

47 受動歩行時における皮膚反射の修飾

研究所運動機能系障害研究部 中島 剛、上林清孝、高橋真、中澤公孝、赤居正美

歩行障害を中心とする移動能力の低下に対するリハビリテーションは近年急速な発展を遂げている。その一つの手法として体重を部分的に免荷した状況下で下肢の動作を補助し、正常な歩要を再現する免荷式歩行トレーニングが歩行機能再獲得に向けたリハビリテーションの主流となりつつある。この背景には脊髄を含む中枢神経系が可塑的性質を持つことが明らかにされ、歩行機能再獲得が実現できる可能性が示唆されたことが大きく、歩行運動のような周期的な運動に関わっている脊髄中枢パターン発生器 (CPG) の再構築等が重要な役割を果たしていることが考えられる。しかしながら、その基礎データとして、免荷式歩行トレーニングの主運動である受動歩行運動が、ヒト CPG 回路を駆動させるのか否かについては、今のところ定かではない。近年、ヒトの周期的な運動時での皮膚受容器由来の反射反応 (皮膚反射) の修飾は、CPG 回路の活動を間接的に観察する指標として確立されつつある。そこで本研究は、受動歩行運動時において通常歩行と類似した位相依存的な皮膚反射反応が得られるのか否かについて検討した。特に、歩行パターンの形成に重要と考えられている下肢に加わる自重負荷に着目し検討を加えた。

被験者は健常成人 11 名であった。受動歩行運動課題は、動力歩行補助装置 (Lokomat) 用い、1) 胸部に装着したハーネスを頭上のクレーンで身体を吊り上げて行なう空中ステップ課題と 2) 足部をトレッドミル上に接地させ、自重負荷が脚部に加わるトレッドミルステップ課題の二つの課題であった。筋電図は大腿直筋、大腿二頭筋、ヒラメ筋および前脛骨筋から導出した。関節角度は股関節および足関節から電気ゴニオメータにて記録した。皮膚反射は、歩行位相を 10 分割して、脛骨および浅腓骨神経を足首レベルで電気刺激 (感覚拡散閾値の 2-2.5 倍、5 連発刺激、333 Hz) し、その各位相で刺激を基準として筋電図を全波整流後平滑化し、20 回の加算平均を行なった。電気刺激は痛みを伴わないことを全被験者で確認した。筋電図上に出現する皮膚反射は多相性のパターンを有する。そこで今回は、反射反応が顕著である中潜時反射反応 (刺激後 70-120 ミリ秒) に焦点を絞った。股関節および足関節角度は、空中ステップ課題およびトレッドミルステップ課題時においてほとんど変化しなかった。また両課題においてステップに由来した筋電図活動もほとんど導出されなかった。このような状況下において皮膚反射は、空中ステップ課題時では、脛骨神経および浅腓骨神経刺激において歩行位相に依存した皮膚反射の変動は観察されなかったが、自重が脚部に加わるトレッドミルステップ課題では、脛骨神経刺激時において促通性反応がスタンス相後半で大きく増大し、浅腓骨神経時において抑制性反応が促通性反応に転じる、いわゆる '皮膚反射の逆転現象' が観察された。

トレッドミルステップ課題時において観察された、1) 歩行位相に依存した皮膚反射の修飾、2) 歩行位相に依存した皮膚反射の逆転現象は、ヒト通常歩行でも同様のパターンが観察され、足部神経刺激時における脊髄ネコの fictive 歩行時の運動ニューロン細胞内記録とも非常に類似することから、受動歩行運動に関連した求心性活動、特に負荷に関連した求心性活動が、通常歩行時と類似した脊髄神経回路を賦活させ、ヒト CPG 回路の活動を一部反映する可能性が示唆された。

これらの知見は、脊髄損傷者や脳血管障害後の歩行機能再建に向けた免荷式歩行トレーニングにおいて、負荷に関する求心性情報が重要であることを示す結果であると考えられる。