

原著論文

アスリートの短時間リカバリーにおける高濃度糖質炭酸飲料の有用性
Usability of carbonated high-carbohydrate beverage during short term recovery period
in athletes

長坂聡子^{1),2)}, 橋本秀紀³⁾, 坂本静男^{2),4)}, 田口素子^{2),4)}
Satoko Nagasaka¹⁾, Hideki Hashimoto^{2),3)}, Shizuo Sakamoto^{2),4)}, and Motoko Taguchi^{2),4)}

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of postexercise carbonated high-carbohydrate beverage (Carbonated Trial: CT) compared with non-carbonated high-carbohydrate beverage (Non-Carbonated Trial: NCT) on gastrointestinal (GI) problems and physiological indexes during 4 hours of recovery period in athletes. Eight Japanese collegiate athletes (age : 21±1yr ; height : 170.8±6.0cm ; body weight(BW) : 68.70±8.29kg ; percent body fat : 11.7±2.7%) participated in the cross-over designed study. Immediately after the exhaustive exercise, subjects consumed 3.5ml/kg BW of 1) water, 2) high-carbohydrate beverage : NCT (1.8gCHO/kg BW/h), and 3) carbonated high-carbohydrate beverage : CT (1.8gCHO/kg BW/h) every 30 min during 4 hours of recovery period. No difference was observed in blood concentration of glucose, insulin, free fatty acid, and subjective GI problems between CT and NCT. However the rate of vomiting was significantly higher in the NCT compared with CT (p<0.05). These results suggest that ingesting carbonated beverage during recovery period may help digestion and absorption in the stomach of athletes.

Key words : athletes, recovery, carbonated

キーワード : アスリート, リカバリー, 炭酸

¹早稲田大学スポーツ科学研究科、²早稲田大学スポーツ栄養研究所、³アサヒ飲料株式会社商品開発研究所、⁴早稲田大学スポーツ科学学術院

¹Graduate School of Sport Sciences, ²Waseda Institute of Sports Nutrition, ³Products Research & Development Laboratory Asahi Soft Drinks Co., Ltd, ⁴ Faculty of Sport Sciences, Waseda University

〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15

E-mail: s.nagasaka@akane.waseda.jp

受付日 : 2016年10月14日

受理日 : 2017年2月14日

1. 緒言

糖質はグリコーゲンとして肝臓や筋肉、血液中に貯蔵されており、主に運動時のエネルギー源として使われている。糖質摂取やトレーニングの状態により異なるが、グリコーゲンの貯蔵量は、肝臓に約 100g、骨格筋に約 350~700g 程度であり¹⁾、脂質やたんぱく質から得られるエネルギーと比較すると少量であることが明らかになっている。

Costill らは 75%Vo2max で 2 時間の自転車運動を行うことにより、約 50%の筋グリコーゲンが減少することを報告している²⁾。また、30 秒の自転車スプリント運動や³⁾、レジスタンス運動においても、運動前と比較して筋グリコーゲン量が約 25~40%減少することが先行研究により報告されており^{6),16)}、持久系運動から短時間高強度運動まで、幅広い運動強度においてエネルギー源として筋グリコーゲンが用いられている。筋グリコーゲンの減少や枯渇は、競技パフォーマンスの低下及び疲労の促進に関与していることから¹⁾、日常的に高強度トレーニングを行うアスリートにおいて、トレーニングで消耗した筋グリコーゲンを直ちに再補充することは重要である。

運動終了後から 8 時間以内にグリコーゲンを回復させる必要がある場合、運動直後から 4 時間の間に 1.0~1.2g/kg/時の糖質を摂取すべきであることが先行研究より明らかになっており⁹⁾、体重 60kg のアスリートであれば、4 時間で摂取すべき糖質の量は 240~288g となる。糖質が多く含まれている市販食品で必要量の糖質を摂取するためには、白飯の場合約 630g~760g、エネルギーゼリーの場合約 6~7 個に相当し、短期間での摂取による胃腸への負担が大きいことが考えられる。さらに、運動後は消化管から分泌される摂食を抑制するホルモンである peptide YY (PYY) や、glucagon-like peptide-1 (GLP-1) の分泌量が増加し、運動後のエネルギー摂取量が減少することが報告されていることから¹⁰⁾、食欲低下により十分な量が摂取できない可能性が考えられる。

Jentjens ら¹⁴⁾により、多量の糖質を摂取するためには固形物よりも液体の食品を摂取した方が、

筋グリコーゲン合成率が高くなること及び消化吸収速度が速いことが報告されており、運動直後から回復期に摂取する糖質源として、糖質飲料が有効であることが明らかになっている。しかし、摂取量が多い場合は飲料であっても消化吸収が不十分となり、腹部膨満感や満腹感をもたらす可能性が考えられる。これらのことから、摂取量を減らすために糖質の濃度を高めた飲料が有用なのではないかと考えられる。

疲労困憊運動後の筋グリコーゲン量の回復を目的とした糖質摂取に関する先行研究によると、1.2~1.6g/kg/時の糖質を含んだ飲料を運動後 4 時間まで、1 時間あたり 750ml 摂取させた結果、回復期後半において胃部不快感が有意に上昇したことが報告されている⁸⁾。

一方、疲労困憊運動後に糖質濃度 10%の炭酸飲料 500ml および、同糖質濃度の無炭酸糖質飲料 500ml を摂取させた結果、炭酸飲料を摂取した方が、「すっきり感」や「刺激があってよい」というアンケート項目で高値を示したとの報告がある¹⁷⁾。さらに炭酸は胃底を刺激し、胃の活動を促進するため、無炭酸飲料と比較して胃内停留時間が短くより早く吸収されることが明らかになっている^{12),20)}。これらのことから、運動後の炭酸飲料は飲みやすく、吸収速度を高める可能性も示唆されている。

そこで本研究では、疲労困憊運動後に高濃度糖質飲料に炭酸を加えた炭酸糖質飲料を摂取させ、運動後 4 時間までの胃部不快感及び生理学的指標の変化から、炭酸飲料の有用性について検討することを目的とした。

II. 対象

大学運動部に所属する男子学生 8 名 (年齢 21±1 歳、身長 170.8±6.0cm、体重 68.70±8.29kg、体脂肪率 11.7±2.7%、最大酸素摂取量 49.9±6.7ml/kg/分) を対象とした。本研究に先立ち血液検査及び身体計測を行い、栄養状態及び糖代謝、身体状態に異常がないことを確認した。

被験者には研究の目的、調査・測定項目及びそ

他の方法について十分に説明し、書面にて同意を得た。なお、本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」審査を経て早稲田大学総長より研究実施の承認を得て実施した。

はすべての試行において測定の 2 時間以上前に食事を済ませた。安静時に胃部不快感に関するアンケート調査、採血を行った後、疲労困憊まで自転車運動をさせ、直後に採血、胃部不快感に関するアンケート調査、尿検査を行い、飲料を摂取させた。その後 30 分毎に 210 分後まで採血、アンケート調査及び飲料摂取を、運動終了 240 分後には採血及びアンケート調査を行った。

Ⅲ. 方法

A. 測定プロトコル

本研究のプロトコルを図 1 に示した。被験者

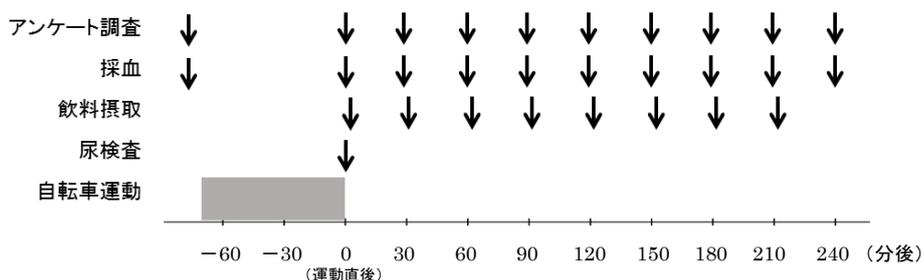
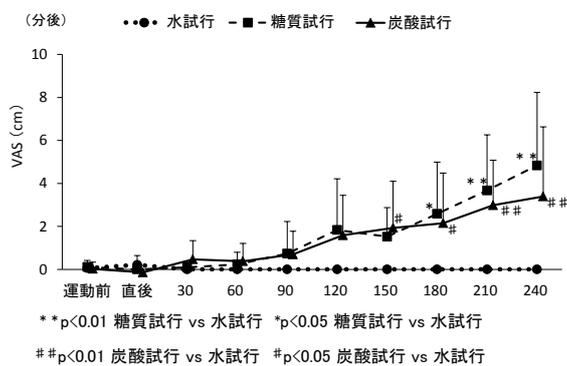
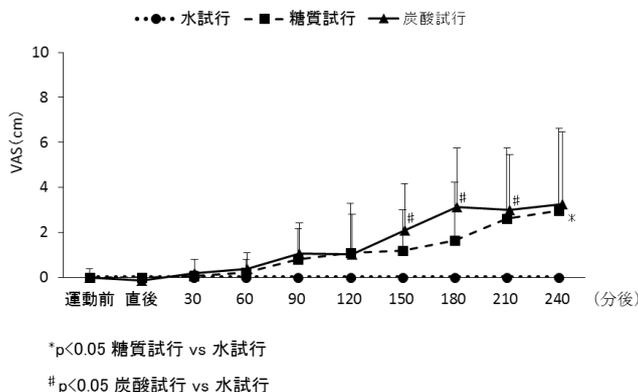


図 1. 測定プロトコル



a. 胃に違和感がある



b. 腹部膨満感がある

B. 試験飲料

本研究で使用した飲料は、Van Hallらの研究⁵⁾により早期の筋グリコーゲン回復に十分であることが示されている量を参考とし、1時間あたり体重1kgあたり1.8gの糖質を含んだ無炭酸糖質飲料（以下糖質試行）、同量の糖質濃度で7.8g/Lの二酸化炭素を加えた炭酸糖質飲料（以下炭酸試行）、コントロールとして水（以下水試行）の3種類とした。糖質は50%マルトデキストリン（デキストロール当量：、50%グルコースを用い、その他の栄養素は含まないものとした。すべての飲料は摂取前24時間以上3~5℃の冷蔵庫で冷却した。飲水量は30分毎に体重1kgあたり3.5mlとした¹⁵⁾。

測定はクロスオーバー試験とし、各試行間は1週間以上とした。

C. 胃部不快感に関するアンケート調査

胃や腸の違和感、吐き気、嘔吐、頭痛の有無などに関する17項目（胃が痛い、胃に違和感がある、胃が痙攣している、腹部膨満感がある、吐き気がする、嘔吐した、右腹部が痛い、左腹部が痛い、尿意がある、便意がある、下痢をした、便がゆるい、めまいがする、頭痛がある、腸が痙攣している、筋肉が痙攣している、その他）について、Visual Analog Scale (VAS) 法を用いて行った¹⁵⁾。調査は安静時、運動終了直後、30分後、60分後、90分後、120分後、150分後、180分後、210分後、240分後に行った。

D. 生化学検査

1) 尿検査

脱水状態を確認するため、自転車運動直後にウロペーパーⅢ（栄研化学株式会社）を用い、目視により尿比重を推定した。

2) 血液検査

安静時、運動終了直後、30分後、60分後、90分後、120分後、150分後、180分後、210分後、240分後に肘静脈より約8ml採血し、グルコース、インスリン、遊離脂肪酸の血中濃度を測定した。すべての採血は飲料摂取前に行った。分析は株式会社LSIメディエンスに依頼した。

F. 自転車運動

1) 多段階運動負荷試験

最大酸素摂取量及び最大負荷量を求めるため、自転車エルゴメーター（コンピウエルネス[®]製75XLII）を用い、3分間の座位安静後、60ワット（W）で3分間ウォーミングアップを行い、75Wから1分毎に15Wずつ負荷を漸増させる多段階運動負荷試験を行った。

2) 運動プロトコル

多段階運動負荷試験により求められた最大負荷量（Wmax）の60%強度で60分自転車運動を行った後、85%Wmaxに強度を上げ疲労困憊に至るまで自転車運動を継続させた。1分間あたり60回転を5秒以上継続できなかった時点を疲労困憊と判断した¹⁴⁾。自転車運動中は脱水を防ぐため自由飲水（ミネラルウォーター）とした。自転車運動中の室温は23.9±1.5℃、湿度は48.1±12.0%であった。

G. 統計処理

すべての測定値は平均値±標準偏差で表した。胃部不快感に関するアンケート調査結果、グルコース、インスリン、遊離脂肪酸の血中濃度については反復測定による二元配置の分散分析を行った。試行による嘔吐の有無についてはカイ2乗検定を行った。本研究で得られたデータの統計解析にはIBM SPSS Statistics Ver.21.0 for Windowsを用いた。すべての統計処理について、危険率5%未満を有意水準とした。

IV. 結果

A. 胃部不快感に関するアンケート調査

胃部不快感に関するアンケート調査17項目のうち、飲料摂取後、水試行と比較して有意差が認められた胃の違和感、腹部膨満感及び吐き気の結果を図2に示した。

「胃に違和感がある」では、水試行の運動前のVASスコアは0.1±0.2、運動終了直後0.2±0.4であったが、運動終了30分後から240分後までは0であった。糖質試行では運動終了30分後から時間の経過とともにVASスコアが高値になり180分後では2.6±2.4（p<0.05）、210分後では3.7±2.6

($p < 0.01$)、240分後では 4.8 ± 3.4 ($p < 0.01$) となり、水試行と比較して有意に高値を示した。炭酸試行においても時間の経過とともに高値を示し、運動終了150分後では 2.0 ± 2.1 ($p < 0.05$)、180分後では 2.3 ± 2.3 ($p < 0.05$)、210分後では 3.1 ± 2.1 ($p < 0.01$)、240分後では 3.5 ± 3.2 ($p < 0.01$) であり水試行と比較して有意に高値を示した。糖質試行と炭酸試行間には有意差は認められなかった。

「腹部膨満感」では、水試行のVASスコアは運動前から運動終了240分後まで0であった。糖質試行では運動終了240分後に最も高値を示し (3.0 ± 3.6)、水試行と比較して有意差が認められた ($p < 0.05$)。炭酸試行では運動終了150分後で 2.2 ± 2.0 、180分後で 3.2 ± 2.6 、210分後で 3.1 ± 2.4 を示し、水試行と比較して有意差が認められた ($p < 0.05$)。糖質試行と炭酸試行間には有意差は認められなかった。

「吐き気がする」においては、水試行では運動終了直後に 1.0 ± 1.2 と最も高値を示したが、60分後以降は全て0を示した。糖質試行では運動終了210分後に最も高値を示し (3.5 ± 4.5) 水試行と比較して有意差が認められた ($p < 0.05$)。炭酸試行では運動終了240分後に最も高値を示したが ($2.3 \pm$

3.7)、水試行と比較して有意差は認められなかった。糖質試行と炭酸試行間には有意差は認められなかった。

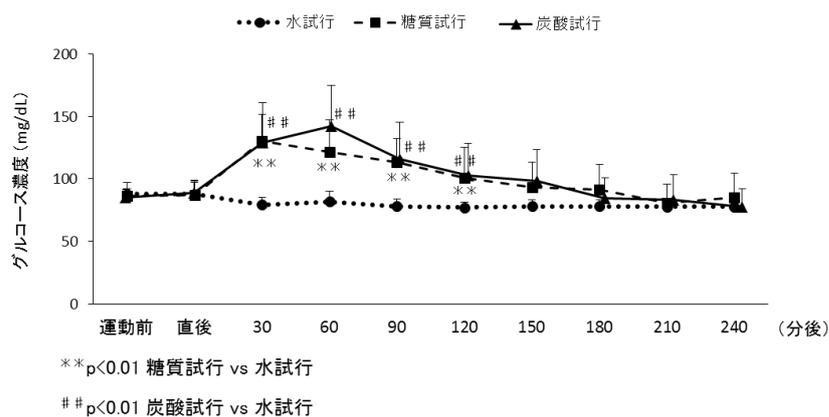
糖質試行では50%、炭酸試行では13%の被験者に嘔吐がみられた。水試行、炭酸試行と比較して糖質試行で嘔吐した被験者の割合が有意に高値を示した ($p < 0.05$)。水試行と炭酸試行間に有意差は認められなかった。

B. 尿検査

自転車運動直後の被験者の尿比重は、全ての試行において基準値1.005~1.030の範囲内であった。

C. 血液検査

図4に運動開始前から運動240分後までの血液性状の変化を示した。血中グルコース濃度では、1回目の飲料摂取後である運動終了30分後以降から120分後の間で水試行と比較して、糖質試行及び炭酸試行で有意に高値を示した ($p < 0.01$)。血中インスリン濃度では、運動終了30分後から120分後、さらに180分後から240分後において、水試行と比較して糖質試行、炭酸試行で有意に高値を示した ($p < 0.01$)。また、運動終了150分後では水試行と比較して炭酸試行で有意に高値を示した ($p < 0.05$)。血中遊離脂肪酸濃度では、運動終了60分後から240分後において、水試行と比較して、糖



a. 血中グルコース濃度

運動30分後以降から120分後の間で水試行と比較して、糖質試行及び炭酸試行で有意に高値を示した。

図2. 胃部不快感アンケート調査結果の推移 (VAS)

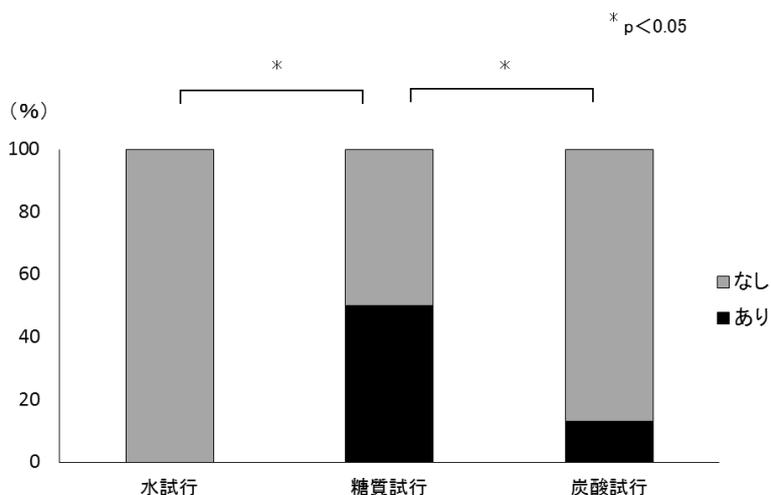
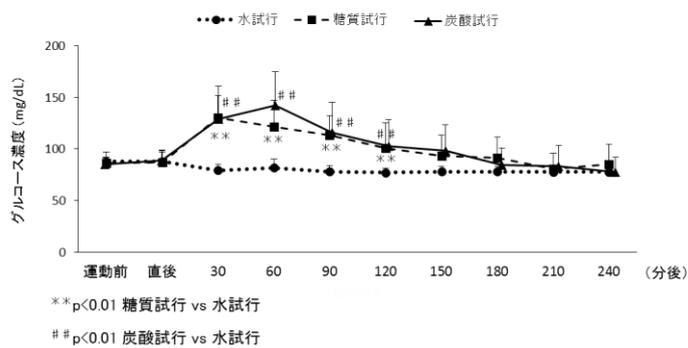


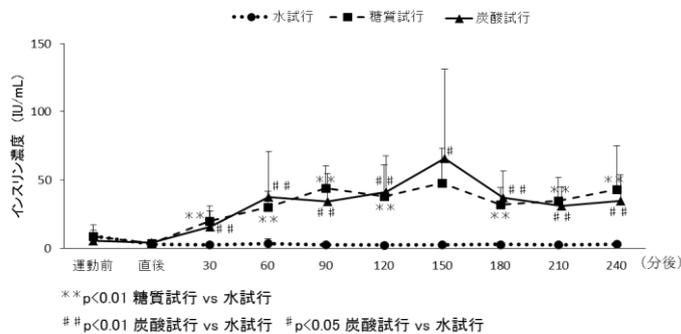
図3 試行による嘔吐の相違

糖質試行において、運動150分後から240分後の間に50%の被験者に嘔吐がみられた。炭酸試行では運動180分後で13%の被験者に嘔吐がみられた。水試行及び炭酸試行と比較して糖質試行で有意に嘔吐の割合が高かった。



a. 血中グルコース濃度

運動30分後以降から120分後の間で水試行と比較して、糖質試行及び炭酸試行で有意に高値を示した。



b. 血中インスリン濃度

運動30分後から120分後、さらに180分後から240分後において、水試行と比較して糖質試行及び炭酸試行で有意に高値を示した。また、運動150分後では水試行と比較して炭酸試行で有意に高値を示した。

質試行、炭酸試行で有意に高値を示した ($p < 0.01$)。

運動開始前から運動終了 240 分後までのグルコース、インスリン、遊離脂肪酸の血中濃度において、糖質試行、炭酸試行間に有意差は認められなかった。

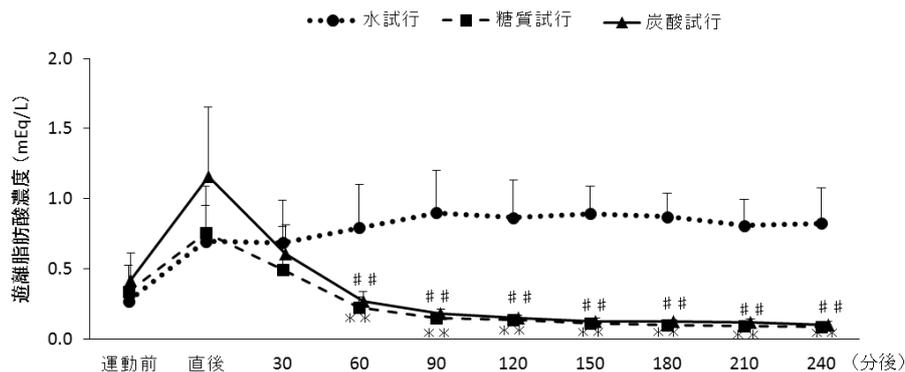
V. 考察

疲労困憊運動終了直後から 210 分後の間、1 時間あたり体重 1kg あたり 1.8g の糖質を含む高濃度糖質飲料及び同じ糖質濃度の炭酸糖質飲料を、30 分毎に体重 1kg あたり 3.5ml 量を摂取させ、運動終了 240 分後までの胃部不快感に関するアンケート調査及び血液性状の検査を行った。その結果、糖質試行、炭酸試行間において胃部不快感及び血液性状の変化に有意な差は認められなかった。また、糖質試行と比較して炭酸試行で嘔吐の割合が有意に低くなることが明らかになった。

胃部不快感アンケート調査結果で、水試行と比較して糖質試行、炭酸試行で有意に高値が認められた「腹部膨満感」、「吐き気がする」、「胃に違和感がある」の 3 項目全てにおいて、運動終了後、時間の経過とともに数値が上昇する傾向が認められた。自転車選手や健康な若年男性を対象とし、

早期筋グリコーゲン回復を目的とし、糖質が含まれた飲料を疲労困憊運動終了直後から 2~3 時間後までの間、1 時間に体重 1kg あたり糖質 1.2~1.6g 摂取させた先行研究によると、時間の経過とともに吐き気や胃部不快感を示す被験者が多くなることが報告されている^{8),15)}。これらのことから、本研究の被験者において、回復期後半で認められた胃部不快感の上昇は高濃度の糖質摂取による影響であると考えられた。

一方で胃部不快感アンケート調査の全ての項目において、糖質試行と炭酸試行間の数値に有意差はみられず、高濃度糖質飲料に炭酸を付加することによる胃部不快感の増大は認められなかった。炭酸飲料を摂取すると胃底が膨張し、膨満感が出現する。その後食道の括約筋が弛緩し、食道や胃に貯留したガスが口から排泄される現象である嘔気(あいき)が発生するが、2~5 分後には胃底の活動が抑制され、それに伴い膨満感がおさまることが明らかになっている^{7),18),19)}。これらのことから炭酸を摂取することによる胃の違和感や膨満感は一過性であり、30 分毎の飲料摂取に影響を及ぼさなかった可能性が考えられた。また、炭酸のガスボリューム量(vol%)が多くなるに従い胃壁に



** $p < 0.01$ 糖質試行 vs 水試行

** $p < 0.01$ 炭酸試行 vs 水試行

c. 血中遊離脂肪酸濃度

運動60分後から240分後において、水試行と比較して、糖質試行および炭酸試行で有意差に高値を示した。

図 4. 血液性状の推移

かかる圧力が大きくなり、膨満感や満腹感が増すことが明らかになっている¹²⁾。0、2.0、2.8、3.75 vol%の炭酸を糖質濃度 10%の飲料に加え、食事の前後で摂取させて胃部不快感に関する調査を行った先行研究では、吐き気、嘔気及び空腹感、上部消化管の pH において全てのガスボリュームで有意差が認められなかったことが報告されている¹³⁾。本研究では、4.0 vol%の炭酸飲料を用いており、先行研究よりもガス含有量が多かったが、胃部不快感アンケート調査の結果において糖質試行と炭酸試行間に有意差が認められなかったことから、本研究で用いた 4.0 vol%は胃部不快感に影響を及ぼさなかった量であったことが推察された。

また、回復期後半において炭酸試行 (13%) と比較して糖質試行 (50%) で嘔吐の割合が有意に高かった ($p < 0.05$)。胃部不快感アンケート調査における「吐き気がする」の項目においても、糖質試行では運動 180 分後に水試行と比較して有意に高値を示したが、炭酸試行では時間の経過とともに高値を示したものの、水試行と比較して有意な差は認められなかった。糖質濃度が 8%を超えると浸透圧が高くなり、胃内の貯留時間が長くなることから、腸での吸収が遅くなることが知られている⁴⁾。本研究で糖質試行及び炭酸試行に用いた飲料の糖質濃度は 20.5%であったため、30 分毎に体重 1 kgあたり 3.5ml (平均飲水量 240.5 ± 29.0 ml) の飲水量が十分に吸収されなかったことが嘔吐の原因である可能性が考えられた。一方で炭酸は胃底を刺激し、胃の活動を促進することが報告されている^{12),20)}。これらのことから、同濃度の糖質飲料であっても炭酸試行では炭酸により胃での消化吸収が促進され、嘔吐が抑制された可能性が考えられた。

グルコース、インスリン、遊離脂肪酸の血中濃度において、運動前から運動終了 240 分後で糖質試行と炭酸試行間に有意差は認められなかった。糖質試行、炭酸試行では飲料摂取前である運動直後に比べ、飲料摂取 30 分後のグルコース、インスリンの血中濃度において水試行と比較して有意な上昇がみられた。運動後は GLUT-4 トランスポー

ターの働きにより、骨格筋へのグルコースの取り込みが促進されることが明らかになっており⁵⁾、本研究においても、運動終了直後の糖質摂取により筋グリコーゲンの再貯蔵が促進された可能性が考えられた。また、血中グルコース濃度において運動 150 分後以降、試行間で有意差が認められなくなった。糖質試行においては運動 150 分後以降に被験者の 50%に嘔吐がみられたことにより、糖質が体内に吸収されず排泄された可能性が考えられる。炭酸試行においては運動 150 分後において血中インスリン濃度が高値を示しており、これが血中グルコース濃度の上昇を抑制した要因であることが考えられた。血中遊離脂肪酸濃度は時間の経過に伴い糖質試行および炭酸試行において、水試行と比較して有意に低値を示した。これは両試行において、インスリン濃度が上昇したことにより、遊離脂肪酸の分泌が抑制されたためであると考えられる。血液性状において糖質試行、炭酸試行間に有意差が認められなかったことから、高濃度糖質飲料に炭酸を加えても、グルコースの取り込み及びインスリン、遊離脂肪酸の分泌には影響を及ぼさない可能性が考えられた。

以上の結果より、高濃度糖質飲料に炭酸を付加することによる胃部不快感の上昇や血液性状の変化は認められず、高浸透圧である高濃度糖質飲料であっても炭酸の効能により、胃の消化活動が促進され、嘔吐の割合を有意に低下させることが示唆された。

運動後のリカバリーは筋グリコーゲンの測定を行い評価することが重要であるが、本研究では行っていないため、筋グリコーゲン貯蔵に及ぼす炭酸糖質飲料の影響については把握できていない。さらに、測定中の水分摂取量の測定は行ったが、排泄量の測定を行っておらず水分バランス及び体重変動の把握が不十分である。これらをふまえ、今後更なる検討が必要であると考えられる。

文献

1) Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E et al.: Diet muscle glycogen and physical performance,

- Acta physiologica Scandinavica 71(2), 140-150, 1967.
- 2) D.L.Costill, J.M.Miller : Nutrition for endurance sport: Carbohydrate and fluid balance. *Int. J. Sports Med* 1,2-14,1980.
- 3) Esbjornsson-Liljedahl M, Sundberd CJ, Norman B et al.:Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. *J Appl Physiol* 87,1326-1332,1999.
- 4) Fred Brouns, Ed Beckers. : Is the gut an athletic organ?. *Sports Med* 15(4), 242-257, 1993
- 5) G.Van Hall, S.M.Shirreffs, J.A.L.Calbet : Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: no effect of additional protein ingestion. *J Appl Physiol* 88,1631-1636, 2000.
- 6) Hargreaves M, Finn JP, Withers RT et al.: Effect of muscle glycogen availability on maximal exercise performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 75, 188–192, 1997.
- 7) J.W.A.Straathof, M.M.van Veen, A.A.M.Masclee : Provocation of transient lower esophageal sphincter relaxations during continuous gastric distension.*Scand J Gastroenterol* 37, 1140-1143,2002.
- 8) Krista R.Howarth, Natalie A.Moreau, Stuart M.Phillips et al.: Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans, *J Appl Physiol* 106, 1394-1402,2009.
- 9) Louise M.Burke, John A.Hawley, Stephen H.S.Wong et al.:Carbohydrates for training and competition, *J sports Sci* 29(S1),S17-S27,2011.
- 10) Martins C, Morgan LM, Bloom SR et al.:Effects of exercise on gut peptides, energy intake and appetite. *J Endocrinol* 193, 251-258, 2007.
- 11) Naomi M.Cermak,Luc J.C.van Loon:The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Med* 43, 1139-1155,2013.
- 12) R.Cuomo, G.Sarnelli, M.F.Savarese et al.: Carbonates beverages and gastrointestinal system: Between myth and reality, *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 19, 683-689, 2009.
- 13) R.Cuomo, M.F.Savarese, G.Sarnelli et al.: Sweetened carbonates beverages do not alter upper digestive tract physiology in healthy subjects. *Neurogastroenterol Motil* 20,780-789, 2008.
- 14) Roy L.P.G.Jentjens, Asker E.Jeukendrup: Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med* 33(2), 117-144,2003.
- 15) Roy L.P.G.Jentjens, Luc J.C.Van Loon, Christopher H.Mann et al.: Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *J Appl Physiol* 91,839-846,2001.
- 16) Spriet LL, Lindinger MI, McKelvie RS et al.: Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol* 66, 8–13, 1989.
- 17) Teawoong Oh, Mitsuru Higuchi, Kazuhiko Kanosue et al.:Effects of carbonates and noncarbonates beverage intakes in response to prolonged cycle ergometer exercise, *Jpn.J. Phys.Fitness Sports Med* 55 Suppl.S205-S208, 2006.
- 18) W.H. Dickson, M.J. Wilson : The control of motility of the human stomach by drugs and other means. *J Pharmacol Exp Ther*, 24-33, 1924.
- 19) W.H. Dickson, M.J. Wilson: Further observations on the motility of the human stomach. *J Pharmacol Exp Ther*, 34-65, 1928.
- 20) 山下光雄,勝川史憲: 食品の胃内貯留 (消化) 時間について. *保健の科学* 54(8).561-566.2012.