

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：34309

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800072

研究課題名(和文) 高齢者の筋の同時活動戦略に着目した新たな姿勢制御能力改善プログラムの創出

研究課題名(英文) Muscle coactivation analysis for improvement of postural control in older adults

研究代表者

永井 宏達 (NAGAI, Koutatsu)

京都橋大学・健康科学部・助教

研究者番号：00633348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：加齢に伴い下肢の筋肉を固めて使用する戦略が取られることが明らかになってきているが、それが、転倒の原因となりうる外乱などの場面において、どのように影響しているか明らかになっていなかった。本研究はより効率的なバランスの取り方を明らかにするための実験を行った。研究の結果、下肢を固めるような姿勢をとった場合、下肢の動きの安定化にはつながるものの、上半身の動揺は大きくなることが明らかとなった。この結果を踏まえ、バランストレーニングを実施する際には適切な下肢機能の評価と上半身の協調性も考慮して実施する必要性があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The effect of higher muscle coactivation on standing postural response to perturbation has not been clarified. We investigated whether higher muscle coactivation affects standing postural response to perturbation in older adults. Our study found that higher muscle coactivation inhibits the movement of lower limbs, and in the case of forward perturbation, subjects with higher coactivation recruit a compensatory strategy by increasing trunk extension, which may be called "trunk strategy". This result may contribute to prescribe more appropriate rehabilitation program to prevent falls in older adults.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：応用健康科学

キーワード：姿勢制御 高齢者 筋電図 同時活動 同時収縮 バランス

### 1. 研究開始当初の背景

近年、加齢に伴う運動制御の神経生理学的変化として、筋の同時活動の増大が、筋電図を用いた研究により報告されている。これは、主動作筋と拮抗筋が、同時に活動する割合が増大している現象を表している。同時活動の増大は主動作筋による関節発揮トルク抑制や歩行能力、バランス能力の低下に関連しており、高齢者の運動パフォーマンスと密接に関連している。筋の同時活動が増大することは、主動作筋と拮抗筋の活動が増大することであり、関節自体の剛性を高める作用がある。そのため、動作の安定性が向上するとされている。一方、同時活動が増大することにより、主動作筋自体の作用は抑制されるとともに、関節の自由度や柔軟性が一時的に低下し、パフォーマンスを低下させる可能性も示唆されている。身体機能レベルに応じた適度な同時活動が獲得されれば、姿勢制御にはポジティブな影響が得られ、過剰な同時活動が発生した場合は、ネガティブな影響が生じることが考えられる。特に柔軟な姿勢制御応答が要求される外乱条件などでは、過剰な同時活動がパフォーマンスを制限し、転倒のリスク増大につながる可能性がある。

### 2. 研究の目的

高齢者の外乱環境での姿勢制御における筋の同時活動の肯定的側面と否定的側面について明らかにすること。

### 3. 研究の方法

#### (1)対象

対象は地域在住健常高齢者名 34 名 (平均年齢  $73 \pm 5$  歳) とした。対象者のリクルートは地域の高齢者向け健康教室において広報市を配布することで実施された。対象者には研究の内容を紙面上にて説明した上、同意書に署名を得た。なお、本研究は京都橘大学研究倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号 12-12)。

#### (2)研究デザイン

同時活動の増大による外乱時の姿勢制御応答を調査するため、対象者を層化ブロックランダム割り付けにより、随意的に同時活動を増大させる群 (同時活動群) 17 名、対照群 17 名に分類した。

#### (3)実験手順

測定課題は、安静立位において前後方向にランダムに床面を移動させる課題とし、その際の姿勢反応を測定した。床面の移動には、本研究のために独自に産学連携で開発した外乱発生装置を用いた (図 1)。

対象者の筋活動を導出するため、表面筋電図測定装置 (Noraxon 社製: サンプル周波数 1500Hz) を用い、前脛骨筋、ヒラメ筋、大腿直筋、大腿二頭筋の筋活動を導出した。

床面には床反力計 (AMTI 社製: サンプリン

グ周波数 1200Hz) を設置し、外乱発生装置 (竹井機器社製) を用いて移動幅 6cm、移動速度 15cm/sec でプレートを移動させた。この移動量は、ステップング反応等が生じることなく姿勢を保持できるとされる強度である。測定の際の学習による影響を除外するため、両群に対して、立位で計 15 回の前後移動の外乱を予め経験させた。その後、同時活動群にのみ、立位で拮抗筋となる前脛骨筋の筋活動を、50%MVC (最大随意収縮) 程度まで随意的に増大させる練習を視覚的バイオフィードバックを用いて実施し、外乱発生前の安静立位で再現できるように指導した。同時活動群にはその状態で前後計 10 回の外乱を加え、対照群には安静立位での外乱を同様の回数実施し測定を行った。動作分析には、デジタルビデオカメラ (サンプリング周波数 60Hz) による動作分析装置 Tomoco-VM (東総システム社製) を用いた。

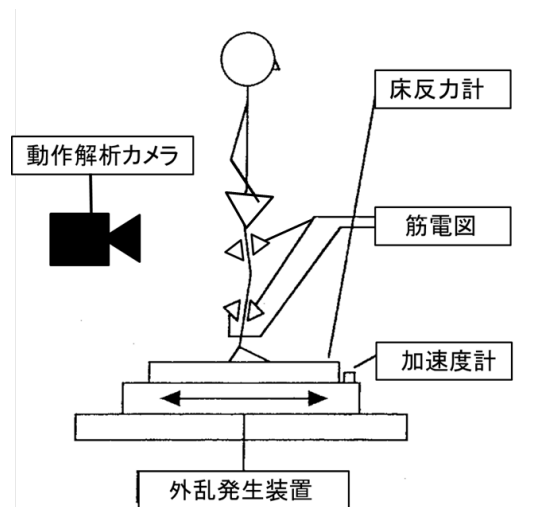


図 1 : 実験風景

#### (4)データ解析

得られた筋電信号は、20-500Hz のバンドパスフィルタ、及び 4Hz パワーローパスフィルタの処理を行い、整流化の後、各筋の最大等尺性収縮を 100% とした正規化を行った。側面より撮影した動画情報をもとに、二次元での関節角度 (足・膝・股関節、体幹傾斜) を算出し、同時に各身体セグメントから身体重心 (Center of gravity: COG) を算出した。また、床反力計のデータより、足圧中心 (Center of pressure: COP) を算出した。

すべてのデータは外乱発生前の立位の値で補正し、変化量を算出した。なお、すべてのデータ解析には、演算処理ソフトの Matlab (MathWorks 社) を使用した。

#### (5)統計処理

統計解析は、外乱発生後から 100msec 間隔で 1 秒後までを解析区間とし、群間の比較を student t 検定を用いて行った。有意水準は 5% 未満とした。

#### 4. 研究成果

同時活動群の3名について、安定した拮抗筋の筋活動増大の再現が困難であったため、解析対象から除外した。最終的に同時活動群14名(72 ± 5歳)、対照群17名(72 ± 6歳)となった。

床面が前方移動する条件では、群間の足関節角度に変化は見られなかった。膝関節では外乱直後に生じる伸展角度の増大が同時活動群ではみられなかった( $p < 0.05$ )。股関節では変化量がピークとなる区間において、同時活動群の屈曲角度が減少しており、一方、体幹傾斜は、同区間における伸展角度が同時活動群で有意に増大していた( $p < 0.05$ )。COGの変化に差はみられなかった。一方、足圧中心(COP)の移動量は移動のピークとなる時点において、同時活動群で有意に減少していた。

床面が後方移動する条件では、足関節では外乱後100-200msecの区間で同時活動群での背屈角度が減少し、外乱後800-1000msec後では有意に増大していた( $p < 0.05$ )。膝関節では同時活動群で、外乱後早期に生じる膝の屈曲が減少していた( $p < 0.05$ )。股関節、体幹傾斜には群間の差はみられなかった。COGの変化量は、同時活動群で有意に減少していた。COPは、移動の終盤となる1000msecの時点で、前方変位後、再び後方へ変位してくる量が同時活動群において減少していた( $p < 0.05$ )。有意差のみられた主なグラフを以下に示す(図2)。

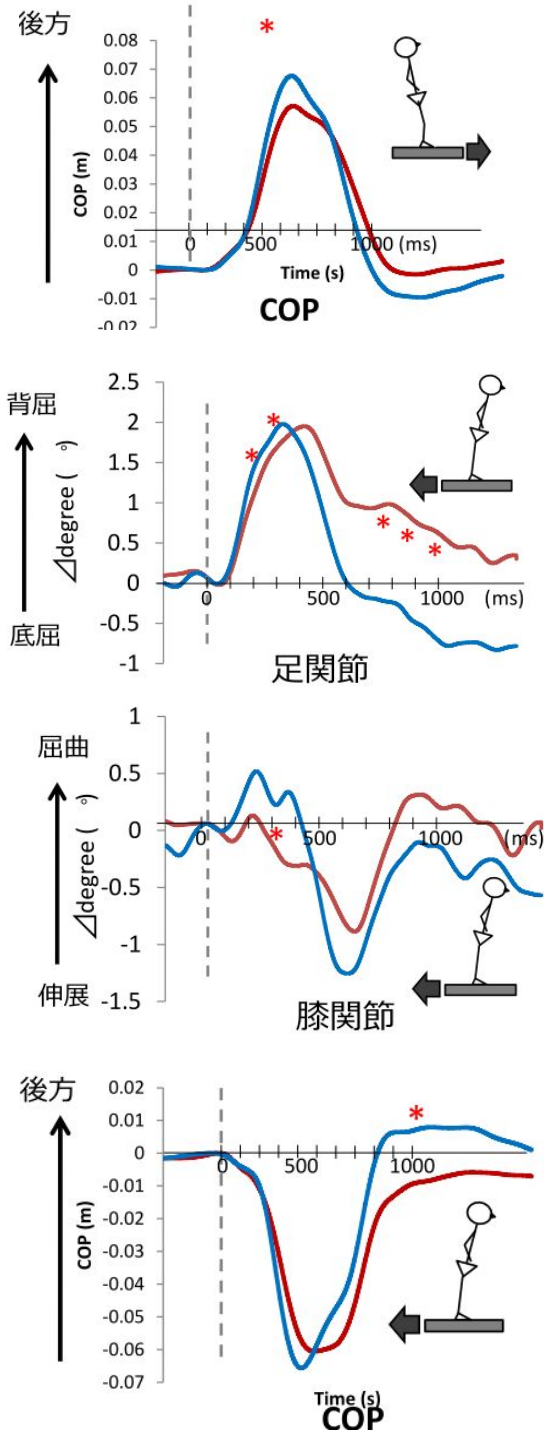
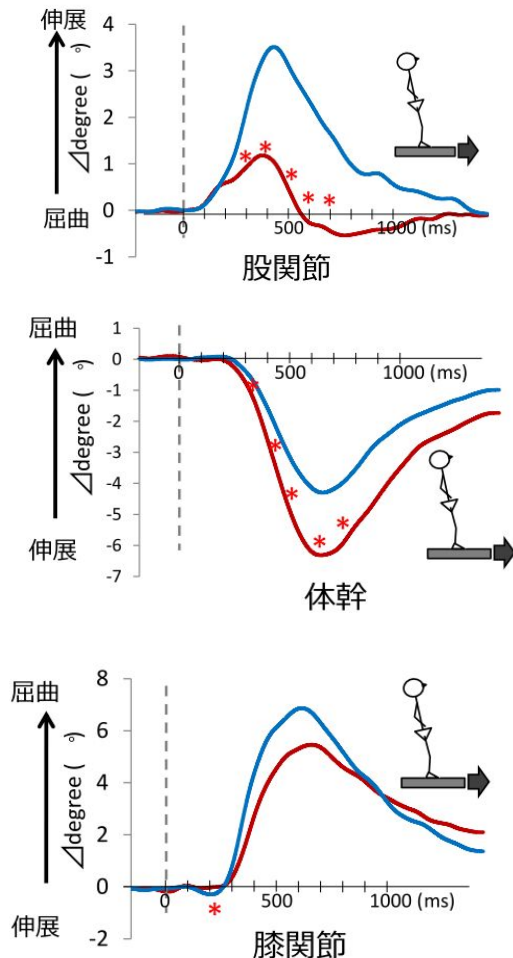


図2：外乱発生時の関節運動の変化  
赤線は同時活動群、青線は対照群を示す。アスタリスクは群間で差があった時点を表す (\*: $p < 0.05$ )

以上の結果をまとめると、同時活動が増大することで、前方移動条件では、下肢関節の角度の変化が減少し、体幹の後方への動揺が増大していた。また、後方移動条件では、外乱後早期の足関節、膝関節の角度変化が減少していた。COPの移動量は両条件において減少していた。これらの結果より、同時活動増大は、下肢関節の運動抑制につながる一方、特に前方へ床の外乱の際には、体幹による代

償を増大させる戦略（体幹ストラテジー）をとることを示唆している。これまでの研究において、高齢者では足関節ストラテジー能力が低下し、股関節による代償ストラテジーがとられることが知られていたが、本研究ではより上部のセグメントである体幹による代償の影響について、国内外で初めて示唆することが出来た。このことは逆に、体幹による代償が大きいケースでは下肢筋の同時活動を高める戦略をとっている可能性を示唆しており、実際に介入を行う際には注意すべき点であるといえる。しかしながら、より大きな外乱環境において、体幹代償の増大が、どのように転倒などに影響してくるかに関しては、今後さらなる研究が必要である。

本研究によって得られた結果は、今後、高齢者に対するバランス能力向上に向けた新たな治療戦略を構築していくための知見となると思われる。

#### 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）

〔学会発表〕（計1件）

永井宏達、沖田祐介、小栢進也、山田実、青山朋樹、中村裕一、坪山直生、筋の同時活動の増大が外乱発生時の姿勢制御に及ぼす影響、第49回日本理学療法学会、2014年6月1日、横浜

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

永井 宏達 (NAGAI, Koutatsu)  
京都橘大学・健康科学部・助教  
研究者番号：00633348

##### (2) 研究協力者

小栢 進也 (OGAYA, Shinya)  
大阪府立大学・大学院総合リハビリテーション学研究科・助教  
研究者番号：90611426

山田 実 (YAMADA, Minoru)  
筑波大学・大学院人間総合科学研究科・准教授  
研究者番号：30525572

青山 朋樹 (AOYAMA Tomoki)  
京都大学・大学院医学研究科・准教授  
研究者番号：90378886

中村 裕一 (NAKAMURA, Yuichi)  
京都大学・学術情報メディアセンター・教授  
研究者番号：40227947

坪山 直生 (TSUBOYAMA, Tadao)