

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K04506

研究課題名（和文）片眼弱視患者における両眼開放時の運動視障害

研究課題名（英文）Motion perception deficits under binocular viewing in patients with amblyopia

研究代表者

前原 吾朗（Maehara, Goro）

神奈川大学・人間科学部・准教授

研究者番号：90401934

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：健眼と弱視眼に呈示された運動刺激速度の主観的等価点を計測したところ、知覚される速度に差は認められなかった。一方、弱視眼では健眼よりも明るさが暗く知覚されることが示唆された。また、片眼弱視患者は裸眼状態でのブルフリッヒ効果を報告しなかった。これらの知見は、弱視眼における運動視機能は障害されていないことを示唆している。弱視眼への刺激呈示による神経活動を計測したところ、視覚野V1とV2、V3において弱視眼対応部位の活動低下は見られなかった。また、網膜における脈絡膜の厚さや血管密度は弱視眼の視力低下に関与していなかった。これらの知見は、高次の視覚情報処理において弱視抑制が働くことを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の目的は、両眼開放時において片眼弱視患者が闕上刺激の運動知覚に障害を持つかを明らかにし、その知見を弱視眼訓練法の開発に応用することであった。当初、運動刺激を用いた弱視眼訓練について検討することを計画していたが、本研究から弱視眼において闕上刺激の運動知覚は障害されていないことが示唆された。そこで、輝度コントラスト知覚と両眼視に焦点をあてた訓練課題を考案し、その開発のために事業期間を1年延長した。弱視眼訓練による視力や立体視機能、身体運動機能の向上は今後も取り組むべき課題である。

研究成果の概要（英文）：We measured the subjective equivalent of the motion stimulus speed presented to the fellow eye and the amblyopic eye. There was no significant difference in the perceived speed between the eyes. On the other hand, the amblyopic eye perceived the brightness darker than the fellow eye. In addition, patients with amblyopia did not report the Purfrich effect without filters. These findings suggest that motion perception is not impaired in the amblyopic eye. We also measured neural activity while stimulating the amblyopic eye. There was no significant activity reduction at the retinotopic regions corresponding to the amblyopic eye in visual areas V1, V2, and V3. In addition, Neither choroidal thickness nor vascular density in the retina was involved in vision loss in amblyopic eyes. These findings suggest that amblyopic suppression works in higher-order visual information processing.

研究分野：心理学

キーワード：弱視 両眼視 運動視

1. 研究開始当初の背景

片眼弱視とは、幼児期に正常な視覚経験が得られなかったこと(斜視や不同視など)が原因で起こる発達の視覚障害である。弱視患者の多くは弱視眼に視力低下を示すが、他方の眼(健眼)における知覚は健常に近い。弱視患者は実質的に単眼視となっているため両眼立体視を行えず、加えて、弱視眼における輝度コントラスト感度の低下、形態知覚の歪み、時間解像度低下、明るさの低下(Maehara, Thompson, Mansouri, Farivar, & Hess, 2011)といった症状もあることが示唆されている。

片眼弱視に関する先行研究の多くは、単眼視における成績を弱視眼と健眼との間で比較してきた。一方、弱視患者は両眼を開けた状態で生活しており、弱視眼と健眼とを同時に刺激した状態での知覚を検討することが症状の理解には必要である。こうした観点から眼間抑制不均衡の矯正に着目し、両眼開放した状態で訓練を行なう手法が近年提案されている(To, Thompson, Blum, Maehara, Hess & Cooperstock, 2011; Hess, Thompson, Black, Maehara, Zhang, Bobier, To, & Cooperstock, 2012)。健眼遮蔽による弱視眼訓練は7歳くらいまでしか効果がないが、眼間抑制不均衡の矯正は成人にも効果があり、新たな治療法として期待されている。

2. 研究の目的

本研究では、閾上の刺激を弱視眼と健眼に同時に呈示した状態で、刺激の運動速度または点滅頻度を左右眼間で同じになるように調節するマッチング実験を実施した。弱視研究において議論となっている問題の一つは、弱視患者の運動視処理過程には障害があるか(Schor & Levi, 1980; Woods & Kulikowski, 1978)、それともないか(Hess, Howell, & Kitchin, 1978; Levi, Klein, & Aitsebaomo, 1984; Hess & Anderson, 1993)ということである。本研究の狙いのひとつは、両眼開放条件における片眼弱視患者の運動視障害の有無を明らかにすることにある。

3. 研究の方法

液晶シャッターゴーグルを用いて、重なり合わずに相補的な運動刺激(図1)を左右眼に同時呈示(両眼分離呈示)した。一方の眼に呈示される刺激は標準刺激で、ドットの運動速度は2, 3, 4.5 deg/secのいずれかに固定されていた。もう一方の眼に呈示される刺激は比較刺激で、運動速度を自由に調節することができた。実験参加者の課題は、運動するドット群のスピードを左右の眼の間で同じになるように調節することであった。

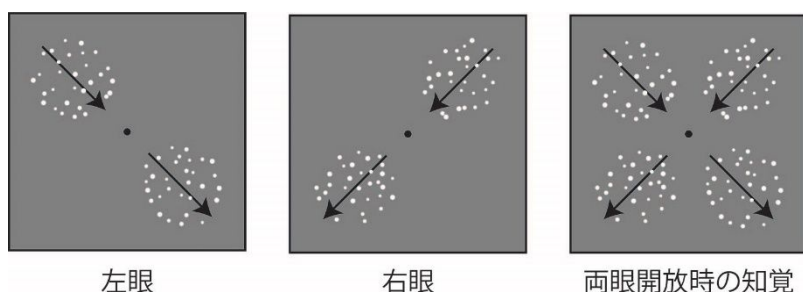


図1 刺激の例

4. 研究成果

(1) 健常者を対象とした実験の結果

健常者において、マッチング速度は利き目と非利き目の間でほぼ同じであった(図2左)。刺激全体の明るさを1%に低減するND2.0フィルターを非利き目の前に置いたとき、マッチング速度は利き目よりも非利き目において速かった(図2右)。NDフィルターによって非利き目が強く抑制された状態になり、ドットの運動が遅く知覚されたと考えられる。また、標準刺激の運動速度が遅いときに運動速度低下は大きかった。

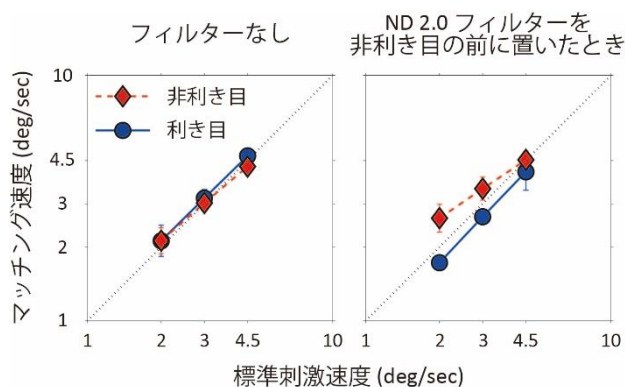


図2 健常者の実験結果

(2)弱視患者を対象とした実験の結果

健常者を対象とした実験から、単眼が抑制された状態のとき、抑制された眼では運動速度が低下して知覚されることが予想された。しかし、マッチング速度を弱視眼と健眼とで比較したところ、有意な差は見られなかった(図3)。また、単眼が抑制された状態では運動刺激が奥行き方向に回転して知覚されるが、このプルフリッヒ効果を弱視患者は報告しなかった。これらの知見は、弱視眼において閾上の運動視機能の障害はないことを示唆している。

これらの研究成果はOptometry & Vision Science 誌において公表された。

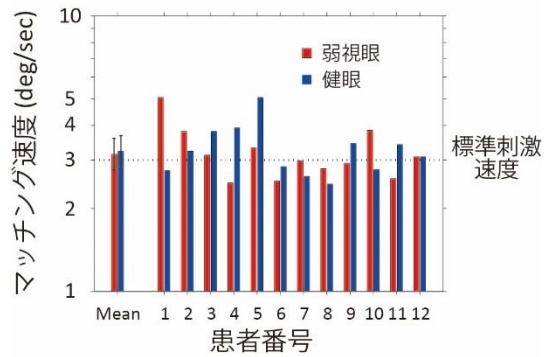


図3 弱視患者の実験結果

(3)弱視抑制が生じている部位に関する研究

上記の実験と同様にグレーティング刺激を相補的に両眼分離呈示し、両眼開放時における視覚野の神経活動を計測するfMRI実験を行った。弱視眼対応部位と健眼対応部位の神経活動を比較したところ、視覚野V1とV2、V3において弱視眼対応部位の活動低下は見られなかった。この研究成果はVision 誌において公表された。

また、弱視眼においては網膜脈絡膜が健眼に比べて厚くなっていることが知られているが、視力の向上によって脈絡膜の厚さが変化するかを光干渉断層撮影(Optical Coherence Tomography, OCT)に基づいて検討した。アイパッチ治療を受けた患者の視力向上前後で比較したところ、脈絡膜の厚さに有意な変化は見られなかった。さらに脈絡膜の血管密度を健常者と片眼弱視患者との間で比較したが、血管密度にも有意な差は見られなかった。これら2つの研究成果はBMC Ophthalmology 誌において公表された。

こうした知見は、V3よりも後の脳部位で行われている高次の視覚情報処理において弱視抑制が働くことを示唆している。

(4)弱視眼訓練法の開発

本研究課題では運動刺激を用いた弱視眼訓練の開発を計画していたが、弱視眼において閾上刺激の運動知覚は障害されていないことが示唆された。また、心理学実験の経験があまりない弱視患者にとって、本研究で用いた課題は遂行が難しいことも明らかになった。そこで、輝度コントラスト知覚と両眼立体視に焦点をあてた弱視眼訓練課題を新たに考案し、この訓練法開発のために補助事業期間を1年間延長した。しかし、新型コロナウイルスが流行したため、弱視患者を対象とした実験は延期せざるをえなかった。本研究課題は最終年度を終えたが、弱視眼訓練による視力や立体視機能の回復、それらに付随する身体運動機能の向上は今後も取り組むべき問題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Araki Syunsuke, Miki Atsushi, Goto Katsutoshi, Yamashita Tsutomu, Yoneda Tsuyoshi, Fujiwara Atsushi, Haruishi Kazuko, Ieki Yoshiaki, Kiryu Junichi, Maehara Goro, Yaeoda Kiyoshi	4. 巻 20:472
2. 論文標題 Choroidal vessel density in unilateral hyperopic amblyopia using en-face optical coherence tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Ophthalmology	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12886-020-01735-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 荒木俊介, 三木淳司, 後藤克聡, 春石和子, 米田剛, 家木良彰, 桐生純一, 前原吾朗	4. 巻 46
2. 論文標題 不同視弱視における両眼開放下の弱視眼視力と立体視機能の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 川崎医学会誌	6. 最初と最後の頁 21-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Maehara Goro, Araki Syunsuke, Yoneda Tsuyoshi, Thompson Benjamin, Miki Atsushi	4. 巻 96
2. 論文標題 Suprathreshold Motion Perception in Anisometric Amblyopia: Interocular Speed Matching and the Pulfrich Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optometry and Vision Science	6. 最初と最後の頁 434-442
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/OPX.0000000000001381	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Thompson, B., Maehara, G., Farivar, R., Mansouri, B., & Hess, R. F.	4. 巻 3
2. 論文標題 Long range interocular suppression in adults with strabismic amblyopia: A pilot fMRI study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Vision	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/vision3010002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Araki Syunsuke, Miki Atsushi, Goto Katsutoshi, Yamashita Tsutomu, Takizawa Go, Haruishi Kazuko, Yoneda Tsuyoshi, Ieki Yoshiaki, Kiryu Junichi, Maehara Goro, Yaoeda Kiyoshi	4. 巻 18:227
2. 論文標題 Effect of amblyopia treatment on choroidal thickness in hypermetropic anisometric amblyopia using swept-source optical coherence tomography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Ophthalmology	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12886-018-0894-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Araki Syunsuke, Miki Atsushi, Goto Katsutoshi, Yamashita Tsutomu, Takizawa Go, Haruishi Kazuko, Ieki Yoshiaki, Kiryu Junichi, Yaoeda Kiyoshi	4. 巻 17:167
2. 論文標題 Macular retinal and choroidal thickness in unilateral amblyopia using swept-source optical coherence tomography	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 BMC Ophthalmology	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12886-017-0559-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 前原吾朗, 荒木俊介, 米田剛, Benjamin Thompson, 三木淳司
2. 発表標題 片眼弱視患者と健常者における左右眼間運動速度マッチング
3. 学会等名 日本視覚学会2018年冬季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	三木 淳司 (Miki Atsushi) (90447607)	川崎医科大学・医学部・教授 (35303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
カナダ	University of Waterloo			