

暑熱下での屋外スポーツ活動が味覚閾値に及ぼす影響

本岡佑子*・麻見直美*

The Influence of Physical Activity on Taste Thresholds

Yuko MOTOOKA * and Naomi OMI *

Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of physical activity on taste thresholds to obtain the knowledge for preventing voluntary dehydration. Taste thresholds were measured in 18 university student athletes (baseball players) before and after a routine training. Taste responses to sucrose (sweet), NaCl (salty), citric acid (sour) were tested. The values of detection threshold for sour were significantly decreased. The recognition threshold for salty was also significantly decreased. Otherwise recognition threshold for sweet was not significant, but prone to decrease. There was also rise in salivary pH and improvement of mood after exercise. These results indicate that taste thresholds change after physical activity. This variation of taste thresholds could be influenced by sweat loss during exercise. These results suggest that the body biotransformation caused by sweat loss may change taste thresholds after severe physical activity.

Key words: taste threshold, physical activity, sweat loss, fluid intake, dehydration

I. 緒言

暑熱下および強度の高い身体活動や競技スポーツのためのトレーニングでは、多量の発汗を伴うことが多い^{2,16,17}。ゆえに、運動前、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³⁰。運動に伴う多量の発汗が、体水分量や循環血液量を減少させ、このような状況下では脱水症状を招き、パフォーマンスが低下することが明らかとなっている³。しかし、暑熱下長時間の運動では、脱水に対する十分な水分摂取が行なわれずに生じる疾病発症は数多い⁹。また、大量の発汗を伴う運動時に水だけを補給すると、血中ナトリウム濃度が低

下し、これを防ぐため、脱水状態にあるにもかかわらず尿から水分を排出してしまう、いわゆる自発的脱水を引き起こすことになる⁹。したがって、運動による自発的脱水を予防するためにも適切な水分補給が必要とされている。

暑熱下長時間の発汗量の多い運動では、フレーバーのある冷たい水や糖質-電解質を含んだ飲料の摂取は、水よりも水分摂取量を上昇させ、体重減少・自発的脱水を抑制すること明らかとなっている^{24,25,29,33}。このことから、おいしいまたは飲みやすいといった飲料の快適度は、自発的脱水予防の重要な要素のひとつとなると考えられる。これまでに、運動の味覚閾値への影響として、Horioら⁶は非鍛錬

* 筑波大学大学院人間総合科学研究科 (〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1)
Graduate School of Comprehensive Human Science, University of Tsukuba

者において中程度の強度で30分間自転車エルゴメーターを実施後の甘味・塩味・うま味の判断閾値は変化しないと報告している。しかし、この研究は、被験者が非鍛錬者で、さらに実験室内で26℃に設定された環境下で行われた。スポーツ選手の日常トレーニングに多く見られる暑熱下での長時間にわたる運動においての身体活動と味覚閾値に焦点を当てた研究はまだ数少ない²⁰⁾。

そこで本研究では暑熱下での長時間運動におけるスポーツ活動が味覚閾値に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。さらに、発汗量、唾液 pH、気分状況変化を測定することにより、運動による生体内変化を把握し、味覚閾値変化との関連を検討した。

本研究により、運動による飲料快適度の変化の一要因となる味覚閾値への影響を明らかにし、スポーツ選手の自発的脱水を改善する知見が得られると考える。

II. 方法

A. 被験者

被験者は、大学硬式野球部（全日本大学野球連盟一部リーグ）に所属し、日常的に硬式野球のトレーニングを行っている男性18名（19.6±1.1歳）とした。実験にあたり、前日夜からのアルコール飲料、カフェインを含む飲料の摂取を禁止し、実験1時間前からの水以外の飲食を禁止した。日常的に喫煙しているものはいなかった。被験者には事前に口頭・文書にて実験の内容・趣旨を説明し、参加の同意を得た。なお、本研究は筑波大学研究倫理委員会の承認を得た上で実施した。

B. 手順

野球場グラウンドに併設されている施設の室内で測定を実施した。照明は蛍光灯であり、室内照度は600lx程度、室内壁面がオフホワイト色であった。まず、唾液 pH 測定および POMS（Profile of Mood States）テストを行った。その後、味覚試験における注意事項を口頭にて説明し、味覚試験を行った。味覚試験が終了した被験者から体組成測定を行い、通常練習を開始した。練習終了後は、体組成測定、唾液 pH 測定、味覚試験、POMS テストの順に練習前と同様に実施した。

C. 環境条件および運動負荷

実験は夏季に実施し、運動負荷は野球場グラウンドでの通常練習とした。環境条件は PMV LOGGER MODEL PVL-500 (JMS Inc) を用い測定した。運動時の環境条件および運動負荷は Table 1 に示したとおり、日本体育協会の熱中症予防のための運動指針の「警戒」のレベルであった。運動時間は4時間、練習内容は、ウォーミングアップ、キャッチボール、トスバッティング、実戦練習、フリーバッティング、筋力トレーニングで、練習時間中の活動強度の指標として Activity factor を使用した。Activity factor は沼尻の報告²¹⁾に基づき、各々の練習強度に時間（分）を乗じて、練習時間240分で除したものを全体の平均値として算出した。Activity factor 3.6であった。

D. 測定及び調査項目

1. 味覚閾値

味覚閾値を測定するために、甘味・塩味・酸味の味溶液について、味覚試験において一般的に用いられる濃度範囲で8段階の等差濃度溶液を調製した^{8,20)}。試験方法は、金子⁹⁾により示された全口腔法使用し、溶液の濃度については予備試験を行い決定した。試料は甘味がスクロース（0.1~1.15 g/100ml）、塩味が塩化ナトリウム（0.01~0.15 g/100ml）、酸味がクエン酸（0.001~0.0045 g/100ml）で、これらを蒸留水で溶解し調製した。試料溶液保存温度は10℃とした。これらの溶液を用い、運動負荷前後に全口腔法で甘味・塩味・酸味の閾値試験を行った。試飲は60ccのプラスチック製使い捨てコップに入った10mlの溶液を、同系列濃度

Table 1 Environment during exercise

Temperature (°C)	28.7±1.0
Globe temperature (°C)	29.9±1.1
Relative humidity (%)	77.4±3.3
Wind velocity (m/s)	0.8±0.5
New effective temperature (°C)	30.8±1.1
Wet bulb globe temperature (°C)	26.6±1.5
Radiative temperature (°C)	30.1±1.1
Dew-point temperature (°C)	24.2±0.4
Activity factor	3.6
Time (h)	4.0

All values are averages of the value measured every minute during exercise. Mean±SD.

暑熱下での屋外スポーツ活動が味覚閾値に及ぼす影響

の低いものから高いものへと順次約5秒間口に含み、吐き出した。各々、試飲前および試飲間には蒸留水で口をすすいだ。味の判定については解答用紙に自記式で行い、一度記入した結果は訂正不可とした。甘味・塩味・酸味溶液の試験順序はランダムに設定し、順序効果を排除した。実験中は他人との相談は厳禁とし、被験者の意思のみで判断するよう環境を設定した。閾値の決定については、水との違いを判断した最低段階を検知閾値、味の種類を断定した最低段階を認知閾値とした。なお、各等差濃度溶液の最高濃度の8段階目でも味の判別が不能なものは、9段階目で判断したものとした^{13,20)}。

2. 水分摂取量および発汗量

運動中の水分摂取は個人に配布したミネラルウォーターからの自由飲水のみとした。運動後にミネラルウォーターを回収し、電子ばかり(Adventurer Pro AV413C, OHAOS)で計量し、運動前に配布したミネラルウォーターの量から、運動後の残量を引き、水分摂取量を算出した。発汗量は体組成計(BC-118, TANITA)を用いて運動負荷前後で体重を測定し、運動前後の体重と水分摂取量から〔発汗量 = 運動前体重 - 運動後体重 + 水分摂取量〕で算出した。なお、実験中に排尿、排便したものはなかった。

3. 唾液 pH

試験1時間前からの水以外の飲食は禁止とした。唾液 pH は口をすすぐことによって生理的な唾液 pH にもどることから⁴⁾、約30ml 蒸留水で口腔内を十分にすすぎ、口腔内の水分を吐き出させ、その後、唾液を匙に吐き出し、pH 試験紙(BTP ADVANTEC, Tokyo Roshi Kaisha, Ltd.)を唾液に浸し、直ちに比色表に照合し pH 値を決定した。

4. POMS (Profile of Mood States) テスト

運動負荷前後に一時的な気分・感情の状態が測定できる POMS 短縮版調査用紙⁸⁾を用いた。POMS は栄養・精神薬理・環境・運動の分野で気分を評価するにあたり、幅広く利用されている¹²⁾。「緊張 - 不安 (T-A)」「抑うつ - 落ち込み (D)」「怒り - 敵意 (A-H)」「活気 (V)」「疲労 (F)」「混乱 (C)」の6つの気分尺度を評価した。POMS で得た得点は T 得点に換算し標準化した²⁴⁾。また、「V」以外の5尺度の得

点の合計から「V」得点を差し引いた Total Mood Disturbance (TMD) 得点を算出した。

5. 食物摂取頻度調査

吉村らに開発された食物摂取頻度調査表「エクセル栄養君食物摂取頻度調査 FFQg Ver.2.0」²⁵⁾を用い、最近1ヶ月の食事について栄養素等摂取状況および食品群別摂取頻度を調査した²⁶⁾。調査用紙に記入後、管理栄養士および栄養士により1対1の面談を行い調査の精度を高めた。また、栄養補助食品・サプリメント(プロテインを含む)は上記の調査表からは算出せず、後に加算した。

E. 統計処理

統計量は平均値 ± 標準偏差で示した。運動負荷前後の味覚閾値、唾液 pH および POMS の差の検定には対応のある t 検定を用いた。水分摂取量と発汗量の関連性について Pearson の相関係数を用いた。また、人数比に関しては χ^2 検定を行った。有意水準は5%未満とした。

III. 結果

A. 被験者の特性

1. 被験者の身体特性および栄養素等摂取状況

被験者の身長は173.4 ± 6.0cm、運動前体重は68.1 ± 6.8kg、体脂肪率は13.8 ± 3.6%、BMI は22.6 ± 1.4 kg/m²であった。また、被験者の運動歴は12.4 ± 0.5年、野球歴は10.9 ± 0.5年であった。栄養素等摂取状況は、摂取エネルギー3944 ± 179kcal、たんぱく質133.1 ± 8.1g、脂質118.6 ± 7.6g、炭水化物566.4 ± 27.7gであった。なお、食物摂取頻度調査により求めた栄養素等摂取状況の違いによる味覚閾値に関連性が見られなかったことを確認した。

2. 水分摂取量、発汗量および体重減少率

運動中の水分摂取量は2242 ± 416gであった。また、運動負荷前後の体重より、発汗量は3220 ± 540g、体重減少率は1.4 ± 0.5%であった。運動中の水分摂取量と発汗量の関係を検討したところ (Fig. 1)、水分摂取量と発汗量に強い正の相関関係が認められた ($r = 0.75$, $p < 0.01$)。

3. 唾液 pH

運動負荷前後で、唾液 pH 6.75 ± 0.07から

7.04±0.04に有意に上昇した ($p < 0.01$). なお, 運動前後で唾液 pH が低下したものは4名, 上昇したものは12名, 変化しなかったものは2名であった.

4. POMS テスト

運動前に比べ運動後で緊張-不安 (T-A) および疲労 (F) が有意に低下した ($p < 0.05$, $p < 0.05$). 抑うつ-落ち込み (D), 怒り-敵意 (A-H), 活気 (V), 混乱 (C) の気分尺度に運動前に比べ運動後で有意差は見られなかった (Fig. 2). また, TMD 得点は運動前に比べ運動後で有意に低下した ($p < 0.05$).

B. 味覚閾値

運動負荷前後で味覚閾値に変化が見られた (Fig. 3). 甘味は検知閾値に有意差は見られず, 認知閾値が運動前に比べ運動後で低下傾向にあった ($p = 0.066$). 塩味は, 検知閾値に有意差は見られず, 認知閾値が運動前に比べ運動後で有意に低下した ($p < 0.05$). 酸味は, 検知閾値が運動前に比べ運動後で有意に低下し ($p < 0.05$), 認知閾値に有意差は見られなかった. 各閾値の中央値は, 甘味の検知閾値が運動前0.25g/100ml, 運動後0.18g/100mlであり, 認知閾値は運動前0.70g/100ml, 運動後0.55g/100mlであった. 塩味の検知閾値は運動前0.03g/100ml,

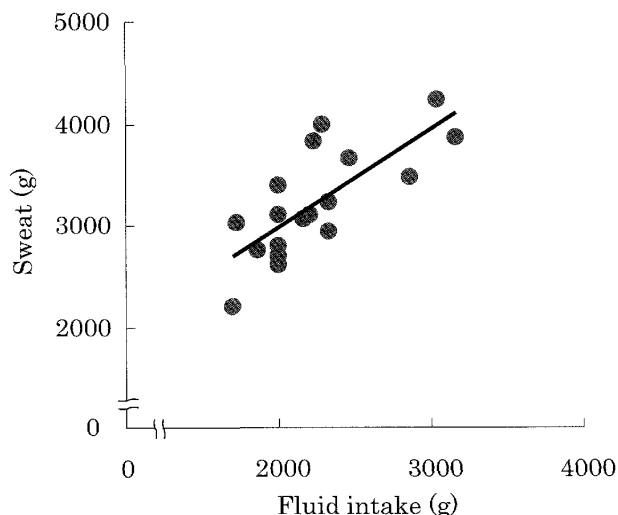


Fig. 1 Correlation between fluid intake and sweat during exercise

The difference in sweat significantly extends as an increase in fluid intake ($r = 0.75$, $p < 0.01$).

運動後0.02g/100mlであり, 認知閾値は運動前0.15g/100ml, 運動後0.09g/100mlであった. 酸味の検知閾値は運動前0.0015g/100ml, 運動後0.0013g/100mlであり, 認知閾値は運動前0.0028g/100ml, 運動後0.0020g/100mlであった.

なお, 最高濃度である8段階目 (スクロース 1.15g/100ml, 塩化ナトリウム0.15g/100ml, クエン酸0.0045g/100ml) において判別不能で閾値が算出できなかったものは, 甘味で運動前3名 (17%) 運動後2名 (11%), 塩味で運動前9名 (50%) 運動後6名 (33%), 酸味で運動前5名 (28%), 運動後3名 (17%) であった.

C. 運動中の発汗量が味覚閾値変化量に及ぼす影響

運動中の発汗量が味覚閾値変化量に及ぼす影響を検討するため, 運動中の発汗量を平均値で2群に分け, 平均未満群 ($n = 10: 2828 \pm 284$ g) と平均以上群 ($n = 8: 3709 \pm 223$ g) における運動前後の味覚閾値変化量を検討した. その結果, 運動前後での甘味閾値の変化量は検知閾値, 認知閾値ともに両群に差は見られなかった. しかし, 塩味閾値変化量は検知閾値で平均以上群が平均未満群に比べ有意な低下を示し ($p < 0.05$), 認知閾値に差は見られなかった (Fig. 4). 酸味閾値変化量は検知閾値において, 平均以上群が平均未満群に比べ有意な低下を示し ($p < 0.05$), 認知閾値に差は見られなかった.

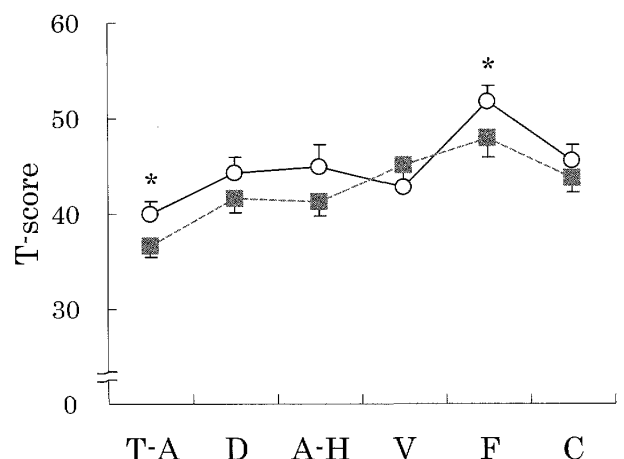


Fig. 2 Change of POMS score between pre and post exercise

○: pre exercise, ■: post exercise. Values are means±SD. * indicates significant difference between pre and post exercise. ($p < 0.05$).

暑熱下での屋外スポーツ活動が味覚閾値に及ぼす影響

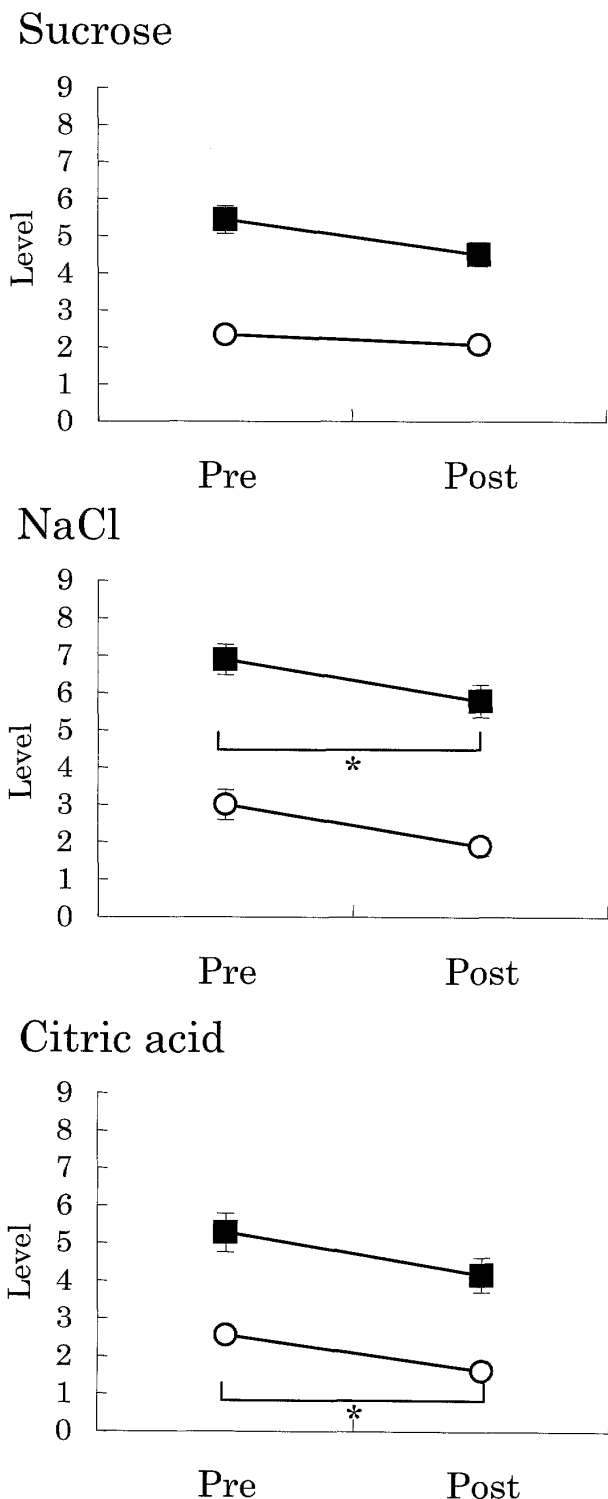


Fig. 3 Change of thresholds between pre and post exercise
 ○: detection threshold, ■: recognition threshold. Values are means±SD. * indicates significant difference between pre and post exercise. (p<0.05).

IV. 考察

大学生アスリートを対象とし通常練習期の練習前後で味覚閾値試験を行なった。本実験での運動は、運動時間が4時間と長時間であったことに加え、Activity factor 3.6であるため、健康増進のための運動ではなく被験者にかなり高い負荷のかかるスポーツ活動であったと考えられる。

運動前後で甘味・塩味・酸味閾値測定を行った結果、運動前に比べ運動後で塩味認知閾値と酸味検知閾値の低下が見られ、また、甘味認知閾値の低下傾向が見られた。これらの結果は運動による味覚閾値変化が見られなかった Horio ら⁹⁾の報告とは異なった。これは、本研究での被験者が日常的にトレーニングを行っているアスリートであったこと、実践的な練習の場で行われたことによる運動時間、気温・湿度などの環境、運動負荷、場所等が異なったためと考えられる。

塩味検知閾値が運動前に比べ運動後で低下したことは、運動による発汗でミネラルを損失したことによることが考えられる。このことは、発汗量の少なかった群と比較し、発汗量の多かった群で塩味閾値変化量が低下したことからも裏付けられる。発汗量

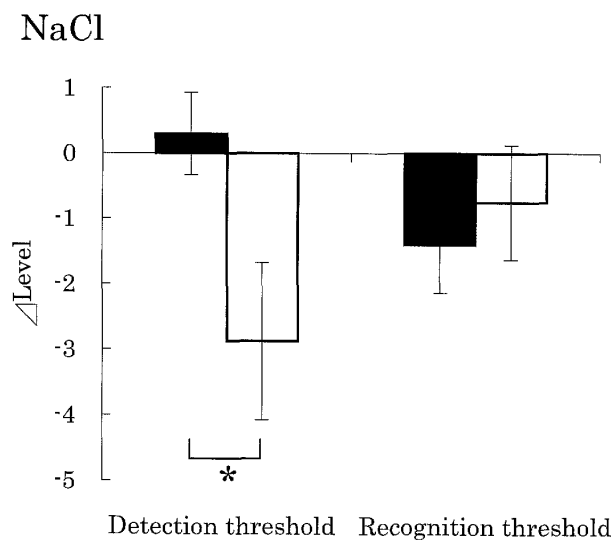


Fig. 4 Variation of salty threshold between pre and post exercise (sweat loss)
 Subjects were divided into two groups according to the amount of sweat loss. ■: The groups of threshold with less-average sweat loss, □: The groups of threshold with much-average sweat loss. Values are means ± SD. * Indicates significant difference between two groups (p<0.05).

の多い運動時では、発汗により体内のナトリウムが減少する^{17,20}。そのため、運動中にはナトリウムを含む飲料の摂取を推奨³²している。一方で、トレーニング開始時期を除き、多量の発汗でなければ通常の食事で電解質の補充はできるため、必ずしも運動中の電解質補充は必要でない^{11,27}という見解もある。また、2005年度版日本人の食事摂取基準⁹によると、電解質補給が必要とされるのは発汗の総量が3リットルを超えた場合とされ、通常は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。以上のことより、発汗量の少なかった群では、発汗によるミネラル損失が体内貯蔵で補えた一方で、発汗量の多かった群では体内ミネラル損失が起こり、そのシグナルとして塩味閾値が低下した可能性が示唆された。

しかし、運動前に塩味閾値において、塩化ナトリウムの最高濃度である0.15g/100mlで味の判別をできないものが、被験者の半数いた。本研究で用いた塩化ナトリウムの濃度は、0.01~0.15g/100mlであった。一般に全口腔法での塩味閾値は、20歳前後の健常者では、検知閾値が0.029~0.032%、認知閾値が0.071~0.094%であり^{7,8}、0.15g/100mlで認知不可であったことは本研究の被験者の塩味閾値が高値であったと考えられる。実験が夏期トレーニングの期間中に行なわれたことが、味覚閾値に影響した可能性が考えられた。また、体育会に所属する大学生の食塩味覚閾値が高いという結果と一致した¹³。本研究では、栄養素等摂取量の違いによる味覚閾値に関連性は見られなかったが、被験者の食習慣が影響している可能性がある。今後、塩味溶液の濃度設定を再検討し、正確な実測値を得るため、さらなる解析を行う必要がある。

運動前に比べ、運動後に酸味閾値が低下した。これは、運動によりクエン酸等の肝臓内有機酸が、ATP生産や糖新生の促進などエネルギー産生に関与したため、運動後の酸味閾値に影響を及ぼした可能性が考えられる。肝臓のグリコーゲンが激減するような激しい運動を行ったあとでは酸味物質の嗜好率が上昇する¹⁰との報告もあることから、有機酸への欲求が酸味閾値の低下へと反映されたことが考えられる。また、エネルギー物質の指標として考えられている甘味に関しても、運動後に閾値低下傾向が見られた。運動により失った糖質を補充するために、エネルギー源の指標となる甘味に対して鋭敏にな

り、甘味閾値が低下したのではないかと考えられる。このような味覚変化は、消費されたエネルギー等に対する欲求のシグナルとなる可能性が示唆された。

本実験では、唾液 pH を測定した。これは、唾液の主な役割が、味覚受容器を保護することや、味受容の初期過程で味物質を溶解して味細胞に伝えることで、唾液構成物質は科学的に味物質と交わり¹⁴、味細胞の表面を覆う粘液物質のイオン組成は味覚感受性において重要である^{15,28}ためである。運動前の唾液 pH が6.75であったのに対し、運動後では7.04となった。ヒトの安静時の唾液 pH は約6.8であり、疲労により酸性もしくはアルカリ性に傾く¹⁹といわれている。そのため、本実験の運動により一過性の疲労が生じたことを確認した。一方、POMSの結果からは運動前に比べ運動後で疲労が低下した。これは本実験が早朝から開始されたことに加え、夏期の練習期であったため実験開始前からすでに精神的疲労が蓄積していた可能性が考えられる。これらの唾液 pH、POMSの変動が味覚閾値に何らかの影響を及ぼしていると考えられるが、今回の検討では直接的な影響は確認できなかった。今後、このような生体内変化と味覚閾値の変動についてさらに検討する必要があると考える。

また、自発的脱水の予防には、積極的に水分を摂取できるおいしいと感じる味であることが重要であるが、運動前後で味覚閾値が低下していることより、味覚感受性が上昇し、おいしいと感じる味に変化している可能性が考えられる。その味の濃度が運動前後で濃くなるのか、薄くなるのかは明白ではないため、今後、自発的脱水を予防可能な具体的水分摂取方法を検討する必要がある。

以上より、運動により生じた生体内変化が味覚閾値に影響を及ぼす可能性が示された。また、この味覚閾値変化は発汗量により影響されることが推察された。運動により失ったミネラルや消費されたエネルギーに対する体内欲求が生じ、その体内欲求に相当する味物質を検知するために味覚閾値が変化し、運動時の味感受性を変化させる可能性が示唆された。

V. 結論

本研究では、アスリートの自発的脱水を改善する知見を得るため、アスリートの実践練習における味

覚変化を検討した。大学野球部選手を対象に、練習期に通常行っているトレーニング前後で甘味、塩味、酸味閾値、唾液 pH、POMS および運動中の発汗量、水分摂取量の測定を行った。その結果、運動前に比べ運動後で塩味認知閾値と酸味検知閾値の低下が見られ、甘味認知閾値の低下傾向が見られた。また、唾液 pH の上昇、気分状況プロフィールの改善が明らかとなった。運動により生じた発汗による生体内変化が味覚閾値に影響を及ぼす可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Baker LB, Dougherty KA, Chow M, Kenney WL (2007) Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med Sci Sports Exerc* 39(7): 1114-1123
- 2) Coyle EF (2004) Fluid and fuel intake during exercise. *J Sports Sci* 22(1): 39-55
- 3) 第一出版編集部編 (2005) ナトリウム 厚生労働省策定日本人の食事摂取基準2005年版. 初版 第一出版 東京 194-198
- 4) Eckley CA, Costa HO (2006) Salivary pH and volume before and after treatment of LPR. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 135(2, Supplement 1): 196-197
- 5) Greenleaf JE, Sargent F (1965) Voluntary dehydration in man. *J Appl Physiol* 20: 719-724
- 6) Horio T, Kawamura Y (1998) Influence of physical exercise on human preferences for various taste solutions. *Chem Senses* 23(4): 417-421
- 7) 石田裕美, 菊池正一 (1991) 塩化ナトリウムに対する味覚閾値の全口腔法と選択3滴法による差異. *栄養学雑誌* 49(3) : 139-145
- 8) 金子佳代子 (1992) 感覚に関する実験 川村一男編 解剖生理学実験 初版 建帛社 東京 111-118
- 9) Kratz A, Siegel AJ, Verbalis JG, Adner MM, Shirey T, Lee-Lewandrowski E, Lewandrowski KB (2005) Sodium status of collapsed marathon runners. *Arch Pathol Lab Med* 129(2): 227-230
- 10) 駒井三千夫, 古川勇次 (2001) ラットの栄養状態と味の選択行動. *日本味と匂学会誌* 8 (1) : 25-32
- 11) Latzka WA, Montain SJ (1999) Water and electrolyte requirements for exercise. *Clin Sports Med* 18(3): 513-524
- 12) Lieberman HR, Falco CM, Slade SS (2002) Carbohydrate administration during a day of sustained aerobic activity improves vigilance, as assessed by a novel ambulatory monitoring device, and mood. *Am J Clin Nutr* 76(1): 120-127
- 13) 丸山千寿子, 千代田路子, 松浦綾子 (1999) 体育会クラブに所属する女子大学生の食塩味覚閾値と食生活習慣について. *日本女子大学紀要* 46 : 51-56
- 14) Matsuo R (2000) Role of saliva in the maintenance of taste sensitivity. *Crit Rev Oral Biol Med* 11(2): 216-229
- 15) Matsuo R, Yamamoto T (1990) Taste nerve responses during licking behavior in rats: importance of saliva in responses to sweeteners. *Neurosci Lett* 108: 121-126
- 16) Maughan RJ, Shirreffs SM (2004) Rehydration and recovery after exercise. *Science & Sports* 19(5): 234-238
- 17) Maughan RJ, Watson P, Evans GH, Broad N, Shirreffs SM (2007) Water balance and salt losses in competitive football. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 17(6): 583-594
- 18) McNair DM, Lorr M, Heuchert JW P, Droppelman LF (訳) 横山和仁 (2005) 日本版 POMS 短縮版. 金子書房 東京.
- 19) 難波良司, 池田涼子, 河田尚子, 西村恵子 (1987) 運動の唾液 pH に及ぼす影響. *岡山大学教育学部研究集録* 74(1) : 119-126
- 20) Newell M, Newell J, Grant S (2008) Fluid and electrolyte balance in elite gaelic football players. *Ir Med J* 101(8): 236-239
- 21) 沼田幸吉 (1978) 活動のエネルギー代謝 労働科学叢書37 労働科学研究所 東京 117-213
- 22) Okamura K, Makimura C, Harada Y (2004) Single bout of decreases threshold for sweet, salty and our tastes. *FASEB J* 17; A931
- 23) Pasquet P, Monneuse MO, Simmen B, Marez A, Hladik CM (2006) Relationship between taste thresholds and hunger under debate. *Appetite* 46 (1): 63-6
- 24) Passe DH, Horn M, Murray R (2000) Impact of beverage acceptability on fluid intake during exercise. *Appetite* 35(3): 219-29
- 25) Rivera-Brown AM, Gutierrez R, Gutierrez JC, Frontera WR, Bar-Or O (1999) Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J Appl Physiol* 86(1): 78-84
- 26) 澤田真人 (2005) 味覚閾値測定ならびに味覚閾値に影響する要因に関する研究. *口腔病学会雑誌* 71 (4), 28-41
- 27) Sawka MN, Montain SJ (2000) Fluid and electro-

- lyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr* 72(2 Suppl): 564S-572S
- 28) Spielman AI (1990) Interaction of saliva and taste. *J Dent Res* 69(3): 838-843
- 29) Szlyk PC, Sils IV, Francesconi RP, Hubbard RW, Armstrong LE (1989) Effects of water temperature and flavoring on voluntary dehydration in men. *Physiol Behav* 45(3): 639-647
- 30) 高橋啓子 (2001) 栄養素および食品群別摂取量推定のための食品群をベースとした食物摂取頻度調査票の作成および妥当性. *栄養学雑誌*59: 221-232
- 31) von Duvillard SP, Arciero PJ, Tietjen-Smith T, Alford K (2008) Sports drinks, exercise training, and competition. *Curr Sports Med Rep* 7(4): 202-208
- 32) Vrijens DM, Rehrer NJ (1999) Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J Appl Physiol* 86(6): 1847-1851
- 33) Wilk B, Bar-Or O (1996) Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J Appl Physiol* 80(4): 1112-1117
- 34) 横山和仁 (2005) POMS 短縮版 手引と事例解説. 金子書房 東京
- 35) 吉村幸雄, 高橋啓子 (2005) 食物摂取頻度調査表 エクセル栄養君食物摂取頻度調査 FFQg Ver.2.0 建帛社 東京
(2009年8月4日受付, 2010年1月22日訂正,
2010年1月28日受理)