

滋賀県立大学国際教育センター研究紀要抜刷  
2007年12月発行 第12号

ISSN 1342-6818

ストックを用いたウォーキングがメタボリックシンドローム  
危険因子に及ぼす影響

**Effects of Walking with Poles Metabolic Syndrome Risk Factors**

寄本 明 坂手誠治 分木ひとみ 夏原善治 布施治美

Akira YORIMOTO, Seiji SAKATE, Hitomi BUNKI,  
Yoshiharu NATSUHARA, and Harumi FUSE

Reprinted from

*Academic Reports  
of  
The University Center for Intercultural Education,  
The University of Shiga Prefecture*

Hikone, JAPAN

December 2007, No. 12

# ストックを用いたウォーキングがメタボリックシンドローム 危険因子に及ぼす影響

## Effects of Walking with Poles Metabolic Syndrome Risk Factors

寄本 明 坂手誠治<sup>1,2)</sup> 分木ひとみ<sup>1,3)</sup> 夏原善治<sup>4)</sup> 布施治美<sup>5)</sup>

Akira YORIMOTO, Seiji SAKATE, Hitomi BUNKI,  
Yoshiharu NATSUHARA, and Harumi FUSE

### Abstract

A study was conducted to investigate the effects of walking with poles on metabolic syndrome risk factors in middle-aged persons.

The subjects were divided into two groups: a stock-walking (SW) group of 10 persons [5 males and 5 females; mean age (SD), 55.4 (12.2) years] who walked with poles while using the pole in a cross-country skiing-type motion, and a normal-walking (NW) group of 13 persons [8 males and 5 females; mean age (SD), 57.3 (10.1) years] who walked without poles. The subjects participated in a 6-month walking program (more than 50% aerobic capacity, longer than 30 minutes walk, more than 3 days a week). Their height, weight, distribution of body fat, BMI, waist circumference, blood pressure, total cholesterol (TC), HDL-cholesterol (HDL-C), arteriosclerotic index (AI), triglyceride (TG), fasting blood sugar (FBS), HbA1c, bone structure and density (speed of sound, SOS; bone area ratio, BAR) were measured at the beginning of the program, and after 3 and 6 months.

In the SW group, after 3 and 6 months, TC, TG, and AI decreased, while BAR increased significantly. These changes were greater in the SW group than in the NW group. These results suggest that walking with poles can reduce metabolic syndrome risk factors.

---

1)滋賀県立大学大学院人間文化学研究科博士後期課程、2)函館短期大学、3)藍野大学医療保健学部、4)東近江市保険年金課、5)東近江市健康推進課

## 緒 言

内臓脂肪の蓄積が基盤となる高脂血症、高血圧症、耐糖性異常もしくは糖尿病から構成されるメタボリックシンドロームが定義され<sup>7)</sup>、その健康へのリスクが注目されている。このメタボリックシンドロームの概念を取り入れ、生活習慣病の発症数を低下（医療費の削減）さすため、平成20年より40歳以上の国民の特定健康診査の義務化とその後の運動指導および食事指導による特定保健指導が始まる。

この様に我が国における高齢化の進展や疾病構造の変化に伴い、健康増進の重要性が増大しており、健康づくりや疾病予防を積極的に推進するための環境整備が要請されている。特に、身体活動や運動の健康に対する効果についての知識は広く普及しつつあるものの、運動を実際に実行している者の割合は少ない現状にあり、多くの人が無理なく日常生活の中で運動を実施し、身体活動量を増加する方法の提供や環境をつくることが求められる。その中で生活習慣病やメタボリックシンドローム予防には、身近な運動としてウォーキングが勧められる。Vuori<sup>14)</sup>は、ウォーキングは身体的、精神的、また、社会的健康のために最も適切で、非常に効果のある運動であり、私たちの情報化と機械化に依存した生活の中で、余暇、移動手段、趣味、仕事、家事としてウォーキングを推進することは重要であると述べている。さらに、スキーのストックなどを使用するストックウォーキングはフィンランドでは、高齢者に人気があり、ストック利用により安全で効果的な運動として推奨している。このストックウォーキングはポールまたはストックを利用して歩くウォーキングスタイルであり、ノルディックウォーキングあるいはポールウォーキングとも呼ばれ、近年、北欧から世界各国へ急速に普及している。

ノルディックウォーキングはポールを持つことによって、腕、胸、肩などの運動が加わるため、普通のウォーキングに比べると高い運動効

果が期待できる<sup>11,12)</sup>。さらに、支持点を増やした安定したウォーキングを行えることから、特に高齢者に対する健康づくりに適した運動形態であるとしている<sup>13)</sup>。中川<sup>10)</sup>は10週間のストックウォーキングにより健康関連体力および糖・脂質代謝の改善を認めている。このようにストックウォーキングは中高年者の運動としてその効果が期待されるが、通常ウォーキングとの違いについて比較検討した研究は見られない。

本研究では地域住民を対象に生活習慣病およびメタボリックシンドローム予防として6ヶ月間のウォーキングを実施した。その際、ノーマルウォーキング（通常のウォーキング）とスキーのストック様のポールを用いたストックウォーキングを実施し、形態、機能、血液性状、骨質等に及ぼす生理的な効果について比較検討を行った。

## 方 法

### 1. 対象者

本研究の対象者は2006年に滋賀県下H市で実施した住民健康診査において、メタボリックシンドローム（内臓脂肪症候群）の診断基準を超えた危険因子を一項目でも有している中高年者を対象とした。対象者は31～72歳の50名（男29名、女21名）であり、ウォーキングを主体とした健康づくり教室に参加した。被験者は個人の希望により通常のウォーキングを行うグループ（ノーマルウォーキング群；NW）とストックを用いたウォーキングを行うグループ（ストックウォーキング群；SW）に分けた。本研究の対象者はウォーキングが期間中実施でき、開始時・3ヶ月後・6ヶ月後の血液検査等のデータが得られたノーマルウォーキング群13名（男8名、女5名）、ストックウォーキング群10名（男5名、女5名）とした。表1にはウォーキンググループ別および性別に対象者の身体特性を示した。なお、開始時の身長、体重、腹囲、BMI、体脂肪率には男女とも両群の間に差

表1 ウォーキンググループ別および性別の被験者身体特性

		人数 (人)	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	腹囲 (cm)	BMI	体脂肪率 (%)
ストックウォーキング群	男性	5	51.2±15.6	167.9±4.9	72.1±4.5	90.8±2.7	25.6±1.6	25.8±3.3
	女性	5	59.6±6.8	150.7±4.8	60.2±10.5	91.9±8.7	26.5±4.0	37.8±5.6
ノーマルウォーキング群	男性	8	60.0±8.8	165.7±10.2	68.2±10.4	88.3±6.5	24.8±3.1	24.2±3.8
	女性	5	53.0±11.5	158.5±6.0	73.9±10.3	101.8±10	29.4±3.9	39.8±6.6

は認められなかった。

対象者には本事業の目的、血液検査等の各種の測定、6ヶ月間のウォーキングプログラムを事前に説明し同意を得た。

## 2. ウォーキングプログラムの内容

2006年8月下旬から2007年2月上旬の6ヶ月間ウォーキングによる健康づくり教室を実施した。実施にあたっては積極的な介入として、集団で行うウォーキング実技、ストレッチ体操等と個別の運動・栄養指導を1ヶ月に1回程度の頻度で行った。教室でのウォーキングプログラムは、両群とも運動強度は全身持久力の50%程度（主観的な速度は「さっさ歩き」）で、運動時間は1回30~40分間、運動頻度は週3~4回を目標とした。各個人のライフスタイルに合わせ目標を微調整し、毎月の個別指導でその内容を修正した。実施状況は運動の内容とその量、1日の総歩数、さらに体重、腹囲を運動日誌として記録した。

ストックウォーキング群で用いたストック（ポール）は1本の重量が230gで、スキーpole（キザキ社製）にウォーキング用の石突（レ

キ社製）を装着したものである。ストックの長さの調節はスライド調節が可能であり、肘角度が90度程度になるようにした。また、ストックウォーキングの方法（図1）については十分練習を行った後、プログラムを実施した。

## 3. 評価項目および測定方法

プログラム開始時、3ヶ月後および6ヶ月後に形態、血液検査および血圧測定を行った。

形態測定は身長、体重、腹囲を測定し、BMIを算出した。体脂肪率はデュアル周波数体組成計（DC320、タニタ社製）を用いて測定した。骨質の評価は踵骨にて超音波法（MARK8800、センサ社製）により超音波伝播速度（SOS）、骨梁面積率（BAR）、骨質ランクを測定した。

血液検査は総コレステロール（TC）、高比重リポ蛋白コレステロール（HDL-C）、トリグリセリド（TG）、血糖値（FBS）、ヘモグロビンA1c（HbA1c）、動脈硬化指数（AI）の各項目である。

## 4. 統計処理

検定には、一元配置分散分析、paired t-testを用い、いずれも有意水準は5%をもって有意とした。



図1 ストックウォーキング

ストックの持ち方：肘が約90度になるように長さを調節。ストラップを通して、軽くグリップを握る。  
歩き方：ポールの着く位置は歩幅の中央。身体を前方へ移動し、ポールでしっかり身体を支える。ポールを後方へ押し出し、前進する。大きな歩幅で、踵から着地。腕は自然な振りで前方へ。背筋を伸ばして体重を移動する。

## 結 果

本研究では各群における開始時の値を基準に3ヶ月後、6ヶ月後の変化率からそれぞれの検討を行った。

図2には体重、腹囲、BMI、体脂肪率の変化を示した。体重は3ヶ月後で両群とも有意に低下し (SW p<0.001, NW p<0.05)、その低下率はストックウォーキング群がノーマルウォーキング群より有意に大きかった (p<0.05)。腹囲ではストックウォーキング群で3ヶ月後 (p<0.01) および6ヶ月後 (p<0.001) で有意な低下を示し、その低下はノーマルウォーキング群より有意に大きかった (p<0.05)。BMIでは両群とも3ヶ月後 (SW p<0.001, NW p<0.05) および6ヶ月後 (SW p<0.05, NW p<0.05) で有意な低下を示し、ストックウォーキング群の方が減少率は大きく、

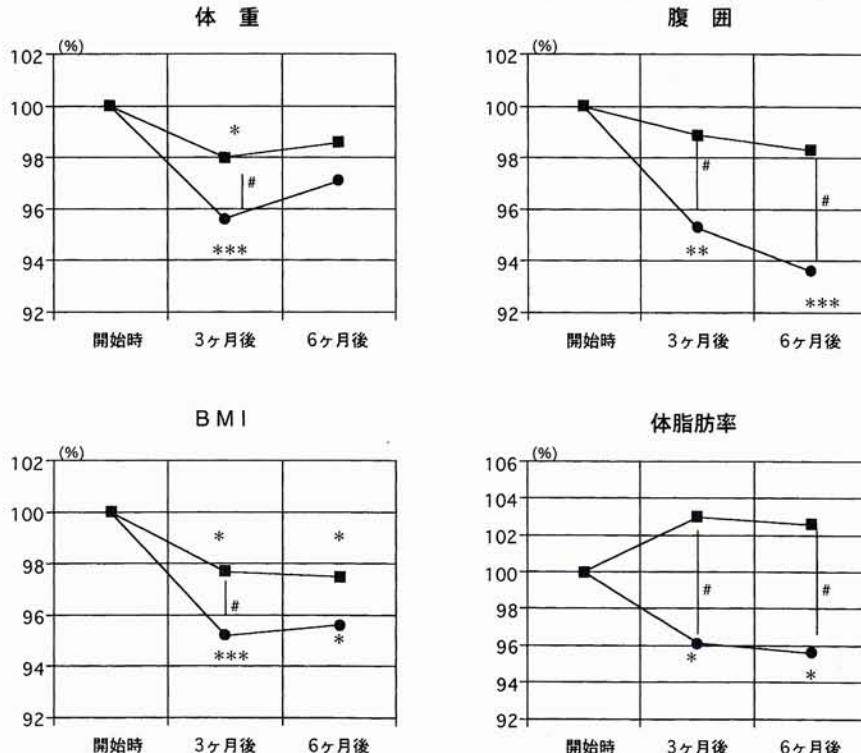


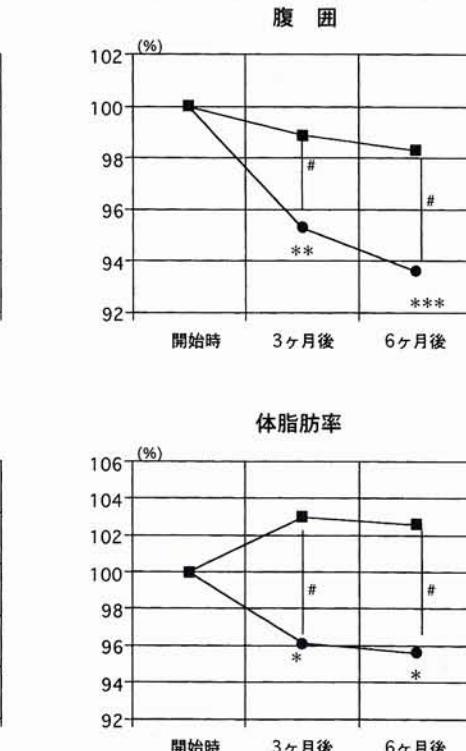
図2 ウォーキングプログラム開始時・3ヶ月後・6ヶ月後における体重、腹囲、BMIおよび体脂肪率の変化  
開始時を100とした時の変化率で表示。  
■：ノーマルウォーキング群(NW)、●：ストックウォーキング群(SW)

開始時との差： \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001、群間の差： # p<0.05

3ヶ月後では両群の間には有意差が認められた (p<0.05)。体脂肪率はノーマルウォーキング群では有意な変化は認められなかつたが、ストックウォーキング群では3、6ヶ月後でそれぞれ有意な低下を示した (各 p<0.05)。

図3には血圧の変化を示した。最高血圧は両群ともやや低下傾向にあるが、有意な変化ではなかった。また、最低血圧においても両群とも増加或いは減少傾向が見られるが、有意な変化は認められなかつた。

図4には血液性状の変化を示した。TCはストックウォーキング群で3ヶ月後に有意な低下を示した (p<0.05)。HDL-Cは両群で増加しており、ストックウォーキング群では3, 6ヶ月後で (各 p<0.05)、ノーマルウォーキング群では6ヶ月後に (p<0.01) 有意な上昇を示した。TGは両群で減少しており、ストックウォーキング群では3ヶ月後 (p<0.001) および6ヶ月後



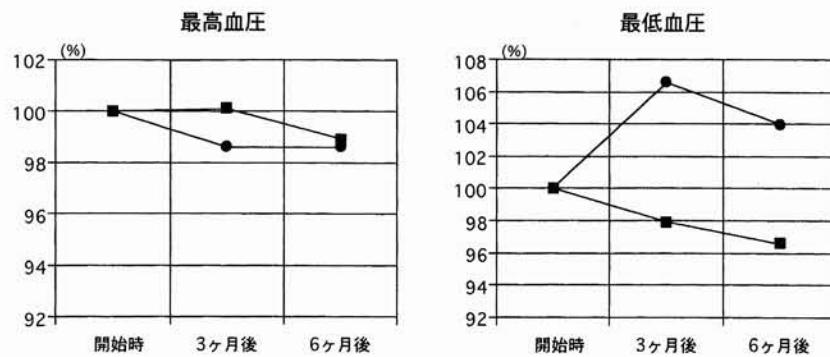


図3 ウォーキングプログラム開始時・3ヶ月後・6ヶ月後における血圧の変化  
開始時を100とした時の変化率で表示。  
■：ノーマルウォーキング群(NW)、●：ストックウォーキング群(SW)

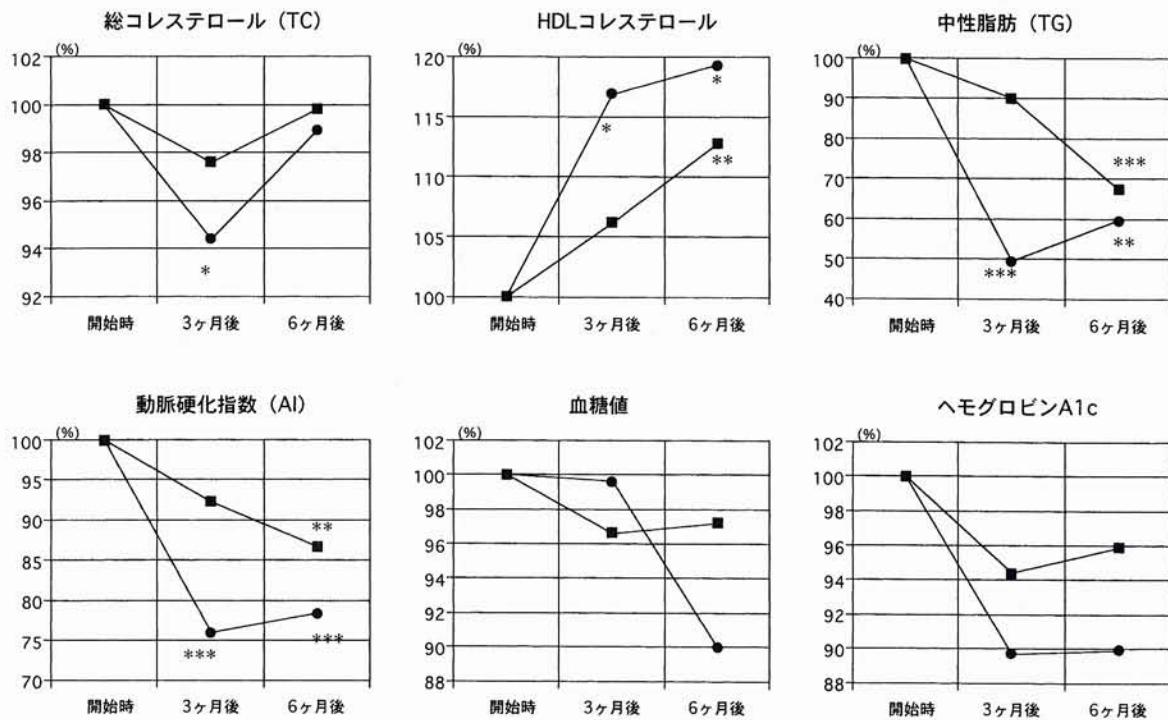


図4 ウォーキングプログラム開始時・3ヶ月後・6ヶ月後における血液性状の変化  
開始時を100とした時の変化率で表示。  
■：ノーマルウォーキング群(NW)、●：ストックウォーキング群(SW)  
開始時との差： \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

(P<0.01) に、ノーマルウォーキング群では 6 ヶ月後 (p<0.001) にそれぞれ有意な低下を示した。AI は両群で低下しており、ストックウォーキング群では 3 ヶ月後および 6 ヶ月後で (各 p<0.001) に、ノーマルウォーキング群では 6 ヶ

月後 (p<0.01) にそれぞれ有意な低下を示した。血糖値および HbA1c は両群とも低下傾向が見られるが、有意な変化ではなかった。

図5には骨質の変化を示した。超音波伝播速度は両群とも増加傾向にあるが、有意な変化で

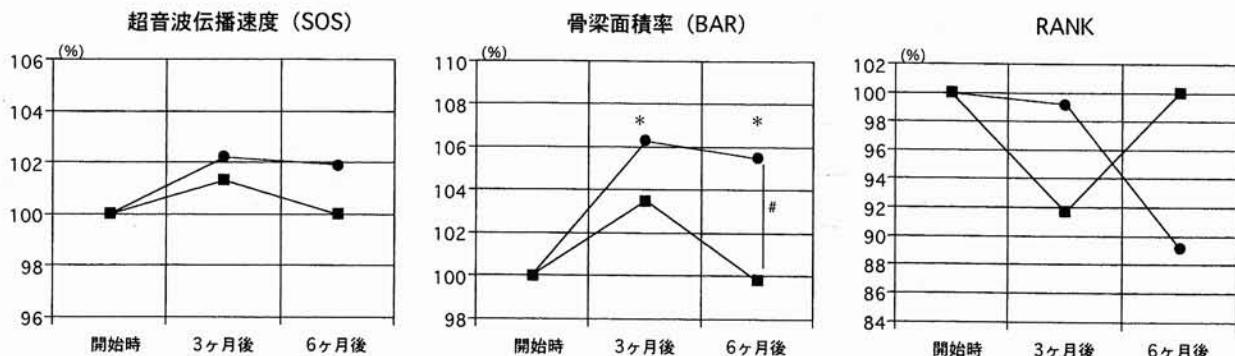


図5 ウォーキングプログラム開始時・3ヶ月後・6ヶ月後における骨質の変化  
開始時を100とした時の変化率で表示。

■：ノーマルウォーキング群(NW)、●：ストックウォーキング群(SW)  
開始時との差： \* p<0.05、群間の差： # p<0.05

はなかった。骨梁面積率はストックウォーキング群で3および6ヶ月後でそれぞれ有意に上昇し(各p<0.05)、6ヶ月後ではノーマルウォーキング群より有意に大きな上昇となった(p<0.05)。骨質ランクは対象者の同性、同年齢での4段階評価値であり、数値が低いほど評価が高いことを示している。この骨質ランクは両群とも低下傾向が見られるが、いずれも有意な変化ではなかった。

## 考 察

ウォーキングは日常生活における基本的な身体動作で、誰にでも安全に行える有酸素運動であり、とくに中高年者の運動としてその有効性が期待されている。ウォーキングの運動効果について著者らは中高年女性を対象に血清脂質や体力値に及ぼす影響を報告してきた<sup>17,18,19</sup>。このことはウォーキングが生活習慣病やメタボリックシンドローム予防に有効であることを示している。しかし、中高年者の中には膝、腰等に整形外科的な原因や過体重により通常のウォーキングが十分実施出来ない人達がいるのも事実である。ストックを利用するストックウォーキングは上肢を積極的に使うことにより全身運動となり、さらに下肢への負担を軽減できる。通常歩行よりも遅い速度で適切な運動強度が得られ、

安全で安定したウォーキング運動になることが期待される。

ストックウォーキングが形態値に及ぼす影響は体重、腹囲、BMI、体脂肪率においてプログラム開始3ヶ月後から有意に低下を示し、6ヶ月後では維持或いは改善されていた。ノーマルウォーキングでは体重とBMIで3ヶ月後に低下が認められたが、ストックウォーキングと比べてその低下率は小さかった。我々は既に3ヶ月間の通常ウォーキングで体脂肪率の減少を報告しているが、その際の体重の変化は認められなかった<sup>19</sup>。中川<sup>10</sup>は10週間のストックウォーキングで体重、体脂肪率、BMIに変化はなかった報告している。本研究の対象者はメタボリックシンドロームのリスクがあり、この様な人たちにはストックウォーキングにより脂肪燃焼を促進し、体重および体脂肪量の減少、特に腹囲の減少に見られるように内臓脂肪の減少が大きいものと考えられる。

ウォーキングが高脂血症や動脈硬化の予防に効果があるかどうかはプログラム中の血清脂質変化から考察できる。血清脂質において、ノーマルウォーキングはTG、AIで6ヶ月後から有意な低下を示し、HDL-Cでは増加した。ストックウォーキングはTC、TG、AIで3ヶ月後から有意な低下を示し、HDL-Cでは増加していた。さらにストックウォーキングではノーマルウォ

ーキングに比べその変化率は大きく、通常のウォーキングより血清脂質への改善効果が大きいことを示している。すでにウォーキングが血清脂質レベルを改善することは多く報告されている<sup>16,17,19)</sup>。ストックウォーキングに関してはTCの減少、HDL-Cの増加、LDL/HDL比の減少を認めている<sup>10)</sup>。

TGにおいては運動強度が高いほど早期に減少が起り、TG値が高いものほど減少が大きく<sup>16)</sup>、継続的に運動を実施している者は非運動者に比べその値が低い<sup>3,5)</sup>と報告されている。今回のTGはストックウォーキング群で3ヶ月後に、ノーマルウォーキング群で6ヶ月後に有意な低下が認められ、ストックウォーキング群にTG改善の適正な運動強度が確保されることを示唆している。HDL-CではTGと同様な変化が見られた。HDL-Cは運動習慣のある者はない者に比べその値は高く<sup>1,4)</sup>、有酸素的運動やウォーキングの長期間実施で増加することが報告されている。HDL-Cの増加は抗動脈硬化作用があり、血管系疾患の予防に有効である。一方、AIは動脈硬化の進行を推測させる指標であり、運動習慣のある者は低値を示し<sup>4)</sup>、ウォーキングにおいては歩数と負の相関を示す<sup>11)</sup>とされている。ストックウォーキング群では3ヶ月後から、ノーマルウォーキング群では6ヶ月後でその低下が認められた。すなわちウォーキング実施はHDL-C値の増加およびAIの低下から抗動脈硬化作用に有効に作用しており、さらにストックを用いるウォーキングは早期(3ヶ月後)からその効果は現れると考えられる。これらのことからストックウォーキング実施は通常のウォーキングより脂質代謝レベルに改善効果が大きいことを示している。また、糖代謝における指標である血糖値およびHbA1cではウォーキングによって低下傾向にはあったが、有意な変化ではなく、両群においても明確な差は認められなかった。

骨質において超音波伝播速度(SOS)は踵骨を透過する超音波の伝播速度であり堅い骨ほど伝播速度は速い。骨質ランクは性別・年齢を考

慮した骨の総合評価値である。両者とも改善傾向にあるが、有意な変化ではなかった。骨梁面積率(BAR)は骨断面に占める骨質の割合を示し、その増加は骨量の増加を意味する。BARはストックウォーキング群で3および6ヶ月後でそれぞれ有意に上昇し、6ヶ月後ではノーマルウォーキング群より有意に大きな上昇となり、ストックウォーキングの骨密度の増加への優位性を示した。

ストックウォーキングとノーマルウォーキングの生理学的な変化の違いはストックウォーキングが通常のウォーキングに比べて腕、胸、肩などの運動が加わるため、酸素摂取量が高まる<sup>6,9,11,12,13)</sup>ことに起因していると考えられる。今回のプログラムは全身持久力の50%程度の運動強度で、心拍数を目安とし、主観的な速度感覚としては「さっさ歩き」で行った。実施に際しては参加者各自の歩行速度でプログラムを行うよう促した。このことは前川ら<sup>6)</sup>が述べているようにストックウォーキングは通常ウォーキングに比べて主観的な運動強度をそれ程変えずに、同程度の歩行速度で高い運動負荷を身体にかけることができるとしていることから、無理なく、自然に運動強度が確保あるいは増加できたものと思われる。その結果、体組成、血清脂質への改善効果が大きかったと推察される。Hardmanら<sup>2)</sup>は活発な歩行(brisk walking)という指示でウォーキングを行うとその際の血中乳酸濃度が約2nmol/lの有酸素閾値であり、有效地エネルギーを消費し、長時間続けられると報告しており、主観的な強度での有効性と安全性を示唆している。すなわちストックウォーキングは運動強度が少し増加しても安全限界内での変化と捉えられ、安全に運動強度を増加させ方法として有効である。さらに、ストックウォーキングは支持点を増やした安定したウォーキングを行えることから、特に高齢者にも適した運動形態であり<sup>13)</sup>、下肢の関節への負担が少なく<sup>15)</sup>、腰部への過剰な負担を軽減していた<sup>8)</sup>。これらのことよりストックウォーキングは中高年者にとって生活習慣病やメタボリックシンドロームの危

険因子を安全に改善する可能性のある運動と考えられる。

## 要 約

生活習慣病およびメタボリックシンドローム予防として6ヶ月間のノーマルウォーキング（通常のウォーキング）およびスキーのストック様のポールを用いたストックウォーキングを実施し、形態、血液性状、骨質等に及ぼす生理的な効果の比較検討を行った。

ストックウォーキングは体重、腹囲、BMI、体脂肪率において有意に低下を示し、ノーマルウォーキングでは体重とBMIに低下が認められたが、ストックウォーキングと比べてその低下率は小さかった。

血清脂質において、ストックウォーキングはTC、TG、AIで有意な低下を示し、HDL-Cでは増加していた。ノーマルウォーキングはTG、AIで有意な低下を示し、HDL-Cでは増加した。ストックウォーキングではノーマルウォーキングに比べその変化率は大きく、血清脂質への改善効果が大きい。

骨質において超音波伝播速度および骨質ランクには改善傾向が見られるが、有意な変化ではなかった。骨梁面積率はストックウォーキングで、ノーマルウォーキングより有意に大きな上昇を示した。

これらのことよりストックウォーキングは中高年者にとって生活習慣病やメタボリックシンドロームの危険因子を安全に改善する可能性のある運動と考えられる。

## 文 献

- 1) Cook,T.C., Laporte,R.E., Washbur,R.A., Traven, N.D., Slemenda,C.W., and Metz,K.F. (1986): Chronic low level physical activity as a determinant of high density lipoprotein cholesterol and subfractions, *Med.Sci.Sports Exerc.*, 18(6): 653-657.
- 2) Hardman,A.E., Jones. P.R.M., Norgan, N.G. and Hudson,A. (1992): Brisk walking improves endurance fitness without changing body fatness in previously sedentary women, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 65: 354-359.
- 3) 星秋夫、松田一如、金場昭範 (1991)：中高年女性における運動習慣の頻度が血中過酸化脂質およびリポタンパクに及ぼす影響、*デサントスポーツ科学*、12:269-276.
- 4) 北村李軒 (1985)：運動習慣の有無別にみた中高年者の血清脂質について、*体育科学*、13 : 185-190.
- 5) Lehtonen,A. and Viikari,J. (1978): Serum triglycerides and cholesterol and serum high-density lipoprotein cholesterol in highly physically active men, *Acta Med. Scand.*, 204: 111-114.
- 6) 前川剛輝、西野昌美、山本正嘉、宮下充正 (2000)：ノルディックウォークと通常ウォーキングの生理学的・力学的特性の比較、*ウォーキング科学*、4: 95-100.
- 7) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会(2005)：メタボリックシンドロームの定義と診断基準、*日本内科学会雑誌*,94(4),188-203,2005.
- 8) 水谷名、分木ひとみ、寄本明 (2007)：ストックウォーキングの筋電図解析—ストック使用が歩行時の筋活動に及ぼす影響—、*ウォーキング研究*、11: (投稿中)
- 9) 中川喜直、服部正明、浅沼義英 (2002)：ストックウォーキングの生理学的研究—傾斜変化による酸素摂取量と筋電学的検討—、*臨床スポーツ医学*、19(6) : 689-694.
- 10) 中川喜直 (2003)：中高齢者のストックウォーキングが糖・脂質代謝および健康関連体力に与える影響、*ウォーキング研究*、7 : 67-73.
- 11) Porcari,J.P., T.L.Hendrickson, P.R.Walter, L.Terry, and G.Walsko (1997) : The physiological responses to walking with and without Power Poles on treadmill exercise,

- Res.Q.Exerc.Sport, 68:161-166.
- 12) Rodgers,C.D., J.L.Vanheest, and C.L.Schachter (1995) : Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders, Med.Sci.Sports Exerc., 27: 607-611
- 13) 富田寿人、杉山康司、竹内宏一、中野偉夫 (2000) : ポール・ウォーキングが女性高齢者的心拍数、酸素摂取量および主観的運動強度に及ぼす影響、ウォーキング科学、4 : 83-87.
- 14) Vuori, Ilkka (2003) : ウォーキングおよび野外活動の健康効果に関する科学的所見、ウォーキング研究、7 : 5-7.
- 15) Willson, J., M. R. Torry, M. J. Decker, T. Kernozeck, and J. R. Steadman. (2001): Effects of walking poles on lower extremity gait mechanics. Med. Sci. Sports Exerc. 33:142-147.
- 16) 吉武裕, 太田壽城(1992) : 成人病に対する有酸素運動の効果、栄養学雑誌、50(2) : 59-68.
- 17) 寄本明・森公子・澤田賢三・森本武利 (1993) : 中高年女性におけるウォーキング・エクササイズが血清脂質および体力値に及ぼす影響、臨床スポーツ医学、10(9) : 1120-1024.
- 18) 寄本明・岡本秀己・山本和代・吉岡正子 (1997) : 長期間の習慣的な運動が中高年者の成人病危険因子および体温調節能に及ぼす影響、デサントスポーツ科学、18 : 185-194.
- 19) Yorimoto,A.(1998): Effects of walking on risk factors of chronic non-communicable diseases and the daily energy expenditure in middle-aged women. (Eds.) Nose,H., E.R.Nadel and T.Morimot, (In)The 1997 Nagano Symposium on Sports Sciences. pp430-435, Cooper Publishing Group, USA.