

【総説】

身体運動による味覚嗜好の変化に関する研究

Study on changes in taste preference due to physical exercise or sporting activities

塚中敦子*¹ 神谷真子*²
Tsukanaka Atsuko Kamiya Masako

Abstract

The effects of physical exercise or sporting activities on nutrition have received considerable attention over the last decade. Studies of exercise and taste preferences have been conducted in various countries, but it is believed that differences in food culture and eating habits may influence taste preferences. Thus, this study examined to review the relationship between physical exercise or sporting activities, and taste preferences in Japanese studies. This review included five tastes: sweet, salty, bitter, sour, and umami. Each taste indicates a change in physical condition, including those related to exercise. Sweet taste is a nutrient mainly used in energy metabolism, and sugar is the main component. Umami is the taste indicative of an amino acid that is also a component of nutrients in protein metabolism. Salty taste indicates mineral content as a component of sweat. Sour taste is associated with metabolic pathways and identified putrefactive substances. Bitter taste is a warning signal for poisons and toxins, and it is also associated with stress. Taste preferences appear to change with acute physical exercise or sporting activities. In this study, the taste preferences for sweetness and sourness increased through physical exercise. On the other hand, the preference for saltiness showed various changes in each of studies, such as decreasing, increasing, or unchanging. And the preferences of bitterness and umami also showed various changes. It is considered that the factors of this result were various methods of exercise mode, exercise intensity, duration of exercise, dietary intake status, and sensory evaluation method. However, further research is needed to produce meaningful and reproducible results in the future.

Keywords: physical exercise, sporting activities, nutrition, taste preference, five tastes

I. はじめに

味覚は生体が必要とする栄養素を選択し、どのくらい摂取するかを判断する上で重要なマーカーであるとともに、生体にとって有害な食物の摂取を中断し吐き出すというゲートキーパーの役割を担っている²³⁾。味覚には、甘味・うま味・塩味・酸味・苦みの5つの基本的な味がある。甘味は糖（エネルギー）、うま味はたんぱく質、塩味はミネラル、酸味は代謝促進や乳酸発酵による腐敗物、苦みは毒物と有害物の警告のシグナル（メンタルストレスとの関係を指摘¹³⁾）などと考えられており、それぞれに生理学的意義があるとみられている¹⁸⁾。

また、味覚は身体運動（以下運動）にとっても欠かせない感覚の一つといえる。習慣的な運動量の増大は、負のエネルギーバランスをもたらし、結果的に体重や筋量の変化を生じさせるが、一過性または定期的な運

受付日 2021.11.30 受理日 2022.2.24

*1 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科

*2 朝日大学経営学部経営学科

*1 Department of Health and Sport Sciences, School of Health Sciences, Asahi University

*2 Department of Business Administration, School of Business Administration, Asahi University

動の実践によって空腹感、食物消費、血漿アセチル化グレリンレベルが低下することが明らかである^{21,25)}。一方、この体重減少と甘味及び酸味の知覚との間において正の相関が認められている⁹⁾。

スポーツ栄養学においては、運動またはスポーツ活動と味覚との関係について、甘味が運動後にエネルギー源として使われた分を補給するための速やかな糖質摂取²²⁾、酸味が疲労回復（運動後の血中乳酸濃度の除去）を促進する有機酸¹²⁾やクエン酸^{12,14)}、塩味が発汗により損失した水分とミネラル（主成分はナトリウム）²²⁾との関係が存在するという仮説から、その適切な摂取が勧められている。さらに生体内において、糖質はエネルギー源となり、クエン酸は運動時のエネルギー代謝に関わること、また、ナトリウムは発汗により多く損失することから、これらは味覚に関係する物質とみられている。このことから、運動後に身体が要求している味覚嗜好の変化は、「これらの物質が運動の実践で使われ、不足したことによる一過性の生理的反応」という見方が可能と考えられるが、詳細は明らかでない。近年、運動と味覚の関連性を検討する研究が増えているが、本稿ではこれまでの関連する研究を総括し、今後の研究のあり方について考えてみたい。

II. 味覚嗜好の評価方法について

味覚嗜好評価は官能評価の一つである。官能評価とは、人の五感（視覚・聴覚・嗅覚・味覚・触覚）によって物や人の特性を評価すること、およびその方法である。その五感のうちの味覚については、前述のように甘味・うま味・塩味・酸味・苦味の5つの基本的な味がある^{8,11,17,18)}。また味覚は食品の三つの基本特性機能の二次機能に位置付けられており¹⁷⁾（図1：「味」の部分で示した）、食品産業では嗜好性の高い新製品の開発や改良が盛んに行われ、その成果の判定には官能評価が用いられている²⁵⁾。

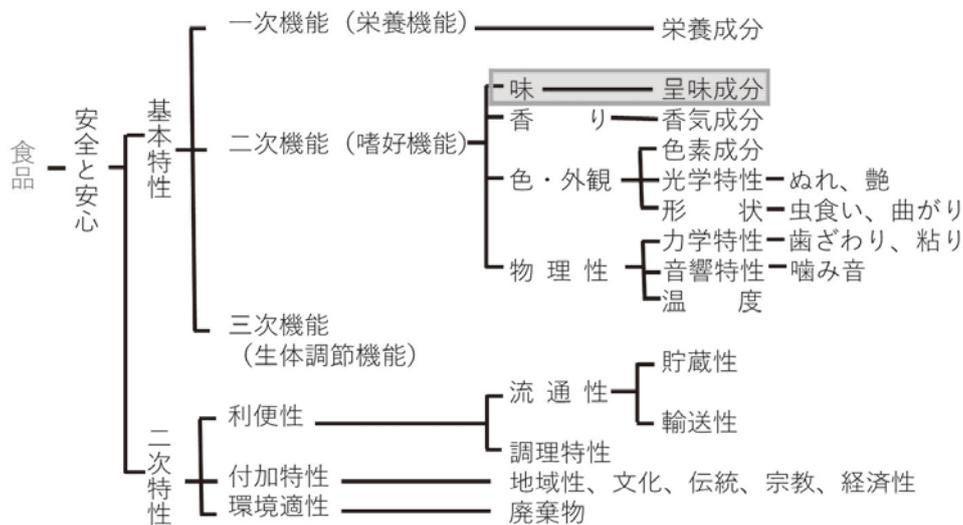


図1. 食品に求められる特性と分類¹⁰⁾

官能評価は、分析型と嗜好型に大別される。分析型は人間の感覚器官を測定器として品物の特性や差を検出する検査で、味覚試料の濃度を識別する方法である。分析型の方法には5味の識別テスト、2点識別試験法、3点識別試験法がある^{8,11,17,18)}。嗜好型は測定器として人間の感覚や好みを調べる検査で、味覚試料の好ましさを求める方法である^{8,11,17,18)}。また、嗜好の測定はおいしさの測定とみられる¹¹⁾。嗜好型の試験法には、2点嗜好試験法、評点法（あるいは採点法）がある^{8,11,17,18)}。その他、三つ以上の試料で好みまたは濃度などで順位をつけた順位法、嗜好の程度を具体的に知りたい場合に、9段階の行動意欲を示す選択肢（食べた～食べる気にならない）から調査対象者に選んでもらう嗜好意欲尺度法などがある（表1：評点法の部分を□で示した）⁸⁾。

表1. 官能評価の主な方法¹⁹⁾

目的	手法	試料	評価の仕方
二つの試料の差を識別したい	2点比較法	2点識別試験法 	2種類の特性を比較
		2点嗜好試験法 	2種類の嗜好を比較
	3点比較法	3点識別試験法 	2種類の試料を、2個と1個提示して、異なる1個を選ばせる。
	1対2点比較法	対照試料  	対照試料を認識させて、2種類から、対照資料と同じものを選ばせる。
三つ以上の試料で順位を知りたい	順位法		順位を付ける
三つ以上の試料を相対的に比較したい	一対比較法		試料の中から、2種類の対を比較させる。
目的	手法	評価の仕方	
特性の大きさを量的に把握したい	評点法 (採点法)	数値尺度で試料を評価する パネルに食経験があり評価基準を持っている場合はそのまま実施する。食経験が乏しい場合は、対照品を設けると評価精度があがる	
特性を量的に把握したい	SD法	反対語になった形容詞を用いた評価尺度で試料を評価する イメージ評価等に使用される	
嗜好の程度を具体的に知りたい	嗜好意欲尺度法	9段階の行動意欲を示す選択肢からパネリストに選んでもらう 9：最も好きな食品に入る 8：いつも食べたい 7：機会があればいつも食べたい 6：好きだから時々食べたい 5：ときには好きだと思うこともある 4：たまたま手に入れば食べてみる 3：ほかに何も無いときに食べる 2：もし強制されれば食べる 1：おそらく食べる気にならない	

味覚嗜好評価は従来から評点法が用いられ、その段階は3～9となっており、^{2,11,18)}、運動による味覚嗜好の変化に関する先行研究では、9段階と7段階の尺度が多く用いられている^{1-7,15,16,20,24)}。その味覚嗜好評価の尺度は、9段階が、非常に好き9点・とても好き8点・やや好き7点・わずかに好き6点・好きでも嫌いのどちらでもない5点・わずかに嫌い4点・やや嫌い3点・とても嫌い2点・非常に嫌い1点となっており、7段階が、非常に好き7点・とても好き6点・やや好き5点・好きでも嫌いでもどちらでもない4点・やや嫌い3点・とても嫌い2点・非常に嫌い1点²⁵⁾となっている。

ただし、この味覚嗜好評価を含む官能評価は、人間が測定器であるため、信頼性、再現性の限界がある¹¹⁾。そのため、正確なデータを得るには、測定の時間や調査対象者(以下、対象者)の測定前の栄養摂取状態を十分把握し統一する必要がある^{2,10)}。しかし、対象者の食事摂取量のデータの収集は困難な場合があるとの見方もある¹⁰⁾。特に収集方法の固有のエラー、栄養士によるデータのコーディング、栄養食品テーブルおよび/または食事ソフトウェアプログラムを使用した栄養成分の推定など、有効性と信頼性の重大な誤りが発生する可能性が考えられている¹⁰⁾。そして、食事指導システム、競技者向けの主要栄養素ガイドライン、推奨される食事制限などの参照基準に関連するデータの表現の妥当性など、競技者のための比較基準が十分に確立されておらず、また実用的で信頼性の高いバイオマーカーがすべての栄養素に利用できないことや、人体測定評価と生化学的分析を完了するために使用される方法論にもその制限がある¹⁰⁾。

以上のことから、官能評価で食事による栄養摂取調査を利用する際には、さまざまな制限を踏まえた上で行う必要がある。

Ⅲ. 運動と味覚嗜好の変化に関する研究

過去 10 年くらい前から栄養と運動の関連について関心が高まっているが、中でも運動による味覚嗜好の変化に関するこれまでの研究は、甘味・塩味・酸味・苦味・うま味といった異なる味覚の比較、味覚の中でも甘味・酸味において、それぞれ特定の味覚を有する物質の種類を比較したもの、実際のトレーニングや運動による特徴や変化などを調べたものが散見される^{1-7, 15, 16, 20, 24)}。Alexandre-Charles Gauthier ら (2020)²⁾ はこれまでに世界中で発表された論文 (PubMed (1946 年から)、Embase (1974 年から)、Cab Abstracts (1973 年から)、PsycNET、CINAHL Plus with Full Text (1937 年から)、Web of Science (1945 年から) の 6 つのデータベース) などから検索し、運動と味覚についてレビューを試み、運動による味覚嗜好の変化を示している。彼らは、運動によって甘味・塩味・酸味は増加する、うま味は低下する、苦味は変わらないと結論づけている²⁾。しかし、味覚に与える固有の要因には、性別・年齢・遺伝・民族性などがあるとする見方やそうでないとする研究が散見されている^{2, 10)}。筆者らは食や味覚の嗜好に異なる人種による食文化やライフスタイルによる食生活の影響が生じやすいという見方を支持しており、この点から、本稿では日本人を対象とした国内における先行研究を中心に総括する (表 2)。

1. 異なる味 (甘味・塩味・酸味・苦味・うま味) に対する味覚嗜好の比較

異なる味に対する味覚嗜好の比較の研究には、甘味・塩味・うま味の比較、甘味・塩味・酸味・苦味・うま味の比較、および酸味と苦味の嗜好の比較の報告などがある。

堀尾と河村 (1996)⁵⁾ は普段運動を行っていない大学生男女 (合計 27 名) を対象に、最大心拍数の 50% の運動強度で約 30 分間の自転車漕ぎ運動を行わせ、運動前後に甘味 (ショ糖)・塩味 (塩化ナトリウム)・うま味 (グルタミン酸ナトリウム) について 9 段階の味覚嗜好評価を行っている。その結果、対象者の半数 (27 名中 13 名、48.2%) が甘味の嗜好尺度が高くなったのに対して、塩味とうま味の嗜好性の増加はそれぞれ 27 名中 6 名 (22.2%)、25 名中 6 名 (24.0%) であったことから、塩味やうま味よりも甘味のほうが変化しやすく、運動後は甘味が好まれるとしており、味覚の種類による変化の違いを示している⁵⁾ (表 2)。加えて各溶液の嗜好尺度の変化と 30 分間の消費エネルギーとの間で、甘味との関係は $r=0.34$ ($P<0.1$) と正の相関の傾向があり、運動中の消費カロリーが高い者ほど甘味の嗜好尺度値が上昇する傾向が認められた。このことから、運動前後の甘味の変化には身体運動が少なくとも関与していると報じている⁵⁾。さらに、運動前後に甘味の味覚嗜好に変化がみられなかった数名に運動時間を 60 分間に延長して甘味の味覚嗜好評価を行ったところ、4 中 3 名に味覚嗜好尺度が増加したことから、30 分間の運動で味覚嗜好評価に変化がみられなかった者でも、運動量 (時間) が増加すれば変化する可能性があるかと推測している⁵⁾。また、塩味の変化が少なかったことは、30 分間および 60 分間の運動時に対象者に発汗がみられたものの、塩味が必要となる発汗量ではなかったものと推測されているが、詳細は不明である。これらの報告は、外国人を対象として研究成果をまとめた Alexandre-Charles Gauthier ら (2020)²⁾ の研究結果と類似しており、人種に関わらず、ある程度の運動強度や量が確保された場合にはエネルギー消費や代謝に関わる味覚の甘味と酸味の嗜好が変化するものとみられる。

次に、Horio and Kawamura (1998)⁷⁾ は、普段特別な運動を行っていない大学生 58 名を対象に、最大酸素摂取量の 50% 運動強度で約 30 分間の自転車エルゴメーターによる運動を行わせ、甘味 (スクロース)・塩味 (塩化ナトリウム)・酸味 (クエン酸)・苦味 (カフェイン)・うま味 (グルタミン酸) について味覚嗜好評価を行ったところ、運動後に甘味と酸味の味覚嗜好尺度が高くなったとしている (表 2)。甘味と酸味の変化がみられたとしているが、これは運動により ATP やグルコースが消費されたことによるエネルギーの欠乏からの反応によるものと推察している。しかし、この運動は一過性 (急性) のものであり、長期的にトレーニングを継続した場合に同様の結果が得られるかは不明である。また、塩味・苦味・うま味には運動後の変化がみられなかった。さらに前述の堀尾と河村の報告 (1996)⁵⁾ と同様に、塩味と発汗の関係が明ら

表2. 運動やスポーツ活動における味覚嗜好性の変化に関する研究

	著者	被検者	運動	測定の タイミング	味覚の比較	評価法	結果
①異なる味(甘味・酸味・苦味・うま味)の比較	堀尾と河村(1996) ⁵⁾	普段運動を行っていない大学生27名(男子15名、女子12名)	最大心拍数の50%に相当する心拍数の運動強度で30分間の自転車こぎ運動	運動前後	甘味(ショ糖), 塩味(塩化ナトリウム), うま味(グルタミン酸ナトリウム)	9段階味覚嗜好評価	被検者27名 ・甘味の増加(13名) ・塩味とうま味の増加(それぞれ6名) ・嗜好尺度の変化と30分間のエネルギー消費量の間に正の相関の傾向あり($r=0.34, p<0.1$)
	Horio & Kawamura(1998) ⁷⁾	普段運動を行っていない大学生58名(男女それぞれの人数の記載なし)	最大酸素摂取量の50%で30分間の自転車こぎ運動	運動前後	甘味(スクロース), 塩味(塩化ナトリウム), 苦味(カフェイン), うま味(グルタミン酸)	7段階味覚嗜好評価	・甘味と酸味の味覚嗜好は、運動後に有意な増加(甘味: $p<0.01$, 酸味: $p<0.05$)を示したが、塩味、苦味、うま味は変化がみられなかった。
	堀尾と河村(1996) ⁶⁾	普段運動を行っていない大学生31名(男子12名、女子19名)	最大酸素摂取量の50%で30分間の自転車こぎ運動	運動前後	酸味(クエン酸)と苦味(カフェイン)	7段階味覚嗜好評価	・運動後の酸味の増加:31名中10名(32.3%) ・運動後の苦味の増加:31名中3名(9.7%)
②甘味・酸味で有する物質の味をそれぞれの味を比較	Horio(2004) ⁴⁾	普段運動を行っていない男子大学生19名と女子大学生25名(合計44名)	最大酸素摂取量の50%で30分間の自転車こぎ運動	運動前後	甘味:6種類の糖質(スクロース, グルコース, ステビア, ソルビトール, エリスリトール, サッカリン)	7段階味覚嗜好評価	・スクロース、グルコース、ステビア、エリスリトールは増加(スクロース: $p<0.01$, グルコース: $p<0.05$, ステビア: $p<0.01$, エリスリトール: $p<0.05$) ・サッカリンは変化なし
	穂保ら(2001) ³⁾	生活科学科の女子学生45名	中等度(心拍数130拍/分)の運動強度で30分間の自転車こぎ運動	運動前後	酸味:3種類の有機酸(クエン酸, リンゴ酸, 酒石酸)	9段階味覚嗜好評価	・有機酸のみの試料と有機酸に糖質を加えた試料の比較においては、3つの有機酸のいずれもが有機酸のみの試料より有機酸に糖質を加えた試料が好まれた($p<0.05$)。 ・有機酸に糖質を加えた試料では、運動後に酒石酸とリンゴ酸の味覚嗜好評価が増加した($p<0.05$)。
③運動やスポーツ活動における味覚嗜好性の変化	岡村と宮崎(金原)(2007) ²⁰⁾	大学女子水泳選手19名	約3時間の練習(約30分間の筋力トレーニングと約5,000mの水泳練習)	練習前後	・甘味の味覚閾値(ショ糖で5段階濃度) ・甘味に対する官能測定(ショ糖で、項目により9段階と5段階)	○味覚閾値測定 ・紙ディスク法(28段階の濃度) ○官能評価 ・好ましさ(9段階)、甘さのどごし感・たくさん飲めるか・すっきり感(各5段階)	・「好ましさ」「のどごし感」「たくさん飲めるか」「すっきり感」は濃度が低いほどよい傾向がみられた。 ・「甘さ」は濃度が高いほど強く感じていた。 ・「好ましさ」は、練習前も練習後もショ糖濃度が低いほど好ましく感じており、練習前後の比較では0%が有意に好まれた。 ・「のどごし感」は、2.5%濃度で運動前より運動後において有意によくなった。 ・「甘さ」「たくさん飲めるか」と「すっきり感」は練習前後で有意な変化がなかった。
		大学陸上選手 1回目:男5名・女5名、 2回目:男2名・女2名、 3回目:男2名・女4名	約3時間の練習(走練習と筋力トレーニング)	練習前後	甘味(ショ糖), 塩味(塩化ナトリウム), 酸味(酒石酸), 苦味(塩酸キニーネ)の閾値測定	○味覚閾値測定 ・紙ディスク法(28段階の濃度で、味の識別ができる濃度を閾値とした。)	・甘味・塩味・酸味の味覚閾値は、3回の測定の間で練習前後で有意な低下を示した(甘味: $p<0.0001$, 塩味: $p=0.0066$, 酸味: $p=0.0036$)。 ・苦味の味覚閾値は、3回の測定の間で練習前後に変化がみられなかった。
	秋山ら(2007) ¹⁾	大学男子陸上長距離選手26名	暑熱環境下でおおよそ2時間の練習(ウォーミングアップと14,000m走)	練習前後	・ショ糖の味覚閾値検査(7段階の濃度) ・味覚嗜好性検査(5段階の濃度)	・味覚嗜好検査(7段階評定尺度)	・味覚閾値および味覚嗜好性に変化なし。 ・味覚嗜好性の評定尺度の平均点と練習前後の変動幅別に3群(I:10%増加, II:変化なし, III:10%低下)に分けて、食事の摂取状況を調べたところ、IはIIIより糖質摂取が少ない傾向であった(有意差なし)。
	成川ら(2009) ¹⁵⁾	健康な成人男女12名(男女それぞれの人数の記載なし)	36kmの山道歩行(約12時間)	0km, 16km, 25km, 36kmの4地点	・苦味(塩酸キニーネ)に対する2つの味強度と嗜好度	・味強度(VAS) ・味嗜好度(5段階評点法)	・味強度は、2つの濃度はどちらも0kmから16kmで低下、25kmで上昇36kmで低下と上下に変動した。 ・味嗜好度は、濃度の低い試料が好まれる傾向を示した。変化はどちらの濃度も0kmから16kmで上昇し、25kmで低下し、36kmも25kmと同じ値を示した。
	Narukawa et al.(2010) ¹⁶⁾	健康な成人男女13名(男9名, 女4名)			・甘味(スクロース)に対する2つの味強度と嗜好度		・味強度は2つの濃度のどちらも変化なし ・味嗜好度は、濃度の低い試料は25kmまでわずかに上昇傾向がみられ、36kmでは0kmの値に戻った。濃度の高い試料は25kmまで上昇し、36kmまで維持した。 ・濃度の差の比較では、0kmと16kmは濃度の低い試料が高値、25kmでは同じ値となり、36kmでは濃度の高い試料が高値となった。
植村ら(2009) ²⁴⁾	大学男子陸上長距離選手19~20名	8日間のトレーニング合宿(通常練習と20kmのクロスカントリーコース走)	①合宿39日前, ②合宿後, ③合宿30日後	・甘味(スクロース), 塩味(塩化ナトリウム), 酸味(クエン酸), 苦味(塩酸キニーネ)の感受性 ・2つの濃度の異なる試料の味強度と味嗜好性	・味覚閾値(三点識別法) ・味強度(VAS) ・味嗜好性(7点識別法)	・味覚の感受性(閾値)は、合宿前に対して合宿後は甘味は高い傾向、酸味は有意な高値($p<0.05$)、塩味と酸味は有意な低値($p<0.01$)を示した。 ・味強度と味嗜好性は有意な変化がみられなかった。	

かではなく、またうま味をたんぱく質代謝の指標とすると、うま味の変化もなかった。この運動は比較的短時間で軽度から中程度強度での運動であり、たんぱく質の量的変化を来すようなものではなかったものとみられる。また、苦味はストレスの指標となるが、ストレスのかからない軽い運動であったという見方もできよう。

また、堀尾と河村（1996）⁶⁾は普段運動を行っていない大学生男女31名を対象に、軽度から中等度（最大酸素摂取量の50%）の運動強度で30分間の自転車漕ぎ運動を行わせ、酸味（クエン酸）と苦味（カフェイン）について7段階尺度による味覚嗜好評から、味覚嗜好度が増加したのは酸味32.3%（31名中10名）、苦味9.7%（31名中3名）のみであったとし、運動によって酸味の嗜好が増加しやすいと報告している（表2）。運動後の味覚嗜好における酸味の増加は、比較的短時間で軽度から中程度強度での運動であり、クエン酸回路が作用したものと推測される。また、苦味の変化が小さかった点は、対象者の運動中の心拍数、血圧、体温の測定結果からも明らかであり⁶⁾、運動強度は軽度から中等度で身体にかかるストレスが小さかったものと推測される。苦味の変化は小さいとみられるが、Alexandre-Charles Gauthierら（2020）²⁾のレビューにおいても運動による苦味の変化は認められていないという。こうしたことから、身体運動による苦味の変化は小さい可能性が考えられるが、さらなる研究が必要である。

2. 甘味・酸味のそれぞれの味を有する物質の種類に対する味覚嗜好の比較

これまでには、甘味と酸味のそれぞれについて、味を有する物質の種類に対する味覚嗜好の変化に関して研究が行われている。

甘味の研究では、Horio（2004）⁴⁾は普段運動を行っていない大学生34名に自転車エルゴメーターによる運動で最大酸素摂取量の50%の運動強度で30分間の運動を行わせ、運動前後に6種類の甘味（スクロース・グルコース・ステビア・ソルビトール・エリスリトール・サッカリン）の嗜好尺度と味覚嗜好評価（7段階評価法）によって評価しており、嗜好尺度はスクロース・グルコース・ソルビトール・ステビア・エリスリトールの5つの糖については有意な増加がみられたが、サッカリンは変化がなかったとしている（表2）。これは、サッカリンはエネルギー量が少ないことからエネルギーの補給にならないこと、スクロース・グルコース・ソルビトール・ステビア・エリスリトールは少なくともエネルギーを有するためであろうと述べている。また、この6種類の糖のうち5つの味質については、スクロース、グルコースとソルビトールは同じ味質であるのに対して、サッカリンとステビアは金属的な味質を含んでいることがサッカリンの嗜好尺度に影響した可能性を指摘している⁴⁾。また、Horio（2004）⁴⁾は、サッカリンはエネルギー量が小さく、味質が金臭いことから、運動後の味覚嗜好の増加がなかったとしているが、サッカリンと同様にエネルギー量が少ないエリスリトールの味覚嗜好は、運動後に増加していたこと⁴⁾を考慮すると、サッカリンの味覚嗜好の変化がなかったことはエネルギー量が小さいことよりも味質の影響が大きいと考えられる。このことから、甘味を有する糖質の種類に対する味覚は、生理学的な要求とその糖質の種類の味質に影響する可能性が考えられる。

酸味の研究では、穂保ら（2001）³⁾は、女子大学生45名に自転車エルゴメーターによる30分間の運動を行わせ、9段階の味覚嗜好評価尺度を用いて運動による酸味の変化を報告している（表2）。その運動は、中等度強度の運動、具体的には心拍数130拍/分（年齢22歳、安静時心拍数70拍/分として、計算式を用いて130拍/分で行う運動負荷に設定したプロトコル）を行わせて味覚嗜好の変化を検討している。味覚嗜好評価は、酸味を有する物質として、エネルギー代謝においてTCAサイクルに関わるクエン酸とリンゴ酸、および体内に吸収されない酒石酸を取り上げ、これら3つの有機酸を評価している。また、クエン酸と糖質の混合摂取は、クエン酸のみおよび糖質のみの摂取よりグリコーゲンの回復を促進することから、3つの有機酸に糖質を加えた試料についても同様の味覚嗜好評価を行っている。その結果、糖質を添加しない有機酸のみの試料については運動後の味覚嗜好に変化が認められなかった。また、グルコース添加の有機酸の試料は、運動によるクエン酸の変化は認められなかったものの、リンゴ酸と酒石酸では味覚嗜好が有意

に高くなったこと ($p < 0.05$) から、エネルギー生成に関与する有機酸の嗜好性が運動の付加により選択的に強く影響を受けることはないとしている。これについては、Horio and Kawamura (1998)⁷⁾の研究のように、運動による味覚嗜好の変化は生理的变化が原因で味覚嗜好へのフィードバックが生じ、嗜好や摂取行動に影響を与えることから、エネルギー代謝のTCAサイクルに関わるクエン酸やリンゴ酸、グリコーゲンの回復に関わるクエン酸の味覚嗜好に変化があるという報告³⁾もあるが、運動による味覚嗜好の変化のメカニズムについては今後さらに研究する必要があると述べている。

また穂保ら (2001)³⁾によれば、糖質と酸の混合摂取時における前述の結果は生理学的には説明ができないが、この3つの有機酸は果物に多く含まれている酸である^{8,11)}ことから、糖質と同様に味質が影響している可能性が考えられる。味質は、有機酸と糖質の割合が影響している可能性を示唆しているが、味の相互作用において酸味に甘味を加えると酸味が強まる特性がある⁸⁾ことから有機酸と糖質の割合が影響していることも考えられる。しかし、これらの比較についても運動の方法や内容によって異なる反応も考えられることからさらなる研究が求められる。さらに、ここまで本研究で取り上げた運動の多くは、有酸素性運動であり、世界的にみればレジスタンス運動などによる影響も検討されており、運動の種類による相違の検討が必要である。

3. 運動やスポーツ活動における味覚嗜好性の変化

実験的な研究のみならず、運動やスポーツ活動中の味覚嗜好性変化の比較が試みられている。

岡村と宮崎 (2007)²⁰⁾は、スポーツ現場でスポーツ飲料が2～3倍に希釈されて飲用されていること¹⁹⁾からその現状を把握するために、体育会系で日常的にトレーニングを行っている大学水泳選手と陸上競技選手の練習前後で味覚閾値と味覚嗜好の測定を行っている (表2)。最初の水泳選手の測定では、女子選手19名に練習前後に甘味閾値の測定とシヨ糖溶液に対する官能評価を行っている。官能評価は5項目で、糖質の濃度を5段階 (0%、2.5%、5%、7.5%、10%) とし、評価値は「好ましさ」が9段階、「甘さ」・「のどごし感」・「たくさん飲めるか」・「すっきり感」をそれぞれ5段階法によって測定している。水泳の練習は約3時間の練習 (約30分間の筋力トレーニングと約5,000mの水泳) で、測定の当日の飲食は練習中も含めて規制していなかった。その結果、運動後の甘味閾値は練習前に比べて低くなる傾向が示された。官能評価は、「甘さ」では濃度が高くなるほど高くなり、その他の項目では、練習前、練習後ともに濃度が高くなるほど数値が低くなる傾向がみられた。また、練習前後の比較では、練習前より練習後は、「甘さ」の数値は低くなり、他の項目では数値が高くなる、または変わらない傾向がみられた。また、「好ましさ」は0%濃度で、「のどごし感」は2.5%濃度で運動前後に有意な増加がみられた ($p < 0.05$)。しかし、水泳では甘味の閾値がプールの消毒に用いられている塩素の影響をうける可能性が考えられるため²⁰⁾、次に陸上の練習においても同様に甘味の閾値測定を行い比較した。その結果、運動後に甘味閾値に低下があったにも関わらず、官能評価に変化がなかったことから、閾値の低下は官能評価に反映されないかもしれないとしている。その理由として、スポーツドリンクは糖質が5～6%に設定されているが、糖質にはシヨ糖以外の甘味の異なる種類のブドウ糖や果糖が含まれていたり、酸味料が含まれていたりすることから、シヨ糖溶液と市販のスポーツ飲料の味の感じ方は必ずしも同じではないことが考えられる²⁰⁾。また、味の感じ方が舌や飲料の温度に影響されるために、閾値の測定に用いた溶液の温度が室温であったことや運動後の体温の上昇の影響も要因として考えられるとしている²⁰⁾。

また、秋山ら (2007)¹⁾はスポーツの現場で多くの選手がスポーツドリンクを2～3倍に薄めて飲んでいることを散見することから、大学男子陸上長距離選手26名を対象に、暑熱環境下における14,000m走の一過性走運動が甘味に対する認知閾値および嗜好性に及ぼす影響について検討している (表2)。加えて運動による甘味嗜好性の変化のパターンと日常的な栄養摂取量状況との関わりについても検討している。14,000m走は、全員が監督の指示のもと12,000mまではペース走で、12,000m～14,000mは全力疾走を行った。選手は、ウォーミングアップも含めたおよそ2時間の間は水および食べ物を一切摂取していなかつ

た。また、当日の走環境は、乾球温度 34℃、黒球温度 40℃、WBGT 値 30℃、味覚検査を行った室内は、乾球温度 27℃、黒球温度 26℃、WBGT 値 25℃であり、試料の温度は 25℃であった。味覚閾値検査は 7 段階の濃度が異なるシヨ糖溶液を用いて明らかな味と判定した濃度を認知閾値とした。嗜好性の検査は、濃度が異なるシヨ糖溶液 (0.99%、1.98%、3.96%、7.92%、15.86%) を 7 段階評定尺度により実施している。また、嗜好性の評定尺度得点の平均点と運動前後の味覚嗜好得点の変化量をもとに、対象者をその変動幅が 10%以上増加したものをⅠ群 (11 名)、10%未満のものをⅡ群 (9 名)、10%以上低下したものをⅢ群 (6 名) の 3 群に分け、半定量食物摂取頻度調査法を用いて栄養素等の摂取状況も調査した。その結果、甘味の嗜好は、運動前は濃度の差とグループ間に差がみられなかったが、運動後はⅠ群では 0.99%の濃度と比べて各濃度で増加 (1.98%、3.96%、7.92% : $p < 0.05$ 、15.86% : n.s.)、Ⅱ群は差がみられず、Ⅲ群は 0.99%の濃度と比べて 3.96%溶液において有意な低下がみられた ($p < 0.05$)。また、シヨ糖濃度 7.92%でⅠ群はⅢ群と比較して有意な高値がみられた ($p < 0.016$)。甘味の認知閾値については、3 群とも運動前の値と運動後の値の間と 3 群間に有意差がみられなかった。栄養素等摂取量については、1 日あたりのエネルギー摂取量はⅠ群がⅢ群に比べておよそ 5,000kcal 少ない傾向を示したが、有意差がみられなかった。また、その他の栄養素 (たんぱく質・脂質・炭水化物・鉄・および亜鉛) の摂取量についてもⅠ群はⅢ群により少ない傾向であるが、有意差がみられなかった。さらに体重当たりの摂取量は、エネルギー摂取量では 3 群間に差がみられなかったが、炭水化物摂取量ではⅠ群はⅢ群より有意に少なかった ($p < 0.05$)。そのほかのたんぱく質、脂質摂取量ではⅠ群はⅢ群より少ない傾向はあるが、有意差がみられなかったと報じている。このように、スポーツ選手における暑熱環境下での甘味に対する認知閾値および嗜好性は、一過性の走運動の影響を受けないものの、運動前後の甘味嗜好性変化が個人間で異なっており、その背景には習慣的な栄養素等摂取量が関わる可能性が示唆されるとしている。また、スポーツ選手がスポーツ飲料を薄めて飲んでいる理由として、認知閾値の低下が関わる可能性は少ないと論じている。従って、アスリートがスポーツドリンクを薄めて飲むことについての興味から、運動と味覚の閾値の低下との関連性を予測する考え方が存在しているようであるが、現在まで一致した知見や見解が得られていないといえる。

次に、成川ら (2009)¹⁵⁾ は、健康な成人男女 12 名に 36km 山道歩行を行わせ、途中 4 箇所 (0、16、25、36km 地点) における自覚疲労度と苦味に対する 2 つの濃度の味強度と味嗜好度を測定し、運動性疲労と味覚感受性の関連を検討している (表 2)。また、Narukawa ら (2010)¹⁶⁾ は、健康な成人男女 13 名を対象に 12 時間の運動時間で 36km の山道歩行を行わせ、自覚疲労度、甘味に対する 2 種類の濃度の味強度と嗜好度を途中 4 箇所 (0、16、25、36km 地点) で調査している (表 2)。自覚疲労度は VAS を用いている。味強度と味嗜好度は、苦味に関する研究では 0.01mM と 0.03mM のキニーネ塩酸塩を、甘味に関する研究は 100mM と 300mM のスクロースについて、味覚感受性を示す味強度は VAS を、味嗜好度は 5 段階評点法を用いて評価している。その結果、疲労度は距離が進むにつれて高くなり、計測点 25km 地点と 36km 地点ではスタート時より有意に高かったが、苦味に対する味強度は 2 つの濃度のどちらも計測点 0km から 16km 地点で低下、25km 地点で上昇、36km 地点で低下と上下に変動した。また味嗜好度は濃度の低い試料が好まれる傾向を示したが、変化はどちらの濃度も、開始から 16km 地点で上昇し、25km 地点で低下し、36km 地点は 25km 地点と同じ値を示した。これらの結果から、苦味の感受性変化は、疲労の蓄積量に比例するのではなく、疲労の程度によるものと報じている¹⁵⁾。また、甘味は、味強度は 2 つの濃度のどちらも変化がみられなかった。味嗜好度については、濃度の低い試料 (100mM) は 25km 地点まではわずかに上昇傾向がみられたが、36km 地点ではスタート時の値に戻ったのに対して、濃度の高い試料 (300mM) は 25km 地点まで上昇し、36km 地点まで維持していた。この濃度の差の比較では、0km と 16km 地点では濃度の低い試料が高値となっていたが、25km 地点では同じ値となり、36km 地点では濃度の高い試料で高値を示す傾向がみられている。このことから、厳しい運動では多くのエネルギーが消費されるため、エネルギー源となる炭水化物に対する感受性が高まったものとみている¹⁶⁾。

また、植村 (2009) ら²⁴⁾ は、大学男子陸上長距離選手 20 名を対象に、8 日間のトレーニング合宿の 39

日前(コントロール①)前と合宿終了後、合宿終了30日後(コントロール②)に、甘味・塩味・酸味・苦味の味覚の閾値(感受性の指標)とそれぞれの味覚において2つの異なる濃度の味強度と味嗜好度を測定し、合宿など長期間の運動時における味覚変化を調べている(表2)。練習内容は、通常練習に加え平地やクロスカントリーのコースの20km走であった。味強度はVAS、味嗜好度は7段階法を用いている。その結果、主観的疲労度は、合宿前に対して合宿後は有意に高い値を示した。味覚の感受性は、酸味が有意に高い値($p < 0.05$)、塩味と苦味が有意に低い値($p < 0.01$)を示し、甘味が合宿後に高い傾向であった。一方、味強度と味嗜好度は変化がみられなかった。以上、長期的な運動は、一過性の運動と同様に甘味と酸味の感受性が高まったことから、先行研究²⁰⁾と同様なメカニズムであること、塩味と苦味が上昇したことは、運動によるホルモンや神経伝達物質の変化によるものとみている。

次に、長期間の運動による味覚嗜好の変化については、甘味・酸味・塩味・苦味の嗜好度の結果では、コントロールと合宿時において2種類の濃度の差とその変化は有意な差がみられなかったが、甘味については濃度の高い試料が低い試料よりわずかに好まれる傾向があり、苦味については濃度の高い試料が低い試料より好まれない傾向がみられたことから、甘味に関しては合宿でエネルギーを多く消費しているが、食事でそのエネルギーの補給ができていたこと、また苦味については、ストレスがない状況で合宿の練習ができていたことが推測される。

4. 先行研究のまとめと課題

先行研究を概括すると、運動やスポーツの実践に伴う味覚嗜好の研究では、目的が異なるため運動様式が必然的に異なり、単純に比較できず、味覚嗜好における官能評価も異なっており、統一した手法が得られていないという課題がある。また、味覚の閾値と嗜好性の関係は、味覚閾値が低下することで感受性が高くなるが、味覚の嗜好に関連していない結果となっている^{1,20,24)}。また、甘味の閾値が低下したにもかかわらず味覚嗜好が変化していない結果となっている^{20,24)}。これは、味覚閾値は味を感じた濃度であり、そのまま嗜好に関連するものではないと判断される。このことは、松本¹¹⁾が述べている嗜好がおいしさを示すのであれば、味覚閾値と味覚嗜好性が乖離する可能性も考えられる。しかしながら、味覚嗜好については閾値前後の濃度が好まれた傾向がみられる²⁰⁾ことから、味覚の閾値と嗜好の関連は今後のさらなる研究課題となる。また味覚や嗜好は単純に運動強度や運動時間のみによる影響が示されるものではなく、食事の状況や運動前や運動中のエネルギー源の補給、試料の種類や特徴、温度などもその要因となることが考えられる。そのため、実際の運動における味覚の閾値と嗜好性の研究は、運動前の食事や運動中の飲食物、試料の温度の考慮と共に官能評価の条件やプロトコルを一致する必要があるだろう。

今回、運動またはスポーツ活動による味覚嗜好の変化に関する研究、特に邦人を対象とした研究について総括を試みたが、実験的、かつ急性による変化を取り上げたものが多く、長期的な視点からの研究をおこなったものは見当たらない。さらなる研究が待たれる。

IV. おわりに

これまでの研究は、運動やスポーツ活動によって味覚嗜好に変化が生じる可能を示唆している。しかし、味覚嗜好の変化や運動の内容(運動量・強度・時間・種類)などによる相違には不明な点も少なくない。

一方、こうした運動やスポーツ活動による味覚の変化の詳細が明らかになることは、競技者への指導にも生かされるものと信じる。実際に筆者らは、現在大学学生競技者を対象に栄養学の視点からパフォーマンス向上と健康づくりをサポートしているが、身体運動の実践に伴う生理的反応や味覚嗜好の変化を踏まえると「運動後に身体が要求している味覚の嗜好は、運動やスポーツ活動で使われて足りなくなったものによる変化である」という仮説が立てられる。また、自らの経験から選手に栄養アドバイスをを行う際に、「運動後に食べたいと思うものは運動により損失したものを補うということから、自分の体の声を聞くように」と指導

してきたが、その見方が妥当なものか否かについても明らかになると栄養学からの運動指導の現場において有効なものになりうると思われる。さらなる研究が待たれる。

謝辞

本総説の作成に際し、健康スポーツ科学科・学科長の竹島伸生教授には多大なるご指導・ご鞭撻を頂きました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 秋山嘉子, 目加田優子, 塩澤信良, 林 かほり, 高橋律子, 平田治美, 君等 満, 櫻村修生, 川野 因 (2007) 暑熱環境下での一過性走運動による甘味嗜好性変化のパターンと栄養素等摂取量とのかかわり栄養学雑誌. 65 (3), 135-141.
- 2) Gauthier, A.C., Guimaraes, R.F., Namiranian, K., Drapeau, V. and Mathieu, M.E. (2020) Effect of Physical Exercise on Taste Perceptions: A Systematic Review. *Nutrients*, 12 (9), 2741, doi:10.3390/nu12092741.
- 3) 穂保麻由, 森高初恵, 内藤成弘, 小此木成夫, 木村修一, 萬里小路直樹, 永田由美子, 福場博保 (2001) 有機酸の嗜好性に及ぼす中等度運動の影響. 日本官能評価学会誌, 5 (2), 118-126.
- 4) Horio, T. (2004) Effect of physical exercise on human preference for solutions of various sweet substance. *Percept. Mot. Ski.*, 99, 1061-1070.
- 5) 堀尾 強, 河村洋二郎 (1996) 味の嗜好に及ぼす運動の影響: 甘味, 塩味, うま味について. 日本味と匂学会誌, 1 (3), 37-45.
- 6) 堀尾 強, 河村洋二郎 (1996) 酸味・苦味の嗜好に及ぼす運動の影響. 日本味と匂学会誌, 3 (3), S415-S418.
- 7) Horio, T. and Kawamura, Y. (1998) Influence of physical exercise on human preferences for various taste solutions. *Chem. Sense*, 23, 417-421.
- 8) 河内公恵編 (2019) 調理学 - 食品の調理特性を正しく理解するために -. 化学同人: 東京, pp.142-144, pp.152-153.
- 9) Lampuré, A., Castetbon, K., Deglaire, A., Schlich, P., Péneau, S., Hercberg, S. and Méjean, C. (2016) Associations between liking for fat, sweet or salt and obesity risk in French adults: A prospective cohort study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, 13:74, doi: 10.1186/s12966-016-0406-6.
- 10) Larson-Meyer, D. E., Woolf, K. and Burke, L. (2018) Assessment of nutrient status in athletes and the need for supplementation. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 28 (2), 139-158, doi:10.1123/ijsnem.
- 11) 松本伸子 (2012) 調理と食品の官能評価. 建帛社: 東京, pp.101-108.
- 12) 三宅義明, 山本兼史, 長崎 大, 中井直也, 村上太郎, 下村吉治 (2001) ヒトにおけるレモン果汁およびクエン酸摂取が運動後の血中乳酸濃度に及ぼす影響. 日本栄養・食糧学会誌, 54 (1), 29-33.
- 13) Nakagawa, M., Mizuma, K., and Inui, T. (1996) Changes in taste perception following mental or physical states. *Chem. Senses*, 21, 195-200.
- 14) 中尾千登世, 押田芳治, 佐藤祐造 (1998) 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 -, *デサントスポーツ科学*, 19, 58-68.
- 15) 成川真隆, 上 英俊, 植村真秀, 林 由佳子 (2009) 長時間の運動が苦味感受性に与える影響. 日本味と匂学会誌, 16 (3), 463-464.
- 16) Narukawa, M., Ue, H., Umemura, M., Morita, K., Kuga, S., Isaka, T. and Hayashi, Y. (2010) Influence of

- prolonged exercise on sweet taste perception. *Food Sci. Technol. Res.*, 16 (5), 513-516.
- 17) (公社) 日本フードスペシャリスト協会編 (2019) 官能評価, 三訂食品の官能評価・鑑別演習. 建帛社: 東京, pp.1-30.
 - 18) 日本官能評価学会編 (2020) 必読官能評価士認定テキスト. (株) 霞出版社: 東京, pp49-50.
 - 19) 岡村浩嗣 (2004) スポーツドリンクの甘味. *体育の科学*, 54 (7), 556-559.
 - 20) 岡村浩嗣, 宮崎(金原)志帆 (2007) 甘味, 塩味, 酸味および苦味の閾値に対する運動の影響. *臨床スポーツ医学*, 84(2), 233-238.
 - 21) Sauer, H., Ohla, K., Dammann, D., Teufel, M., Zipfel, S., Enck, P. and Mack, I. (2017) Changes in gustatory function and taste preference following weight loss. *J. Pediatrics*, 182, 120-126.
 - 22) Thomas, D. T., Erdman, K. A. and Buckle, L. M. (2016) American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med. Sci. Sports Exer.*, 48, 543-568
 - 23) 鳥居邦夫 (2000) 味覚と嗜好性 - 栄養バランスと生体恒常性の担い手 -. *栄養学雑誌*, 58 (2), 49-58.
 - 24) 植村真秀, 上 英俊, 空閑佐智子, 伊坂忠夫, 松村康生, 林 由佳子 (2009) 陸上トレーニング合宿における運動性疲労が味覚感受性におよぼす影響. *日本味と匂学会誌*, 16 (3), 459-462.
 - 25) Umabiki, M., Tsuzaki, K., Kotani, K., Nagai, N., Sano, Y., Matsuoka, Y., Kitaoka, K., Okami, Y., Sakane, N. and Higashi, A. (2010) The improvement of sweet taste sensitivity with decrease in serum leptin levels during weight loss in obese females. *Tohoku J. Exp. Med*, 220, 267-271.