

中等度運動回復期における水分補給の効果

— 純水, 糖, クエン酸, 食酢の比較 —

名古屋大学大学院 中尾 千登世
(共同研究者) 名古屋大学 押田 芳治
同 佐藤 祐造

Effects of Fluid Replacement after Moderate Exercise — Comparison between Water, Glucose, Citric Acid and Vinegar —

by

Chitose Nakao

Graduate School of Medicine, Nagoya University

Yoshiharu Oshida, Yuzo Sato

Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

ABSTRACT

We examined the effect of fluid replacement after moderate exercise, for 30 min at 60 %HRmax. The investigation was carried out in five healthy university students, 24 ± 2 (mean \pm S.E.) years old. Subjects drank one of the following four test solutions twice, immediately after and 30 min after the exercise: 1) distilled water (group W), 2) 6% glucose solution (group G), 3) 0.5% citric acid solution containing 6% glucose solution (group C), and 4) vinegar diluted ten-fold with water (about 0.5% acetic acid) containing 6% glucose solution (group V). Each ingestion volume was 250 ml at a time. Six blood samples (before exercise and 0, 15, 30, 60 and 120 min after exercise) were drawn. The three physical sensations, fatigue, thirst and relaxation, were checked up at three times, immediately after the exercise, and after the first and the second drinking.

No significant increase in hematocrit and serum lactic acid concentration was observed in all groups immediately after exercise. Group G, C and V increased significantly in serum glucose,

serum insulin and serum lactic acid after the ingestion. However, the suppression in the increment rate was observed in two groups, C and V. Free fatty acids reduced immediately after the exercise, and during recovery period, group W only showed a significant increase to the contrary other three groups indicated decreasing tendency. Group G indicated the most effective improvement substantially the whole physical sensations. However, vinegar contributed to the equal or more speedy improvement, especially on the sensation of fatigue and relaxation.

During exercise recovery period, the ingestion of citric acid or vinegar with glucose indicated suppressing tendency on the variation of blood glucose as compared to the ingestion of glucose only. Moreover, addition of vinegar effected the improvement of a few physical sensations after exercise. These results suggests that vinegar ingested with glucose is more efficient solution for the individual who have a few abnormalities on blood glucose metabolism and/or physically fatigue person after exercise.

要 旨

本研究は、中等度運動回復期におけるグルコースおよびクエン酸、酢酸の補給効果について、血清成分の変動および疲労回復の観点より検討した。健常男子学生5名（ 24 ± 2 歳）を対象とした。60% HRmaxで30分間、自転車エルゴメーター運動を行い、運動直後および30分後に、a) 純水(W)、b) 6%グルコース(G群)、c) 0.5%クエン酸(6%グルコースを添加: C群)、d) 食酢(市販品10倍希釈: 酢酸0.5%含有、6%グルコースを添加: V群)のいずれかを250 mlずつ、合計500 ml摂取させた。運動前、直後、15分、30分、60分、120分後に採血し、運動直後、1回目の飲水後、2回目の飲水後に主観評価(疲労感・口渇感・リラックス感)について調査した。

運動によりヘマトクリット、血清乳酸値は増大したが、有意差を示さなかった。飲水後、血清乳酸値・血糖値・インスリンはグルコース摂取により有意に増大したが、そのピーク値はクエン酸や酢酸を添加することにより抑制される傾向を示した。遊離脂肪酸(FFA)は運動により低下傾向を

呈し、回復期にはW群のみ有意に上昇したが、他3群は有意に低下した。主観評価は、G群が相対的によく改善されたが、とくに疲労感、リラックス感については、V群により速やかな回復が認められた。

運動回復期にグルコースとともにクエン酸や食酢を摂取することにより血糖上昇が抑制され、また、とくに食酢の摂取は主観評価(疲労感・リラックス感)回復の促進効果を示したことから、運動後の食酢摂取の有効性が示唆された。

緒 言

近年、健康保持・増進を考えるうえで、中等度以下の強度での歩行、ジョギング、水泳、自転車運動など全身的動的運動の効果が明らかとなり、日常生活における運動実施が広く一般に推奨されている。通常、このような目的でなされる運動は、1回につき15分以上行うのがよいとされるが、かなりの発汗を伴うことも多く、運動中あるいは運動終了後に適度な水分補給を行い、熱中症の予防、循環血液量や体液バランスの維持に努めることが必要とされている。また、運動により消費された

グリコーゲンなどのエネルギー源の補充や疲労開始の遅延、疲労回復の促進などを考慮して、水分以外にも運動で利用される糖や電解質などを含む種々のスポーツドリンクが開発されている。飲食物による運動後の疲労回復効果は、日常生活への健康づくり運動導入・推進を考えるうえでも重要な要素となろう。

食酢は古来、調味料としてだけでなく、医薬品として広く普及・利用されてきた食品である。一般に、食酢は疲労、肩凝り、便秘、高血圧、動脈硬化や糖尿病の改善に効果があるといわれ²⁰⁾、健康食品として愛飲する人も多いが、その効果について科学的解明は十分になされておらず、経験的知識に基づき取り扱われている感が強い。食酢の主成分である酢酸は、生体内の代謝経路の一つとして、細胞内でアセチル-CoA を経てクエン酸に変換される^{5,10,11)}。クエン酸は、運動後、グルコースと併用投与することにより肝臓や筋肉のグリコーゲン再補充を促進することが報告されている¹²⁾。また我々は、酢酸がクエン酸と同様に、激運動後の肝臓グリコーゲン貯蔵回復を促進する効果を持つことを確認している（第5回日本運動生理学会発表, 1997）。運動後の体内グリコーゲン再補充やさらには疲労回復を促す食品として、しばしば糖質の他にクエン酸に富むオレンジやグレープフルーツなどの柑橘類が勧められている¹⁷⁾が、クエン酸と酢酸は一部共通の経路で代謝され、糖・脂質代謝に影響を及ぼすものと考えられることから、食酢がクエン酸と同様の生理効果を有する可能性が予想される。

食酢は調味料として日常的に摂取される食品であることから、食酢が、とくに糖・脂質代謝や疲労回復に及ぼす効果について検討することは、健康づくり運動実践、さらには生活習慣病の予防を考えるうえで意義深いものと思われる。

そこで本研究は、中等度強度での自転車エルゴメーター運動回復期における純水、グルコース溶

液、クエン酸含有グルコース溶液、食酢含有グルコース溶液の飲水効果について血清成分および主観評価（疲労感、口渇感、リラックス感）より比較検討した。

1. 対象および方法

1.1 対象

対象は健康な男子大学生・大学院生5名である。年齢は 24 ± 2 （平均±標準誤差）歳、身長は $173.5 \pm 4.8\text{cm}$ 、体重は $69.7 \pm 7.8\text{kg}$ 、BMIは $23.2 \pm 2.8\text{kg/m}^2$ であった。

1.2 方法

被験者は前日夜9時より絶食し、実験当日朝9時に研究室に来室した。研究室は検査中 $21 \sim 23^\circ\text{C}$ に維持した。被験者は30分間安静にした後、右あるいは左肘静脈に採血用の留置針を挿入され、自転車エルゴメーターで30分間運動を実施した。負荷は 20w より毎分 15w ずつ漸増し、 60% HRmaxとなるよう負荷を維持した。そして、運動終了直後および30分後（いずれも採血後）に、a) 純水（W群）、b) 6%グルコース（G群）、c) 0.5%クエン酸（6%グルコースを添加: C群）、d) 食酢（市販品を10倍希釈、酢酸約0.5%含有、6%グルコースを添加: V群）のいずれかを 250ml ずつ、合計 500ml 摂取させた。各々の被験者に対してすべての飲水物について検査したが、各試験は1週間以上の間隔をとり、また検査順序および摂取した飲水物の種類は被験者には知らせなかった。

運動前および直後、運動終了15、30、60、120分後の6回採血を行い、以下の血清成分について分析した：ヘマトクリット、電解質（ナトリウム、カリウム、カルシウム、塩素）、乳酸、血糖、インスリン、遊離脂肪酸、グリセロール、トリグリセライド。各々の検査結果について運動直後値に対する変化率を算出し、運動直後値に対する変動について比較検討した。

また、主観評価として疲労感、口渇感、リラックス感について、運動直後、一回目（運動直後）の飲水後および2回目（運動30分後）の飲水後に、「非常に感じる:0点」から「全く感じない:4点」までの5段階評価尺度を用いて評価させた。運動直後の評価ポイントを基に、各時点のポイント差（運動直後の評点-各飲水後の評点）の平均値を算出し、図12に評価尺度とともに図示した。

なお、統計学的検定にはone-way ANOVAおよびPost-hoc testとしてFisher's PLSD法を使用した。有意水準は5%とした。

2. 結果

2. 1 運動前値

表1に、測定されたすべての血清成分の運動前の平均値および標準誤差 (S.E) を示した。すべての成分について、飲水溶液群間に有意差はなかった。

2. 2 運動負荷による各パラメータの変動

2. 2. 1 ヘマトクリット (図1)

すべての群において運動に伴い上昇し、運動後速やかに回復したが、いずれの変動も有意差を示さなかった。

2. 2. 2 電解質

[カリウム (図2)、クロール (図3)、ナトリウム (図4)、カルシウム (図5)]

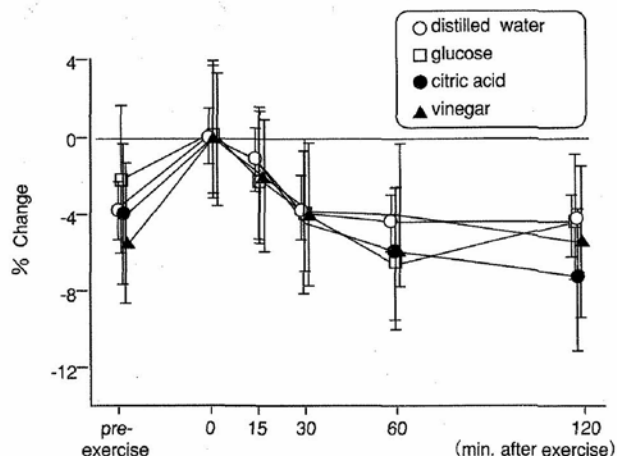


図1 Changes in hematocrit before and at 0, 15, 30, 60 and 120 min after the exercise (mean ± S.E.). Subjects drank one of the four test solutions, water, 6% glucose, 0.5% citrate containing 6% glucose and vinegar, ten-fold diluted with water containing 6% glucose, twice, immediately after and 30 min after the exercise.

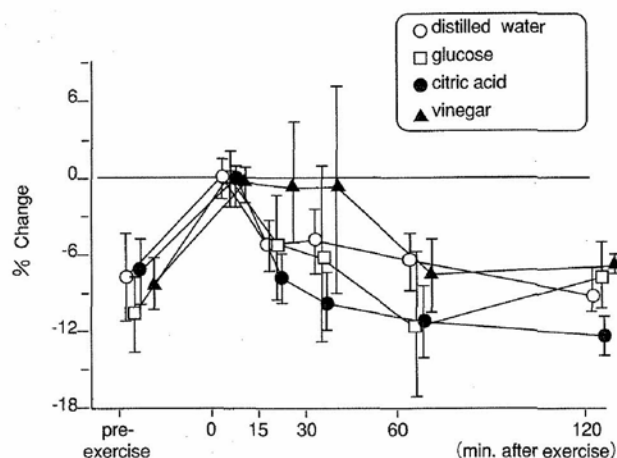


図2 Changes in serum potassium (mean ± S.E.).

カリウムは、運動後、V群 (8.0%) を除く3群に有意な上昇を認め [W群: 7.7%, G群: 10.6%, C群: 7.2% (p<.05)], 運動120分後にはほぼ運

表1 Summary of blood variables for each trial, water, glucose, citric acid and vinegar at pre-exercise.

group	Hematocrit (%)	Potassium (mEq/l)	Chloide (mEq/l)	Sodium (mEq/l)	Calcium (mg/dl)	Lactate (mmol/dl)
water	45.6 ± 0.68	4.32 ± 0.16	106.6 ± 0.98	143.8 ± 0.74	9.78 ± 0.10	2.3 ± 0.22
glucose	45.8 ± 1.79	4.06 ± 0.14	107.0 ± 0.89	142.6 ± 0.51	9.90 ± 0.21	2.1 ± 0.09
citric acid	43.1 ± 1.58	4.12 ± 0.11	106.8 ± 1.02	143.0 ± 0.55	9.50 ± 0.22	1.9 ± 0.09
vinegar	43.7 ± 1.41	4.14 ± 0.09	107.0 ± 1.00	144.4 ± 0.51	9.58 ± 0.16	2.0 ± 0.18

group	Glucose (mg/dl)	Insulin (μU/ml)	FFA (mEq/l)	Glycerol (mg/dl)	TG (mg/dl)
water	83.0 ± 1.70	7.8 ± 0.97	0.394 ± 0.022	0.68 ± 0.037	93.4 ± 18.64
glucose	77.0 ± 1.52	8.0 ± 1.30	0.390 ± 0.087	0.72 ± 0.097	110.6 ± 21.44
citric acid	83.6 ± 2.04	8.2 ± 2.40	0.528 ± 0.066	0.90 ± 0.089	71.7 ± 31.69
vinegar	81.4 ± 2.42	8.2 ± 1.63	0.258 ± 0.072	0.73 ± 0.103	76.6 ± 11.32

Values are means ± SE; n=5. No significant difference was found among each trials for all variables.

FFA : Free Fatty Acids ; TG : Triacylglyceride

動前値に回復した。その他の項目には、有意な変動は認められなかった。

2. 2. 3 血清乳酸 (図6)

運動後、すべての群で増大傾向を示したが、運動前値との間に統計的有意差はなかった。運動後、W群は速やかに低下したが、他3群は運動30分後まで低減した後再び増大し、60分後にはW群

に対しG、V群は有意な高値を示した ($p < .05$)。運動120分後にはすべての群でほぼ運動前値に回復した。

2. 2. 4 血糖 (図7)

運動に伴いすべての群で低下傾向を示し、W群、C群に有意差を認めた ($p < .05$)。W群は以後、有意な変動を示さなかった。一方、C群は運動後15分から60分、G、Vの両群は運動後30分、60分に運動後値に比して有意に高値を呈した ($p < .05$)。これら3群は運動後30分、60分にW群 (-1.6%) に対して有意差を認め ($p < .05$)、60分後に最高値を示した (G群 66.4%、C群 57.1%、V群 49.1%)。運動終了120分後には、すべての群で運動直後の値とほぼ同値となった。

2. 2. 5 インスリン (図8)

運動直後にすべての群で低下傾向を示したが、統計的有意差はなかった。回復期には、W群は有

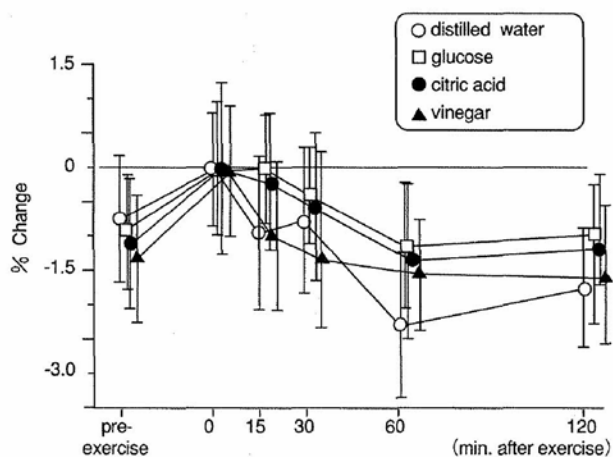


図3 Changes in serum chloride (mean \pm S.E.).

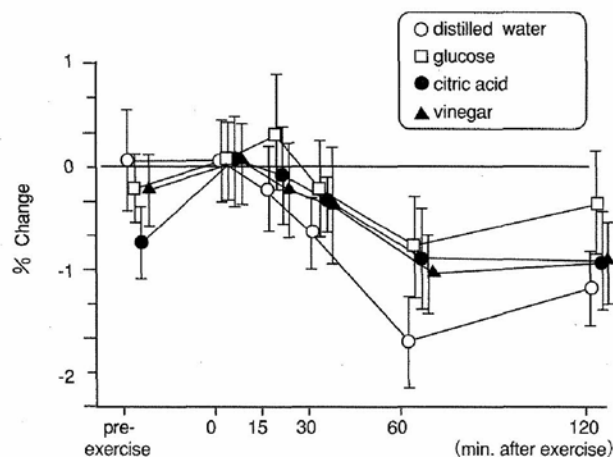


図4 Changes in serum sodium (mean \pm S.E.).

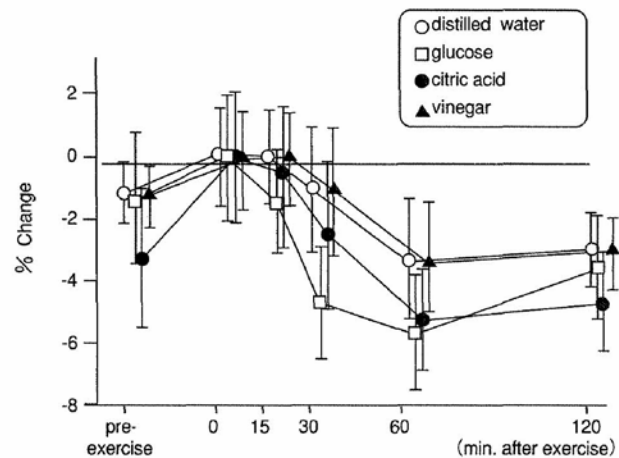


図5 Changes in serum calcium (mean \pm S.E.).

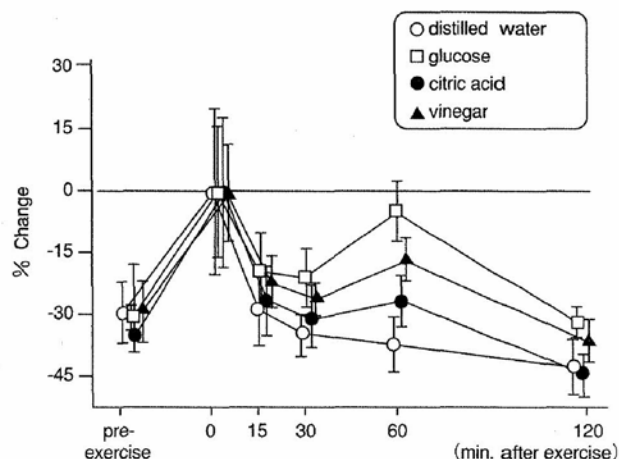


図6 Changes in serum lactic acid (mean \pm S.E.).

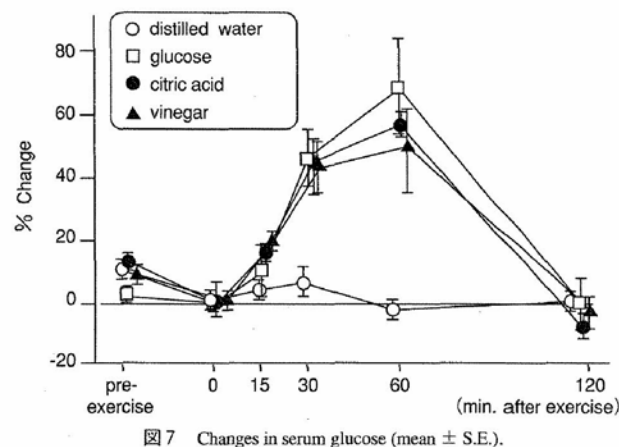


図7 Changes in serum glucose (mean \pm S.E.).

意な変動を示さなかった。それに対しG群、C群、V群は、運動後30分、60分に運動後値に対して有意差を示し ($p < .05$)、運動終了60分後に最高値を呈し (G群 731.2%、C群 479.4%、V群 491.0%)、W群 (34.7%) に比較して有意に高値であった ($p < .05$)。この時点で3群間に有意差はなかったものの、G群に比しC、V群で増加率が抑制される傾向にあった。運動終了120分後にはすべての群で運動直後値とほぼ同値となった。

2. 2. 6 遊離脂肪酸 (図9)

全群で運動に伴い低下し、運動終了15分後には増大したが、いずれも有意ではなかった。W群は、運動終了30分後に再び低下した後、120分後 (78.2%) まで急激に上昇し、運動直後値に対し運動後15、60、120分後に有意差を示した ($p < .05$)。他3群は運動終了60分後まで低下し

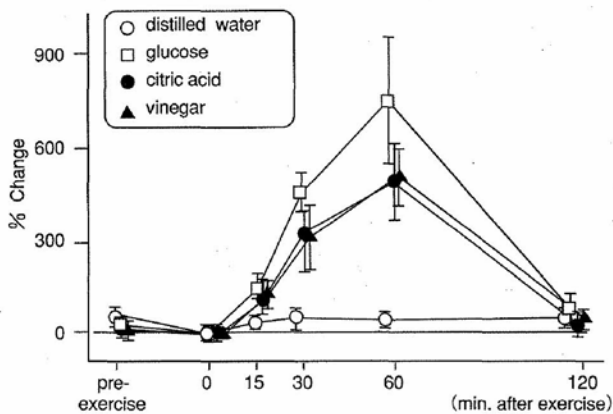


図8 Changes in serum insulin (mean \pm S.E.).

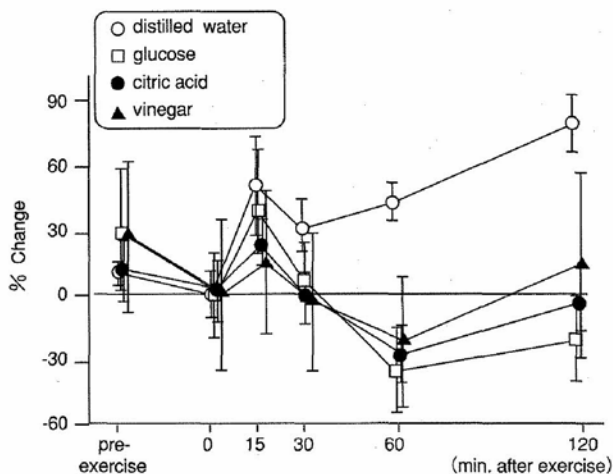


図9 Changes in serum free fatty acids (mean \pm S.E.).

た後上昇傾向を示したが、有意な変動ではなかった。運動終了60分後以降、W群と他3群の間で有意差がみられた ($p < .05$)。

2. 2. 7 グリセロール (図10)

運動60分後には運動直後値に対し全群で有意な低値を認めたが、運動120分後にはC、V群のみ有意差を示した ($p < .05$)。

2. 2. 8 トリグリセライド (図11)

4群ともに運動、回復期大きな変動は認められなかった。

2. 2. 9 主観評価 (図12)

各群名の後には評価ポイント差の平均値を示した。

疲労感は、全群でポイント差が負、すなわち疲労感をより感じない状態に変化していた。二回目の飲水後の時点ではG (-1.6)、V (-1.6) 群にお

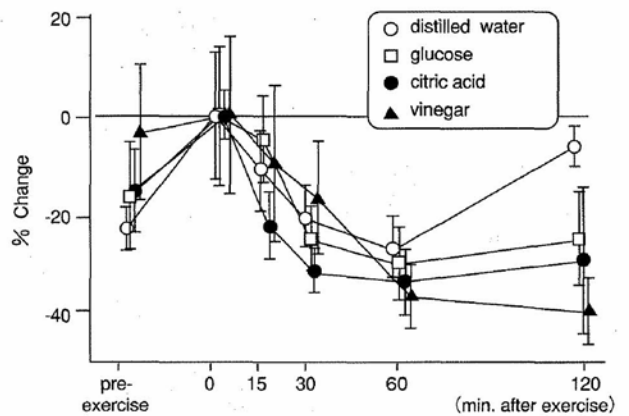


図10 Changes in serum glycerol (mean \pm S.E.).

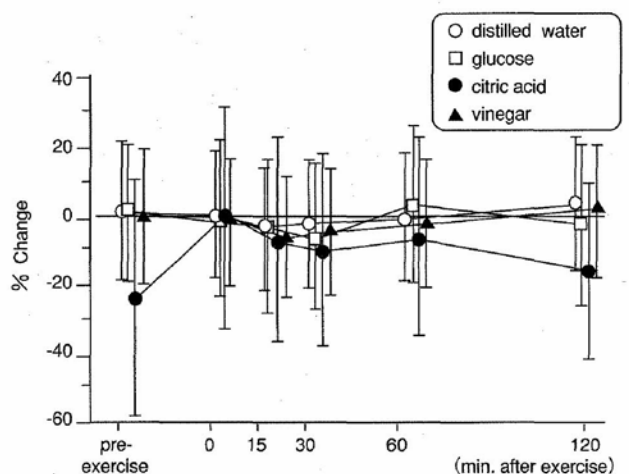


図11 Changes in serum triacylglycerol (mean \pm S.E.).

いて最も大きなポイント差を示し、C (-1.2) 群が最も小さかった。

口渴間も全群でポイント差は負、すなわち口渴感は解消される方向に変化した。一回目飲水後には全群ほぼ同様のポイント差であったが、二回目飲水後にはG (-1.8) 群のポイント差が最も大きく、V (-0.8) 群が最も小さかった。

リラックス感は、一回目の飲水後にはW, G, V群でポイント差は正であり、飲水によりリラックスした状態を促すことが示されたが、C群では変化しなかった。二回目の飲水後はすべての群でさらに大きなポイント差を示したが、その中でV群は4群の中で最も大きな差を示した(二回目飲水後; W, C群: 1.0, G群: 1.2, V群: 1.6)。

3. 考 察

30分間自転車運動を行わせた結果、すべての被験者が運動時にかなりの発汗を伴い、ヘマトクリット値さらに血清乳酸値に上昇傾向を認めたが、有意な増大ではなかった。本研究で実施した

60% HRmax強度の運動は、比較的軽強度の運動であると考えられるが、このような軽から中等度強度での運動を長期にわたって継続することにより、インスリン感受性の改善⁹⁾や内蔵脂肪が特異的に減少する¹⁶⁾ことが報告されている。このようなことから、とくに日常的に運動トレーニングを実施していない者、トレーニング導入期にある者には、極度の体水分損失を引き起こさず、乳酸性アシドーシスを招来する危険性も少ないことから、安全で快適に運動を遂行できるプログラムであると考えられる。しかし、今回観察された軽度の脱水であっても体温調節機能を維持し、食欲低下、運動機能低下などの脱水症状を回復させるために、適度な水分補給は必要と考えられる。発汗に伴う電解質の消失に関しては、今回検討した4項目には著明な変動は認めなかった。一般に、電解質補給が必要とされるのは発汗の総量が2リットルを超えた場合とされ⁴⁾、通常は各栄養素のバランスのとれた食事による補給で十分であるとされている^{8,13)}。本研究で採用した運動量では、

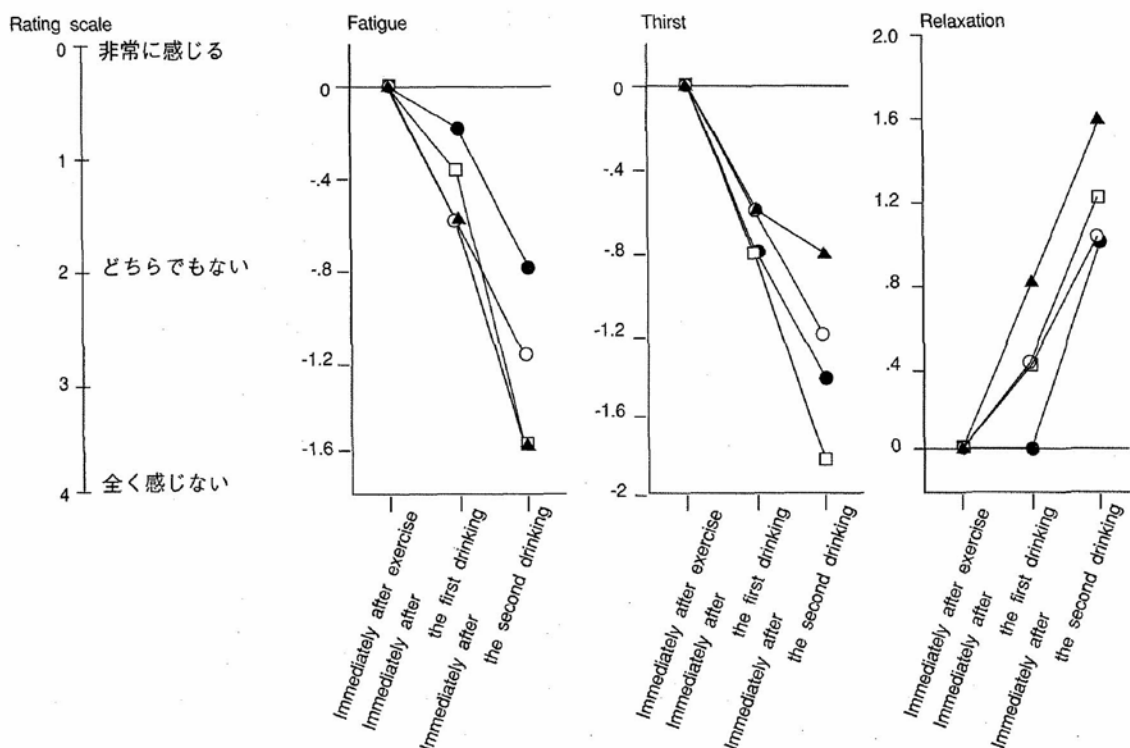


図12 Rating scale and changes in the three sensations: fatigue, thirst and relaxation. Each symbol indicates following four groups: distilled water (○), glucose (□), citric acid (●) and vinegar (▲). Points represent average values of the difference between immediately after exercise (basal value) and after the first (0 min after exercise) and second (30 min after exercise) drinking.

とくに電解質補給に努める必要はないものと思われた。

血清乳酸値は、運動終了後全群で一旦低下した後、運動終了60後の時点においてグルコース、クエン酸、食酢群で上昇傾向が認められたが、クエン酸、食酢群はその上昇が抑制された。乳酸は、組織内で乳酸脱水素酵素 (LDH) の働きでピルピン酸より産生されるが、LDH活性はミトコンドリアの酸化酵素活性よりも高いことから、ピルピン酸が大量に産生される状況では必然的に乳酸が産生されるといわれる³⁾。本研究ではグルコースを補給した3群について運動回復期に血清乳酸値の上昇を示したが、この上昇は運動実施後の糖質摂取とも関連が深いと考えられる。さらに、クエン酸、食酢群で血清乳酸値上昇が抑制された。酢酸は生体内でクエン酸に変換され^{5,10)}、また過剰量のクエン酸は解糖系律速酵素であるホスホフルクトキナーゼを抑制し、解糖を阻害する^{6,18)}ことが知られている。したがって、上述した結果は、これらの有機酸が解糖を抑制している可能性を示唆するものと考えられる。生体内における糖代謝は非常に複雑な過程であるため、代謝過程における作用機序を本研究のデータから解釈することは困難であるが、グルコースとともにクエン酸や食酢を摂取することにより疲労物質とも称される乳酸の上昇が抑制されるという現象は、運動回復期の疲労回復を促進する可能性を呈している。

血糖値、血清インスリン濃度は、飲水後、純水群を除く3群で有意に上昇したが、グルコース群に比しクエン酸・食酢群で増加率が抑制される傾向にあった。「酸」因子は胃の蠕動運動を抑制し、食物の胃内滞留時間を延長する要因として知られている。酢酸代謝に関する先行研究においても、主にpH無調整の溶液を経口摂取させた場合には血糖変動抑制効果が確認されている^{1,7)}。しかし、pH 7.0程度に平衡化された場合、糖・脂質代謝に対して影響を及ぼす可能性は否定できないが

^{10,19)}、血糖値に対して明らかな作用を示す報告は見当たらない^{1,15)}。本研究で用いたクエン酸および食酢 (酢酸) は元来強い酸性物質であり、本研究でクエン酸・食酢群に認められた血糖変動抑制効果は「酸性」因子としての糖吸収の抑制・遅延作用によるものと思われる。以上より、我々が日常容易に入手可能な、酸性に維持されたクエン酸や食酢には血糖変動抑制効果が期待される。しかし、本研究では統計的に有意な抑制効果を認めなかった原因として、先行研究に比して有機酸の摂取量が非常に少なく設定されていたことが一因していると思われる。今後有効投与量などについて検討する必要がある。

血清遊離脂肪酸濃度は、運動後低下傾向を示した。飲水後、すべての群で一時的に増大し、純水群はさらに増大したのに対し、グルコース、クエン酸、食酢群で有意な低下を認めた。これら3群は、インスリンの有意な上昇を示していることから、インスリンの脂質分解・放出の抑制作用を反映するものと考えられた。また、酢酸は血清遊離脂肪酸値に影響を及ぼすことが報告されているが^{2,14,19)}、本研究ではグルコース単独摂取に比し有意差を認めなかった。

主観評価は、総じてグルコース群に速やかな回復が認められた。しかし、食酢を添加摂取することにより疲労感はグルコースと同等度、リラックス感については最も速やかな回復を認めた。それに対し、クエン酸添加により、疲労感の解消は抑制される傾向を示した。一方、口渇感は食酢の添加によりその解消が抑制された。食酢添加により疲労感やリラックス感回復が促進されたという事実は興味深いことではあるが、運動後の飲料摂取の目的として口渇感解消は重要な要素であると思われるため、さらにその点について検討を加える予定である。

本研究より、中等度運動回復期にグルコースとともにクエン酸や食酢を摂取することにより、グ

ルコース摂取に伴う血糖や血清乳酸の変動が抑制される可能性が示された。また、食酢が主観評価、とくに疲労感、リラックス感の回復に有効であることから、運動後の食酢の摂取は日常生活における身体活動導入を考えるうえでも有用な処方であると思われる。しかしながら、その作用をより効果的に発揮しうる溶液の組成や運動負荷との相互関係等について、一層の検索が必要である。

4. まとめ

中等度運動回復期の水分補給効果について純水(W)、グルコース溶液(G)、クエン酸含有グルコース溶液(C)、食酢含有グルコース溶液(V)を比較し、血清成分の変動および主観評価の変化について検討した。

1) 飲水後、血糖・血清インスリン・血清乳酸はG、C、V群で有意に増大し、そのピーク値はC、V群で抑制される傾向を示した。

2) FFAはW群のみ有意に上昇し、他3群は有意に低下した。

3) 疲労感はG、V群、口渇感はG群、リラックス感はV群の回復度が最も大きかった。

運動回復期の糖(グルコース)の摂取はエネルギー補給や疲労回復に有効であることは広く認識されている。さらにグルコースとともにクエン酸や食酢を摂取することにより、血糖や乳酸の変動を抑制する傾向を示した。また、とくに食酢を摂取することにより、運動後の主観評価(疲労感・リラックス感)の回復が促進された。

謝 辞

研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学財団に対し厚く御礼申し上げます。また、本研究実施に当たり、浜松医科大学保健学科野沢明子助教授、名古屋市立大学医学部公衆衛生学教室佐藤寿一博士、中塾酢店中塾中央研究所山田恵美子、深谷正裕、塚本義則諸氏をはじめ多

くの方に御協力を賜りましたことに深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Brighenti, F., G. Castellani, L. Benini, et al. ; Effect of neutralized and native vinegar on blood glucose and acetate responses to a mixed meal in healthy subjects, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 49, 242-247 (1995)
- 2) Crouse, J.R., C.D. Gerson, L.M.DeCarli, et al. ; Role of acetate in the reduction of plasma free fatty acids produced by ethanol in man. *J. Lip. Res.*, 9, 509-512 (1968)
- 3) 八田秀雄；乳酸の産生と除去のLTとの関係，臨床スポーツ医学，9 (7) 745-750 (1992)
- 4) 飯塚誠市，上田伸男，小林英一ら；食と運動の生理学，弘学出版，川崎 (1993)
- 5) 今堀和友，山川民夫，監修；生化学辞典，東京化学同人，東京 (1988)
- 6) Lehninger, A.L. ; Glycolysis -A central pathway of glucose catabolism. In, *Principles of Biochemistry*, Worth Publishers, NY, pp 397-434 (1982)
- 7) 中島昭，海老原清；ラットの血中グルコース応答に対する食酢長期摂取の影響，日本栄養・食糧学会誌，41 (6), 487-489 (1988)
- 8) Nathan, J.S. Nutrition ; In *Sports Medicine*, (R. H. Strauss Ed.), W.B.Saunders, Philadelphia (1984)
- 9) Oshida, Y., K. Yamanouchi, S. Hayamizu, et al. ; Long-term mild jogging increases insulin action despite no influence on body mass index or $\dot{V}O_2\max$, *J. Appl. Physiol*, 66 (5), 2206-2210 (1989)
- 10) Putman, C.T., L.L. Spriet, E. Hultman, et al. ; Skeletal muscle pyruvate dehydrogenase activity during acetate infusion in humans, *Am. J. Physiol.*, 268, E1007-E1017 (1995)
- 11) Remesy, C., C. Demigne and C. Morand ; Metabolism of short-chain fatty acids in the liver. In, *Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids*. (J.H. Cummings, J.L.Rombeau and T. Sakata, Eds) , Cambridge University Press, NY, pp.171-190 (1995)
- 12) Saitoh, S., Y. Yoshitake, and M. Suzuki, Enhanced glycogen repletion in liver and skeletal muscle with citrate orally fed after exhaustive treadmill running and swimming, *J. Nurt. Sci. Vitaminol.*, 29, 45-52 (1983)
- 13) 佐藤祐造，大沢功；運動と食事内容の注意，臨床

- スポーツ医学, 6, 1225-1228 (1989)
- 14) Scheppach, W., H. S. Wiggins, D. Halliday, et al. ;
Effect of gut-derived acetate on glucose turnover in
man, *Clin. Sci.*, 75, 363-370 (1988)
 - 15) Scheppach, W., H. S. Wiggins, D. Halliday, et al. ;
Effect of gut-derived acetate on glucose turnover in
man, *Clin. Sci.*, 75, 355-361 (1988)
 - 16) Shimomura, I., K. Tokunaga, K. Kotani, et al. ;
Marked reduction of acyl-CoA synthetase activity and
mRNA in intra-ab-dominal visceral fat by physical
exercise, *Am. J. Physiol.*, 265, E44-50 (1993)
 - 17) 鈴木正成 ; スタミナをつける食事学, スポーツの
栄養・食事学, 同文書院, 東京, pp.113 (1991)
 - 18) Uyeda, K ; Phosphofructokinase, *Adv. Enzymol.*, 48,
193-244 (1979)
 - 19) Wolever, T.M.S., P. Spadafora and H. Eshuis ;
Interaction between colonic acetate and propionate in
humans, *Am. J. Clin. Nutr.*, 53, 681-687 (1991)
 - 20) 柳田藤治 ; 酢の機能性について, 醸協 85 (3),
134-141 (1990)