

前庭感覚と視覚が起立動作の筋シナジーに与える影響の解析

Clarification of Effects of Vestibular and Visual Input on Muscle Synergy in Sit-to-Stand Motion

○吉田和憲¹, 安琪², 四津有人³, 千葉龍介⁴, 高草木薫⁴, 山川博司², 田村雄介², 山下淳², 浅間一²

1. 東京大学工学部精密工学科, 2. 東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻,
3. 東京大学大学院医学系研究科リハビリテーション部, 4. 旭川医科大学脳機能医工学研究センター
OKazunori Yoshida¹, Qi An², Arito Yozu³, Ryosuke Chiba⁴, Kaoru Takakusaki⁴, Hiroshi Yamakawa²,
Yusuke Tamura², Atsushi Yamashita² and Hajime Asama²

1. Department of Precision Engineering, Faculty of Engineering, The University of Tokyo,
2. Department of Precision Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo,
3. Department of Rehabilitation Medicine, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo,
4. Research Center for Brain Function and Medical Engineering, Asahikawa Medical University

1. 序論

起立動作は、日常の起点となる重要な動作であり、障害を持つ人に対しては、リハビリテーションを行うことが重要である。その際、起立動作のメカニズムに基づいたリハビリテーションを行うことができれば、より効率的な起立動作機能回復が期待される。そのため、起立動作のメカニズムを解明することが重要である。

ヒトの運動は筋活動により生成され、筋活動の制御はフィードフォワード制御とフィードバック制御の両方によって成り立っている。起立動作に関しては、Yang らが筋シナジーを用いてフィードフォワード的に起立動作が生成されていることを示した²⁾。一方で、フィードバック制御に関しては、どのような入力を用いてどのように制御を行っているのか、明らかになっていない。

ヒトの運動制御に対するフィードバック制御に関しては、立位姿勢維持において多く研究がなされている。Chiba らは、視覚・前庭感覚・体性感覚を感覚フィードバックとして用いて立位姿勢維持がなされているモデルの1つを示した³⁾。一方で、起立動作に関しては、このような研究はほとんど行われていない。

本研究では、起立動作の筋制御に感覚フィードバックが及ぼす影響を、筋シナジーを用いて明らかにすることを目指す。特に、前庭感覚と視覚に着目し、前庭感覚と視覚が起立動作の筋シナジーに与える影響を調べることを目的とする。

2. 解析方法

まず、起立動作の計測実験を、前庭感覚と視覚に障害を与えた条件と与えない条件で行う。前庭感覚は、カロリックテストという方法を用いて障害を与える。カロリックテストとは、冷水により鼓膜を冷却することで、頭部が回転しているかのように感じさせる方法である。視覚は、frenzel 眼鏡という単焦点の凸レンズを使用した眼鏡により周囲に焦点を合わせることができないようにしたうえで、さらに部屋を暗所とすることにより障害する。また、実験では、32 筋の表面筋電図、身体軌道、床反力を計測する。

実験により計測された筋電図から、筋シナジーを抽出する。筋シナジー、身体軌道、床反力に関して、条件ごとの比較を行う。

3. 実験

実験は、20 歳代の男性 9 名と、30 歳代の女性 1 名、40 歳代の女性 1 名の合計 11 名に対し行った。

実験により得られた表面筋電図に対し、まず 5 Hz–500 Hz のバンドパスフィルタによりノイズを除去したのち、整流を行い、5.3 Hz のローパスフィルタを適用することにより筋活動とした。そこから、非負値行列因子分解により、筋シナジーを抽出した。

4. 結果

視覚を障害した場合に関しては、筋シナジーの変化はほとんど見られなかった。このことから、起立動作の筋シナジー制御には視覚はほとんど用いられていないと考えられる。

一方、前庭感覚を障害した場合に関しては、筋シナジーの時間パターンに大きな変化がみられた。それとともに、身体軌道に関しても大きな変化がみられた。コントロール条件とカロリックテストにより前庭感覚を障害した条件での身体軌道の違いを図 1 に示す。このことから、前庭感覚は起立動作の筋シナジー制御に大きな役割を果たしていると考えられる。

5. 結論

前庭感覚と視覚が起立動作の筋シナジーに与える影響を、前庭感覚と視覚に障害を与えた条件で起立動作計測実験を行い、解析した。結果、前庭感覚は起立動作の筋シナジー制御に大きな影響を与えるが、視覚は起立動作の筋シナジー制御にほとんど影響を与えないことが分かった。

謝辞

本研究の一部は、科研費 15K20956, 26120005, 16H04293, JST RISTEX 問題解決型サービス科学研究開発プログラムの助成を受けた。

参考文献

- 1) N. Bernstein The Co-ordination and Regulation of Movements. Pergamon: Oxford, 1967.
- 2) N. Yang, Q. An, H. Yamakawa, Y. Tamura, A. Yamashita and H. Asama, Muscle synergy structure using different strategies in human standing-up motion. Advanced Robotics 2016: 1–15.
- 3) R. Chiba, H. Ogawa, K. Takakusaki, H. Asama and J. Ota, Muscle activities changing model by difference in sensory inputs on human posture control. Advance in Intelligent Systems and Computing 2013: 194 AISC: 479–491.

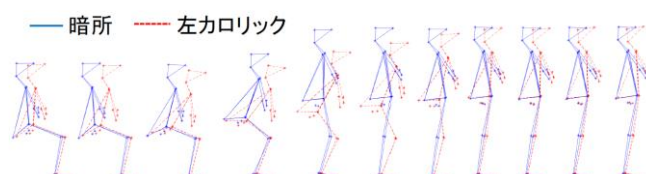


図 1 前庭感覚障害による動作の違い