

Gait Analysis Using Support Vector Machine as a Classification Method for Lumbar Spinal Canal Stenosis

著者	林 寛之
著者別表示	Hayashi Hiroyuki
journal or publication title	博士論文要旨Abstractおよび要約Outline
学位授与番号	13301甲第4288号
学位名	博士（医学）
学位授与年月日	2015-09-28
URL	http://hdl.handle.net/2297/44633

doi: <https://doi.org/10.3928/01477447-20151020-02>



論文の内容要旨

主論文題名 Gait Analysis Using Support Vector Machine as a Classification Method for Lumbar Spinal Canal Stenosis

Orthopedics 2015 年掲載予定

専攻部門 がん医科学系専攻機能再建学
氏名 林 寛之
(主任教員 土屋 弘行 教授)

【背景】MRI やCT の進歩に伴い、脊椎疾患における画像診断技術が格段に向上している現在においても、腰部脊柱管狭窄症 (LSS) の多椎間狭窄における高位診断は困難である。一般的には神経学的所見、画像所見、選択的神経根ブロックなどから総合的に診断するが、より診断精度を高めるため、我々は歩行解析に着目した。これまで LSS に対する歩行解析としては、3 次元動作解析や床反力計を用いた報告が散見するが、そのほとんどは LSS の歩行特性を抽出することに重点をおいた研究で、健常者との鑑別や高位診断に着目した研究は少ない。さらに、これらの方法は高価な機器や広い検査スペースが必要であり、手技も煩雑となる。そのため本研究では、より簡便で安価な方法を確立するために、2 次元動作解析を用いて、LSS、特に多椎間狭窄で多く認める第 4 腰神経根障害と第 5 腰神経根障害の歩行特性を検出することを目的とした。またもう一つの目的として、得られた歩行特性をもとに、近年医療分野におけるクラス分類問題に対して、応用されているサポートベクターマシン (SVM) を用いて、障害神経根高位の鑑別を行なうこととした。

【対象と方法】歩行異常を呈する疾患を有さない健常者 (C 群) 13 例と、LSS により間欠性跛行を呈した患者 33 例を対象とした。LSS 患者は、さらに第 4 腰神経根障害患者 (L4 群) 11 例と第 5 腰神経根障害患者 (L5 群) 22 例に分類した。L4 群と L5 群の分類には神経学的所見、MRI、CT、脊髄造影検査にくわえ、選択的神経根ブロックを用いた。平均年齢は C 群: 40.2 歳、L4 群: 70.2 歳、L5 群: 73.8 歳であった。全被検者は体表のランドマーク 5 カ所 (肩峰、上前腸骨棘、腓骨頭、足関節外果、第 5 中足骨骨頭) に LED マーカーを貼付後、暗室でトレッドミル上を歩行し、その様子を側面よりデジタルカメラで動画撮影した。各マーカー間の関節の動きは波形として描出でき、波形の特徴と角度データを 3 群で比較検討した。また得られたデータのうち各群の特徴となり得る因子を抽出し、SVM のパラメーター (特徴量) として識別した。因子を抽出するための有意差検定には Tukey の方法を用いた ($p < 0.05$)。

【結果】各群の主な特徴として、L4 群においては、波形の形態は C 群と類似していたものの、立脚開始 (接地) 時の膝関節が、他の 2 群に対して伸展している傾向にあった (C 群: 164.5 度、L4 群: 169.6 度、L5 群: 163.4 度)。L5 群においては、足関節の波形に特徴があり、通常足関節で認める 2 峰性パターンの波形が、46% の症例で 1 峰性化していた。また遊脚相における足関節角度の振幅は C 群: 14.9 度、L4 群: 12.9 度、L5 群: 9.3 度であり、C 群に比べて L5 群は有意に小さかった ($p = 0.002$)。以上の結果も含め、各群の特徴となり得る 10 因子を抽出し、SVM で識別した結果、全体の鑑別率は 80.4% であった。各群の鑑別率は、C 群、L4 群、L5 群でそれぞれ 84.6%、72.7%、81.8% であり、L4 群が最も低かった。

【考察】本方法での動作解析は 3 次元動作解析や床反力計など、特殊な機器を必要としない簡便な方法であることが最大の利点である。もちろんトレッドミル歩行は歩行路を用いた場合に比べると非生理学的歩行ではあるが、スペースが必要ないことや、歩速を調整しやすいといった有利な点も報告されている。また C 群の波形データは過去の歩行路を用いた動作解析結果と類似しており、本方法の妥当性を示せたと考える。

L4 群の特徴としては、立脚開始 (接地) 時の膝関節が、他の 2 群に対して伸展していたが、これは膝くずれを防止するための歩行戦略であると考えられる。L5 群においては、足関節波形に特徴があり、特に遊脚相での足関節角度の振幅が小さかったが、これは遊脚終期に通常見られる足関節背屈が十分行えていないことを示唆しており、神経根障害による微細な歩行変化を捉えることができたと考えられる。

本研究の大きな特徴のひとつに、SVM を鑑別に用いた点が挙げられる。SVM とは 1960 年代に初めて報告されたパターン認識手法で、近年医療分野でも応用されており、特に画像の識別に用いられた報告を散見する。本研究では、抽出した特徴を SVM のパラメーターとして、鑑別率を検討したところ、全体では 80.4% と良好であった。しかし、L4 群は 72.7% と低く、より正確な識別のためには L4 群を特定づける因子の検出が必要であると考えられる。腰部脊柱管狭窄症の高位診断を、SVM を併用した歩行解析で行った本方法は有用であり、他の疾患との鑑別にも応用できる汎用性の高い手法と考える。