

感覚刺激によって励起される歩行運動中の姿勢制御の解明

後藤 真里，西井 淳
山口大学大学院創成科学研究科

1 はじめに

二足歩行の実現にはバランスを取るための姿勢制御能力が密接に関連している。しかし、歩行運動中の筋活動が推進のための脚運動制御と姿勢制御のいずれを担うかを判別するのは困難である。また、歩行運動中の姿勢制御における感覚刺激の役割に関する知見も乏しい。本研究では、姿勢制御が強く働くバランス運動中と歩行運動中の感覚刺激や筋活動の比較により、姿勢制御の歩行運動における役割を明らかにすることを目的とする。

2 実験手法

健康な 20 代の被験者 (男性 4 名，女性 3 名) による歩行タスクとバランスタスク中の筋活動 (下肢 14 箇所) と足底感覚 (右足底 6 箇所の圧力) の計測実験を行った。歩行タスクは、約 20 m の平坦な通路を歩いて直進するタスクである。バランスタスクには、スラックラインタスクと片足立ちタスクを用いた。スラックラインは綱渡り競技の一種で用いられるバンド状の紐であり、その上に片足を乗せて体重をかけると、足部が左右に揺れる振戦運動が生じる。そこで、幅 3.5 cm のスラックラインに右足底の内側部か外側部を乗せたそれぞれの場合で、この振戦運動の計測を行った。視覚情報の影響を排除するため、運動タスク中は被験者にアイマスクを着用させた。

3 解析手法

各タスク毎に、筋電位データに NMF (Nonnegative Matrix Factorization) を適用して、筋活動基底 (筋シナジー) の推定を行った。また、足圧分布により各筋シナジーの活動度を予測する線形モデルを重回帰分析で求めた。片足立ちタスクの場合の説明変数は、足底 6 箇所の圧力センサ値とその時間変化率 (微分値) の計 12 個、スラックラインタスクの場合は、スラックラインに接する足底内側もしくは外側それぞれ 3 箇所の圧力センサ値とその微分値の計 6 個とした。歩行タスクに関しては、比較する各バランスタスクに合わせて説明変数を変更した。また、歩行中の立脚相を、前期両脚支持期、片足支持期、後期両脚支持期にわけ、それぞれの期間で重回帰分析を行った。歩行とバランスタスク間での、筋シナジーや、各筋シナジーを励起する感覚刺激の類似性は、それぞれ筋シナジーを構成する各筋の活動度もしくは重回帰分析により算出した偏回帰係数の相関によって決定した。

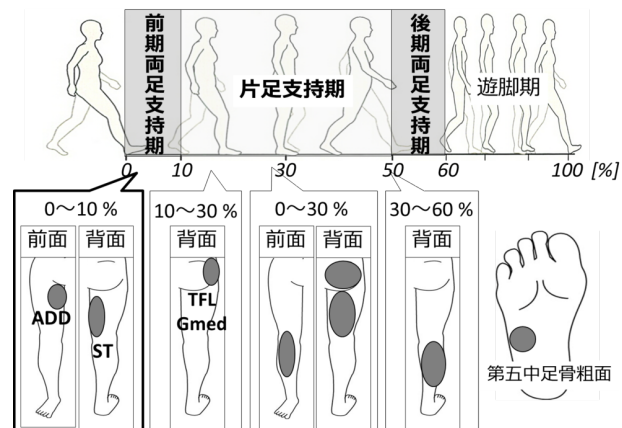


図 1 歩行中に活動する筋シナジー：前期両足支持期では足底の第五中足骨粗面への圧力の増加に伴い内転のための筋シナジーが励起された。

4 結果・考察

各タスクごとに推定された筋シナジーの個数は、歩行タスクでは 4.33 ± 0.75 個、片足立ちタスクでは 3.67 ± 1.37 個、スラックラインタスクでは足底の内側部及び外側部を用いた場合それぞれ 4.00 ± 1.83 個と 3.83 ± 2.41 個となった。被験者 3 名において、歩行の前期両脚支持期とスラックラインタスク (外側) の間に有意な相関 ($p < 0.05$) が認められる感覚-筋シナジーパターンが存在した。この筋シナジーは、足底の第五中足骨粗面の圧力の増加により励起されるもので、長内転筋 (ADD) や半腱様筋 (ST) といった股関節を内転させる筋群を活性化することが 3 人中 2 人の被験者で確認された (図 1)。他の被験者についても、歩行タスク中に第五中足骨粗面への圧力増加に伴い前期両脚支持期に股関節を内転させる筋シナジーが活動していた。

対足が遊脚する直前の前期両足支持期は、足底のつま先や踵部よりも第五中足骨粗面への負荷が大きくなる時期である。この足圧情報により、股関節を内転させる筋シナジーを励起することで、重心位置を支持脚上に移動し、姿勢の安定化を図っていると考えられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25282183, 26280101 の助成を受けたものです。