

雪上での異なる歩行具の使用が呼吸循環器系パラメータに及ぼす影響について

Effect of Different Snow Walking Equipments on Cardiorespiratory Parameters

白川和希	上田知行	井出幸二郎
Kazuki SHIRAKAWA	Tomoyuki UEDA	Kojiro IDE
加藤満	大宮哲	須田力
Mitsuru KATOH	Satoshi OMIYA	Tsutomu SUDA

北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター年報 第6号 2015

Bulletin of the Northern Regions Lifelong Sports Research Center Hokusho University Vol. 6

雪上での異なる歩行具の使用が呼吸循環器系パラメータに及ぼす影響について

Effect of Different Snow Walking Equipments on Cardiorespiratory Parameters

白川 和希^{1,6)} 上田 知行²⁾ 井出 幸二郎²⁾
加藤 満³⁾ 大宮 哲⁴⁾ 須田 力⁵⁾

Kazuki SHIRAKAWA^{1,6)} Tomoyuki UEDA²⁾ Kojiro IDE²⁾
Mitsuru KATO³⁾ Satoshi OMIYA⁴⁾ Tsutomu SUDA⁵⁾

キーワード：雪上歩行, かんじき, スノーシュー, 呼吸循環器系パラメータ, METs

Abstract

Purpose: To examine the difference of cardiorespiratory parameters, and its relationship with the burial depth of snow using four different types of snow walking equipment.

Methods: Nine healthy male subjects walked a round-trip of 50m in a self-selected-pace for 5 min. Four types of snow walking were tested: walking in boots on packed-snow (or non-snow surfaces), walking in KANJIKI (Japanese snowshoe) on snow, walking in snowshoes on snow, walking in boots on deep natural snow. The burial depth of the footprint (anterior and posterior of burial depth divided by 2), HR, $\dot{V}O_2$ and METs were measured, and correlation between the burial depth of the footprint and HR was calculated.

Results: In burial depth of the footprint, kanjiki (7.0 ± 3.3 cm) and snowshoes (5.7 ± 2.2 cm) were significantly lower than boots on deep natural snow (11.8 ± 6.2 cm) ($p < 0.05$). There was no significant difference between kanjiki and snowshoes. In cardiorespiratory parameters, kanjiki (HR: 114 ± 10 bpm, $\dot{V}O_2$: 1.23 ± 0.25 L/min, METs: 5.5 ± 1.0) and snowshoes (114 ± 10 bpm, 1.19 ± 0.20 L/min, 5.4 ± 0.9) were significantly lower than boots on deep natural snow (124 ± 16 bpm, 1.45 ± 0.36 L/min, 6.5 ± 1.5) ($p < 0.05$), and boots on packed-snow (98 ± 10 bpm, 0.89 ± 0.17 L/min, 4.0 ± 0.7) was lower than the other conditions ($p < 0.05$). There was significant positive correlation between burial depth and HR during boots on deep natural snow ($r_s = 0.711$, $p < 0.05$).

Discussion: The workload for the cardiorespiratory parameter was reduced by the use of the snow walking equipment.

Conclusion: The burial depth of the footprint estimated the exercise intensity during activity on snow.

Keywords : Snow walking, Kanjiki, Snowshoes, Cardiorespiratory parameters, METs

-
- 1) 北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター
 - 2) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科
 - 3) 旭川大学短期大学部
 - 4) 北海道大学低温科学研究所 (現所属：土木研究所 寒地土木研究所)
 - 5) NPO法人 雪氷ネットワーク
 - 6) 北海道大学大学院教育学院

I. 緒言

積雪寒冷地域では、地域住民の冬期間における身体活動量が低下することが知られている¹⁾。その結果として、体力が低下する²⁾ことが積雪寒冷地域特有の問題となっている。近年、積雪期間における雪上活動、特にかんじきやスノーシューなどの雪上歩行具を用いた雪上ウォーキング（スノーシューウォーキングやスノーシューハイキング、スノーシュートレッキングなどとも呼ばれる）愛好者が増加している^{3,5)}。これは、先述した積雪期間の運動不足がもたらす体力低下の問題について地域住民に認識が広まってきたことも要因として考えられる。

積雪寒冷期間における低温環境下の運動は、非積雪期の環境温度に比べて、運動耐容能を低下させ、生理的負担度を増加させる⁶⁾。すなわち、積雪寒冷環境下では、少しの運動でも十分な運動強度を確保できることを意味している。

30分間のマイペースなスノーシュー活動は、中程度の心拍数と酸素摂取量、高い熱消費量が確保できることから、持久性の向上や代謝の改善のために十分な強度であることが示されている。このように、スノーシュー活動が健康上有用であることが報告されている⁷⁾。アメリカ・スポーツ医学会（American College of Sports Medicine：ACSM）の運動処方指針⁸⁾として様々な身体活動の強度を示したメッツ（身体活動の運動強度を表す指標：metabolic equivalents, METs）において、スノーシュー歩行の運動強度は8.0METs^{9,10)}となっているが、他の研究では、5～6METs^{11,12)}、10METs前後^{7,12,13)}と運動強度に違いが生じている。

先行研究において、Dalleckら¹⁾は、深雪（粉雪）環境下で自己選択ペースの歩行を行い、爪先回転式と爪先固定式スノーシューの仕様による運動強度を測定した。その結果、歩行速度は爪先固定式より爪先回転式の方が速かったにも関わらず、心拍数は爪先回転式で低く、酸素摂取量も同様に低値を示した。爪先回転式は爪先固定式と比較してエネルギーコストが低く、低負荷で活動が可能なることを示唆した。道具の使用によって、運動強度が変化することを示唆するものと考えられる。我々が行ったこれまでの研究⁸⁾において、足跡の埋没深は、スノーシュー着用歩行時、かんじき着用歩行時、つば足歩行時の順で深くなることを報告した。雪上歩行の特徴は、深雪の場合、脚が雪に埋没し、その埋没の深さによって歩行が困難になることである。したがって、雪上歩行時に着用する歩行具により脚の埋没深が異なり、それにより歩行の困難さや、運動強度、生理学的応答が異なることが示唆される。このように、身体の活動状況や道具の仕様、雪面状況を加味した上で、雪上歩行時の運動強度や生理学的応答を把握する必要がある。

そこで、本研究は一般的に使用されている雪上歩行具着用時の歩行に対する呼吸循環器系パラメータの違いと、それらと脚の埋没深との関連性について明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、健康な男性9名（平均±標準偏差：年齢33±20歳，身長169.5±5.6cm，体重63.5±5.7kg，靴サイズ26.2±0.6cm）であった（表1）。全ての被験者には、実

表1 被験者特性と歩行速度，歩行歩幅

Subjects	Sexuality	Age	Height	Weight	General Shoes size	Walking speed				Walking stride length			
						Boots on packed-snow	Kanjiki on snow	Snowshoes on snow	Boots on deep natural snow	Boots on packed-snow	Kanjiki on snow	Snowshoes on snow	Boots on deep natural snow
		(years)	(cm)	(kg)	(cm)	(m/min)				(m)			
1	M	70	163.0	62.0	26.0	77.5	46.2	48.4	44.2	0.65	0.61	0.60	0.54
2	M	21	173.5	64.6	26.0	78.7	59.6	65.9	59.0	0.77	0.60	0.66	0.61
3	M	21	168.0	60.0	27.0	68.0	32.9	42.3	36.5	0.71	0.53	0.61	0.55
4	M	21	171.6	51.4	26.0	90.7	68.1	64.7	60.3	0.91	0.73	0.66	0.63
5	M	66	158.5	68.0	25.0	82.2	62.7	57.7	60.8	0.73	0.62	0.55	0.56
6	M	29	169.5	68.0	26.5	81.6	54.4	54.8	53.3	0.74	0.63	0.66	0.58
7	M	31	172.4	65.3	26.5	82.6	53.9	54.2	51.0	0.81	0.60	0.61	0.53
8	M	21	175.9	70.4	27.0	89.8	57.5	61.3	59.8	0.82	0.66	0.65	0.67
9	M	21	173.1	61.4	26.0	80.3	58.0	55.0	63.8	0.83	0.63	0.66	0.66
MEAN		33	169.5	63.5	26.2	81.3	54.8	56.0	54.3	0.77	0.62	0.63	0.59
SD		20	5.6	5.7	0.6	6.7	10.2	7.6	9.0	0.08	0.05	0.04	0.05

験の趣旨（目的，方法，意義）を書面および口頭にて説明し，同意書への署名をもって実験参加の同意を得た。本研究は，北翔大学大学院・北翔大学・北翔大学短期大学部研究倫理委員会から承認（HOKUSHO-UNIV: 2013-006）を得て実施された。

2. 実験手順

本研究の実験実施期間は，2013年2～3月（積雪深78～114cm⁹⁾，外気温-2.2～6.3℃）であった。実験場所は，北翔大学敷地内の多目的グラウンドおよび陸上競技場，各々に隣接する駐車場であった。測定機器の装着場所は，北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター内で実施された。

まず，被験者は，心拍モニター（RS800CX, Polar社）とポータブル呼吸代謝測定装置（ $\dot{V}O_{2000}$, S&ME社）を装着した。被験者は，4種類の自由歩行で，目印となるカラーコーン（パイロン）が置かれた50mの距離を往復した。自由歩行は，被験者の体力に合わせた自己選択速度での歩行とした¹⁷⁾。実験条件は，圧雪又は無雪路面を歩行する圧雪歩行，雪上をかんじきで歩行するかんじき歩行，雪上をスノーシューで歩行するスノーシュー歩行，雪上をブーツのみで歩行するつぼ足歩行の4条件とした。条件の順序は，1番目に圧雪歩行，4番目につぼ足歩行，2番目と3番目はかんじき歩行あるいはスノーシュー歩行を順不同で実施した。各条件の歩行時間は，5分間経過後にスタート位置に達するまで歩行を継続させた（被験者は，3～5往復し，距離300～500mを歩行した。）。2番目以降の歩行条件の開始は，心拍数が安定してから行った。

各実験条件で用いた歩行具について，全歩行条件は，各自が用意した長靴やブーツあるいは験者が用意した同一のブーツを用いた。かんじき歩行は，プラスチックかんじき「雪っこちゃん」（Belmont社，重量：310g，底面積：718cm²）を用いた。スノーシュー歩行は，「HIKE 22」（Redfeather Snowshoes社，重量：760g，底面積：1035cm²）を用いた。

3. 測定項目

験者は，被験者に歩行開始の合図を提示し，歩行開始時から歩行終了時までの歩行時間を計測した。歩行距離

は，歩行終了時までの往復回数（1往復100m）から求めた。歩行速度は，歩行距離を歩行時間で除して算出した。歩幅の平均値は，カウンターを用いて歩数を計測し，歩行距離を歩数で除して算出した。雪上歩行時における足跡の埋没深は，歩行開始後の左右側各5個の明確な足跡から母指球側と踵側の埋没の深さを定規で計測し，10個のデータを平均し，「(母指球側+踵側)÷2」の式より算出した。心拍数（HR）と呼吸代謝データは，連続記録し，歩行開始2分間のデータを除外し，3～5分目までの3分間のデータの平均値とした。呼吸代謝データから，分時酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ），分時炭酸ガス排泄量（ $\dot{V}CO_2$ ），分時呼気換気量（ $\dot{V}E$ ），呼吸交換比（RER），体重当たり酸素摂取量（ $\dot{V}O_2/kg$ ），代謝当量（METs）を算出した。歩行終了時に6～20のBorgスケールによって主観的運動強度（RPE）を測定した。

4. 統計解析

データは，平均値±標準偏差で示した。歩行速度と歩幅，歩幅身長比（歩幅÷身長），足跡の埋没深，呼吸循環器系パラメータ，RPEは，反復測定一元配置分散分析およびpost hoc Tukey HSD解析を行った。

足跡の埋没深との関連性を探るため，各条件の埋没深に対して靴サイズ，体重，身長，BMI，心拍数，体重当たりの酸素摂取量の相関係数を算出した。かんじき歩行時とスノーシュー歩行時の埋没深の関連性については，埋没深に対して心拍数，体重当たりの酸素摂取量の相関係数を算出した。相関係数の解析にはスピアマン順位相関係数の検定を用いた。いずれの解析も有意水準は5%未満とした。本研究は，被験者が少なかったため，水準10%未満を有意傾向として解釈した。

Ⅲ. 結果

1. 歩行速度と歩幅，歩幅身長比

歩行速度と歩幅，歩幅身長比（表2）は，圧雪歩行に比較して，雪上での3種類の歩行条件が有意に低い値を示したが，積雪上での3条件間に差は認められなかった。

2. 足跡の埋没深

足跡の埋没深（図1）は，かんじき歩行7.0±3.3 cm，

表2 歩行速度と歩幅，歩幅身長比における歩行条件間の比較

	Boots on packed-snow	Kanjiki on snow	Snowshoes on snow	Boots on snow
Walking speed (m/min)	81.3±6.7	54.8±10.2*	56.0±7.6*	54.3±9.0*
Walking stride (m)	0.77±0.08	0.62±0.05*	0.63±0.04*	0.59±0.05*
Stride / Height ratio	0.46±0.05	0.37±0.02*	0.38±0.02*	0.35±0.03*

*圧雪歩行との比較（n=9），p<0.01

表3 呼吸循環器系パラメータと主観的運動強度における歩行条件の比較

	Boots on packed-snow	Kanjiki on snow	Snowshoes on snow	Boots on snow
HR (beat/min)	98 ± 10	114 ± 10 ** \$	114 ± 10 ** \$	124 ± 16 **
$\dot{V}O_2$ (L/min)	0.89 ± 0.17	1.23 ± 0.25 ** \$	1.19 ± 0.20 ** \$\$	1.45 ± 0.36 **
$\dot{V}CO_2$ (L/min)	0.80 ± 0.20	1.08 ± 0.27 ** #	1.05 ± 0.20 ** \$	1.26 ± 0.33 **
VE (L/min)	26.4 ± 5.9	36.2 ± 9.5 **	35.1 ± 8.4 ** #	40.2 ± 11.9 **
RER	0.89 ± 0.07	0.88 ± 0.12	0.88 ± 0.10	0.88 ± 0.11
$\dot{V}O_2/kg$ (mL/kg/min)	14.1 ± 2.5	19.3 ± 3.5 ** \$	18.8 ± 3.2 ** \$\$	22.8 ± 5.3 **
METs	4.02 ± 0.71	5.52 ± 0.99 ** \$	5.38 ± 0.93 ** \$\$	6.52 ± 1.53 **
RPE	10.0 ± 1.5	13.0 ± 1.2 **	12.3 ± 0.5 ** #	14.1 ± 1.8 **

vs 圧雪歩行 : * p < 0.05, ** p < 0.01. vs つぼ足歩行条件 : \$ p < 0.05, \$\$ p < 0.01, # p < 0.10 (差の傾向)。n = 9。

スノーシュー歩行 5.7 ± 2.2 cm, つぼ足歩行 11.8 ± 6.2 cm となった。足跡の埋没深の条件間比較では、つぼ足歩行と比較してかんじき歩行とスノーシュー歩行が有意に浅かった ($p < 0.01$)。しかし、かんじき歩行とスノーシュー歩行の埋没深の間に有意差は認められなかった。

3. 呼吸循環器系パラメータと主観的運動強度

呼吸循環器系パラメータと主観的運動強度 (RPE) は、表 3 に示した。HR, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, $\dot{V}E$, $\dot{V}O_2/kg$, METs において、雪上での歩行は、圧雪歩行と比較して、有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。HR, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2/kg$, METs において、かんじき歩行とスノーシュー歩行は、つぼ足歩行と比較して有意に低かった ($p < 0.05$)。 $\dot{V}CO_2$ において、スノーシュー歩行が つぼ足と比較して有意に低かった ($p < 0.05$)。RER において、条件間の差は認められなかった。呼吸循環器系パラメータのいずれのデータにおいても、かんじきとスノーシュー歩行の間に有意差は認められなかった。

RPE において、雪上での歩行は、圧雪歩行に比べて、有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。また、スノーシュー歩行の RPE は、つぼ足歩行に比べて、低い傾向であった ($p = 0.057$)。

4. 足跡の埋没深との関連性

足跡の埋没深との関係性を探るため相関解析した結果は、靴サイズおよび体重、身長、BMI それぞれの項目に相関関係は認められなかった (表 4)。つぼ足の埋没深と HR の間には、有意な正の相関関係が認められた ($r_s = 0.711$, $p < 0.05$, 図 2)。つぼ足の埋没深と $\dot{V}O_2/kg$ の間には、正の相関傾向を示した ($r_s = 0.633$, $p = 0.073$, 図 3)。スノーシューの埋没深と HR の間 ($r_s = 0.650$, $p = 0.066$) およびスノーシューの埋没深と $\dot{V}O_2/kg$ の間 ($r_s = 0.582$, $p = 0.099$) に、正の相関傾向を示した。

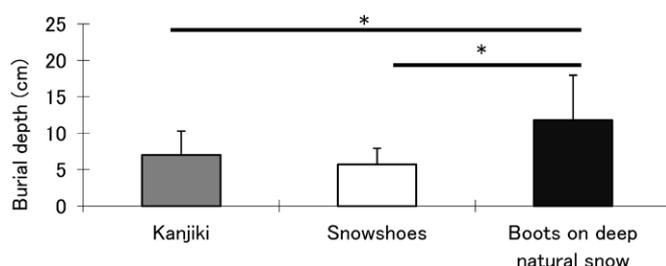


図 1 Footprint の埋没深の条件間比較 (n = 9, *p < 0.05)

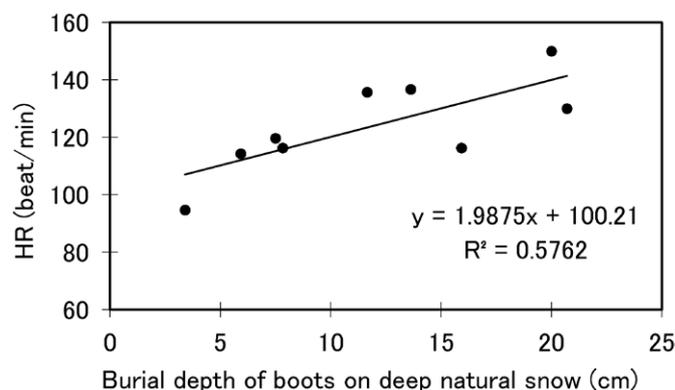


図 2 つぼ足歩行時の埋没深と心拍数の相関関係 (n = 9, $r_s = 0.711$, $p < 0.05$)

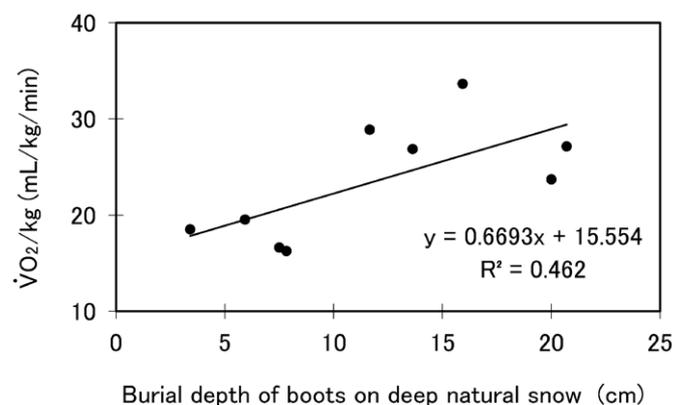


図 3 つぼ足歩行時の埋没深と体重当たり酸素摂取量の相関関係 (n = 9, $r_s = 0.633$, $p = 0.073$)

表4 各歩行条件の埋没深と測定項目の相関係数

	Burial depth (cm)		
	Kanjiki on snow	Snowshoes on snow	Boots on snow
Shoes Size (cm)	0.000 (1.000)	-0.176 (0.619)	-0.035 (0.921)
Body Mass (kg)	-0.285 (0.421)	-0.569 (0.108)	-0.126 (0.723)
Height (cm)	0.433 (0.220)	0.200 (0.572)	0.417 (0.239)
BMI	-0.350 (0.322)	-0.467 (0.187)	-0.183 (0.604)
HR	0.527 (0.136)	0.650 (0.066) #	0.711 (0.044) *
$\dot{V}O_2/kg$	0.433 (0.220)	0.582 (0.099) #	0.633 (0.073) #

n = 9, 相関係数 rs (p 値), *: 5% 未満有意, #: 有意水準10% 未満の相関傾向

IV. 考 察

本研究結果の主な所見は、1) 雪上歩行は、圧雪歩行に比べて、呼吸循環器系パラメータの心拍数、酸素摂取量、炭酸ガス排泄量、換気量、代謝当量が増加したこと、2) つば足歩行に比べて、かんじきあるいはスノーシューを装着した歩行は、埋没深が浅くなったこと、3) 心拍数と埋没深の間に有意な相関関係が認められたことである。

呼吸循環器系パラメータの心拍数、酸素摂取量、炭酸ガス排泄量、換気量、代謝当量により、圧雪や無雪環境下での歩行よりも積雪環境下での歩行は、運動強度を高めるために効果的であることがわかった。また、雪上歩行具の使用により呼吸循環器系の負担度が軽減された。主観的運動強度では、つば足歩行に比べてかんじきとスノーシュー歩行に有意な差はなかったものの、健康の維持・増進として推奨される適度な運動強度 (RPE) の12~13¹⁷⁾ の間に両雪上歩行具装着条件のRPEが含まれていたことから、雪上歩行具の使用は、雪上での運動強度を低減させるために有効な手段であることが示唆された。

圧雪歩行時の本結果は、Smolanderら¹⁰⁾が報告した、2.5kgの安全ゴム長靴を装着して自己ペースのトレッドミル歩行で心拍数が95beat/min、酸素摂取量が0.83L/minとほぼ一致する。しかし、同報告の同道具を装着した自己ペースの雪上歩行において心拍数が151beat/min、酸素摂取量が2.34L/minと比較すると全く一致しない。この報告で実施された雪上歩行環境は、埋没深が約26cmであったことから、本結果と一致しなかったことが考えられる。雪上における実験実施は、環境的要因に左右されることから、環境に留意する必要がある。そこで、本研究では、つば足の埋没深と心拍数あるいは体重当たりの酸素摂取量の相関関係の結果を得ることができた。本研究で得られた回帰式にSmolanderら¹⁰⁾の研究で得られた環境データ (埋没深が約26cm) を当ては

めるとそれらの結果で示されているデータとおおよそ合致したことから、雪上歩行時の運動強度の指標となるつば足の埋没深から心拍数と酸素摂取量の動態を把握することができると考えられる。

スノーシュー歩行における $\dot{V}CO_2$ がつば足歩行よりも低かった要因として、つば足歩行が無酸素性作業閾値を超え、スノーシュー歩行が無酸素性閾値を下回ったことによって、二酸化炭素過剰排出が行われなかった、あるいは、つば足歩行時の活動筋に乳酸が蓄積することによる二酸化炭素過剰排出が起き、スノーシュー歩行時には乳酸の蓄積がほとんどなかったことによると考えられる。これは、かんじき歩行における $\dot{V}CO_2$ でも傾向が見られたことから、多少の影響があったと考えられる。また、運動強度の増加に伴いVEも増加することから、 $\dot{V}CO_2$ と同様の影響が起きた可能性が考えられる。

本研究におけるMETsはACSMが提示したMETs^{9,10)}やDalleckら⁷⁾、Schneiderら¹³⁾のMETsよりも低かったが、Knapikら¹¹⁾とConnolly¹²⁾のMETsと同程度であったと考えられる。同程度であった理由として、この先行研究と本研究の歩行速度がほぼ一致したことであると考えられる。また、雪上歩行具の装着・未装着に関わらずACSMで提案されている活動量の指標であるMETsは歩行速度の増加だけでなく、埋没深の増加によっても増加することが明らかとなった (表3)。我々の先行研究において、つば足の埋没深が10cmを超える環境下では、雪上歩行具の装着が埋没深が低減される¹⁴⁾ことから、雪上歩行具の装着が呼吸循環器系の疾患をもつ者の心肺機能に過度な負担をかけることを予防する手段となり得ると考えられる。

本研究の限界は、積雪寒冷環境下での指標を採用しているため、環境変化による比較検討ができない点である。我々の先行研究でも同様に雪の物理的な要因によって結果が異なることを指摘している。今後は、環境の変化を検討できる測定項目を設定する必要があると考えられる。

V. 結 論

雪上歩行時にかんじきやスノーシューなどの雪上歩行具を装着することによって、運動強度が低減させられることがわかった。また、運動強度の高低の一要因として、足の埋没深が深く関係することが明らかとなった。

謝 辞

本研究にご協力いただきました被験者、験者としてご協力頂きました学生ならびにスポル会員の皆様にこの場を借りまして深謝申し上げます。

付 記

本研究は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「北海道型スポーツ振興システムの構築」(平成23年～平成25年、北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター)の助成を受け、健康スポーツ研究分野のプロジェクト研究として行われた。

文 献

- 1) 山田直美, 原文宏, 坂田一則他: 小学生の冬に対する意識と行動—北海道の場合—. 第18回寒地技術論文報告集, 18: 862-867, 2002.
- 2) 文部科学省: 平成25年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について. [http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1352496.html].
- 3) Outdoor Industry Association. [<https://outdoorindustry.org/>].
- 4) SnowSports Industries America. [<http://www.snowsports.org/>].
- 5) Special Olympics. [<http://www.specialolympics.org/>].
- 6) 山下弘二, 李相潤, 三浦雅史他: 積雪寒冷環境が運動耐容能と歩行に及ぼす影響. 東北理学療法学, 16: 30-34, 2004.
- 7) Dalleck LC, DeVoe DE, Kravitz L.: Energy cost and physiological responses of males snowshoeing with rotating and fixed toe-cord designs in powdered snow conditions. Ergonomics, 46 (9): 875-881, 2003.
- 8) アメリカスポーツ医学会編, 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳: 運動処方指針, 原著8版. 南江堂, 2011.
- 9) Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, et al.: Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. Med Sci Sports Exerc, 25 (1): 71-80, 1993.
- 10) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al.: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 32 (9 Suppl): S498-S504, 2000.
- 11) Knapik JJ, Hickey CAJ, Ortega S, et al.: Energy cost during locomotion across snow: a comparison of four types of snowshoes with snowshoe design considerations. Work, 18 (2): 171-177, 2002.
- 12) Connolly DAJ.: The energy expenditure of snowshoeing in packed vs. unpacked snow at low-level walking speeds. J Strength Cond Res, 16 (4): 606-610, 2002.
- 13) Schneider PL, Porcari JP, Erickson JD, et al.: Physiological responses to recreational snowshoeing. J Exerc Physiol Online, 4 (3): 45-52, 2001.
- 14) 白川和希, 上田知行, 井出幸二郎他: 雪上歩行方法による歩容パラメータの違いについて. 北海道の雪氷, 32: 92-95, 2013.
- 15) 社団法人日本雪氷学会編: 積雪観測ガイドブック. 朝倉書店, 2010.
- 16) Smolander J, Louhevaara V, Hakola T, et al.: Cardiorespiratory strain during walking in snow with boots of differing weights. Ergonomics, 32 (1): 3-13, 1989.
- 17) 公益財団法人 健康・体力づくり事業財団. [<http://www.health-net.or.jp/>].

抄 録

【目的】 雪上歩行具を用いた4種の雪上歩行時の呼吸循環器系パラメータの違いと、それらと足の埋没深との関係性を明らかにすることを目的とした。

【方法】 9名の健康な男性被験者は、自己選択速度で、50mを5分間往復歩行した。歩行は、圧雪または無雪路面のブーツ歩行、雪上でのかんじき歩行、雪上でのスノーシュー歩行、雪上をブーツのみで歩行するつぼ足歩行であった。足跡の埋没深（前と後の埋没深÷2）、心拍数、酸素摂取量、METsを測定し、つぼ足の埋没深と心拍数の相関係数を算出した。

【結果】 足跡の埋没深は、つぼ足（ 11.8 ± 6.2 cm）と比較してかんじき（ 7.0 ± 3.3 cm）とスノーシュー（ 5.7 ± 2.2 cm）が有意に浅かった（ $p < 0.05$ ）。しかし、かんじきとスノーシューの間に有意差は認められなかった。心拍数、酸素摂取量、METsにおいて、かんじき（ 114 ± 10 bpm, 1.23 ± 0.25 L/min, 5.5 ± 1.0 ）とスノーシュー（ 114 ± 10 bpm, 1.19 ± 0.20 L/min, 5.4 ± 0.9 ）は、つぼ足（ 124 ± 16 bpm, 1.45 ± 0.36 L/min, 6.5 ± 1.5 ）と比較して有意に低かった（ $p < 0.05$ ）。圧雪はさらに低かった（ 98 ± 10 bpm, 0.89 ± 0.17 L/min, 4.0 ± 0.7 ）（ $p < 0.05$ ）。つぼ足時の埋没深と心拍数の間に有意な正の相関関係があった（ $r_s = 0.711$, $p < 0.05$ ）。

【考察】 雪上歩行具を装着することは、埋没深を浅くするとともに、呼吸循環器系パラメータに対する負担度の低減にも有用であることが明らかとなった。つぼ足の埋没深を測定することで、雪上活動時の呼吸循環器系パラメータの運動強度を推定できる可能性がある。

【結論】 雪上歩行具の装着によって、歩行中における呼吸循環器への負荷を軽減させる。

キーワード：雪上歩行、かんじき、スノーシュー、呼吸循環器系パラメータ、METs

