

神戸学園都市高塚山ハイキングコース歩行時の エネルギー消費量

The Energy Consumption of the Hiking Trail in Mt. Takatsukayama

大島 秀武*

Yoshitake Oshima

本研究は、学園都市にある高塚山ハイキングコースの距離や標高、消費カロリー等のデータを計測し、コースの生理学的特徴を明らかにすることを目的とした。高塚山コース（距離：1,192m、上りの累積標高差：71m）と長坂山コース（距離：888m、上りの累積標高差：31m）を合わせたの所要時間は 37.6 ± 2.7 分であり、歩行時の心拍数の記録から求めたエネルギー消費量は 194.0 ± 19.2 kcal であった。歩行時の最大心拍数は $67.9 \pm 5.1\%$ HRmax にまで達しており、コースを歩行することで我が国の身体活動ガイドラインに合致した運動量を確保できることが示唆された。

キーワード：心拍数、エネルギー消費量、ハイキング

I. 緒言

神戸市西区における65歳以上の高齢者は、人口比では低いものの人口全体が多いため、広い区域に多くの高齢者が暮らしている。流通科学大学が所在する学園都市でも高齢化が進み、小さいベッドタウンであることから娯楽施設等がなく、高齢者や団塊世代の方々が引きこもりがちになっている。身体活動量の低下は、身体機能¹⁾や転倒リスク²⁾に加え、精神面のQuality of Life³⁾にも関係していることが報告されている。そのため、いかにお金を掛けずに健康維持ができるか、さらには、地域住民の交流の増加と地域コミュニティの活性化などが課題となっている。また、神戸市西区は、農地である田・畑が約4割を占め、山林・原野は区北部を中心に約3割弱の面積を有し、6割以上が緑に覆われている。しかしながら、ニュータウン開発などによって、山林・原野の割合が減っており、豊かな自然景観を守り、活かしていくことが今後、非常に重要な課題であると考えられる。

学園都市にある“高塚山”は、2000年前からの古道で、江戸末期には西国往還付替道として整備され（徳川道）、天法輪寺（垂水区中山）と太山寺（西区前開）をつなぐ参拝道でもあった。昭和初期からハイキングコースとして利用され、1972年に「太陽と緑の道」として再整備されたが、1981年のニュータウン開発によって通行止めとなった。その後、2008年11月から高塚山を愛す

る会と地域住民有志にてハイキングコース復活整備が開始された。しかしながら、高塚山ハイキングコースは整備中のこともあって案内板などが設置されておらず、利用者は近隣の住民が中心であることが考えられる。

ウォーキングは特別な体力を必要とせず、歩くことができれば誰もが気軽に楽しむことのできる運動である。さらに坂道歩行を伴う山道のウォーキングは、平地歩行に比べて大腿部の筋肉への刺激が増し、消費エネルギーも増大するなどの効果が期待される⁴⁾。しかしながら、高塚山ハイキングコースは距離や標高などの特徴が明らかにされておらず、歩行に伴うエネルギー消費量も測定されていない。

そこで本研究では、いつでも気軽に安心して楽しみながら健康づくりができるよう、学園都市にある高塚山ハイキングコースの案内板を設置するため、距離や標高、消費カロリー等の数値データを計測し、コースの生理学的特徴を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. ハイキングコースのルート

学園都市駅から南東部に位置する高塚山(図1)における高塚山北出入口～高塚山西出入口のルート(高塚山コース)および、長坂山東出入口～長坂山中央出入口のルート(長坂山コース)を測定コースとした。



図1. 高塚山ハイキングコースのロケーション

2. 推定式によるエネルギー消費量の算出

ハイキングコースの距離および標高について、GPS ロガー (I-gotU, MobileAction 社製, 台湾) を携帯してコースを歩行することで測定した。

推定式については、中原ら⁵⁾の先行研究に基づき、以下の式を用いた。

エネルギー消費量 (kcal) = $[1.8 \times \text{歩行時間 (h)} + 0.3 \times \text{歩行距離 (km)} + 10.0 \times \text{上りの累積標高差 (km)} + 0.6 \times \text{下りの累積標高差 (km)}] \times [\text{体重 (kg)}]$ …… 式 1

3. エネルギー消費量検証実験

運動中の心拍数とエネルギー消費量との間には、高い相関関係がある。そのため、事前に実験室で個々人の心拍数-エネルギー消費量の回帰式を求め、その式にハイキングコース歩行時に測定した心拍数を代入することで、エネルギー消費量を算出した。

(1) 対象

健常な大学生男子 8 名 (平均年齢 20.4±0.5 歳) を対象とした。対象者の身長は 171.4±4.9 cm、体重は 66.4±4.6 kg、BMI は 22.6±2.0 であった。実験に先立って本研究の主旨および方法の説明を行い、参加の同意を得た。

(2) 心拍数-エネルギー消費量の回帰式

運動はトレッドミルにより、3 分ごとに負荷量を増加させる Bruce のプロトコルを用いた。運動中の心拍数をフクダ電子社製テレメータ心電計により連続記録した心電図により測定した。運動時の換気諸量はミナト医科学社製の呼気ガス分析装置 (AE-280S) を用い、breath-by-breath 法により測定した。

エネルギー消費量は、以下の Weir の式⁶⁾から求めた。

エネルギー消費量 (kcal) = $3.9 \times \text{酸素摂取量} + 1.1 \times \text{二酸化炭素排出量}$
得られたデータから各対象者の心拍数-エネルギー消費量の回帰式を作成した。

(3) 歩行時の心拍数の測定

ハイキングコース歩行時の心拍数の測定は、polar 社製 (フィンランド) の心拍計 (RS400) を用い、胸部にチェストベルト、腕に受信機を装着して測定し、15 秒ごとに心拍数データを記録した。

4. 統計処理

値はすべて平均値±標準偏差で示した。推定式と心拍数から求めたエネルギー消費量の関係は、

Pearson の相関係数の検定を用いた。系統誤差の有無は、Bland-Altman プロット⁷⁾により評価した。すべての統計処理には SPSS Statistics version 22.0 (IBM 社)を用い、統計的有意水準は 5%未満とした。

III. 結果

1. GPS によるハイキングコースの測定

GPS により測定された各コースの距離と標高を図 2 に示した。高塚山コースは 1,192m であり、上りの累積標高差は 71m、下りの累積標高差は 62m であった。長坂山コースは 888m であり、上りの累積標高差は 31m、下りの累積標高差は 25m であった。

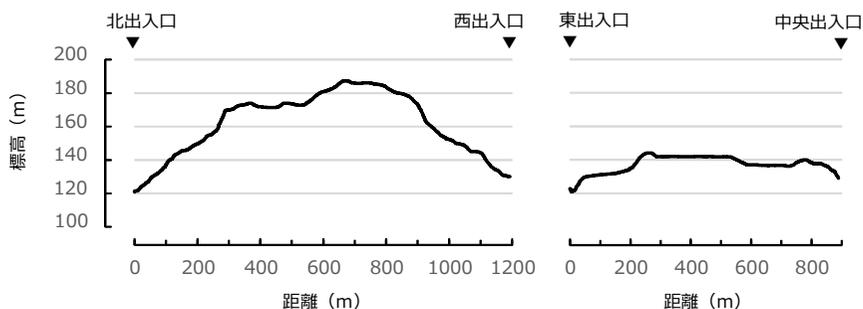


図 2. 高塚山ハイキングコースの距離と標高

2. 検証結果

(1) 推定式からのエネルギー消費量

高塚山コースの歩行時間は 24.1 ± 1.9 分であり、式 1 に基づいて算出したエネルギー消費量は 121.6 ± 10.7 kcal であった。長坂山コースの歩行時間は 13.5 ± 1.1 分であり、推定式からのエネルギー消費量は 72.4 ± 6.7 kcal であった。また両コースの合計は、 37.6 ± 2.7 分であり、 194.1 ± 17.2 kcal であった。

(2) 心拍数からのエネルギー消費量

1 例のコース歩行中の心拍数の変動を図 3 に示した。高塚山コースでは、スタート直後から心拍数が徐々に増加した。その後、年齢からの予測最大心拍数 (HRmax) の 65%前後で推移した。通過後から徐々に心拍数は低下し、高塚山西出入口に到着した。長坂山コースでは、歩行開始から増減を 2 度繰り返した後、55%HRmax 前後で推移し、長坂山中央出入口に到着した。

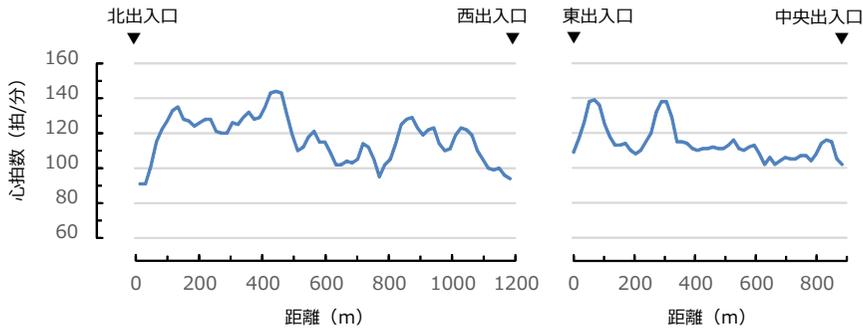


図 3. 高塚山ハイキングコース歩行時の心拍数の変動

図 3 の対象と同様に全例において高塚山コースで心拍数の最大値が認められ、歩行中の最大心拍数は、平均 $67.9 \pm 5.1\% \text{HR}_{\text{max}}$ であった。

歩行時の心拍数を心拍数-エネルギー消費量の回帰式に代入することで得られた推定エネルギー消費量は、高塚山コースで $120.7 \pm 12.0 \text{kcal}$ 、長坂山コースで $73.4 \pm 7.5 \text{kcal}$ であり、両コースの合計は $194.0 \pm 19.2 \text{kcal}$ であった。

(3) エネルギー消費量の比較

推定式からのエネルギー消費量と心拍数からのエネルギー消費量を比較した結果、高塚山コースで $r = 0.896$ ($p = 0.003$)、長坂山コースで $r = 0.925$ ($p < 0.001$) とそれぞれ有意な相関関係が認められ、両コースの合計値においても $r = 0.934$ ($p < 0.001$) と有意な相関関係が認められた(図 4)。また、Bland-Altman 分析では、両変数間に系統誤差が認められなかった。(図 5)

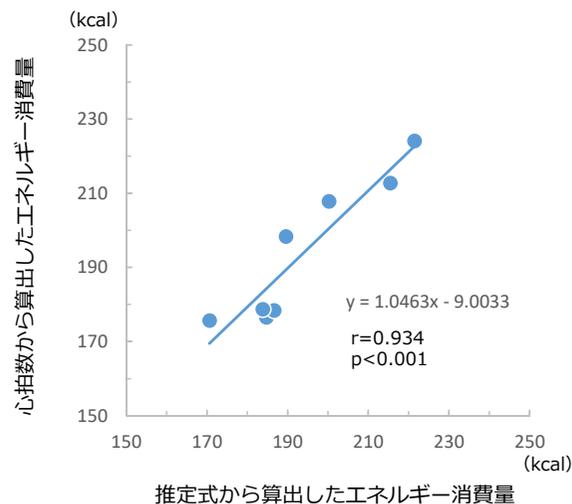


図 4. 心拍数と推定式から算出したエネルギー消費量の関係

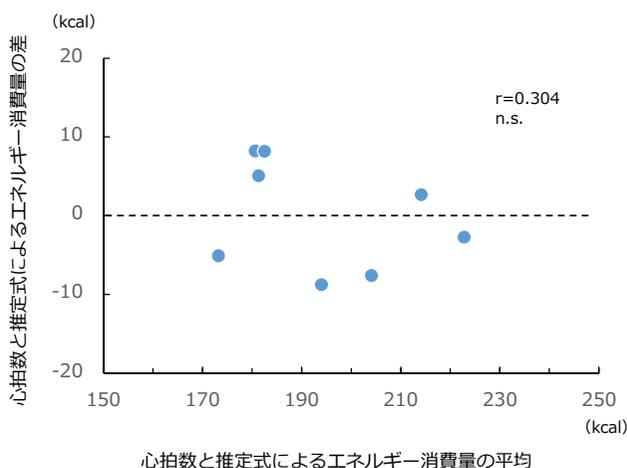


図 5. Bland Altman プロット

IV. 考察

本研究は、高塚山ハイキングコース歩行中の心拍数を測定し、実験室で求めた心拍数-エネルギー消費量の関係式に代入して、ハイキングによるエネルギー消費量を算出した。その結果、歩行中に心拍数は最大で平均 $67.9 \pm 5.1\%$ HRmax まで上昇し、高塚山コースは 24.1 ± 1.9 分で 120.7 ± 12.0 kcal、長坂山コースは 13.5 ± 1.1 分で 73.4 ± 7.5 kcal であった。

現在、我が国では「健康づくりのための身体活動基準 2013」ならびに「健康づくりのための身体活動指針 (アクティブガイド)」(以下、基準・指針) が策定されている⁸⁾。「アクティブガイド」では「+10 (プラステン): 今より 10 分多く体を動かそう」をメインメッセージとし、「歩行又はそれと同等以上の強度の身体活動を毎日 60 分行う」ことを身体活動量の基準とし、「息が弾み汗をかく程度の運動を毎週 60 分行う」ことを運動量の基準としている。本研究で調査を行った長坂山コースは平均 13.5 分の短いコースであり、アクティブガイドの「プラステン」を実行するのに適したコースである。また、高塚山コースは平均 24.1 分のコースであり、長坂山コースと合わせると平均 37.6 分となる。運動強度についても高塚山コースの上り坂歩行時には平均 $67.9 \pm 5.1\%$ HRmax まで達している。そのため、週に 2 回程度、高塚山コースと長坂山コースを歩行することで運動量の基準に合致した運動量になることが考えられる。このように我が国のアクティブガイドの観点からも高塚山ハイキングコースは健康づくりに適したコースであることが示唆された。

心拍数から求めたコース歩行時のエネルギー消費量を先行研究における推定式から算出したエネルギー消費量と比較した結果、有意な相関関係が認められた。また、Bland-Altman 分析では、両変数間に系統誤差が認められなかった。本研究では、ハイキングコース歩行中の心拍数の変動からエネルギー消費量を算出するために、実験室でのトレッドミルを使って心拍数-エネルギー消費量の関係式を作成した。その際、トレッドミルの速度と傾斜角度を 3 分ごとに増加させる多段階負荷

漸増法を用いた。ハイキングは水平および上り坂だけではなく、下り坂も存在する。坂道を下るときには筋は伸張性収縮をするが、短縮性収縮をする運動に比べて、同じ酸素摂取量に対する心拍数がより大きくなることが報告されている⁹⁾。また、運動強度が絶えず変化するような運動では、心拍数からエネルギー消費量を推定しようとするのが過大評価しやすいと指摘されている¹⁰⁾。これに対して、本研究で用いた歩行距離と標高差からエネルギー消費量を算出する推定式は携帯型の呼気ガス分析装置を用いて作成されているが⁵⁾、心拍数からのエネルギー消費量が過大評価するといった傾向は認められなかった。その理由として、長坂山コースは高低差が少なく、高塚山コースも高低差は約70mとそれほど大きくなく、運動強度が変化するようなコースではなかったことが考えられる。今後、携帯型の呼気ガス分析装置を用いて実測値と比較するなど、さらなる検討が必要である。

ハイキングは自然を楽しみながら歩くことを主とし、爽快感と楽しさを伴うスポーツとして多くの人々に親しまれている。平地でのウォーキングのみでは、加齢による脚の筋力低下は防ぐことは難しく、高齢期では筋力は年に1~2%ずつ低下していくと言われている¹¹⁾。これに対して、登山やハイキングでの上り坂での歩行の場合は下肢の筋で平地でのウォーキングよりも大きな筋力発揮が行われる⁴⁾。特に大腿四頭筋では、最大筋力の30%以上の筋力を発揮することが多く、下り坂ではウォーキングの2倍近い筋力発揮を行う場合もある¹²⁾。そのため、平地のみでなく上り坂や下り坂を歩行する登山やハイキングは、脚筋力の維持・改善にとっても効果的であると考えられる。これまでも先行研究においてハイキングや登山の運動強度やエネルギー消費量に関する報告がなされている。渡辺ら¹³⁾は、富士山登山で5合目から頂上まで所要時間は213分であり、エネルギー消費量は1803.4kcalであったと報告している。また、橋本ら¹⁴⁾は、山梨県清里高原ハイキングコースについて運動量を測定した結果、所要時間は2時間で約600kcalのエネルギーを消費したことを報告している。健康づくりのために登山やハイキングを行う人が増えてきており、先行報告にもあるように、登山やハイキングは一日の行動時間が長いので多量のエネルギーを消費する。その反面で、一週間に数回といったように日常的に実施することは難しい。最近では余暇の時間を利用して積極的に運動を行う人も増えてきているが、本来、運動は特別なものではなく、生活の一部として取り入れるべきである。本研究で調査を行った高塚山ハイキングコースは高塚山コースと長坂山コースを合わせても所要時間は37.6分と短く気軽に歩行できるコースであり、本格的な運動としてではなく、生活の一部としての利用が望まれる。

本研究の限界として、検証実験での対象が男子大学生のみであり、人数が8名と少ないことがあげられる。ハイキングの実施者や高塚山ハイキングコースの利用者は中高齢者が多いため、今後、幅広い年齢層を対象として検証する必要があると考えられる。

V. まとめ

神戸学園都市に位置する高塚山ハイキングコース歩行時の所要時間およびエネルギー消費量を

検討した。高塚山コースおよび長坂山コースの合計所用時間は 37.6 ± 2.7 分であり、歩行時の心拍数の測定に基づいて求めたエネルギー消費量は 194.0 ± 19.2 kcal であった。上り坂歩行時には平均 $67.9 \pm 5.1\%$ HRmax まで心拍数が達しており、気軽に健康づくりのためのハイキングコースとしての利用が望まれる。

謝辞

本研究は、神戸研究学園都市大学交流推進協議会による平成 25 年度共同研究の一環として実施したものである。

本研究を実施するにあたり、ご協力いただきました研究室ゼミ学生、神戸学園都市高塚山を愛する会の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 角田憲治, 辻大士, 尹智暎, 村木敏明, 大藏倫博: 「地域在住高齢者の余暇活動量, 家庭内活動量, 仕事関連活動量と身体機能との関連性」, 『日本老年医学会会誌』 47 (2010) 592-600.
- 2) Peeters GM, van Schoor NM, Pluijm SM, Deeg DJ, Lips P: "Is there a U-shaped association between physical activity and falling in older persons?" , *Osteoporos Int.*, 21 (2010) 1189-1195.
- 3) Aoyagi Y, Park H, S, Shephard RJ: "Habitual physical activity and health-related quality of life in older adults: interactions between the amount and intensity of activity (the Nakanojo Study)" , *Qual Life Res.*, 19 (2010) 333-338.
- 4) 山本正嘉: 「登山の運動生理学」 増山茂監 『登山医学入門』 (山と溪谷社, 2006), pp.109-127.
- 5) 中原玲緒奈, 萩原正大, 山本正嘉: 「登山のエネルギー消費量推定式の作成—歩行時間, 歩行距離, 体重, ザック重量との関係から—」, 『登山医学』 26 (2006) 115-121.
- 6) Weir JB: "New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism" , *J Physiol.*, 109 (1949) 1-9.
- 7) Bland JM, Altman DG: "Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement" *Lancet*, 1 (1986) 307-310.
- 8) 厚生労働省運動基準・運動指針の改定に関する検討会: 「健康づくりのための身体活動基準 2013」
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>
- 9) 山地啓司: 「運動処方のための心拍数の科学」 (杏林書院, 1981)
- 10) 高見京太: 「スポーツ活動時のエネルギー消費量の測定」, 『体育の科学』 48 (1998) 393-399.
- 11) Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A: "Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years" *Age Aging*, 23 (1994) 371-377.
- 12) 前川亮子, 島典広, 山本正嘉: 「登山中に脚筋にかかる負担度に関する筋電図学的研究—上りと下り, 傾斜, ザック重量との関連から—」, 『ウォーキング研究』 11 (2007) 239-246.
- 13) 渡辺俊男, 松下清子, 広沢昭男: 「登山におけるエネルギー代謝量の研究」, 『体育学研究』 5 (1964) 142.
- 14) 橋本勲, 岡崎有希子: 「女子大生の清里ハイキングのエネルギー消費量に関する研究」, 『大妻女子大学家政系研究紀要』 40 (2004), 133-138.