

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：34444

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17908

研究課題名(和文)ノイズ前庭電気刺激が前庭脊髄路の興奮性ならびに動的バランスに与える影響

研究課題名(英文)Effects of the noisy galvanic vestibular stimulation for the excitability of the vestibulo-spinal tract and for the dynamic postural balance.

研究代表者

青木 修 (Aoki, Osamu)

四條畷学園大学・リハビリテーション学部・教授

研究者番号：50637535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中患者を対象にヒラメ筋と前脛骨筋の短潜時反射、中潜時反射について異なる刺激強度間で比較した結果、短潜時反射は60%刺激強度で大きい値を示した。次にノイズ刺激による介入効果を検証した結果、短潜時反射は、介入後に有意な増大を認めた。介入後の評価時のノイズ刺激有無による振幅に差はなかった。クロステスト時の重心移動距離は介入による効果を認めなかったが、ノイズ刺激により重心移動距離は大きい値を示した。以上から、ノイズ刺激により前庭脊髄路の興奮性が増大すること、治療介入により興奮性増大は維持されることが示された。一方、治療効果は短期間で消失すること、動的バランスに対する効果は小さいことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本報告ではノイズ前庭電気刺激により前庭脊髄路の興奮性が増大することを明らかにし、このことが静的立位バランスを改善させる要因である可能性を示した。この点において、本報告は学術的な意義を持つ。また、ノイズ刺激を治療介入に用いることで、前庭脊髄路の興奮性が変化することをはじめて示した。しかし現在のところ、動的バランスに対する改善効果を認めなかったという点において、この手法を実用化させることができず、社会的意義が十分ではないと考える。今後、動的バランスを改善させるための介入を模索し、学術ならびに社会的意義をさらに高めたい。

研究成果の概要(英文)：In the post stroke patients, we compared the amplitude of the short latency of the vestibulo-spinal reflex (VSR) from the soleus and tibialis-anterior muscles between some stimulus intensities. As a result, 60% sub-threshold intensity showed the largest amplitude. We also investigated the intervention effect of the noisy galvanic vestibular stimulation (GVS) for the VSR. The short VSR showed greater values at the post-intervention than that at the pre-intervention. There were no differences between noisy GVS and no GVS at the post-intervention. Although there were no intervention effects in the voluntary maximum displacement of center of pressure (max-COP) during cross test, the max-COP showed larger value with noisy GVS than without GVS.

In conclusions, the temporary noisy GVS was enlarge the VSR, and an intervention had an effect for maintaining the VSR potentiation. In contrary, this intervention effect was not sustained for a week and was little for dynamic postural balance.

研究分野：姿勢制御

キーワード：前庭電気刺激 ノイズ バランス 脳卒中

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者では、大脳の前庭系に関連する領域が障害されると立位バランスが低下 (Miyai, et al., 1997) するが、我々は、脳卒中患者がこのバランス低下を視覚により代償していることを示す研究結果を得た (Aoki, et al., 2014, 2017)。前庭系を非侵襲的に刺激する前庭電気刺激にノイズ波形を付加する (図1) ことで、健常者の静的立位バランスが改善する (Iwasaki, et al., 2014) ことが明らかとなっており、過度に視覚に依存しないバランス制御が可能となると考えられる。このノイズ前庭電気刺激によって前庭神経の反応性が高まることは、動眼筋の誘発筋電図により確認されている (Iwasaki, et al., 2017)。しかし、立位バランス制御に関係する前庭脊髄路を經由する下肢筋への影響は明らかではない。ヒラメ筋は前庭脊髄路を經由して、動的立位バランスに重要な前方への重心移動を制御している。ノイズ前庭電気刺激中にヒラメ筋の誘発筋電図を定量的に評価することで、前庭脊髄路の興奮性を高める最適なノイズを明らかにすることができ、歩行能力と密接に関連する動的バランスを改善させる効果的なノイズ前庭電気刺激法を開発することが可能となる。

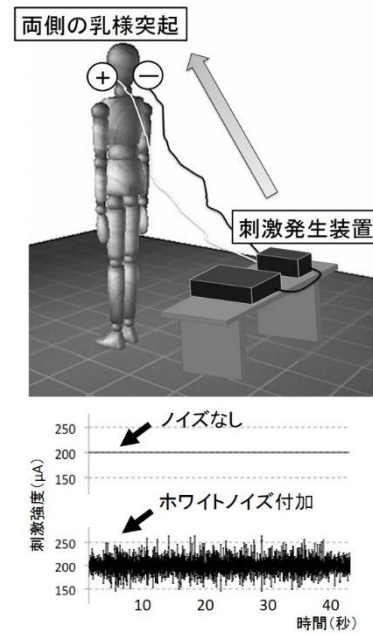


図1 (上)前庭電気刺激の方法

(下)ノイズを付加した刺激波形

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、前庭脊髄路の興奮性を高める最適なノイズを明らかにすることによって、動的バランスを改善するノイズ前庭電気刺激法を開発することである。

ノイズ前庭電気刺激の刺激強度は、被験者が知覚できる閾値以下の強度が用いられ、閾値の60%~70%の刺激で静的バランスが改善することが明らかとなっている。ノイズの種類は一般的にホワイトノイズ、ピンクノイズなどが一般的に知られているが、ヒトの身体の持つノイズはピンクノイズに近いとされる。しかし、前庭脊髄路の興奮性を高める刺激強度とノイズ種類の関係は明らかになっていない。ヒラメ筋の誘発筋電図を定量的に評価することで、閾値の何%の刺激強度、どのノイズ種類を用いたノイズ前庭電気刺激が前庭脊髄路の興奮性を高めるのに最適かについて明らかにする。

さらに、前庭脊髄路の興奮性を高めるノイズ前庭電気刺激を用いた治療的介入を実施することにより、「随意的に重心を前方へ移動」させる際の移動距離や、前方移動状態を保持する際の動揺の大きさによって評価される「動的バランス」への効果を明らかにする。

### 3. 研究の方法

研究1: 前庭脊髄路の興奮性を高める最適な刺激強度とノイズ種類の検討

対象は回復期病棟に入院中の脳卒中患者 10 名とした(年齢:、右片麻痺:、発症からの日数:)。60 秒間の立位中に前庭矩形波(3mA、20 ミリ秒幅)を用いて 120 回刺激した(図 2)。ノイズ前庭電気刺激の条件は、刺激強度を閾値の 30%、60%、90%としたホワイトノイズ、および閾値の 60%強度のピンクノイズの 5 条件とし、ランダム順に適用した。各試行間の休憩は 2 分とした(疲労および刺激残存

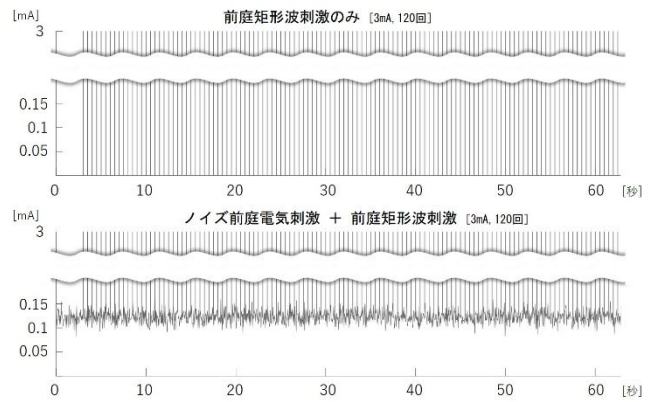


図 2 誘発筋電のための前庭矩形波刺激

効果の除去)。ヒラメ筋の筋腹に電極間距離 5 cm で貼付した電極から誘発筋電図を記録し、加算平均して短潜時(約 60msec)および中潜時(約 100msec)の反応振幅を算出した。評価指標はペアごとに Wilcoxon 検定を実施し、有意水準を Benjamini-Hochberg 法により補正した。

#### 研究 2: 前庭脊髄路の興奮性を高める最適ノイズ前庭電気刺激を用いた動的バランス改善効果の検証

対象は回復期病棟に入院中の脳卒中患者 7 名とした(年齢:、右片麻痺:、発症からの期間:)。介入は、通常の入院治療に加えて 15 分/日のノイズ前庭電気刺激を 6 日/週として実施した。ノイズ前庭電気刺激は、感覚閾値の 70%強度のホワイトノイズ(本刺激)または 1%強度のホワイトノイズ(偽刺激)とした。本刺激、休止期、偽刺激をそれぞれ 1 週間として、本刺激と偽刺激の順は被検者ごとにランダム順に実施した。評価指標はヒラメ筋から得られる前庭誘発電位の短潜時および中潜時反応振幅、立位姿勢における前後方向への随意的な重心移動の最大距離および前後それぞれの位置での重心動揺の大きさとした。評価はそれぞれの刺激介入前後の計 4 回実施した。各介入期の評価指標の変化量を算出し、t 検定により比較した。

#### 4. 研究成果

##### 研究 1: 前庭脊髄路の興奮性を高める最適な刺激強度とノイズ種類の検討

脳卒中患者 10 人を対象として、麻痺側のヒラメ筋(P-Sol)、前脛骨筋(P-TA)、非麻痺側のヒラメ筋(N-Sol)、前脛骨筋(N-TA)の短潜時反射、中潜時反射について刺激強度間で比較した。その結果、短潜時反射の最大振幅ならびに電位量の指標では、ホワイトノイズ、ピンクノイズともに 60%強度で有意に大きい値を示した。

ホワイトノイズとピンクノイズ間では統計的に有意差は認められなかった。このことからノイズ種類(パワー)よりも強度が重要であることが示唆された。

##### 研究 2: 前庭脊髄路の興奮性を高める最適ノイズ前庭電気刺激を用いた動的バランス改善効果の検証

脳卒中患者 7 名を対象として、ノイズ刺激による介入効果を検証した。

短潜時反射の振幅の指標では、一週間の介入後に基準値と比較して有意な増大を認めた。一方、ウォッシュアウト後ならびに偽刺激後では振幅が基準時と有意差がなかった。また、各評価時におけるノイズ有無による振幅の比較では、介入後では有意差がみられなかった。このことから、ノイズ刺激による治療介入の効果はノイズ刺激なし状態の前庭興奮性を高めていることが示唆された。一方で、ノイズ適用時の前庭神経の興奮性増大には天井効果がみられる可能性も考えられる。

重心動揺計を用いたクロステスト時の重心移動距離の比較では、介入による効果を認めなかった。ノイズ有無による比較では、左右方向の重心移動距離において、ノイズ有が無と比較して有意に大きい値を示した。

これらの研究から、ノイズ刺激により前庭脊髄路の興奮性が増大すること、ノイズ刺激を用いた治療介入により、興奮性の増大が維持されることが示された。一方、治療効果は一週間で消失すること、動的バランスに対する効果は認められないことが示された。

今後は、歩行安定性を改善するための方法を確立することを目的に、動的バランスを改善させる治療方法の考案が必要であると考えらる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Aoki Osamu, Otani Yoshitaka, Morishita Shinichiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Effect of Eye-Object Distance on Body Sway during Galvanic Vestibular Stimulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 191-191
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/brainsci8110191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Morishita S, Mitobe Y, Tsubaki A, Aoki O, Fu JB, Onishi H	4. 巻 17
2. 論文標題 Differences in balance function between cancer survivors and healthy subjects: a pilot study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Integrative Cancer Therapies	6. 最初と最後の頁 1144-1149
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/1534735418790387	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Aoki Osamu, Otani Yoshitaka, Morishita Shinichiro
2. 発表標題 Effects of galvanic vestibular stimulation with white and pink noise on upright standing sway for healthy adults
3. 学会等名 2018 12th ISPRM (Paris, France) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木修, 大谷啓尊, 森下慎一郎
2. 発表標題 脳卒中患者に対する刺激強度とノイズ種類の異なるノイズ前庭電気刺激の効果
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会(神戸)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----