

論文内容要旨

Intramuscular and intermuscular coherence
analysis while obstacle crossing during treadmill
gait

(トレッドミル歩行中の障害物跨ぎ時の
筋内・筋間コヒーレンス解析)

Somatosensory & Motor Research, 2024, in press.

主指導教員：高橋 真教授

(医系科学研究科 生体運動・動作解析学)

副指導教員：安達 伸生教授

(医系科学研究科 整形外科学)

副指導教員：砂川 融教授

(医系科学研究科 上肢機能解析制御科学)

温 琳

(医系科学研究科 博士課程後期総合健康科学専攻)

【はじめに】

障害物を跨ぐことは日常生活において頻回に生じる動作である。障害物が現れると、視覚情報が後頭頂様で処理され、歩行の調整が計画される。障害物の高さに応じて、足部のクリアランスを確保するため、股関節、膝関節、足関節の屈曲角度が増加する。これら下肢関節の動きに対応して、下肢の筋活動が調整される。この筋活動の制御には大脳皮質運動野が関与することが動物実験から示されている。しかしながら、ヒトにおいては未だ十分に検証がなされていない。

近年、2つの筋電図信号を周波数特異的に解析する筋電図コヒーレンス解析が歩行中の筋活動制御機序の検討に用いられている。特に15-50 Hz (β および γ 帯域)の筋内・筋間コヒーレンスが脳卒中患者や不全脊髄損症者において歩行中に減弱・消失することから、運動野における錐体路細胞の律動的な活動が皮質脊髄路を介して末梢に伝搬される遠心性の現象を反映するとされている。そこで、本研究では筋内・筋間コヒーレンス解析を用いて、障害物の跨ぎ動作における運動野の関与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名であった。課題は(1)トレッドミル歩行(通常歩行)と(2)トレッドミル歩行中にランダムに右脚側に出現する障害物(高さ6.5 cm, 幅23.5 cm, 奥行き11.0 cm)を跨ぐ(跨ぎ)の2条件で実施した。

6台の赤外線カメラからなる3次元動作解析システムVicon MX (Vicon Motion Systems社製)を用いて、右側の大転子と大腿骨外側上顆、外果、踵骨隆起に貼付した反射マーカー座標を計測し、股関節と膝関節、足関節の屈伸角度を算出した。また、ワイヤレス表面筋電計(Trigno Wireless System, Delsys社製)を用いて、右側の前脛骨筋近位部(TAp)と遠位部(TAd)、大腿二頭筋(BF)、半腱様筋(ST)、内外側腓腹筋(MG, LG)から筋電図を計測した。得られた筋電図より1)つま先離地から300 msec (TAp-TAd 遊脚期)、2)踵接地の50 msec 後から350 msec (TAp-TAd 立脚期)、3)つま先離地の100 msec 前から200 msec 後 (BF-ST 遊脚期)、4)踵接地の50 msec 前から250 msec 後 (BF-ST 立脚期)、5)つま先離地の300 msec 前 (MG-LG 立脚期)の5つの解析区間を設定した。通常歩行(N条件)と跨ぎ(O条件)、跨ぎの2ストライド前(NO条件)の3条件のそれぞれ100試行分のデータを抽出した。全波整流後、高速フーリエ変換により周波数解析を行った後、コヒーレンス解析を行い、13-30 Hzの平均コヒーレンスを算出した。また、筋活動の指標として、2乗平均平方根を算出した。統計学的解析は正規性が認められたデータは対応のあるt検定を用い、正規性が認められないデータはウィルコクソンの符号順位検定を用いて各条件間で比較した。なお、Holm法を用いて有意水準の調整を行い、有意水準は5%とした。

【結果】

股関節と膝関節、足関節の最大屈曲角度はいずれもO条件で、N条件とNO条件と比較して有意に高値を示した。筋活動について、遊脚期のTApとTAd、BF、STはO条件で、N条件と

NO条件と比較して、有意に高値を示した。 β 帯域のコヒーレンスは遊脚期の TAp-TAd と BF-ST において、O条件で、N条件と NO条件と比較して、有意に高値を示した。一方、立脚期の TAp-TAd と BF-ST、MG-LG のコヒーレンスは3条件間で有意な差は認められなかった。

【考察】

β 帯域のコヒーレンスが遊脚期の TAp-TAd と BF-ST で高値であったことは、跨ぎ動作で重要となる足関節背屈筋と膝関節屈筋への運動野からの制御が増強していることが示唆され、障害物跨ぎ時に適切な下肢の軌跡を生成するために、筋活動の大きさ、持続時間、およびタイミングを正確に制御することに寄与すると考えられる。一方、立脚期の TAp-TAd と BF-ST、MG-LG の筋活動とコヒーレンスは3条件間で有意差を認めなかったことの原因の一つとして、本研究における障害物跨ぎ動作の立脚期に求められる役割が通常歩行と同程度であったことが挙げられる。以上の結果より、運動野は歩行制御において、状況に応じてその関わりを変化させ、特に随意的な制御が必要な場合にその関与を強め、適切に筋活動を制御することに貢献することが示された。