

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17455

研究課題名（和文）視覚変位状態での姿勢制御時の分配性注意機能の解明と半側空間無視への介入手段の考案

研究課題名（英文）Elucidation of the divided attention during postural control under visual displacement conditions and development of intervention methods for unilateral spatial neglect

研究代表者

北谷 亮輔（Kitatani, Ryosuke）

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・助教

研究者番号：70805811

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では脳卒中後に生じる特異的な高次脳機能障害の一つである半側空間無視に対する効果的な介入手段の確立へ向けた基礎的な検討として、健康者を対象に左プリズム適応による左半側空間無視様の状態を引き起こし、姿勢制御時の空間性・分配性注意機能の特徴を検討した。主な結果として、プリズム適応前では姿勢制御の難易度が高いと左右空間ともに外部刺激に対する反応時間は遅延するが、左プリズム適応後は右空間において姿勢制御の難易度による反応時間の遅延の影響は減少した一方、左空間における反応時間には有意な変化は生じなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

半側空間無視を呈する脳卒中後患者は運動麻痺や感覚障害など多くの合併症を呈するため、半側空間無視が直接的に姿勢制御に与える影響を検討することは難しい中、本研究は基礎的な検討方法として、左プリズム適応による左半側空間無視様の状態を引き起こすことで、無視様症状が姿勢制御時の分配性注意機能に与える影響を検討した初の取り組みである。本研究結果により、姿勢制御の影響は通常の視覚認知状態では左右空間ともに生じる一方、無視様状態では姿勢制御が難しい条件になると無視側への影響がより強く生じることが示され、学術的意義だけでなく臨床現場における患者対応などの注意点として社会的意義も示唆された。

研究成果の概要（英文）：We investigated the characteristics of spatial and divided attention during standing postural control with a left unilateral spatial neglect-like behavior induced by left prism adaptation in healthy young adults. The reaction time to external stimuli was delayed in both right and left hemifields in the condition with postural control difficulty before prism adaptation. However, after left prism adaptation, the delay in reaction time in the right hemifield due to the postural control difficulty improved, while no significant change occurred in the left hemifield.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：半側空間無視 空間性注意 分配性注意機能 プリズム適応 姿勢制御

1. 研究開始当初の背景

脳卒中後患者は運動麻痺や感覚障害、高次脳機能障害などの後遺症の影響により、姿勢制御時に注意機能がより必要となることが報告されている(引用文献)。ヒトの姿勢制御は主に視覚、体性感覚、前庭感覚などの感覚情報に基づいて制御されている中、脳卒中後には姿勢制御に対する視覚情報の重み付けが優位となることが報告されている(引用文献)。しかし、脳卒中後に生じる高次脳機能障害の内、特異的な視空間認知障害として半側空間無視がある。

半側空間無視は主に右半球の脳卒中後に生じることが多く、視野障害とは異なり基盤となる障害メカニズムは空間性注意の右方変位であり、空間や物体の左側に注意を向けることが困難となる(引用文献)。一方、半側空間無視を呈する脳卒中後患者は左空間に対する注意機能だけでなく、右空間への注意機能の低下も生じていることが報告されている(引用文献)。そのため、代償的に左空間へ注意配分を向けるような臨床現場において頻繁に行われている介入手段では右空間への注意機能の低下をさらに引き起こす可能性がある。日常生活を送るためには幅広い空間に対して注意配分を行う必要があり、半側空間無視を呈する脳卒中後患者は日常生活動作能力が低下している(引用文献)。そのため、姿勢制御が要求される日常生活動作能力を向上させるために、左右の空間へ代償的に注意配分を行うのではなく、半側空間無視の様な特異的な視空間状態における姿勢制御時の分配性注意機能を改善させる介入手段の確立が必要となる。しかし、半側空間無視を呈する脳卒中後患者は運動麻痺や感覚障害だけでなく、認知機能低下やその他の高次脳機能障害も合併することが多く、半側空間無視が直接的に姿勢制御時の分配性注意機能に与える影響を検討した報告はない。

半側空間無視による空間性注意の右方変位に対する有効な治療法にプリズム適応がある(引用文献)。視野が右側に変位するプリズム眼鏡を装着した状態で目標物への上肢リーチなどの感覚運動適応課題を行うことにより、プリズム適応後に左空間への注意機能が向上し、右半球損傷の脳卒中後患者は立位時に右側に変位していた重心位置が正中位へと改善することが報告されている(引用文献)。健常者に対して視野が左に変位するプリズムレンズを用いてプリズム適応を行うと、後効果として適応後に右空間に運動や視知覚、注意などが変位する擬似的な左半側空間無視様の症状が生じる(引用文献)。この左半側空間無視様の症状の中には、姿勢制御への影響として立位時の重心位置を右方向に変位させることが報告されている(引用文献)。そこで、脳卒中後に生じる特異的な高次脳機能障害の一つである半側空間無視に対して、より効果的な介入手段を確立するための基礎的な検討として、健常者を対象に左プリズム適応による左半側空間無視様の視覚変位状態を作り出し、その視覚状態における姿勢制御時の分配性注意機能を検討することが有効である可能性がある。さらに、近年ではプリズム適応における神経メカニズムが徐々に解明されてきている中(引用文献)、左プリズム適応による姿勢制御への影響に関与する神経メカニズムは未解明なままである。

<引用文献>

- Brown LA, Sleik RJ, Winder TR. Attentional demands for static postural control after stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2002 Dec;83(12):1732-5.
- Bonan IV, Marquer A, Eskiizmirli S, Yelnik AP, Vidal PP. Sensory reweighting in controls and stroke patients. Clin Neurophysiol. 2013 Apr;124(4):713-22.
- Brain WC. Visual disorientation with special reference to lesions of the right cerebral hemisphere. Brain. 1941;64:224-72.
- Li D, Rorden C, Karnath HO. "Nonspatial" Attentional Deficits Interact with Spatial Position in Neglect. J Cogn Neurosci. 2017 May;29(5):911-918.
- Nijboer T, van de Port I, Schepers V, Post M, Visser-Meily A. Predicting functional outcome after stroke: the influence of neglect on basic activities in daily living. Front Hum Neurosci. 2013 May 9;7:182.
- Rossetti Y, Rode G, Pisella L, Farné A, Li L, Boisson D, Perenin MT. Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect. Nature. 1998 Sep 10;395(6698):166-9.
- Tilikete C, Rode G, Rossetti Y, Pichon J, Li L, Boisson D. Prism adaptation to rightward optical deviation improves postural imbalance in left-hemiparetic patients. Curr Biol. 2001 Apr 3;11(7):524-8.
- Michel C. Simulating unilateral neglect in normals: myth or reality? Restor Neurol Neurosci. 2006;24(4-6):419-30.
- Michel C. Beyond the Sensorimotor Plasticity: Cognitive Expansion of Prism Adaptation in Healthy Individuals. Front Psychol. 2016 Jan 5;6:1979.
- Michel C, Rossetti Y, Rode G, Tilikete C. After-effects of visuo-manual adaptation to prisms on body posture in normal subjects. Exp Brain Res. 2003 Jan;148(2):219-26.
- Panico F, Rossetti Y, Trojano L. On the mechanisms underlying Prism Adaptation: A review of neuro-imaging and neuro-stimulation studies. Cortex. 2020 Feb;123:57-71.

Panico F, Fleury L, Trojano L, Rossetti Y. Prism Adaptation in M1. J Cogn Neurosci. 2021 Apr;33(4):563-573.

Boukrina O, Chen P. Neural Mechanisms of Prism Adaptation in Healthy Adults and Individuals with Spatial Neglect after Unilateral Stroke: A Review of fMRI Studies. Brain Sci. 2021 Nov 5;11(11):1468.

2. 研究の目的

健常者を対象に左プリズム適応による左半側空間無視様の視覚変位状態における姿勢制御時の分配性注意機能の特徴を明らかにすることを目的とする。さらに、左プリズム適応による左半側空間無視様の症状としての姿勢制御への影響が増加する要因を検討することも目的とする。

3. 研究の方法

左プリズム適応による左半側空間無視様の視覚変位状態における姿勢制御時の分配性注意機能の特徴を検討するために、健常若年者 17 名（年齢 21.5 ± 1.1 歳、身長 165.4 ± 8.2 cm、体重 57.9 ± 9.1 kg、男性 9 名・女性 8 名）を対象として、左プリズム適応前後における姿勢制御時の分配性注意機能を検討した。プリズム適応課題として、左に視野が 30 ジョプター（約 17 度）変位するプリズムレンズ付きのゴーグルを装着した状態で、前方 3 点の目標点の内ランダムに 5 秒に一度指示された 1 点に向けて人差し指でポインティングする課題を 15 分間（計 180 回のポインティング）と 5 分間（計 60 回のポインティング）実施した（図 1）。

プリズム適応による後効果を評価するために、プリズム適応の課題前と課題後（適応後 1・2）そして全測定終了後に閉眼で自覚的な正中線上への上肢リーチ動作を行った。解析項目として、上方からビデオカメラで撮影した上肢リーチ動作を動画解析ソフトにて解析し、正中線からの左右への変位距離（cm）を算出した。統計解析として、時間要因（適応前・適応後 1・適応後 2・最終時点）に対する反復測定 1 元配置分散分析を実施した。

また、姿勢制御時の空間性注意機能・分配性注意機能の評価として、プリズム適応の課題前と課題後（適応後 1・2）においてポズナー課題（視覚先行手掛かり課題）を通常の立位保持とバランスディスク上での立位保持の条件で計測した。解析項目として、左右の空間それぞれに対する反応時間（ms）を算出した。統計解析として、時間要因（適応前・適応後）、バランス条件要因（通常立位・バランスディスク上立位）、左右空間要因（右・左）、手掛かり要因（一致・不一致）の 4 要因における反復測定 4 元配置分散分析を実施した。

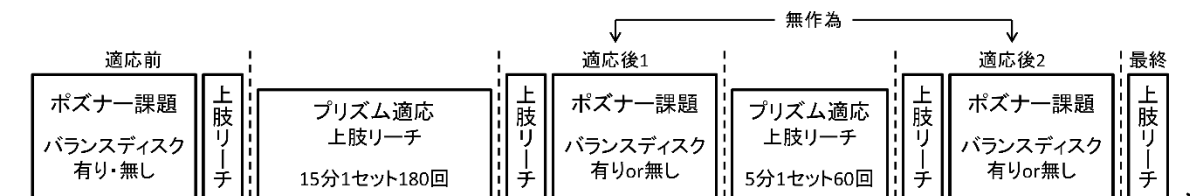


図 1. 実験 1 の測定プロトコル

さらに、左プリズム適応による左半側空間無視様の症状としての姿勢制御への影響が増加する要因を検討するために、健常若年者 30 名を対象として、通常立位でプリズム適応を行う群（年齢 21.3 ± 0.6 歳、身長 166.8 ± 10.0 cm、体重 58.5 ± 10.1 kg、男性 8 名・女性 7 名）とバランスディスク上でプリズム適応を行う群（年齢 21.1 ± 0.6 歳、身長 168.1 ± 8.4 cm、体重 57.7 ± 8.1 kg、男性 8 名・女性 7 名）の 2 群に分類した。プリズム適応課題は同様の手順にて 6 秒に一度指示された 1 点に向けて人差し指でポインティングする課題を 10 分間（計 100 回）2 セット（計 200 回）実施した（図 2）。

プリズム適応による後効果の評価課題も同様の手順にて閉眼で自覚的な正中線上への上肢リーチ動作をプリズム適応の課題前と課題後、全測定終了後に実施した。統計解析として、時間要因（適応前・適応後・最終時点）とバランス条件要因（通常立位・バランスディスク上立位）の 2 要因における反復測定二元配置分散分析を実施した。

また、姿勢制御指標として、プリズム適応の課題前と課題後において、閉眼での開脚・閉脚静止立位時の重心動揺を計測し、足圧中心位置を算出した。さらに、重心変位に影響する自覚的な身体垂直性に関する指標として、主観的な身体縦軸の認識を計測した。統計解析として、時間要因（適応前・適応後）とバランス条件要因（通常立位・バランスディスク上立位）の 2 要因における反復測定二元配置分散分析を実施した。

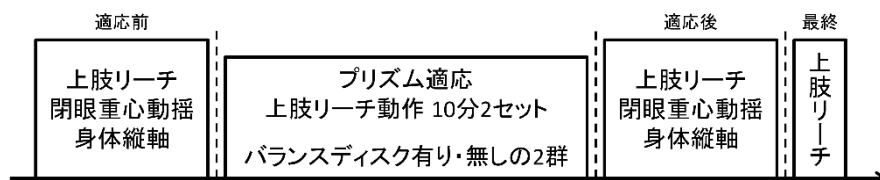


図 2. 実験 2 の測定プロトコル

4. 研究成果

まず、一つ目の実験において、閉眼で自覚的な正中線上への上肢リーチの左右変位距離には有意な時間要因の主効果が得られ、プリズム適応前と比較して適応後 1・2、および最終時点において有意に右に変位していた。

ポズナー課題における反応時間においては、バランス条件要因と手掛かり要因の有意な主効果、および時間要因・バランス条件要因・左右空間要因の有意な 3 次の交互作用、時間要因とバランス条件要因の有意な 2 次の交互作用、左右空間要因と手掛かり要因の有意な 2 次の交互作用が得られた。手掛かり要因が影響しない時間要因・バランス条件要因・左右空間要因の有意な 3 次の交互作用、および時間要因とバランス条件要因の有意な 2 次の交互作用が得られたことから、一致・不一致条件における反応時間を平均化した反応時間を算出し、左右空間それぞれに対して時間要因とバランス条件要因の 2 要因における反復測定二元配置分散分析を実施した（図 3）。その結果、右空間において有意な 2 要因の交互作用が得られた（ $^{SS}p < 0.01$ ）。多重比較の結果、プリズム適応前では通常立位と比較して姿勢制御の難易度が高いバランスディスク上立位において反応時間が有意に遅延していたが（ $^{\#}p < 0.05$ ）、プリズム適応後にはバランスディスク上立位において反応時間が有意に短縮していたため（ $^{\#}p < 0.05$ ）、バランス条件間で有意な差は得られなかった。一方で、左空間においては有意な 2 要因の交互作用は得られず、有意なバランス条件要因の主効果が得られた（ $^{\#\#}p < 0.01$ ）。左空間においては左プリズム適応前後に有意な変化はなく、通常立位と比較してバランスディスク上立位において反応時間が有意に遅延していた。

以上の結果から、左プリズム適応前の通常の視覚状態では左右空間ともに姿勢制御の難易度が高い立位では反応時間が遅延する一方、左プリズム適応による左半側空間無視様の状態においては姿勢制御の難易度が高い立位では反応時間が左空間に対してのみ遅延していた。

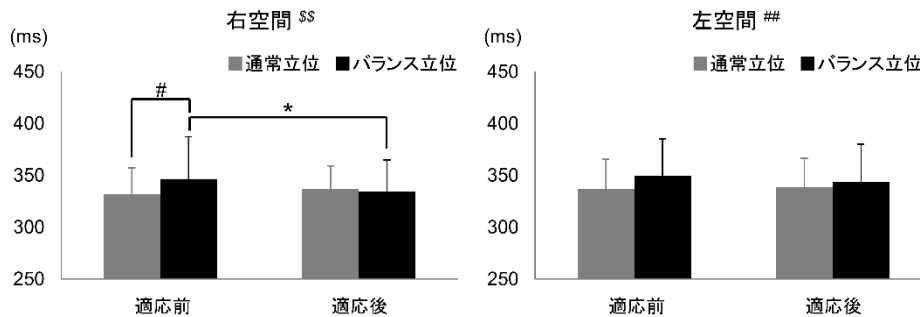


図 3. 左右空間に対する反応時間

二つ目の実験において、閉眼で自覚的な正中線上への上肢リーチの左右変位距離には有意な時間要因の主効果のみが得られ、プリズム適応中のバランス条件要因に関わらず、プリズム適応前と比較して適応後と最終時点において有意に右に変位していた。

閉眼閉脚静止立位時において（図 4）、足圧中心の左右平均位置に有意な時間要因の主効果（ $^*p < 0.05$ ）と有意な 2 要因（時間要因とバランス条件要因）の交互作用が得られた（ $^{\#}p < 0.05$ ）。多重比較の結果、バランスディスク上立位で左プリズム適応を行った群のみ適応前と比較して適応後において有意に足圧中心位置が右に変位しており（ $^*p < 0.01$ ）、通常立位で左プリズム適応を行った群と比較して適応後の足圧中心位置は有意に右に変位していた（ $^{\#\#}p < 0.01$ ）。しかし、主観的な身体縦軸において有意な主効果や交互作用は得られなかった。

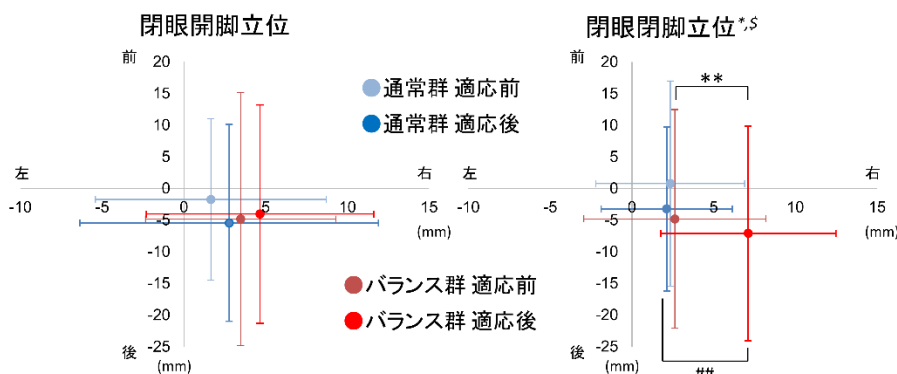


図 4. 足圧中心の平均位置

以上の結果から、姿勢制御に必要な体性感覚情報が増加しているバランスディスク上での立位でプリズム適応を行うと姿勢制御への転移効果が増加することが示された。プリズム適応の後効果が生じるために重要とされる視覚や固有受容感覚、そして姿勢制御に重要な体性感覚や前庭感覚なども含めた多くの感覚情報が入力する後頭頂葉の関与がプリズム適応による姿勢制御への転移効果に重要であることが示唆された。そこで、プリズム適応の神経メカニズムとして重要である小脳と後頭頂葉に対する脳刺激をプリズム適応に併用し、プリズム適応による姿勢制御への転移効果の神経メカニズムに関する追加検討を行っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kitatani Ryosuke, Honda Kaiwa, Inukai Yasuto, Otsuru Naofumi, Onishi Hideaki	4. 巻 814
2. 論文標題 Prism adaptation during balance standing enhances the transfer after-effect on standing postural displacement	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 137470
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neulet.2023.137470	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitatani Ryosuke, Furukawa Koki, Sakaue Daiki, Otsuru Naofumi, Onishi Hideaki	4. 巻 804
2. 論文標題 Influences of different cognitive loads on central common neural drives to the ankle muscles during dual-task walking	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 137214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neulet.2023.137214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitatani Ryosuke, Umehara Jun, Hirono Tetsuya, Yamada Shigehito	4. 巻 128
2. 論文標題 Rhythmic auditory stimulation during gait adaptation enhances learning aftereffects and savings by reducing common neural drives to lower limb muscles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 1324 ~ 1336
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1152/jn.00162.2022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitatani Ryosuke, Maeda Ayaka, Umehara Jun, Yamada Shigehito	4. 巻 240
2. 論文標題 Different modulation of oscillatory common neural drives to ankle muscles during abrupt and gradual gait adaptations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 871 ~ 886
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00221-021-06294-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 北谷亮輔
2. 発表標題 効率的な歩行適応方法の開発に向けた筋内・筋間コヒーレンス解析による神経生理学的検証
3. 学会等名 第28回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北谷亮輔、古山達郎、大鶴直史、大西秀明
2. 発表標題 後頭頂葉と小脳への経頭蓋直流電気刺激が左プリズム適応による姿勢変位に与える領域特異的效果
3. 学会等名 第21回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kitatani Ryosuke, Otsuru Naofumi, Inukai Yasuto, Saito Kei, Kojima Sho, Miyaguchi Shota, Nagasaka Kazuaki, Shibata Sumiya, Onishi Hideaki
2. 発表標題 Influence of postural control difficulty on changes in visuospatial attention after leftward prism adaptation
3. 学会等名 International Society for Posture & Gait Research World Congress 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北谷亮輔、古川晃希、坂上大樹、大鶴直史、大西秀明
2. 発表標題 二重課題中の認知課題負荷量の違いによる歩行中の筋活動への神経性入力の変化
3. 学会等名 第52回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北谷亮輔、本田快和、犬飼康人、大鶴直史、大西秀明
2. 発表標題 バランスディスク上での左ブリズム適応が立位重心の左右変位に与える影響
3. 学会等名 第27回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kitatani Ryosuke, Umehara Jun, Hirono Tetsuya, Yamada Shigehito
2. 発表標題 Rhythmic auditory stimulation enhances adaptation and retention effects by reducing common neural drives to lower limb muscles during gait adaptation
3. 学会等名 International Society for Posture & Gait Research World Congress 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北谷亮輔、梅原潤、廣野哲也、山田重人
2. 発表標題 リズム聴覚刺激を用いた歩行適応の学習効果の促進と保続効果の向上
3. 学会等名 第26回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------