

## フリークライミングにおける血中乳酸の蓄積

— 同じルートを能力の異なる者が登った場合 —

\*<sup>1</sup>山本正嘉, \*<sup>2</sup>東 秀磯, \*<sup>3</sup>柳澤昭夫, 渡邊雄二, 森田正人

## 1. 研究目的

フリークライミングを行う際に、運動の大きな妨げとなるのが前腕の筋疲労である。この筋疲労は強い力を持続、あるいは反復して発揮したときに起こり、フリークライマーのあいだでは「パンプアップ」と呼ばれている。

パンプアップは筋で乳酸が多量に蓄積したときに起こる現象である<sup>1)</sup>。したがって、フリークライミングの能力を向上させるためには、乳酸との関わりについて研究する必要がある。しかしこれまでのところ、わずかな研究<sup>2)</sup>しか行われていない。

そこで本研究では、その基礎研究の一つとして、クライミング能力の異なる数名のクライマーが人工壁で同じルートを登った時に、乳酸の蓄積にどのような違いがみられるかを測定した。また、クライミング中の心拍数についてもあわせて測定した。

## 2. 研究方法

## a. 被験者

登山研修所の講師の中から、フリークライミングの経験を持つ男子5名を選んだ。その際、フリークライミングの能力にある程度の差がある者を選ぶようにした。彼らのクライミング能力（オンサイトがほぼ確実なルートグレード）は、5.10マイナス～5.12ノーマルの範囲であった。表1は、各被験者の特性を示したものである。

## b. ルートの設定とその登り方

被験者のうちで最もクライミング能力に優れ、国際ルートセッターの資格も持つHHが、登山研修所の体育館内に設置された人工壁にルートを指定し、これを全員が登ることとした。このルートは、下部と上部にそれぞれ小ハングがあり、中間部が垂壁という構成になっている。なお高さは9m、グレードは5.10プラスである。

最初にHHが登り、他の被験者はその登り方を見てから登った。したがって完登した場合、HHにとってはオンサイトであり、その他の4人にとってはフラッシングということになる。

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	クライミング 能力
HH	38	159	50.0	5.12ノーマル
TH	30	168	67.2	5.11ノーマル
HI	34	173	65.6	5.10プラス
TS	24	172	61.0	5.10ノーマル
TI	28	169	57.0	5.10マイナス

表1 各被験者の身体的特性とフリークライミングの能力

### 3. 論文

#### c. 測定内容

乳酸の測定：登り始める直前に、各被験者の手の指先から $20\mu\text{l}$ の血液を採取し（THのみは指の皮が固くて血液を採取できなかったのもので耳朶から採血した）、自動乳酸分析器（Biosen 5040L, Industrie-Elektronik GmbH社製, ドイツ）を用いて血中乳酸濃度（単位：ミリモル）を分析した。また登り終えた直後（完登できなかった者はリタイア直後）にも同じ方法で採血をし、乳酸分析を行った。なおクライミング前の乳酸分析は1検体のみで行ったが、クライミング後の分析は2検体について行い、その平均値をデータとした。

心拍数の測定：小型の心拍計（Vantage-XL, Polar社製, フィンランド）を用いて、各被験者のクライミング中の心拍数を5秒間隔で測定した。

#### 3. 結果

このルートを完登できたのはHHとTHだけで、あとの3名は途中でリタイアした。クライミングに要した時間（リタイアしたものはそれまでの時間）は2～5分の間であった。図1は、HHのクライミング中の心拍数を示したものである。心拍数は運動開始とともに上昇し、途中傾斜が落ちて垂直になる部分で一旦低下するが、上部の小ハングのところ再び上昇している。

表2は、各被験者のクライミングの内容、クライミング前後の乳酸値、クライミング中の心拍数（平均心拍数と最高心拍数）をまとめたものである。被験者の中で最もクライミング能力の高いHHは、最も短い時間で完登し、クライミング後の乳酸値やクライミング中の心拍数も、全被験者の中で最も低かった。これに対して、パンプアップのためにわずか4 mの高さでリタイアしたTIは、HHに比べて乳酸値も心拍数もかなり高い値を示した。このような観点から5名の被験者のデータを比較すると、クライミング時間や到達高度に関係なく、余裕をもって完登した被験者では乳酸値や心拍数が低く、パンプアップのために途中でリタイアした被験者では高かった。

#### 4. 考察

安静時の血中乳酸値の目安は、およそ2ミリモル以下とされる。表2を見ても、クライミングを始める前の乳酸値は、ほとんどの被験者でこの範囲にあった。一方、クライミング後の値を見ると、全員が4ミリモル以上の値を示しており、クライミングにより乳酸が蓄積したことがわかる。

このルートを最も余裕を持って完登したHHのコメントによると、登り切ったときに感じた疲労度は、日常のトレーニングの開始時にウォーミングアップとして行うクライミングの疲労度よりも、さ

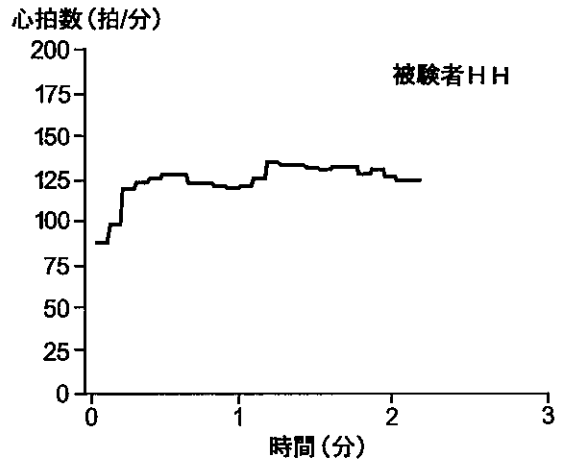


図1 被験者中で最もクライミング能力に優れるHHのクライミング中の心拍数

被験者	クライミング 時間	到達 高度	血中乳酸値 (ミリモル)		心拍数 (拍/分)		クライミングの内容
			クライミング 前	クライミング 後	平均 心拍数	最高 心拍数	
HH	2'07"	9 m (完登)	2.33	3.96	126	137	余裕をもってオンサイトした。普段の練習でウォーミングアップのために行うクライミングよりもやさしかったとのコメントであった。
TH	3'27"	9 m (完登)	1.54	4.12	151	170	HHのクライミングを見てから登ったのでフラッシングに相当する。比較的余裕をもって登れたとのコメントであった。
HI	4'54"	6 m (リタイ)	1.82	6.99	155*	167*	上部のハングの下まで到達したがここでハングドックを数回行った後、パンプアップによりリタイアした。
TS	2'04"	3 m (リタイ)	1.24	5.17	142	157	約3mの高さまで2回到達したがそれ以降のムーヴができずリタイアした。パンプアップというよりはムーヴができないためのリタイアであった。
TI	2'55"	4 m (リタイ)	1.92	6.93	150*	161*	約4mの高さまで4回到達したがパンプアップによりリタイアした。

表2 各被験者のクライミング前後の血中乳酸値、クライミング中の心拍数、およびクライミングの内容。心拍数の項で\*をつけた部分は、電極の乖離のため一部の時間帯で心拍数がとれなかったことを示しており、実際にはこれ以上の値となる可能性が高い。

らに軽いとのことだった。したがって、フリークライミングにおいては、比較的余裕がある登り方をした場合でも、乳酸の蓄積は起こるといえよう。

これに対して、歩きを主体とする一般的な登山の場合には、それがかなりきつい運動であっても、血中乳酸値はほとんど増加しない。たとえば筆者らは、約30kgの荷物を背負って立山の雷鳥沢を登っている9名の大学山岳部員を対象として、血中乳酸値と心拍数を測定した。その結果、運動中の平均心拍数は140~150拍台だった。また血中乳酸値は、9名中8名では安静値からほとんど上昇しておらず、残りの1名についても4ミリモル台だった。

一方、今回のフリークライミングにおいては、運動中の平均心拍数は120~150拍台であったにもかかわらず、血中乳酸値は4~7ミリモルだった。したがってフリークライミングは歩く登山に比べて、相対的に低い心拍数で血中乳酸値が上昇してしまうといえる。これは、前腕という小さな筋群に

### 3. 論文

大きな負荷が集中してかかっているためと考えられる。

乳酸は、過剰に蓄積すると筋中を酸性化させて筋疲労を引き起こすが、軽度の蓄積ならば緩衝系の中和作用により、筋疲労は起こらない。その境界は、Jacobs<sup>3)</sup>によると、血中乳酸値が4～6ミリモルのあたりにあるという。本研究の結果も、この指摘とよく一致するものであった。すなわち、比較的余裕をもって登れたHHとTHでは乳酸値が4ミリモル程度なのに対して、パンプアップによりリタイアしたTIやHIでは7ミリモル程度となっている。なおパンプアップというよりはムーヴができずにリタイアしたTSでは、約5ミリモルと、TIやHIに比べてやや低い値を示していることもわかる。

ドイツの研究所で、難しいオンサイトにトライしているクライマーの血中乳酸値を測定したところ、8ミリモル程度であったという<sup>2)</sup>。この研究や本研究の結果から類推すると、フリークライマーにとって7～8ミリモルという血中乳酸値は、前腕がパンプアップした状態を表しているといえよう。

フリークライミング以外のスポーツに目を向けてみると、競技の終了後にこれよりはるかに高い血中乳酸値を示す種目がいくつかある。たとえば陸上競技で400m走や800m走を行った場合、一流選手では20ミリモルを超えることが珍しくない<sup>3, 4)</sup>。これに比べれば、フリークライミング後の血中乳酸値ははるかに低い。しかしこの比較から単純に、フリークライミング時の筋疲労の方が程度が軽い、と言うことはできない。

なぜなら、走運動では脚筋という大きな筋群がパンプアップするが、フリークライミングの場合には、前腕というこれよりもはるかに小さな筋群がパンプアップするからである。したがって、それぞれの筋群の乳酸が血液に均等に拡散したときには、前者の値の方がはるかに高くなることは容易に理解できる。このように考えると、短～中距離走もフリークライミングも、主働筋の内部での乳酸蓄積という点では、ほぼ同等（そしておそらく最大値）になっていると考えた方がよいだろう。

外見的な運動様式は全く違うが、フリークライミングとよく似た疲労が起こるスポーツとして、柔道をあげることができる。柔道では5分間程度の試合を行うが、激しい試合をするとフリークライミングと同様、前腕の筋だけが特異的にパンプアップする。このときの血中乳酸値を測ってみると、6～10ミリモル程度であり、10ミリモルを超えることはほとんどない<sup>5)</sup>。前腕がパンプアップした場合、血中乳酸値が7～8ミリモル前後となるということは、このような例からも裏付けられるだろう。

### 5. まとめ

フリークライミングを行うと、主として前腕の筋中に乳酸が発生し、それが血中に拡散して血中乳酸値を上昇させることが示唆された。また、同じルートを能力の異なるクライマーが登った場合、より余裕を持って登った者の方が、血中乳酸値は低値を示すことが明らかになった。したがって、血中乳酸値を調べることによって、フリークライミング中に前腕の筋に蓄積した乳酸量や、それによって生じた筋疲労の程度を、ある程度客観的に評価できると考えられる。前腕の筋疲労は、フリークライミングを行う上で大きな妨げとなるため、今後さまざまな角度から研究していくことが必要である。

その際に、血中乳酸値は有力な手がかりとなるだろう。

引用文献

- 1) Wilmore, J.H. and D.L. Costill : Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics, USA, 1994, p.77.
- 2) Goddard, d. and U. Neumann : Performance Rock Climbing. Stackpole Books, USA, 1993.  
(山と溪谷社より邦訳が刊行される予定)
- 3) Jacobs, I. (山本正嘉訳) : 血中乳酸; トレーニングおよびスポーツ成績との関係 (総説)。臨床スポーツ医学, 6 : 1041-1047, 1989.
- 4) 山本正嘉 : 乳酸を測る コーチング・クリニック, 111 : 30-33, 1998.
- 5) 山本正嘉ほか : 試合内容との関連からみた柔道の試合における血中乳酸の蓄積。国際武道大学研究紀要, 12 : 31-36, 1996.

(※1 鹿屋体育大学)

(※2 日本山岳協会クライミング委員会)

(※3 文部省登山研修所)