

令和 2 年 4 月 20 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01522

研究課題名(和文) 外乱に対する姿勢制御への注意操作の効果に関する研究

研究課題名(英文) Effect of external and internal focus on postural response to perturbation

研究代表者

平岡 浩一 (Hiraoka, Koichi)

大阪府立大学・総合リハビリテーション学研究科・教授

研究者番号：10321209

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：第一実験では、外的注意および内的注意の外乱に対する姿勢制御の効果を検証した。支持面前方滑走時、対照課題と比較して上肢の上に置いた不安定なシリンダのバランスを取ると骨盤の変位に注意する課題で有意な骨盤前後変位振幅の低下がみられた。骨盤への内的注意および身体動揺に対する潜在注意が伴う外的注意により、前方滑走に対する姿勢制御が強化される。第二実験では視覚標的に対する凝視行動が立位外乱姿勢制御に及ぼす効果を検証した。前方滑走時、弁別容易課題と比較して弁別困難課題で有意に骨盤上下変位のピーク潜時が短縮した。これより、支持面が前方へ滑走する外乱時には凝視により骨盤姿勢動揺に対する反応が早くなる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

理学療法において外乱姿勢制御の障害へのアプローチは大きな比重を占めるが、科学的な裏付けに基づいた方法論は少ない。理学療法士により患者に対して言語あるいは徒手により自動反応である外乱への姿勢制御を操作・介入する手段は限られているが、今回の研究主題であるexternal focusやinternal focusを外乱姿勢制御の操作に駆使できれば理学療法士による外乱姿勢制御への介入手段を豊富化することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：In the experiment 1, the effect of the internal and external attention on the response to the postural perturbation was examined. Keeping equivalence of the cylinder over the arm or paying attention to the pelvis sway in the stance decreased the pelvis sway in response to the perturbation. Thus, both the internal and external attention reduce the postural sway during backward perturbation. In the experiment 2, the effect of the visual gaze on the response to the postural perturbation was examined. The latency of the postural response became earlier when they gazed at a target difficult to see. Thus, the response to the backward perturbation becomes earlier when one gazes at a target invisible.

研究分野：運動制御学

キーワード：外乱 姿勢制御 内的注意 外的注意 凝視

## 1. 研究開始当初の背景

central set は初期背景での変化に基づき、神経系の運動制御状態の修正と定義される。予想される外乱の直前に陰性随伴変動(contingent negative variation; CNV)が発生するという知見は、central set が外乱姿勢反応を事前に準備するという仮説を支持する。これより、外乱姿勢制御の改善にはcentral set の修正が有効であると予想する。central set の修正には内的注意と外的注意が有効かも知れない。内的注意とは身体に注意を向けること、外的注意とは身体外の事象に注意を向けることと定義される。この内的注意や外的注意の静的立位姿勢制御に対する効果を検証した実験は多数ある。たとえば、静止立位で吊るされたシートに指先で指の動きを最小にするように軽く触れた場合(内的注意)は触れない場合と比較して姿勢動揺に有意差がなかったが、シートの動きを最小にするように触れた場合(外的注意)では触れない場合と比較して姿勢動揺が減少した。他方、同様に吊るされたシートに軽く触れた別の実験においては外的注意・内的注意課題共に姿勢動揺が増加した。内的注意と外的注意を比較した研究では、外的注意でより効果的に姿勢が安定したことが報告されている。パーキンソン病(Yahr II および III)患者が不安定な足場でバランスを取った研究では、足を安定させる課題(内的注意)と足場を安定させる課題(外的注意)、姿勢制御なし課題の3課題を比較した。その結果、外的注意課題において内的注意課題・注意課題なしの2課題と比較して姿勢動揺が減少した。これらの知見は立位保持課題において外的注意は立位姿勢動揺を減少させるが、内的注意ではその効果は少ないことを示唆する。これら知見は静止立位姿勢制御において得られたものである。外乱姿勢制御は静的立位における姿勢制御とは異なる機序を媒介していると考えられる。したがって、これら静止立位姿勢制御実験で得られた外的注意や内的注意の効果に関する知見が外乱姿勢制御にも適用できるかどうかは不明である。

頸部振動刺激中の約2秒以上の視線の方向変化が身体の傾き(COP 変位)を誘発する。その視線移動から約5秒後にCOPは安定位置に到達する。頸部筋への振動刺激は視線方向への重心移動を誘発する。外乱のみの課題、標的追視のみの課題と比較し外乱かつ標的追視させた時に頸部脊柱起立筋および胸鎖乳突筋の潜時が短縮し、筋活動が増加する。前庭機能低下の患者に対し、水平と縦移動する標的を視線で追わせた訓練、めまいに慣らす訓練(早い頸部の回旋、体幹の屈曲)は姿勢制御の改善をもたらす。衝動性眼球運動・円滑追従眼球運動あるいは標的凝視しながら頭を水平に回旋する、頭と標的を反対方向に移動させ標的を追視する練習を繰り返し実施すると立位姿勢安定性が改善する。標的を凝視しながら頭部を繰り返し左右に振る訓練を実施すると、立位重心動揺が低減することができる。これらの知見から、視覚プロセスの修正は姿勢制御を修正できる可能性がある。

## 2. 研究の目的

実験1では、外的注意および内的注意の外乱に対する姿勢制御の効果を観察することを通して、外的注意あるいは内的注意がcentral set を修正し、その結果外乱姿勢制御反応に変化が生じるという仮説を検証する。立位において外乱が生じると頭部が動揺し、その結果眼球位置も動揺するため標的の視覚認知が困難になる。したがって、外乱直後に正確に視覚標的を認知したい場合、

頭部を固定しようとするすると予想される。第二実験ではこの習性を利用し、視覚情報を通した外乱に対する頭部安定性への注意が外乱姿勢制御に及ぼす効果を検証する。

立位で外乱が生じると、ある基準標的に近い位置に提示された標的刺激の基準標的に対する上下関係の判定は困難となる。したがってこの場合、基準標的と標的刺激を凝視する必要があるため頭部を固定しようとする。これに対し、基準標的から遠く離れた位置に提示された標的刺激の上下判定は容易である。したがってこの場合、外乱時に頭部を固定しようとしな。これら2課題間の外乱直後の姿勢制御には違いが生じる。実験2では、この2課題間で外乱直後の姿勢制御を比較することを通して、凝視行動が外乱に対する姿勢制御を改善するという仮説を検証した。

### 3. 方法

(実験1) 対象は年齢21~41歳(31.2±8.0歳)の健常成人男性12名とした。床上に可動プラットフォームを設置した。被験者は可動プラットフォーム上に両側母趾間隔5cmで立位を保持した。加速度計を胸骨、仙骨部に貼付して前後方向の加速度を計測した。小さな長方形の平板を左上腕に表面が水平になるように装着した。

験者に左上肢を前方挙上させた。Control課題では注視ポイントを中央に記した平板を左上腕に装着した板の上に裏返しに設置した。シリンダ課題では、シリンダを左上腕に装着した板の上に円形面を下にして置き、外乱時にシリンダが板から落ちないように注意させた。数字凝視課題では、0から9の数字を1秒毎にカウントアップするタイマーを左上腕に装着した板の上に置き、被験者にそれを凝視させ、外乱直前の数字を記憶させ、外乱後にその数字を報告させた。これら2課題は外的注意を促す課題である。胸部注意課題では、注視ポイントを中央に記した平板を水平挙上した左上腕に装着した板の上に置いてそのポイントを注視させた。試行前に被験者に口頭で外乱時に胸部が動揺しないように注意するように指示した。骨盤注意課題では、注視ポイントを中央に記した平板を腕に装着した板の上に裏返しに置いた。骨盤注意課題では、被験者に口頭で外乱時に骨盤が動揺しないように注意させた。これら2課題は内的注意を促す課題である。警告音から2-5s後に可動プラットフォームの前方または後方滑走を開始した。警告音とプラットフォームホーム滑走の間の最低時間を2sとしたのは、外乱前2sの警告で外乱に対するCOP変位が低下したJacobsの知見からセントラルセットは最低で効果が生じると考えられたためである。実験前の練習試行ではControl課題にて外乱を前後に各10回、ランダムに練習を実施した。本実験は各課題、外乱前後を各10回、合計100回実施した。

(実験2) 対象は年齢21~41歳(30±8.12歳)の健常な成人男性15名とした。加速度計は頭部、仙骨部に貼付し前後方向と左右方向の加速度を計測した。被験者の前方1.8mの距離かつ視線の30cm下の高さにオシロスコープを設置した。被験者には可動プラットフォーム上に静止立位を取らせ、前方のオシロスコープの中央の水平線を凝視させた。

可動プラットフォームを前方または後方に滑走させた。プラットフォームの滑走開始の50ms後に視覚刺激としてオシロスコープの水平線を中央線の上か下に表示した。弁別困難課題では、可動プラットフォームの移動開始の50ms後にオシロスコープが中央水平線の2mm上または2mm下に水平線を100msの時間表示した。弁別容易課題では、可動プラットフォームの移動開始の

50 ms 後にオシロスコープが中央水平線の 2 cm 上または 2 cm 下に水平線を 100 ms の時間表示した。可動プラットフォームの滑走の 2-6 s 前に、弁別困難課題を予告する低音(90 Hz)の警告音、あるいは弁別容易課題を予告する高音(1 kHz)の警告音を発生させた。被験者には、低音は上下弁別困難な水平線の提示予告であることを、高音は上下弁別が容易な水平線の提示予告であることを事前に説明した。

滑走が終了して姿勢が安定したところで被験者にオシロスコープ上に表示された水平線が中央水平線より上だったか、下だったか、もしくはわからなかったのかを回答させた。水平線表示上か下の 2 課題、その水平線を広範囲・狭範囲表示し、視認による弁別が容易な課題と困難な課題の 2 課題、外乱前後前後 2 課題の計 8 課題を実施した。本実験前に各課題を各 5 回、計 40 回ランダムに練習を実施した。本実験は各課題を各 10 回、合計 80 回ランダムに実施した。

#### 4. 研究成果

(実験 1) 前方滑走時の変位ピーク振幅は、加速度計部位と課題間で有意な交互作用があった。単純主効果の検定の結果、加速度計設置部位の主効果を認めた。さらには骨盤変位に課題間で有意な主効果がみとめられた。多重比較検定の結果、Control 課題と比較してシリンダ課題と骨盤注意課題で有意な振幅低下がみられた。

外乱時に骨盤が動揺しないように注意を促すと骨盤変位の振幅低下がみられた。これは、内的注意が前方滑走に対する姿勢制御反応を強化することを示唆する。腕に不安定な物体をのせて、外乱時に身体の姿勢制御と同時に身体外の姿勢制御をさせた場合、骨盤変位の振幅低下がみられた。これは、身体動揺に対する潜在注意がともなう場合、外的注意は前方滑走に対する姿勢制御反応を強化することを示唆する。

(実験 2) 上下弁別の正解率は、弁別容易課題と比較して弁別困難課題で有意に低くなった。前方滑走時において、頭部は後方移動、骨盤は前方移動し、ピーク後に反転した。頭部は下方移動、骨盤は下方移動、ピーク後に反転した。後方滑走時において、頭部は前方移動、骨盤は後方移動、ピーク後に反転した。頭部は上方移動、骨盤は上方移動、ピーク後に反転した。上下変位ピークの潜時は、前方滑走時の単純主効果検定にて骨盤上下変位の潜時に課題間で有意差見られた。加速度計部位と課題間で交互作用があり、多重比較検定の結果、弁別困難課題で弁別容易課題と比較して有意な潜時の短縮が見られた。

支持面前方滑走時に視覚困難な標的を凝視させると、外乱による骨盤動揺に対する反応が早まった。この結果は、頭部減少を目的とした体幹固定の努力を反映する可能性がある。前方滑走でのみ生じた効果は、前方外乱と後方外乱におけるプロセスの違いに起因すると考えられる。

## 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 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kunimura H, Matsuoka M, Hamada N, Hiraoka K.	4. 巻 0
2. 論文標題 Effects of Internal and External Attentional Focus on Postural Response to a Sliding Stance Surface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Perceptual & Motor Skills	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/0031512519838688	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 該当する
1. 著者名 Kunimura H, Matsuoka M, Hamada N, Hiraoka K.	4. 巻 30
2. 論文標題 Effort to perceive the position of one visual horizontal line relative to another appearing close causes an earlier postural response to backward perturbation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NeuroReport	6. 最初と最後の頁 151-156
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/WNR.0000000000001175	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 該当する
1. 著者名 Hiraoka, K., Kuramitsu, T., Nii, N., Osumi, M., & Tanaka, N.	4. 巻 10
2. 論文標題 Time Window of Perturbation-Induced Response Triggered by Ankle Motion and Body Sway above the Ankle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 230
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.3390/brainsci10040230">https://doi.org/10.3390/brainsci10040230</a>	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 Matsuoka, M., Kunimura, H., & Hiraoka, K.	4. 巻 1
2. 論文標題 Effect of Time and Direction Preparation on Ankle Muscle Response During Backward Translation of a Support Surface in Stance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Motor Control	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1123/mc.2019-0042	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0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 平岡浩一・他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 360
3. 書名 リハビリテーション神経科学	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----