

健常高齢者の転倒リスクを早期に発見する新しい 姿勢評価システムの開発

Development of new assessment for risk of fall in healthy elderly

2161014



研究代表者	名古屋大学大学院医学系研究科	助 教	野 篤 一 平
共同研究者	大分大学健康福祉学部	助 教	菅 田 陽 怜

[研究の目的]

要介護に繋がる転倒を予防することは、今後の高齢社会の到来に向けて非常に重要な課題である。転倒発生に身体的・認知的な機能低下が関係することは自明であるが、予防という観点からは、健康な地域住民の中から転倒リスクの人を抽出する評価の開発が必要である。高齢者の転倒リスク評価については、重心動揺などの物理量による評価がこれまで主として行われている。しかし、加齢により筋・骨格などの機能低下の他に、筋力発揮や随意運動の実行を制御する中枢神経系においても神経伝導速度の遅延、神経線維数の減少などといった変化により中枢神経系の機能低下が起こり、そのことが転倒リスクに影響している可能性が示されている¹⁾。脳機能を含む中枢神経系の活動を評価する方法としては脳波やfMRIで直接的に評価する方法があるが、動作時の計測は動作ノイズなどのため一般的に困難である。そこで中枢神経の活動を反映し、動作時でも情報を取得できる方法で評価することが重要である。そこで本研究では、2つ以上の筋活動の同期生を評価するコヒーレンス解析に着目して、健常高齢者の姿勢制御機構における神経生理学的な機序について評価を行う。コヒーレンス解析は動作時の神経生理学的な状態を間接的に評価することが可能であり、発達や老化との関係、各周波数帯域におけ

るコヒーレンスと大脳皮質脊髄路の興奮性の関係について報告がある²⁾。

脳活動と筋活動間でのコヒーレンス解析における先行研究³⁾では、随意運動中の β 帯域(15-35 Hz)のコヒーレンスと大脳皮質運動野の活動との関係性が示されている。また、筋電図-筋電図のコヒーレンス解析においても、運動時の β 帯域のコヒーレンスに着目した研究が行われており、上位中枢からの共通の入力を反映していることが報告されている²⁾。しかし、これらの先行研究は静止立位、等尺性収縮、歩行時における報告であり、ステップ課題との関連を調べたものはない。よって、本研究では従来から転倒リスクの評価指標として利用されてきた前方ステップ課題に、大脳皮質脊髄路の興奮性を反映しうる指標として β 帯域におけるEMGコヒーレンス解析を加え、高齢者群と若年者群のステップ動作時の神経生理学的特徴を比較することとした。

[研究の内容、成果]

(1) 方法と対象

1. 対象

健常高齢者 43 名 (男性 19 名, 73.0 ± 6.2 歳), 若年者 17 名 (男性 6 名, 22.1 ± 1.4 歳) が参加した。また本研究は所属機関の生命倫理審査委員会の承認を得たうえで行っている。

2. 課題

2枚のフォースプレートを使用して立位時の足圧中心点の評価を行った。課題は、前方のモニタ上に表示される矢印の向きに一致した足を前方にできるだけ早く出すよう指示した(図1)。

課題の種類は、単純反応課題(Simple Reaction Task:SRT)と選択反応課題(Choice Reaction Task:CRT)の2種類とした。CRTは、ステップ方向がランダムに提示される課題であり、SRTはステップ方向が予め決まっている課題とした。

3. 姿勢制御評価

反応時間は、体重が一側に5%以上移動した時点と定義した。前方へのステップ動作時の典型的な体重移動を図2に示す。体重移動はまず遊脚側方向に起こり、続いて立脚足側に移動した後に足の離地が起こる。遊脚側方向への体重移動は、ヒトが円滑に体重心を前方移動するための予備的な姿勢調整であり、予測的姿勢制御(Anticipatory Postural Adjustment: APA)として知られている。

またAPAの起こる方向は時にエラー(反対

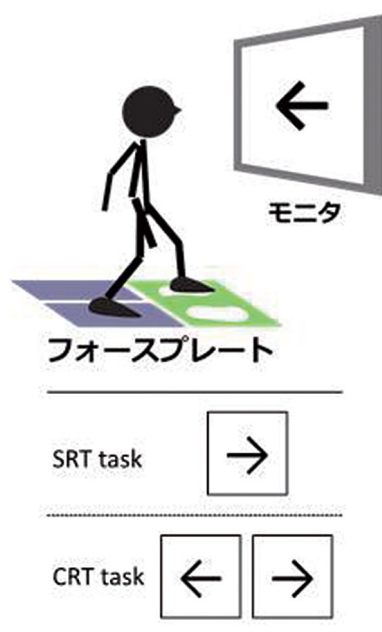


図1 実験環境および条件

被験者は2枚のフォースプレート上に静止立位を取り、モニタ上に表示される矢印の指示に従って足を前方に出す課題を実施。

方向(立脚足側)への体重移動がまず起こり、その後遊脚足側へのAPAの修正が起こる(図2下))を起こすことがある。このAPAエラーは高齢者で増加することが知られており、本研究においてはAPAエラー率を高齢者の転倒リスクの指標として評価した。

4. 筋活動測定

下肢の筋活動は筋電図(Electromyogram: EMG)で記録した。対象筋は前脛骨筋(TA)の近位部(TApro)と遠位部(TAdis)、腓腹筋外側頭(GA)、ヒラメ筋内側(SOL)の筋腹とした。EMGはサンプリング1000 Hzで記録したのち増幅、A/D変換器を介した後にPCに取り込んだ。これらの実験課題はLabVIEW(National Instruments, Austin, USA)で制御されオフラインで解析を行った。

(2) 結果

APAエラー率に関しては、CRTにおいて高齢者で $27.9 \pm 0.10\%$ 、若年者では $13.5 \pm 0.11\%$ であり、高齢者において優位に高いエラー率を示した。

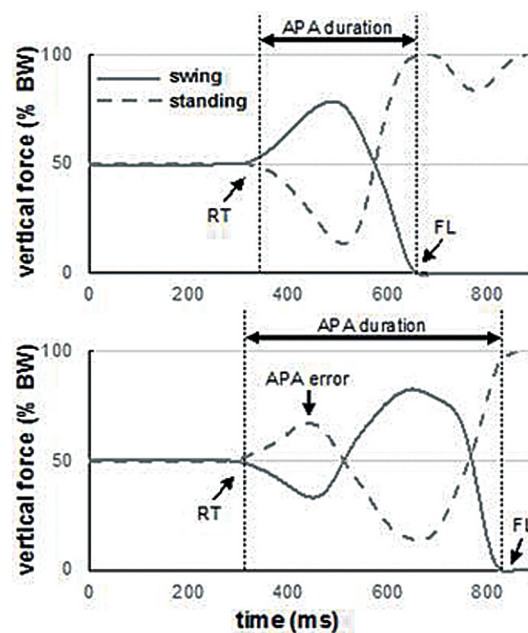


図2 代表的なAPAとAPAエラー

鉛直方向成分の時間変化を示す。この時、遊脚足側への重心移動が先に出現してから立脚足側への移動が起こるが、APAエラーが出現すると立脚足側方向への移動が先に出現し、全体的な反応が遅れてしまう。

反応時間では、SRT、CRT ともに種効果を認め、高齢者において優位な延長を認めたが、各群と課題間の交互作用は見られなかった。

筋電図コヒーレンス

代表的なコヒーレンス解析の結果と拮抗筋間 (TA-SOL)、共同筋間 (SOL-GA) における平均値を図4に示す。結果としては、高齢者と比

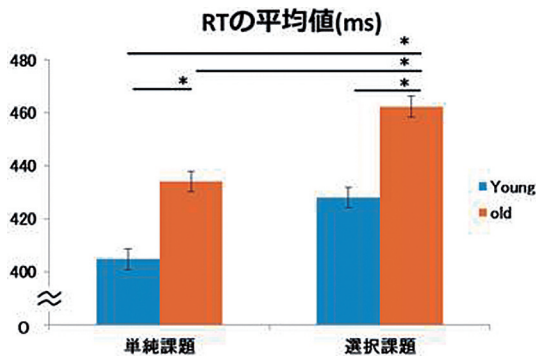


図3 反応時間
高齢者において両課題で優位な反応時間の延長を認めた

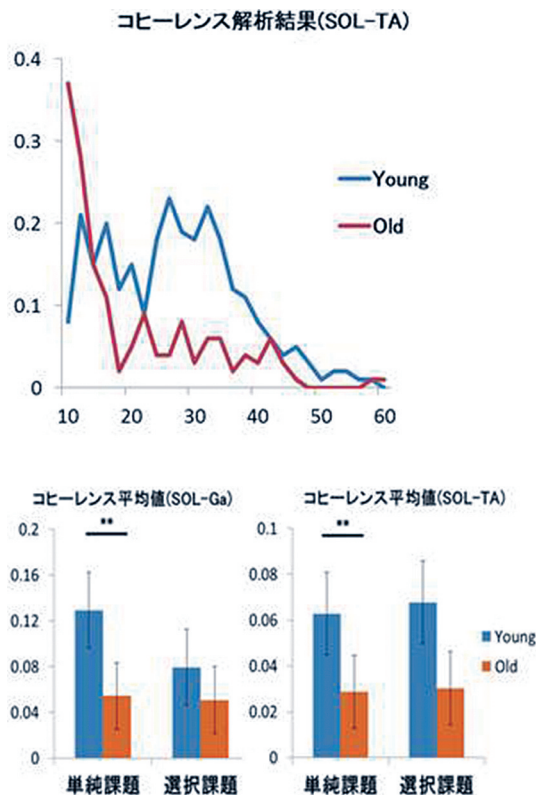


図4 拮抗筋間 (SOL-TA) におけるコヒーレンス解析の代表例および両群における比較
拮抗筋間・共同筋間において、各群のコヒーレンス値を示す。群間比較では、SRT で高齢者に比べ若年者で優位に高いコヒーレンス値を認めた。

較して若年者では拮抗筋間のコヒーレンスで β 帯域 (15-35 Hz) にピークが出現した。さらに拮抗筋間 (TA-SOL)、共同筋間 (SOL-GA) におけるコヒーレンス平均値に関しては、両群においては SRT において種効果を認め、高齢者において優位に低値を示した。

ステップ課題における姿勢制御機構と EMG コヒーレンスの関係

ステップ課題の反応時間と β 帯域のコヒーレンス値の平均値における相関解析の結果、共同筋間のコヒーレンスと高齢者の反応時間の間に優位な正の相関を認めた ($R=0.499$, $p=0.029$)。これは、SRT で反応時間が延長する高齢者において、コヒーレンス値が上昇していたことが示された。

これらの結果より、皮質脊髄路の興奮性を反映する EMG コヒーレンスを指標として、従来の転倒リスク評価としての有用性が報告されている前方ステップ課題の種類と対象者の違いによる神経生理学的特徴を明らかにすることができた。特にステップ課題においては、APA エラー率、反応時間で高齢者において有意に高い値を示した。これは先行研究と一致する結果であった。さらに、 β 帯域における EMG コヒーレンス値で、共同筋間、拮抗筋間において SRT で高齢者が有意に低値を示した。これは、若年者群では、予めステップする足がわかっている課題において、準備期から皮質脊髄路の活動を十分に高めていることが示された。また高齢者でも、SRT において反応時間と EMG コヒーレンス値の間に正の相関を認めたことから、ステップ課題における準備期に皮質脊髄路を高めていたことを示唆した。

[今後の研究の方向、課題]

本研究では、EMG コヒーレンス解析を使って若年者と高齢者の動作時における神経生理学的機序を検討した。そして、加齢によってス

テップ動作における皮質脊髄路を含む中枢神経系の変化を明らかにすることができた。またステップ反応時間とコヒーレンス値の間に関係性も明らかにすることができ、より詳細な評価を通して EMG コヒーレンス値の意義について検討していく必要がある。

今後は、より大規模なデータ収集と解析を通してデータベースの作成を行っていく。また今回の実験では、高齢被験者の募集に際して、健康で意欲の高い方が選択的に集まったセクションバイアスがあったものと考ええる。ただ高齢者の身体機能の幅は若年者に比べ一般的に広い。そこで、今後はより多様な身体・精神機能を有する被験者を集め、多面的な評価を実施していく必要がある。また、簡易に評価可能なデバイスの作成と評価ソフトの開発を行い、自治体との協力を通じた大規模研究を行っていく。

特に解析に関しては、今回の実験で使用したコヒーレンス解析に必要な至適な試行回数や解析区間の検討も詳細に行っていく必要がある。

[成果の発表、論文等]

・論文

- 1) Nojima I, Watanabe T, et al. Modulation of EMG-EMG coherence in a choice stepping task. *Frontiers Hum Neurosci* 2018
- 2) Watanabe T, Nojima I, et al. Auditory stimulus has a larger effect on anticipatory postural adjustments in older than young adult during choice step reaction. *Eur J Appl Physiol*. 2017

・発表

- 1) 野嶌一平他. 高齢者の立位ステップ課題における下肢筋電図コヒーレンス変化. 第 47 回日本臨床神経生理 (2017)