

〔短 報〕

弱視者の滑動性眼球運動に及ぼす音刺激の効果

柿 沢 敏 文

I. はじめに

矯正視力が0.3未満の弱視者は、視覚対象の細部や全体像の把握が困難であることから、正確な視知覚・認識には眼球運動や頭部運動を介在させた能動的な探索活動が必要である。ところが、弱視者の眼球運動について、時間的・空間的に正常者と異なる特性を示すことが報告されている (Leigh and Zee, 1980; 中田, 1984; 柿沢・中田・谷村, 1989; 中田・池谷, 1984)。

さて、和氣・武市・鳥居・望月 (1979) は、眼球運動の聴覚的なフィードバックが白内障の開眼手術者の眼球運動調節能力の向上を促す可能性があることを指摘している。さらに、Abadi, Carden, and Simpson (1980)、Ciuffreda, Goldrich, and Neary (1982) とKirschen (1983) は、先天性眼振の治療に眼球運動の聴覚的バイオフィードバック訓練が有効であることを示すとともに、訓練後に聴覚的バイオフィードバックがなくても眼振の出現を抑制することが可能となった被検者の例や、視力の向上が認められた被検者の例を紹介している。

そこで本研究では、弱視者に対して、視標の移動に関する情報と被検者自身の眼球運動に関するバイオフィードバック情報を音刺激として提示したときの滑動性眼球運動を測定し、これらの音刺激の提示が弱視者の眼球運動調節に及ぼす効果について検討した。

II. 方 法

1. 被 検 者

被検者は、弱視男性2名である。弱視者Aは年齢が26歳で、眼疾患は網膜色素変性症である。視力は右眼が0.6、左眼が0.8である。求心性の視野狭窄があり、視野は20°である。弱視者Bは年齢が24歳で、眼疾患は先天性網膜分離症である。視力は右眼が0.2、左眼が0.2である。視野に異常は認められなかった。

2. 眼球運動の記録

被検者の左右外眼角部に電極 (日本光電製、Ag-AgCl不分極電極) を装着し、前額中央部に不関電極を

装着した。導出した眼球運動 (両眼、水平誘導) のEOGをニスタグモ用アンプ (日本光電製、AN-601G) で直流増幅し、ペンレコーダ (日本光電製、RM-6002) に記録するとともにデータレコーダ (共和電業製、RTM-50A) に記録した。

3. 提示刺激

被検者の眼前100cmに、視覚刺激装置 (日本光電製、SLE-5100) を設置した。視標 (LED) は被検者の正中線を中心にして、正弦波状で左右方向にそれぞれ10°ずつ移動する。6種の周波数、すなわち、0.1Hz、0.2Hz、0.4Hz、0.8Hz、1.2Hz、1.6Hzで視標を提示した。また、音刺激提示のために、視覚刺激装置の下方15cmの位置にスピーカー (Buzzer) を配置し、視標の移動に同期して振幅変調する500Hzの純音 (0dB SPL ~ 50dB SPL) を提示した。さらに、被検者の眼球運動に同期して振幅変調する400Hzの純音 (0dB SPL ~ 50dB SPL) を眼球運動フィードバック装置 (日本光電製) から提示した。

4. 手 続 き

被検者は椅子に座り、顎台で頭部を固定し、前方の刺激装置の視標の移動を追視した。3種の刺激提示条件 (条件1、2、3) を設けた。条件1では、刺激として視覚刺激のみを提示した。条件2では、視覚刺激とともに視標の移動に同期した音刺激を提示した。条件3では、条件2において提示した刺激に加えて、被検者の眼球運動に同期した音刺激を提示した。各条件において、6種の周波数で移動する視標を各1回ずつ提示した。

5. 分析方法

データレコーダの記録を再生し、コンピュータ (日本光電製、ATAC-450) を用いて解析した。その際、EOGのアーチファクトの除去のために25Hzのハイカットフィルター (エヌエフ回路設計ブロック製、MODEL FV-606T) を用いた。EOGのコンピュータ処理は柿沢・中田・谷村 (1989) に準じて行ない、視標と眼球運動の位相角 (phase)、および、パワー比 (spectral purity) を求めた。視標の移動を眼球が正確に追視した場合に位相角は0°、パワー比は1.0となる。眼球

運動に衝動性眼球運動成分や停留が生じるとパワー比の値は0に近づく。また、位相角はその絶対値が大きくなる。

III. 結 果

Fig. 1は各刺激条件における各視標周波数に対する弱視者Aと弱視者Bの滑動性眼球運動の位相角である。左図が弱視者Aの結果であり、右図が弱視者Bの結果である。両図ともに、図中○印が条件1、△印が条件2、□印が条件3の結果である。弱視者Aでは、0.4Hz以上の視標に対する滑動性眼球運動の位相角は条件間で顕著な差異が認められなかった。しかし、条件1と

比較して条件2および条件3では、0.1Hzと0.2Hzの視標に対する位相角の値が0°に近似した値を示し、比較的low周波数の視標に対する追視の成績が音刺激の提示によって向上した。

弱視者Bの位相角は、0.8Hz以下の視標に対して、いずれの条件でも+10.0°より大きい値を示した。すなわち、比較的速度の遅い視標に対して、弱視者Bは視標の移動に先行して眼球運動を行なった。1.2Hzの視標に対して、条件1と条件3の位相角はほぼ等しい値を示したが、条件2では位相角が負の値となり、視標の移動に対する眼球運動の調節に遅れが生じている。1.6Hzの視標に対する弱視者Bの位相角は条件間で顕著

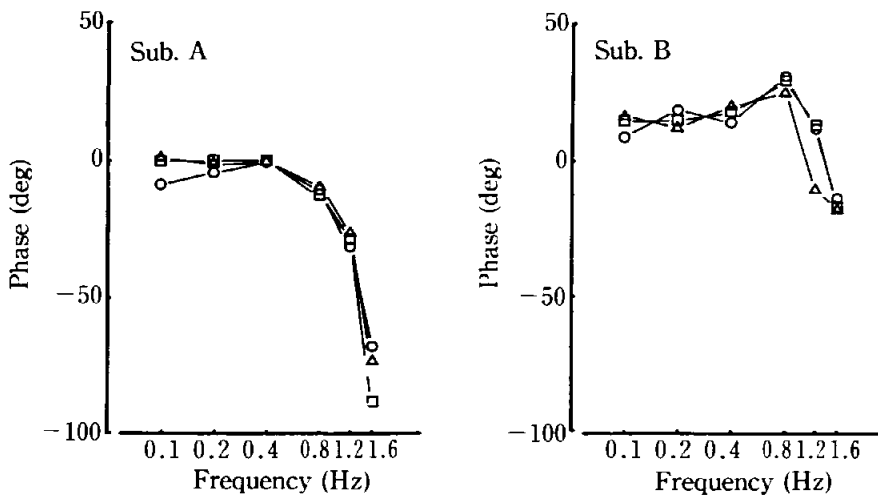


Fig. 1 各刺激条件の各視標周波数に対する弱視者Aと弱視者Bの滑動性眼球運動の位相角

左図：弱視者A 右図：弱視者B
○：条件1 △：条件2 □：条件3

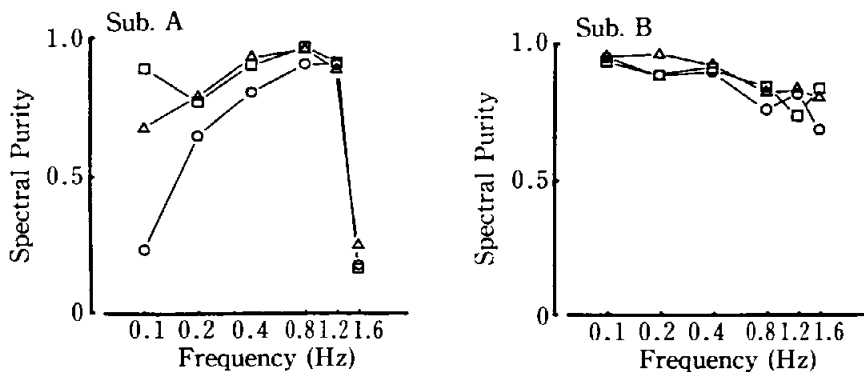


Fig. 2 各刺激条件の各視標周波数に対する弱視者Aと弱視者Bの滑動性眼球運動のパワー比

左図：弱視者A 右図：弱視者B
○：条件1 △：条件2 □：条件3

な差異が認められなかった。

Fig. 2は各刺激条件における、各視標周波数に対する弱視者Aと弱視者Bの滑動性眼球運動のパワー比である。左図が弱視者Aの結果であり、右図が弱視者Bの結果である。両図ともに、図中○印が条件1の結果であり、△印が条件2の結果、□印が条件3の結果である。弱視者Aでは、1.2Hz以上の周波数の視標に対する滑動性眼球運動のパワー比は条件間で顕著な差異がなかった。しかし、条件1と比較して条件2および条件3では、0.8Hz以下の視標に対するパワー比が1.0に近い値を示し、視標周波数以外の周波数成分が眼球運動に混入する割合が小さかったことがわかる。とくに、0.1Hzの視標において、条件3のパワー比が他の条件と比較して大きく、眼球運動に関する聴覚的なバイオフィードバックが眼球運動の調節に有効であったことがわかる。

弱視者Bのパワー比は、いずれの視標周波数においても1.0に近い値を示した。条件1と条件3と比較して、条件2の値がやや大きい傾向が認められるものの、条件間でパワー比に顕著な差異が認められなかった。

IV. 考 察

本研究の結果、弱視者Aは、比較的低周波数の視標を追視する際に音刺激を提示することによって各定量的指標の成績が向上した。一方、弱視者Bでは、音刺激の提示が視標を追視する際の滑動性眼球運動の調節にあまり効果を及ぼさなかった。弱視者Bは、いずれの条件においても低周波の視標に対する位相角が正の値を示し、視標の移動に先行して眼球運動を行なっている。また、パワー比の値も1.0に近い値を示した。すなわち、弱視者Bは滑動性眼球運動調節能力が比較的高く、視標の移動を予測して眼球運動を調節しており、音刺激を利用しなくても視標の追視が十分可能であったと考える。

Mather and Lackner (1980) は、視標位置に関する情報を視覚、触覚、体性感覚、聴覚などのいくつかの感覚様相から同時に提示すると、単一感覚様相から情報を提示した場合と比較して滑動性眼球運動の正確性が増すことを指摘し、多感覚からの情報提示が視標の移動に対する予測制御を可能にしていると推察している。本研究においても、視標とともに視標の移動に同期して振幅変調する音刺激を提示した条件2で、弱視者Aの滑動性眼球運動調節は向上が認められ、位相角やパワー比の成績が音刺激の提示によって向上した。すなわち、視標の移動に関する情報を含む音刺激を滑

動性眼球運動の調節に利用することが可能な弱視者がいることを示唆していると考えられる。弱視者についても、Mather and Lackner (1980) が指摘したように音刺激の提示によって視標の移動に対する予測制御が可能となったことが予想される。さらに、課題遂行中の被検者の注意が維持され、動機づけが高まった結果、滑動性眼球運動の調節が向上したと考える。

ところで、本研究の結果、周波数が0.2Hz以上の視標において、視標の移動に同期して音刺激を提示した条件2と、条件2で提示した情報に加えて視線方向に関する情報をバイオフィードバック刺激として提示した条件3の成績に明確な差異が認められなかった。一方、0.1Hzの視標については、視線方向に関するバイオフィードバック情報が弱視者Aの滑動性眼球運動の調節に有効であった。本研究では、被検者の眼球運動に同期して振幅変調する純音をバイオフィードバック情報として提示した(和気・武市・鳥居・望月, 1979)が、比較的周波数の高い視標の追視の際には、この聴覚的なバイオフィードバック情報が利用できなかったのではないかと考える。聴覚的バイオフィードバック情報の提示方法として、本研究で用いた振幅変調のほかに、周波数変調 (Abadi, Carden, and Simpson, 1980) や周波数変調と振幅変調の組み合わせ (Ciuffreda, Goldrich, and Neary, 1982)、あるいは、任意に決めた範囲からの視線の逸脱に対する音刺激の提示 (Kirschen, 1983) がある。音刺激の提示方法を変えた場合の弱視者の滑動性眼球運動の調節についても検討したいと考える。

本研究の結果、音刺激が弱視者の滑動性眼球運動の調節を向上させる場合があること、視標の移動や眼球運動に関する情報を含む音刺激を滑動性眼球運動の調節に利用することが可能な弱視者がいることが示唆された。本研究の結果をふまえて、今後さらに被検者を増やして音刺激が弱視者の眼球運動調節に及ぼす効果について検討したいと考える。

本研究の一部は、平成元年度文部省科学研究費奨励研究(A) (課題番号01790028、代表柿沢敏文) ならびに平成2年度文部省科学研究費奨励研究(特別研究員) (課題番号01790028、代表柿沢敏文) の助成を受けた。

文 献

- 1) Abadi, R.V., Carden, D., and Simpson, J. (1980): A new treatment for congenital nystagmus. *British Journal of Ophthalmology*, 64, 2-6.

- 2) Ciuffreda, K.J., Goldrich, S.G., and Neary, C. (1982): Use of eye movement auditory biofeedback in the control of nystagmus. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 59(5), 396-409.
- 3) 柿沢敏文・中田英雄・谷村 裕 (1989): 弱視者の滑動性眼球運動の特性. *特殊教育学研究*, 26(4), 11-19.
- 4) Kirschen, D.G. (1983): Auditory feedback in the control of congenital nystagmus. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 60(5), 364-368.
- 5) Leigh, R.J. and Zee, D.S. (1980): Eye movement of the blind. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 19(3), 328-331.
- 6) Mather, J.A. and Lackner, J.R. (1980): Multiple sensory and motor cues enhance the accuracy of pursuit eye movements. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 51(9), 856-859.
- 7) 中田英雄 (1984): 動的視標に対する弱視者の滑動性眼球運動. *筑波大学心身障害学研究*, 8(2), 13-19.
- 8) 中田英雄・池谷尚剛 (1984): 弱視児の読書中の眼球運動. 第10回感覚代行シンポジウム論文集, 39-42.
- 9) 和気典二・武市啓司郎・鳥居修晃・望月登志子 (1979): 眼球運動とそのフィードバックによる統御. 第15回日本眼光学学会講演論文集, 119-122.

Tsukuba J. Rehabil., 1(1), 17-20, 1991.

Short Report

Effects of Presentations of Auditory Stimulus Combined with Visual Stimulus on the Control of Smooth Pursuit Eye Movements in the Partially Sighted

Toshibumi KAKIZAWA

Horizontal smooth pursuit eye movements were measured utilizing an electrooculography in two partially sighted males under three stimulus conditions: visual stimulus, visual stimulus combined with auditory stimulus, and visual stimulus combined with auditory biofeedback of eye motion.

In the visual stimulus condition, both subjects showed saccadic eye movements and eye jerks in the intervals of individual smooth pursuit eye movements. Under the conditions of visual stimulus with auditory stimulus and with auditory biofeedback, ocular tracking of one subject was analogous to the reaction to the visual stimulus only, however, the accuracies of ocular motion relative to the targets improved in the other subject by presentations of auditory stimulus.

The results of the experimentation can reach the conclusion that the auditory stimulus combined with visual stimulus has possibilities in enhancing the oculomotor skill of the partially sighted.

Key Words: auditory stimulus, smooth pursuit eye movement, partially sighted, oculomotor skill