

令和元年9月6日現在

機関番号：33504

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16448

研究課題名(和文) 視覚情報は脳卒中患者の歩行改善に有効か？ 仮想空間を用いた新たな治療方法の開発

研究課題名(英文) Is visual information effective in improving gait of stroke patients?  
-Development of new rehabilitation method using a virtual reality technology-

研究代表者

駒形 純也 (Komagata, Junya)

健康科学大学・健康科学部・助教

研究者番号：20712798

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)：本研究は、脳卒中患者の麻痺側荷重量を増大し、歩行能力を向上させる新たな治療プログラムを開発するために、視野全体の動きが、静的姿勢・歩行に与える影響を調べた。脳卒中患者に対して、スクリーンによる麻痺側方向への視運動性刺激(OKS)により、麻痺側方向への重心偏移が確認された。この方法の確立のため、健康者を対象として、ヘッドマウントディスプレイを用いて、仮想現実空間におけるOKSを提示し、静的姿勢における荷重量偏移の最適条件を調べた。歩行中は、OKS刺激側の立脚時間および荷重量が有意に増大した。本研究から、OKSを用いた方法が新たな治療プログラムとなる可能性を強く示唆するものとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中患者は、非麻痺側により多くの荷重をかけた、左右非対称性を示す。静止立位時の麻痺側荷重量が小さいほど、日常生活動作および歩行能力が低いことが報告されている。また、歩行時には、麻痺側荷重量が小さい歩容であり、麻痺側立脚時間の短縮が生じる。これらは、歩行機能と密接に関係がある。本研究の結果は、VRにより歩行時に一側の荷重量の増大や立脚時間を延長させられることが明らかとなった。今後、脳卒中患者への影響を調べていくことにより、脳卒中患者の歩行能力改善に繋がる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The effect of optokinetic stimulation (OKS) on weight balance was examined to improve a posture balance and gait ability in stroke patients. At first, the postural stability of stroke patients during static standing was measured under OKS presented by projecting OKS pattern onto a screen. The results suggested that the weight balance was clearly shifted into a direction on the paralytic side during ipsi-paralysis OKS. To establish the method as a practical training, effect of OKS on a weight-bearing was examined by using a head-mounted display (HMD) in healthy subjects. Based on the results during static standing, OKS at 40deg/s velocity was regarded as an appropriate condition. During gait, the stance phase period and the foot pressure in the stimulation direction were significantly increased. The results of the study indicate that OKS through HMD can safely induce weight-bearing shift in a stable manner, suggesting that the approach can be applied to a new rehabilitation method.

研究分野：神経系理学療法

キーワード：仮想現実空間 脳卒中 歩行

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者が示す、立位姿勢の特徴として、非麻痺側により多くの荷重をかけた立位姿勢をとること、左右非対称性を示すことが挙げられる。静止立位時の非麻痺側荷重量が大きい患者は、開眼状態において重心動揺量が大きいことが報告されている。麻痺側荷重量が小さいほど、日常生活動作および歩行能力が低いことが報告されている。このような問題の改善のためには、静止立位時の麻痺側荷重を増加し、左右(麻痺側-非麻痺側)の非対称性を改善する必要があることが示唆されている。左右非対称性(Lateral asymmetry)は脳卒中患者の歩行においても観察され、以下のような特徴が示されている: 歩行中、非麻痺側荷重量が麻痺側荷重量よりも大きい歩容になっていること(weight bearing asymmetry)、左右の立脚時間、遊脚時間が異なること、左右の歩幅が異なること、遊脚期の股関節外転角度および膝関節伸展角度、立脚期と遊脚期における足関節背屈角度が左右で異なることが挙げられる。weight bearing asymmetryの程度が、歩行速度や麻痺側ステップ長といった歩行機能パラメータの減少に密接に関わること、歩行時の立脚時間の左右差が大きいほど、転倒を生ずる率が高くなることが報告されている。以上から、左右の非対称性を改善することが、歩行機能の改善や転倒防止につながると考えられる。実際、慢性期脳卒中患者の半数以上が歩行中に転倒を生じており、脳卒中後のリハビリテーションにおいて、左右(麻痺側-非麻痺側)の非対称性を修正し、歩行機能を改善することが重要な課題の一つであると考えられる。

### 2. 研究の目的

視覚は姿勢制御における重要な情報源である。ヒトは、開眼立位時は、閉眼立位時に比べて重心動揺量が少なく、視覚情報の有無が静的バランスに寄与している。特に高齢者など体性感覚情報の低下が生じると、さらに視覚情報が重要になってくる。これは脳卒中患者において同様である。視覚情報は、安定だけではなく、姿勢を不安定にもする。視野全体が動くような刺激下においては、ヒトの重心動揺量は増大する。視野全体が一方向に動く刺激では、重心動揺が起こるだけではなく、一方向への重心偏移が生じることが知られている。Brandt et al.は回旋方向の視運動性刺激(optokinetic stimulation; OKS)の開始後まず重心が不安定となり、その後OKSパターンの動きに向かう体軸の偏移が起こると報告している。我々は、この視覚刺激が引き起こす重心偏移に着目した。実際に脳卒中片麻痺患者にOKSを適用し、立位バランスに対する効果を調べた報告されている。また、OKSにより歩行速度、歩幅や歩行率を有意に増加することを示しており、OKSが姿勢だけではなく、歩行に影響をおよぼすことを報告されている。しかし、歩行中の左右非対称性に影響を与えるかは明らかになっていない。

本研究は、脳卒中患者において、VRを用いて、無理なく身体重心を麻痺側にシフトさせ、歩行能力を改善する新たな治療プログラムを開発することを最終目的としている。

### 3. 研究の方法

#### 3-1.

脳卒中患者を対象として、OKS下での重心動揺測定を行った。被験者に背もたれのない椅子上に設置した重心動揺計上に端座位姿勢をとらせた。このとき膝関節90度屈曲位とし、足底面は床へ接地させた。被験者の前方1mにスクリーンを設置し、超短焦点プロジェクターを用いて、ランダムドットパターンを投影した。ランダムドットパターンを右または左方向に連続して移動させ、OKSとした。重心動揺の測定は、ランダムドットパターンの投影開始と同時に測定を行った。各刺激毎に軌跡長、動揺面積を求めた。それに加え、Sway mean、Sway vectorを求め、重心移動の指標とした。

#### 3-2. 最適な視運動性刺激の探索

健常者を対象として、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を介したOKS下での重心動揺測定を行った。被験者にHMD(Oculus Rift DK2)を装着させ、重心動揺計上に立位姿勢を取らせた。HMDを用いたVR内に、ランダムドットパターンを、方法(3-1)と同様に左右方向一方向に連続的に動かしOKSとした。重心移動を引き起こす最適な刺激を明らかにするため、刺激速度を0°/secから100°/secまで20°/sec毎に変化させた。重心動揺解析は方法(3-1)と同じ方法で行った。

#### 3-3. 視運動性刺激による歩行への影響

方法(3-2)で明らかにした重心偏移を引き起こす最適な刺激速度のOKSを用いて、歩行への影響を明らかにする。被験者にHMD、インソール式の足圧計を装着させた。立位姿勢を取らせた被験者にHMDを介してOKSを提示し、15秒後に歩行を開始し、4m歩行を実施した。歩行中もOKSは提示し続けた。OKS下での歩行経路、歩行周期、立脚期平均足底圧の偏移を求めた。

### 4. 研究成果

#### 4-1. 脳卒中患者への影響

脳卒中に対して、水平および回旋方向へのOKSを提示した。OKS提示により、軌跡長が増大した。麻痺側方向へのOKSにより、Sway mean値が大きくなった。加えて、Sway vector

値も非麻痺方向に比べて麻痺側方向が大きかった。

以上の結果は、スクリーンを用いた OKS が脳卒中患者の重心を麻痺側方向に偏移させることが可能であることを示唆するものである。

#### 4-2. 最適な視運動性刺激の探索

HMD を介した水平および回旋 OKS を用いて、20-100 °/sec の異なる刺激速度における軌跡長、重心移動範囲の違いを比較した。スクリーンと同様に、OKS により軌跡長が増大した。静止画提示時と比べて、回旋 OKS では全ての刺激速度、水平 OKS では、20-60 °/sec において有意な差が認められた。また、OKS により重心移動範囲は増大し、Sway mean 値が大きくなった。水平方向 OKS では 40 °/sec、回旋方向 OKS では 20-60 °/sec の刺激速度において、静止画と比べて有意な差が認められた。Sway vector 値も刺激方向の値が上昇し、水平方向 OKS では 40-80 °/sec、回旋方向 OKS では 20-80 °/sec の刺激速度において有意な差が認められ、両刺激方向ともに 40 °/sec が最大の偏移を引き起こした。

以上の結果より、HMD を介した OKS により重心移動範囲が拡大し、重心偏移を引き起こすことが明らかになった。左右方向への重心誘導に最適な刺激強度が、いずれの方向の OKS においても 40°/sec であることが示唆された。

#### 4-3. 視運動性刺激による歩行への影響

OKS により引き起こされる重心移動が歩行動作中においても影響を与えることが可能であるか調べた。静止立位において、重心誘導に最適な刺激であった 40 °/sec の HMD を介した水平および回旋 OKS を用いて歩行への影響を検討した。

水平 OKS では歩行経路が左または右に偏移した。回旋 OKS は、全被験者の歩行経路が右方向に偏移した (図 1A)。各条件下での歩行軌跡を二次関数にて曲線回帰し、回帰係数を算出した。水平 OKS 時の回帰係数は平均 0.24±0.81、回旋 OKS では平均 1.56±1.5 であった。回旋 OKS では、静止画提示時に比べ回帰係数が大きく、歩行経路が右方向に偏移することが認められた (図 1B)。

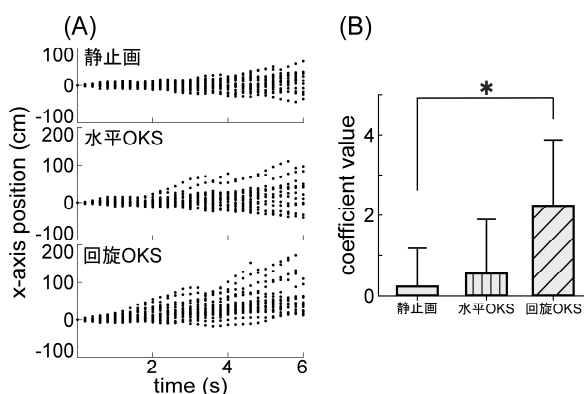


図 1. 歩行経路の偏移

歩行周期は、静止画提示時において、左右の立脚時間および遊脚時間を比較したが、有意な左右差はなかった。一方、水平 OKS では左側立脚時間と右側立脚時間を比較すると、右側立脚時間が長く、有意な差が認められた。回旋 OKS では左側立脚時間は 0.67±0.09sec、右側立脚時間は 0.79±0.1sec であった (p<0.01)。回旋 OKS 時の左右立脚時間は、静止画に比べ、左立脚時間が平均 10.8%短縮し、右立脚時間が平均 18.8%延長し、静止画提示時と比べて有意な変化を示した (図 2)。OKS が歩行時の下肢荷重量(weight-bearing) に及ぼす影響を明らかにするため、OKS 下での左右足の立脚期平均足底圧を調べた (図 3)。水平 OKS および回旋 OKS により刺激側立脚期平均足底圧が増大し、静止画提示時と比べて有意な差が認められた。非刺激立脚期平均足底圧は、回旋 OKS においても静止画提示時と比べ平均足底圧が減少した。

以上の結果から、OKS により刺激側立脚時間が延長し、刺激側の荷重量が増大した。OKS が歩行時の重心を、静止時と同様に刺激方向に偏移させることが明らかになった。

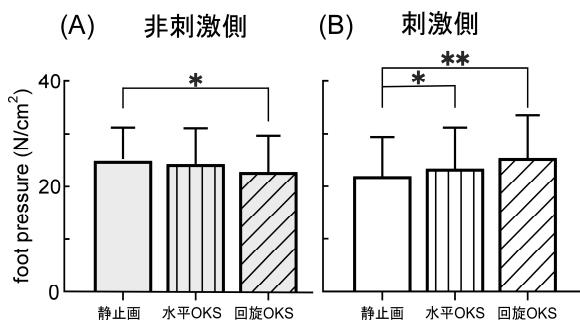


図 2. 立脚期間の変化。

\*;p<0.05, \*\*;p<0.01, †;p<0.05。

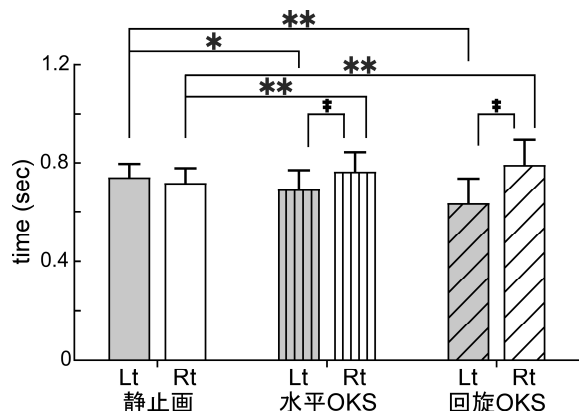


図 3. 歩行時荷重量

\*;p<0.05, \*\*;p<0.01, †;p<0.05。

#### 4-3. まとめ

本研究の結果は、OKS が脳卒中患者の重心を麻痺側方向に偏移させることができる可能性を示唆するものである。脳卒中患者では、麻痺側荷重量が低いほど日常生活動作能力や歩行能力が低いことが報告されており、麻痺側荷重量を増大させることがリハビリテーションにおいて求められている。スクリーンを用いた OKS は、静止立位に影響を与え、重心偏移を引き起こすことが可能であった。安静時だけでなく、歩行時の麻痺側荷重を引き起こすために HMD を用いた方法を試みた。HMD を用いることにより、安静時の重心を麻痺側に偏移させられ、その影響は歩行時にも見られた。脳卒中患者の歩行は、麻痺荷重量の低下、麻痺側立脚期の短縮といった問題が生じる。本研究の結果は、VR での OKS がこの 2 つの問題点を改善することができ、脳卒中患者の歩行練習に応用できる可能性を示すものである。今後は、HMD を用いた OKS が脳卒中患者の歩行に与える影響を詳細に調べ、歩行能力改善に有効であるか慎重に検討していく必要がある。

#### 5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 8 件)

1. Junya Komagata, Atsushi sugiura, Hiroshi Takamura, Yujiro Masu, kitama toshihiro. Leg muscle activity during postural control under optokinetic stimulation in healthy subjects. The 9th Federation of Asian and Oceanian Physiological Societies Congress, 2019 (Kobe).
2. Junya Komagata, Atsushi sugiura, Hiroshi Takamura, kitama toshihiro. Gait characteristics under optokinetic stimulation with virtual reality. 第 41 回日本神経科学大会, 2018 (神戸).
3. 駒形 純也, 高村 浩司, 杉浦 篤志, 清水 大介, 児玉 歩未, 北間 敏弘. 視運動性刺激が静的姿勢バランスおよび歩行に及ぼす影響, 2018 (大阪).
4. Junya Komagata, Atsushi sugiura, kitama toshihiro. Gait change in normal subjects under optokinetic stimulation using virtual reality, 第 95 回日本生理学会大会, 2018 (高松).
5. 駒形 純也, 杉浦篤志, 北間敏弘. Head mounted display を用いた視運動性刺激が歩行に及ぼす影響, 第 64 回中部日本生理学会, 2017 (甲府).
6. Junya Komagata, Atsushi Sugiura, Hiroshi Takamura, Toshihiro Kitama. Postural stability and gait during optokinetic stimulation in normal subjects, 第 40 回日本神経科学大会, 2017 (千葉).
7. 駒形 純也, 高村浩司, 荒川聡美, 清水大介, 杉浦篤志, 北間敏弘. ヘッドマウントディスプレイを用いた視覚的外乱と身体動揺の関連, 第 52 回日本理学療法学会大会, 2017 (千葉).
8. Junya Komagata, Atsushi Sugiura, Toshihiro Kitama, Postural sway evoked by optokinetic stimulation using a head-mounted display device, 第 94 回日本生理学会大会, 2017 (浜松).

#### 6 . 研究組織

研究代表者氏名：駒形 純也

ローマ字氏名：Junya Komagata

所属研究機関名：健康科学大学

部局名：理学療法学科

職名：助教

研究者番号 (8 桁) : 20712798

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、研究者個人に帰属されます。