

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540072

研究課題名(和文) 前庭感覚と体性感覚の統合的処理が姿勢制御反応に与える影響の検討

研究課題名(英文) Effects of vestibular-somatosensory integration on postural control

研究代表者

橋本 照男 (Teruo, Hashimoto)

東北大学・加齢医学研究所・助教

研究者番号：40553756

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、電気的前庭刺激を用いて内耳にある前庭感覚器を刺激した際の姿勢制御反応が、指先への体性感覚入力から受ける影響を明らかにすることであった。前庭感覚は姿勢制御に大きな役割を果たしているが、そこに体性感覚が与える影響は十分調べられていなかった。健常者において、姿勢が安定した座位で前庭感覚器に刺激を与えたときに、指先を安定面に触れることで姿勢反応が大きくなる事態を明らかにした。さらに、片側の後部島質損傷患者において、それが反射ではなく、脳皮質で起きる体性-前庭感覚の統合的処理である可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：This study examined the effects of somatosensory inputs on body sway induced by galvanic vestibular stimulation (GVS) in healthy participants and persons with brain injury in the posterior insula, a region constituting a part of the parietoinsular vestibular cortex.

In healthy participants, tilting was greater with right hemispheric stimulation than with left hemispheric stimulation. Moreover, with right hemispheric stimulation, tilting was greater with a right finger touch than with no touch. The person with right-brain injury showed tilting induced by GVS; however, finger touch had no modulatory effect. In contrast, finger touch enhanced tilting in the person with left-brain injury. These preliminary results are discussed in light of a hypothesis of right hemispheric dominance of somatosensory-vestibular interactions in the posterior insula.

研究分野：認知神経科学

キーワード：前庭感覚 体性感覚 姿勢制御 島皮質

1. 研究開始当初の背景

網膜像の大きさや向きが変化するとき、実際に動いているのが対象なのか自身なのかは、背景の情報がないと視覚では分からない。前庭処理により自身の運動が認識でき、自身の運動がないことが分かると対象の運動であることが分かる。つまり前庭情報が処理できるということは、たとえ鏡像認知ができなくとも、自己運動知覚ができていことになる。しかし、前庭処理だけでは直前の状態からの姿勢や位置の変化が検出できるだけで、軸または基準となる身体情報があつて初めて自己運動知覚が可能である。視覚と体性感覚の統合が自己身体像認知に重要なように、前庭感覚と体性感覚の統合的処理も自己認知に大きな役割を果たしていると考えられ、体性-前庭メカニズムを明らかにすることは自己認知の基盤を明らかにすることにもつながる。姿勢制御は環境における自身の体の向きを把握して、知覚、運動、認知を行う基軸、基準点へ姿勢の補正を行うものであり、本研究成果は多感覚統合による自己中心座標系を解明する手がかりにもなると考えられる。

足元が不安定な場面で指先をどこかにごく軽く触れるだけで姿勢を安定させられるが、予備的実験において、座位で電気的前庭刺激中に指先を安定面に触れることで姿勢傾斜反応が大きくなることを応募者は発見した。このことは体性感覚入力から姿勢制御に関わる前庭感覚処理に影響を与えることを示している。

全身を動かすのは体性感覚の影響を検討するのに不向きで、冷熱による前庭刺激は時間や効果の制御が難しい。左右の耳の後ろに電極を貼り、弱い電流を流すことで耳奥にある前庭器官(半器官と耳石)を刺激(Galvanic Vestibular Stimulation、以下 GVS)すると、平衡状態から傾いた状態にあると錯覚されると考えられ、閉眼時であれば GVS により姿

勢を平衡状態に補正するような傾き反応が誘発される。これにより体を揺り動かすことなく前庭感覚刺激ができる。

2. 研究の目的

応募者らが予備的実験の少数の被験者において発見した GVS による姿勢傾斜反応が指つきによって増大する事態を多くの被験者において再現し、その複雑な体性-前庭感覚の相互作用のメカニズムを明らかにする。体性感覚及び前庭感覚入力の左右差を検討し、体性-前庭相互作用の半球優位性を明らかにすることで、その処理が反射ではなく皮質における感覚統合処理であることを示す。脳皮質に到達する前の処理には左右差がないので、感覚入力の左右差があることはそれが脳皮質で処理されていることを意味する。また前庭刺激と体性感覚刺激の両方に応答するとされる脳部位の片側半球に局限した損傷を持つ患者を対象にすることで、脳皮質における前庭-体性相互作用の責任部位及び優位半球を明らかにする。

3. 研究の方法

電気的前庭刺激(GVS)によって陽極方向へ頭部が傾く反応が、指つきによって増大するメカニズムを検討した(図1)。

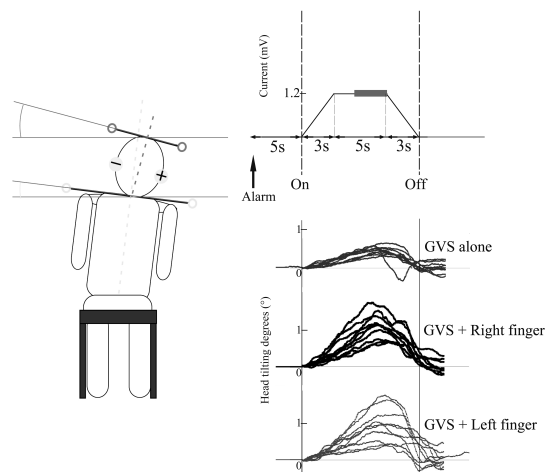


図1. 実験事態(左) 1試行の刺激時間(右上) および各条件における姿勢反応例。

電流強度は被験者が痛みを感じない程度の1.2mAとし、さらに痛みを感じにくいように台形波を用いた。刺激は11秒間で、3秒でピークに達し、5秒間一定で、3秒でフェイドアウトした。刺激間隔は6秒とし、1試行は17秒で、10試行を1セット(170秒)とした。刺激開始5秒前に予告音を鳴らし、被験者が姿勢を主観的な垂直状態に戻すよう教示し、刺激により体が傾く反応が出ること、体に力を入れずに傾き反応をそのままにすることを教示した。刺激は右陽極(左陰極)で3セット、左陽極(右陰極)で3セット行う。3セットは、指をつかない条件、右人差し指をつく条件、左人差し指をつく条件の各1セットとした。

姿勢制御反応は末梢や脳幹レベルの反射だけではなく、大脳皮質における体性-前庭相互作用による高次な感覚統合処理によるものがあるという仮説を検証するため、大脳半球差、GVS(陰陽極)の左右差と体性感覚入力(左右指)の左右差を検討した。健常者を対象に実験を行いつつ、前庭皮質と考えられている後部島皮質周辺に損傷(図2)がある患者を対象に同様の実験を行った。片側半球のみに損傷がある患者を対象とし、条件間(被験者内)と左右半球間(被験者間)の比較を行った。

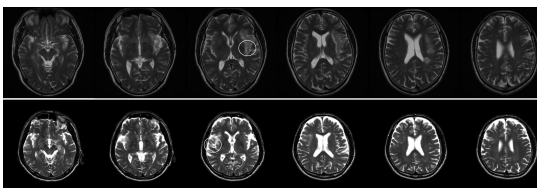


図2.後部島皮質周辺損傷の磁気共鳴画像。右半球(上図)、左半球(下図)の白樺が損傷部位。

4. 研究成果

健常者23名において、個人差はあったが、GVSによる陽極方向へ頭部が傾く反応が、指つきによって増大する反応が確認された。同様に、前庭皮質と考えられる島皮質の後部

周辺領域の損傷患者2名(59歳、69歳、どちらも男性)を対象として実験を行った。脳梗塞による一側損傷で、マヒや認知機能の障害はなかった。統制群の健常被験者(62歳と65歳の男性)と比較すると、座位でのGVSによる姿勢制御反応とそれへの体性感覚の影響に、損傷の左右差が影響していた。左損傷患者では、姿勢制御反応に低下が見られたものの、体性感覚入力による姿勢制御反応の増大は健常者と同様に観察された。一方で、右損傷患者では、姿勢制御反応は健常者と同様であったが、体性感覚入力の影響が見られなかった。先行研究から、前庭皮質は右半球優位であることが示唆されているが、前庭の単一モダリティー入力よりも、体性感覚との相互作用、またはマルチモダリティーの統合的処理を右前庭皮質が担っていることが示唆された。

被験者数が十分でなかったこと、その中でも個人差が大きかったことは本研究の限界であり、改善点である。陰極方向に頭部が傾く反応が3名で観察され、反応は小さかったが、指つきによって増大する点も一貫していた。このことは、統制できていない要因があったこと、または別の処理メカニズムがあることを示しており、今後検討すべき重要な課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計1件)

Teruo Hashimoto, Miki Taoka, Shigeru Obayashi, Yukihiro Hara, Atsushi Iriki. "Modulation of cortical vestibular processing by somatosensory inputs in the posterior insula." The 21th Annual Meeting

of the Organization for Human Brain
Mapping, Honolulu, USA, June 17, 2015.

〔図書〕(計0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

橋本 照男(HASHIMOTO, TERUO)

東北大学・加齢医学研究所・助教

研究者番号：40553756

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

田岡 三希 (TAOKA, MIKI)

理化学研究所・脳科学総合研究センター・研
究員

研究者番号：80236174

大林 茂 (OBAYASHI, SHIGERU)

日本医科大学・千葉北総病院・助教

研究者番号：90318246