

主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：望月 文博

専攻分野：耳鼻咽喉科学

指導教授：肥塚 泉

主論文の題目：

偏垂直軸回転(off-vertical axis rotation:OVAR)条件下における平面スクリーンを用いた視覚刺激が半規管-動眼反射および耳石-動眼反射におよぼす影響.

共著者：

宮本 康裕、笹野 恭之、荒井 光太郎、西本 寛志、四戸 達也、稲垣 太朗、大原 章裕、鈴木 香、三上 公志、小森 学、肥塚 泉

緒言

回転検査は、被験者に回転刺激を加え前庭動眼反射(vestibulo-ocular reflex:VOR)による眼球運動から、利得を計測し、前庭機能を定量化し評価ができる検査である。利得は、(眼球運動速度)/(負荷した回転速度)の平均値によって求められる。VORは、半規管動眼反射(semicircular-ocular reflex:ScOR)と耳石器動眼反射(otolith-ocular reflex:OOR)の二つから成り立っている。被験者の外側半規管が地面と水平になるような位置に座らせて垂直軸回転刺激(earth vertical axis rotation:EVAR)を加えると、外側半規管が回転角加速度によって刺激され、ScORによる眼球運動が生じる。一方、偏垂直軸回転刺激(off-vertical axis rotation:OVAR)では、耳石器に対する重力加速度の方向が回転中持続的に変化するため、耳石

器も同時に刺激される。このとき得られる眼球運動は ScOR に OOR が加わったものとなる。この時得られた眼球運動と EVAR 時の眼球運動を比較することにより、耳石器機能の評価が可能となる。逆転プリズムやレンズを用いて視覚入力を変化させた状態で、ある一定時間前庭刺激を加えると、VOR の利得が変化することが知られている。この現象は VOR の適応現象と呼ばれ、前庭神経核や前庭小脳などで構成される速度蓄積機構 (velocity storage mechanism: VSM) が強く関与している。回転刺激と反対方向に視覚刺激を連続して加えると、VOR の利得は増加する。一方、回転刺激と同方向に視覚刺激を連続して加えると、VOR の利得は低下する。先行研究では、垂直軸回転 (earth vertical axis rotation: EVAR) 条件下にて、平面スクリーンに視覚刺激を投射 (直線視覚刺激) しながら回転刺激を連続して加えた際、VOR の利得は視覚前後で有意な変化を認めなかった。今回、偏垂直軸回転 (off-vertical axis rotation: OVAR) 条件下にて平面スクリーンに視覚刺激を投射 (直線視覚刺激) しながら回転刺激を連続して加えた際の VOR の利得について検討を加えた。

方法・対象

健常成人 26 名を対象とした。回転刺激には、聖マリアンナ医科大学に設置してある回転椅子 (KN—VAR 1000、永島医科器械社製) を用いた。本研究は聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会の承認を得て行われた (承認第 1147 号)。EVAR 条件下では、回転椅子は地面に対して垂直軸で回転し、OVAR 条件下では地面に対して 30 度傾斜した偏垂直軸で回転する。回転様式はすべて振り子様回転刺激を用いた。周波数は 0.16 Hz、最大角速度は 60 度/秒で行った。眼球運動の記録には赤外線眼球運動記録装置を用いた。対応のある t 検定を用いて、刺激前後における VOR の利得の変化を比較した。 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

視覚刺激装置は回転椅子上部にプロジェクターを設置し、そこから被

験者の眼前 30cm の位置に設置した平面スクリーンに赤色光点および白黒ストライプを投影した。

視覚刺激前に EVAR 条件下および OVAR 条件下にて回転刺激を加え、それぞれの条件下における VOR の“刺激前利得”を得た。OVAR 条件下 Nose Up にて、振子様刺激（周波数：0.16 Hz，最大角速度 60 度/秒）と同時に、①同方向視覚刺激もしくは②逆方向視覚刺激の 2 つの条件の視覚刺激を加えた。刺激終了直後、EVAR 条件下および OVAR 条件下にて刺激前と同様の回転刺激を行い、それぞれの条件下における VOR の“刺激後利得”を得た。視覚刺激の詳細は、以下の通りである。

1. 同方向視覚刺激（-1 刺激）

被験者 13 名を対象とした。暗所開眼下で、回転椅子内に設置した平面スクリーンに白黒のストライプを投影し、回転椅子の 2 倍の速度で同方向に動かした。

2. 逆方向視覚刺激（×2 刺激）

被験者 13 名を対象とした。暗所開眼下で、回転椅子内に設置した平面スクリーンに白黒ストライプを投影し、回転椅子と反対に動かした。

結果

1. -1 刺激

EVAR 条件下での刺激前後の利得は 0.29 ± 0.16 （平均値±標準偏差）から 0.28 ± 0.15 と有意な変化は認めなかった。（ $p=0.78$ ）OVAR 条件下での刺激前後の利得は 0.40 ± 0.20 から 0.25 ± 0.16 と有意な低下を認めた（ $p < 0.01$ ）。

2. ×2 刺激

EVAR 条件下での刺激前後の利得は 0.34 ± 0.17 から 0.33 ± 0.13 と有意な変化は認めなかった（ $p=0.63$ ）。OVAR 条件下での刺激前後の利得は 0.44 ± 0.17 （平均値±標準偏差）から 0.41 ± 0.17 と有意な変化を認めなかった（ $p=0.41$ ）。

考察

EVAR 条件下において円形スクリーンを用いた視覚前庭矛盾刺激が VOR に及ぼす影響について、肥塚らは周波数 0.16 Hz、最大角速度 60 度/秒、×2 刺激で検討を加え、VOR の利得は有意に増加し、−1 刺激では利得は有意に減少したと報告した。OVAR 条件下にて、振子様回転刺激を加えると Tilt suppression が生じることを報告している。Tilt suppression は、耳石器に入力される頭部の傾斜を VSM に伝達することで生じる現象である。Tilt suppression は、OOR を抑制する働きをすることを Akutsu らは報告した。四戸らは、EVAR 条件下にて平面スクリーンに白黒ストライプを投影した視覚刺激前後で×2、−1 刺激いずれにおいても有意な変化を認めなかったと報告した。平面スクリーンに投影された視覚刺激が直線刺激と認識され、回転加速度が適刺激である ScOR には非合目的な刺激となるため、刺激前後で有意な変化を生じなかったと考察している。今回行った研究では ×2、−1 刺激いずれにおいても EVAR 条件下において刺激前後で利得に有意な変化を認めなかった。この結果は、平面スクリーンに投影された視覚刺激が直線刺激と認識されたため、ScOR に対して非合目的な刺激と認識されるという四戸らの結果を支持する。これに対して、OVAR 条件下においては、×2 刺激前後で利得に有意な変化は認めなかったが、−1 刺激前後では利得は有意に減少した。OOR に対して、平面スクリーンに投影された視覚刺激は直線刺激と知覚され合目的な刺激であると考えられる。そのため、×2 刺激後では、OOR の利得は増加し、−1 刺激後では OOR の利得は減少すると予測される。さらに OVAR 条件下では×2 刺激、−1 刺激いずれの刺激後においても Tilt suppression が加わるため、OOR の利得は減少すると予測される。今回用いた視覚前庭矛盾刺激と tilt suppression の両者が刺激後に加わるため、×2 刺激後では視覚前庭矛盾刺激により OOR の利得は増加したが、Tilt suppression により OOR の利得は減少し、両者の変化が打ち消しあったため×2 刺激前後において有意な変化を認めなかったと考えられた。−1 刺激後 におい

では、視覚前庭矛盾刺激により OOR の利得は減少し、Tilt suppression により OOR の利得はさらに減少したため、刺激前後で利得が有意に減少したと考えられた。

結論

様々な前庭リハビリテーションが、平衡機能障害患者に有用であることは広く知られている。今回の研究結果は、前庭リハビリテーションを施行するにあたり、ScOR に適した刺激を用いるのか OOR に適した刺激を用いるのか障害の部位によって選択することがリハビリテーションの効果をより高めることに有用と考えられる。また、頭部の傾斜が知覚されることで Tilt suppression を生じ OOR に影響を及ぼすことが示された。