

全文要約

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)

温 琳

(医系科学研究科 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り、足部が障害物と接触すると躓きやそれに起因する転倒に繋がる。躓きを回避するために、障害物が現れると、視覚情報が後頭頂葉で処理され、歩行の調整が計画される。その一つとして、足部のクリアランスを確保することが不可欠であり、障害物の高さに応じて、股関節、膝関節、足関節の関節角度を変化させる。これら下肢関節の角度を適切に変化させるため、下肢の筋活動を精密に調整しなければならない。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。特に約 15-30 Hz (β 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、この帯域のコヒーレンスは、運動野の錐体細胞をはじめとする律動的な活動が皮質脊髄路を介して筋に伝搬される遠心性の神経活動を反映すると考えられている。そこで、本研究では、障害物の跨ぎ動作における運動野の関与を探るため、筋内・筋間コヒーレンス解析から得られる β 帯域のコヒーレンスを指標として、筋活動制御機序を検討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ス座標を計測し、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各筋特異的な筋活動が得られる解析区間として、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 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。筋電図信号は全波整流し, 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, β 帯域 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 条件と比較して遊脚期に有意に高値を示した ($p < 0.05$)。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が ($p < 0.05$), 立脚期の TAp と TAd, BF, ST, LG, MG は 3 条件間で有意な差は認められなかった。 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 ($p < 0.05$)。一方, 立脚期の TAp-TAd と BF-ST, MG-LG の β 帯域のコヒーレンスは 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る。このことは, 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が, この理由の一つとして, 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。以上のことから, 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。