

## 運動器疾患に対するノルディックウォーキングの可能性

## —より安全で効果的な実施方法を求めて—

## BASIC AND CLINICAL RESEARCH OF NORDIC WALKING

○ 地神裕史 (東京工科大学) 佐藤成登志 (新潟医療福祉大)

本間大介 (新潟医福大) 遠藤直人 (新潟大学大学院)

Hirofumi JIGAMI, Tokyo University of Technology

Naritoshi SATO, Niigata University of Health and Welfare

Daisuke HONMA, Niigata University of Health and Welfare

Naoto ENDO, Niigata University

**Abstract:** In recent years, Nordic walking (NW) has become popular worldwide as a form of exercise. However, a safe and effective NW technique has not been established for patients with arthralgia. We assessed different NW methods for achieving appropriate muscle activity and trunk inclination during NW; further, we performed an intervention study using NW for patients with osteoarthritis of the hip joint. Our findings revealed that the most effective way to increase the muscle activity of lower limb and trunk was to push the Nordic poles vertically using 10–15% of the body weight. Moreover, NW was found to be effective for patients with osteoarthritis of the hip joint in terms of walking endurance (6-min walking test), and an acceptable score for bodily pain, based on Health Related Quality of Life Questionnaire (SF36) sub-item scores, was reported by these patients.

**Key Words:** Nordic Walking, Osteoarthritis, Hip Joint

## 1. 健常者に対する基礎的な研究

## 1-1 ポールへの荷重量の違いが筋活動に与える影響

## 【背景】

ノルディックウォーキング(以下: NW)は、クロスカントリースキーの夏場の体力維持と筋力強化を目的に行われていた。先行研究は、NW と通常歩行(以下: OW)を比較した上下肢・体幹の筋活動に関する報告が多数されている。しかし NW 専用ポールを地面に突く際の強さ(以下: NW 荷重量)を規定して解析している報告は無く、これらの違いにより NW 時の筋活動には大きなばらつきが生じると考えた。

## 【目的】

NW 荷重量の違いが筋活動に与える影響を明確にし、OW や先行研究と比較検討することを目的とした。

## 【方法】

1) 対象者はインフォームドコンセントの得られた健常成人男性 10 名 (年齢 21.1±0.3 歳) とした。  
2) 使用機器は NW 専用ポール (株式会社キザキ社製)、NW 専用荷重練習機器 (竹井機器工業株式会社製)、筋電計 (Power Lab : ADInstruments 社製)、計測ソフトウェア (LabChart, ver.7.0 : ADInstruments 社製)、表面電極 (Ambu 社製、ブルーセンサー Ag/AgCl)、メトロノーム (SEIKO

社製) を用いた。なお、NW 専用荷重練習機器は NW 専用ポール内に歪ゲージを内蔵させ、設定した上限・下限の荷重値の範囲内で荷重できている場合にブザー音が鳴る機器を竹井機器工業株式会社に依頼して製作した。

3) 課題動作は通常歩行とポールへの荷重量を各被験者の体重の 5%、10%、20%に規定した NW を実施した際の上肢、下肢、体幹の筋活動を計測した。(以下、体重の 5%、10%、20%に規定した NW を各々 5%NW、10%NW、20%NW とする。) すべての計測終了後に最大随意等尺性収縮 (MVC) を測定した。

4) 表面電極貼付は双極法で行い、電極間距離を 1.0 cm とした。電極貼付位置はすべて右側とし、上腕三頭筋、脊柱起立筋 (Th12)、腹直筋、外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭、1 歩行周期を判断するため踵骨部の 8 箇所貼付した。計測条件は裸足で 5m 歩行を行い、歩調はメトロノームを用いて 114 歩/分に規定した。また、歩幅は各被験者の通常歩行時の歩幅で統一した。

5) NW 動作は全日本ノルディックウォーク連盟が定める Japanese style という NW 歩行様式とし、計測前に十分に練習を行った後計測した。

6) 統計学的解析は筋活動は各相の筋積分値 (IEMG) を求め、1 秒間の MVC 時の IEMG に対する割合 (%IEMG) を算

出した。なお、上腕三頭筋、脊柱起立筋 (Th12)、腹直筋は1歩行周期における左立脚相の%IEMGを、外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭は右立脚相の%IEMGを算出した。統計処理は統計解析ソフト SPSS を使用し、各筋の5%NW、10%NW、20%NW実施時の群間の比較をKruskal-Wallis検定を行った。また、通常歩行を含めた4課題における2条件間の比較はWilcoxon符号付順位和検定を行った。有意水準は5%未満を有意とした。

### 【結果】

上肢・体幹の筋活動は、NW荷重量の増加に伴い、NW5、NW10、NW20と有意な増加( $p<0.05$ )を示した。下肢の筋活動は、大腿二頭筋と前脛骨筋のNW20においてNW5、NW10と比較して有意な増加を示した。

### 【考察】

本研究の結果では上肢・体幹の筋活動は、NW5、NW10、NW20の順に有意な増加を示した。上肢の筋活動に関する先行研究ではNW中の上腕三頭筋の活動が著しく高いことを報告しており、本研究は先行研究を支持するものとなった。さらに体幹に関しては、4点杖を突く強さ(以下:杖荷重量)の増加に伴い、杖側肩甲帯において杖を介して床からの反作用(以下:床反力)として挙上しようとする力が働くと考察している先行研究がある。本研究においても先行研究における杖荷重量と同様にNW荷重量の増加に伴い、ポールへの床反力が増加すると、肩甲帯挙上・体幹側屈が促されることが推察される。しかし、今回はNW中に体幹伸展位で側屈を行わないような歩行様式を指導したため、脊柱の安定性に関与する胸部傍脊柱筋(Th12)が体幹の伸展位保持と側屈防止に作用し、これと協働して腹直筋の活動増加が促されたと考える。また、前述した4点杖の先行研究では、体重の15%、20%の杖荷重時に体幹筋の動員を報告しており、本研究のNW20でも同様に体幹筋の動員が促されたと考える。これらに加え、下肢に関して、大腿二頭筋と前脛骨筋のNW20は、NW5、NW10と比較して有意な増加を示した。これはNW20では時間をかけて強力に床を押さなければならず、その結果ポールを突く際に地面に対して垂直方向よりもやや前方に押し始める必要があり、その結果ポールがブレーキとなり、前脛骨筋の遠心性収縮を生じさせたと考える。このようにNW20は非常に強度な荷重量であり、NWにおいては他の荷重量とは筋の活動状況が異なる歩行様式になるために、

実用的なNWとは言えないことが示唆された。

本研究のNW荷重量に関して、NW10、NW20においてOWと比較して有意な体幹の筋活動の増加を示したことから、体幹筋に効果的であると示唆される。さらに、杖荷重量が体重の10%では膝関節に加わる負荷量を減少させることが報告されており、NWにおける荷重量は体重の10~15%に規定することで、より安全で効果的なNWが可能となることが示唆された。

1-2 歩幅と歩行率を変化させた通常歩行とノルディックウォーキング時の体幹動揺の比較—3軸ジャイロセンサーを用いた検討—

### 【背景】

NWは2本のポールで体重をさせながら歩行するため、理論的にはバランスの向上や体幹の動揺を抑えた歩行が可能である。そのため、変形性股関節症(以下、変股症)患者や失調症患者のように歩行中に体幹が左右に動揺してしまう患者の歩行練習に効果的である可能性が示唆されるが、その有用性に関する研究は少ない。歩容を客観的に評価するには、歩行中の体幹側屈角度を評価することが有用であり、3次元動作解析装置を用いて様々な研究が行われている。しかしこれらの機器は測定条件が限られるため簡便には計測できない。一方、小型加速度計は測定場所を制限されないため、近年臨床現場などで歩容を客観的に評価する機器として使用され始めている。この小型加速度計を用いて体幹側屈角度を評価することができれば様々な疾患や条件を変えた歩行を評価する上で非常に有用な手段となる。

### 【目的】

NWが体幹側屈角度に与える影響を小型加速度計を用いて明らかにすることを本研究の目的とした。

### 【方法】

対象者は健康成人9名(すべて男性、年齢 $21.1\pm 0.3$ )とし、歩行率(67歩/m・112歩/m・143歩/m)・歩幅を小・中・大(それぞれ身長28%・42%・55%)の3種類とし、これらを組み合わせた9種類の歩行を、通常歩行とNWで2回ずつ行った。NWを行う際は、歩容・ポール長・地面にポールを突く強さ(体重の10%)を統一した状態で行った。歩行の体幹側屈角を計測するために小型加速度計を用い、第1胸椎棘突起と第4・5腰椎棘突起間に貼付し、2つの加速度計

のなす角度を体幹側屈角度とした。

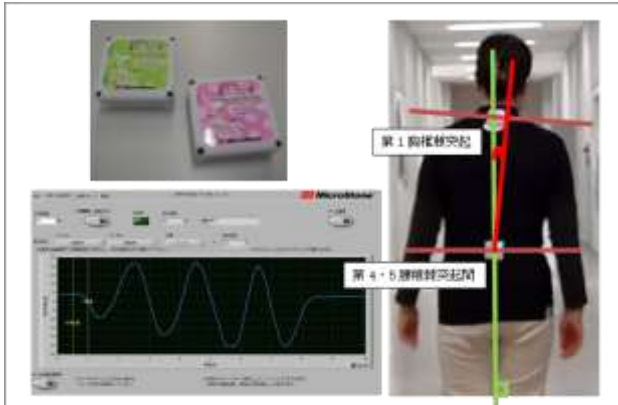


図1 本研究で使用した機器と体幹側屈の計測方法

### 【結果】

図2に通常歩行とNWの体幹側屈角度の結果を示す。歩幅と歩行率を組み合わせた9条件の内、①歩幅が普通で歩行率が遅い条件、②歩幅が普通で歩行率も普通の条件、③歩幅が普通で歩行率が速い条件、④歩幅が広く歩行率が速い条件、の4条件で通常歩行とNW時の体幹側屈に有意差が認められた ( $p<0.05$ )。

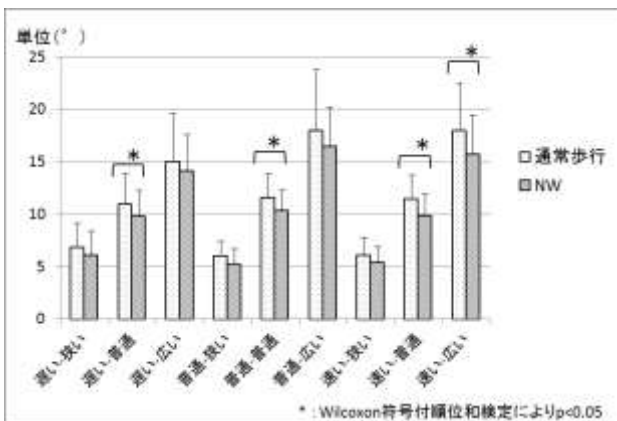


図2 通常歩行とNWにおける体幹側屈角度の比較

### 【考察】

今回、歩幅の増加に伴い体幹側屈角度は有意に増加することが明らかとなった。その要因として、歩幅を大きくしようとする際には遊脚側の骨盤の挙上と回旋により下肢の振り出しを補助することが考えられる。一般的には通常歩行時には遊脚側の骨盤が5°下制するといわれているが、どのような対象に対してどのような歩行条件で計測した結果なのかは明記されていない。そのため、いわゆる健常人における正常歩行においても体幹側屈角度の一般的なデータというのはあまり報告されていない。そのため、今回の結果は体幹の側屈角度の一般的なデータとして有用

なデータであると考え。また、今回研究に使用した3軸ジャイロセンサーは計測環境をあまり制限されず、比較的安価に購入できることから病院や施設のみならず、様々な現場で使用可能なツールであると考え。この機器を用いた体幹側屈の計測方法は級内相関係数 ICC(1,1)で0.928とかなり再現性の高い手法であることが確認された。そのため、本研究のように、健常人における歩幅や歩行率を変化させた際のわずかな体幹の関節運動の変化も評価できることから、今後は様々な分野に応用できる方法であると考え。

一方、本研究ではこのような計測方法により、NWが体幹の側屈に与える影響も併せて検証を行った。その結果、NWは通常歩行よりも体幹の側屈角度を軽減させる効果があることが明らかになった。この結果は今回、体幹側屈に影響を与えることが予想される歩幅や歩行率を細かく規定した様々な条件で検証を行ったので信頼性のある結果であると考え。ノルディックウォーキングのインストラクターを養成している団体の指導員養成教本にはNWの効果として歩行中の姿勢の改善が期待できる、と記載されているがこの現象を客観的に示しているデータは無い。今回の結果は、体幹の側屈にのみ着目した研究ではあるが、このような現象を裏付ける結果になると考える。

## 2. 変形性股関節症患者に対する研究

### 2-1 2本のポールを使用したノルディックウォーキングが変形性股関節症患者の体幹動揺に与える影響

#### 【背景・目的】

変形性股関節症（以下、変股症）患者の歩容の特徴としてトレンデレンブルグ跛行に代表される体幹の動揺が挙げられる。このような跛行は中殿筋の筋力低下によるものが大きい、長期間の逃避性の跛行が運動学習されたことにより、筋力が回復しても改善しにくいことが報告されている。逆に言えば筋力の改善が得られなくとも、正常歩行が痛みなく再学習できれば歩容の改善につながる可能性があり、このような現象は臨床的に数多く経験する。近年、本邦でも愛好者が急増しているノルディックウォーキング（以下、NW）は、2本のポールを交互に突く歩行形態で、歩行時の痛みの軽減や姿勢の改善が期待される歩行運動であるが、その医学的な効果の検証が十分でない。よって今回、変股症患者にNWを実施し、その際

の体幹の動揺を検証することを目的に本研究を行った。

#### 【方法】

対象は新潟市近郊に在住の女性変股症患者 18 名 (61.1±7.4 歳) とした。全対象者に通常歩行と 2 本のポールを交互に突く NW を各二回実施し、その際の歩行速度と体幹動揺 (側屈角度) を算出した。歩行距離は合計 40 歩分とし、定常歩行となった中間の 20 歩分の区間を解析対象とした。体幹動揺は 3 軸ジャイロ (加速度) センサー (MVP-RF8: MicroStone 社製) を 2 個使用した。センサーを各々 C7 と L5 に装着し、2 個のセンサーの前額面上での相対角から左右方向の角度変化を求めた。今回は 1 歩行周期中の体幹の左右の振れ幅表現するために、左右の角度変化の絶対値の和を体幹側屈角度とした。

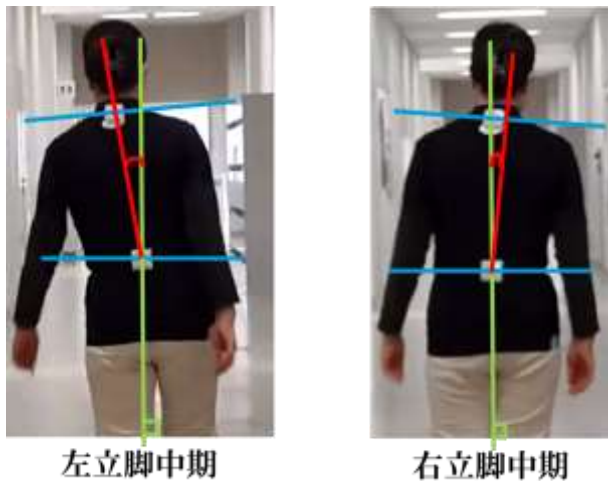


図 3 体幹側屈角度

なお、全ての対象者は NW の経験がなく、測定前に全日本ノルディックウォーク連盟が推奨している Japanese Style という方法に準じて指導を行い、十分練習を行った後計測を開始した。統計学的解析は SPSS を使用し、有意水準は 5% とした。

#### 【説明と同意】

対象者には口頭と書面にて研究内容を説明し署名にて同意を得た。本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を得て行った。

#### 【結果】

対象者の歩行速度は普通歩行時は 75.4±15.1m/min、NW 時は 68.8±14.0m/min で、この時の体幹側屈角度は各々 8.64±2.09 度 (5.52~11.74 度)、7.85±1.89 度 (5.51~13.17 度) であった。NW 時は普通歩行時よりも歩行速度、体幹側屈角度とも有意に減少したが、速度と側屈角度には相関

関係は認められなかった ( $p < 0.05$ )。

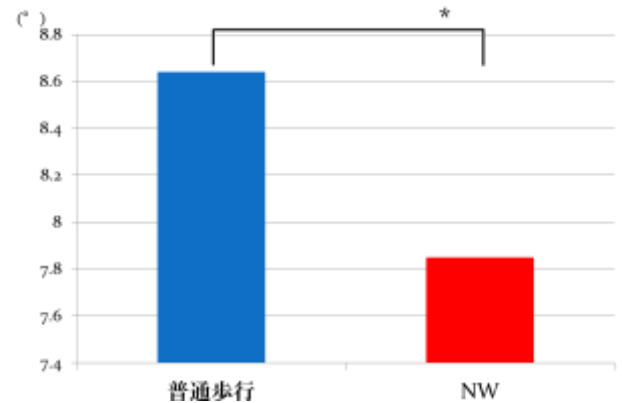


図 4 普通歩行時と NW の体幹側屈角度

#### 【考察】

今回、3 軸加速度センサーを 2 個使用して、2 種類の歩行時の体幹の側屈角度を算出した。その結果、NW は変股症患者の体幹の動揺を軽減する効果があることが明らかとなった。NW は近年本邦においても急激に愛好者が増えているスポーツで、杖を突くことでの免荷効果や酸素摂取量の増大、姿勢の改善効果などが期待されるためにリハビリテーションの分野でも取り入れられつつある。今回、NW の経験が無い変股症患者でも適切な方法に則って NW を行うことで即時的に体幹の動揺を軽減させる効果が明らかになった。このような方法で縦断的に歩行練習を行えば、正常歩行に近い歩行形態での歩行練習が可能である。加えて杖を突くことでの免荷効果も得られるので、変股症患者にとって通常の歩行練習よりも歩行能力の改善に直結した運動療法であると考えられる。

また、近年、簡便で比較的安価に購入できる加速度センサーを用いた歩行解析は臨床現場でも広く行われるようになったが、今回実施したような方法で体幹の側屈角度を算出している報告は少ない。今回の対象者の中には主観的に体幹動揺が大きい者とそうでない者がいたが、測定結果は検者の主観的な印象と非常にマッチしていたことから、今回の計測方法が臨床的な現象をある程度表現できていると考える。よって主観に頼らざるを得なかった歩容の評価を客観的に行うことができる簡便なツールとしてこのような機器が有用であることが示唆された。今後さらに計測方法を確立すべく、様々な対象者のデータを検証していく必要がある。