

# 各種有機酸類による疲労回復促進効果

金 沢 大 学 山 口 務

## Studies on the Refreshing Effect of Two Kinds of Organic Acids

by

Tsutomu Yamaguchi

*Faculty of Education, Kanazawa University*

### ABSTRACT

The experiments were performed for the purpose of confirming the refreshing effect of citric acid and acetic acid. The urine samples were taken from male students belonging to Kanazawa University Japanese fencing (Kendoh) club. Three analyses, Donaggio, color and pH methods, were carried out with the materials which were taken an hour and a half after the ingestion of citric or acetic acid following severe physical exercise.

These acids proved to be effective to make them refreshed considerably. But when the materials were taken over three hours after, the results were not so clear as the above.

### 要 旨

クエン酸および酢酸に疲労の回復を促進する効果があるかどうか調べた。被験者は、金沢大学剣道部男子学生（年齢19～21歳）14名で、一日の練習後ただちに3gのクエン酸、または酢酸を与え、その1.5時間後に採取した尿について疲労度を測定した。比較対照として、これらの有機酸の

代わりに水を与え、同様に採取した尿を用いた。各実験は二回の繰り返しとした。疲労度はドナヂオ値、色度およびpHの測定値について比較検討した。

その結果、クエン酸および酢酸が、運動後の疲労を取り除く上に明らかに有効であることが確認された。なお、この場合においても、これらの酸の投与後、3時間以上経過してから採取した尿で

の比較では、対照尿と大きな差はみられなかった。また、尿を材料とする疲労度の測定には、色度法が最も簡便であり、pH法は不適當であった。

### 緒 言

疲労した時、レモンをかじったり水に食酢を入れて飲むと、気分的な疲労の回復だけでなく、酸味の素である有機酸が、体内で肉体的疲労回復の効果を示すと言われている。しかし、今まで、実際にスポーツ選手に有機酸を与えて、疲労回復効果の有無について調べた研究はほとんどない。その理由は、実験法（たとえば、被験者の年齢、運動の種類や強度、有機酸の投与方法、疲労度の測定方法など）等の設定が難しく、データが取りにくいと思われる。

われわれは運動部の学生を対照に、種々予備実験を行い、剣道部の学生について、運動後ただちにクエン酸または酢酸を投与し、運動直後と1.5時間後の尿について、pH、色度およびドナヂオ法による疲労度の測定を行った結果、有機酸投与群では非投与群に対し、明らかな疲労回復効果が示されることを確認した。本論文は、有機酸の疲労回復促進効果の有無について研究した結果を報告する。

## 1. 実験方法

### 1.1 被験者

被験者は、疲労を翌日まで残さない年齢層が望ましいと考え、19～21歳の男子とし、金沢大学剣道部の学生からアトラダムに14名を選んだ。

### 1.2 剣道における運動強度について

本研究で対象とした剣道部合宿における運動のスケジュールを表1に示した。なお恵土<sup>ら</sup>は、このスケジュールで120分間運動した時の平均心拍数は、 $145.9 \pm 5.0$  (%HR<sub>max</sub>:  $79.4 \pm 2.3$ )であり、最大酸素摂取量の58～70%に相当することを報告している。(表2)

表1 剣道合宿練習期間中、1日の運動スケジュール

早朝	ランニング	30分間
午前	連打打ち	10
	基本練習	10
午後	地稽古	20
	掛かり稽古	20
	基本打ち	20
	基本練習	10
	地稽古	30
	基本打ち	40

表2 剣道練習内容別にみた運動強度 (恵土による)

	HR/min	%HR <sub>max</sub>
連打打ち	$139.2 \pm 3.9$	$76.6 \pm 0.8$
基本練習	$136.3 \pm 13.9$	$74.0 \pm 8.2$
試合	$162.2 \pm 10.4$	$86.1 \pm 7.0$
地稽古	$157.3 \pm 8.2$	$85.6 \pm 3.9$
掛かり稽古	$165.2 \pm 18.8$	$89.6 \pm 9.2$
基本打ち	$148.9 \pm 13.8$	$82.1 \pm 7.3$

また表1に見られるように、午前、午後二回、しかも長時間にわたって練習しているので、疲労はかなり蓄積するものと思われる。

### 1.3 実験期間中の生活内容

実験時期は、平成5年8月20日～8月23日までの4日間、石川県羽咋郡富来町で行われた金沢

表3 剣道合宿練習期間中、1日の生活内容

6:00	起床
6:15 ~ 7:00	予備運動
7:30 ~	朝食および休憩
9:30 ~ 11:30	剣道の練習
12:15 ~	昼食および休憩
14:30 ~ 17:00	剣道の練習
18:30 ~	夕食、入浴および休憩
22:00	就床

17:00:有機酸投与  
18:30:夕食前に採尿

大学剣道部の合宿中に実施した。本実験期間中、被験者の一日の生活内容は表3に示すとおりである。

なお実験期間中、食事制限はとくにしていないが、栄養ドリンク剤および有機酸を含有する清涼飲料類の飲用は禁止した。

#### 1.4 有機酸投与方法および採尿方法

被験者14人を7人ずつの2群に分け、第1日および第3日の運動終了直後、尿を採取した後それぞれの群にクエン酸および酢酸を各1人当たり5g投与した。ついで1.5時間後、再び尿を採取し、それぞれの尿について疲労度を測定した。なお、第2日および第4日の運動終了後は各群とも有機酸投与は行わずに、上と同様採尿し、その疲労度を測定して(対照尿)有機酸投与後の尿の疲労度と比較した。

なお全被験者について、全期間中の起床直後の尿を採取し、その疲労度の測定値を各人の疲労回復時の平常値とした。

#### 1.5 疲労度の測定法

##### 1.5.1 ドナヂオ・越智反応試験

第2回国際スポーツ医学会(1936)において、Donaggio<sup>2)</sup>は疲労した人の尿中に色素の沈殿を抑制する、ある種の物質が存在することを発見したが、この反応はその後、疲労度の測定に利用されている。すなわち、疲労の度合いにしたがって尿中に増加したコロイド物質が、メチレンブルーの沈殿するのを抑制するので、上清の色素の濃度を測定することによって疲労度を知ることができる。ここではその後、越智らによって改良された方法<sup>3)</sup>を使用した。この方法は簡便であるが、試薬と尿を混合する際、激しく振とうすると値に若干ばらつきを生じた。

##### 1.5.2 色度の測定法

一般に疲労時には尿の色度は上昇し、疲労が回復するにしたがって色度も低下することから、尿の420nmにおける吸光度を測定して疲労の度合

を知る目安とした。

##### 1.5.3 pHの測定

運動後の疲労時には、尿のpHは正常時と比較して酸性を示すことが報告されている。すなわち強度の運動をした時、乳酸が多量生成し、したがって尿に混入して体外に排せつされる乳酸も増加するため、尿は酸性に傾くと言われている。そこで採取した種々の尿のpHを測定して、疲労の度合いを知る目安とした。

#### 1.6 効果の判定

効果の判定に当たっては、被験者から得られた14組の実験成績について、無投与の対象群(B群)と投与群(A群)との差を算出し、この差の集団が母平均0の母集団から抽出されたものであるとの帰無仮説をStudentのtによって検定した。

これは対応のある、2元配置の平均値の差の検定法の一部をなすものであって、同じ結果を与えることはいうまでもない。

### 2. 実験結果

#### 2.1 尿ドナヂオ値の測定によるクエン酸の疲労回復促進効果

クエン酸群(被験者1~7)には、試験第1日および第3日の運動直後、クエン酸を投与し、1.5時間後の尿中のドナヂオ値を測定する。また、第2日および第4日は、クエン酸の代わりに水を投与し、1.5時間後の尿中のドナヂオ値を同様測定し比較の対照とした。結果は表4に示す。

ドナヂオ値の数値は、前述のごとく1.0が疲労度が最も低く、5.0が疲労度が高いことを示す。表から明らかなように、クエン酸を投与した場合、1.5時間後のドナヂオ値は、投与しない場合に比して明らかに低いことが認められる。検定の結果クエン酸投与による疲労回復促進効果は、5%以下の危険率で有意であることが確認された。

表4 尿ドナヂオ値の測定によるクエン酸の疲労回復促進効果

被験者	クエン酸 (A)	対 照 (B)	(B) - (A)
1	2.8	3.4	0.6
2	3.0	3.2	0.2
3	2.8	3.0	0.2
4	2.8	2.8	0
5	3.0	3.0	0
6	2.8	3.2	0.4
7	3.0	2.8	-0.2
1	2.8	3.2	0.4
2	3.0	3.8	0.8
3	3.0	2.8	-0.2
4	2.6	2.8	0.2
5	2.8	3.2	0.4
6	2.6	3.0	0.4
7	2.8	2.8	0

### 2.2 尿ドナヂオ値の測定による酢酸の疲労回復効果

酢酸群 (被験者 8 ~ 14) には、試験第 1 日および第 3 日の運動直後、酢酸を投与し、1.5 時間後の尿中のドナヂオ値を測定する。また、第 2 日および第 4 日は、酢酸の代わりに水を投与し、1.5 時間後の尿中のドナヂオ値を同様測定し、比較の対照とした。(表 5) 表から、酢酸を投与した場合、1.5 時間後のドナヂオ値は、投与しない場合に比して 5 % 以下の危険率で有意であることが確認された。

### 2.3 尿色調の測定によるクエン酸の疲労回復促進効果

前述したクエン酸投与および無投与の 1.5 時間後の尿について色度を測定し、その低下から疲労度回復促進効果の有無を検定した。結果を表 6 に示す。

表から、クエン酸を投与した A は無投与の B に比して、1.5 時間後の尿の色調は低い値を示すものが多いが、検定の結果は 5 % の有意水準には達しないことが確認された。

### 2.4 尿色度の測定による酢酸の疲労回復促進効果

前述した酢酸投与および無投与の 1.5 時間後の尿について色調を測定し、色度の低下から疲労回復促進効果の有無を検定した。結果を表 7 に示す。

表から、酢酸を投与した A は無投与 B に比して、1.5 時間後の尿の色調は、明らかに低い値を示し、酢酸の疲労回復促進効果が推定され、検定の結果 1 % 以下の危険率で有意であることが確認された。

### 2.5 尿 pH の測定による有機酸類の疲労回復促進効果

前述したクエン酸、酢酸投与および無投与の 1.5 時間後の尿について pH を測定し、その低下から疲労回復効果の有無を検定した。しかし、その結果は疲労度と pH の間に一定の傾向がみられず、したがって尿 pH から有機酸による疲労回復促進効果を推定することは困難であった。

尿の pH は、疲労度以外に食事内容、水分摂取量などにより変動することが知られているので、尿の pH で疲労度を知るのとは不可能であることが認められる。

## 3. 考 察

以上、本研究では剣道のような激しい運動の後、クエン酸や酢酸を投与し、1.5 時間のような早い段階で尿を採取し疲労度を測定すると、無投与の場合に比して疲労回復が明らかに促進されることが確認された。とくに、尿の色調は、有機酸投与により急速に運動前の色調にまで戻ることが認められた。

なお、予備実験で有機酸を投与してから、3 時間後、5 時間後の尿について、ドナヂオ値および色調を無投与の場合と比較した結果では、3 ~ 5 時間経つと無投与の場合にもかなり疲労が回復するため、1.5 時間後の尿ほどには差がみられな

表5 尿ドナヂオ値の測定による酢酸の疲労回復促進効果

被験者	酢酸 (A)	対照 (B)	(B) - (A)
8	3.0	3.0	0
9	3.6	3.2	-0.4
10	3.0	3.4	0.4
11	2.4	2.8	0.4
12	2.8	2.8	0
13	2.8	3.4	0.6
14	2.8	3.0	0.2
8	2.4	3.0	0.6
9	3.6	3.2	-0.4
10	3.0	3.2	0.2
11	2.6	3.0	0.4
12	3.0	3.0	0
13	2.8	3.2	0.4
14	2.8	3.6	0.8

表6 尿色調の測定によるクエン酸の疲労回復促進効果

被験者	クエン酸 (A)	対照 (B)	(B) - (A)
1	0.320	0.300	-0.020
2	0.253	0.336	0.083
3	0.206	0.246	0.040
4	0.236	0.206	-0.030
5	0.246	0.224	-0.022
6	0.184	0.205	0.021
7	0.214	0.226	0.012
1	0.268	0.346	0.078
2	0.216	0.225	0.009
3	0.306	0.284	-0.022
4	0.286	0.268	-0.018
5	0.264	0.302	0.038
6	0.300	0.316	0.016
7	0.248	0.300	0.052

かった。

本研究で、有機酸による疲労回復促進効果が顕著に現れた理由として、

1) 剣道における運動量および運動強度が適当であったこと。

表7 尿色調の測定による酢酸の疲労回復促進効果

被験者	酢酸 (A)	対照 (B)	(B) - (A)
8	0.208	0.340	0.132
9	0.120	0.140	0.020
10	0.142	0.136	-0.006
11	0.236	0.228	-0.008
12	0.114	0.234	0.120
13	0.226	0.362	0.136
14	0.132	0.260	0.128
8	0.216	0.248	0.032
9	0.145	0.326	0.181
10	0.246	0.432	0.186
11	0.226	0.340	0.114
12	0.132	0.224	0.092
13	0.226	0.266	0.040
14	0.246	0.302	0.056

2) 被験者として、疲労を翌日に持ち越さない20歳前後の男子を選んだこと。

3) 疲労度を調べる方法として尿のドナヂオ値および色調の測定を行ったこと。

4) 有機酸を投与してから1.5時間後に採取した尿について比較したこと。  
などの要因が上げられる。

#### 4. ま と め

金沢大学の男子学生（年齢20歳前後）7名ずつ、2グループについてつぎの実験を行った。

合宿練習第1日および第3日の運動終了後、それぞれのグループにクエン酸または酢酸を投与し、その1.5時間後に尿を採取し、ドナヂオ値、色度およびpHを測定して、疲労回復促進効果の有無を調べた。対照として、第2日および第4日の運動後、上記有機酸の代わりに水を投与し同様に実験した。その結果、

1) 尿ドナヂオ値測定によるクエン酸の疲労回復促進効果は、5%以下の危険率で有意であることが確認された。

2) 尿ドナヂオ値測定による酢酸の疲労回復促

進効果は、5%以下の危険率で有意であることが確認された。

3) 尿色調の測定によるクエン酸の疲労回復促進効果は、有意とはいえないことが確認された。

4) 尿色調の測定による酢酸の疲労回復促進効果は、1%以下の危険率で有意であることが確認された。

5) 尿 pH の測定によるこれら有機酸の疲労回復促進効果については、明らかでなかった。

#### 参考文献

- 1) 恵土, 堀田; 剣道の運動強度, 金沢大学教育学部研究紀要, 36号, 57-71 (1988)
- 2) Donaggio; *Physiol. u. exp. Pharmak.*, **92**, 97 (1936)
- 3) 越智真逸; 京府医大誌, 56巻, 1 (1954)
- 4) 堤 達也; 疲労と医学, 疲労とドリンク剤, 臨床スポーツ医学, 3巻, 5号, 512-518 (1986)
- 5) D. L. Costill, J. M. Miller; Nutrition for endurance sport, Carbohydrate and fluid balance., *Int. J. Sports Med.*, **1**, 2-14 (1980)
- 6) 山岡誠一; スポーツと疲労, スポーツ医学, 3巻, 286-309 (1978)
- 7) 鈴木政登; スポーツドリンクと運動, *J. of Japanese Sports Science*, **5**, 192-197 (1986)
- 8) E. F. Adolph, et al.; *Physiology of man in the desert*, Hafner Pub. C., New York, pp 110 (1947)
- 9) 朝比奈ほか; スポーツと体力, スポーツ科学講座, **2**, pp 169-178 (1982)
- 10) 山田ほか; 水及びナトリウム付加時の運動が水及び電解質代謝に及ぼす影響について, 体力科学, **39**, 351 (1981)