

高齢者では側方からの外乱に対して、予測的姿勢調節ではなく代償的姿勢調節が変容している

Renato Claudino, Eloa C.C. dos Santos, Marcio J. Santos

Compensatory but not anticipatory adjustments are altered in older adults during lateral postural perturbations

Clinical Neurophysiology 124 (2013) 1628–1637,

Article history: Accepted 16 February 2013 Available online 16 April 2013

PMID: 23601702

翻訳担当者：医療法人 KNI 北原リハビリテーション病院 平井優介

【抄録】

目的

側方からの外乱に対する高齢者の姿勢戦略における予測的姿勢調節（以下 APAs）と代償的姿勢調節（以下 CPAs）、および、APAs と CPAs の関係を調査する

方法

対象者：転倒歴のある高齢者 20 名、転倒歴のない高齢者 20 名、若年者 20 名（転倒歴のある高齢者群の平均年齢は 72.89 ± 6.30 歳、平均体重 71.70 ± 8.83 kg、転倒歴のない高齢者群の平均年齢は 75.60 ± 5.98 歳、平均体重 72.90 ± 8.78 kg、若年者群の平均年齢は 23.85 ± 2.70 歳、平均体重 69.6 ± 5.60 kg。）

方法：先端にプラスチックのボールが取り付けられた振り子を対象者の右肩に当て外乱を与えた。

被験者は振り子の方向（45 度）に顔を向け、振り子の衝突後、その姿勢を維持するように指示された。振り子による外乱を予測できる設定と、予測できない設定において実施した。予測できる設定は、開眼し振り子の動きを確認できる。予測できない設定では、黒い被いがついた眼鏡を装着し、周辺視野以外の視覚的情報が入らないような環境の中で実施した。また聴覚刺激を遮断するため、イヤホン装着して実験を行った。振り子につけられたプレートの錘は、対象者の体重により以下のように調整した。（2kg のプレート:65kg 以下の対象者、3kg:66–75kg の対象者、4kg:75kg 以上の対象者）実験中は筋電図（EMG）と圧中心（COP）の変位を測定し定量化した。電極は姿勢保持筋（大腿直筋、大腿二頭筋、中殿筋、外腹斜筋、腹直筋、脊柱起立筋）に貼り付けた。筋の活動時間は、振り子の衝撃前 200ms より振り子の衝撃地点までを APAs とし、振り子の衝撃から 400ms 後までを CPAs とした。振り子に取り付けた加速度計によって外乱のタイミングは記録された。

Compensatory but not anticipatory adjustments are altered in older adults during lateral postural perturbations

統計処理

EMGとCOPは分散分析を用いて分析された。対象群と反応時間の関連性をTurkeyの多重比較検定を用いて分析し、 $p < 0.05$ を有意水準とした。各対象群の反応時間における統計学的な有意差を評価するため、一元配置分散分析を用いた。第二種過誤を生じないように有意水準を $P < 0.01$ とした。 Σ APAsと Σ CPAsの関係を分析するため一元配置分散分析を用いた。身体両側の筋活動の和は各設定と対象群間において比較された。

結果

全ての対象群のCPAsにおいて、外転筋群の筋活動は大きく、特に高齢者においては顕著な値となった。振り子による外乱を予測できる設定においては、すべての対象群で予期的な筋活動がみられた。外乱を予測できない設定のCPAsにおいては、左外腹斜筋・右大腿二頭筋の筋活動は、若年者群に比較して高齢者群で高値を示した。対照的に、右中殿筋の筋活動は、若年者群と比較して転倒歴のない高齢者が低値となった。外乱を予測できる設定におけるCPAsでは、左右中殿筋、左外腹斜筋、左右腹直筋の筋活動は、若年者群と比較して高齢者群で高値を示した。

COPの変位は、前後よりも内外側で大きかった。CPAsにおける前後方向のCOP変位は、若年者群より高齢者群で低値を示したが、内外側方向のCOP変位は、若年者群より高齢者群で高値を示した。外乱を予測できる設定におけるCPAsの内外側方向のCOP変位は、転倒歴のない高齢者群、若年者群と比較して、転倒歴のある高齢者群で高値となった。どちらの条件においても、転倒歴の有無と姿勢戦略において有意な相関関係はみられなかった。

考察

・Tokuno(2010)やLaughton(2003)らの先行研究と同様に、外乱を予測できる状況でのCPAsの反応は、若年者群より高齢者群で大きな筋活動となった。対照的に、LinとWoollacott(2002, 2005)は外乱に対して高齢者群より若年者群が大きな値となることを示している。彼らの研究が本研究と対立する結果になった背景には、対象高齢者の身体能力や外乱の与え方に違いがあったためであると考えている。

・本研究では側方の外乱に対して背側、腹側の筋だけでなく、左右外側の筋にも協調的な活動がみられた。高齢者は予測できる外乱に対して、これらの筋を代償的な姿勢調整として多く利用していることが示された。また、高齢者の転倒歴の有無と姿勢筋活動には有意な相関関係がみられず、転倒歴の有無は姿勢動揺に影響を与えないことが示された。COP変位の結果をみると、転倒歴のある高齢者は転倒歴のない高齢者よりもCOPの変位が大きく、不安定となっている。LinとWoollacott(2002)は転倒歴のある高齢者は、転倒歴のない人よりも多くの姿勢コントロールを必要とすると述べている。転倒歴の有無と姿勢動揺の関連性については、今後も課題特性などを考慮して追加研究する必要がある。

Compensatory but not anticipatory adjustments are altered in older adults during lateral postural perturbations

・Brown (2002)の先行研究によると、バランスに対する恐怖心は歩行速度の減少や筋の過活動（腓腹筋、前脛骨筋）を招くという報告がある。この報告は、予期できる環境が高齢者の代償的な姿勢活動を増加させる要因の一つとなりうることを示唆している。転倒において筋力やバランス制御に対する自信の無さや恐怖心が、高齢者の不安を増加させ、動揺に対する過剰反応を起こさせているかもしれない。本研究においても、振り子が近づく視覚的な情報は代償的な姿勢調整に大きく影響を与えたと考えられる。

・振り子の衝撃を予測できるか否かは、APAsではなくCPAsの活動に影響を与える。CPAsは加齢や様々な不利な要素に影響を受けやすく、代償的な姿勢調整の過程に影響を与える可能性がある。実際に足底のメカノレセプター(Maki 1999)や固有受容器(Callisaya 2010)からの求心性情報の減少は、姿勢の動揺を調整し難くすると報告がある。

・COP変位は前後方向より内外側方向で大きな値となった。予測できる設定では、振り子の衝撃を吸収するために衝撃前にCOPを移動させていた可能性がある。CPAsにおいてCOPの側方への変位は若年者より高齢者で大きく、特に転倒歴のある高齢者で大きかった。Melzerら(2004)の報告において、タンデム肢位、開眼と閉眼、不安定な場所での立位のいずれの条件でも上記と同様の結果を示している。研究結果によると、転倒歴のある高齢者は、感覚情報が制限された環境（狭い支持面、不安定な支持面）や側方からの外乱に対して姿勢の調整が難しく、転倒リスクを増加させる可能性を示唆している。

・転倒歴に関わらず高齢者群で大きなCOP変位と大きな筋活動がみられていることは興味深い。高齢者は大きな筋活動を発生させているが、動揺に対して適切な関節トルクを発生できていない。実際に本研究では、若年者と同じトルクを発生させるためには、高齢者はより多くの筋活動を必要とすることを示している。外側部にある筋群の強化（特に中殿筋）は高齢者の姿勢の安定を改善させる可能性がある。これは高齢者のリハビリテーションプログラムに示唆を与えるかもしれない。

結論

・高齢者は若年者と比較して内外側方向の外乱を調整するために多くの筋活動を用いている。その筋活動は予期的な姿勢調整ではなく代償的な姿勢調整の場面で多くみられる。

・側方からの外乱に対する高齢者の姿勢戦略と転倒リスクについては、関連性がみられなかった。

Compensatory but not anticipatory adjustments are altered in older adults during lateral postural perturbations

解説

本研究結果は、外乱に対する高齢者の姿勢戦略を考える上で参考になるかもしれない。

高齢者は外乱に対して若年者よりも多くの筋活動を用いており、予期的な姿勢調節よりも代償的な姿勢調節が変容する。これは高齢者の姿勢戦略が若年者よりも非効率な方法で調節されている可能性を示唆している。高齢者のリハビリテーションにおいて、予期的な姿勢調節と代償的な姿勢調節の両面を考慮した運動学習や動作指導を進めていくことが重要かもしれない。

参考文献

- 1) Tokuno CD, et al. Age-related changes in postural responses revealed by support-surface translations with a long acceleration–deceleration interval. *Clin Neurophysiol* 2010;121:109–17.
- 2) Laughton CA, et al. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture* 2003;18:101–8.
- 3) Lin SI, Woollacott M. Association between sensorimotor function and functional and reactive balance control in the elderly. *Age Ageing* 2005;34:358–63.
- 4) Brown LA, et al. Central set influences on gait. Age-dependent effects of postural threat. *Exp Brain Res* 2002;145:286–96.
- 5) Maki BE, et al. Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999;54:281–7.
- 6) Callisaya ML, et al. Sensorimotor factors affecting gait variability in older people – a population-based study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010;65:386–92.
- 7) Melzer I, et al. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing* 2004;33:602–7.