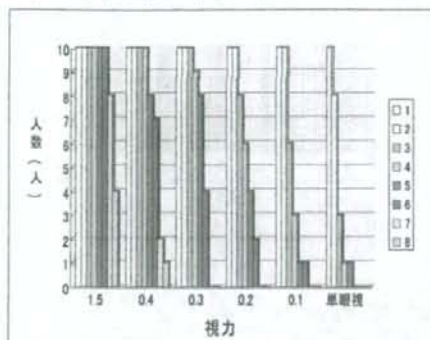


図4



図5

視力と課題を全てクリアできるまでに要する時間の関係は図6のように、課題のレベルの向上に伴い延長することが示された。

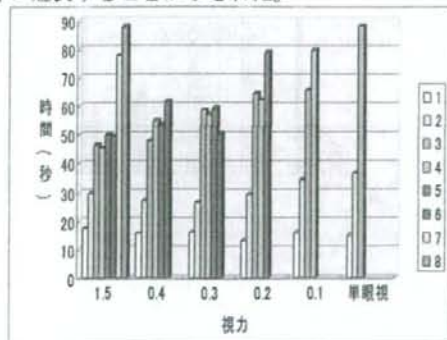


図6

## D. 考察

これまで視力の程度に応じて視標の大きさを变化できるゲーム型の弱視訓練装置は存在しなかったが、われわれの試作した装置 (図7) は、視力0.1から0.4程度の弱視に対応できることが示唆された (図2)。今後弱視の患児に臨床応用していく予定である。



図7

また、奥行き感覚の訓練装置の方も、眼鏡なしで立体感が得られるインテグラルイメージング方式で (図8)、やはり視力0.1から0.4程度の弱視眼に関して有効であることが示唆された。立体視の弱い内斜視の小児に関するレベル設定は、今後は患児に実際に適応した上で検討する予定である。



図8

## E. 結論

視覚障害児が、興味を持って積極的に弱視および奥行き知覚の訓練に取り組めるように、視力に応じた弱視訓練装置 (2D) および弱い立体視を持つ小児の奥行き知覚訓練装置 (3D) の開発を行い、視力障害の程度に応じた視標の大きさ、視差のレベル設定を行うことができた。

## F. 健康危険情報

特になし

G 研究発表

1. 論文発表

1. Kitaguchi Y, Fujikado T, Bessho K, Sakaguchi H, Gomi F, Yamaguchi T, Nakazawa N, Mihashi T, Tano Y. Adaptive Optics Fundus Camera to Examine Localized Changes in the Photoreceptor Layer of the Fovea.

Ophthalmology. 2008 Oct;115(10):1771-7.

2. Bessho K, Fujikado T, Mihashi T, Yamaguchi T, Nakazawa N, Tano Y. Photoreceptor images of normal eyes and of eyes with macular dystrophy obtained in vivo with an adaptive optics fundus camera J J OPHTHALMOL 2008: 52;380-385

3. 平井教子、阿曾沼早苗、大澤結、天野大輔、高田雄介、鶴留康弘、藤木かおり、天野知子、下條裕史、不二門 尚. 顕微鏡下における立体視機能の検討 眼科臨床紀要、2009：2；149-152.

2. 学会発表

第112回日本眼科学会（2008年4月17日～20日横浜市）

補償光学眼底カメラの画像に残存収差および網膜形態が及ぼす影響

北口善之、不二門尚、別所建一郎、山口達夫、中澤直樹、広原陽子、三橋俊文、前田直之、田野保雄

第64回日本弱視斜視学会（2008年7月4日～5日 東京都品川区）

平井教子、阿曾沼早苗、大澤結、天野大輔、高田雄介、鶴留康弘、藤木かおり、天野知子、下條裕史、不二門 尚. 顕微鏡下における立体視機能の検討

H. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

特になし

## 小児重症視覚障害の早期治療・リハビリテーションのための自立支援器具

研究分担者 石橋達朗 九州大学大学院医学研究院眼科学分野 教授

研究要旨：早期リハビリテーションを目的とした支援器具の開発を行う。

### A. 研究目的

視覚障害児における早期リハビリテーションの方法の確立はその後のQOLを考える上で重要な課題である。そこで我々は視覚障害児に対する検証を行う前に、開発した補助視覚装置の視覚障害のある成人での有用性の検証を行い、視覚障害児への応用の可能性を検討した。

### B. 研究方法

シースルー型ホログラムにカメラを装着した補助視覚装置を用い以下の症例についてその有用性を検討した。

症例1：64歳女性（両）増殖糖尿病網膜症および血管新生緑内障 視覚障害4級認定

症例2：63歳女性（両）増殖糖尿病網膜症および血管新生緑内障 視覚障害1級認定

症例3：26歳男性（両）原発開放隅角緑内障

症例4：（両）高度近視および原発開放隅角緑内障

以上の4症例において暗室で装置を装着の後、障害の程度に応じて、顔の認識、様々なサイズの字の認識が可能であるかを検証し、その満足度の調査を実施した。

（倫理面への配慮）  
本研究の実施については、九州大学医学研究院倫理委員会の承認を得た後、世界医師会によるヘルシンキ宣言に示された倫理規範および本邦の厚生労働省の臨床研究に関する倫理指針、さらに個人情報の保護に関する法律に準じて実施された。

### C. 研究結果

症例1および2についてはどちらも片眼がほぼ失明しており、優位眼において検診を行った。求心性視野狭窄のある症例1においては字の認識は不可能であったが、顔の認識は非装着時と比較し改善し、良好な満足度を得た。症例2については優位眼が周辺視野の残存のみであったが、装置装着により顔・字ともに認識は困難であったにもかかわらず、明るさの自覚の増強がみられおむね満足な結果が得られた。

症例3、4については両眼ともにおおむね視力は良好であるが、中心視野が一部残存し、高度な視野狭窄を有している症例で、装置装着により視野障害が高度な側で共通してディスプレイ認識が困難であった。

さらに残存視野が多い側で逆にディスプレイサイズを縮小した方が対象物の認識が良好である意見が得られた。症例3、4については装置装着により良好な満足度は得られなかった。

### D. 考察

今回の検証から、我々の開発した補助視覚装置は、より重症の視覚障害者において装着による良好な満足度が得られた。しかし障害認定に至らないロービジョンを被験者に想定した場合、ディスプレイ画角の拡大や縮小さらに位置の補正など、使用者にとっての利便性を重視しよりニーズ指向型に柔軟に対応できる開発を進める重要性を認識した。

さらに視覚障害児への応用を想定した場合、カメラ機能に加え、独自のコンテンツ作成と提供が必須であると考えられ、今後これらについては国立成育医療センターを中心に検証を進めていきたいと考えている。

### E. 結論

開発した補助視覚装置の視覚障害のある成人での有用性の検証を行い症例によっては満足度の高いものがあると確認すると同時に、今後視覚障害児への応用への問題点の抽出を行った。

### F. 健康危険情報

なし

### G. 研究発表

#### 1. 論文発表

- 1) Mochizuki Y, Enaida H, Hisatomi T, Hata Y, Miura M, Arita R, Kawahara S, Kita T, Ueno A, Ishibashi T:  
The internal limiting membrane peeling with

- brilliant blue G staining for retinal detachment due to macular hole in high myopia.  
Br J Ophthalmol 92(7):1009, 2008
- 2) Kawahara S, Hata Y, Kita T, Arita R, Miura M, Nakao S, Mochizuki Y, Enaida H, Kagimoto T, Goto Y, Hafezi-Moghadam A, Ishibashi T:  
Potent inhibition of cicatricial contraction in proliferative vitreoretinal diseases by statins.  
Diabetes 57(10):2784-2793, 2008
- 3) Murakami Y, Ikeda Y, Yonemitsu Y, Onimaru M, Nakagawa K, Kohno R, Miyazaki M, Hisatomi T, Nakamura M, Yabe T, Hasegawa M, Ishibashi T, Sueishi K:  
Inhibition of nuclear translocation of apoptosis-inducing factor is an essential mechanism of the neuroprotective activity of pigment epithelium-derived factor in a rat model of retinal degeneration.  
Am J Pathol 173: 1326-1338, 2008
- 4) Kita T, Hata Y, Arita R, Kawahara S, Miura M, Nakao S, Mochizuki Y, Enaida H, Goto Y, Shimokawa H, Hafezi-Moghadam A, Ishibashi T:  
Role of TGF-beta in proliferative vitreoretinal diseases and ROCK as a therapeutic target.  
PNAS 45: 17504-17509, 2008
2. 学会発表  
なし
- H. 知的財産権の出願・登録状況  
該当なし