

氏 名・(本籍)	照井佳乃 ^{てる い よし の} (秋田県)
専攻分野の名称	博士 (保健学)
学 位 記 番 号	医博甲第22号
学位授与の日付	平成29年 3 月22日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 専 攻	医学系研究科 (保健学専攻)
学位論文題名	脳卒中患者における 3 軸加速度計を用いて測定した体幹加速度 による歩行の評価
論文審査委員	(主査) 教授 塩谷隆信 (副査) 教授 佐竹将宏 教授 上村佐知子

論文内容の要旨

研 究 目 的

歩行時に 3 軸加速度計を腰部に装着し測定した加速度から求めた脳卒中片麻痺患者における Lissajous Index (以下, LI) の検者内信頼性と絶対的信頼性を検討すること, 健常者と脳卒中片麻痺患者の歩行時体幹の左右対称性について LI を用いて評価比較すること, さらに, 脳卒中片麻痺患者においては LI と身体機能評価結果との関連を検討することを目的とした。

対 象 ・ 方 法

1) 対象者

対象者は, 書面同意の得られた健常者21名 (平均年齢 63.3 ± 2.0 歳, 男性11名: 女性10名), 脳卒中片麻痺患者45名 (平均年齢 58.7 ± 13.4 歳, 男性33名: 女性12名) とした。脳卒中片麻痺患者の条件は 1) 杖を使用せずに10m 介助を要せずに歩行できること, 2) 研究の趣旨を理解し同意が得られることとした。除外基準は, 脳卒中による協調運動障害や歩行に影響を及ぼすような整形外科的疾患を有する場合とした。

2) 3 軸加速度計

使用した機器は 3 軸加速度計付き歩行分析計 (MG-M1110: 以下, 3 軸加速度計) であり, 寸法は縦75mm, 横50mm, 幅20mm, 質量約120g と小型である。3 軸加速度計は腰部の第 3 腰椎の高さに専用のベルトを用いて装着した。

3) 加速度の測定方法

10m 歩行時の加速度を測定した。対象者は杖を使用せずに快適歩行速度で10m の歩行を 2 本行った。脳卒中片麻痺患者においては初回と 1 ヶ月後の 2 回測定を行った。

4) LI の求め方

本研究では上下方向と左右方向の加速度をプロットした散布図を描くことで作成する前額面の Lissajous Figure を使用した。LI は Lissajous Figure の左右対称性を算出するものである。LI は数値が小さいほど歩行時体幹部加速度の前額面上での対称性が高いことを意味する。

5) 脳卒中片麻痺患者の身体機能評価

麻痺側下肢の麻痺の程度を Brunnstrom stage (以下, 下肢 Br.stage) 下肢深部感覚, 麻痺側下肢下腿三頭筋の筋緊張, 下肢筋力として膝関節伸展・屈曲筋力, 腹直筋筋力, 立位バランス能力を Berg Balance scale (以下, BBS), 運動パフォーマンスを Motor Age Test で評価し, 10m 快適歩行速度や10m 最大歩行速度も測定した。

6) 統計学的検討

脳卒中片麻痺患者における LI の信頼性を検討するために, 1 本目と 2 本目の歩行に関して級内相関係数 (Intraclass correlation coefficient ; 以下 ICC) と Bland-Altman 分析を用いた。Bland-Altman 分析では, 系統誤差 (加算誤差と比例誤差) の判別のため, 2 測定値の差の平均について 95%信頼区間の算出と無相関検定を行った。加算誤差は, 95%信頼区間が 0 を含んでいると誤差無しとされ, 比例誤差は Bland-Altman plots について無相関検定を行い, 自由度 $n-2$, 有意水準 5% の t 値よりも小さければ誤差無しとなる。系統誤差がみられなかった場合は, 最小可検変化量 (minimal detectable change ; MDC) の 95%信頼区間である MDC_{95} を求める。

また, 健常者と脳卒中片麻痺患者の LI の大きさを比較するために Mann-Whitney の U 検定を用いた。脳卒中片麻痺患者の初回の LI と各種身体機能評価結果との関連を, Pearson の積率相関係数または Spearman の順位相関係数を用いて検討した。

脳卒中片麻痺患者は, 初回よりも 1 ヶ月後において LI が縮小した者を改善群, 初回よりも 1 ヶ月後において LI が拡大したまたは不変であった者を非改善群とした。改善群と非改善群の各種身体機能評価結果を Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。

結 果

脳卒中片麻痺患者の LI における ICC は 0.938 であった ($p < 0.05$)。Bland-Altman 分析の結果, 系統誤差 (加算誤差と比例誤差) がみられなかったため, MDC_{95} を算出すると 25.7 であった。

健常者の平均 $LI = 21.1 \pm 14.1\%$ であり, 脳卒中片麻痺患者の平均 $LI = 51.2 \pm 37.6\%$ であった。健常者と脳卒中片麻痺患者の LI を Mann-Whitney の U 検定で比較すると $p < 0.01$ となり健常者の LI よりも脳卒中片麻痺患者の LI が有意に大きいことが明らかとなった。

脳卒中片麻痺患者の LI に影響を与える身体機能を検討するために、各種身体機能との相関関係を検討した。脳卒中片麻痺患者の LI と BBS の間に有意な負の相関関係が認められた($r = -0.413$, $p < 0.05$)。

初回と 1 ヶ月後の LI を比較すると、改善群は 29 名、非改善群は 16 名であった。改善群における LI の変化量は $-29.1 \pm 26.4\%$ であり、非改善群における LI の変化量は $18.8 \pm 17.4\%$ であった。改善群と非改善群の各種身体機能を比較した結果、下肢 Br.stage で有意差が認められた ($p < 0.05$)。改善群の下肢 Br.stage の中央値 (四分位範囲) は V (1) であり、非改善群では IV (1) であった。

考 察

脳卒中片麻痺患者の LI における ICC は 0.938 であり、ICC 値が 0.75 以上であることから、脳卒中片麻痺患者における LI は、高い検者内信頼性を示していると考えられた。さらに、Bland-Altman 分析では、系統誤差が認められず、脳卒中片麻痺患者における LI の測定の絶対的信頼性が証明されたものと考えられた。LI の測定は快適歩行速度において高い再現性があることが示された。快適歩行速度は日常生活での歩行速度であることから、快適歩行速度で測定した LI は日常生活 ADL における歩行時体幹の左右対称性を反映している。そのため、快適歩行速度で測定した LI は、脳卒中片麻痺患者の歩行の評価に有用であることが示唆された。

3 軸加速度計は、その端末を第 3 腰椎付近に装着していることから、測定した加速度は仮想重心の加速度であり、測定により得られた Lissajous Figure は仮想重心の加速度の変化を表していると考えられる。Lissajous Figure は、視覚的な評価であることから、患者へのフィードバックを行いやすくなり、LI として数値化することで、経時的変化の追跡を容易に行うことができる。

脳卒中片麻痺患者の LI は、健常者の LI よりも有意に大きいことが明らかとなった。また、初回 LI は BBS と有意に負の相関が認められた。LI は歩行バランスを評価しており、脳卒中片麻痺患者においては歩行バランス能力が高いほど歩行時体幹の動きが左右対称になることが示唆された。

初回 LI と一ヶ月後 LI を比較すると、改善群の下肢 Br.stage の中央値 (四分位範囲) は V (1) であり、非改善群では IV (1) であった。下肢 Br.stage IV の分離運動がわずかに可能な程度の患者群では、1 ヶ月の経過で左右非対称性が拡大していることを示しているとみなされる。初回測定時には歩行中の重心移動が左右いずれにも小さいために LI が小さくなり、1 ヶ月経ち歩行バランス能力が改善してくると、重心移動が大きくなることで左右非対称性が顕著となり、結果的に LI が拡大したのと考えられる。

結 論

脳卒中片麻痺患者において、腰部第 3 腰椎の高さに装着した 3 軸加速度計を用いて測定した加速度から求めた LI は、検者内信頼性と絶対的信頼性が明らかにされた。次に、脳卒中片麻痺患者の快

適歩行速度で測定した LI は、健常者の LI よりも有意に大きく、さらに、BBS と相関が認められた。このことから、LI は、歩行時体幹の左右対称性及び歩行バランスの評価であることが示唆された。また、1 ヶ月後の改善群と非改善群では下肢 Br.stage に有意差があり、麻痺が軽度であるほど1 ヶ月の経過で左右対称性が改善することが示された。以上より、LI は Lissajous Figure と共に、脳卒中片麻痺患者の歩容の評価としての有用であることが示唆された。

引用文献

- 1) Yamaguchi R, Hirata S, Doi T, et al.: The usefulness of a new gait symmetry parameter derived from Lissajous Figures of tri-axial acceleration signals of the trunk. J Phy Ther Sci 24 : 405-408, 2012.
- 2) 香川真二, 千田廉, 木村愛子・他 : リサーチ図形を用いた歩行加速度データの可視化評価の開発と臨床的有用性. 理学療法学 36 : 18-23, 2009.
- 3) Moe-Nilssen R.: A new method for evaluation motor control in gait under real-life environmental conditions. Part2: Gait analysis. Clinical Biomech 13 : 328-335, 1998.
- 4) Osaka H, Shinkoda K, Watanabe S, et al.: Validity of evaluation index utilizing three components of trunk acceleration during walking J Phys Ther Sci 25 : 81-84, 2013.

論文審査結果の要旨

脳卒中片麻痺患者において、3 軸加速度から得られた加速度波形を脳卒中リハビリテーションの歩行評価に応用して、歩行における動作解析に関して新しい評価方法を構築した臨床研究であり、本研究は、臨床的に有益な情報を提供する論文で、博士後期課程の学位論文に十分に値するものと判断します。

要旨：脳卒中片麻痺患者において、3 軸加速度を用いて歩行時の体幹加速度を直接図示し、歩行時の左右対称性を Lissajuos Index (LI) により評価した。LI は、歩行時の左右対称性の評価としての信頼性および妥当性が示され、脳卒中患者のバランス評価およびリハビリテーションの効果判定に有用であることが示唆された。

斬新さ：脳卒中患者において、3 軸加速度波形から直接 LI を作成し、歩行時の左右対称性を評価した研究は、今までに報告はみられず、非常に斬新的な研究である。

重要性：脳卒中片麻痺患者の歩行時のバランスを3軸加速波形からの LI を用いて評価できることは、脳卒中リハビリテーションの効果判定および経過観察において非常に有用であり、今後、その臨床応

用および普及が大いに期待される。

研究方法の正確性：3軸加速度計を用いて歩行時の体幹加速度の左右対称性をLIにより評価する方法の信頼性および妥当性に関しては、測定者間のICC、あるいはBland-Altman解析により、論文内において検証している。

表現の明瞭性：本研究においては、脳卒中患者のリハビリテーションにおける現状と問題点がしっかり提起されており、研究目的も明確である。方法においては、LIの妥当性と信頼性を正確に検証している。結果分析は統計学的検証を正確に行っている。また、文章も目的、方法、結果、結論に関して簡潔明瞭かつ論理的に記載され、考察に関しても、国内外の文献を適切に引用しながら十分に行われている。

