

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目

Age-related changes in neuromuscular control of posture under unstable conditions
(不安定姿勢におけるバランス保持に関わる神経筋制御機構の加齢変化)

氏名 渡邊 龍憲

論文内容の要旨

【背景】

超高齢社会を迎えた現在、高齢者の転倒は、非常に重要な社会問題となっている。そして、転倒予防には、片脚立位や前方へ重心を移動し傾斜姿勢を保持する課題など、バランス機能に負荷をかける運動が効果的とされる。しかし、これらの運動は、フレイル（虚弱）な高齢者にとっては負荷が高すぎる可能性があり、転倒や怪我の危険性を伴う。本研究は、片脚立位と前方傾斜姿勢を保持する能力が加齢により低下する神経生理学的機序の一端を解明することで、バランス機能に負荷をかける運動に取って代わる、安全で効果的な運動介入の開発につながる基礎的な情報を提供することを目的とした。

本研究では、立位姿勢の制御に強く関わる下腿三頭筋の協調的制御に加齢が与える影響の検証を試みた。具体的には、運動ニューロンプールへの共通の入力を定量化する筋電図間コヒーレンス解析法を用いて、運動ニューロンプールの同期的な活動を反映するデルタ帯 (<5 Hz) コヒーレンス、及び皮質筋間の同期的神経活動を間接的に測定し皮質脊髄路の活動を反映するベータ帯 (15-35 Hz) コヒーレンスに加齢が与える影響を検討した。

安静立位時には、一側、及び両側の下腿三頭筋間においてデルタ帯コヒーレンスが観察され、それは若年者に比べて高齢者の方が大きいことが報告されている。しかし、片脚立位や前傾姿勢など、皮質性制御の必要性が増大する不安定姿勢において、加齢が下腿三頭筋間の筋電図間コヒーレンスに与える影響は明らかとなっていない。不安定姿勢でバランスを保持するためには、随意的に発揮力を安定させることで姿勢の安定性を高める必要がある。デルタ帯コヒーレンスの増大と皮質筋間の同期的神経活動の低下が発揮力の安定性低下に関わることから、不安定姿勢における下腿三頭筋の筋電図間コヒーレンスは加齢により影響を受けると考えた。

【研究1：片脚立位】

〈目的〉

片脚立位時における立脚側の下腿三頭筋間のデルタ帯とベータ帯コヒーレンスに年齢が与える影響を明らかにすることを目的とした。

〈方法〉

対象は、健常若年者 14 名と健常高齢者 17 名であった。課題は、両脚立位と片脚立位であった。足圧中心 (center of pressure: COP) データを床反力計より取得し、その変動を解析した。また、筋電図信号を立脚側の内側腓腹筋 (medial gastrocnemius: MG)、外側腓腹筋 (lateral gastrocnemius: LG)、ヒラメ筋 (soleus: SL) より取得し、デルタ帯とベータ帯の筋電図間コヒーレンスを MG-LG、MG-SL、LG-SL 間で解析した。

〈結果〉

MG-SL 間のデルタ帯コヒーレンス、及び MG-LG、MG-SL、LG-SL 間のベータ帯コヒーレンスは、両脚立位に比べて片脚立位で大きかった。片脚立位において、MG-SL 間のデルタ帯及びベータ帯コヒーレンスは、若年者と比較して高齢者で大きかった。また、高齢者において、デルタ帯及びベータ帯コヒーレンスの増大は COP の変動増大と関連していた。

〈小括〉

内側腓腹筋とヒラメ筋の協調的活動が片脚立位の制御に強く関わり、それらの筋間でのみデルタ帯及びベータ帯コヒーレンスが年齢により増大することが明らかとなった。また、高齢者において、デルタ帯、ベータ帯コヒーレンスの増大は姿勢の安定性低下につながる可能性が考えられた。ベータ帯コヒーレンスの増大は、年齢による感覚運動機能低下に対応するための代償的増大である可能性も考えられた。

【研究2：前方傾斜姿勢】

〈目的〉

随意的な身体傾斜によって皮質性制御を増大する際、左右の下腿三頭筋の同期的活動 (<5 Hz) は低下することが若年者において報告されている。しかし、高齢者においてこのような調整が生じるかは明らかでない。前方身体傾斜時における左右の下腿三頭筋間のデルタ帯コヒーレンスと、一側の下腿三頭筋間のベータ帯コヒーレンスに年齢が与える影響を明らかにすることを目的とした。

〈方法〉

対象は、健常若年者 14 名と健常高齢者 19 名であった。被験者は、両脚立位と身体を最大前方傾斜の 35%または 75%に傾ける課題 (35%傾斜課題・75%傾斜課題) を行った。両側の MG と SL より筋電図信号を取得し、デルタ帯コヒーレンスを左右の MG-MG と SL-SL 間で、ベータ帯コヒーレンスを MG-SL 間で解析した。

〈結果〉

若年者において、MG-MG 間のデルタ帯コヒーレンスは、両脚立位と 35%傾斜課題に比べて、75%傾斜課題の方が小さかった。また、若年者において、SL-SL 間のデルタ帯コヒーレンスは、35%傾斜課題に比べて、75%傾斜課題の方が小さかった。さらに、若年者において、MG-SL 間のベータ帯コヒーレンスは、両脚立位に比べて傾斜課題で大きかった。一方、高齢者では、有意な変化は見られなかった。

〈小括〉

前方への身体傾斜姿勢の保持において、左右の下腿三頭筋間におけるデルタ帯コヒーレンスを低下させ、一側の下腿三頭筋間のベータ帯コヒーレンスを増大させる変調機能は加齢により低下する可能性が示唆された。

【結語】

本研究により、不安定姿勢においてバランスを保持する際に生じる下腿三頭筋の筋電図間コヒーレンスは加齢により変化することが明らかとなり、デルタ帯、ベータ帯コヒーレンスを機能的に変調する能力が加齢により低下する可能性が考えられた。より詳細な検証を必要とするが、これらの神経振動に着目した介入が不安定姿勢におけるバランス保持能力の改善に有効である可能性が示唆される。