

## 2種類のノルディックウォーキングによる生理的応答の比較

長谷川太一<sup>1)</sup>, 藤田英二<sup>1)</sup>, 竹田正樹<sup>2)</sup>, 竹島伸生<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学体育学部, スポーツ生命科学系,

<sup>2)</sup>同志社大学スポーツ健康科学部

キーワード: ノルディックウォーキング, ダイアゴナルスタイル, ディフェンシブスタイル, 生理的応答

### 【要旨】

本研究の目的は、ノルディックウォーキング(NW)に慣れた若年男性者 15 名を対象に大型トレッドミルを用いて歩行速度と傾斜角度を変えた Diagonal style (DIA) と Defensive style (DEF) という 2 種類の NW を行なわせ、筋電図(表面筋電図)、酸素摂取量、エネルギー消費量やポーリング力などの指標を用いて、両歩行様式の生理的・力学的相違を検討することであった。対応のある 3 元配置分散分析の結果から、僧帽筋、三角筋、広背筋、上腕三頭筋、大腿二頭筋、腓腹筋において主効果(歩行様式)が認められた。広背筋、上腕三頭筋、脊柱起立筋、大腿直筋、前脛骨筋において主効果(速度)が認められた。上腕三頭筋と腓腹筋において主効果(傾斜角度)が認められた。しかし、交互作用はいずれも認められなかった。筋活動水準は DIA が三角筋、広背筋、上腕三頭筋、腓腹筋で高く、DEF が僧帽筋と大腿二頭筋で高かった。ポーリング力は、主効果(歩行様式)、(速度)および(傾斜角度)、および交互作用(様式×速度)が認められたが、DIA が DEF より高かった。しかし、エネルギー消費量は、主効果(速度)、主効果(傾斜角度)と交互作用(歩行様式×速度)で有意であったが、主効果(歩行様式)および交互作用(歩行様式×速度)、(歩行様式×傾斜角度)と(歩行様式×速度×傾斜角度)が有意でなかった。今回の結果から両歩行様式では上肢と下肢の筋活動に若干の差異が認められたが運動中のエネルギー消費量に差異が認められなかった。そのため、いずれの運動もエアロビクス運動として同様の効果が得られるものとみられた。本測定ではいずれの指標ともに変動係数(CV)が極めて大きく、歩き方において個人差が大きいことが示され、対象者や、速度や傾斜角度など条件を変えて歩行様式の違いをさらに検討する必要があると考えられる。

スポーツパフォーマンス研究, 8, 398-410, 2016 年, 受付日: 2016 年 4 月 29 日, 受理日: 2016 年 10 月 31 日

責任著者: 竹島伸生 鹿屋市白水町1番地 鹿屋体育大学 takeshima@nifs-k.ac.jp

\*\*\*\*\*

## Differences in physiological responses in two kinds of Nordic walking

Taichi Hasegawa<sup>1)</sup>, Eiji Fujita<sup>1)</sup>, Masaki Takeda<sup>2)</sup>, Nobuo Takeshima<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> Doshisha University

Key words: Nordic walking, diagonal style, defensive style, physiological responses

**[Abstract]**

The present study examined differences in the physiological responses of muscle activity, oxygen intake, energy consumption, and poling force during two kinds of Nordic walking: a diagonal (DIA) style and a defensive style (DEF). The participants were 15 young males whose responses were measured while they were walking on a large treadmill. The results of a repeated measures ANOVA showed that a significant main effect (walking style) was found in the trapezius, deltoid, latissimus dorsi, triceps brachii, biceps femoris, and tibialis anterior muscles. Higher muscle activity was noted in the deltoid, latissimus dorsi, and triceps brachii muscles in the participants in the diagonal style group, and in the trapezius and biceps femoris, and tibialis anterior muscles in the defensive style group. An interaction (walking style × walk speed) was found in the thigh triceps muscle, which suggested that muscle activity increased along with the increase in walking speed. No significant differences were found in physiological responses in any other muscle groups between the diagonal style and the defensive style. A main effect (walking style) was also observed in poling force; it was higher in the diagonal style group than in the defensive style group. No significant differences in energy expenditure were observed between the diagonal style and defensive style groups. In the present study, individual variation was found to be high; the coefficient of variation (CV) was very large, which may have influenced the observed variation in muscle activity. However, it can be concluded that no large differences were noted in the measured variables between the diagonal style and defensive style groups, as the noted differences in the variables were not very large, suggesting that either style could be used as an aerobic exercise for health promotion in young males.

## I. 研究の背景と目的

近年、健康づくりのためのエアロビックウォーキングの様式の一つとして、両手にポールを持ち、歩行するノルディックウォーキング (Nordic walking: NW) が普及している。本来 NW は、クロスカントリースキー競技の夏季トレーニング方法として考案されたものであり、アスリートが行うものであった。この NW の歩行様式は、踏み込んだ足と対側の手に持ったポールを身体後方に向けて斜めに突く方法である。このために Diagonal style (DIA) とも呼ばれている(動画 1)。

これまでに DIA は、ポールを用いない一般歩行 (Ordinarily walk: OW) と同じ歩行速度や傾斜条件下で運動した際に、上肢の筋活動水準が高いこと (Je-Myng et al., 2013; Sugiyama et al., 2013)、下肢の筋活動水準が低くなること (Je-Myng et al., 2013)、酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) およびエネルギー消費量が高かった (Sugiyama et al., 2013) といった生理的応答の特徴が示されている。さらに、健常であるが運動習慣の無かった高齢者に対して NW を 12 週間に亘って行わせたと、上肢および下肢の筋力、全身持久性、そして上肢および下肢の柔軟性が改善したという結果から、NW はエアロビック (有酸素性) 運動のみならず、レジスタンス運動の双方の効果を得られ、複合運動様式として有効であると指摘されている (仙石ほか, 2012; Takeshima et al., 2013)。また、DIA は同一条件での OW と比べ、膝関節に働く圧縮力や剪断力といった力学的負荷が低下し (Koizumi, et al., 2011)、さらに歩幅を狭くした場合にはより負荷を低減できるとの報告もあり (小泉ほか, 2008)、これらの点からも高齢者や虚弱者への適切な運動として推奨できる。

一方、本邦では DIA と異なり、踏み込んだ足と対側の手に持ったポールを身体前方で突く Defensive style (DEF) と呼ばれる歩き方が普及している(動画 2)。これは、身体前方でポールを突くことにより支持基底面積が広くなることからより安定した歩行が可能と仮定するなどの見方があり、主に高齢者や虚弱者に対する運動方法として提案され、こうした歩行を推奨する団体も設立されている。しかし、下肢筋群以外の上肢、および体幹筋群の筋活動を DIA と DEF の両歩行様式で比較した研究はない。本間ほか (2012) によれば、下肢の筋活動量を調べたところ、DEF の方が OW や DIA に比べて大腿二頭筋、中殿筋、腓腹筋などの筋活動が有意に低かったという。このことから下肢の疾患を有する人へは DEF を推奨するとしている。最近の研究 (Pellegrini et al., からは、普通歩行と NW で斜度を変えた場合に生理的強度の相違が平地と異なることを指摘しており、2種類の NW の歩き方による相違についても比較する必要があるが、その検討はこれまでにはなされていない。

そこで、本研究では、NW に慣れた若年者を対象に、2 種類 (DIA と DEF) の歩行様式における、上下肢や体幹筋群の筋電図、酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )、心拍数 (HR)、エネルギー消費量などの生理的指標と、力学的指標であるポーリング力を調べ、これらの両歩行様式における相違を明らかにすることとした。

## II. 方法

### 1. 対象者

NW に慣れており、かつトレッドミルでの DIA と DEF 歩行が可能な同志社大学および京都産業大学体育会スキー部 (クロスカントリー選手等) に所属する健常な大学生男性 15 名 (年齢:  $19.5 \pm 0.6$  歳, 身長:  $168.0 \pm 5.5$  cm, 体重:  $64.6 \pm 7.6$  kg, 最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2max}$ :  $61.5 \pm 5.5$  ml/min/kg, 最

大心拍数 (HRmax):  $198.0 \pm 4.1$  bpm)を対象とした。なお、被験者の $\dot{V}O_2\text{max}$ , HRmax の測定は、本研究の直前におこなわれた D 大学スキー部での測定結果によるものである。 $\dot{V}O_2\text{max}$  の測定は、本実験と同じ大型トレッドミルを用いて 3 分毎にトレッドミルのスピードおよび角度を漸増させる多段階漸増運動負荷法(竹田ほか, 1997)により、オールアウトまで至らせながら測定した。歩行様式は DIA とした。運動中は呼気ガスを Oxycon Pro (Jaeger 社製)により連続測定し、Heart Rate Monitor S810i (Polar 社製)により心拍数を 1 分毎に、Lactate Pro (Arkray 社製)により血中乳酸濃度を 3 分毎に測定した。実験に先立ち、各被検者に実験の方法、実験に伴う傷害の危険性、被検者の権利について十分に説明し、研究協力の同意を得た。なお、本研究は同志社大学研究倫理委員会「人を対象とする研究」の承認を得て行われた(申請番号 14083)。

## 2. 測定の手順

多目的大型トレッドミル(2035 型, Force Link 社製)を用いて 2 種類の NW を行った。NW は、DIA および DEF 様式を用いた。歩行速度は、いずれも 4 km/h および 6 km/h として、傾斜を-5%, 0%, 5%の順で実施した。各条件での運動時間は 180 秒間とし、4 km/h での-5%から開始し、0%, 5%, 6 km/h での-5%, 0%, 5%の順で連続して行わせた。各運動課題の試行間には疲労の影響を除くため、十分な休息を設けた。運動中の生理的指標として酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )、心拍数(HR)および筋電図(Electromyography: EMG)を測定した。また、力学的指標として右手ポールのロードセルからノルディックポールに掛かる圧縮力(ポーリング力)を計測した。

### (1) 筋電図(Electromyography: EMG)

EMG は、Pellegrini et al. (2015)による普通歩行と比較した NW の筋活動水準の研究(上半身 7 筋と下半身 5 筋の計 12 筋群)を参考にしたが、本研究ではチャンネル数の不足により、中殿筋を除き、右肢の上肢筋群(僧帽筋, 三角筋後部, 広背筋, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋), 下肢筋群(大腿直筋, 大腿二頭筋長頭, 腓腹筋内側頭, 前脛骨筋), および体幹筋群(腹直筋, 脊柱起立筋)の計 11 筋を対象とした。

そして、各筋の等尺性最大随意性収縮(maximal voluntary contraction: MVC)施行時、および DIA と DEF 様式による NW 中の筋活動を多チャンネルテレメータシステム(web-7000, 日本光電工業社製)を用いて記録した。EMG の計測は双極誘導により行い、電極には帯域幅 30~500Hz のアンプ内蔵型コードレステレメータ電極(ZB-150H, 日本光電社製)を用いた。本電極は、横 2 mm, 縦 9 mm の Ag/AgCl 電極素子を電極間距離 10mm で備え、重さは僅か 10g であるため、装着の違和感もなく、無拘束で EMG 測定が可能である。電極貼付にあたり、必要であれば剃毛を行い、皮膚をサンドペーパーで擦り、アルコール綿で洗浄した後、下野(2004)による電極貼付位置を参考に、対象筋のそれぞれの筋腹部へ専用両面テープを用いて貼付した。

対象各筋の MVC 施行時の EMG は、ヒスロップ・モンゴメリ(2003)の徒手筋力検査法の肢位に則って、徒手抵抗により最大筋力を発揮してもらい記録した。MVC 試行の測定にあたり、被検者には検者の合図によって力発揮を開始し、3~4 秒かけて MVC に達するように徐々に力発揮の水準を高め、MVC に達した後は、その状態を約 2 秒間維持するように指示した。十分な練習の後、測定は試行間に 3 分以

上の休息を設けて 2 回行った。

### (2) 酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )

$\dot{V}O_2$  は、自動呼気ガス分析器 (Oxycon Pro, Jaeger 社製) を用いて、Breath-By-Breath 法により安静時から運動課題終了時まで連続的に測定した。

### (3) ポーリング力

NW 中のポーリング力は 6 成分計測用ポールトランスデューサ (BERTEC PL6P-2, ベルテックジャパン社製) をノルディックポールに装着し、ポールの長軸方向に加わる力を測定した。なお、ポールは長さ調整が可能なポールを用い、International Nordic Walking Federation (INWA) が推奨している被検者の身長 (m)  $\times$  0.68 として被検者毎に長さを設定した。

### (4) 3軸式加速度活動量計による消費カロリーの測定

3 軸式加速度活動量計 (メディウォーク, テルモ社製) を用い NW 中の消費カロリーを測定した。なお、本活動量計は市販の機器が 2 分間での最頻値をデータとして保存するようになっているが、本機器では実験を前提に 4 秒毎の取り込みデータをそのまま保存する形式に改良 (テルモ社の協力) した。3 軸式加速度活動量計の装着部位は腰部とした。

## 3. 分析方法

### (1) 筋電図 (EMG) の分析

各運動課題測定開始 60 秒から 120 秒の間で連続した 10 歩行周期を解析した。1 歩行周期は、右足接地から次の右足接地までと定義した。なお、右足接地のタイミングは、右足踵部に貼り付けたフットセンサー (DL-111, S&ME 社製) を用い、アナログ出力ボックス (DL-720, S & ME 社製) と 16bit A / 6D 変換器 (power-Lab / 16s, AD instruments 社製) を介して、サンプリング周波数 1KHz でパーソナルコンピュータに取り込んで分析した。DIA および DEF の各様式における筋電図振幅値の大きさには視覚的に差がみられるものの、活動パターンなどに顕著な相違がみられなかったことから、本研究での EMG の分析は、量的要素としての筋活動の強さのみを比較した。筋活動の強さ (筋活動水準) は、MVC (Maximum Voluntary Contraction) 施行時の RMS (root mean square) 値を最大随意収縮中の筋活動が安定した 1 秒間の値で求め、2 試行のうちの大きかった方の値を採用し、各筋の運動課題中の RMS 値を MVC 施行時の RMS 値で正規化 (%EMGmax) し、データとした。

### (2) 酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) とエネルギー消費量

各運動課題で運動課題時間開始 90 秒から 150 秒までの 60 秒間を解析した。各運動課題でのエネルギー消費量は、1 L の酸素摂取量を 5 kcal のエネルギー消費と仮定して求めた。また、3 軸式加速度活動量計によるエネルギー消費量の算出は、USB インタフェースを介してテルモ社の自動取り込みソフト (スマイルデータビジョンパーソナル 2) を用いて行った。

### (3) ポーリング力

各運動課題で運動課題時間開始 60 秒から 120 秒の間で連続した 10 周期を解析した。ポーリング力は右手側のみ測定した。ポーリングの周期は、右手ポールの接地から離地までのポールを突いて加重している区間とし、これを1周期と定義した。ポーリング力の積分値を算出した後に1周期の時間で除し、1周期での平均値を算出した。全ての結果は10周期の平均値とした。ポーリング力は、16 bit の A/D コンバーター (PowerLab, AD Instrument 社製) を用いてデータをデジタル変換し、サンプリング周波数 1kHz でコンピュータに記録した。

## 4. 統計処理

測定値は、平均値 ± 標準偏差で表した。筋電図、 $\dot{V}O_2$  およびポーリング力のそれぞれで運動様式 (DIA と DEF)、歩行速度 (4 km/h と 6 km/h の速度) と傾斜条件 (-5%, 0% と 5%) の対応のある 3 元配置分散分析を行った。統計的有意水準は、 $P < 0.05$  とした。また、標準偏差を平均値で除して変動係数 (CV) を求めた。なお、統計処理ソフト (IBM SPSS Statistics22, IBM 社製) を用いた。

## III. 事例提示と考察

本研究は、大型トレッドミルを用いて DIA と DEF を用いた NW のスタイルの違いが生理的応答に及ぼす影響を検討したものであった。本実験の相対的運動強度は、DIA が 4 km/h と 6 km/h で 19~27%, 28~40%, DEF が 4 km/h と 6 km/h で 19~27%, 27~40%  $\dot{V}O_{2max}$  となり、HR が 90~130 bpm の範囲で、いずれも低から中程度の運動強度であった。表 1 に DIA と DEF によるノルディックウォーキング中の上肢、体幹、および下肢の筋活動水準の比較についての結果を示した。対応のある 3 元配置分散分析の結果から、僧帽筋、三角筋、広背筋、上腕三頭筋、大腿二頭筋、腓腹筋において主効果 (歩行様式) が認められた。広背筋、上腕三頭筋、脊柱起立筋、大腿直筋、前脛骨筋において主効果 (速度) が認められた。上腕三頭筋と腓腹筋において主効果 (傾斜角度) が認められた。しかし、交互作用はいずれも認められなかった。筋活動水準は DIA が三角筋、広背筋、上腕三頭筋、腓腹筋で高く、DEF が僧帽筋と大腿二頭筋で高かった。Je-Myng et al. (2013) は OW と DIA による NW での筋活動水準を比較し、DIA は OW に比べ上腕三頭筋および広背筋の筋活動水準が有意に高かったとしている。これまでに DIA と DEF の筋活動水準を比較した先行研究は見あたらない。本研究結果からは、運動様式に有意差がみられ、筋活動水準は上肢で僧帽筋を除き DIA が高く、下肢で DEF が高かった。しかし、CV が極めて大きく、両者の歩行様式の相違を本結果から結論づけるには、さらなる検討が必要であると思われる。

表 1. 2種類 (Diagonal style と Defensive style) のノルディックウォーキング中の筋活動水準の比較—速度 (歩行速度 4 km/h, 6 km/h) と傾斜角度 (-5%, 0% および +5%) を変えた条件下  
(巻末に添付)

表2には、DIA と DEF によるノルディックウォーキング中のポーリング力の比較についての結果を示した。ポーリング力は、主効果 (歩行様式)、(速度) および (傾斜角度)、および交互作用 (様式 × 速度) が認められたが、DIA が DEF より高かった。DIA の基本動作は、[動画 1](#) にみられるようにポールは前足と

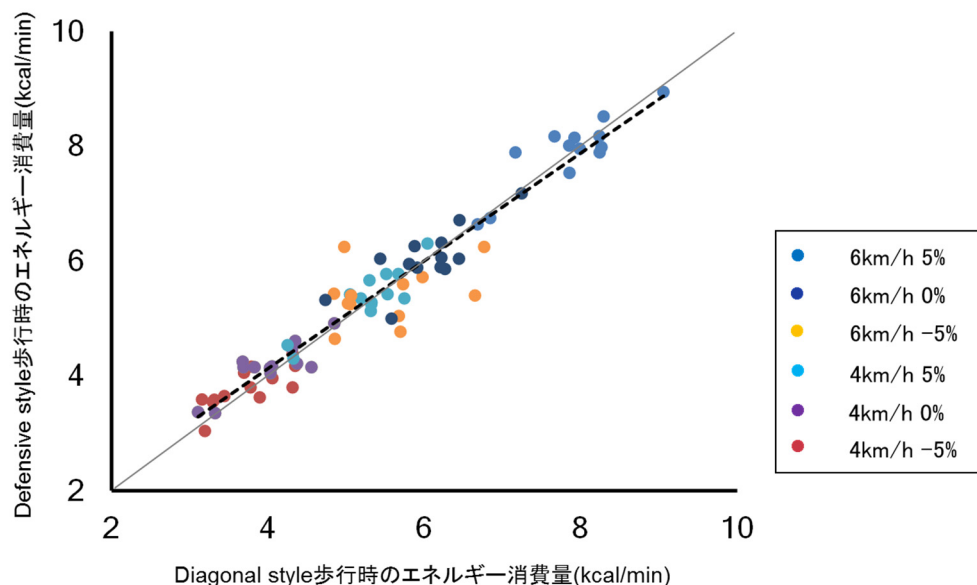
後ろ足の間道に突き、ポールを身体後方(骨盤より後ろまで)まで強く押し切り、そのポールを歩行動作と同調させて前方へ持ってくるという腕の大きな振り(スイング)が求められ、肩、腕の大きい動作が必要となる。一方、[動画 2](#) に示すように DEF の基本動作は、腕を前にほぼ伸ばした状態で、身体前方に、地面に対してほぼ 90 度になるようにポールを突き、ポール角の 90 度をほぼ保ったまま、足の動きに合わせて腕を曲げながら引いてくる方法である。腕を身体後方から前方に振り出す DIA に比べて、DEF は後方に大きくポールを動かす動作が不要であるために腕のスイングが小さいという特徴がみられる。実験結果では、僧帽筋では DEF の方が DIA よりも筋活動が高値であり、ポールを持ち上げる動作を要するという見方ができる。一方、三角筋と広背筋では DIA の方が DEF より筋活動水準が高く、DIA ではポールを後方へ押す動作によって筋活動水準が高まることが考えられる。動作の詳細な比較は、動作解析などをおこない、上肢や腕の振り上げや振り幅を客観的に分析する必要があるが、DIA と DEF による歩き方の違いによって両者の肩関節および肘関節の伸展度合いに差異が生じており、歩行時のポールの使い方の運動学的な差異といえるかもしれない。

表 2. 2種類(Diagonal style と Defensive style)のノルディックウォーキング中のポーリング力の比較—速度(歩行速度 4 km/h, 6 km/h)と傾斜角度(-5%, 0%および+5%)を変えた条件下  
(巻末に添付)

次に、DIA と DEF によるノルディックウォーキング中の上肢、体幹、および下肢のエネルギー消費量の比較結果を表3に示した。エネルギー消費量は、主効果(速度)、主効果(傾斜角度)と交互作用(歩行様式×速度)で有意であったが、主効果(歩行様式)および交互作用(歩行様式×速度)、(歩行様式×傾斜角度)と(歩行様式×速度×傾斜角度)が有意でなかった。また、両歩行様式でのすべての条件でのエネルギー消費量を図1に示した。DIA と DEF におけるエネルギー消費量の間には正の相関( $r=0.97$ ,  $P<0.05$ )が認められた。今回、下肢筋群の筋活動発揮水準は大腿二頭筋と腓腹筋において DEF が高かった。一方、上肢筋群の筋活動発揮水準は僧帽筋、三角筋、広背筋、上腕三頭筋において DIA が高かった。しかしながらそれらの筋活動の相違は全エネルギー消費量に差異を生じさせるものではなかった。このことから、DIA、DEF の両歩行様式においては、ポールの使い方によって各筋の活動水準に若干の相違が生ずるが、エアロビック運動としては同じ効果が期待できるものと考えられる。

表 3. 2種類(Diagonal style と Defensive style)のノルディックウォーキング中のエネルギー消費量の比較—速度(歩行速度 4 km/h, 6 km/h)と傾斜角度(-5%, 0%および+5%)を変えた条件下  
(巻末に添付)





図中点線: 2変数間の回帰直線; 実線: identical line

図 1. 酸素摂取量から求めた DIA および DEF 歩行中のエネルギー消費量

今回の実験では、NW に慣れており、かつトレッドミル上で DIA と DEF での歩行が可能な被検者を対象に生理的応答と力学的応答を検証した。対象者が若く比較的体力の高い競技者であり、酸素摂取量の結果から負荷は低から中等度であると考えられた。しかし、今回採用した 5%前後の傾斜角度や歩行速度が 4km/h と 6km/h では上腕三頭筋を除き、交互作用(歩行様式×速度、および歩行様式×傾斜角度)が認められなかった。しかし、運動強度に差が出るように条件を厳しくすれば、両歩行様式で差が生ずる可能性がある。

また、今回の結果から DIA と DEF の歩行様式での生理的応答で筋活動水準やポーリング力に若干の相違が示されたが、既述のように CV が極めて大きい特徴があった。サンプル数も少ないために今回の実験室内で得られた結果がそのまま一般フィールドで適用できるものかなどについても今後さらに検討を重ねることが望まれる。

#### IV. まとめ

本研究は、運動に慣れた若年者を対象にトレッドミルを用いて 2 種類の NW を行わせて生理的応答の相違を比較することを目的とした。その結果、筋活動水準は DIA が三角筋、広背筋、上腕三頭筋、腓腹筋が高く、DEF が僧帽筋と大腿二頭筋が高かった。ポーリング力は、DIA が高かったが、エネルギー消費量には有意差が認められなかった。本実験では、いずれの指標においても CV が極めて大きく個人差が認められた。以上から、両歩行様式ではポールの使い方によって上肢と下肢の筋活動において差異が認められたが、エネルギー消費量に相違がなく、いずれの運動もエアロビクス運動としては同様の効果が得られるものとみられた。



## 謝辞

本研究に際しまして多大なご協力をいただきました対象者の皆様に心より感謝申し上げます。また、本研究は公益法人ミズノスポーツ振興財団の助成をいただき、行われたものであり、心より御礼申し上げます。

## 引用文献

- American College of Sports Medicine. (1998) The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 30: 975-991.
- ヒスロップ・モンゴメリ:津山直一訳. (2003) 新・徒手筋力検査法 第7版, 協同医書出版社. pp 37-254.
- Je-Myng S, Hae-Yeon K, Ha-roo K, Bo-in K, Ju-Hyeon J. (2013) Comparison of the effects of the walking with and without Nordic pole on upper extremity muscle activation. *J Phys Ther Sci*, 25: 1553-1556.
- Pellegrini B, Peyré-Tartaruga LA, Zoppirolli C, Bortolan L, Bacchi E, Figard-Fabre H, Schena F. (2015) Exploring muscle activation during Nordic walking: A comparison between conventional and uphill walking. *PloS One*. 10(9): e01388906.
- Sugiyama K, Kawamura M, Tomita H, Katamoto S. (2013) Oxygen uptake, heart rate, perceived exertion, and integrated electromyogram of the lower and upper extremities during level and Nordic walking on a treadmill. *J Phys Anth*, 32: 2.
- 仙石直子, 小泉大亮, 竹島伸生. (2012) 機能的体力を指標とした高齢者に対するノルデックウォーキングの介入効果について. *体育学研究*, 57: 449-454.
- Takeshima N, Islam MM, Rogers ME, Rogers NL, Sengoku N, Koizumi D, Kitabayashi Y, Imai A, Naruse A. (2013) Effects of Nordic walking compared to conventional walking and band-based resistance exercise on fitness in older adults. *J Sports Sci Med*, 12: 422-430.
- 小泉孝之, 辻内伸好, 藤倉僚平, 竹田正樹. (2008) ノルディックウォーキングの関節負荷特性の評価. *日本機械学会ジョイントシンポジウム論文集*, 331-334.
- 本間大介, 地神裕史, 佐藤成登志. (2012) ノルディックウォーキングにおける歩行様式の違いによる筋活動の検討. *新潟医療福祉学会誌*, 12: 28.
- 下野俊哉. (2004) 表面筋電図マニュアルー基礎編ー, 初版, 酒井医療, pp82-114.
- Koizumi T, Tsujuchi N, Takeda M, Fujikura R, Kojima T. (2011) Load dynamics of Joints in Nordic walking. *Procedia Engineering*, 13: 544-551.
- 竹田正樹, 倉敷千穂, 繁本清美. (1997) クロスカントリースキー選手における夏期トレーニングが最大酸素摂取量に及ぼす影響(I). *同志社保健体育*, 35: 101-113.

表1. 2種類(Diagonal style と Defensive style)のノルディックウォーキング中の筋活動水準の比較  
速度(歩行速度 4 km/h, 6 km/h)と傾斜角度(-5%, 0%および+5%)を変えた条件下

(上肢)

筋群	速度 (km/h)	傾斜角度 (%)	DIA	DEF	主効果 (歩行様式)	主効果 (速度)	主効果 (傾斜角度)	交互作用 (歩行様式 ×速度)	交互作用 (歩行様式 ×傾斜角度)	交互作用 (速度 ×傾斜角度)	交互作用 (歩行様式 ×速度 ×傾斜角度)
僧帽筋 (%EMG, %)	4km	-5%	6.3 ± 4.2 (66.7)	9.5 ± 10.2 (107.4)	F=4.789 (P=0.030)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	7.3 ± 7.9 (108.2)	10.6 ± 11.0 (103.8)							
	4km	+5%	7.4 ± 7.3 (98.6)	8.9 ± 8.9 (100.)							
	6km	-5%	8.3 ± 7.9 (95.1)	11.6 ± 16.1 (138.8)							
	6km	0%	6.4 ± 4.7 (73.4)	10.9 ± 13.3 (122.0)							
	6km	+5%	5.7 ± 4.7 (82.4)	8.9 ± 7.5 (83.4)							
	総合		6.9 ± 6.0 (87.0)	10.1 ± 11.2 (110.9)							
三角筋 (%EMG, %)	4km	-5%	13.0 ± 8.9 (68.5)	6.2 ± 8.8 (141.9)	F=6.401 (P=0.012)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	13.5 ± 10.0 (74.1)	9.3 ± 6.8 (73.1)							
	4km	+5%	12.6 ± 8.2 (65.1)	9.9 ± 7.0 (70.7)							
	6km	-5%	14.8 ± 9.1 (61.5)	10.7 ± 8.5 (79.4)							
	6km	0%	13.7 ± 9.2 (67.2)	12.2 ± 10.1 (82.8)							
	6km	+5%	12.6 ± 8.2 (65.1)	13.3 ± 11.3 (85.0)							
	総合		14.3 ± 9.6 (67.1)	10.9 ± 8.4 (77.1)							
広背筋 (%EMG, %)	4km	-5%	8.0 ± 4.0 (50.0)	6.0 ± 3.0 (50.0)	F=14.349 (P<0.001)	F=9.301 (P=0.003)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	8.0 ± 3.9 (48.8)	6.2 ± 3.4 (54.8)							
	4km	+5%	8.3 ± 3.8 (45.8)	5.9 ± 3.1 (52.5)							
	6km	-5%	9.8 ± 4.6 (46.9)	7.2 ± 4.5 (62.5)							
	6km	0%	9.5 ± 3.7 (38.9)	7.7 ± 4.5 (58.4)							
	6km	+5%	11.8 ± 5.1 (43.2)	8.1 ± 4.8 (59.3)							
	総合		9.2 ± 4.3 (46.7)	6.9 ± 3.9 (56.5)							
上腕二頭筋 (%EMG, %)	4km	-5%	2.9 ± 1.2 (41.4)	2.9 ± 1.4 (48.3)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	2.9 ± 1.2 (44.1)	3.1 ± 1.3 (41.9)							
	4km	+5%	3.0 ± 1.0 (33.3)	3.0 ± 1.4 (46.7)							
	6km	-5%	2.9 ± 1.2 (41.4)	3.2 ± 1.3 (40.6)							
	6km	0%	2.9 ± 1.2 (41.4)	3.3 ± 1.4 (42.4)							
	6km	+5%	3.0 ± 1.0 (33.3)	3.6 ± 1.5 (41.7)							
	総合		3.0 ± 1.0 (33.3)	3.6 ± 1.5 (41.7)							

		総合	2.9 ± 1.1 (37.9)	3.2 ± 1.4 (43.8)					
上腕三頭筋 (%EMG, %)	4km	-5%	6.3 ± 4.2 (66.7)	9.5 ± 10.2 (107.4)					
	4km	0%	7.3 ± 7.9 (108.2)	10.6 ± 11.0 (103.8)					
	4km	+5%	7.4 ± 7.3 (98.6)	8.9 ± 8.9 (100.0)					
	6km	-5%	8.3 ± 7.9 (95.2)	11.6 ± 16.1 (138.8)					
	6km	0%	6.4 ± 4.7 (73.4)	10.9 ± 13.3 (122.0)					
	6km	+5%	5.7 ± 4.7 (82.5)	8.9 ± 7.5 (84.3)					
	総合		8.4 ± 5.1 (60.7)	4.3 ± 2.9 (67.4)					
					F=44.609 (P<0.001)	F=14.852 (P<0.001)	F=4.202 (P=0.017)	n. s.	n. s.

(体幹)

筋群	速度 (km/h)	傾斜角度 (%)	DIA	DEF	主効果 (歩行様式)	主効果 (速度)	主効果 (傾斜角度)	交互作用(歩行様式 ×速度)	交互作用(歩行 様式 ×傾斜角度)	交互作用 (速度 ×傾斜角度)	交互作用 (歩行様式 ×速度 ×傾斜角度)
腰直筋 (%EMG, %)	4km	-5%	6.3 ± 6.4 (101.6)	7.1 ± 7.5 (105.6)							
	4km	0%	7.5 ± 9.2 (122.7)	7.1 ± 7.6 (107.0)							
	4km	+5%	7.5 ± 9.3 (124.0)	7.8 ± 9.0 (115.3)							
	6km	-5%	10.1 ± 16.0 (158.4)	6.5 ± 6.8 (104.6)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	6km	0%	10.3 ± 16.8 (163.1)	6.5 ± 6.7 (103.1)							
	6km	+5%	8.7 ± 11.1 (127.6)	7.4 ± 8.1 (109.5)							
	総合		8.4 ± 11.8 (140.5)	7.1 ± 7.4 (104.2)							
脊柱起立筋 (%EMG, %)	4km	-5%	8.3 ± 3.3 (39.8)	10.1 ± 3.6 (35.6)							
	4km	0%	9.4 ± 6.0 (63.8)	9.9 ± 3.4 (34.3)							
	4km	+5%	9.4 ± 6.0 (63.8)	10.8 ± 3.3 (30.6)							
	6km	-5%	14.8 ± 13.0 (87.8)	13.7 ± 5.6 (40.9)	n. s.	F=18.020 (P<0.001)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	6km	0%	15.1 ± 13.9 (92.1)	13.5 ± 6.4 (47.4)							
	6km	+5%	14.5 ± 8.8 (80.7)	15.3 ± 5.7 (37.3)							
	総合		11.9 ± 9.5 (79.8)	12.2 ± 5.1 (41.8)							

(下肢)

筋群	速度 (km/h)	斜度 (%)	DIA	DEF	主効果 (歩行様式)	主効果 (速度)	主効果 (傾斜角度)	交互作用 (歩行様式 ×速度)	交互作用 (歩行様式 ×傾斜角度)	交互作用 (速度 ×傾斜角度)	交互作用 (歩行様式 ×速度 ×傾斜角度)
大腿直筋 (%EMG, %)	4km	-5%	6.9 ± 3.2 (46.4)	6.9 ± 3.0 (43.5)	n. s.	F=10.098 (P=0.002)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	7.1 ± 4.2 (59.2)	6.7 ± 3.0 (44.8)							
	4km	+5%	7.2 ± 3.9 (54.2)	7.0 ± 2.8 (40.0)							
	6km	-5%	8.5 ± 3.5 (41.2)	8.9 ± 3.8 (42.7)							
	6km	0%	7.9 ± 3.3 (41.8)	8.6 ± 3.6 (41.9)							
	6km	+5%	10.4 ± 7.6 (73.1)	9.0 ± 3.7 (41.1)							
総合		8.0 ± 4.6 (57.5)	7.8 ± 3.4 (43.6)								
大腿二頭筋 (%EMG, %)	4km	-5%	12.2 ± 9.2 (75.4)	15.2 ± 14.3 (94.1)	F=5.507 (P=0.020)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	11.3 ± 7.2 (63.7)	16.5 ± 12.5 (75.8)							
	4km	+5%	11.7 ± 6.6 (56.4)	18.4 ± 15.5 (84.2)							
	6km	-5%	14.1 ± 8.2 (58.2)	18.4 ± 16.4 (89.1)							
	6km	0%	15.2 ± 7.7 (50.7)	17.7 ± 11.7 (66.1)							
	6km	+5%	18.1 ± 10.7 (59.1)	22.5 ± 16.9 (75.1)							
総合		13.8 ± 8.5 (61.6)	18.1 ± 14.4 (79.6)								
腓腹筋 (%EMG, %)	4km	-5%	6.3 ± 6.4 (101.6)	7.1 ± 7.5 (105.6)	F=11.051 (P=0.001)	n. s.	F=11.322 (P<0.001)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	7.5 ± 9.2 (122.7)	7.1 ± 7.6 (107.0)							
	4km	+5%	7.5 ± 9.3 (124.0)	7.8 ± 9.0 (115.4)							
	6km	-5%	10.1 ± 16.0 (158.4)	7.4 ± 8.1 (109.5)							
	6km	0%	10.3 ± 16.8 (163.1)	6.5 ± 6.7 (103.1)							
	6km	+5%	8.7 ± 11.1 (127.6)	8.1 ± 4.8 (59.3)							
総合		8.4 ± 11.8 (140.5)	7.1 ± 7.4 (104.2)								
前脛骨筋 (%EMG, %)	4km	-5%	15.0 ± 6.9 (46.0)	16.1 ± 7.6 (47.2)	F=27.646 (P<0.001)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	4km	0%	13.8 ± 3.9 (28.3)	15.6 ± 8.2 (52.6)							
	4km	+5%	14.7 ± 4.7 (32.0)	16.6 ± 7.7 (46.4)							
	6km	-5%	20.3 ± 7.6 (37.4)	22.0 ± 9.2 (41.8)							
	6km	0%	19.2 ± 7.2 (37.5)	22.3 ± 9.1 (40.8)							
	6km	+5%	21.0 ± 8.0 (38.1)	23.9 ± 9.6 (40.2)							
総合		17.4 ± 6.9 (34.5)	19.4 ± 9.0 (46.4)								

平均値±標準偏差 (変動係数, %); n.s.:有意性なし

表2. 2種類(Diagonal style と Defensive style)のノルディックウォーキング中のポーリング力の比較

—速度(歩行速度 4 km/h, 6 km/h)と傾斜角度(-5%, 0%および+5%)を変えた条件下—

速度 (km/h)	傾斜角度 (%)	DIA	DEF	主効果			交互作用			
				(歩行様式)	(速度)	(傾斜角度)	(歩行様式 ×速度)	(歩行様式 ×傾斜角度)	(速度 ×傾斜角度)	(歩行様式 ×速度 ×傾斜角度)
ポーリング力 (N)	-5%	15.2 ± 7.9 (52.0)	13.9 ± 4.1 (29.5)							
	0%	16.5 ± 7.8 (47.3)	15.5 ± 5.3 (34.2)							
	+5%	19.8 ± 7.6 (38.4)	16.0 ± 5.2 (32.5)							
	6km	19.0 ± 7.9 (41.6)	13.0 ± 4.3 (33.1)	F=20.043 (P<0.001)	F=4.169 (P=0.043)	F=5.789 (P=0.004)	F=5.491 (P=0.020)	n. s.	n. s.	n. s.
	6km	16.5 ± 7.8 (47.3)	14.3 ± 5.7 (39.9)							
	6km	19.8 ± 7.6 (38.4)	17.1 ± 8.2 (48.0)							
	総合		19.3 ± 7.3 (37.8)	15.0 ± 5.6 (37.3)						

平均値±標準偏差 (変動係数, %); n.s.:有意性なし

表3. 2種類(Diagonal style と Defensive style)のノルディックウォーキング中のエネルギー消費量の比較

—速度(歩行速度 4 km/h, 6 km/h)と傾斜角度(-5%, 0%および+5%)を変えた条件下—

速度 (km/h)	傾斜角度 (%)	DIA	DEF	主効果			交互作用			
				(歩行様式)	(速度)	(傾斜角度)	(歩行様式 ×速度)	(歩行様式 ×傾斜角度)	(速度 ×傾斜角度)	(歩行様式 ×速度 ×傾斜角度)
エネルギー消費量 (kcal/min)	-5%	3.7 ± 0.4 (10.8)	3.8 ± 0.4 (10.5)							
	0%	4.0 ± 0.5 (12.5)	4.2 ± 0.4 (9.5)							
	+5%	5.3 ± 0.5 (9.4)	5.4 ± 0.5 (9.3)							
	6km	5.5 ± 0.7 (12.7)	6.0 ± 0.5 (8.3)	n. s.	F= 545.766 (P<0.001)	F= 168.288 (P<0.001)	n. s.	n. s.	F=6.644 (P=0.002)	n. s.
	6km	6.0 ± 0.6 (10.0)	6.0 ± 0.5 (8.3)							
	6km	7.8 ± 0.6 (7.7)	7.9 ± 0.6 (7.6)							
	総合		5.4 ± 1.5 (27.8)	5.4 ± 1.4 (25.9)						

平均値±標準偏差 (変動係数, %); n.s.:有意性なし