

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：35309

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16473

研究課題名(和文)ノルディック・ウォーキングの運動学的・生理学的解析と健康増進への応用

研究課題名(英文)Kinematic and physiological analysis of Nordic walking and its application to health promotion

研究代表者

吉村 洋輔 (Yoshimura, Yosuke)

川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・准教授

研究者番号：20543052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：通常歩行よりも運動強度の高いとされているノルディック・ウォーキング(以下、NW)に着目し、その運動量を通常歩行と比較した研究を実施した。NW時の運動負荷の違いを明確にし、通常歩行よりも運動効果が高いことを示す事ができた。

NWで用いるストックへの荷重量を計測するため力センサーをストックに挿入した計測杖を作り、ストックへの荷重量を計測しながら身体への負荷や筋活動を計測する事ができた。運動計測に関する計測機器の開発も行えた。

各歩行時の下肢の運動負荷を計測・比較し、NWがより運動効果の高い運動であるため、高齢者や下肢疾患者にも有効な運動となる事を明らかにできた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢者が多い近年、筋力低下などで歩行障がいに苦しむ人は多い。高齢者や歩行障がいを有する方が多い現代においては、歩行の運動やエクササイズは重要なものである。NWは歩行時にストックを使うので下肢への力学的負荷は減る一方、体幹や上肢の運動量は増す。その事によって変形性膝関節症などを患った高齢者や障がい者への運動としてはとても有効なものとなると思われる。よって、本研究は学術的のみならず社会的にも意義がある。

研究成果の概要(英文)：We focused on Nordic walking (NW), which is said to have higher exercise intensity than normal walking, and conducted a study comparing the amount of exercise with normal walking. It was possible to clarify the difference in the exercise load during NW and show that the exercise effect was higher than that of normal walking.

In order to measure the amount of load on the stock used in NW, we made a measuring stick with a force sensor inserted in the stock, and we were able to measure the load on the body and muscle activity while measuring the amount of load on the stock. We were also able to develop a measuring instrument related to motion measurement.

By measuring and comparing the exercise load of the lower limbs during each walk, it was clarified that the NW is an exercise with a higher exercise effect, so it is effective for the elderly and those with lower limb diseases.

研究分野：リハビリテーション工学

キーワード：ノルディックウォーキング 歩行分析 理学療法 床反力 荷重センサー リハビリテーション ウォーキング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、わが国の人口構造は急速に高齢化し、生活習慣病の罹患者も増加している（内閣府、高齢社会白書 2014）。このような中、健康活動寿命の延伸や生活習慣病の予防を目的とした有酸素運動の定期的な実践が推奨されている。動作が単純で費用がかからず、健康・体力づくりに効果のある運動としてウォーキングをする人が増えたのは、日本ばかりでなく世界的な傾向でもある。中でも近年、通常の歩行よりも運動強度を上げるためのウォーキングスタイルとして、多くの人たちが利用始めたものがストックであり、北欧から流行し始めたので、「ノルディック・ウォーク(Nordic Walking:以下,NW)」と呼ばれている(図1)。

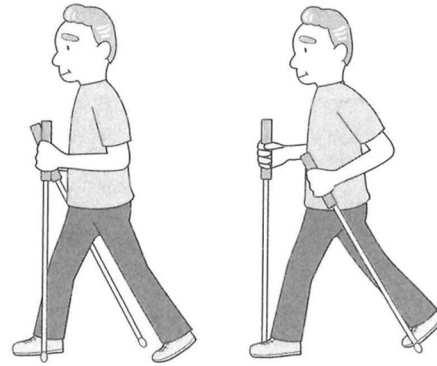


図1 ノルディック・ウォーキング

両手にストックを持ち、背筋を伸ばして正面を見ながら、自然なリズムで足を前へ出すのが基本。下肢の関節への負担は軽減するが、体幹や上肢の筋活動は増加することを認めた。

NWではストックを突くことで通常の歩行に比べて上肢・体幹の筋活動が高まり、運動効果の高い全身運動であることを報告した(吉村 他, 理学療法学 2014)。

リハビリテーション医学や理学療法の臨床場面においてもNWが徐々に活用され始めており、変形性股関節症に対する膝への負担軽減や歩容改善の有効性が認められている。それ以外にも種々の疾患に対する歩行練習としての有効性も期待されるが、その客観的データは少ない。申請者らはこれまでにNWの運動力学的要素の解析を行ってきた。その中で独自で開発・作成した荷重センサーをストックの中に組み込み、ストックに加わる力(床反力)を計測しながら足部に加わる床反力を計測した。また同時に下肢・体幹の筋活動を計測し、通常の歩行と比較することによりNWの有効性を報告してきた。これまで杖を用いた歩行の解析や研究では床反力や筋活動を指標に報告されたレポートも少なくはないが、ストックへの荷重量を定量的に計測しながら身体の諸機能を計測した報告は少ない。

Bechardら(2012)は膝関節への負荷を示す膝関節内反モーメント値とストックへの荷重量との間に負の相関関係を示すと報告している。したがって、ストックへの荷重量が歩行時の運動力学的指標に与える影響は大きいといえる。しかし、ストックへの荷重量を計測した報告はなく、ストックを用いた歩行の解析・研究の場合にはストックに加わる力の計測は絶対必要であると考えているが、そのような報告は少ない状況にあった。

2. 研究の目的

本研究では、NWの運動力学的要素と生理学的要素を明らかにし、NWが地域在住高齢者や歩行困難を有する人の歩行能力をあげる効果的な訓練方法の考案への基礎的検討を行うことを目的とした。

近年のノルディックウォーキング(Nordic Walking:以下,NW)の普及は目覚ましく、その運動効果が広く認められつつある。我々の専門とする分野であるリハビリテーション医学・医療の分野においてもNWが活用されはじめているが、その際の下肢筋活動についての一定の見解は得られておらず、また体幹加速度を用いた歩行円滑性の評価も十分に行われていない状況である。そこで実験1ではNWの動作解析を行いその有効性を確認するため、筋活動と体幹加速度を用いて通常歩行と比較検討し報告した。

実験2では、NWの際の下肢の負担軽減について具体的に言及した報告はない。そこで、下肢の負担軽減効果を明確にする目的で、NW時の床反力値と下肢筋活動を計測し、通常歩行時と比較し報告した。

3. 研究の方法

実験1では本研究の対象者は本研究の趣旨を説明し、参加の同意を得た健常成人男性5名(平均年齢 20.6 ± 0.5 歳、平均身長 171.4 ± 2.6 cm、平均体重 59.4 ± 8.0 kg)とした。なお、本研究は川崎医療福祉大学倫理委員会にて承認を得た後に実施した(承認番号 17-034)。

通常歩行とNWの2条件で10m歩行を実施し、その際の体幹加速度と立脚期筋活動を各条件にて3試行計測した。体幹加速度の測定では3軸加速度計AS-5TG(共和電業社製)を用い、定常状態における1歩行周期の加速度波形を測定し、得られた加速度波形から動揺性を表すRoot Mean Square(以下,RMS)を算出した。筋活動の測定では、表面筋電計(キッセイコム社製テレメトリー筋電計MQ8)を用いて、定常状態である5歩目の右立脚期における筋活動を測定した。測定筋は大腿直筋、大内転筋、大腿筋膜張筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋外側頭とし、この時の筋活動を% Maximal Voluntary Contraction(以下,%MVC)で表した。RMSと%MVCの3試行の平均値を求め比較した。

実験2では、本研究の対象者は本研究の趣旨を説明し、参加の同意を得た健常成人男性10名(平均年齢 20.5 ± 0.5 歳、平均身長 169.4 ± 5.6 cm、平均体重 57.1 ± 7.7 kg)とした。なお、本研究は川崎医療福祉大学倫理委員会にて承認を得た後に実施した(承認番号 17-078)。研究

の実施に当たり、各対象者に事前に本研究の趣旨と目的を文書および口頭にて説明した上で協力を求め、同意書に署名を得た。また、一旦本実験の参加に同意し、実験中においてもそれを撤回できること、協力を拒否しても対象者に何ら不利益が生じない旨も十分に説明した。

動作課題は裸足での通常歩行と NW とし、NW の歩行様式は Defensive style とした。歩行条件として歩幅は快適なものとし、歩調はメトロノーム (SEIKO 社製, DM71) を用いて、20 歳代男性の平均値とされる 110 歩/分に統一した。1 試行あたり 6~7 歩の歩行を実施するように指導し、各動作課題において 3 試行ずつ測定した。ポール (羽立工業株式会社, WH1021) のグリップの高さは直立位でグリップを把持した際に、肘関節が 90 度になる高さに調整した。NW による通常歩行への影響を考慮し、通常歩行、NW の順に計測を実施した。床反力計上で NW を行う際には、ポールが床反力計に直接触れることを防ぐため、自作の台を設置して実施した。本研究における NW の計測は、全日本ノルディックウォーク連盟及び日本ノルディックウォーキング協会公認指導員である筆者の指示のもとで、十分な練習を行った後に実施した。筆者が適切な NW の動作であり、メトロノームのリズムにも合った歩調だと判断した試行のみを採用した。これにより、NW の動作に関して一定の再現性を確保した。

測定に関しては、歩行時の床反力の計測とピーク値の算出には、床反力計 (アニマ社製, MG-1120) を使用した。計測時間は対象者が床反力計上を歩行する時間に応じて設定した。定常状態となる 4 歩目の左立脚期に作用する床反力を計測サンプリング周波数 100Hz にて測定した。測定後、通常歩行と NW の各 3 試行における波形特性値の平均を算出した。なお、波形特性値については、臨床歩行分析研究会の手法に準じてピーク値を算出した。垂直成分では立脚初期のピーク値 (以下、F1)、立脚中期の谷部のピーク値 (以下、F2)、立脚後期のピーク値 (以下、F3)、前後成分では立脚初期のピーク値 (以下、F4)、立脚後期のピーク値 (以下、F5)、左右成分では踵接地直後のピーク値 (以下、F6)、立脚初期のピーク値 (以下、F7)、立脚後期のピーク値 (以下、F8) をそれぞれの体重で除して正規化した。

また、足部への床反力を考える際にポールへの荷重量の計測が不可欠と考えた。ポールへの荷重量の計測には計測用ポルトランスデューサー (ベルテックジャパン社製 PL6) を使用した。ポールをグリップから 10cm 遠位で切断し、ポルトランスデューサーを挟み、接着することで垂直・前後・左右成分のポールへの荷重量を計測できるポールを作製した (図 2)。床反力を計測する 4 歩目の左立脚期と同時に接地する右側のポールへの荷重量を計測サンプリング周波数 1kHz にて測定した。測定後、左下肢の床反力と右ポールへの荷重量の合計値を算出し、NW の合成力と定義した。3 試行における NW の合成力の平均値を算出した。

統計学的解析では Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性の確認を行った後、通常歩行と NW の床反力の比較、通常歩行の床反力と NW の合成力の比較をそれぞれ Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて検討した。統計処理には統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics20 を使用し、有意水準は 5%未満とした。

下肢の筋活動の測定では、表面筋電計 (キッセイコム社製テレメトリー筋電計 MQ8) を用いて、定常状態である 5 歩目の右立脚期における筋活動を測定した。測定筋は大腿直筋、大内転筋、大腿筋膜張筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋外側頭とし、この時の筋活動を % Maximal Voluntary Contraction (以下、%MVC) で表した。RMS と %MVC の 3 試行の平均値を求め比較した。



図 2
計測用ポルトランスデューサーを装着したポール

4. 研究成果

実験1より通常歩行時の下肢筋の活動(%)は大腿直筋 13.8、大内転筋 23.0、大腿筋膜張筋 9.3、大腿二頭筋 10.4、前脛骨筋 10.9、腓腹筋 22.4であった。NWでは大腿直筋 15.1、大内転筋 26.0、大腿筋膜張筋 5.8、大腿二頭筋 11.1、前脛骨筋 9.1、腓腹筋 19.9であった(図3)。

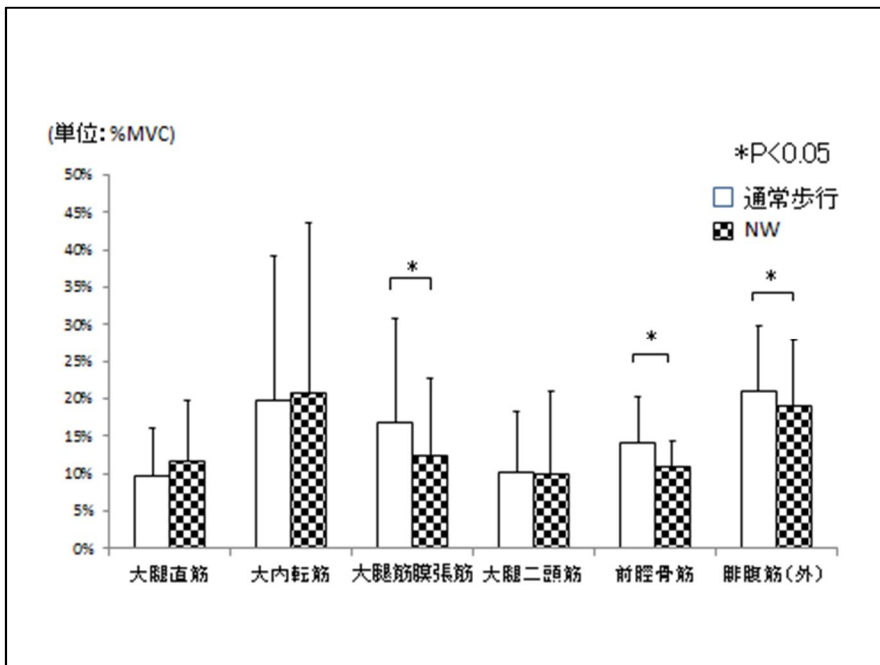


図3：通常歩行時とNW時の各測定筋の筋活動の比較

RMSは通常歩行ではZ方向 2.4 ± 0.4 、X方向 1.6 ± 0.3 、Y方向 2.2 ± 0.3 であり、NWではZ方向 2.7 ± 0.6 、X方向 1.9 ± 0.5 、Y方向 2.1 ± 0.5 でZ方向とX方向に増加の傾向を認めた。

実験2では、通常歩行とNWの床反力、NWの合成力における各波形特性値の平均を示し、通常歩行の床反力に比べてNWの床反力でF2は8.7%体重、F7は0.7%体重有意に減少した。さらにF1は3.5%体重、F8は0.5%体重減少した。一方、F3は4.5%体重、F5は3.1%体重有意に増加した。また、通常歩行の床反力に比べてNWの合成力でF2は5.1%体重有意に減少し、F3は6.0%体重、F5は3.2%体重有意に増加した。下肢筋の筋活動については、通常歩行時の下肢筋の活動(%)は大腿直筋 9.7 ± 6.4 、大内転筋 19.7 ± 9.6 、大腿筋膜張筋 16.8 ± 14.1 、大腿二頭筋 10.3 ± 8.0 、前脛骨筋 14.2 ± 6.1 、腓腹筋 21.1 ± 8.6 であった。それに対してNWでは大腿直筋 11.5 ± 8.2 、大内転筋 20.6 ± 2.9 、大腿筋膜張筋 12.3 ± 10.5 、大腿二頭筋 9.7 ± 11.1 、前脛骨筋 10.8 ± 3.6 、腓腹筋 18.9 ± 9.0 であった(図4)。

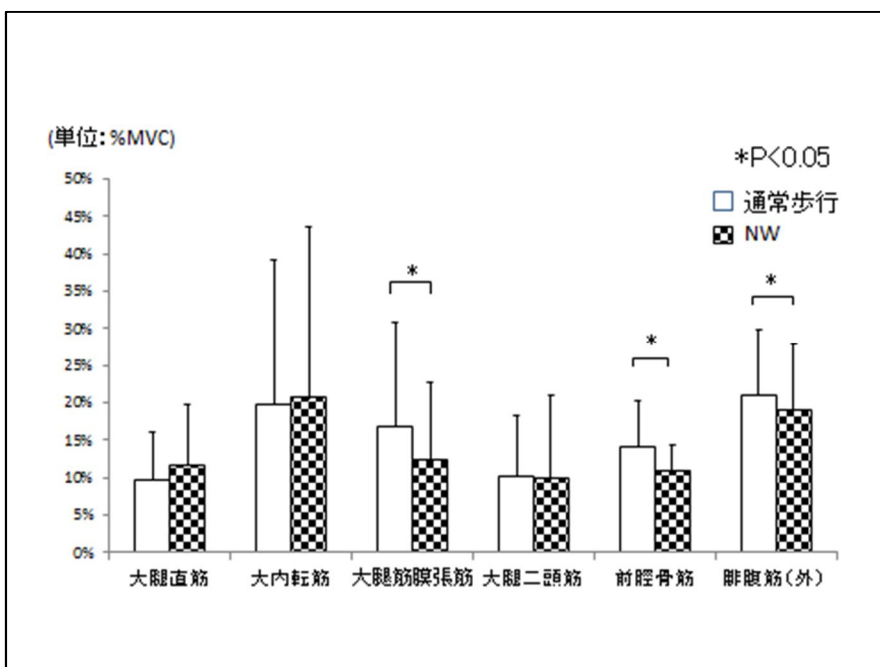


図4：通常歩行時とNW時の各測定筋の筋活動の比較

本研究では、歩行時の床反力と3成分のポールへの荷重量を指標として健常者における通常歩行とNWを定量的に解析し、比較した。その結果、NWではポールへ荷重が分散することで、立脚初期から立脚中期にかけて床反力垂直成分の値が減少した。そのため、NWは下肢に対する負担を軽減する歩行様式といえる。また、NWは立脚期に床反力左右成分の値が減少した。そのため、左右への安定性の向上に対して有効な歩行様式といえる。

したがって、下肢の変形性関節症や関節リウマチ、さらに運動失調症など種々の疾患に対する歩行練習としてNWを実施することは有用であると推測できる。

NW時の下肢の筋活動について、NWでは大腿筋膜腸筋・前脛骨筋の筋活動が、通常歩行に比べて有意に減少した。NWの下肢筋活動に関する先行研究では、下肢の筋活動が減少するという報告がいくつかはあり、本結果もこれらの先行研究を支持するものとなった。大腿筋膜張筋や前脛骨筋の歩行における主な機能は、遊脚後期～立脚前期に最も筋活動が高まり、踵接地時の衝撃を吸収することだと言われている。一方NWでは、立脚初期にポールへ力が分散し、床反力は通常歩行よりも小さい値を示すと我々が以前に報告させていただいた。したがって、NWではポールへ力が分散することで下肢筋群の負担が軽減し、大腿筋膜腸筋・前脛骨筋の筋活動の低下につながったと考えられる。

次に腓腹筋外側頭については、NWで腓腹筋の筋活動が有意に減少した。通常歩行における腓腹筋の役割は、立脚後期に強く活動し下肢を遊脚相に移行させることだと言われている。本結果をふまえると、立脚後期に腓腹筋を中心とした筋活動が原動力となり床反力を生じさせ、重心を前・上方へ加速させている。一方、先の報告によると、NWでは立脚後期に通常歩行よりも床反力垂直・前後成分で大きい値を示し、ポールには推進機能があると報告した。つまりNWは筋活動とポールへの荷重量を原動力に床反力を生じさせることで、重心を通常歩行より加速させていると言える。まとめると、NWの立脚後期にはポールを突くことで下肢への負担を軽減させる免荷機能と、重心を加速させる推進機能を兼ね備えていることを示唆する結果となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 吉村洋輔	4. 巻 7
2. 論文標題 理学療法学会におけるノルディックウォーキングへの注目の広がり	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ノルディック・ウォーキング ジャーナル	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 吉村洋輔, 小野晃路, 伊勢眞樹	4. 巻 3
2. 論文標題 ノルディックウォークの下肢の負担軽減効果	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ノルディック・ウォーキング ジャーナル	6. 最初と最後の頁 5-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 吉村洋輔, 小野晃路, 大坂裕, 伊藤智崇, 伊勢眞樹
2. 発表標題 ノルディックウォーキングの歩行スタイルの違いによる運動負荷の比較
3. 学会等名 第52回日本理学療法学会（千葉）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yosuke Yoshimura, Koji Ono, Hiroshi Osaka, Tomotaka Ito, Masaki Ise
2. 発表標題 Effects of nordic walking on muscle activity and oxygen intake during walking.
3. 学会等名 World Confederation for Physical Therapy CONGRESS 2017(South Africa) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉村洋輔, 小野晃路, 伊藤智崇, 伊勢真樹
2. 発表標題 ノルディックウォーキングの運動力学的解析～筋活動と体幹加速度による検討～
3. 学会等名 第51回日本理学療法学会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----