

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患等政策研究事業(難治性疾患政策研究事業)
分担研究報告書

歩行分析を用いた頸椎症性脊髄症の転倒リスク評価(第5報)

研究分担者 山本謙吾 東京医科大学整形外科

研究協力者 永井太郎¹⁾、高橋康仁¹⁾、遠藤健司¹⁾、池上諒²⁾

鈴木秀和¹⁾、西村浩輔¹⁾、上野竜一²⁾、

1)東京医科大学整形外科、2)東京医科大学リハビリテーションセンター

研究要旨： 頸髄症患者を対象に、シート式足圧計測装置を用いた歩行分析を行い、痙性歩行の特徴および転倒危険因子に関する検討を行った。今回は足底圧中心データに対して試験関数を用いたカーブフィッティングを実施し、狭窄率と歩行関連パラメーターの相関性を調査した。今回、新規に導入した数学解析法では、歩行周期を示すパラメーターと狭窄率との強い相関性が明らかとなった。本知見を応用することで、MRI 画像から頸髄症患者の歩行パターンが直接推測できる可能性があるため、今後、転倒リスクの事前予測、予防的手術の適応決定に貢献できる技術となることが期待される。

A. 研究目的

後縦靭帯骨化症(ossification of posterior longitudinal ligament; OPLL)を始めとする頸髄症疾患においては、転倒およびこれに伴う頸髄損傷などの重篤な合併症が懸念される^[1]。痙性歩行は手術適応に直結するため、歩行分析による OPLL 研究は極めて重要である^[2-4]。

我々は過去に、頸髄症患者を対象とした歩行分析において、その重症度進行とともに、歩角の増大、歩幅・歩行速度の減少を認め、さらに両脚支持期の延長、歩行周期時間及び両脚支持期の変動係数の増大を報告している^[3, 4]。しかし画像所見と歩行の相関性に関しては未だ不明な点が多い。

今回我々は頸髄症患者の歩行プロファイルに対して、独自の試験関数を用いた数学解析を実施した。得られた歩行パラメーターと MRI 画像上の狭窄率との相関性を調査することで、画像所見から転倒リスクを事前予測するためのマスターカーブを得るこ

とが本事業の目的であった。

B. 研究方法

対象は当院で加療を行った頸髄症群及び、脊椎に既往のない健常ボランティア群とし、脊髄症以外の歩行への影響を極力除外するため性別、年齢、体格について以下のように規定した(年齢 55~70 歳;身長 160~170cm;男性 22 名)。これらの対象者に、二次元シート式歩行分析器(ウォーク Way MW-1000, アニマ株式会社)を用いて足底圧中心プロファイルを記録し、MRI 画像の狭窄率と比較した。得られた歩行データに対して、式(1)の試験関数を用いたカーブフィッティングを実施し、最小二乗法により近似関数を決定した。

$$f(x) = \{A \sin(Bx)^2 - C \cos(Bx)^2\}^2 \quad (1)$$

ここで、 A 、 B 、 C は歩行プロファイルに関連したフィッティング・パラメーターを表

す。

狭窄率は、MRI T2 axial 像より算出した compression ratio (CR)^[5]を用いた。本研究は、学内倫理委員会の承認を得て、被験者との十分なインフォームドコンセントの後、了解を得て行われた。

C. 研究結果

試験関数を用いて決定したフィッティングカーブは、実験値と非常に良い一致を示した (図 1a)。本数学処理により算出した 3 種のパラメーター (A-C) の内、歩隔に関連するパラメーター A と C では、狭窄率との有意な相関を認めなかったが (図 1b, d)、歩行周期に関連するパラメーター B では、狭窄率と有意な相関が得られた ($R = -0.746$, $P = 0.005$) (図 1c)。したがって、狭窄の進行に伴い、単位距離あたりの歩数が有意に増加する傾向が示唆された。

D. 考察

頸髄狭窄と歩行周期との相関が認められたことから、MRI 画像から歩行パターン予測に繋がる可能性が示唆された。この相関に基づき作成したマスターカーブを図 2 に示す。この理論曲線では、CR が 0.3-0.4 以上でパラメーター B が急上昇することが示された。

2011 年度版ガイドライン^[6]では、OPLL に対する手術適応の基準はコンセンサスが得られていないと記載されているが、骨化占拠率が 60%を超える症例では脊髄症が出現するため手術することが推奨されている。骨化占拠率と CR は計測方法が異なるため、単純に比較することはできないが占拠率 60%を CR に換算すると約 0.3~0.4 となると

考えられる。今回作成したマスターカーブで CR が 0.3-0.4 以上で B 値が急上昇する点からもこの近傍を超えない狭窄率を手術適応の基準とすることが適当と考えられ、現行のガイドラインとほぼ一致する結果となった。

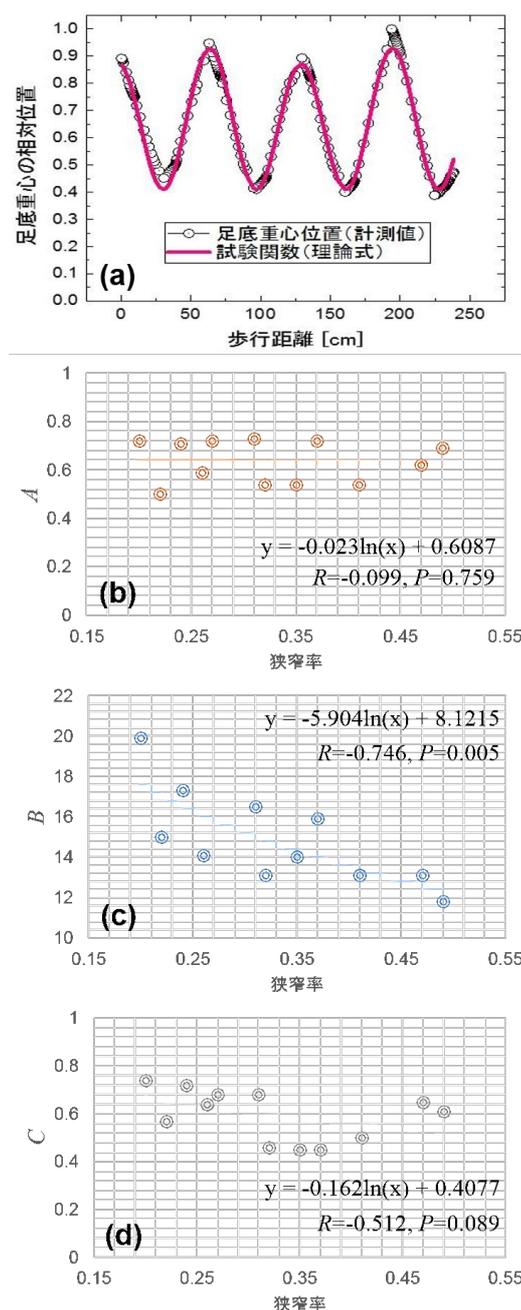


図 1: 頸髄症患者の足底圧中心プロファイルに対し、式 (1) を応用したカーブフィ

ッティング解析結果の一例(a); 解析により得られたフィッティング・パラメータ - A (b), B (c), および C (d)。歩行周期に関連したパラメータ - B において、狭窄率との有意な相関が認められた。

また今回用いた新規手法により画像所見との強い相関が得られたことから今回開発した従来の歩行データに対する数式処理が、頸髄症歩行のより高精度な分析・評価を実現することが示された。今後、この新規解析手法を更に多くの患者データに応用し術前後の解析を進めることで、より正確な手術適応の判断や、症例機能性評価基準が得られる可能性があると期待される。

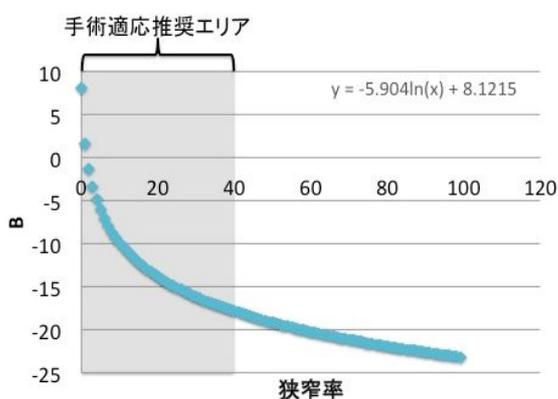


図 2 : 本対象患者群から得られた歩行周期関連パラメータ - B と狭窄率の関係を示した理論曲線

E. 結論

今回、我々の提案する新規解析手法に基づき、MRI 画像における頸髄狭窄の進行が歩行周期増大を来すことが示された。歩行周期パラメータ - B と狭窄率との相関性を示す理論曲線から、CR で 0.3-0.4 を境に歩行周期が急激に変化するため、手術適応の

一つの基準となる可能性が示唆された。また本 CR 値の基準は、現行のガイドラインにおける見解と極めて良く一致した。

今回提示した数式解析による歩行分析法は高精度で歩行解析が可能となることが示され、今後のさらなる応用が期待される。

F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載

G. 研究発表

学会発表

永井太朗 他：日本バイオメカニクス学会
2015【一般口演】

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

参考文献

- 1) Matsunaga S, et al. Radiographic predictors for the development of myelopathy in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament: a multicenter cohort study. Spine 33: 2648 - 2650, 2008.
- 2) Suzuki E, et al. Analysis of the Spastic Gait Caused by Cervical Compression Myelopathy: J Spinal Disord Tech 15(6): 519 - 522, 2002
- 3) 西村浩輔 他：シート式足圧計測装置を用いた頸椎症性脊髄症に対する歩行時解析（第 3 報）脊柱靱帯骨化症に関する調査研究班平成 25 年度報告書, 2013.
- 4) Nishimura H, et al. Gait analysis in cervical spondylotic myelopa-

thy. Asian Spine J 9(3): 321 - 326, 2015.

- 5) Okada Y, et al. Magnetic Resonance Imaging Study on the Results of Surgery for Cervical Compression Myelopathy. Spine 18: 2024 - 2029, 1993
- 6) 頰椎後縦靱帯骨化症診療ガイドライン 2011 . 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会/頰椎後縦靱帯骨化症診療ガイドライン策定委員会. 2011年 11月