

資料

スキーブーツ・スノーボードブーツ装着および 滑走用具運搬が歩行時の呼吸代謝応答に及ぼす影響

脇本敏裕*¹ 斎藤辰哉*¹ 門利知美*¹ 宮川健*¹

1. 緒言

スキー人口は1993年の1,770万人をピークに減少の一途をたどり、2013年には770万人とピーク時の半以下にまで減少している¹⁾。しかしながら、余暇活動の潜在需要において、スキーは10代女性の4位、スノーボードは10代男性の5位、10代女性の7位に入っており、今後参加率が上昇する可能性が考えられる（「レジャー白書2016」から推測）。スキー・スノーボードを扱った研究では、スキー・スノーボードによる外傷をテーマとした研究^{2,3)}、学外実習の効果等をテーマとした研究^{4,5)}が多い。近年では、GPS装置等のウェアラブル端末を使用することで滑走中の運動強度が評価されるようになり、スキー・スノーボード滑走中の運動強度について検討した研究が散見されるようになった⁶⁾。スキー、スノーボードのいずれにおいても、滑走を行なう場合には駐車場もしくは宿舎から最寄りのリフトまでの移動はブーツを装着し、用具を手を持った状態で歩行移動を行なう必要がある。ブーツを装着した状態、かつ滑走用具を手を持った状態での歩行は通常の歩行状態とは大きく異なる歩行と考えられるが、ブーツ装着状態での歩行について詳細に検討した研究は見当たらない。Franz et al.⁷⁾ はシューズの重量が増加することで酸素摂取量が増加することを報告している。また Knapik et al.⁸⁾ は、荷重負荷重量の増加に伴い歩行時のエネルギー需要量が増加することを報告している。このことから、ブーツ装着、および用具保持により通常歩行時と比較して呼吸代謝応答が高値を示すものと仮説立てた。

スキーブーツやスノーボードブーツは足関節が固定され、靴底が扁平かつ柔軟性に欠ける構造である。先行研究では、足関節の固定が歩行時の呼吸代謝応答に影響を与えないことが報告されているが⁹⁾、扁

平かつ柔軟性に欠ける靴底が歩行に与える影響については明らかではない。また荷重負荷歩行について、手提げバッグやショルダーバッグ、リュックサックの保持が歩行時の呼吸代謝応答に影響を与えることが報告されている¹⁰⁾。スキーやスノーボード用具は、肩に担いだり体側部に保持した状態で運搬するが、用具自体が長尺で、手提げバッグやショルダーバッグを保持した状態とは呼吸代謝応答が異なる可能性が考えられる。

そこで本研究は、スキーまたはスノーボードブーツを着用した状態（実験①）、また用具を保持した状態（実験②）での平地歩行時の呼吸代謝応答を計測し、靴の特性や用具運搬時の呼吸代謝応答について比較検討した。

2. 方法

2.1 実験①

健康な成人男性8名（年齢23±5歳、身長173.4±2.8cm、体重62.7±3.5kg；平均値±標準偏差）を対象とした。トレッドミル（BOIMILL-1100, エスアンドエムイー社製）を用いてスキーブーツ（Doberman PRO EDT130, NORDICA 社製、両足の重量4.49kg）、スノーボードブーツ（Ruler, Burton 社製、両足の重量1.88kg）、ランニングシューズ（被験者各自が普段使用している物、両足の重量0.46±0.11kg）での歩行をそれぞれ5分間行ない、歩行開始4分時点から5分時点までの呼吸代謝応答を測定した。3つの条件は無作為に提示し、測定は同一日に15分間の休息を設けて行なった。トレッドミルの速度は全て時速4kmとし、歩き方は任意とした。呼吸代謝測定はダグラスバック法により測定した。ガス濃度の分析は質量分析計（WSMR-1400, ウェストロン社製）を使用し、ガス量の分析には乾式ガ

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
（連絡先）脇本敏裕 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-mail : wakimoto@med.kawasaki-m.ac.jp

スメーター (DC-5, シナガワ社製) を使用した。実験環境の気温は $24.5 \pm 0.9^\circ\text{C}$ であった。

2.2 実験②

健康な成人男性8名 (年齢 23 ± 5 歳, 身長 $173.4 \pm 2.8\text{cm}$, 体重 $62.7 \pm 3.5\text{kg}$; 平均値 \pm 標準偏差) を対象とした。トレッドミルを用いてスキーブーツを履きスキー用具 (スキー板: D2 TypeS+X12 165cm, Atomic 社製, 重量 11.68kg , スtock: LC/R, 小賀坂社製, 重量 0.46kg) を保持した条件, およびスノーボードブーツを履きスノーボード用具 (スノーボード板: Surface Men 156cm, Salomon 社製, 重量 6.57kg) を保持した条件のそれぞれにおいて, 実験①と同様に呼吸代謝応答を測定した。4つの条件は無作為に提示し, 測定は同一日に15分間の休息を設けて行なった。スキー用具, スノーボード用具ともにそれぞれ持ち方を統一し, スキー用具の場合, 右肩にスキー板を担ぎ左手にストックを保持し歩行した。スノーボード用具の場合, 右体側に板のソール面を身体側に向け保持した。トレッドミルの速度は全て時速 4km とし, 歩き方は任意とした。実験環境の気温は $24.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$ であった。

2.3 統計解析

本研究の結果は, 全て平均値 \pm 標準偏差で示した。各指標における平均値の比較には繰り返しのあ一元配置の分散分析を用いた。分散分析により統計学的に有意な差が認められた項目について, Bonferroni 法による post-hoc テストを実施した。統計学的有意水準は5%とした。全ての統計解析は SPSS 22.0 (日本 IBM 社製) を用いた。

2.4 倫理的配慮

本研究は川崎医療福祉大学健康体育学科倫理委員会の承認を得て行った (承認番号: HSS140019)。

3. 結果

3.1 実験① (図1)

酸素摂取量は, ランニングシューズ ($10.2 \pm 1.0\text{ml/kg/分}$), スノーボードブーツ ($11.8 \pm 1.5\text{ml/kg/分}$), スキーブーツ ($15.9 \pm 2.3\text{ml/kg/分}$) の順に増大し, 各条件間に有意な差が認められた。換気量は, ランニングシューズ ($17.7 \pm 2.4\text{L/分}$), スノーボードブーツ ($19.6 \pm 2.3\text{L/分}$), スキーブーツ ($23.6 \pm 2.4\text{L/分}$) の順に増大し, スキーブーツとランニングシューズ, スキーブーツとスノーボードブーツには有意な差が認められたが, スノーボードブーツとランニングシューズには有意な差は認められなかった。呼吸交換比は, ランニングシューズ (0.85 ± 0.17), スノーボードブーツ (0.87 ± 0.05), スキーブーツ (0.84 ± 0.05) であり, 各条件間に有意な差は認められなかった。

3.2 実験② (図2)

酸素摂取量は, スノーボードブーツ ($11.8 \pm 1.5\text{ml/kg/分}$), スノーボードブーツ+スノーボード用具 ($13.8 \pm 1.6\text{ml/kg/分}$), スキーブーツ ($15.9 \pm 2.3\text{ml/kg/分}$), スキーブーツ+スキー用具 ($18.6 \pm 1.9\text{ml/kg/分}$) の順に増大し, 各条件間に有意な差が認められた。換気量は, スノーボードブーツ ($19.6 \pm 2.3\text{L/分}$), スノーボードブーツ+用具 ($21.0 \pm 2.1\text{L/分}$), スキーブーツ ($23.6 \pm 2.4\text{L/分}$), スキーブーツ+用具 ($27.6 \pm 2.2\text{L/分}$) の順に増大し, 各条件間に有意な差が認められた。呼吸交換比は, スノーボードブーツ (0.87 ± 0.05), スノーボードブーツ+スノーボード用具 (0.85 ± 0.04), スキーブーツ (0.84 ± 0.05), スキーブーツ+スキー用具 (0.88 ± 0.06) であり, 各条件間に有意な差は認められなかった。

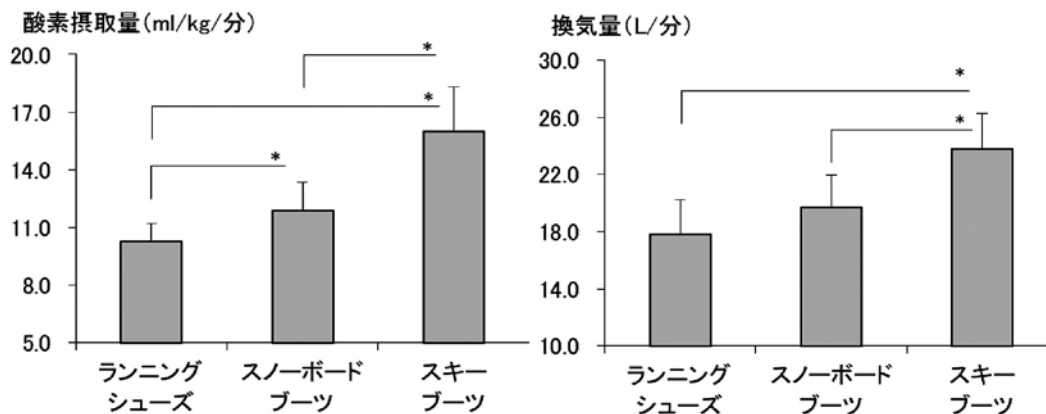


図1 ランニングシューズ, スノーボードブーツ, スキーブーツ装着が歩行時の酸素摂取量, 換気量に及ぼす影響 * $P < 0.05$

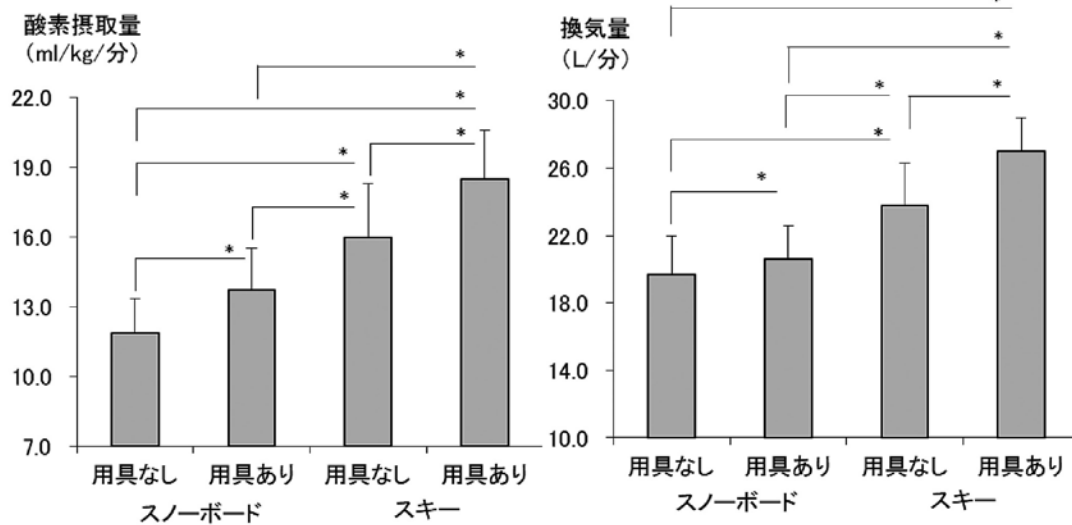


図2 スノーボードブーツ，スキーブーツの装着および滑走用具運搬の有無が歩行時における酸素摂取量，換気量に及ぼす影響 * P<0.05

4. 考察

4.1 実験①

ランニングシューズ，スキーブーツ，スノーボードブーツ装着による歩行時の呼吸代謝応答を比較すると，酸素摂取量，換気量はランニングシューズ，スノーボードブーツ，スキーブーツの順で増加した。酸素摂取量は各条件間に有意な差が認められ，換気量はスキーブーツ条件が他の条件と比較して有意に高値を示した。これらの差異を生じた要因として，ブーツの重量および構造が考えられる。

Franz et al.⁷⁾ はシューズの重量が100g増加するごとに酸素摂取量が1%増えると報告している。このデータを参考にランニングシューズを基準としてブーツの重量増による酸素摂取量の増加量を計算すると，スノーボードブーツは1.9ml/kg/分，スキーブーツは4.9ml/kg/分であると推測される。実際の酸素摂取量の増加量は，スノーボードブーツは2.1ml/kg/分，スキーブーツは6.7ml/kg/分であった。スノーボードブーツでは推測値と実測値の相違はわずかであり，主としてブーツ装着による重量増が酸素摂取量の増加に影響したと考えられる。一方で，スキーブーツでは推測値と実測値との間に37%の相違があり，重量増に加えてスキーブーツの構造が酸素摂取量の増加に影響したと考えられる。スキーブーツは，足関節の運動が制限され，足底部が扁平かつ柔軟性に欠ける構造である。Matthew et al.⁹⁾ は足関節固定装具使用下の歩行と，足関節固定装具と同重量の靴使用下の歩行を比較し，両者間の酸素摂取量に有意な差が認められなかったことを報

告している。このことからスキーブーツ装着による酸素摂取量の増加に，ブーツの重量増に加えて扁平かつ柔軟性に欠けるブーツ底面の形状が影響している可能性が考えられた。

4.2 実験②

スキーブーツおよびスノーボードブーツ装着下において，それぞれスキー用具，スノーボード用具を保持し，歩行した場合の酸素摂取量および換気量は，スノーボードブーツ，スノーボードブーツ+スノーボード用具，スキーブーツ，スキーブーツ+スキー用具の順に増大した。黒木ら¹¹⁾ は体重の10%に相当する重量負荷を体幹に保持した状態で歩行した場合の酸素摂取量は，重量負荷を保持しない条件との間に有意な差は生じないと報告している。福島¹²⁾ の研究においても，5kgの重量負荷をリュックサック，ショルダーバッグ，手さげバッグを用いて運搬しているが，いずれの運搬法においても無負荷歩行との間に酸素摂取量の差異は生じていない。また黒木ら¹³⁾ の研究では，体重の10%および20%に相当する重量を体幹部に負荷した状態で平地歩行を行ない，酸素摂取量を評価しているが，無負荷，10%負荷，20%負荷のいずれの条件においても有意な差は生じていない。今回使用したスキー用具およびスノーボード用具の重量はそれぞれ11.68kg，6.57kgであり，これは体重比19±1%および11±1%に相当する。先行研究を参考にすると，今回使用したスキー用具およびスノーボード用具の重量では酸素摂取量に差異は生じないと考えられる。田中ら¹⁰⁾ や福島¹²⁾ の研究では重量負荷をリュックサック，ショルダー

バッグ, 手提げバッグを用いて運搬し, 呼吸代謝応答を比較している. いずれの研究においてもリュックサックと比較して, 手提げバッグ, ショルダーバッグの方が酸素摂取量, 換気量などの呼吸代謝指標が高値を示すことが報告されている. 吉本ら¹⁴⁾は無負荷歩行, 手提げ歩行, リュックサック歩行を行なった際の筋活動を比較し, 手提げ歩行はリュックサック歩行と比較して大臀筋, 中臀筋, 大腿直筋, 下腿三頭筋の筋活動が増大し, 無負荷歩行と手提げ歩行を比較すると全ての筋の活動が増大したことを報告している. 横山ら¹⁵⁾は片手持ち型の運動制御について三次元動作解析を行い, 通常歩行と比較して片手持ち型では床反力と体幹の動きによってバランスを制御すると述べている. これらの先行研究を参考にすると, 本研究で行なったスキー用具の保持はそのほとんどの重量を片側へ荷重しており, スノーボード用具の保持も片側への荷重であり, 用具保持により崩れたバランスの保持のために筋活動が増大し, 酸素摂取量の増大につながったものと考えられた.

4.3 本研究の限界と今後の課題

本研究ではスキーブーツ, スノーボードブーツの装着および滑走用具の保持が呼吸代謝応答に及ぼす

影響を検討し, ブーツの装着および用具の保持により各種呼吸指標が増大することを明らかにした. この呼吸指標の増大にブーツの重量増やブーツ形状, 用具の保持方法が影響していると考えられた. ただし, 本研究では歩行中の歩数や歩幅などの歩行パラメーターを評価しておらず, その影響が考慮されていない. また, スキーおよびスノーボードを行なう際には積雪かつ傾斜のある路面を歩行することが多く, 積雪や傾斜の影響を検討することも今後の課題である.

5. 結論

スキーブーツ, スノーボードブーツの装着および滑走用具の保持により各種呼吸指標が増大することが明らかとなった. スキーブーツでは重量増に加え, ブーツの形状が影響している可能性が考えられた.

謝 辞

本研究を遂行するにあたり, 川崎医療福祉大学健康体育学科脇本ゼミ卒業生の市坂秀人氏をはじめ, 川崎医療福祉大学脇本ゼミの諸氏に協力を頂きました. ここに記して感謝の意を表します.

文 献

- 1) 日本生産性本部編: レジャー白書2016—少子化時代のキッズレジャー—. 生産性出版, 東京, 2016.
- 2) 布目靖則, 板東克彦, 永嶋秀敏: スノースポーツ (スキー・スノーボード) 死亡事故の分析. 体育研究, (46), 1-14, 2012.
- 3) 片山昭義, 中島悠介: 福祉系大学におけるスキー実習の学習効果に関する一考察—事前講習の意義と実習本番に与える影響について—. 浦和論叢, (53), 69-84, 2015.
- 4) 田井健太郎, 熊谷賢哉, 宮良俊行, 金相勲, 元嶋菜望美香, 谷木龍男, 水野哲也: 大学における野外実習の効果について (2)—キャンプ実習, マリンスポーツ実習, スキー・スノーボード実習を対象として—. 長崎国際大学論叢, 14, 1-11, 2014.
- 5) 福田修, 遠藤俊郎: スキーヤー・スノーボーダーの頭部外傷. 脳神経外科ジャーナル, 13(2), 89-95, 2004.
- 6) 杉山貴義, 杉山貴将: スキーとスノーボードにおける運動強度と滑走速度. ぐらしき作陽大学・作陽音楽短期大学研究紀要, 46(2), 71-78, 2014.
- 7) Franz JR, Wierzbinski CM and Kram R: Metabolic Cost of Running barefoot versus Shod: Is Lighter Better?. *Medicine and Sciences in Sport Exercise*, 44(8), 1519-1525, 2012.
- 8) Knapik J, Harman E and Reynolds K: Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Applied Ergonomics*, 35(4), 329-335, 2004.
- 9) Vanderpool MT, Collins SH and Kuo AD: Ankle fixation need not increase the energetic cost of human walking. *Gait & Posture*, 28(3), 427-433, 2008.
- 10) 田中貴子, 北川知佳, 朝井政治, 川俣幹雄, 土屋弦子, 岩永起代子, 千住秀明: 荷物運搬方法の相違による歩行時エネルギー消費と換気機能の変化. 長崎大学医療技術短期大学部紀要, 7, 129-132, 1993.
- 11) 黒木裕士, 森永敏博, 鈴木康三, 角南昌三: 体幹重錘負荷の歩行時酸素摂取量ならびに心拍数におよぼす影響. 理学療法のための運動生理, 3(2), 91-95, 1988.
- 12) 福島香代子: 荷物負荷部位の相違による歩行エネルギー消費量の変化. 理学療法のための運動生理, 2(1), 39-41, 1987.
- 13) 黒木裕士, 森永敏博, 鈴木康三, 角南昌蔵, 高塩純一: 体幹重量負荷歩行と傾斜歩行の酸素摂取量, 心拍数ならび

にダブルプロダクトに及ぼす影響. 京都大学医療技術短期大学部紀要, 7, 14-22, 1987.

- 14) 吉本龍司, 井上明生, 吉本美智子, 森田正治, 宮崎至恵, 甲斐悟, 中原雅美, 森下志子, 渡利一生, 松崎秀隆, 村上茂雄, 高橋精一郎: 荷物運搬方法の相違における筋活動. 理学療法学, 32(supplement2), 257, 2005.
- 15) 横山真由子, 松尾知之, 橋本雅至, 小柳磨毅, 橋詰謙: 片側荷物負荷歩行時の Kinematics と Kinetics. バイオメカニズム学術講演会予稿集, 25, 201-204, 2004.

(平成29年5月25日受理)

The Respiratory Metabolism Responses to Walking with Ski Boots or Snowboard Boots While Transporting Ski or Snowboard Gear

Toshihiro WAKIMOTO, Tatsuya SAITO, Tomomi MONRI and Takeshi MIYAKAWA

(Accepted May 25, 2017)

Key words : ski boots, snowboard boots, respiratory metabolism, walking

Correspondence to : Toshihiro WAKIMOTO

Department of Health and Sports Science
Faculty of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : wakimoto@med.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.27, No.1, 2017 215 – 220)