

# 女子大学生におけるトレッキング前後の足趾把持力の変化と疲労について

Changes in Toe Grasp Strength and Fatigue Before and After Trekking in Female College Students

酒井 紳

SAKAI Shin

永井 将史

NAGAI Masashi

## Abstract

In mountain trekking, accidents tend to occur more frequently during descent, and this is often attributed to knee joint movement being hindered by quadriceps fatigue. The feet play an essential role not only in supporting the body in a standing position but also in maintaining balance while walking. However, few studies have focused on the impact of mountain trekking on the feet. Therefore, this study aims to clarify the relationship between grip strength reduction and fatigue caused by mountain trekking by measuring grip strength before and after trekking practice. The results revealed a significant decrease in grip strength of the left foot after trekking. Additionally, a majority of participants reported feeling the most fatigued during descent, with 50% indicating the lower legs and feet as the primary areas of fatigue. These findings suggest that mountain trekking induces fatigue in the feet, leading to a decrease in foot grip strength after trekking.

## 要旨

大学の授業におけるトレッキングや登山を安全に実施するためには、特に転倒の予防について検討することが重要である。登山行程中に発生する事故は、下山時により頻繁に発生する傾向があり、これは大腿四頭筋の疲労によって膝関節の動きが妨げられることが一因とされている。足部は立位で体を支えるだけでなく、歩行時のバランスを保つ上でも重要な役割を果たしていると考えられるが、トレッキングや登山により足部の機能がどのような影響を受けるかに注目した研究は少ない。そこで本研究では、トレッキングによる足趾把持力の減少と疲労との関係を明らかにするため、トレッキングの実施前後で女子大学生の足趾把持力を測定した。その結果、トレッキング後に左足の把持力が有意に低下することが明らかになった。また、参加者の多くは下山時に最も疲労を感じ、50%が下腿や足部を主な疲労部位として感じていた。これらの結果は、トレッキングが足部に疲労を引き起こし、トレッキング後の足趾把持力低下に関係していると考えられる。

**Keywords:** mountaineering, fatigue, foot, lower limbs, descent

**キーワード:** 登山、疲労、足部、下腿、下山

## 1. はじめに

トレッキングや登山は多くの人々に親しまれるアウトドア活動の一つであり、数多くの大学の野外実習にもプログラムとして取り入れられている。本学においても、5月に開講される子どもスポーツ学科の野外活動演習、8月に開講される体育学部のキャンプのプログラムにこれらの活動が含まれている。

近年、トレッキングや登山を含む野外実習では、現代社会で必要とされる汎用的能力が育成されることが報告されており（青木ほか，2012；古賀ほか，2016），今後の大学教育においても重要な授業として継続されることが期待される。そのためにはトレッキングや登山が安全に実施されることが重要であるが、このことに関する知見の蓄積は十分とは言えない。山岳遭難の態様は「道迷い」に次いで「転倒」が多い（警察庁，2022）。道迷いは指導者が対処しやすい危険であるといえるが、転倒は登山者自身の状態に依存するため、大学の授業におけるトレッキングや登山を安全に実施するためには、特に転倒の予防について検討することが重要である。

通常、登山では下山の行程で事故が発生しやすく、下肢の疲労による転倒などがその原因として挙げられる（前大ほか，2013）。この疲労に関しては大腿四頭筋の疲労による膝関節の動きの阻害が原因であると指摘されている（桐野ほか，2015；山田ほか，2018；吉塚ほか，2023）が、足部に着目した研究はほとんどみられない。

足部は、立位だけでなく歩行時に体を支え、バランスをとるために重要な部位とされ、足指筋力の重要性が指摘されており、特に理学的な研究が多くみられる（竹井ほか，2009；相馬ほか，2018；仲田ほか，2022）。足趾把持力は、短母指屈筋、長母指屈筋、虫様筋、短指屈筋、長指屈筋の作用により起こる複合運動によって発揮される力であり、手の握力に相当するものと定義されている（村田・忽那，2004）。小学生を対象とした研究において、足趾把持力は100m走の記録と有意な相

関関係があることが報告されており、運動能力とも関係していると考えられる（仲田ほか，2022）。

竹井ほか（2009）は、足部の把持筋力は静的および動的バランス能力と相関関係を有していることを報告している。登山行程の後半である下山時に多くの事故がみられることは、大腿四頭筋のみならず、足部の筋の疲労によって歩行時の身体支持力やバランス能力が低下したことが転倒につながっていると考えられることができる。

そのため、トレッキングや登山によって足部の筋力である足趾把持力がどの程度低下し、活動時の疲労と関連しているかを調査することは授業内外に関わらず安全にこれらの実習を遂行する上で重要な情報となる。

そこで本研究では大学の授業として実施されているトレッキング前後の足趾把持力を測定することで、トレッキングによる足趾把持力の変化と疲労の関係について検討することを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2. 1 対象

東京女子体育短期大学子どもスポーツ教育学科に所属する1年生29名および実習帯同教員・教務補佐員6名を対象に実験を行った。参加者には事前に実験に関する説明を行い参加の同意を得た。なお本研究は東京女子体育短期大学の倫理審査を受けて実施した（研倫審・2024-09号）。

### 2. 2 実施方法

野外活動演習は国立中央青少年交流の家を拠点に4泊5日の日程で行った。日程表を表1に示す。本実習でのトレッキングは3日目に行われ、富士山の御殿場口新五合目から、幕岩を經由し、双子山第二丘（下塚）に登頂し御殿場口新五合目に戻るルートで行われた（図1）。

表 1. 野外活動演習の日程表

	5月31日(金)	6月1日(土)	6月2日(日)	6月3日(月)
6:00		起床 朝のつどい	起床 朝のつどい	起床
7:00		野外炊飯	野外炊飯	朝のつどい
8:00				朝食7:20～8:00
9:00	集合・出発		トレッキング準備	清掃確認(8:45)
10:00		オリエン テーリング	双子山 トレッキング	実習まとめ 全体式 閉講式
11:00	到着 オリエンテーション 開講式			出発
12:00		昼食/弁当		
13:00		創作活動 「新聞紙の造形」		到着・解散
14:00	課題解決ゲーム	キャンプ ファイヤー 演習	事後足趾筋力測定	
15:00		事前足趾筋力測定		
16:00	炊飯説明	野外炊飯	シャワー使用 16:00～17:00	
17:00	野外炊飯		夕食 17:20～18:00	
18:00			キャンプ ファイヤー	
19:00	入浴 19:00～20:00	入浴 19:00～20:00	入浴 19:30～20:00	
20:00		登山説明		
21:00	リーダー会議	リーダー会議	リーダー会議	
22:00	点呼・就寝 消灯	点呼・就寝 消灯	点呼・就寝 消灯	

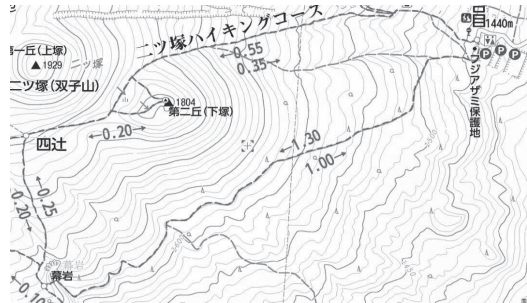


図 1. 登山行程図

2. 3 測定項目及び測定方法

本研究では以下の測定及び記録を行った。

・行程記録

トレッキングの行程は、登山アプリのYAMAP (YAMAP inc.) を用いて記録し、活動に要した時間、標高の変化(標高差)も記録した。

### ・足趾把持力測定

足趾把持力の測定は足趾筋力測定器Ⅱ（竹井機器工業社製）で行った（図2）。参加者にはトレッキング前日の夕方に測定方法の説明を行い、各自で複数回の練習を行ったのち最大随意収縮で事前の足趾把持力計測を行った。事後測定は登山後に宿泊施設に戻った後に行った。活動終了から測定までは移動時間を挟んだため、下山後の約30分後に事後の足趾把持力測定を行った。測定回数に関しては事前・事後ともに回数制限を設けずに最も高い力を発揮した記録をデータに用いた。

足趾把持力の測定に関しては、端座位（甲斐ほか，2007；相馬ほか2018；仲田ほか，2022）と立位（山田ほか，2018）での測定の両方の測定方法が存在する。中江ほか（2013）は、立位と端座位で足趾把持力に有意な差がなかったことを報告している。本研究では立位での測定を行い、対象者には事前と事後の測定でできるだけ同様の姿勢で測定するように指示した。



図2. 足趾把持力測定器

### ・アンケート調査

下山し把持力を測定した後に、参加者にアンケートへの回答を依頼した。足趾把持力は36名の測定を行ったが、アンケートの回収は28名分にとどまった。そのため、アンケートは28名分の結果を分析した。

アンケートでは①トレッキング当日の体調，②トレッキング終了後の疲労度，③利き足，④行程で最も疲労を感じたポイント，⑤トレッキングで最も疲労した身体部位を調査した。

①トレッキング当日の体調，②トレッキング終

了後の疲労度に関しては10段階で回答を求めた。当日の体調に関しては、「非常に悪い（1点）」から「とても良い（10点）」として回答を求めた。疲労度に関しては「全く疲労していない（1点）」から「疲労困憊（10点）」として回答するように指示した。どちらの項目も点数ごとに選択した人数を結果に示した。

③の利き足はボールを蹴る際の足を利き足としてアンケートを行った。

また、アンケート項目の④と⑤に関しては、野外運動研究室の教員2名で自由記述の回答からキーワードの抽出を行うことでデータの集計を行った。アンケート項目の④に関しては、抽出したキーワードを「登り」・「下り」・「悪路」・「気象」に分類し、それ以外に得られた行程に関係ないと考えられたキーワードは「その他」としてまとめた。またアンケート項目の⑤に関しては、登山行程を通して、身体のどこに特に疲労を感じたかを自由に記述するように指示を行った。本研究は特に足趾把持力に着目しているため下肢に関連する回答以外は「その他」としてまとめた。アンケート項目の④と⑤に関しては自由記述としているため回答数に関しての規制は行わなかった。

## 2. 4 統計処理

トレッキング前後の足趾把持力の変化は、左右それぞれで対応のあるt検定を用いて分析を行った。トレッキング前およびトレッキング後の足趾把持力の左右差についてもt検定を用いて比較した。また、トレッキング当日の体調とトレッキングの疲労度との関係をピアソンの積率相関係数を用いて分析した。統計処理は、JASP 0.19.0（The JASP Team 2024）を用いて行った。有意水準は $p < .05$ とした。

## 3. 結果

### 3. 1 トレッキング行程（距離，時間，標高差）

本実習のトレッキングは、移動距離が6.0km、行程時間が3時間（休憩含む）、高低差が430mで

あった。天候は、登り始めは曇りだったが、幕岩での休憩中に雨が降り始め、その後は雨が降ったりやんだりする天候であった。

### 3. 2 トレッキング前後の足趾把持力

トレッキング前後の足趾把持力の結果を表2に示した。左足はトレッキング前後で有意に足趾把持力が低下した ( $t(34)=2.438$ ,  $p=0.02$ ,  $d=0.412$ ) が、右足の把持力には有意な変化が観察されなかった。また、トレッキング前、トレッキング後の足趾把持力に有意な左右差は観察されなかった。

### 3. 3 トレッキング前の体調とトレッキングの疲労度の関係

トレッキング前の体調、トレッキングの疲労度の結果は人数で示した。トレッキング当日の体調では、「最も体調が悪い」を示す「1」と回答した対象者が1名であったが、「体調が良い」と考えられる「7」-「10」を選択した回答が22名で全体の8割という結果だった(図3)。トレッキング後の疲労度は2名が「疲労がない」を示す「1」と回答しており、3名が「疲労困憊」の「10」と回答した(図4)。

トレッキング前の体調とトレッキング後の疲労感の間には相関関係が示されなかった ( $r = -0.108$ ,  $p = 0.584$ )。相関関係の結果を図5に示した。

### 3. 4 利き足

本研究のアンケート回答者は、利き足が右足の者が23名、左足の者が3名、両足の者が2名であり、右利きの者が回答者全体の82%であった。

### 3. 5 疲労を感じたトレッキング行程のポイント

トレッキング行程で最も疲労を感じたポイントの集計結果を図6に示した。

28名の自由記述から野外運動を専門とする教員2名でキーワードを抽出した結果、合計で36のワードが抽出された。「下り」を示すキーワードが最も多く12名が記述しており、次いで「登り」を示すキーワードを10名が回答していた。また、「悪路」を示すキーワードを7名が記述する結果となった。

表2. 登山前後の把持力の平均値と標準偏差

	unit	pre		post	
		Mean	SD	Mean	SD
Right foot	kg	22.96 ±	9.05	21.72 ±	8.64
Left foot	kg	23.46 ±	8.19	21.16 ±	7.89 *

\* : significant difference at  $p < .05$

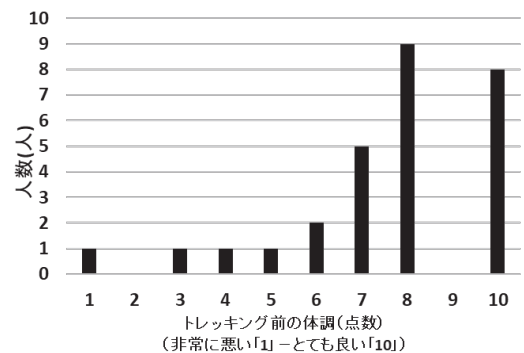


図3. 登山当日の体調

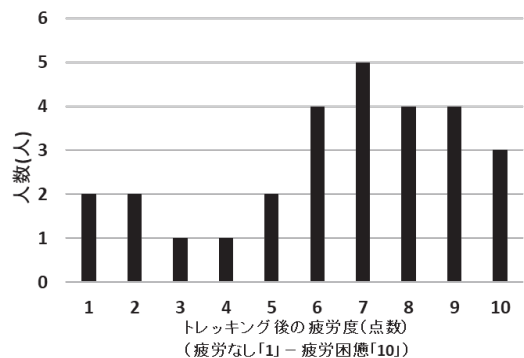


図4. 登山後の疲労度

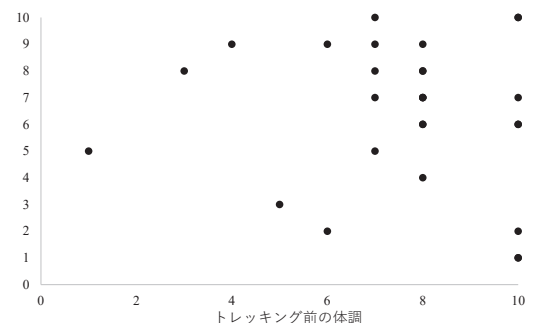


図5. トレッキング前の体調とトレッキング後の疲労後の関係

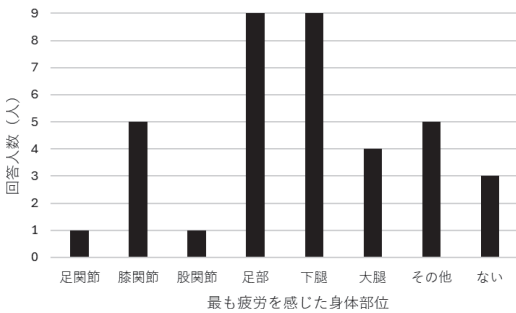


図6. 登山で最も疲労を感じた行程

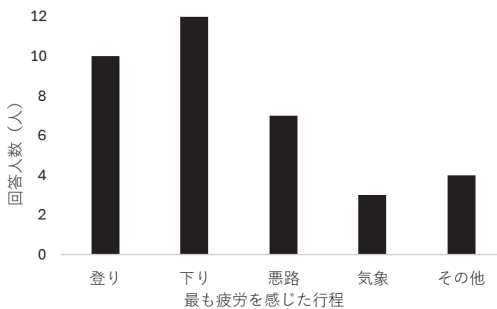


図7. 登山で最も疲労を感じた身体部位

### 3. 6 疲労を感じた身体部位

最も疲労を感じた身体部位に関しては全11箇所まで36の回答が得られた。最も疲労を感じた部位に関しては、関節をあげた対象者が6名存在し（1名が複数の関節を回答）、回答は足関節の記述が1名、膝関節の回答が5名、股関節の回答が1名であり、そのすべてが下肢の関節であった。関節以外の部位に関しては22名が記述しており、足部と下腿を記述した対象者がそれぞれ9名、大腿を記述した対象者が4名、下肢以外の部位を記述した対象者が5名存在した。得られた回答の多くが下半身の部位を示す回答であった。また疲労を感じた部位が「ない」と答えた対象者は3名となった。結果は図7にまとめた。

## 4. 考察

### 4. 1 トレッキング前後の足趾把持力変化

本研究ではトレッキングによる足趾把持力の変

化と疲労の関係について検討することを目的とした。

まず、トレッキング前とトレッキング後の足趾把持力に関して、有意な左右差はみられなかった。この結果は利き足と非利き足の足趾把持力を測定した甲斐ほか（2007）の研究結果と一致していた。

トレッキング前後の足趾把持力では、左足の足趾把持力に有意な低下がみられた。一方で、右足の足趾把持力には有意な低下がみられなかった。先行研究において、利き足（ボールや小石を蹴る足）と体を支える支持足を調査した結果、水泳と陸上を除いた多くのスポーツ選手は利き足とは逆の足が支持足となっていることが示されている（浅見，1982）。本研究では、アンケートに回答した28名中のうち23名が右足を利き足にしていた。これはアンケート回答者の82%、把持力測定の対象者36名の64%にあたる人数であり、本研究の対象者の多くは左足が支持足になる可能性が高いと考えられる。井原ほか（2011）は、少し高い台から降りるような動的姿勢制御動作において、支持足は利き足よりも体を支える支持機能に優れていることを報告した。特に下山時は、動的な姿勢制御を求められる場面が多く、支持足となると考えられる左足がより多く利用されたことで、足趾把持力の有意な低下につながったと考えることができる。

### 4. 2 アンケートからみる足趾把持力と疲労との関係

トレッキング後のアンケート結果から、回答者の多くが「下山」時に最も疲労を感じていたことが示された。これには、「下山」は行程の後半に位置しており、疲労により下肢の筋群の動きが低下することが影響していると考えられる（山本，2016；吉塚ほか，2023）。

また、最も疲労を感じた身体部位に関して、足部・下腿を記載する回答が抽出されたキーワードの50%を占める結果となった。先行研究において、登山の下山時に生じる転倒などの事故には、



大腿四頭筋の疲労による膝関節の動きの障害が原因であると指摘されている(前大ほか, 2013; 山本, 2016; 吉塚ほか, 2023)が, 本研究の対象者の多くは足部・下腿の疲労を感じていた。下腿の筋の役割は膝関節の屈曲伸展と同様に足関節の底背屈動作にも関与している。相馬ほか(2013)は, 足趾把持力を発揮する際に, 下腿筋群が同時性収縮をしていることを示している。そのため, 本研究の対象者では, 下腿に疲労が生じることで足関節の動きが障害され, このことが足趾把持力の低下に影響した可能性がある。

足部は立位や歩行時の体を支える機能を有しており, 足部の把持筋力が低下すると歩行時のバランスが崩れることが報告されている(相馬ほか, 2018)。本研究の対象者の1/4は足部に疲労を感じており, 体の支持機能を果たしていると考えられる左足でトレッキング後に足趾把持力の低下が観察された。これらの結果から, 先行研究では大腿四頭筋の疲労が転倒の原因であるとされていたが, 足部や下腿も疲労しやすく, 歩行時のバランス保持に重要な足趾把持力の低下につながっていると考えられる。

本研究ではトレッキングの疲労により足趾把持力が低下するという仮説に基づいて研究を行ったが, 疲労度の回答に関して疲労感をあまり感じていない「1」を回答する対象者も存在した。そのため, トレッキング前後の足趾把持力を測定するには行程が易しかった可能性が存在することには注意が必要である。この点に関しては, より難易度の高い行程でデータを収集することや縦断的にデータを収集することで, 足趾把持力に関する新たな知見を得ることができよう。

## 5. 研究の限界

本研究では, 匿名でアンケートを行ったため, 足趾把持力の測定結果とアンケート結果を関連づけることができなかった。そのため, アンケートで検討したトレッキングの疲労度と足趾把持力の低下の関係を調査することができていない。しか

しながら, 最も疲労を感じた身体部位において対象者の多くが下腿・足部を選択していた。この結果は, 疲労が足趾把持力低下を引き起こしている可能性を示唆している。

本研究で用いた足趾把持力測定器は多くの研究で利用されているが, 測定方法が確立されていない。そのため, 測定の前に数回の練習機会を設けたが, その練習が十分であったかに関しては検討することができない。また本研究ではトレッキング前後にできるだけ同じ姿勢・方法で測定するように説明を行ったが, 確実に同じ姿勢・方法で測定できていたかを確証することができない。その結果, トレッキング後に足趾把持力の数値が増加した対象者も存在した。そのため, 今後は統一した測定方法で, 全対象者の足趾把持力を測定する必要があると考える。

## 6. まとめ

本研究は, トレッキングによる足趾把持力の変化と疲労との関係を検討することを目的とした。その結果, トレッキングの前後で左足の足趾把持力が有意に低下することが明らかとなった。また, 行程では下山時に疲労を感じた回答が最も多く, 疲労を感じる身体部位では下腿と足部の回答が50%に達していた。これらのことから野外活動演習に参加した多くの学生が足部に疲労を感じており, このことがトレッキング後の足趾把持力低下をもたらしていると考えられる。

本研究の結果から, 授業内でトレッキングや登山を行う場合は, 特に下山時における足部・下腿の疲労による歩行のバランスに注意を払うことで参加者の転倒や怪我のリスクが軽減できる可能性が示された。

## 引用・参考文献

- 1) 青木康太郎, 粥川道子, 杉岡品子. (2012). キャンプ体験が大学生の社会人基礎力の育成に及ぼす効果に関する研究. 北翔大学生涯スポーツ学部研究紀要, 3, 27-39.

- 2) 浅見高明. (1982). 大学スポーツ選手の利き側の特徴について. バイオメカニズム, 6, 129-136.
- 3) 井原秀俊, 小松陽子, 高山正伸, 池永千寿子, 田代美由紀, 池田修. (2011). 静的および動的姿勢制御において, 支持足(軸足)は支持足機能を果たしているか? 整形外科と災害外科, 60(4), 739-743.
- 4) 甲斐義浩, 村田伸, 田中真一. (2007). 利き足と非利き足における足把持力および大腿四頭筋筋力の比較. 理学療法科学, 22(3), 365-368.
- 5) 警察庁生活安全局生活安全企画課. (2022). 令和3年における山岳遭難の概況. 日本山岳・スポーツクライミング協会, 1-11.
- 6) 桐野耕太, 安彦鉄平, 川添里菜, 水澤美奈, 和田真紀, 白岩加代子, 村田伸. (2015). 登山による大腿四頭筋の筋力および筋活動量の変化. ヘルスプロモーション理学療法研究, 5(2), 65-69.
- 7) 古賀初, 加藤知己, 木村憲. (2016). 大学生の社会的スキルおよび自己効力感に対する「富士登山キャンプ」の教育効果. 東京電機大学総合文化研究, (14), 195-198.
- 8) 村田伸, 忽那龍雄: 在宅障害高齢者に対する転倒予防対策-足指把持力トレーニング. 日本在宅ケア学会誌, 2004, 7(2), 67-74.
- 9) 仲田秀臣, 濱口幹太, 中西大槻. (2022). 足趾把持筋力は 100m 走記録に影響するか-小学陸上競技選手に着目して-. 大阪産業大学人間環境論集, (21), 47-60.
- 10) 相馬正之, 村田伸, 甲斐義浩, 中江秀幸, 佐藤洋介. (2013). 足趾把持力発揮時における下腿筋の筋活動. 理学療法科学, 28(4), 491-494.
- 11) 相馬正之, 村田伸, 太田尾浩, 甲斐義浩, 中江秀幸, 佐藤洋介, 村田潤. (2018). 足趾把持力および足趾圧迫力と身体機能との関係について-足関節固定ベルト使用の有無による検討. ヘルスプロモーション理学療法研究, 8(1), 13-18.
- 12) 竹井和人, 村田伸, 甲斐義浩. (2009). 足趾機能と静的・動的バランスとの関連. 西九州大学紀要, 2, 13-19, 2009.
- 13) 中江秀幸, 村田伸, 甲斐義浩, 相馬正之, & 佐藤洋介. (2013). 端座位と立位における足趾把持力と足関節周囲筋の筋活動の比較. ヘルスプロモーション理学療法研究, 3(1), 11-14.
- 14) 山田洋, 内山秀一, 野田亜沙美, 山本結女, 小河原慶太. (2018). 足趾把持トレーニングが足趾把持筋力および立位時重心動揺に与える影響. 東海大学紀要体育学部, 48, 13-19.
- 15) 吉塚一典, 濱田臣二, 大山泰史, 末永貴久. (2023). 登山の事前トレーニングをポイント化し, 登山の体力的な準備度を把握するための提案: 登山とランニングの併用案. スポーツパフォーマンス研究, 15, 401-411.
- 16) 前大純朗, 宮崎喜美乃, 金久博昭, 山本正嘉. (2013). 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.