

氏 名 : 橋 本 淳 一
学 位 の 種 類 : 博 士 (健 康 科 学)
学 位 記 番 号 : 研 博 第 48 号
学 位 記 授 与 年 月 日 : 令 和 元 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件 : 学 位 規 則 第 4 条 1 号 該 当
論 文 題 目 : 注 視 点 と 探 索 動 作 の 同 時 計 測 に よ る 転 倒 リ ス ク ア セ ス メ ン ト ツ ー ル の 検 討
論 文 審 査 委 員 : 主 査 佐 藤 秀 一
副 査 神 成 一 哉
副 査 渡 部 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

I はじめに

注視点計測装置と三次元動作解析装置を用いて、指定された色を踏み分けながら歩行する際の生体力学的評価指標（床反力・関節モーメント・パワー・力学的エネルギー量とその発生、吸収の様式）および認知行動学的評価指標（視線・注視点軌跡）を計測して、歩行時の下肢の運動様式、および重心と床反力作用点の変化を解析することにより、転倒アセスメントツールとして使用されている Multi-Target Step test（以下、MTS test）の最適化にとって重要な情報を取得できると考えられる。

MTS test¹⁾ は、歩行中の足元に対する注意を課するもので、MTS test が不得手な者、すなわち、歩行時の足元の注意課題への対応が不十分な者は転倒リスクが高いと判断される²⁾。

さらに、認知行動学的研究では、転倒リスクが高い者の多くに踏み外しエラーが認められるとともに、足元に注視点が集中する³⁾ ことが報告されている。しかし、生体力学的手法と認知行動学的手法を併用した転倒アセスメントツールの検証はみあたらない。そこで、注視点計測装置と三次元動作計測装置を同期・同調させた歩行解析システムを用いて、生体力学的手法と認知行動学的手法をマッチングさせる観点から、転倒アセスメントツールとしての MTS test の有用性を検討した。

II 研究方法と対象

対象は、健康青年の男性 20 名。計測装置は、標点位置計測装置 Vicon MT（近赤外線カメラ 8 台：VICON 社）および歪みゲージ式床反力計 Or-2000（8 枚：AMTI 社）、注視点計測装置 Dikablis（Ergoneers 社）をサンプリング周波数 100Hz で同期・同調させた三次元動作解析システムを用いた。身体モデル化ツール Plug-In-Gait（Full Body）Ai に準拠して、

計測用高再帰性マーカー39個を身体の運動分節に貼付し、身体を14リンク剛体モデルと定義した。デジタル・ヒューマン・モデリングの手法、すなわち歩行解析システムで取得される運動学的データ (kinematic data) と力学的データ (kinetic data) を、モーションキャプチャ解析ソフト Nexus ver. 2.3 (VICON 社) で計算処理してコンピュータ上に再現した。

生体力学的評価指標は床反力 (N)・関節モーメント (Nm)・関節パワー (Watt) およびその発生と吸収の様相・力学的エネルギーの発生量と吸収量 (Joule) 並びに、視線ベクトルの RayX・, RayY・RayZ とした。

III 結果および考察

1. スクワット動作における速度の違いが運動様式と力学的エネルギー量に及ぼす影響
異なる関節モーメントおよび床反力により下降相加速期、下降相減速期、上昇相加速期、上昇相減速期の4相に分けられた。足関節において、姿勢制御に起因すると考えられる特徴的な運動様式がみられた。

2. 異なる座面高での起立・着座動作の運動様式と力学的負担度の比較

三次元動作解析装置と床反力計を用いて、起立・着座動作の座面高の変化による下肢の力学的負担度を解析した。各条件の股および膝、足関節の各相における運動様式の違いはなかった。下肢の3関節の力学的エネルギーの発生量と吸収量は膝関節においてのみ、座面高の違いによる影響が示された。

3. 股関節外転位でのスクワット動作における膝関節の運動様式と力学的負担度

三次元動作解析装置と床反力計を用いてスクワット動作の開始肢位の違いによる下肢の力学的負担度を解析した。各条件の膝関節の各相における運動様式に差異はなかったが、膝関節の内反-外反における関節モーメントのピーク値はスクワット動作開始肢位の違いによる影響が示された。

4. ステップ動作と視線の同時計測による姿勢制御の解析

異なる前方3方向へのステップ動作を、視線を変位させてターゲットを探索する認知行動学的動作 (第I相) と、探索したターゲットに向かって利き足を振り出すステップ動作 (第II相) の2相に分け、さらに動作遂行速度に2条件を設定した。全ての試技において股・膝・足関節の関節運動と関節モーメントを計算すると、共通した運動様式を呈していることが明らかとなった。視線の変位量も、動作遂行速度に依存している可能性が示唆された。

IV 今後の課題

ターゲットの探索行動とステップ動作の力学現象との関連性について、その信頼性 (Reliability) と妥当性 (Validity) の検証が課題となった。

引用文献

1) Yamada M, Higuchi T, et al: Measurements of stepping accuracy in a multitarget

stepping task as a potential indicator of fall risk in elderly individuals. J Gerontol A Biol Sci Med Sci,66(9),994-1000,2011.

- 2) Berg WP, Alessio HM, et al: Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. Age Ageing.26(4),261-268,1997.
- 3) Yamada M, Higuchi T, et al. :Maladaptive turning and gaze behavior induces impaired stepping on multiple footfall targets during gait in older individuals who are at high risk of falling. Arch Gerontol Geriatr.54(2),102-108,2012.

参考文献

- 1) Fabricio Saucedo, Feng Yang : Effects of visual deprivation on stability among young and older adults during treadmill walking. Gait & Posture, 54, 106-111, 2017.
- 2) Nathalie Alexander, Hermann Schwameder : Lower limb joint forces during walking on the level and slopes at different inclinations. Gait & Posture, 45, 137-142, 2016.
- 3) Rachel L. Wright, Derek M. Peters, Paul D. Robinson, et al : Older adults who have previously fallen due to a trip walk differently than those who have fallen due to a slip. Gait & Posture, 41, 164-169, 2015.

論文審査結果の要旨

股位・姿勢によらず「転倒」の機序は、体重心が支持基底面から逸脱することに着目した「転倒リスクアセスメント」に関する研究である。研究方針は生体力学と認知行動学のマッチングであり、標点位置計測装置および床反力計、ハイスピードビデオ、注視点計測装置を同期・同調させた三次元動作解析システムを用いた。リアルタイム表示、視線ベクトルから眼球・頭部、体幹運動の抽出、動作データのビデオ画像へのオーバーレイ機能により、評価指標を運動学・動力学・認知行動学の観点から取得可能であり、技術革新を活かした計測方法の最適化に新規性が認められる。一方、①対象者の動作様式の力学的記述をさらに詳細に行い、個々人の特徴点および特徴値をリストアップする。②エビデンスとなる結果のために課題動作の条件を統制してサンプルサイズを増やす。③信頼性と妥当性の観点から、研究目的を絞って適切な評価指標の選択に留意することが課題である。しかしながら、本審査委員会の検討の結果、本論文は学術的にも注目すべき点が多いので、博士（健康科学）の学位授与に値すると判断した。