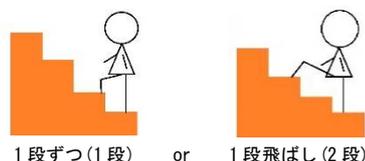


# どっちが楽なの1段2段？

群馬県立前橋女子高校 3年 越沢琴奈 天方寛香



## 1. 要旨

階段を登るとき1段ずつと1段飛ばしのどちらが疲れにくいのかを調べるためにこの実験を行った。予備実験から歩幅だけではなく1段ずつで登ることによる到達時間の変動も疲れ方に関係しているとわかった。そこで、「1段ずつは1段飛ばしより到達時間が長くなるので1段ずつのほうが疲れにくい」という仮説をたてた。実験は距離の短い学校の階段と距離の長い市役所の階段で行った。学校で行った実験では仮説を裏付ける結果が得られた。市役所で行った実験では大方仮説を裏付ける結果が得られたが、一部仮説に反する結果が見られた。仮説に反する結果が得られた部分のときのみ、被験者が無酸素運動していたことが原因だと考えられる。したがって有酸素運動をしているときに限り仮説は成り立つといえる。

キーワード 階段, 疲れ, 心拍数

## 2. 研究目的

私の友人は山岳部である。その友人によると山を登る際に疲れにくいのは大股なのだそう。しかし、山登りに関する指南書によると小股のほうが疲れにくいとある<sup>1-5</sup>が、これらには根拠となるデータが示されていない。そこで、本研究では歩幅の観点から大股と小股ではどちらが疲れにくいのかを定量的に調べることにした。

## 3. 実験を行った条件

### 3-1. 定義及び置き換え

歩幅をかえて山を登る実験にはあいまいなことが3つある。1つ目は山によって高さや地面の状況が異なるということである。2つ目は歩幅が人によって異なるということである。3つ目は疲れるとはどういうことかということである。これらのあいまいなことを排除するために、定義及び置き換えを行う。

1つ目について、条件を一律にして歩幅をそろえて登ることのみに焦点をあてて実験をするために今回は山を階段に置き換えた。2つ目について、歩幅をそろえるために小股を1段ずつ、大股を1段飛ばしと置き換えた。3つ目については次の式で定義する疲労度指数を用いて、値が100%からより離れているほうを疲れしているとした。

$$\frac{\text{(階段を登った後の疲れの指標の値)}}{\text{(安静時の疲れの指標の値)}} \times 100 \dots \text{疲労度指数}[\%]$$

疲れの指標を相対値にしたのは個人によって安静時の値が異なることによる誤差を排除し、安静時の値からどのくらい疲れの指標の値が増減したかを調べるためである。

### 3-2. 使用した階段について

予備実験Ⅰ, Ⅱ, 本実験A, Bは前橋女子高校の北校舎西階段1~5階(以下前女の階段とする)を使用した。この階段の段数は92段、勾配は57.9%, 段差は16.8cmである。本実験

A' , B' は前橋市役所の東側の階段 3~12 階(以下市役所の階段とする)を使用した。この階段の段数は 176 段、勾配は 65.3%、段差は 17.3cm である。市役所において 3 階からにしたのは、M2 階や段違いの踊り場があり、正確に実験できないと考えたからである。また、いずれの場合も内側の手すりに近いほうを出来るだけ歩いてもらった。なお、踊り場の距離については無視して考える。また、市役所の階段は被験者全員にとって初めて登る階段だったため、そのことが実験結果に影響しないように実験の前に 1 度階段を登ってもらった。その後、息が整うまで十分待ってから、実験を開始した。前女の階段は被験者全員が常時使う階段であるため、このような練習は行わなかった。

### 3-3. 被験者の選び方について

被験者としては主に山岳部 1, 2 年生に協力してもらった。また、運動のできる、できないが結果に影響しないように山岳部だけでなく、新聞部、理科部、文芸部、LRI 部などの文化部にも協力してもらった。

## 4. 予備実験

予備実験では疲れの指標をいつ測るべきか(予備実験 I)、疲れの指標にふさわしいのはどの指標か、階段をどのくらいの速さで登るべきか(予備実験 II)を調べた。

### 4-1. 予備実験 I

#### 4-1-1. 研究方法

疲れの指標の候補には「高校生に扱える。」「疲れ方を反映する可能性がある。」の 2 つの条件を満たすものとして、最高血圧、最低血圧、心拍数、唾液アミラーゼ濃度を選んだ。唾液アミラーゼ濃度は、数値が高いほど、ストレスをより多く感じているということを示す。

1. 前女の階段を登る前に最高血圧、最低血圧、心拍数、唾液アミラーゼ濃度を計測し、これを安静時の値とした。
2. 階段を 1 段ずつ登ってもらった。
3. 登り終わった直後、5 分後、10 分後、15 分後に 1. と同様の 4 つの疲れの指標候補を計測した。
4. すべての実験において疲労度指数を計算して、それぞれの疲れの指標候補の疲労度指数が計測時間によって有意な差が認められるか、Tukey の多重比較検定 (5%) を用いて求めた。

#### 4-1-2. 結果

最高血圧、最低血圧、唾液アミラーゼ濃度については直後、5 分後、10 分後、15 分後のいずれにも有意な差が認められなかった。心拍数については直後と 5 分後、直後と 10 分後、直後と 15 分後の間に有意な差が認められた。

表 1 疲れの指標候補, 経過時間ごとの疲労度指数 (n=10)

	疲労度指数(%)				
	最高血圧	最低血圧	唾液アミラーゼ濃度	心拍数	
直後	122 ± 19	113 ± 18	98 ± 9	114 ± 8	a
5分後	101 ± 15	101 ± 17	95 ± 10	90 ± 5	b
10分後	102 ± 14	96 ± 11	103 ± 18	89 ± 5	b
15分後	98 ± 13	103 ± 14	76 ± 10	89 ± 5	b
	n.s.	n.s.	n.s.	**	

n. s. は有意差が認められないことを示す. \*\*は1%水準で有意な差が認められたことを示す.

同じ英文字間には Tukey (5%) で有意差が認められないことを示す.

#### 4-1-3. 考察

心拍数については 5~15 分後に有意な差が認められず, すでに安静時の心拍数に戻ってしまったと考えられるため, 直後に測るべきだと考えられる. 最高血圧, 最低血圧, 唾液アミラーゼ濃度は経過時間ごとに有意な差が認められなかったため, 直後から 15 分後までならいつ測ってもよいと考えられる. この結果より, 今回の実験では実験器具の準備の都合も考慮し, 最高血圧, 最低血圧, 心拍数は上り終わった直後, 唾液アミラーゼ濃度は 5 分後に測ることとした.

#### 4-2. 予備実験 II

速く上った時と遅く上った時では疲れ方が異なっているということは明らかであると考え, 4 つの指標候補のうち速く登った時と遅く登った時の指標候補の疲労度指数の値に有意な差が認められるものを疲れの指標として適していると考えた.

##### 4-2-1. 研究方法

1. 前女の階段を登る前に最高血圧, 最低血圧, 心拍数, 唾液アミラーゼ濃度を計測し, これを安静時の値とした.
2. 被験者が速いと思う速さ, 遅いと思う速さで階段を 1 段飛ばし, 1 段ずつ登ってもらった. また, この時の到達時間を測った.
3. 登り終わった直後に最高血圧, 最低血圧, 心拍数, 登り終わって 5 分後に唾液アミラーゼ濃度を計測した.
4. すべての実験において疲労度指数を計算してそれぞれの指標について 1 段飛ばしと 1 段ずつ各々の場合における疲労度指数間に速さによる有意な差が認められるかを 1 段飛ばしと 1 段ずつのそれぞれの場合において T 検定(両側検定)を使って求めた.

##### 4-2-2. 結果

最高血圧, 最低血圧, 唾液アミラーゼ濃度については有意な差がいずれも認められなかつ

た。心拍数については、1 段ずつに有意な差が認められた。また、速く登ってもらった時の到達時間の平均は 35 秒、遅く登ってもらった時の到達時間の平均は 66 秒であった。

表 2 疲れの指標候補ごとの疲労度指数(単位は%) (n=26)

疲れの指標候補	1段飛ばし		有意差	1段ずつ		有意差
	速い	遅い		速い	遅い	
最高血圧	119 ± 5	117 ± 4	n. s.	116 ± 4	112 ± 5	n. s.
最低血圧	140 ± 12	122 ± 10	n. s.	126 ± 10	122 ± 10	n. s.
唾液アミラーゼ濃度	205 ± 74	186 ± 62	n. s.	261 ± 86	213 ± 86	n. s.
心拍数	167 ± 5	157 ± 4	n. s.	167 ± 6	146 ± 6	*

n. s. は有意差が認められないことを示す。

\* は 2 つのデータ間に 5%水準で有意な差が認められたことを示す。

#### 4-2-3. 考察

速く登った時と遅く登った時の心拍数の疲労度指数の値に有意な差が認められたため、疲れの指標として使えるのは心拍数のみであると考えられる。

次に、本実験で使用する到達時間について考察する。速く登る場合は、被験者が速く登った時の到達時間の平均である 35 秒を使うと被験者全員が登れない可能性があるため、全員が登れる 40 秒が妥当であると判断した。遅く登る場合は、被験者が遅く登った時の到達時間の平均である 66 秒をそのまま用いても問題ないと判断した。

### 5. 本実験 AB

予備実験のときの被験者の様子から 1 段ずつが疲れにくいというのは 1 段ずつで登ることによる時間変化が影響しているのではないかと考えた。そこでこのことを検証するために本実験 AB を行った。

#### 5-1. 仮説

1 段ずつは 1 段飛ばしより到達時間が長くなるので、登山家の感覚どおり 1 段ずつが疲れにくい。

#### 5-2. 階段を登る時間について

仮説を検証するために到達時間をそろえたり、かえたりするとそれに伴って 1 歩にかける時間かわる。このまま 1 歩にかける時間を無視してしまうと到達時間と 1 歩にかける時間のどちらが疲れに影響しているかが分からない。そこで到達時間とともに 1 歩にかける時間も条件の 1 つと考え、到達時間をそろえる実験である本実験 A と 1 歩にかける時間をそろえる実験である本実験 B を行い、仮説の検証を行うことにした。下の式①は到達時間と 1 歩にかける時間の関係式である。

$$\frac{\text{(到達時間)}}{\text{(歩数)}} = \text{(1 歩にかける時間)} \quad \dots \text{①}$$

### 5-3. 本実験 A (到達時間をそろえ, 1 歩にかける時間をかえた場合.)

#### 5-3-1. 研究方法

1. 前女の階段を登る前に心拍数を計測し, これを安静時の値とした.
2. 1~5 階の到達時間を 40 秒, 66 秒にしてそれぞれ 1 段飛ばし, 1 段ずつ登ってもらった.
3. 登り終わった直後に心拍数を計測した.
4. すべての実験において疲労度指数を計算して, 40 秒の 1 段ずつと 1 段飛ばしの疲労度指数, 66 秒の 1 段ずつと 1 段飛ばしの疲労度指数の間にそれぞれ有意な差が認められるかを対応のある T 検定 (両側検定) を使って求めた.

#### 5-3-2. 結果

いずれの場合も 1 段ずつと 1 段飛ばしの疲労度指数について有意な差が認められなかった. したがって, 到達時間をそろえ, 1 歩にかける時間をかえた場合 1 段ずつと 1 段飛ばしの疲れやすさは変わらないと考えられる.

表 3 到達時間ごとの疲労度指数 (n=20)

到達時間	疲労度指数 (%)		有意差
	1 段飛ばし	1 段ずつ	
40 秒	179 ± 6	188 ± 7	n.s.
66 秒	165 ± 7	164 ± 7	n.s.

n. s. は 2 つのデータ間に有意な差が認められないことを示す.

### 5-4. 本実験 B (1 歩にかける時間をそろえ, 到達時間をかえた場合.)

#### 5-4-1. 仮説

1. 前女の階段を登る前に心拍数を計測し, これを安静時の値とした.
2. 1 歩にかける時間を 1 秒にして, それぞれ 1 段飛ばし, 1 段ずつ登ってもらった. ここで 1 歩にかける時間を 1 秒にしたのには 2 つ理由がある. 1 つ目は 1 段飛ばしと 1 段ずつのどちらでも登れる速さだからである. 40 秒 (被験者全員が登れる速い到達時間) で登った場合の 1 歩にかける時間を①を用いて求めたところ, 1 段飛ばし (到達するまでの歩数は 46 歩) が 0.87 秒, 1 段ずつ (到達するまでの歩数は 96 歩) が 0.43 秒であった. 1 秒は 0.87 秒よりも遅いため被験者全員が登れると判断した. 2 つ目はこの実験を行うにあたって正確に 1 歩にかける時間をそろえるために使用したメトロノームで設定する BPM (Beats per minute) が整数値になるので, 測りやすいからである. 1 歩に 1 秒かけて階段を登るときにはメトロノームが打つ 1 拍が 1 秒になるようにすればよい. そのため設定する BPM は 60BPM であり, 整数だから測りやすいと判断した.
3. 登り終わった直後に心拍数を計測した.
4. それぞれ疲労度指数を計算して, 1 段ずつと 1 段飛ばしの疲労度指数の間にそれぞれ有意な差が認められるかを対応のある T 検定 (両側検定) を使って求めた.

#### 5-4-2. 結果

1 段ずつと 1 段飛ばしの心拍数の疲労度指数について有意な差が認められた。また、1 段ずつのほうが 1 段飛ばしの疲労度指数よりも 100%に近いから、1 段ずつのほうが疲れにくいと考えられる。

表 4 1 歩 1 秒のときの疲労度指数 (n=12)

1歩にかかる 時間	疲労度指数(%)		有意差
	1段飛ばし	1段ずつ	
1秒	166 ± 7	138 ± 5	**

\*\*は 2 つのデータ間に 1%水準で有意な差が認められたことを示す。

#### 5-5. 本実験 AB の考察

仮説は正しく、1 段ずつの場合は 1 段飛ばしの場合に比べて到達時間が長いから、1 段ずつの方が疲れにくいと考えられる。本実験 A, B の到達時間と 1 歩にかかる時間の関係について①式から導かれること、及び本実験 A, B の結果をまとめると表 5 のようになる。到達時間が同じなら 1 歩にかかる時間が異なっても疲れやすさは 1 段飛ばしと 1 段ずつで差が認められず(本実験 A)、逆に 1 歩にかかる時間が同じでも到達時間が異なれば疲れやすさにも差が認められた(本実験 B) ことから、疲れやすさが 1 歩にかかる時間に関わらず到達時間によって決まっていると考えられる。

表 5 本実験 A, B の方法及び結果

	条件	本実験A		本実験B	
	方法	1 歩にすすむ段数	1段飛ばし	1段ずつ	1段飛ばし
階段の段数		そろえた(92段)			
到達時間		そろえた		短い	長い
1歩にかかる時間		長い	短い	そろえた	
結果	疲れやすさ	同じ		大	小

ここで、1 段ずつにすると到達時間が本当にのびるのかということについて検証した結果を示す。表 6 は速さの条件を固定せずに階段を 1 段ずつと 1 段飛ばしで登ってもらったときの平均到達時間である。このとき 1 段飛ばしと 1 段ずつの到達時間の間に有意な差が認められたことから、速さの条件を固定しないときは 1 段ずつの到達時間の方が長くなることがわかる。

表 6 1 段飛ばしと 1 段ずつで速さの制限を与えずに登ったときの時間 (n=5)

到達時間(秒)		有意差
1段飛ばし	1段ずつ	
50 ± 4	64 ± 3	**

\*\*は 2 つのデータ間に 1%水準で有意な差が認められたことを示す。

#### 5-6. 本実験 AB の結論

到達時間が長くなるから、1 段ずつのほうが疲れにくい。

## 6. 本実験 AB'

前女の階段では5階までしか実験できず、階段を登っている時間は1分ほどにしかならない。そこで、本実験 AB' では前女の階段における結果が距離を伸ばしても成り立つかどうか確かめるために市役所で行った実験である。ここでは本実験 A, 本実験 B にそれぞれ対応する本実験 A', 本実験 B' を行った。

### 6-1. 仮説

距離を伸ばしても同様の結果が得られる。

### 6-2. 本実験 A' (到達時間をそろえ、1歩にかける時間は変える。)

#### 6-2-1. 研究方法

- 市役所の階段を登る前に心拍数を計測し、これを安静時の値とした。
- 3~12階の到達時間を75.4秒、132秒にしてそれぞれ1段ずつ、1段飛ばしで登ってもらった。75.4秒と132秒に設定したのは、それぞれ前女の階段の実験の40秒、66秒に対応しており、正確な実験を行うために使用したメトロノームで測りやすいからである。75.4秒が前女の階段における40秒、132秒が前女の階段における66秒に対応しているというのはそれぞれの1歩にかける時間がほとんど同じということである。表9に、①を用いて求めた前女の階段における到達時間40秒、66秒、市役所の階段における到達時間75.4秒、132秒の1歩にかける時間、それを計測するにあたって使用したメトロノームのBPMを示す。ただし、距離が短かった前女の実験ではメトロノームを使用しなかった。また、75.4秒以外にも到達時間を81.2秒、88秒、105.6秒、176秒にして同様の実験を行った。このときの1歩にかかる時間と測るのに使用したBPMも表7に示す。
- 登り終わった直後に心拍数を計測した。
- すべて実験において疲労度指数を計算して、それぞれの到達時間における1段ずつと1段飛ばしの疲労度指数の間にそれぞれ有意な差が認められるかを対応のあるT検定(両側検定)を使って求めた。

表7 到達時間と1歩にかける時間とBPMの歩幅ごとの対応表

前女			市役所			BPM
到達時間		1歩にかける時間	到達時間		1歩にかける時間	
40秒	1段飛ばし	0.87秒	75.4秒	1段飛ばし	0.86秒	70
	1段ずつ	0.43秒		1段ずつ	0.43秒	140
			81.2秒	1段飛ばし	0.92秒	65
				1段ずつ	0.46秒	130
			88秒	1段飛ばし	1.00秒	60
				1段ずつ	0.50秒	120
			105.6秒	1段飛ばし	1.20秒	50
				1段ずつ	0.60秒	100
66秒	1段飛ばし	1.43秒	132秒	1段飛ばし	1.50秒	40
	1段ずつ	0.72秒		1段ずつ	0.75秒	80
			176秒	1段飛ばし	2.00秒	30
				1段ずつ	1.00秒	60

## 6-2-2. 結果と考察

75.4秒と81.2秒の場合のみ心拍数の疲労度指数の間に有意な差が認められた。それ以外の場合は認められなかった。つまり、75.4秒と81.2秒の場合を除いて本実験Aの結果と同様の結果が得られた。

表8 到達時間ごとの疲労度指数

到達時間	疲労度指数 (%)		有意差	被験者数			
	1段飛ばし	1段ずつ		75.4秒	81.2秒	88秒	105.6秒
75.4秒	166 ± 7	177 ± 7	*	18人	16人	14人	10人
81.2秒	145 ± 7	157 ± 6	*				
88秒	173 ± 10	169 ± 6	n. s.				
105.6秒	158 ± 8	158 ± 7	n. s.				
132秒	168 ± 6	165 ± 8	n. s.				
176秒	130 ± 8	144 ± 11	n. s.				

n. s. は2つのデータ間に有意な差が認められなかったことを示す。  
\* は2つのデータ間に5%水準で有意な差が認められたことを示す。

本実験Aとは異なって、75.4秒と81.2秒で疲れやすさに違いが見られた理由については75.4秒と81.2秒の1段ずつは無酸素運動になってしまったためだと考えられる。無酸素運動であるかどうかは{(計測した心拍数の平均)/(予想最大心拍数)}×100 [%]・・・★が無酸素作業閾値である75%を超えるかどうかで判断できる。無酸素作業閾値(Anaerobic threshold, AT)とは、有酸素運動と無酸素運動の境界線を示すもので、AT値以上の運動強度の運動は無酸素運動となる<sup>7</sup>。表9はこの実験において計測した75.4秒、81.2秒、88秒、105.6秒、132秒、176秒の1段ずつ、1段飛ばしの心拍数の平均とTanaka H氏ら<sup>6</sup>による(予想最大心拍数)=208-0.7×(年齢)を使用して求めた16歳の予想最大心拍数による★の値を示している。表より、75.4秒と81.2秒の1段ずつは★の値が75%を超えていることから無酸素運動になっていたことがわかる。

表9 到達時間ごとの★の値

到達時間	★の値 (%)	
	1段飛ばし	1段ずつ
75.4秒	72	76
81.2秒	72	79
88秒	75	75
105.6秒	72	71
132秒	68	67
176秒	64	58

また、酸素が不足する条件ではクエン酸回路と電子伝達系が進行しにくくなるためピルビン酸が酸化されて乳酸ができる<sup>8</sup>。さらに、乳酸が、心臓に還流する血液量が減少させることと体温調節機能を抑制させて体温を上昇させることにより、心拍数が上昇する<sup>9</sup>。したがって、無酸素運動になった75.4秒と81.2秒の1段ずつは有酸素運動であった1段ずつの時よりも心拍数が上がったと考えられる。

## 6-3. 本実験B' (1歩にかける時間はそろえ、到達時間はかえた場合。)

### 6-3-1. 研究方法

1. 前女の階段を登る前に心拍数を計測し、これを安静時の値とした。

2. 1歩にかける時間を1秒にして、それぞれ1段飛ばし、1段ずつ登ってもらった。
3. 登り終わった直後に心拍数を計測した。
4. それぞれの疲労度指数を計算して、1段ずつと1段飛ばしの疲労度指数の間にそれぞれ有意な差が認められるかを対応のあるT検定（両側検定）を使って求めた。

### 6-3-2. 結果

1段飛ばしと、1段ずつで疲労度指数の値に有意な差が認められた。よって、1歩にかける時間をそろえたとき、1段ずつと1段飛ばしでは1段ずつのほうが疲れにくい。これは本実験Bの結果と同様である。

表10 1歩1秒のときの疲労度指数 (n=10)

1歩にかける 時間	疲労度指数(%)		有意差
	1段飛ばし	1段ずつ	
1秒	193 ± 9	149 ± 10	**

\*\*は2つのデータ間に1%水準で有意な差が認められたことを示す。

### 6-4. 考察

本実験A'では有酸素運動をしているときに限り、進行する速さがそろっているときに1段ずつと1段飛ばしで疲れやすさはかわらないという本実験Aと同じ結果が得られた。

本実験B'において1段ずつの★の値は58%、1段飛ばしの★は75%であったため、本実験B'のときも有酸素運動を行っていたと考えられる。このとき、本実験B'では本実験Bと同じ結果が得られた。したがって、仮説は条件付で、有酸素運動をしているときには本実験A、Bと同じ結論が得られると考えられる。

### 6-5. 本実験AB'の結論

距離を伸ばしても同じ結果が得られるのは有酸素運動を行っているときだけである。

## 7. 全体の結論

登山家の感覚は正しく、1段ずつのほうが疲れにくい。それは1段ずつのほうが1段飛ばしの時より到達時間が長くなるからである。しかし、これは有酸素運動を行っている場合の話に限る。

## 8. 課題

山の状況を階段に置き換えたため、今回の研究は山の楽な登り方を歩幅の観点から突き止めるための基礎データにすぎない。したがって今後はこの基礎データを基に条件を1つずつ山に近づけていきたいと考えている。また、今回は突き止められなかった、無酸素運動の場合の歩幅による疲れやすさも追求してみたい。

## 9. 引用文献・参考文献

### <引用文献>

1. 米山悟 2016年 『冒険登山のすすめ』 ちくまプリマー新書
2. 西野淑子 2016年 『山歩きスタートブック 道具と歩き方がわかる, 行きたいコースが見つかる』 技術評論社
3. ヤマケイ・無名山塾カルチャー教室リーダー養成講座より 2004年 『「連れて行ってもらおう」から「連れていく」へ 岩崎元郎校長の決定版登山学 無名山塾編』 山と溪谷社
4. 大関義明 2004年 『これで身につく山歩き 100の基本』 JTB
5. 柏澄子 大竹美緒子 2015年 『はじめよう!山歩きレッスンブック』 JTBパブリッシング
6. Hirofumi Tanaka, PHD, Kevin D. Manahan, MS, Douglas R. Seals, PHD 2001年 『Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited』 Journal of the American College of Cardiology
7. 中村隆一 斎藤宏 長崎浩 2003年 『基礎運動学 第6版』 医歯薬出版株式会社
8. 吉里勝利 阿形清和 倉谷滋 筒井和義 鰐田武志 三村徹郎 村岡裕由 監修 2017年 『5訂版 スクエア最新図説生物 neo』 第一学習社
9. 能勢博 2014年 『山に登る前に読む本 運動生理学からみた科学的登山術』 講談社

### <参考文献>

- 近藤信行 1982年 『登山入門』
- 尾前照雄 1996年 『血圧の話』
- 能勢博 2014年 『山に登る前に読む本 運動生理学からみた科学的登山術』 講談社
- 田中宏暁 2017年 『ランニングする前に読む本 最短で結果を出す科学的トレーニング』 講談社
- 中野ジェームズ修一著 田畑尚吾監修 2018年 『医師に「運動しなさい」と言われたら最初に読む本』 日経BP社

## 11. 謝辞

実験に協力して下さった, 本校山岳部, 新聞部, 理科部, 文芸部, LRI部, 食物部の皆さんありがとうございました. 特に山岳部の皆さんには何度も実験の依頼をいたしました. 毎回忙しいところ貴重な時間を実験にあててくださりありがとうございました.