

## 立位姿勢調節の加齢変化

~重心動揺に対する下腿三頭筋応答性の観点から~

## Age-related changes in standing postural control strategy

~From the view of the response of triceps surae for postural sway~

○井原壽一(芝浦工業大学) 山本紳一郎(芝浦工業大学)

岩谷力(国際医療福祉大学) 河島則天(国立リハ研)

Hisakazu IHARA, Shibaura Institute of Technology

Shin-ichiro YAMAMOTO, Shibaura Institute of Technology

Tutomu IWAYA, International University of Health and Welfare Graduate School

Noritaka KAWASHIMA, National Rehab Center for Persons with Disabilities, Japan

**Abstract:** To examine the age-related deterioration in postural control, we investigated the association between postural sway during quiet standing and time shift between CoP and muscle activity of lower-limb. The purpose of present study was to examine how change the postural control strategy with aging. During the quiet stance in young (n=21) and the elderly (n=70) subject for 30 seconds, center of pressure (CoP), center of mass (CoM), electromyogram (EMG) of lower-limb muscle were measured. The sway speed (velocity of CoP) and muscle activity during quiet standing was greater in elderly than in young adults. However time shift between CoP and muscle activity of lower-limb was not significant difference between elderly and young adults. In the current study, these results suggest that Elderly more excessive performs output to muscle than young adults. Therefore elderly balance ability is reduced.

**Key Words:** Center of pressure, Aging, Postural control

## 1. 背景・目的

ヒトの立位姿勢は、高い重心位置を体表面積の数%の狭い支持面上で支える、一見不安定な特性を持つ。立位時には重心位置が前後に逸脱するのを前庭系、視覚系、固有感覚系より得られた感覚情報によって検知し、運動出力を適切に調節している。中でも重心が前方に傾いた際の下腿三頭筋による拮抗的な筋出力は極めて重要である。

現在、高齢者における転倒の一因として、加齢に伴う姿勢制御能力の低下が考えられている。高齢者の姿勢制御に関する先行研究では、若年者と比べ高齢者の平衡機能の低下、歩容の変化、筋力低下、反射の衰弱が挙げられる。<sup>1)</sup>他にも、老年期には視覚系と前庭系が姿勢制御に主要な役割を果たしている<sup>2)</sup>、高齢者はより身体重心位置情報を重視した制御を行い、若齢者はより身体重心速度情報を重視した制御を行っている<sup>4)</sup>など様々な研究がなされている。しかし、高齢者では、姿勢そのものや、それに伴う姿勢制御方略に多様性があり、加齢に伴う姿勢調節の変化は不明な点が多い。

本研究では、立位姿勢調節において重要な役割を担う下腿三頭筋の筋活動に着目し、加齢に伴う姿勢調節の変化について、重心動揺に対する下腿三頭筋の応答性の観点から比較・検討することを目的とした。

## 2. 実験方法

## 2-1 被験者

18歳から33歳の若年健常者21名(Young:24.7±4歳)と60歳から81歳の高齢者70名(Elderly:68.9±4.5歳)を対象に実験を行なった。

## 2-2 実験システム

3次元動作解析システムを用いて実験を行なった。(Fig.1)被験者の身体標点計29ヶ所(Helen Hayes Marker Set)に赤外線反射マーカを貼付し、マーカ座標データを3次元動作解析システム(MAC3D System, Motion Analysis社製)を用いてサンプリング周波数200[Hz]で取得した。立位

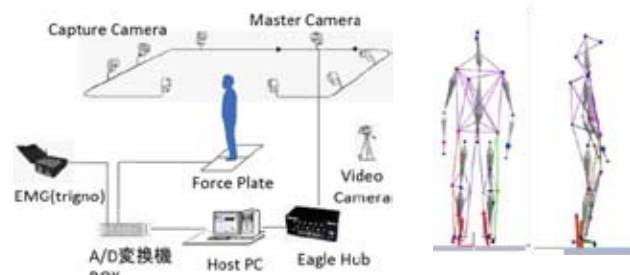


Fig. 1 Experimental set-up

中の筋活動電位(Electro Myo Graphy: EMG)を、左右の前脛骨筋(TA)、ヒラメ筋(Sol)、内側腓腹筋(mGas)、外側腓腹筋(lGas)、大腿直筋(RF)、大腿二頭筋(BF)から筋電計測システム(Trigno, Delsys社製)を用いてサンプリング周波数1000[Hz]計測した。同時にフォースプレート(Kistler社製)から得られたデータをサンプリング周波数1000[Hz]計測した。

## 2-3 実験方法

フォースプレート上で安静立位を30秒間保持し、開眼条件(EO)と閉眼条件(EC)を各2試行行った。

## 2-4 解析方法

フォースプレートから得られた足圧中心位置(center of pressure: CoP)より、CoPの前後方向の動揺範囲(AP Range)とCoPの前後方向のばらつき(AP SD)とCoPの移動速度(Sway Speed)を算出した。

筋活動に関しては、筋活動電位の平均を筋活動量として算出した。

CoPと筋活動の関係性に着目するため、2つのパラメータに対し相互相関関数(cross-correlation function: CCF)解析を行い、CoPと筋活動の時間差(Time Shift)を算出した。この時間差により、筋活動に対するCoPの変化の応答性を定量的に評価した。

### 3. 結果

Fig2 には前後方向の CoP の変化(CoP(AP))と下腿三頭筋であるヒラメ筋・腓腹筋の筋活動を示す。

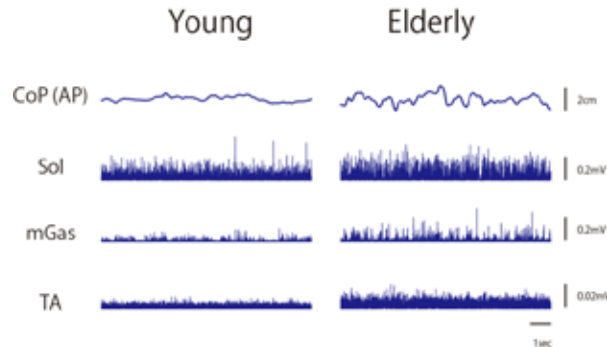


Fig. 2 Representative example of time series of CoP, and EMG (Sol, mGas, TA) during quiet standing in young and elderly subject

#### 3-1 CoP の移動速度・動揺範囲・ばらつき

Fig.3A に CoP の移動速度を定量的に評価した.各条件において若年健常者に比べ高齢者では CoP の移動速度・同様範囲において有意な差が認められた.CoP のばらつきにおいては EO 条件では有意な差は認められなかったが,2 条件とも高齢者において増加する傾向となった。

#### 3-2 筋活動量

Fig.3B にヒラメ筋・腓腹筋・前脛骨筋の筋活動を示す.全ての筋において若年健常者に比べ高齢者では筋活動が有意に増加する結果となった。

#### 3-3 CoP と筋活動の関連性

Fig.4 に CoP とヒラメ筋の時間差と相関係数を示す.EO,EC 条件共に相関係数において高齢者が若年健常者よりも増加する傾向がみられた。

#### 3-3 CoP の移動速度が姿勢調節に及ぼす影響

Fig.5A より CoP の移動速度が増加するに伴い筋活動量も増加する傾向がみられた.また,EC 条件においては有意な相関が認められた.Fig.5B より若年健常者,高齢者と共に CoP の移動速度が大きくなるにつれて,CoP とヒラメ筋の時間差が短くなる傾向がみられ高齢者では EO・EC 条件において有意な相関が認められた。

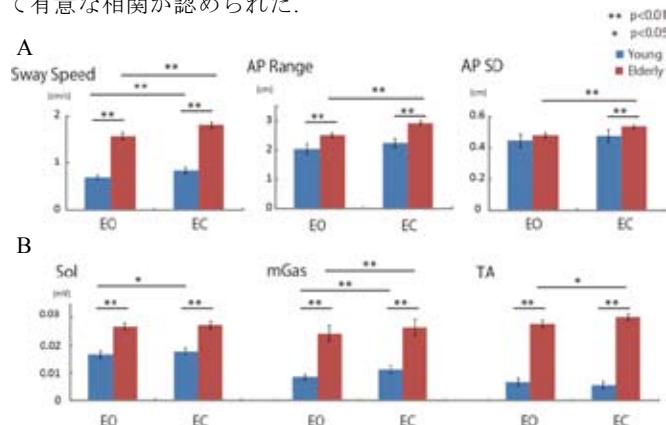


Fig. 3 A: Group-averaged sway speed of CoP, range of CoP, standard deviation (SD) of CoP during quiet standing with eye open (EO) and closed (EC). B: Group-averaged mean EMG activity of Sol, mGas and TA.

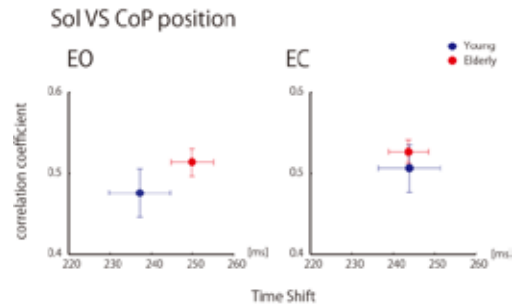


Fig. 4 Group-averaged peak CCF and time shift from CoP to EMG of Sol in young and elderly.

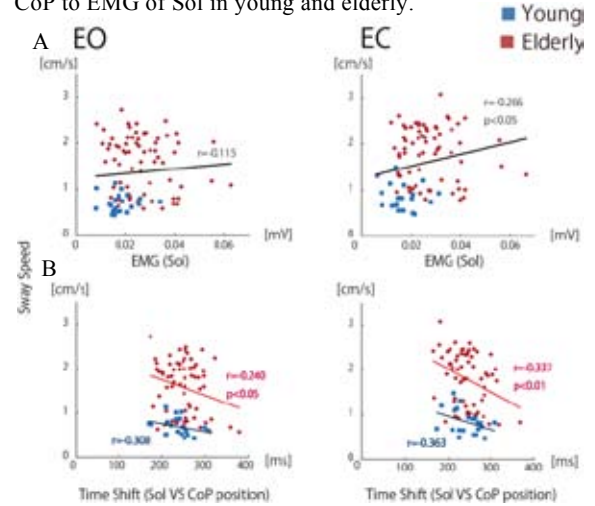


Fig. 5 A: Scatterplots of the sway speed and mean EMG activity of Sol. B: Scatterplots of the sway speed and time shift from CoP to EMG of Sol

### 4. 考察

若年健常者と比べ高齢者において CoP の移動速度が有意に増加し,それに伴って筋活動量も増加するという結果が示された.しかし,若年健常者と高齢者において下腿三頭筋の筋活動と CoP の時間関係は,変化しないにもかかわらず,CoP の移動速度が大きくなるにつれて,CoP とヒラメ筋の時間差が短くなる傾向が若年健常者と高齢者のそれぞれの群内で見られた.これらのことから,高齢者は健常者に比べて筋への過度な出力が行われたと考えられる.その結果,CoP の移動速度は増加し,CoP の移動範囲とばらつきが若年健常者よりも増加した.このことは,ヒラメ筋活動と CoP の相関係数が若年健常者より高齢者において増加傾向にあることから示される。

つまり,加齢に伴い姿勢を保持するための細かな筋出力を行うことができなくなる.その結果身体揺れ自体が大きくなり,その揺れに対する過度な筋出力をするという効率の悪い姿勢制御が高齢者のバランス能力の低下につながり,転倒を引き起こす主な原因になっていると示唆される。

### 参考文献

- (1) Tinetti ME, Speechlyey M (1989): Prevention of falls among the elderly. N Engl J Med, 16, 1055-1059
- (2) Pyykko I,Aalto H,Hytonen M, et al :Effect of age on postural control. in B Amblard, A Berthoz,F Clarac (eds) :Posture and Gait.Elsevier,Amsterdam,1988.
- (3) Motoki Kozaki, Kei Masani (2012): Postural sway during quiet standing is related to physiological tremor and muscle volume in young and elderly adults. Gait & Posture 35 11-17