単眼ヘッドマウントディスプレイの視聴角度の違いが 視機能におよぼす影響

○岩崎常人、田原昭彦（産業医科大学眼科学教室）

Effects of a monocular head-mounted-display on visual functions
when viewing at different eye position

Tsuneto IWASAKI and Akihiko TAWARA (Dept. of Ophthalmology,
Univ. of Occupational and Environmental Health, Japan)

1. はじめに

単眼ヘッドマウントディスプレイ（以後HMD）上での映像視聴において、HMDの装着方法に関する仕様規制はない。そのため、通常、HMDの画面は正面視の状態で見られるが、場合によっては少し横や上方にずらした状態で使用される。長時間の側方視や上方視は、視機能への機能低下や障害が予測される。そこで、映像視聴時におけるHMDの装着状態によって、視機能に如何なる影響があるかを実験的に検討した。

2. 方法

2-1. 対象

今回の実験に影響を与える可能性のある既往歴や疾患がなく、調節ステップ応答良好な女子学生6例（全例21歳）を選択した。

2-2. 実験手順

被験者は、来訪後休憩室にて座位姿勢で5分間の安静の後、実験室に入室した。単眼HMDを用いてプロモーションDVDを30分間視聴した後、座位姿勢自然視の状態でも10分間安静を与えた。その間、視機能を測定した。

2-3. 視聴条件

HMD内に使用されている光学系と同様の光学ユニットを実験台上に設置し、正面視と側方視および上方視で、同一被験者についてそれぞれ視聴させた（図1）。

側方視をさせる場合には、正位の状態からHMDだけを被験者の眼球回旋点を中心に右側に20°偏位させた。上方視の場合には、同様に正位を基準に上方に5°偏位させた。

HMDは両眼開放下の右眼で視聴させた。HMD本体は眼前18 mmに設置されたが、光学系により仮想ディスプレイが眼前1 mに知覚された。反対眼は、眼前1 mに設置された白黒縦縞像（空間周波数：3.0 Hz）が投影されるようにした。

2-4. 測定と解析項目

視機能については、焦点調節と眼位の変化を測定した。

調節機能は、調節ステップ応答を視聴前と視聴後および安静10分後の3回測定した。得られたステップ波形から、近方に焦点が合うまでの時間、調節緊張時間と、遠方に焦点が合うまでの時間、調節弛緩時間を計測した。

眼位は、1 mの距離でMaddox杆と正切尺を用いて、視聴前と開始10分毎に終了まで、および安静10分後の合計5回測定した。水平眼位と垂直眼位

図1 HMDの視聴条件

■ : HMD

(a) : 正面視 (b) : 側方視(右方 20°) (c) : 上方視(5°)

を測定し、偏位量を角度で表記した。

3. 結果

3-1. 焦点調節機能

調節時間の結果を表1に示す。表1の上は、調節緊張時間の変化を表し、表1の下は、調節弛緩時間の変化を表している。

調節緊張時間は、視聴後いずれの条件でも有意に延長した。調節弛緩時間についても、視聴後各条件とも有意に延長した。調節機能は、視聴によって明らかに低下した。しかし、安静10分後では、視聴前に回復した。

表1 調節時間の変化（平均値±標準誤差）
（上）：調節緊張時間 （下）：調節弛緩時間
いずれも視聴 30 分後に有意に延長
安静 10 分後に回復

条件	緊張時間 (s)		
	視聴前	30分後	安静10分後
正面視	1.02±.06	1.37±.06 ^{*1}	1.22±.13
側方視	1.06±.03	1.27±.06 ^{*2}	1.12±.04
上方視	1.07±.02	1.40±.07 ^{*3}	1.10±.04

*1 P=0.0013 *2 P=0.0250 *3 P=0.0097

条件	弛緩時間 (s)		
	視聴前	30分後	安静10分後
正面視	1.22±.06	1.32±.05 ^{*1}	1.19±.10
側方視	1.12±.09	1.39±.09 ^{*2}	1.10±.08
上方視	1.07±.01	1.25±.04 ^{*3}	1.13±.06

*1 P=0.0098 *2 P=0.0061 *3 P=0.0062

3-2. 眼位

眼位変化を生じた例数と平均偏位量を表2に示す。

水平眼位では、3条件ともに内斜偏位を生じ、外斜偏位は起こらなかった。正面視では、6例中3例に内斜偏位が起こり（最大平均0.29°）、側方視では6例中5例に（最大平均0.46°）、上方視では6

例中4例に生じた（最大平均0.33°）。しかし、いずれの条件でも10分の安静後には、偏位はなくなった。

垂直眼位については、いずれの条件でも、上斜・下斜偏位とも生じなかった。

表2 眼位の変化
内斜偏位を起こした例数(6 例中)
()内:偏位量
いずれも視聴によって内斜偏位を生じたが
安静 10 分後に回復

条件	視聴前	10分	20分	30分	安静後
正面視	0 (0.0)	3 (0.29°)	2 (0.21°)	2 (0.25°)	0 (0.0)
側方視	0 (0.0)	5 (0.38°)	5 (0.46°)	4 (0.40°)	0 (0.0)
上方視	0 (0.0)	3 (0.21°)	3 (0.33°)	3 (0.17°)	0 (0.0)

4. まとめ

調節機能は、3条件とも30分の視聴後、調節時間が延長して調節機能の低下を認めた。しかし、延長の程度が最も大であった上方5°群の調節弛緩時間でも1.4秒であった。調節異常の上限とされる3秒とは大差があった。また、いずれの低下も10分間の座位姿勢による安静で、視聴前の状態に回復するか、またはその傾向にあった。

眼位では、右方20°の側方視した場合に、最も偏位例数が多かった。しかし、10分間の安静によって、全例視聴前の状態に回復した。

今回の視聴条件では、3条件間での2種類の機能低下においては、特に大きな差は認められなかった。