

論文内容の要旨

はじめに・目的: 高齢者になると、脊椎圧迫骨折や下肢関節障害の影響により、体幹姿勢が変化し、円背などの異常姿勢を呈してくる。共同研究者のIshidaらは、地域高齢者の立位姿勢を写真で評価し、運動機能や歩容との関連性の調査を行ってきた(Ishida K 2004, 2005)。その結果、立位姿勢が正常な群は、円背などの異常な群に比べ歩幅や歩行速度が有意に大きかった。さらに、床反力鉛直成分の2峰性調査した結果、2峰性が消失していた高齢者に簡単な歩行指導を行った結果、即時的に2峰性が回復する者と回復しない者がいた。そこで、高齢者の歩行は、体幹姿勢に加え脊柱可動性と関係性があるのではないかという仮説のもと、今回の研究では、高齢者の体幹姿勢に加え脊柱可動性を客観的(数値化)に評価し、歩行との関係をより詳しく調査すると共に、床反力鉛直成分の2峰性が即時的に回復する歩行指導の検討を行うことを目的とする。

さらに我々は、1985年にFlashとHogan(1985)が報告した、動作の滑らかさを定量化できる躍度最小評価関数(minimum jerk-cost model 以下Cj)を用いれば高齢者の歩行能力変化を鋭敏に評価できると考え、地域高齢者の歩行のCjを評価し脊柱可動性や転倒との関連性を検討した。Cjは一連の身体運動における運動制御の評価尺度として、動作の滑らかさを定量化する評価関数である。しかし、結果は我々の予想と反し臨床的有用性は認められず(脊柱可動域が保たれている高齢者ほど歩行が滑らかでなく転倒歴とも関連なし)、今後の検討課題としてCjを補正して検討する必要性が考えられた。Cjの補正方法として、Kitazawaら(1993)はCjを運動時間と距離により無次元化する補正、Jerk Index(以下JI)を報告した。そこで今回、JIを用いて高齢者の歩行の滑らかさを再検討し、立位姿勢や脊柱可動性、立位バランスや転倒との関連性を検討した。

また、高齢者の脊髄疾患における下肢痙性麻痺の歩行障害の特徴として速い繰り返し運動が障害され、それが休止期間後の運動開始時に著しく認められる。この速い繰り返し運動の障害は、下肢では歩行障害として顕在化するため歩行テストにて客観的に評価され、SinghとCrockardはsimple walking test(以下SWT)にて術後の回復を定量評価している。もう1つの痙性麻痺の特徴である休止期間後の運動開始時の障害は、下肢では歩行開始時の足の出にくさとして訴える症例が多い。この歩行開始時の足の出にくさに関連する報告は、我々が渉猟しえた限りでは、changらの脊髄不全損傷患者の歩き始めの第一歩目のみを評価した報告しかなく、詳細に歩き始めを検討した研究が無かった。そこで今回我々は、歩行開始時の足の出にくさの詳細な分析を行うため、Control群との比較や、圧迫性脊髄症の痙性麻痺評価との関連性を検討した。

さらに、脊髄疾患における下肢痙性麻痺の歩行障害について、SinghとCrockardは30m歩行テスト(simple walking test)にて術後の回復を定量評価し報告している。しかし歩行テストの問題点として、高齢脊髄症例は歩行不能例も多く評価困難であり、また股・膝関節疾患合併例では、歩行障害の原因の判別が困難な例も多い。さらに歩行スペースが必要であり、テストに時間もかかり簡便性に欠ける。よって我々は現在広く臨床で用いられているonoらの手10秒テスト(grip-and release test)に対応する下肢検査法を足10秒テストとして、Foot tapping test(以下FTT)を行っており、FTTとSinghらの30m歩行テストが正の相関性を示すことを報告している。今回は、FTTが手10秒テストに匹敵する臨床的有用性があるかどうかを検討するため、健常群との比較や手10秒テストと比較すると共に、JOAスコア(下肢)との関連性を評価した。

対象・方法: 高齢者の体幹姿勢に加え脊柱可動性を客観的(数値化)に評価し、歩行との関係をより詳しく調査すると共に、床反力鉛直成分の2峰性が即時的に回復する歩行指導の検討を行うことを目的とし、65歳以上の地域高齢者200名を対象とした(平均年齢71±5歳)し、体幹姿勢と脊柱可動性の客観的評価は、Index社製Spinal mouseによって行った。歩行評価は、ニッタ社製Gait scanを用いて、通常歩行および歩幅を意識させた歩幅指導と体幹姿勢を意識させた体幹指導の3条件下における、歩行パラメータを評価した。結果、脊柱の直立角度と後屈角度は、通常歩行パラメータ(歩幅や歩行速度など)と有意な相関性を示

した。床反力鉛直成分の 2 峰性の有無を従属変数とし、通常歩行パラメータを独立変数として多重ロジスティック回帰分析を行った結果、2 峰性の有無に影響を及ぼす変数は歩幅（オッズ比;1.079 倍）、1 歩時間（オッズ比;0.980 倍）が選択された（ $p < 0.001$ ）。直立角度は円背の程度を表しているため、今回の結果から円背を予防し脊柱後屈角度を維持改善すれば、歩幅の増大につながり 2 峰性が維持できることが示唆された。また通常歩行時に床反力鉛直成分の 2 峰性が認められなかった 41 名における歩行指導効果を検討した結果、歩幅指導は 22 名、体幹指導は 23 名に 2 縫性が出現したが、両指導間に有意差は認められず、両指導は同程度の即時効果があった。

また高齢者の歩行変化や歩行特性を滑らかさの視点から JI を用いて鋭敏にとらえ、立位姿勢や脊柱可動性、立位バランスや転倒との関連性を検討するため、対象は歩行補助具を使用せず歩行をしている 65 歳以上の高齢者 110 名（平均年齢 74 ± 6 歳（65-90））とした。歩行は最適・最速歩行を評価した。時間距離因子はアニマ社製ウォーク Way を用いて評価した。また同時に歩行時の滑らかさの評価をマイクロストーン社製小型無線モーションレコーダを用いて行った。JI の算出は、1 歩行周期の加速度データから C_j を計算後、 $JI = C_j \times \text{ストライド時間} / \text{ストライド距離}^2$ の式より求めた。JI は前後（JI-y）、左右（JI-x）、鉛直（JI-z）成分および 3 成分の合成（JI-sum）にて検討した。立位時の脊柱評価は、Index 社製 Spinal mouse を使用し、立位での直立姿勢およびできる限りの前屈・後屈姿勢を行わせ、頭側から尾側に軽装の上から脊柱傍線状をなぞることで、脊柱が矢状面にて垂線となす角度や、胸椎後弯角度、腰椎前弯角度（垂線より後方角度はマイナス表示）を計測した。その他、Functional Reach Test（以下 FRT）や 1 年間の転倒歴を聴取した。結果 JI の 3 成分を合成した JI-sum と各評価との相関性では、最適歩行では、歩行速度（ $r = -0.219$ ）、歩調（ $r = -0.432$ ）、ストライド時間（ $r = 0.461$ ）、遊脚時間（ $r = 0.521$ ）、足角（ $r = 0.515$ ）、外周面積（ $r = 0.225$ ）に有意な相関性が認められ、最速歩行では、歩調（ $r = -0.367$ ）、ストライド時間（ $r = 0.364$ ）、遊脚時間（ $r = 0.416$ ）、ストライド距離（ $r = 0.211$ ）、歩隔（ $r = 0.264$ ）、足角（ $r = 0.374$ ）に有意な相関性が認められた。JI-sum を従属変数とし、JI-sum と相関性が認められたものを独立変数として重回帰分析を行った結果、最適歩行では、遊脚時間、足角、外周面積が選択され、最速歩行では遊脚時間、足角、歩隔が選択された。1 年間の転倒歴の有無による比較では、転倒歴無し 83 名、転倒歴有り 27 名であり、有意差が認められた評価項目は、最速歩行時の歩隔、直立腰椎前弯角、前屈胸椎後弯角、後屈腰椎前弯角であった。有意差が認められた項目を独立変数として多重ロジスティック回帰分析を行って結果、転倒と関連する因子として、最速歩行時の歩隔、直立時の腰椎前弯角、最大前屈時の胸椎後弯角が選択された。

さらに、高齢者の脊髄疾患における下肢痙性麻痺の歩行障害の特徴である、休止期間後の運動開始時の足の出にくさを定量的に評価するため、対象は歩行障害はあるが、少なくとも杖歩行が可能な圧迫性脊髄症患者 49 名（頸髄症 45 名、胸髄症 4 名、平均年齢 62 ± 14 歳）、および Control 群として健常成人 11 名（平均年齢 70 ± 7 歳）と腰部脊柱管狭窄症（以下 LCS）群 10 名（平均年齢 67 ± 17 歳、平均身長 160 ± 10 cm）とした。歩行開始時の足の出にくさの評価は 10 分間椅子に座った後に、最大速度にて 30m 歩行（15m Turn）させ、歩行開始時の初期相 2.64m と 30m 終了直前の最終相 2.64m の歩行評価を、ニッタ社製 Gait scan を用いて行った。評価項目は歩幅、一歩時間、歩行速度とし、歩行の最終相に対する初期相の割合（初期相/最終相 $\times 100$ ）などで検討した。また一般に臨床で行われている圧迫性脊髄症の痙性麻痺評価として、日本整形外科学会頸髄症治療成績判定基準（以下 JOA）の下肢スコア、足 10 秒テストを行った。足 10 秒テストとは、我々が行っている簡便な下肢痙性麻痺評価法であり、先に述べた SWT と相関し、手 10 秒テストに匹敵して胸髄症にも使用でき、Foot tapping test（以下 FTT）と名づけている。結果、最終相に対する初期相の歩幅と歩行速度の割合は、脊髄症群は歩幅が $94.8 \pm 9.9\%$ 、歩行速度が $85.1 \pm 9.4\%$ であり、Control 群の歩幅 $102.0 \pm 6.2\%$ 、歩行速度 $93.8 \pm 6.2\%$ と比べ有意に低値を示した。同じように LSS 群（歩幅： $104.5 \pm 13.3\%$ 、歩行速度 $96.5 \pm 7.3\%$ ）と比べても脊髄症群は有意に低値を示した。さらに、脊髄症群の初期相の 2.64m の歩幅と歩行速度の両方が、JOA 下肢スコアと FTT のタップ数と有意な相関性を示した。

引き続き、脊髄疾患における下肢痙性麻痺評価について、歩行評価に代わる下肢検査法として我々が考案した FTT の有用性を検討するため、対象は圧迫性脊髄症患者 77 名、平均年齢 68 ± 13 歳、及び健常人 56 名、平均年齢 69 ± 7 歳とした。方法は FTT は下肢痙性麻痺の伸筋と屈筋の協調運動機能を評価する目的で行い、股・膝関節が約 90 度屈曲位になる高さの椅子に座り、踵を床に接地した状態で、10 秒間にできるだけ速く足関節を底背屈して床をタッピングするよう指示した。その他、圧迫性脊髄症患者の simple walking test (SWT)、左右の手 10 秒テストと下肢運動機能 JOA スコアを評価した。結果、FTT の左右平均値における

健常群との比較では、脊髄症群は 17.9 ± 5.5 回であり、健常群の平均 23.5 ± 2.5 回と比べ有意に低値を示した ($p < 0.0001$)。FTTの左右差における健常群との比較では、脊髄症群の平均は 3.2 ± 3.5 回であり、健常群の平均 1.5 ± 1.3 回に比べ、有意に高値を示した ($p < 0.05$)。下肢運動機能 JOA スコアに対する FTT と手 10 秒テストの関係では、両者とも有意な正の相関性を示したが、FTT の相関係数は $r = 0.520$ ($p < 0.0001$) であり、手 10 秒テストの $r = 0.473$ ($p < 0.0001$) に比べ高い相関性を認めた。また SWT の歩行時間と歩数ともに、FTT と有意な相関性を示した。

考察：床反力鉛直成分の 2 峰性の維持は、効率の良い歩行が担保されていることを意味し重要である。しかし、特に高齢者の 2 峰性の有無の関連性の因子の検討にて、体幹姿勢に加え脊柱可動性との検討を詳細に行った報告はない。さらに、2 峰性を即時的に回復させる歩行指導の検討も報告されていない。今回の結果から、Kyphosis の予防および脊柱後屈可動域を維持改善することで、歩行能力も維持改善されることが示唆され、さらに歩行指導の即時効果も解り、高齢者における歩行の基礎データになると共に、歩行指導の介入戦略に寄与するものと考えられる。

また、高齢者の歩行の滑らかさを JI を用いて定量的に評価した報告は渉猟した限り認められない。今回 JI を用いて検討した結果、最速歩行にて JI-y, sum が有意に高値を示し、高齢者は最速歩行になると滑らかさが損なわれることが確認できた。また、JI-sum は、遊脚時間、足角、歩隔（最速のみ）、外周面積（最適のみ）に関連性が認められた。また、転倒の有無との関連性では、直接 JI は関連を示さなかったものの、JI と関連を示した歩隔が関連を示した。よって JI は、立位姿勢や脊柱可動性とは関連を示さなかったが、バランス能力や間接的に転倒と関連することが示唆された。以上より、JI は高齢者の歩行能力評価に有用であることが示唆された。

これまで、脊椎脊髄疾患の下肢痙性麻痺患者の歩行特性である、安静後の歩行開始時の歩きにくさを定量的に評価した報告は、我々が渉猟した限り少なかった。今回の結果から、脊髄症群の初期相での速度の低下は、痙性麻痺により歩幅が減少した結果であり、一步時間は痙性麻痺の指標にはなりえないと思われた。よって脊髄症患者の歩きはじめの歩行困難感、歩行初期相での歩幅の減少による速度の低下として捉えることができ、痙性歩行を特徴づける指標になりえると思われる。

さらに、これまで、歩行評価に代わる脊椎脊髄疾患の下肢痙性麻痺の簡便な神経学的検査は認められなかった。今回我々が考えた FTT は、FTT は手 10 秒テストと同程度の感度で脊髄性痙性麻痺を捉えることができ、脊髄運動路障害の左右差も反映すると考えられる。また、下肢運動機能とも相関性が高いことから、痙性麻痺の経時的評価や治療効果の判定法としても有用で、頸髄症のみならず胸髄症にも使用できる利点があると思われる。よって FTT は手 10 秒テストに匹敵する、臨床的有用で簡便な下肢痙性麻痺評価法になり得ると考えられた。