

## 主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：阿久津 征利

専攻分野：耳鼻咽喉科学

コース：

指導教授：肥塚 泉

主論文の題目：

Plasticity of the human vestibulo-ocular reflex during off-vertical axis rotation

(偏垂直軸回転刺激における前庭動眼反射の可塑性)

共著者：

Akemi Sugita-Kitajima, Koshi Mikami, Izumi Koizuka

### 緒言

前庭動眼反射 (vestibulo-ocular reflex : VOR) は、頭部の回転方向とは反対方向に代償性眼球運動を起こして視野を安定させる役割を担っている。VORには、半規管動眼反射と耳石器動眼反射がある。半規管動眼反射は、頭部への回転刺激に対して生じる代償性眼球運動である。耳石器動眼反射は、頭部への直線加速度刺激もしくは、頭部の傾きに対して生じる代償性眼球運動である。プリズムやレンズを用いて視覚情報に変化を加えて回転刺激を連続して加えると (視覚前庭矛盾刺激)、VORの利得と位相は変化し、VORの可塑性と呼ばれている。VORの可塑性の研究には一般的には垂直軸回転刺激が用いられている。今回は、30度

の傾斜を有する偏垂直軸回転椅子を用いて、視覚前庭矛盾刺激を与えた際の VOR の可塑性について検討を加えた。

## 方法・対象

被験者は健常成人 26 人（男性 17 人、女性 9 人、平均年齢 24.4 歳）である。被験者を円柱状のドーム内に設置されているコンピュータ制御の回転椅子に座らせた。頭部に赤外線 LED と CCD カメラを内蔵したゴーグルを装着後、4 点式シートベルトで体幹を固定した。下顎を Y 字型アームで固定することにより頭部を固定した。ドーム内の壁をスクリーンとして白黒のストライプを投射し、回転椅子と同期して回転した。実験は、被験者からインフォームドコンセントを行い同意を得たうえで施行した。本研究は聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会（承認 1147 号）の承認を得ている。

視覚前庭矛盾刺激を与える前後の VOR の利得を測定した。30 度の傾斜を有する偏垂直軸回転椅子を用いた。回転様式は振子様回転刺激、周波数は 0.16Hz、最大角速度は 60 度/秒とした。視覚前庭矛盾刺激を与える前の VOR 利得（コントロール）を測定後、視覚前庭矛盾刺激を加えた。回転様式は振子様回転刺激とし、周波数 0.16Hz、最大角加速度 60 度/秒で 20 分間、刺激を加えた。椅子と視覚刺激が反対方向に回転する刺激条件（X2 刺激）と、椅子と視覚刺激が同方向に回転する刺激条件（X0 刺激）の 2 種類の視覚前庭矛盾刺激を用いた。X2 刺激群の被験者は 13 人、平均年齢は  $24.5 \pm 1.9$  歳、X0 刺激群の被験者は 13 人、平均年齢は  $24.2 \pm 3.0$  歳であった。

水平眼球運動について解析を加えた。眼球および椅子の速度波形に対して、高速フーリエ変換（FFT）により周波数を特定し、眼球速度波形の絶対値と椅子の速度波形の絶対値の比から、VOR の利得を求めた。FFT はハニング窓により切り出されたデータに対して行われ、切り出し窓長 1024 点、窓のシフト幅 30 点（0.5 秒）とした。これらの解析にはオリ

ジナルコンピューターソフトを用いた。検定には対応のある t 検定 ( $p < 0.05$ ) を用いた。

## 結果

X2 刺激では、VOR の利得は、視覚前庭矛盾刺激前は、 $0.56 \pm 0.28$ 、視覚前庭矛盾刺激後は、 $0.48 \pm 0.31$  と低下傾向を示したが、有意差は認めなかった。VOR 利得変化率は、 $-9.17 \pm 22.82$  であった。X0 刺激では、VOR の利得は、視覚前庭矛盾刺激前は  $0.47 \pm 0.18$ 、視覚前庭矛盾刺激後は  $0.26 \pm 0.11$  と有意な低下を示した ( $p < 0.05$ )。VOR 利得変化率は、 $-20.72 \pm 14.85$  であった。

## 考察

X0 刺激では VOR 利得の有意な低下を認めたが、X2 刺激では有意な差を認めなかった。過去の検討において X2 刺激では VOR の利得は有意に増加すると考えていたが、実際には X2 刺激でも VOR の利得が低下した。長時間垂直軸回転させた後に急に停止した場合、15~20 秒間の回転後眼振が出現することが知られている。さらに、回転を停止した後、頭部を前後に傾けると、回転後眼振の時定数がおおよそ半分になることが知られている。このような頭部傾斜によって回転後眼振の時定数が短縮する現象は tilt suppression と呼ばれている。この tilt suppression には神経積分器の一種である速度蓄積機構 (velocity storage mechanism: VSM) が関与している。頭部傾斜などによって耳石器が刺激を受けると VSM はそれまでに蓄えていた情報を放出するという特性を有している。偏垂直軸回転後の回転後眼振の時定数は、垂直軸回転後のそれよりも短縮し、これには上記のメカニズムが関与している。X2 刺激後 VOR の利得が上昇しなかった原因としては、被験者が回転中も回転後も傾斜しているため、耳石器が刺激され、その結果 VSM に蓄えられた視覚前庭矛盾刺激による可塑情報が部分的に放出された結果と考えられる。X0 刺

激の VOR の利得が低下した原因は、視覚前庭矛盾刺激により VOR の可塑性と tilt suppression の両者の関与が示唆される。この研究で得られた結果は、めまい患者に対して視覚前庭矛盾刺激を用いためまいリハビリテーションを施行する際、耳石器への入力に対しても考慮することが必要となることを示唆する結果と考えられる。

## 結論

本研究の結果から、偏垂直軸回転椅子を用いた視覚前庭矛盾刺激を与えた際の VOR の可塑性が明らかになった。視覚前庭矛盾刺激の変化により、VOR の可塑性だけでなく、tilt suppression が関与している可能性が示唆された。