

歩行速度が Windlass mechanism に及ぼす影響

新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所・高林知也
 稲井卓真, 横山絵里花, 江玉陸明, 久保雅義
 医療法人愛広会 新潟リハビリテーション病院・徳永由太

【背景】

2 足歩行はヒト特有の移動手段であり、歩行能力の再獲得はリハビリテーションにおける大きな目標である。歩行能力を示す指標に歩行速度があり、運動機能を推測するための‘バイタルサイン’であることが報告されている。また、歩行速度は高齢者や神経筋骨格系の機能不全により低下することや、片麻痺患者の活動範囲を決定することが報告されている。

歩行速度は身体的因子、環境的因子、歩行因子により決定されるが、Windlass mechanism (WM) も歩行速度に関与する因子の1つである。WM とは、足指の背屈により内側縦アーチ (MLA) が拳上し、足部の剛性を高めることで遊脚時の推進力を生み出す機構である。Matthias らは、扁平足患者は歩行速度が低下し、その要因は MLA の低下による WM の破綻であることを報告した。したがって、MLA は WM に深く関与しており、歩行速度を考慮する上で重要な評価指標である。

先行研究において、MLA を評価した報告は散見されるが、形態学的方法、静的な評価方法が多数を占めている。近年、MLA を動的に評価する方法も報告されたが、信頼性に関しては議論されている。そのため、WM を理解するためには信頼性のある MLA を動的に算出することが必要である。

本研究は、MLA および足指の背屈を動的に評価できる 3DFOOT MODEL を用いて、歩行速度の変化が WM に及ぼす影響を検討した。

【方法】

被験者は自前に同意の得られた健常成人男性 6 名とした。課題動作は走行 (9km/h; FAST), 通常歩行 (4.8km/h; NORMAL), 遅い歩行 (2.9km/h; SLOW) の 3 条件とした。動作計測は、3 次元動作解析装置にて反射マーカー (15 箇所) 位置を計測し、定常歩行に近似させるためトレッドミル上にて課題動作を実施した。計測された反射マーカー位置に対し、遮断周波数 6Hz の 2 次 Zero-lag butterworth low-pass filter を施した。

本研究では 3DFOOT MODEL (図) を構築し、立脚期における MLA, 母指背屈角度 (F2Ps) をマーカー位置より算出し、WM の指標とした。解析区間を時間軸 100% 正規化した後、各被験者で課題条件毎に加算平均した。さらに、解析項目に対し相関係数にて関連性を検証した。上記の解析は、SCILAB-5.4.1 にて解析した。

統計は、課題条件間で Friedman 検定、事後検定として Steel-Dwass 法にて解析した。なお、有意水準は 5% とし、統計ソフトは R-3.0.0 を用いた。

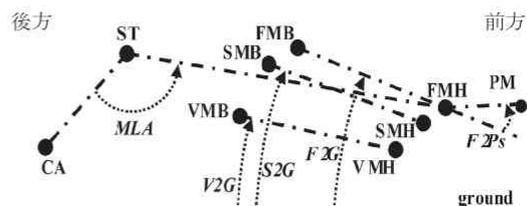


図. 3DFOOT MODEL スキーム. MLA は低値であれば高アーチ、高値であれば低アーチを示す。

【結果】

MLA, F2Ps の運動学的因子および相関係数を示す (表)。MLA_TO は、SLOW と比較して FAST は有意に低値 (高アーチ) を示したが、F2Ps は有意な差を示さなかった。また、FAST および NORMAL において、全ての変数で有意差を示さなかった。相関係数において、FAST, NORMAL は高い負の相関係数を示し (各々 $r = -0.90, -0.91$), SLOW は中等度の負の相関係数を示した ($r = -0.50$)。

表. MLA, F2Ps の運動学的因子および相関係数

変数	FAST	NORMAL	SLOW
MLA_IC (°)	162.4 (4.2)	163.4 (5.7)	162.4 (5.4)
MLA_TO (°)	156.9 (4.8)	159.2 (3.8)	164.5 (4.9) ^{*FAST}
F2Ps_IC (°)	22.1 (6.7)	18.9 (6.0)	18.8 (7.7)
F2Ps_TO (°)	25.6 (5.9)	34.5 (5.7)	23.1 (5.0)
MLA_F2Ps (r)	-0.90	-0.91	-0.50

IC : 初期接地 TO : 爪先離地

() : 標準偏差 ^{*FAST} : FAST に対し有意差あり ($p < 0.05$)

【考察】

本研究で構築した 3DFOOT MODEL は、下腿および大腿モデルと比較して皮膚誤差が少ないことが報告されている。さらに、本研究は先行研究と類似した結果を示したことから、算出されたデータの信頼性は良好であると考えられる。

本研究において、FAST は SLOW と比較して有意に高アーチ (TO 時) を示し、歩行速度の向上には MLA 効率の増加が必要であることが示唆された。しかし、WM の発生要因の 1 つである F2Ps は有意な差が生じなかった。本研究では、先行研究にて歩行時に母指は他指と比較してより背屈可動域が必要であることが報告されていたため、母趾のみを指標とした。そのため、他指においても背屈角度が増加していた可能性が考えられる。しかし、FAST は SLOW と比較して MLA と F2Ps は高い負の相関係数を示した。したがって、歩行速度増加に伴い MLA と F2Ps は強い関連性を示し、両者ともに WM に寄与する因子であることが考えられた。

【結論】

歩行速度の向上には、MLA および F2Ps を増加させ、WM を強固に働かせる必要性が示唆された。