

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：32713

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09663

研究課題名（和文）疑似回転・疑似直線視覚刺激を用いた前庭動眼反射の可塑性におけるモダリティーの検証

研究課題名（英文）Modality verification in the plasticity of the vestibulo-ocular reflex using pseudo-rotational and pseudo-linear visual stimuli.

研究代表者

肥塚 泉 (Koizuka, Izumi)

聖マリアンナ医科大学・医学部・教授

研究者番号：10211228

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：コンピュータグラフィックで作成した白黒縦ストライプを、平面的（疑似平面視覚刺激）あるいは立体的（疑似回転視覚刺激）にHead Mounted Display（HMD）に投射することによって、視覚刺激が可能な装置を開発し、これを用いて、視覚・前庭矛盾刺激による前庭動眼反射の可塑性の研究に応用することを目的とした。2021年度は、ハードならびにソフトウェアを作成した。2022年度はボランティアを用いて、刺激の妥当性について検証した。2023年度はHMDを実際に用いて、疑似回転視覚刺激を20分間被験者に与えて、刺激前後の半前庭動眼反射の利得を比較した。利得の可塑的变化を観察することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

直線的な視覚刺激が、前庭動眼反射(vestibulo-ocular reflex: VOR)に及ぼす影響について前に検討を加えた結果、耳石器動眼反射のみに変化が生じた。つまり、VORの可塑性には、刺激様式のマダリティー依存が存在することを確認した。今回は、Head Mount Displayを用いて、回転視覚刺激が、VORに及ぼす影響について検討した。その結果、半規管動眼反射に変化が生じ再度、VORの可塑性における刺激様式のマダリティー依存が確認された。前庭機能障害患者に対して、画一的に行われてきた前庭リハビリテーションを、障害部位や年齢などに応じて、個々に施行することが可能になると考える。

研究成果の概要（英文）：We developed a device capable of delivering visual stimulation by projecting computer-generated black-and-white vertical stripes onto a head-mounted display (HMD). This device can present the stimuli in planar (pseudo-planar visual stimulation) or three-dimensional formats (pseudo-rotational visual stimulation). The aim of our project is to investigate the plasticity of the vestibulo-ocular reflex (VOR) induced by visuo-vestibular conflict stimuli. In FY2021, we focused on the development of the hardware and software components. By FY2022, we conducted validation experiments using volunteers to ensure the efficacy of the stimuli. In FY2023, we implemented the HMD to administer 20 minutes of pseudo-rotational visual stimulation to the subjects. We then measured the gain of the VOR before and after the stimulation. Our observations confirmed plastic changes in the gain, indicating the effectiveness of our approach in studying VOR plasticity.

研究分野：耳鼻咽喉科

キーワード：前庭動眼反射 半規管動眼反射 耳石器動眼反射 可塑性 視覚刺激 刺激マダリティー マダリティー依存 前庭リハビリテーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

我々は、上腕外側左右方向の体性感覚圧刺激（体性感覚直線刺激）が半規管動眼反射（semicircular canal-ocular reflex: ScOR）、耳石器動眼反射（otolith-ocular reflex: OOR）の可塑性に及ぼす影響について検討を加えた。図1に示すような電磁式の体性感覚圧刺激装置を作製した。この装置は、被験者の上腕外側に“コの字型”アームの先に設置した圧力子を軽く接触させた後、これ全体を被験者の上腕方向に動かして、上腕外側に疼痛を感じない程度の圧刺激を回転椅子の動きに同期して加えることが可能である。この装置を用いて、体性感覚同方向刺激（回転椅子の回転方向と一致）、体性感覚逆方向刺激、体性感覚刺激（ ）の3つの条件下で垂直軸回転刺激（earth vertical axis rotation: EVAR）(図2 a)、偏垂直軸回転刺激（off-vertical axis rotation: OVAR）(図2 b)を行った。EVARはScORを、OVARはScORとOORの両者を評価することが可能である。体性感覚刺激を加えながら回転刺激を連続して加えると、ScORの利得は低下、OORの利得は増加した（三上公志, 他. Equilibrium Res 2009; 68: 28-33、宮本康裕, 他. Equilibrium Res 2010; 69: 437-444.）

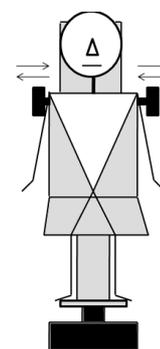


図1

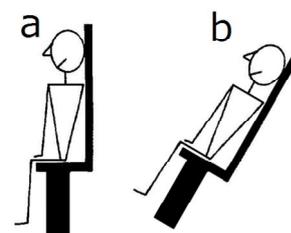


図2

外側半規管が感受しているのは回転加速度、耳石器が感受しているのは直線加速度である。我々が用いた体性感覚刺激は、被験者の上腕外側左右方向に、直線的に与えられている。つまり、回転刺激が適刺激である ScOR に対しては“抑制的”、直線刺激が適刺激である OOR に対しては“促進的”な可塑的变化を起こす可能性が示唆された。そこで、平成 24 年度科研費（基盤研究(C)）では、白黒ストライプを連続して円形スクリーンに投射しながら EVAR と OVAR を行った。その結果、ScOR の利得のみに可塑的变化を認めた。この実験では、白黒ストライプは円形スクリーン上を移動するのでその刺激様式は、“回転刺激”と認識された結果、回転刺激が適刺激である ScOR の利得のみが変化したと考察した（刺激モダリティー依存性の存在）。平成 27 年度科研費（基盤研究(C)）では、白黒ストライプを連続して平面スクリーンに投射しながら(図3) EVAR を行った。その結果、図1の装置を用いて体性感覚直線刺激を加えた際と同様に、ScOR の利得には可塑的变化を認めなかった。これらの研究により、視覚刺激においても、前庭動眼反射（vestibulo-ocular reflex: VOR）に対するモダリティー依存性の存在が確認できた（四戸達也, 他. 耳鼻臨床 2020; 113: 197-201.）。これらの結果を受けて、平成 30 年度科研費（基盤研究(C)）では、視覚刺激における VOR のモダリティー依存性をさらに確認することを目的に、白黒ストライプを連続して平面スクリーンに投射しながら(図3) OVAR を行った。その結果、OOR の利得のみに可塑的变化を認め、同様に視覚刺激における VOR に対するモダリティー依存性を再確認できた。（望月文博, 他. Equilibrium Res 2020; 79: 164-170.）

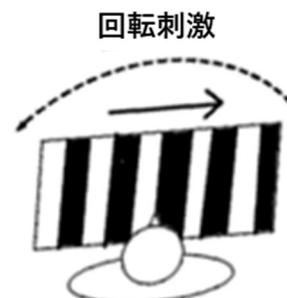


図3

## 2. 研究の目的

今回の研究では、これまでの結果をさらに確認することを目的に、スクリーンを用いずに、被験者にヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) (図 4) を装着して、疑似回転視覚刺激と、疑似直線視覚刺激を加えて、これらが、ScOR、OOR の可塑性に及ぼす影響について検討を加える。疑似回転視覚刺激、疑似直線回転刺激の作成には、コンピュータグラフィックスを用いた。



図 4

## 3. 研究の方法

- (1) 2021 年度：コンピュータグラフィックスの作成と動作の確認、回転刺激装置への搭載を行った。
- (2) 2022 年度：コンピュータグラフィックスで作成して HMD に投射された疑似回転視覚刺激が回転刺激に見えるのか、そして疑似直線視覚刺激が直線刺激に見えるのかを、健常ボランティアを用いて検証した。検証法については自己申告法を用いた。検証の結果を用いて、疑似直線刺激がさらに直線刺激と感ずるよう、疑似回転視覚刺激がさらに回転刺激と感ずるよう、コンピュータグラフィックスソフトウェアの修正を繰り返し行った。
- (3) 2023 年度：疑似直線視覚刺激、疑似回転視覚刺激が、ScOR の可塑性に及ぼす影響について検討を加えた。

## 4. 研究成果

- (1) 2021 年度：コンピュータグラフィックスの作成と動作を確認後、回転刺激装置へ搭載し回転刺激装置との連携を行った。
- (2) 2022 年度：HMD に投射されたコンピュータグラフィックスで作成した疑似回転視覚刺激が回転刺激と認識されるのかどうか、また疑似直線視覚刺激が直線刺激と認識されるのかどうかを、健常ボランティア 30 名を対象にして検討を加えた。その結果、ほとんどの被験者において、疑似回転視覚刺激は回転刺激、疑似直線視覚刺激は直線刺激として認識された。疑似回転視覚刺激や疑似直線視覚刺激などによると考えられるめまい・嘔気など、前庭自律神経反射による有害事象は認めなかった。
- (3) 2023 年度：HMD を実際に用いて、疑似回転視覚刺激を 20 分間被験者に与えて、刺激前後の半前庭動眼反射の利得を比較した。利得の可塑的变化を観察することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                          | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                | 備考 |
|-------|--|--------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 三上 公志<br><br>(Mikami Koshi)<br><br>(20434409)      | 聖マリアンナ医科大学・医学部・助教<br><br><br>(32713) |    |
| 研究分担者 | 伊藤 友祐<br><br>(Ito Yusuke)<br><br>(40873279)        | 聖マリアンナ医科大学・医学部・助教<br><br><br>(32713) |    |
| 研究分担者 | 宮本 康裕<br><br>(Miyamoto Yasuhiro)<br><br>(70367340) | 聖マリアンナ医科大学・医学部・講師<br><br><br>(32713) |    |
| 研究分担者 | 笹野 恭之<br><br>(Sasano Yoshiyuki)<br><br>(20806640)  | 聖マリアンナ医科大学・医学部・助教<br><br><br>(32713) |    |

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 |
|---------|---------|
|         |         |