頭部重心動揺と頸部屈筋活動からみた高齢者のステップ反応特性

○竹内 弥彦（千葉県立保健医療大学 健康科学部）

下村 義弘（千葉大学大学院 工学研究科）

Characteristics of the stepping reaction in the elderly from the viewpoint of deflection of the head
center of mass and the sternocleidomastoid activity

Yahiko TAKEUCHI (Faculty of Health Care Science, Chiba Prefectural University of Health Science)

Yoshihiro SHIMOMURA (Graduate School of Engineering, Chiba University)

1. はじめに

超高齢社会を迎えているわが国においては、重篤な合併症を引き起こす高齢者の転倒を防止していくことの社会的意義は大きい。ヒトの立位姿勢にてバランスが崩れた際に出現する姿勢制御方略として、Horakらは足関節制御、股関節制御、ステップング制御の3つの方略を報告している¹⁾。これら姿勢方略のなかで、転倒防止にもっとも効果的な方略は、力学的安定性の観点から、一步、足部を踏みだして身体を支えるステップング方略（ステップ反応）と考えられている²⁾。

また、人体は頭部、体幹、四肢で構成される複雑な体節構造であり、前額・矢状面上における各体節の重心位置も一致していない。そのため、ステップ反応などの姿勢制御方略においても、各体節ごとの重心位置を捉えて、その位置変化（動揺）の特性を解析することが重要と考える。とくに、可動域が大きい頸椎上に位置し、体重比約7%の重量を有する頭部の重心位置は、全身（各体節合成）の重心位置に及ぼす影響も大きいことが考えられるため、頭部重心の動揺特性に着目する必要があると考える。

本研究の目的は、ステップ反応における頭部重心の動揺特性とその制御に関与する頸部屈筋活動から、高齢者のステップ反応の特性を明らかにすることである。

2. 方法

対象は地域在住の健常高齢者15名（平均年齢 66.7 ± 3.0 歳）、対照群として若年者11名（ 20.5 ± 1.4 歳）とした。

本研究では、高齢者の転倒方向として多く報告されている、後方向へのステップ反応を計測対象とした。被験者は前方2列、後方2列に設置した床反力計（AMTI製；BP400600）の前列に左右の足部を

踏み分けて、立位姿勢を保持した。続いて、随意的に後方へ重心を移動させ、寄りかかった検者の手掌を突然離すことで外乱を加え、後方へのステップ反応を誘発した。外乱（検者の手を離す）時期は被験者の側方に姿勢矯正鏡を設置し、被験者の肩峰と大転子からの床面への垂線が踵より後方に位置した時点とした。また、外乱刺激の時期を同定するために、検者の手背に小型の加速度計を取り付けた。

鉛直方向の床反力値から、後方へのステップ反応を以下の4期に区分した。静止立位期（Quiet Standing; QS）、外乱が加わってから足部離地まで（Perturbation-stepping; PS）、片脚立位期（Single-Stance; SS）、着地期（Landing; L）。頭部と身体合成（全身）の重心の計測には、カメラ8台で構成される3次元動作解析装置（Motion Analysis製；Mac3D system）を用い、前後・左右・上下方向の重心位置を記録した。

測定対象筋には頸部屈曲の主動作筋である胸鎖乳突筋（sternocleidomastoid; SCM）を選定した。SCMの筋電図計測にはアクティブ電極（S&ME製；DL-141）を用い、胸骨頭と乳様突起を結んだ中点（甲状軟骨の高さ）を貼布位置とした。

各データのサンプリング周波数は、カメラ200Hz、床反力計、加速度計、筋電図はそれぞれ1000Hzとし、AD変換器を介してPC取り込み時に同期した。

データ解析は、後方へのステップ反応の各期における頭部と全身の重心動揺量を位置データの各軸方向の標準偏差（Standard Deviation; SD）で定義した。また、各期のSCM活動量を等尺性最大随意収縮時（Maximum Voluntary Contraction; MVC）の実効値を100%とする相対値（%MVC）で表した。

統計処理は、頭部・全身の重心動揺とSCM筋活動量について、年代とステップ各期を要因として、二元配置分散分析を行い、交互作用と主効果につ

いて検討した。また、年代間では対応のないt検定、ステップ期の間では多重比較検定(Tukey法)を用いて要因ごとに比較した。

3. 結果

3-1. 頭部の重心動揺量

分散分析の結果、前後方向の動揺量において、年代とステップ期の間には交互作用を認めた(図1)。

図1 頭部重心動揺の年代・ステップ期での比較

3-2. 身体合成の重心動揺量

前後方向および上下方向の動揺量において、年代とステップ期の間には交互作用を認めた。

3-3. SCM活動量

2要因の間には交互作用は認めず、年代とステップ期、それぞれで有意な主効果を認めた(図2)。年代要因におけるt検定の結果、SS期において若年群に比較し、高齢群で有意に高値を示した(図2; $p < 0.05$)。ステップ期要因における多重比較検定の結果、高齢群ではQS期に比較し、PS・SS・L期で有意に高値を示した($p < 0.01$)。若年群では各期に有意な差は認めなかった。

図2 SCM活動量の年代・ステップ期での比較

4. 考察

結果より、前後方向の頭部重心動揺量において、年代とステップ期の間には交互作用を認めた。このことは、後方ステップの各期における頭部重心の前後方向動揺量の制御において、年代(加齢)の影響があることを示している。図1から、PS期以降で年代間の動揺量が逆転していることが確認できる。つまり、静的立位姿勢では高齢群で前後方向の頭部重心動揺量が高値を示したが、後方への外乱刺激が加わってから着地するまでの期(PS、SS、L期)においては、若年群で動揺量が高値を示している。また、図2よりSCM活動量においてもPS期以降の期にて、若年群に比較し高齢群の活動量が大きい傾向にあることが伺える。とくに、支持基底面が急激に減少するSS期では高齢群で有意に活動量が大きくなっている。本研究で用いた外乱負荷方法では、後方および下方向への急激な外乱が加わる。そのため、後・下方向への外乱に対して、頸部屈曲の主動筋であるSCMを活動させることにより、頭部重心の後下方向への移動を制御していたことが考えられる。

静止立位時の重心動揺特性を各体節別に検討した我々の先行研究³⁾においても、加齢の影響は頭部重心の前後方向動揺に現れることを認めている。本研究における前後方向の頭部重心動揺とSCM活動量の結果を合わせて考えても、静止立位姿勢から外乱応答、着地動作といった一連の反応時に、高齢群ではよりSCMの活動を利用して、前後方向における頭部の安定性を得ていることが示唆された。

参考文献

- 1) Horak FB, et al. : Components of postural dyscontrol in elderly, Neurobiol Aging, Vol. 10, pp. 727-745, 1989.
- 2) Maki BE, et al. : Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention, Age Aging, Vol. 35, pp. 12-18, 2006.
- 3) 竹内 弥彦・他 : 身体分節別の質量中心動揺からみた高齢者の静止立位制御特性, 千葉県立保健医療大学紀要, Vol. 3, pp. 21-27, 2011.