
研究報文

スポーツ活動時における糖・電解質飲料の摂取が 食行動に及ぼす影響

山崎 圭世子, 米浪 直子

Effects of Carbohydrate-electrolyte Beverages Ingested during Sports Activity on Feeding Behavior Kayoko Yamazaki, Naoko Komenami

Abstract

To examine the effects of carbohydrate-electrolyte beverages ingested during softball practice lasting 4 h on acute post-exercise blood characteristics and feeding behavior, two investigations were conducted in the summer. In investigation A, 27 female players ingested 4% carbohydrate beverage (4%CHO) or non-caloric beverage (Non-CHO) during exercise for 1 month. Energy and carbohydrate intake from food in the 4%CHO group was lower than that in the Non-CHO group. In investigation B, 29 female players were divided into three groups. Each group ingested 7% carbohydrate beverage (7%CHO), 4%CHO, or Non-CHO during exercise. Blood glucose levels remained unchanged during exercise in all three groups, but plasma free fatty acid levels increased significantly after exercise in the Non-CHO group. These results suggest that ingestion of carbohydrate-electrolyte beverages during prolonged exercise under hot conditions affects feeding behavior of players.

(Received September 24, 2012)

I. はじめに

スポーツ選手の健康維持には運動種目、運動強度と運動量、さらにはその環境に合った科学的なコンディショニングが不可欠であり、様々な研究が行われている⁽¹⁾。中でも運動中の水分補給については熱中症予防やパフォーマンス発揮の観点から多くの報告があり⁽²⁻⁵⁾、暑熱環境下での多量の発汗を伴う運動では、脱水を予防するための水分と電解質の補給が重視されている。また、エネルギー消費の大きい長時間の運動では、糖質の枯渇によるパフォーマンスの低下を防ぐために糖質の摂取が有効とされている。そのため、暑熱環境下での長時間の運動では、電解質に加えて糖質を含んだスポーツドリンクなどの飲料の摂取が推奨されている⁽⁶⁾。

一方、清涼飲料水の摂取習慣は肥満や2型糖尿病発症のリスクを高めることが知られている⁽⁷⁾。極端

な例として『ペットボトル症候群』が挙げられ、清涼飲料水やスポーツドリンクなどの多量摂取によりケトアシドーシスを生じることが報告されている⁽⁸⁾。飲料の摂取と食習慣は深く関連することから^(9,10)、スポーツ選手への水分補給の指導においても、食事との関連を考慮した総合的な食教育が必要であると考えられる。しかしながら、スポーツ活動時の水分補給に関する研究の多くは、脱水の予防やパフォーマンスの維持に着目したものであり、食事との関連についての研究はあまり見られない。

そこで、本研究ではスポーツ活動時における飲料の摂取が食行動に及ぼす影響について、我々のこれまでの調査データ⁽¹¹⁻¹³⁾から検討したので報告する。

II. 方法

1. 調査 A

1) 対象および調査手順

○大学女子ソフトボール部員27名を対象に、夏季(8月)の3日間に食事調査および練習中の飲水

量調査を行った。調査日の1ヶ月前より、対象者は練習中の飲料として糖濃度4%のスポーツドリンクを摂取していた(4%CHO群)。さらに、その翌年8月に、同ソフトボール部員25名を対象として、同様の方法で調査を行った。この年の練習中の飲料はお茶であった(Non-CHO群)。調査にあたり対象者には主旨を十分に説明し、同意を得た。

2) 食事調査

食事調査は連続して3日間実施した。対象者には記録用紙を渡し、3日間の食事内容および生活活動時間について記入してもらい、後日回収した。回収時には管理栄養士による聞き取りを行い、食品名と重量を一人ずつ確認した後、栄養価計算を行った。また、練習中に摂取した飲料について、測定した飲水量からエネルギーおよび糖質の摂取量を算出した。

3) 飲料の成分および飲水量測定

4%CHO群で使用されていたスポーツドリンクは、市販の粉末ドリンクを商品に表示されている濃度(糖質:72 g/L, たんぱく質・脂質:0 g/L, ナトリウム:520 mg/L, カリウム:227 mg/L, カルシウム:23 mg/L, マグネシウム:6 mg/L)の2倍に薄めたものであった。また、Non-CHO群では糖質およびナトリウムを含まない麦茶を使用していた。飲水量は、個人ボトルを秤量して、飲水前後の重量差から算出した。

4) 統計

データは平均値±標準偏差で示した。統計処理は、IBM SPSS statistics Ver.19を用いた。2群間の平均値の比較にはMann-WhitneyのU検定を用い、危険率5%未満を有意とした。

2. 調査B

1) 対象および調査手順

同ソフトボール部員29名を対象に、調査Aの翌年8月に実施した。調査にあたり対象者には主旨を十分に説明し、同意を得た。

調査当日、対象者は練習1時間前に身体測定室に入室し、安静を保った後、練習着を着用のまま、体重(A&D, UC-300, 最小表示50g)、身長、体脂肪率(インピーダンス法)を測定し、採血を行った。対象者を無作為にお茶摂取(Non-CHO)群9名、糖濃度4%のスポーツドリンク摂取(4%CHO)群10名、糖濃度7%のスポーツドリンク摂取(7%CHO)群10名の3群に分け、屋外グラウンドでの10:40-15:00の練習中に指定された飲

料(5-10℃)を個人ボトルから自由に摂取するようにした。練習内容は、ストレッチング、ランニング、ダッシュ、キャッチボール、ピッチング、バッティング、ノックであった。練習中に、環境温度(WBGT)、心拍数、飲水量、発汗量を測定した。練習後は、身体測定室に入室し、30分間安静を保った後、体重測定、採血を行った。

2) 食事調査

調査Aと同様の方法で、当日の食事調査を実施した。

3) 飲料の成分および飲水量測定

スポーツドリンクは調査Aで使用していたのと同じ粉末ドリンクとした。7%CHO群では商品に表示されている濃度で、4%CHO群では2倍に薄めて使用した。Non-CHO群では糖質およびナトリウムを含まない麦茶を使用した。飲水量は、個人ボトルを秤量して、飲水前後の重量差から算出した。

4) 発汗量測定

練習後の体重減少量を求め、以下の式から発汗量を算出した。

$$\text{発汗量} = (\text{練習前体重} + \text{飲水量}) - \text{練習後体重}$$

5) 環境温度測定

グラウンド上で乾球(DT)、湿球(WT)、黒球温度(GT)を30分毎に測定し、以下の式によりWBGTを算出した。

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ WT} + 0.2 \text{ GT} + 0.1 \text{ DT}$$

6) 心拍数測定

練習中の心拍数について、携帯用心拍計(Polar Vantage XL)を用いて、ポジション毎に練習開始時から終了まで連続して測定した。

7) 血液検査

練習前後に採取された血液について、酵素法により血糖、血清遊離脂肪酸、乳酸、HPLC法によりビタミンB₁、氷点降下法により血漿浸透圧の分析を行った。

8) 統計

データは平均値±標準偏差で示した。統計処理は、IBM SPSS statistics Ver.19を用いた。Kruskal-Wallis検定を用いて3群間の平均値の比較を行い、差が認められた項目についてBonferroni補正のMann-WhitneyのU検定による多重比較を行った。練習前後の値の比較にはWilcoxonの符号付き順位検定を用いた。検定結果は、危険率5%未満を有意とした。

III. 結果

1. 調査A

対象者の身体特性は、4%CHO群で年齢 19 ± 1 歳、身長 160 ± 4 cm、体重 56.4 ± 6.3 kg、Non-CHO群で年齢 19 ± 1 歳、身長 161 ± 5 cm、体重 57.1 ± 6.8 kgであった。2群間の年齢、身長、体重に有意差は認められなかった。

エネルギーおよび3大栄養素の摂取状況について、3日間の平均値を表1に示した。食事からのエネルギー摂取量は、4%CHO群 1781 ± 325 kcal、Non-CHO群 1984 ± 445 kcalで、4%CHO群はNon-CHO群に比べて低値を示す傾向が見られた($p < 0.1$)。練習中に摂取した飲料のエネルギーを加えた値については、2群間に有意差は見られなかった。食事からの糖質摂取量は、4%CHO群 252.6 ± 44.6 g、Non-CHO群 294.6 ± 64.4 gで、4%CHO群はNon-CHO群に比べ有意に低値を示した ($p < 0.05$)。たんぱく質および脂質については2群間に有意差はなかった。

2. 調査 B

全対象者の身体特性は、年齢 19 ± 1 歳、身長 161 ± 5 cm、体重 57.1 ± 6.8 kgであった。Non-CHO、4%CHO、7%CHO群の3群間で年齢、身長、体重に有意差は認められなかった。調査日の天候は晴れ、練習中のWBGTは平均 31.0°C であった。ポジション毎の平均心拍数は、ピッチャー 116 bpm、キャッチャー 112 bpm、野手 121 bpmであった。

練習中の平均飲水量はNon-CHO群 1620 mL、

4%CHO群 1910 mL、7%CHO群 1760 mLであった。発汗量から計算した平均飲水率はそれぞれ62%、74%、65%、練習前後の体重の減少率は1.7%、1.1%、1.6%であった。飲水量、飲水率共に4%CHO群で最も高値を示したが、いずれも3群間で有意差は認められなかった。

1日のエネルギーおよび3大栄養素の摂取状況を表2に示した。食事からのエネルギー摂取量はNon-CHO群で最も高く、練習時に摂取した飲料のエネルギーを加えた値は7%CHO群で最も高値を示したが、いずれも3群間で有意差はなかった。3大栄養素の摂取量およびPFC比についても、3群間に有意差は見られなかった。

血液性状について、練習前、練習後、練習前後差(Δ)の値を表3に示した。血中遊離脂肪酸については、練習前の値に3群間で有意差はなかったが、練習後および Δ 値では3群間に有意差が見られた($p < 0.001$)。各群の練習前後の比較では、Non-CHO群は運動後の値が運動前よりも有意に高く($p < 0.01$)、4%CHO群および7%CHO群では練習前後で有意差はなかった。血糖、乳酸、ビタミンB₁、血漿浸透圧については、練習前、練習後、 Δ 値のいずれも3群間に有意差は認められなかった。

IV. 考察

本研究では、大学女子ソフトボール部員を対象に、練習中に摂取する飲料の違いが食行動に及ぼす影響

表 1 各種飲料 1 ヶ月間継続摂取時のエネルギーおよび 3 大栄養素摂取量 (調査 A)

		Non-CHO群 (n=25)	4%CHO群 (n=27)	p値
エネルギー	食事 (kcal)	1984 ± 445	1781 ± 325	p=0.083
	練習時飲料 (kcal)	0	164 ± 46	—
	合計 (kcal)	1984 ± 445	1945 ± 310	n.s.
たんぱく質 (食事)	摂取量 (g)	61.4 ± 17.1	54.7 ± 15.5	n.s.
	(%)	12 ± 1	13 ± 3	n.s.
脂質 (食事)	摂取量 (g)	59.6 ± 18.3	57.5 ± 17.2	n.s.
	(%)	27 ± 5	29 ± 5	n.s.
糖質 (食事)	摂取量 (g)	294.6 ± 64.4	252.6 ± 44.6	p=0.018
	(%)	61 ± 6	58 ± 6	n.s.
糖質 (練習時飲料)	摂取量 (g)	0	41.1 ± 11.6	—

2群間の有意差検定は Mann-Whitney の U 検定による。

表2 飲料の違いによるエネルギーおよび3大栄養素摂取量の比較 (調査B)

		Non-CHO群 (n=9)	4%CHO群 (n=10)	7%CHO群 (n=10)	p 値
エネルギー	食事 (kcal)	1911 ± 734	1788 ± 628	1617 ± 508	n.s.
	練習時飲料 (kcal)	0	275 ± 66	507 ± 129	—
	合計 (kcal)	1911 ± 734	2063 ± 618	2123 ± 489	n.s.
たんぱく質 (食事)	摂取量 (g)	55.8 ± 22.3	46.9 ± 14.1	44.0 ± 15.2	n.s.
	(%)	12 ± 2	11 ± 2	11 ± 2	n.s.
脂質 (食事)	摂取量 (g)	62.4 ± 36.7	40.9 ± 11.3	39.2 ± 23.3	n.s.
	(%)	29 ± 9	22 ± 6	21 ± 8	n.s.
糖質 (食事)	摂取量 (g)	272.2 ± 106.2	296.4 ± 121.4	267.7 ± 82.1	n.s.
	(%)	59 ± 10	67 ± 7	68 ± 9	n.s.
糖質 (練習時飲料)	摂取量 (g)	0	68.7 ± 16.6	126.7 ± 32.3	—

3群間の有意差検定は Kruskal-Wallis 検定による。

表3 飲料の違いによる練習前後の血液性状の比較 (調査B)

		Non-CHO群 (n=9)	4%CHO群 (n=10)	7%CHO群 (n=10)	p 値
血糖 (mg/dL)	前	85 ± 13	85 ± 10	82 ± 12	n.s.
	後	84 ± 7	86 ± 15	81 ± 10	n.s.
	Δ	-1 ± 17	1 ± 19	-1 ± 16	n.s.
遊離脂肪酸 (mEq/L)	前	0.20 ± 0.09	0.33 ± 0.26	0.22 ± 0.11	n.s.
	後	0.86 ± 0.24 ^a	0.47 ± 0.23 ^b	0.20 ± 0.09 ^c	p<0.001
	Δ	0.67 ± 0.19 ^a	0.14 ± 0.21 ^b	-0.03 ± 0.11 ^b	p<0.001
乳酸 (mmol/L)	前	1.86 ± 0.44	1.68 ± 0.61	1.81 ± 0.70	n.s.
	後	1.15 ± 0.29	1.05 ± 0.47	1.34 ± 0.50	n.s.
	Δ	-0.75 ± 0.62	-0.63 ± 0.50	-0.52 ± 0.52	n.s.
ビタミンB ₁ (ng/mL)	前	41 ± 14	40 ± 14	34 ± 4	n.s.
	後	40 ± 10	37 ± 12	33 ± 3	n.s.
	Δ	-2 ± 4	-3 ± 3	-1 ± 2	n.s.
血漿浸透圧 (mOsm/L)	前	284 ± 2	283 ± 3	285 ± 2	n.s.
	後	287 ± 5	286 ± 4	287 ± 3	n.s.
	Δ	3 ± 5	3 ± 4	3 ± 4	n.s.

3群間の有意差検定は Kruskal-Wallis 検定による。

異なるアルファベットは Bonferroni 補正の Mann-Whitney の U 検定による多重比較で有意差が認められたことを示す。(p<0.0167=0.05/3)

について、飲料継続摂取時の食事調査 (調査A)、および練習前後の血液検査と食事調査 (調査B) から検討した。

調査Aでは、お茶 (Non-CHO) または糖濃度4%のスポーツドリンク (4%CHO) を1ヶ月間継続摂取した部員に食事調査を行った。食事からのエネルギー摂取量は、4%CHO群でNon-CHO群よりも少ない傾向が見られた。また、食事からの糖質摂取量もNon-CHO群に比べ4%CHO群で有意に少なく、飲料の違いによる食行動への影響が示唆された。Melbyらは、運動中の糖質飲料の摂取により食事からのエネルギー摂取量が低下したことを報告しており⁽¹⁴⁾、本研究の結果はこれと一致していた。

調査Bでは、対象者をNon-CHO群、4%CHO群、糖濃度7%のスポーツドリンク摂取 (7%CHO) 群の3群に分け、練習前後の血液検査および食事調査

を行った。

食事調査の結果では、食事からのエネルギー摂取量はNon-CHO群で最も多かったが3群間に有意差はなかった。3大栄養素の摂取量についても飲料の違いによる有意差は見られなかった。調査Bでは食事と血液性状の関連について検討することを目的としたため、食事調査は血液検査と併せて1日のみ実施した。各グループの人数も少なかったため、食事調査の結果には有意差が見られなかったものと考えられる。

練習中のWBGTは平均31℃に達し、「熱中症予防の指針」では「厳重警戒」に相当する厳しい温熱環境であった。運動中に摂取する飲料については、糖濃度が3～8%程度の飲料が水分の利用率が高いことが報告されている^(15,16)。本研究における練習中の飲水率は、4%CHO群で74%、7%CHO群で

65%、Non-CHO群で62%であった。大学生を対象とした各種スポーツ活動時における水分補給率は50～70%程度であることが報告されている⁽¹⁷⁻¹⁹⁾。本研究での飲水率はいずれの群もこの範囲にあり、体重の減少率は熱中症予防の目安である2%以下⁽⁶⁾であった。また、すべての群で血漿浸透圧の値は正常範囲内にあった。

長時間にわたる運動で糖の供給が不足してくると、血糖値の維持のため糖新生が起こる。さらに糖が著しく不足すると、血糖値が低下し、パフォーマンスは低下することが知られている⁽²⁰⁾。本研究における運動は4時間を超える長時間の運動であったが、いずれの群でも練習前後で血糖値の変化は見られなかった。4%CHO群および7%CHO群では、スポーツドリンクに含まれる糖質によりエネルギー供給がなされ、血糖値が維持されていたと考えられる。一方、Non-CHO群では、脂肪燃焼による糖の節約や糖新生などにより血糖値が維持されていたものと推察される。血中遊離脂肪酸の値は、4%CHO群および7%CHO群では練習前後で有意な変化はなかったのに対し、Non-CHO群では練習後に値が上昇しており、脂肪燃焼の亢進が示唆された。

遊離脂肪酸は食欲を亢進させる因子としても知られている⁽²¹⁾。調査Aにおいて、Non-CHO群は4%CHO群に比べて食事からのエネルギーおよび糖質摂取量が多い結果となった。その一因として、血中遊離脂肪酸による食欲亢進が関連している可能性が考えられる。

本研究の結果から、運動中に摂取する飲料の違いが、食行動に影響を及ぼす可能性が示唆された。スポーツ選手への水分補給の指導では、単にスポーツドリンクの摂取を勧めるだけでなく、個々人のエネルギー消費量、食事の摂取状況、体重推移などを考慮した総合的な食教育を併せて行う必要があると考えられる。

V. まとめ

本研究では、大学女子ソフトボール部員を対象に、練習中の飲料摂取が食行動に及ぼす影響について検討した。調査Aでは、練習中にお茶(Non-CHO)または糖濃度4%のスポーツドリンク(4%CHO)を1ヵ月間摂取していた部員について食事調査を行った。調査Bでは、対象者をNon-CHO群、4%CHO群、糖濃度7%のスポーツドリンク摂取(7%CHO)群の3群に分け、練習前後の血液検査および食事調査を行った。

1. 調査Aでは、4%CHO群はNon-CHO群に比べ、食事からの糖質摂取量が有意に少なく、エネルギー摂取量が低値を示す傾向が見られた。
2. 調査Bでは、血液検査における血糖値、乳酸、ビタミンB₁および血漿浸透圧に飲料の違いによる差は見られなかったが、血中遊離脂肪酸はNon-CHO群で練習後の値が他群に比べ有意に高値を示した。

以上のことから、スポーツ活動中に摂取する飲料の違いが、食行動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

参考文献

- 1) AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE : Nutrition and Athletic Performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **41**, 709-731 (2009)
- 2) AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE : Exercise and Fluid Replacement, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **39**, 377-390 (2007)
- 3) 井上芳光, 久保田豊司, 米浪直子, 小倉幸雄, 芳田哲也, 中井誠一: 夏季スポーツ活動時における発汗量と水分補給の年齢差, *体力科学*, **51**, 235-244 (2002)
- 4) 財団法人日本体育協会: 平成13年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. VIII ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究—第2報— (2001)
- 5) 財団法人日本体育協会: 平成12年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. IX ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究—第1報— (2000)
- 6) 川原貴, 森本武利, 白木啓三, 朝山正己, 中井誠一, 伊藤静夫: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 公益財団法人日本体育協会 (2006)
- 7) Matthias B. Schulze, JoAnn E. Manson, David S. Ludwig, Graham A. Colditz, Meir J. Stampfer, Walter C. Willett, Frank B. Hu, : Sugar-Sweetened Beverages, Weight Gain, and Incidence of Type 2 Diabetes in Young and Middle-Aged Women, *JAMA*, **292**, 927-934 (2004)
- 8) 星 賢二: ペットボトル症候群とは何だ!?, *食生活*, **6**, 14-21 (1993)
- 9) V Van Wymelbeke, M-E Béridot-Thérond, V de La Guéronnière, M Fantino : Influence of repeated consumption of beverages containing sucrose or

- intense sweeteners on food intake, *European Journal of Clinical Nutrition*, **58**, 154-161 (2004)
- 10) 鈴木章子, 瀧口徹, 前口愛子, 川南勝彦, 佐藤加代子, 清水裕幸: 男子高校生の食習慣及び生活習慣と飲料摂取量との関係, *栄養学雑誌*, **54**, 341-352 (1996)
 - 11) 米浪直子, 井上芳光: 夏季ソフトボール中におけるスポーツドリンクの摂取が血液性状および食行動に及ぼす影響, *日本生理人類学会誌第52回大会要旨集*, **9**, 50-51 (2004)
 - 12) 米浪直子, 久保田豊司, 小倉幸雄, 石指宏通, 土居達也, 井上芳光: スポーツ飲料補給が練習後の血液性状と栄養摂取量に及ぼす影響, *体力科学(第58回日本体力医学会大会抄録)*, **52**, 938 (2003)
 - 13) 米浪直子, 山崎圭世子: 大学女子ソフトボール部員の夏季練習時における水分補給に関する研究, *第48回日本栄養改善学会学術総会講演要旨集*, 420 (2001)
 - 14) Melby CL, Osterberg KL, Resch A, Davy B, Johnson S, Davy K: Effect of carbohydrate ingestion during exercise on post-exercise substrate oxidation and energy intake, *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, **12**, 294-309 (2002)
 - 15) Murray R, Bartoli W, Stofan J, Horn M, Eddy D: A comparison of the gastric emptying characteristics of selected sports drinks, *Int J Sport Nutr.*, **9**, 263-274 (1999)
 - 16) 樋口 満: スポーツ栄養学: スポーツ選手の健康管理と競技力向上の基礎, *体育学研究*, **44**, 1-12 (1999)
 - 17) 寄本明, 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利: 屋外における暑熱下運動時の飲水行動と体温変動の関係, *体力科学*, **44**, 357-364 (1995)
 - 18) 中井誠一, 芳田哲也, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利: 運動時の発汗量と水分摂取量に及ぼす環境温度(WBGT)の影響, *体力科学*, **43**, 283-289 (1994)
 - 19) 中井誠一, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利: アメリカンフットボール練習時の発汗量と水分摂取量の実態, *臨床スポーツ医学*, **10**, 973-977 (1993)
 - 20) J.F. Brun, M. Dumortier, C. Fedou, J. Mercier: Exercise hypoglycemia in nondiabetic subjects, *Diabetes Metab*, **27**, 92-106 (2001)
 - 21) 苛原稔, 尾形里恵, 清川麻知子, 手束典子, 松崎利哉, 安井敏之: 食欲調節のメカニズム, *産*

科と婦人科, **2**, 129-135 (2002)