

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20500436

研究課題名(和文) 高齢者の姿勢調節とその学習効果-視線移動と視覚刺激の影響-

研究課題名(英文) Effects of visual stimulus, gaze movements and motor learning on postural control of elderly subjects

研究代表者

福島 順子 (FUKUSHIMA JUNKO)

北海道大学・大学院保健科学研究院 教授

研究者番号：40208939

研究成果の概要(和文)：1. 視標に対する頭部眼球運動では、高齢者では垂直方向の運動で、頭部眼球運動の開始に先行して足圧中心の移動の開始予測的姿勢制御(Anticipatory Postural Adjustment: APA)がおこり、若年者に比べて上方視の場合に前脛骨筋の筋活動の先行が見られた。

2. 姿勢調節の学習効果について調べた結果、訓練しなかった非利き手にもパフォーマンスの向上が見られ学習効果の転移がみられた。また、それに伴いAPAの出現が早期化し、学習効果の転移には姿勢制御システムの関与が示唆された。更に、その変化は3ヶ月後も保持されたことから、これらの変化には中枢神経系が関与する可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：To examine postural adjustment during gaze shift (eye-head movements), two different types of gaze shifts were tested; 1) vertical gaze shifts, and 2) gaze shifts in depth (i.e., convergence and divergence). Finally, learning of postural adjustment was examined. Major results were as follows;

1) Anticipatory postural adjustment (APA) was observed preceding vertical gaze shift in both young and elderly healthy subjects. Downward gaze shift elicited APA more often than upward gaze shift. Elderly subjects showed EMG activity in tibialis anterior (TA) preceding upward gaze shift.

2) To investigate motor learning of postural control, we assigned young subjects to reaching movements which consisted of daily training of 100 times for 3 days, and after 3 days the training was discontinued. We assessed their performance on the 5th day and 90th day. The reaching performance improved even on the 90th day, indicating that the subjects showed retention of training effects. Moreover, the subjects who were trained on their dominant hands also showed improvements on non-dominant hands, suggesting the transfer or generalization effects. Latencies of APA measured as EMG activity of TAs were shortened together with the improvement of performance, and latency changes retained on the 90th day, suggesting an involvement of the central nervous system in learning of postural control and performance.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：理学療法学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：姿勢調節、予測的姿勢制御 (APA)、運動学習、転移

1. 研究開始当初の背景

(1) 予測的姿勢制御 (Anticipatory Postural Adjustment: APA) は、随意運動に先だって姿勢筋に筋活動が出現するもので、上肢挙上や歩行開始などの運動の際に多く調べられているが、対象物を見るために頭部を回転させたときに出現するかどうかについてはほとんど報告がない。若年健常者について、本研究では視線移動のための頭部-眼球運動に先行する APA について調べ、約 80% において下方の視標に対する頭部-眼球運動に約 50-100msec 先行して足圧の変化が観察され、それとともに約半数の例で大腿二頭筋の筋活動が確認された (Fukushima, Prog Brain Res)。

(2) 姿勢調節には視覚が重要であるが、動きの錯覚により、近づいてくるように見える映像を見ると被験者は後方へ傾き、遠ざかる映像では前方へ体を傾けることが報告されている。

(3) 運動技能はある条件下で獲得されると、異なる文脈でも同様のパフォーマンスを発揮することができるかとされており、汎化あるいは転移と呼ばれている。このような運動の転移については姿勢制御システムが大きく関与している可能性がある。また、運動学習の効果は持続することが知られている。

2. 研究の目的

高齢者では視線を移動させたときや視覚入力の変化によって、バランスを崩すことがよくあり、これらの課題で姿勢調節について調べることは、高齢者の転倒防止を考える上で重要であるので、これらの視線移動や視覚刺激の姿勢制御に与える影響を若年者と比較した。

また、リーチ動作の運動課題を通して転移が起こるかどうか、その基礎にある姿勢制御システムに変化が起こるのか、それらの効果が継続するのかを検証することとした。

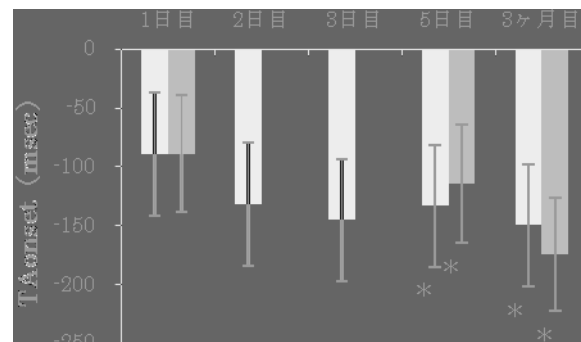
3. 研究の方法

本実験に同意の得られた 21~24 才の健常若年成人計 17 名、65-73 才の健常高齢者 10 名を対象とした。全員が右利きであった。

(1) バーチャル・リアリティーによる視覚刺激の実験での視覚刺激は、スクリーンの中心の 1 点に収束するもの、中心の 1 点から遠ざかるもの、静止するものの 3 種類であった。被験者は床反力計の上に立ち、スクリー

ンの中心を見た。足圧中心 (COP) の変化と前脛骨筋、ヒフク筋、大腿直筋、大腿二頭筋から筋電図を取り、眼球運動をモニターし、自らのペースで頭部眼球運動をおこなって、上下 50 度の視標を見た。

(2) 視線移動の実験では、(1) と同様



に COP の測定と (1) に加えて腹直筋、脊柱起立筋からも筋電図をとり、加速度センサーで頭部運動を、眼球運動記録装置にて眼球運動を記録した。

(3) 運動学習を見る課題では、リーチ課題を 1 日目に利き手 100 回・非利き手 10 回、2-3 日目に利き手 100 回、4 日目を休息日とし、5 日目に利き手 100 回・非利き手 100 回、さらに 3 ヶ月目に利き手 10 回・非利き手 10 回の試行を行った。床反力計に乗った状態で、両側の前脛骨筋、外側腓腹筋、大腿直筋、大腿二頭筋から筋電図を導出した。

三次元動作解析装置を使用して、反射マーカを頭部 3 点、両上肢 (肩峰、上腕骨外側上顆、手関節、第三中手骨頭)、両下肢 (大腿部、大腿骨外側上顆、下腿部、外果、踵骨後面、第三中足骨頭)、両上前腸骨棘、仙骨上縁、右肩甲下角の 27 点におき、HWAK-200RT (Motion Analysis 社製) を 6 台にて記録した。

いずれの実験も解析は MATLAB を用いて解析し、有意水準を $p < 0.05$ に設定した。

4. 研究成果

(1) バーチャルリアリティーの収束、発散の視覚刺激により姿勢の動揺が若年者と高齢者で異なるかどうかを調べたところ、両群ともに COP 総移動距離の増加が見られ、若年者の方が著明な増加を示した。これは予想とは異なる結果であったが、高齢者では加齢に伴う錯覚を形成する視覚刺激に対する感度

の低下が考えられた。

(2) 視線移動すなわち、頭部眼球運動を行ったときの COP の変化は、年齢に関係なく上下方向への動作開始に先行して起こり、両群の間に有意の差はなかった。筋活動でも両群で、大腿二頭筋の開始が頭部眼球運動に先立って起こった。それに加えて高齢者群では上方方向への頭部眼球運動の際に前脛骨筋の活動の先行が多く見られた。

(3) 運動学習課題では、成功率及び運動時間双方の数値が 1 日目と比べ有意に向上した。体重心の移動速度も増加しており、リーチ動作のパフォーマンスに対する運動学習の効果は出ていると考えられる。非利き手では動作の練習をしていないにもかかわらず、1 日目と 5 日目において 3 項目、1 日目と 3 ヶ月目において有意に向上した。リーチ動作のパフォーマンスに対する運動学習の効果は転移したと考えられる。3 ヶ月目にも 1 日目と有意な差があり、転移によって得た学習効果も保持されていると考えられる。

姿勢制御については、1 日目の前脛骨筋の筋活動の開始は利き手でのリーチの際には平均-89.0msec、非利き手でのリーチの際には平均-88.7msec であり、被験者ごとに比較したところ、利き手・非利き手ともに 1 日目と比べて 5 日目、3 ヶ月目ともに活動時間の早期化がみられた。下図は、動作開始をゼロとした場合の前脛骨筋(TA)の開始時間の平均値を黒は利き手リーチ、灰色は日利き手リーチの場合について示している。

すべて、リーチ動作に先行しているが、5 日目、3 ヶ月目に有意な早期化が見られたことにより、姿勢制御システムにも変化が見られたことが示唆される。また、非利き手においても前脛骨筋活動の早期化が見られたため、利き手で動作を行った際に起きた姿勢制御システムの変化が反対側に転移したことが示唆される。

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 15 件)

1. 福島順子: 社会性障害における形態的・機能的な病態: fMRIを用いた検索, 日本生物学的精神医学会誌
印刷中(査読有り)
2. Shichinohe N, Barnes G, Akao T, Kurkin S, Fukushima J, Kase M, Leigh RJ, Belton T, Fukushima K (2010)

Oscillatory eye movements resembling pendular nystagmus in normal juvenile macaques. Investigative Ophthalmology & Visual Science, doi:10.1167/iov.10-5903. (査読有り)

3. Fukushima J, Akao T, Shichinohe N, Kurkin S, Kaneko CRS, Fukushima K. (2010) Neuronal activity in the caudal frontal eye fields of monkeys during memory-based smooth-pursuit eye movements: comparison with the supplementary eye fields. Cerebral Cortex, doi:10.1093/cercor/bhq261. (査読有り)
4. 福島順子 (2010) 眼球運動障害からみた前頭葉の役割 実験医学 (増刊号) 28: 667-673. (査読有り)
5. Fukushima K, Akao T, Saito H, Kurkin SA, Fukushima J, Peterson BW (2010) Representation of neck velocity and neck-vestibular interaction in pursuit neurons in the simian frontal eye fields. Cerebral Cortex 20:1195-1207. (査読有り)
6. 福島順子 (2009) 広汎発達障害における眼球運動と表情認知の視線解析 脳と精神の医学 20: 101-110. (査読なし)
7. 福島順子、福島菊郎 (2009) 姿勢反射の中核 Clinical Neuroscience 27:1386-1387. (査読なし)
8. Akao T, Kurkin S, Fukushima J, Fukushima K(2009): Otolith inputs to pursuit neurons in the frontal eye fields of alert monkeys. Exp Brain Res, 193:455-466. (査読有り)
9. Shichinohe N, Akao T, Kurkin S, Fukushima J, Kaneko CRS, Fukushima K(2009): Memory and decision making in the frontal cortex during visual motion processing for smooth pursuit eye movements. Neuron 62:1-16. (査読有り)
10. Fukushima K, Kasahara S, Akao T, Kurkin S, Fukushima J, Peterson BW (2009): Eye-pursuit and reafferent head movement signals carried by pursuit neurons in the caudal part of the frontal eye fields during head-free pursuit. Cerebral Cortex 19: 263-275. (査読有り)

11. 福島順子 (2008) 追跡眼球運動の異常と広汎性発達障害の脳機能病態 「精神神経学雑誌」110:900-907. (査読なし)
12. 9. Asaka T, Wang Y, Fukushima J, Latash ML(2008): Learning effects on musclemodes and multi-mode postural synergies. Exp Brain Res 184: 323-338. (査読有り)
13. Fukushima J, Asaka T, Fukushima K (2008) postural changes during eye-head movements. Prog Brain Res 171:335-338. (査読有り)
14. Fukushima K, Akao T, Shichinohe N, Nitta T, Kurkin S, Fukushima J (2008): Predictive signals in the pursuit area of the monkey frontal eye fields. Prog Brain Res 171:433-440. (査読有り)
15. Kurkin S, Akao T, Fukushima J, Fukushima K (2008): Discharge of pursuit-related neurons in the caudal part of the frontal eye fields in juvenile monkeys with up-down pursuit asymmetry. Exp Brain Res 193:181-188. (査読有り)

[学会発表] (計7件)

1. Fukushima J, Akao T, Schichinohe N, Kurkin S, Kaneko CRS, Fukushima K, Comparison of neuronal activity in the caudal frontal eye fields (FEF) and supplementary eye fields (SEF) during memory-based, smooth-pursuit eye movements. SYMPOSIUM "TRIBUTE TO JOHN LEIGH", 2011. 3. 27, Buenos Aires, Argentine.
2. 福島順子 (2010) 社会性障害における形態的・機能的な病態: fMRIを用いた検索, 第32回日本生物学的精神医学会シンポジウム「自閉症スペクトラム障害の脳機能病態」(招待講演) 2010. 10. 9, 小倉 (リーガロイヤルホテル小倉) .
3. Fukushima J: A primate model for pendular nystagmus. XXVith Barany Society Meeting. Reykyavik, Iceland, 2010. 8. 19.
4. Fukushima J: The role of cerebellar dorsal vermis and caudal fastigial nucleus in memory-based smooth pursuit eye movements. 20th Annual conference of Neural Control of Movement, Naples, USA, 2010. 4. 21. =

5. Fukushima J: Disturbance in eye movements in autism spectrum disorders. 19th Annual conference of Neural Control of Movement, Hawaii, USA. (招待講演), 2009. 5. 1.
6. Fukushima J: Disorders in Eye Movements and Recognition of Facial Expression in Pervasive Developmental Disorders (PDDs). World Symposium of Federation of Biological Psychiatry, 2008, 9. 12, Toyama, Japan.
7. 福島順子: 追跡眼球運動の異常と広汎性発達障害の脳機能病態. 日本精神神経学会 シンポジウム. (招待講演), 2008. 5. 29, 東京, グランパシフィックメリデイアン. =

[図書] (計1件)

1. 福島菊郎、福島順子 (2008) 第 III 部 中枢神経系の構成、14. 脳神経, エッセンシャル神経科学 (前田正信監訳) 丸善, p222-250.

[その他]

ホームページ等

<http://niseiri2.med.hokudai.ac.jp/~nokagaku/DataBase/JunkoFukushima/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福島 順子 (FUKUSHIMA JUNKO)
北海道大学・大学院保健科学研究院・教授
研究者番号: 40208939

(2) 研究分担者

齊藤 展士 (SAITO HIROSHI)
北海道大学・大学院保健科学研究院・助教
研究者番号: 60301917

(平成20年度のみ)