

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500583

研究課題名(和文) 登山事故を防止するための運動生理学・体力科学的なフィールド研究

研究課題名(英文) Prevention of mountaineering accidents from the viewpoint of exercise physiology

研究代表者

山本 正嘉 (Yamamoto, Masayoshi)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授

研究者番号：60175669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：日本において登山は、国民スポーツの一つといえるほど盛んである。このような登山人気の背景には健康志向があるが、事故も増加の一途をたどっている。本研究では、事故のない安全登山はもとより、一歩進んで健康増進に積極的に役立つような登山処方 of 確立を目指し、以下のような点を明らかにした。

1) 実際の登山中に身体がどのような負担を受けているのかを様々な角度から明らかにした。2) 登山中のエネルギーと水分補給に関する指針を示した。3) 登山に必要な体力を有しているかを判定するための簡易な体力テストを3種類開発した。4) 登山に必要な体力を身につけるためのトレーニング処方を考案した。

研究成果の概要(英文)：In Japan, Mountaineering by middle and old aged men and women is very popular, but accidents increase year by year. Accidents by slipping down are most common and it suggest their lack of leg muscle strengths. In spite of they carry out daily aerobic exercise such as walking, many of them experience physical troubles in mountain caused by the lack of leg strengths, i.e.: leg muscle soreness, knee joint pain, and wobbly legs. These facts indicate that their fitness level and training programs are not enough for preventing mountaineering accidents. Therefore this study aimed to solve the following four points; 1) estimating the physical intensity during mountaineering, 2) showing guidelines of supplying energy and fluid, 3) developing physical fitness tests for mountaineers, 4) showing physical training programs for improving mountaineering specific fitness.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：登山 事故防止 体力 トレーニング 体力テスト

1. 研究開始当初の背景

日本は登山の盛んな国であり、現在 600～800 万人の愛好者がいると推計されている。過去 30 年間は中高年登山者が多くを占めていたが、ここ数年では若い男女の参入も著しく、国民的なスポーツといえる状況となっている。

このような登山人気の背景には、健康志向がある。登山は、ウォーキングを発展させた身体運動と位置づけられ、適切に行えば健康の維持増進にとって優れた運動となりうる。

しかし登山は、歩行時間が長い、坂道の不整地面を上り下りする、荷物を背負って歩く、高所（低酸素・低温）環境で行われるといった特性から、無理なやり方をすれば様々な身体トラブルを引き起こしたり、事故につながる危険性もある。実際に、登山事故はここ 10 年間以上にわたり増加し続けている。

登山事故が後を絶たない背景として、安全登山に寄与するような実用性のある研究が、ほとんど行われてこなかったことがあげられる。このことは、ウォーキング、ジョギング、水中運動など、現在健康のための運動として定着している他の身体運動において、すでに多数の研究が行われ、安全で効果的な運動プログラムが確立していることを考えると、正反対の状況といえる。

2. 研究の目的

登山者やその指導者にとって、事故を未然に防ぎ、安全で健康的な登山をするための具体的な知識、登山中における身体ケアの方法、そして普段からのトレーニング方法について、運動生理学および体力科学的な視点から解明することを目的とする。そして事故のない安全登山はもとより、一歩進んで健康増進に積極的に役立つような登山の方法論、すなわち「登山処方」の確立を目指すために、以下の 4 つの視点から研究を行う。

(1) 実際の登山中に身体がどのような負担

を受けているのかを明らかにする

(2) 登山中のエネルギーと水分補給に関する指針を示す

(3) 登山に必要な体力を有しているかを判定するための簡易な体力テストを開発する

(4) 登山のための体力を強化するための簡易なトレーニング方法の指針を示す

3. 研究の方法

(1) 登山時の負担度の解明

傾斜を付けたトレッドミルによるシミュレーション歩行を用いて、歩行速度、傾斜、および担荷重量を様々な変化させた時の心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度などを測定した。そして、登山中の負担度や、それがどのような要因によってどの程度変化するのかを明らかにした。

(2) エネルギーと水分補給の指針作り

登山事故の大きな原因と考えられるエネルギーと水分の欠乏による疲労を防止するために、実際の山でそれぞれの消費量を測定した。そしてそれをもとに、それぞれの適正な補給指針を、山の特性（登下降距離、行動時間）や個人の特性（主に体重）に応じて示すための指針作りをした。

(3) 登山者向けの体力テストの開発

水平方向ではなく、垂直方向に体重を移動させるという、登山の特性に応じた筋力および持久力が評価できるテストをいくつか考案した。具体的には以下の 3 種類の方法について検討した。

実際の山での登高能力テスト（タイムトライアルテスト）

踏み台昇降運動を用いた PWC150 テスト（PWC 登高 150 テスト）

スクワット運動を一定回数行った際のきつさ、および上体起こし運動を 30 秒間全力で行った時の回数により判定するテスト（自

体重負荷テスト)

(4) 体力トレーニング法の開発

スクワット能力と上体起こし能力が登山における歩行能力と密接な関連があることに着目し、様々な登山者へのアンケート調査および体力テストの結果をもとに、これらの自体重負荷運動により、筋力を鍛えるトレーニング法を提示し、あわせてそのトレーニング指針作りをした。さらに、下りの歩行運動(伸張性の筋運動)を用いてできる、簡易な脚筋力強化のトレーニング方法についても検討した。

4. 研究成果

(1) 登山時の生理的負担度の解明

エネルギー消費量は、水平方向ではなく、垂直方向への仕事率に対して、2次関数の関係で応答していることを明らかにした。なお仕事率は、自体重に担荷重量を加えた値に比例していた。そして心拍数、血中乳酸値などの生理指標も、これと連動して変化していた。

この結果を元にして、体重と担荷重量別に、鉛直方向にどの程度の速度で移動した時に、どの程度の運動強度となるかをメッツの単位で一覧表に表すことができた。この成果は、登山者が自分の体力にとって無理のない登山ペースを決定する上で、簡易な指標になると考えられる。

また、主観的運動強度で強度を調節する場合、13(ややきつい)では乳酸閾値を逸脱してオーバーペースになる可能性が高く、12(楽でもないがきつくはない)の付近がマイペースとして最適であることを、実際の山での実験により明らかにした。

(2) エネルギーと水分補給の指針作り

日帰りの軽装登山を想定して、整備された無雪期の登山道を、標準コースタイムで歩いた場合には、行動中のエネルギー消費量

(kcal)と脱水量(ml)が、体重(kg)×行動時間(h)×5という簡単な式で表されることを明らかにした。

さらに、荷物が重くなった場合や、歩行速度が標準コースタイムから外れる場合にも適用できるような普遍性の高い式についても作成した。

後者の普遍式については、ある時計会社の注目するところとなり、この方程式を内蔵し、歩行時のエネルギー消費量を表示できるウォッチが開発された。また、長野県の遭難防止協会がこの式を活用して、長野県の主な登山コースに体力的なグレードをつける作業が進められている。

これとあわせて、上記のエネルギーや水分の消費量に対して、どの程度を補給すべきかについての指針も示した。これは現在、日本登山医学会が作成している登山事故防止のための指針に加えられる予定である。

(3) 登山者向けの体力テストの開発

タイムトライアルテスト

実際の山で、無理のない範囲でできるだけ早く登高した時の速度から、体力レベルを判別する方法を提示した。たとえば、軽装備の場合、鉛直方向への上昇率が400m以上の場合には、無雪期の北アルプス等、最もハードな部類の登山ができるような体力を有することが示唆された。一方、300m未満の場合には、ハイキングをする上での体力にも不安があることも示唆された。

PWC 登高 150 テスト

日常でできる評価方法として、踏み台昇降運動時の心拍数からPWC150の考え方を用いて評価する方法についても考案した。これについては自転車エルゴメーター運動と一定の互換性があること、しかも登山に特異的な脚の筋持久力を加味した能力が測定できることを示した。

自体重負荷テスト

登山における歩行能力と脚力とが関連を

持つことから、スクワットを 10 回×3 セット行った際の「きつさ」から、体力評価を行う方法を提案した。上記の回数を行って、きつと感じた者や、翌日筋肉痛が起こった者については、ハイキング程度の登山でも危険性があることが示唆された。

たとえば、北アルプス等の無雪期のハードな山に登るためには、この運動を 15 回×5 セット楽に行うことができ、運動後に筋肉痛を起こさない事が必要であることが示唆された。

上体起こし運動についても、スクワット運動と同様に簡易な体力指針を示した。

(4) 登山向けの簡易なトレーニング法の開発

登山にとって重要な体力として、筋力と全身持久力の 2 つがある。ただし本研究の結果から、筋力の方が持久力よりもよりプライオリティが高いことが示唆された。

また、登山中の身体トラブルの上位 3 位までを占める「筋肉痛」「ひざの痛み」「下りで脚がガクガクになる」は、いずれも筋力不足により起こるものであることが明らかとなった。またその筋肉の部位は、脚筋（主として大腿四頭筋）と腹筋群であることがわかった。

そこでこの結果を受けて、自体重負荷を利用して簡易にできるスクワットトレーニングと上体起こしトレーニングの 2 つを選び、それぞれの身につけるべき目標レベルを示した。

たとえば、北アルプスなどハードな無雪期登山を目指す人の場合には、スクワットであれば 15 回×5 セットが楽にできて、運動後に筋肉痛にならないこと、また上体起こし運動では 30 秒間で 20 回以上できること、といった表現で表した。

下り坂歩行によるトレーニングでは、1 週間に 1 回、40 分間の連続的な下り坂運動を行うことで筋力が増加するという結果が得ら

れた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 20 件)

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 高度 0~3,500m 相当の常圧低酸素環境下における登山をシミュレーションした上り坂歩行時の生理・心理応答. スポーツトレーニング研究, 15:25-31, 2014, 3, 31. 査読なし

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 若年登山者の全身持久力を評価するための踏み台を利用した「PWC 踏み台 150 テスト」の開発; テストの妥当性と信頼性の検討. ウォーキング研究, 17: 29-33, 2013, 12, 31. 査読あり

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 乳酸性閾値以下のレベルで登高するための主観的運動強度はどれくらいか; 登山の初心者を対象とした検討. 登山医学, 33: 108-113, 2013, 12, 31. 査読あり

森 寿仁, 奥島 大, 山本正嘉: 3,000m 台の高度で重度の急性高山病を発症しやすい登山者 2 名を対象とした低酸素順化トレーニングの効果. 登山医学, 33: 153-162, 2013, 12, 31. 査読あり

前大純朗, 宮崎喜美乃, 金久博昭, 山本正嘉: 事前に短時間の下り坂歩行を行うことで長時間の下り坂歩行後の筋機能低下と筋肉痛は軽減する. 登山医学, 33: 99-107, 2013, 12, 31. 査読あり

安藤真由子, 山本正嘉: 日本人の高所登山者・トレッカーの実態; 身体特性, 健康状況, 呼吸機能, 登山状況との関連から. 登山医学, 33: 121-127, 2013, 12, 31. 査読あり

山本正嘉: 登山活動における疲労・トラブルを防止するためのエネルギーと水分補給の指針. 救急医学, 37: 832-835, 2013, 7. 査読なし

山本正嘉: 登山におけるエネルギーと水分

補給の指針 . 登山研修 , 28: 37-39 , 2013, 3, 31. 査読なし

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 現代の大学生登山部員および優秀な社会人登山家の体力特性 . 登山研修 , 28: 30-36 , 2013, 3, 31. 査読なし

山本正嘉: 登山時のエネルギー・水分補給に関する「現実的」な指針の作成 . 登山医学 , 32: 36-44, 2012, 12, 31. 査読なし

森 寿仁, 宮崎喜美乃, 山本正嘉: 3,000m 台の高度で重度の急性高山病を発症しやすい登山者の生理的な特性 . 登山医学 , 32: 127-135 , 2012, 12, 31. 査読あり

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 山での登高タイムを指標とした登山者の体力評価法に関する研究 ; “ 六甲タイムトライアル ” を対象とした検討 . 登山医学 , 32: 93-102 , 2012, 12, 31. 査読あり

前大純朗, 加根元亘, 宮崎喜美乃, 山本正嘉: 登山をシミュレーションした上り坂および下り坂歩行時の筋活動水準 ; 傾斜 , 速度 , および担荷重量との関連から . 登山医学 , 32: 103-115 , 2012, 12, 31. 査読あり

山本正嘉: 低酸素室を利用したトレーニング ; 高所登山・トレッキング . 体育の科学 , 62(10): 791-797 , 2012, 10, 1. 査読なし

奥島 大, 一箭フェルナンドヒロシ, 山本正嘉: 高度 0m , 1500m , 2500m , 3500m 相当の常圧低酸素環境下における運動時の生理応答 . トレーニング科学 , 24(2): 203-215 , 2012, 8, 10. 査読あり

山本正嘉: 現代の中高年登山者の体力不足の実態と今後の課題 . 登山医学 , 31: 37-42, 2011, 12, 31. 査読あり

笹子悠歩, 山本正嘉: 登山経験の少ない高齢者における富士登山時の生理応答 ; 運動時 , 安静時 , 睡眠時を対象として . 登山医学 , 31: 132-144 , 2011, 12, 31. 査読あり

山本正嘉: 寒冷環境下での運動に関する今後の研究課題 ; トムラウシ山での低体温症事故の調査結果から . 体育の科学 , 61(11):

841-844 , 2011, 11, 1. 査読なし

山本正嘉: 高所登山のためのトレーニング . 臨床スポーツ医学 , 28(7): 737-743, 2011, 7, 1. 査読なし

萩原正大, 山本正嘉: 歩行路の傾斜 , 歩行速度 , および担荷重量との関連からみた登山時の生理的負担度の体系的な評価 ; トレッドミルでのシミュレーション歩行による検討 . 体力科学 , 60(3): 327-341 , 2011, 6, 12. 査読あり

[学会発表](計 13 件)

前大純朗, 山本正嘉, 金久博昭: 週 1 回・4 週間の下り坂歩行トレーニングは膝関節伸筋群の伸張性筋力を特異的に増加させる . 日本体育学会第 64 回大会 , 立命館大学 , 2013, 8, 28-30.

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 登山中の主観的強度と心拍数・血中乳酸レベルとの対応関係 . 第 33 回日本登山医学会学術集会 , 京都大学 , 2013, 6, 15-16 .

森 寿仁, 山本正嘉: 急性高山病にかかりやすい登山者を対象とした事前順化トレーニングの効果 . 第 33 回日本登山医学会学術集会 , 京都大学 , 2013, 6, 15-16 .

前大純朗, 宮崎喜美乃, 金久博昭, 山本正嘉: 事前に短時間の下り坂歩行を行うことで長時間の下り坂歩行後の筋力低下と筋肉痛は軽減する . 第 33 回日本登山医学会学術集会 , 京都大学 , 2013, 6, 15-16 .

安藤真由子, 山本正嘉: 日本人の高所登山者・トレッカーの身体特性 , 健康状況 , 呼吸機能の特性 . 第 33 回日本登山医学会学術集会 , 京都大学 , 2013, 6, 15-16 .

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 若年登山者の持久力を評価するための踏み台を利用した「PWCstep150」テストの開発 ; テストの妥当性と信頼性の検討 . 第 17 回日本ウォーキング学会大会 , 静岡大学 , 2013, 6, 8-9.

宮崎喜美乃, 山本正嘉: 若年登山者の持久

力を評価するための踏み台を用いた PWC150 テストの開発。第 25 回日本トレーニング科学学会大会，立命館大学，2012,12,1-2.

山本正嘉：登山における低栄養下での運動生理（シンポジウム）。第 32 回日本登山医学会学術集会，福岡市，2012,6,16-17.

宮崎喜美乃，森 寿仁，山本正嘉：山での登高速度を指標とした登山者の体力評価法に関する研究；「六甲タイムトライアル」を対象とした検討。第 32 回日本登山医学会学術集会，福岡市，2012,6,16-17.

森 寿仁，宮崎喜美乃，山本正嘉：急性高山病にかかりやすい登山者の安静時および運動時の生理的特徴。第 32 回日本登山医学会学術集会，福岡市，2012,6,16-17.

前大純朗，加根元 亘，宮崎喜美乃，山本正嘉：登山をシミュレーションした上り坂および下り坂歩行時の筋活動水準；傾斜，速度，および担荷重量との関連から。第 32 回日本登山医学会学術集会，福岡市，2012,6,16-17.

山本正嘉：現代の中老年登山者の体力不足の実態と今後の課題（シンポジウム）。第 31 回日本登山医学会学術集会，2011,6,11-12，東京。（抄録集，pp.28-29）

笹子悠歩，山本正嘉：登山経験の少ない高齢者における富士登山時の生理応答；運動時，安静時，睡眠時を対象として。第 31 回日本登山医学会学術集会，2011,6,11-12，東京。（抄録集，p.63）

〔図書〕(計 4 件)

羽根田 治，飯田 肇，金田正樹，山本正嘉：トムラウシ山遭難はなぜ起きたのか；低体温症と事故の教訓（ヤマケイ文庫）。山と渓谷社，東京，2012,8,5。（「運動生理学」pp.251-309 の部分を執筆）

坂本静男編著：メタボリックシンドロームに効果的な運動・スポーツ，ナップ，東京，2011,11,15。（山本正嘉：第 6 章-3. ハイキング・登山（pp.106-117）を執筆）

山本正嘉（許懐文訳，李再立審定）：登山前一定要知的事。木馬文化事業股分有限公司，台北，2011,8，pp.1-329（『登山の運動生理学百科』，東京新聞出版局，2000. の台湾語訳）。

山地啓司，大築立志，田中宏暁編著：スポーツ・運動生理学概説，明和出版，東京，2011,3,1。（山本正嘉：12 章：運動と環境；低圧 / 低酸素および高圧 / 高酸素環境下での生理応答（pp.231-237），高所環境でのスポーツとトレーニング（pp.237-240，253-254）を執筆）

〔産業財産権〕

出願状況（計 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本正嘉 (YAMAMOTO Masayoshi)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授
研究者番号：60175669