

経皮・経口的な重炭酸ナトリウムの摂取がローイング競技のパフォーマンス向上に及ぼす影響

桑 坪 彩 衣¹⁾, 久 郷 夏 未²⁾, 大 泉 凌¹⁾, 石 原 健 吾^{1,3)}, 谷 口 祐 一^{1,3,4)}

¹⁾龍谷大学大学院農学研究科*, ²⁾京都府立大学生命環境学部, ³⁾龍谷大学農学部,

⁴⁾京都府立大学大学院生命環境科学研究科)

(受付 2025年8月27日, 受理 2025年10月7日)

Effects of oral and topical sodium bicarbonate on rowing performance

Ai KUWATSUBO¹⁾, Natsumi KUGO²⁾, Ryo OIZUMI¹⁾, Kengo ISHIHARA^{1,3)}, Hirokazu TANIGUCHI^{1,3,4)}

¹⁾Graduate School of Agriculture, Ryukoku University,

²⁾Faculty of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University,

³⁾Faculty of Agriculture, Ryukoku University,

⁴⁾Graduate School of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University

Summary

This study examined the effects of oral supplementation and topical application of sodium bicarbonate (NaHCO_3) on rowing performance. In a randomized, single-blind, crossover trial, 15 collegiate male athletes participated in four exercise trials: a baseline trial followed by three intervention conditions conducted one week apart: (i) 0.2 g/kg body mass (BM) NaHCO_3 in edible paper + placebo lotion (ORAL), (ii) placebo powder + 40 g NaHCO_3 cream (CREAM), and (iii) placebo powder + placebo lotion (PLA). The subjects consumed the assigned supplement one hour before performing eight 500-m rowing sprints on an ergometer. Performance time, heart rate, blood glucose, and ratings of perceived exertion (RPE) were measured. Gastrointestinal discomfort was assessed via questionnaire. Eleven athletes completed all trials and were included in the analysis. Gastrointestinal discomfort occurred most frequently in ORAL (63.6%) compared with CREAM and PLA (both 9.1%). In the performance tests, ORAL tended to be slower in the first trial compared with the other conditions, although the difference was not statistically significant. CREAM was significantly slower than ORAL in the eighth trial. Neither the ORAL nor the CREAM condition showed a significant difference in performance compared with PLA. These findings suggest that neither oral nor topical sodium bicarbonate supplementation improved rowing performance under the tested conditions.

ローイング（ボート）競技は、一般的に 2000 m の水上コースで着順を競う、競技時間が 6 ~ 8 分の競技である。2000 m のローイング競技におけるエネルギー供給のうち、約 78% が筋グリコーゲンを基質とする有酸素系、約 22% が ATP やクレアチニン酸を利用した無酸素系によると報告されており、高レベルの有酸素能力と無酸素能力を必要とする高強度の持久性スポーツである¹⁾。高強度の持久性スポーツにおける、骨格筋での乳酸産生の亢進に伴う細胞内のプロトン (H^+) 濃度の上昇が、骨格筋の pH 低下を誘発し、筋疲労の原因となることで、パフォーマンスを低下させることが報告されている²⁾。そのため、筋疲労を軽減させパフォーマンスを向上するためには、骨格筋の pH を低下させないことが求められる。

2018 年に国際オリンピック委員会 (IOC) が発表した声明で、運動パフォーマンスに対する効果について十分なエビデンスがあるサプリメントに重炭酸ナトリウム (NaHCO_3 、重曹) が分類された³⁾。 NaHCO_3 を摂取することにより、血中の重炭酸イオン (HCO_3^-) 濃度が上昇し、血液緩衝剤となることで、pH の低下を防止することができる⁴⁾。そこで、高強度の持久性競技において、骨格筋の pH 低下による筋疲労の軽減を目的として、重曹を運動前に摂取する試み (Bicarbonate loading) が行われている⁵⁻⁹⁾。ローイング選手を対象とした先行研究では、 NaHCO_3 摂取によるパフォーマンス向上効果が認められた報告がされている¹⁰⁾一方で、効果が認められなかった報告もある^{11,12)}。重曹摂取の副作用として、腹痛、鼓腸、吐き

*所在地：大津市瀬田大江町横谷1-5（〒520-2194）

気、げっぷ、下痢、嘔吐などの消化器症状が報告されており^{4,13)}、これらが Bicarbonate loading 効果の個人差に影響を与えていると考えられている。

重曹摂取時に見られる胃腸不快感がなく、Bicarbonate loading を行う方法として、NaHCO₃ を含む外用クリーム（重曹クリーム）を用いた手法が示されている。重曹クリームは、経皮的な NaHCO₃ の吸収によって、全身および筋肉内の pH 緩衝能を高める可能性が示唆されている¹⁴⁾。サッカーやホッケーなどの球技系男性アスリート（n = 14）を対象にした先行研究では、反復スプリントテスト（8 × 25 m）の総完走時間において、パフォーマンスの向上効果が認められている¹⁵⁾。しかし、一般人（n = 10）とサイクリング・トライアスロンの選手（n = 10）を対象に行った、30 秒間のサイクリングパフォーマンステストでは、血液の緩衝能の変化やパフォーマンス向上効果は認められなかった¹⁶⁾。重曹クリームのパフォーマンス向上効果を示す知見は不十分であり、ローイングのパフォーマンスに関する知見はない。

そこで本研究では、ローイング競技における経皮・経皮的な重曹の摂取がパフォーマンスに及ぼす影響を、ランダム化クロスオーバー比較試験により検討した。

方 法

1. 対象者

大学ボート部に所属するローイング競技の男性学生アスリート 15 人が本研究に参加した。体調不良または負傷により全ての試験に参加できなかった対象者を除外し、最終的な解析対象者は 11 人であった。研究を開始するにあたり、すべての対象者に対し、研究の目的、測定内容および参加に伴う危険性について口頭および書面で十分に説明し、書面にて協力への同意を得られた者のみを対象とした。なお、本研究は京都府立大学倫理審査委員会による承認を受けて実施した（受付番号：333）。

2. 研究デザインおよび介入条件

本研究は、対象者を無作為に 3 群（a 群 5 人、b 群 3 人、c 群 3 人）に割り付け、①経口条件（重曹摂取 + プラセボクリーム）、②経皮条件（プラセボ摂取 + 重曹クリーム）、③プラセボ条件（プラセボ摂取 + プラセボクリーム）の 3 条件の介入を異なる順序で実施する、ランダム化単盲検クロスオーバー比較試験とした。すべての群で①ベースライン条件（摂取なし + クリームなし）の測定を実施し、その後 1 週間おきに各条件での介入を行った（Fig.1）。

重曹摂取量は、先行研究においてパフォーマンス向上効果が認められている下限量（0.2 g/kg 体重）¹⁷⁾とし、オブラーートに包んで摂取するように指示した。プラセボには、ばれいしょでん粉（山本貢資商店）を用い、摂取量は重曹と目視の量が同等となるように 0.1 g/ 体重 kg とした。

重曹クリーム（PR ローション、Momentous 社）の塗

布量は、販売元が半身に 20 g 塗布することを推奨していることから、首から下の全身（胴体、腕、脚）への塗布量を 40 g とした。プラセボにはスキンクリーム（ユースキン Aa、ユースキン製薬）を用いた。

3. 調査項目および解析方法

1) 身体組成

身長は自己申告値を用いた。体重および体脂肪率は、体重計（カラダスキャン、HBF-359、オムロン株式会社）を用いて測定した。身長の自己申告値と体重の測定値から Body mass index (BMI) を算出した。

2) 胃腸不快感

胃腸不快感に関する 8 項目（吐き気、お腹にガスがたまっている、腹部不快感、腹部膨満感、便意、下痢、嘔吐、げっぷ）の自覚症状について、各項目を 5 件法リッカート尺度で評価した。選択肢は、「1 = 全く感じなかった」から「5 = 非常に強く感じた」までの 5 段階で構成した。

3) 運動負荷試験

運動負荷試験には、ローイング競技の水上での動きを陸上のトレーニングで再現し、漕手の漕力を測定するための器具であるローイングエルゴメーター（Concept2 RowErg、株式会社スターラインジャパン）を用いた。500 m × 4 トライアル × 2 セット（計 4000 m）実施し、トライアル間の休憩時間は 90 秒、セット間の休憩時間は 5 分とした。トライアルごとにタイムを記録し、ローイングパフォーマンスの指標とした。

4) 運動強度指標

運動強度の指標として、自覚的運動強度（RPE : Rating

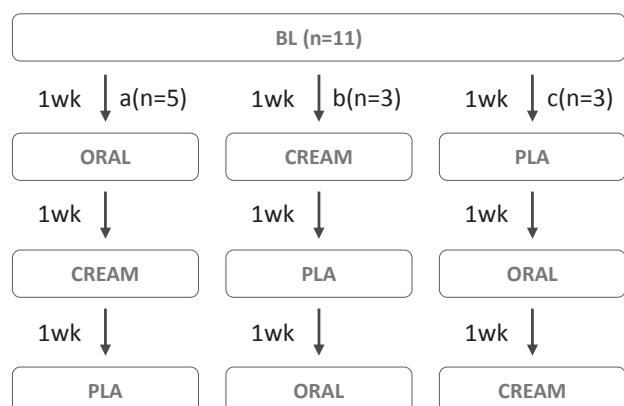


Fig. 1 Study design and intervention conditions in a randomized, single-blind, crossover-controlled trial.

All participants first underwent baseline (BL) testing. Following this, they were randomly assigned to three intervention conditions: ORAL = oral sodium bicarbonate (with placebo cream), CREAM = topical sodium bicarbonate cream (with placebo ingestion), and PLA = placebo (placebo ingestion and placebo cream). Each condition was administered in a different order across three groups.

of Perceived Exertion), 心拍数ならびに血糖値を測定した。自覚的運動強度は Borg スケールによって評価した。心拍数は Polar Verity Sense (ポラール・エレクトロ・ジャパン株式会社) を用いて測定した。血糖値は、自己採血によりメディセーフフィットスマイル (テルモ株式会社) を用いて測定した。

4. 試験手順

試験当日のプロトコルを Fig. 2 に示す。被検者は、運動負荷試験の 1 時間前に試料摂取およびクリーム塗布を行った。身体測定、アンケート (胃腸不快感、自覚的運動強度), 自己穿刺採血による血糖値の測定、心拍計の装着を行った後、運動負荷試験を行った。運動負荷試験のセット間および運動負荷試験終了後に、自覚的運動強度を記録した。運動負荷試験終了後に血糖値を測定した。

5. 統計解析

全てのデータは、平均値 \pm 標準偏差 (SD) で示した。統計処理には GraphPad Prism 10 (GraphPad Software Inc.) を用いた。運動強度指標、各トライアルのタイムを、一元配置分散分析を用いて解析し、Tukey's post hoc test により差のある組み合せを明らかにした。統計的有意水準は $p = 0.05$ に設定した。

結 果

1. 被検者の身体的特性

解析対象となった被検者 11 人は、年齢: 19.3 ± 0.9 歳、身長: 171.0 ± 4.9 cm、体重: 74.7 ± 7.7 kg、BMI: 25.5 ± 2.2 kg/m²、体脂肪率: $17.7 \pm 3.5\%$ であった。

2. 胃腸不快感

8 項目のうち一つでもスコア 2 以上の場合を胃腸不快感ありとした場合、運動負荷試験直前において、経口摂取条件で 63.6%, 経皮摂取条件で 9.1%, プラセボ条件で 9.1% の被検者が胃腸不快感が認められた。

3. 運動強度指標

自覚的運動強度、最大心拍数および血糖値の結果を Table 1 に示す。すべての指標において、運動前と比較して運動中および運動後に増加したが、条件間で有意な差は認められなかった。

4. 運動負荷試験

エルゴメーターを用いた 500 m トライアルのタイムについて、プラセボを含む 3 種の摂取条件とベースライン条件を比較したタイム差を Table 2 に示した。また、前半 (1-4 本目) および後半 (5-8 本目) 各 4 本のトライアルについて、ベースライン条件とのタイム差の平均値を Fig. 3 に示した。1 本目のトライアルにおいて、経皮摂取条件で -0.7 ± 1.1 秒、プラセボ条件で -0.5 ± 1.3 秒と、ベースライン条件と比較してタイムを短縮したことに対して、経口摂取条件では 0.3 ± 1.5 秒タイムが遅くなった。また 8 本目のトライアルにおいて、経口摂取条件で -2.4 ± 1.9 秒、経皮摂取条件で 1.0 ± 4.1 秒であり、経皮摂取条件は経口摂取条件と比較して有意に遅くなった。前半、後半のトライアルごとに結果を見ると、前半では選手間のばらつきや条件間の差が小さいのに対して、後半では経皮摂取条件において 2 人の選手が顕著に遅くなり、選手間のばらつきが大きくなかった。

考 察

本研究では、重炭酸ナトリウムの経口摂取および経皮摂取がローイングのパフォーマンスを向上させる効果を明らかにすることを目的として、クロスオーバー比較試験を行った。経口摂取条件、経皮摂取条件、およびプラセボ条件の 3 条件で運動負荷試験を実施した結果、プラセボ条件と比較して、経口摂取条件および経皮摂取条件は、ローイングパフォーマンスを有意に向上させなかった。

各条件間で自覚的運動強度、心拍数、血糖値を測定した結果、全ての指標において運動前と比較して運動後に増加したが、条件間で有意な差は認められなかった。心拍数は

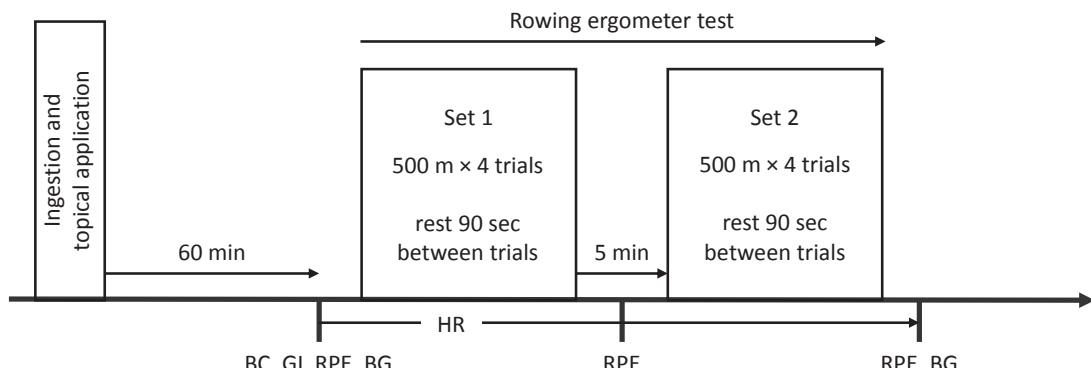


Fig. 2 Experimental schematic illustrating measurement items and procedures on the test day. Measurements included BC = body composition, GI = gastrointestinal discomfort questionnaire, RPE = rating of perceived exertion, BG = blood glucose, and HR = Heart rate.

Table 1 Exercise intensity index during rowing ergometer test

		BL	ORAL	CREAM	PLA	P
RPE	Pre	10.6±3.4	9.5±2.7	9.7±3.2	9.1±2.8	0.779
	Mid	17.6±1.4	16.8±1.5	17.4±1.4	17.5±0.9	0.509
	Post	19.5±0.5	18.5±1.6	19.3±0.9	19.4±1.0	0.210
Maximum Heart Rate (bpm)	Pre	95.0±8.0	91.0±8.5	89.0±8.7	86.6±9.1	0.680
	1	157.3±15.2	160.6±17.6	153.3±18.3	162.4±17.0	0.186
	2	182.9±8.8	179.7±13.0	174.0±17.2	181.6±10.7	0.560
	3	188.2±6.5	182.0±14.6	181.8±12.5	189.5±7.8	0.299
	4	191.1±6.5	183.9±13.2	184.8±12.3	191.0±7.8	0.420
	5	183.0±13.8	177.7±16.4	179.1±12.1	185.9±8.7	0.527
	6	191.1±8.2	185.1±14.4	186.4±11.4	189.6±9.1	0.523
	7	192.4±7.4	186.6±10.6	190.6±8.1	190.4±9.4	0.232
	8	196.2±7.6	188.9±9.7	192.5±7.4	191.6±9.4	0.478
Blood glucose (mg/dL)	Pre	100.1±6.4	99.0±12.0	97.4±12.4	93.7±10.9	0.587
	Post	133.6±24.1	134.2±21.1	132.1±14.4	137.6±25.8	0.944

Values are presented as mean ± SD. BL = baseline, ORAL = oral sodium bicarbonate, CREAM = topical sodium bicarbonate, PLA = placebo. P values (one way ANOVA) indicate differences among the three groups (ORAL, CREAM, and PLA).

Table 2 Each 500 m ergometer time and time difference from baseline

	Time(sec)				Difference from BL(sec)			p
	BL	ORAL	CREAM	PLA	ORAL	CREAM	PLA	
1	101.1±2.9	101.5±3.2	100.4±3.0	100.6±2.7	0.3±1.5	-0.7±1.1	-0.5±1.3	0.179
2	102.0±3.9	101.8±3.0	100.7±2.9	101.4±3.1	-0.2±1.9	-1.3±2.1	-0.6±1.6	0.423
3	102.9±3.8	102.2±3.1	101.4±2.9	102.6±3.8	-0.7±1.6	-1.5±1.8	-0.3±2.4	0.398
4	103.4±2.6	102.2±3.1	102.5±2.6	102.9±4.3	-1.2±1.3	-0.9±1.3	-0.5±2.2	0.694
5	104.2±3.1	102.7±2.1	104.1±4.2	103.5±3.9	-1.5±2.6	-0.2±3.0	-0.7±3.2	0.609
6	106.1±3.6	104.3±3.9	104.7±5.7	103.7±3.8	-1.8±2.2	-1.4±4.4	-2.4±3.1	0.796
7	106.8±3.4	105.0±4.2	107.0±7.1	105.3±4.6	-1.7±2.4	0.2±5.8	-1.4±3.2	0.531
8	104.7±3.2	102.4±3.4	105.7±5.3	103.4±3.2	-2.4±1.9 *	1.0±4.1	-1.3±2.0	0.040

Values are presented as mean ± SD. BL = baseline, ORAL = oral sodium bicarbonate, CREAM = topical sodium bicarbonate, PLA = placebo. * Significant difference compared with CREAM ($p < 0.05$). P values (one way ANOVA) indicate differences among the three groups (ORAL, CREAM, and PLA).

運動強度と比例関係にあり¹⁷⁾、運動強度を推測することができる。条件間でこれらの指標に有意な差が認められなかったことから、主観的および客観的な運動強度が条件間で同程度であったことが示唆された。

経口摂取条件では、胃腸不快感が高頻度で発症し、1本

目のタイムトライアルにおけるパフォーマンス低下に影響した可能性が示唆された。本研究では、胃腸症状が誘発されないように重曹の経口摂取量を先行研究においてパフォーマンス向上効果が認められている下限量 (0.2 g/kg) に設定したが、63.6% もの被検者で胃腸不快感が認め

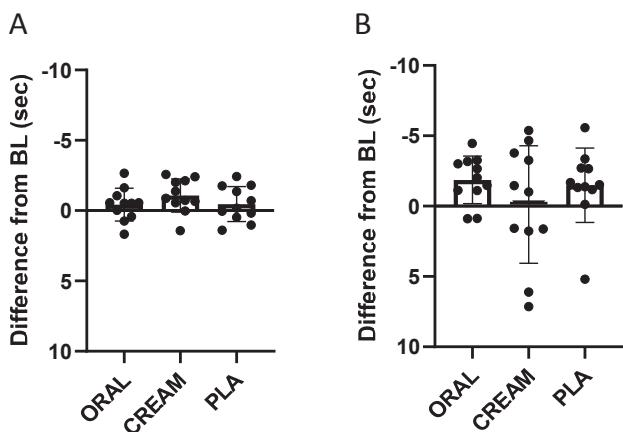


Fig. 3 Change in time trial performance from baseline in each intervention condition.
(A) Mean change across trials 1–4; (B) Mean change across trials 5–8. ORAL = oral sodium bicarbonate, CREAM = topical sodium bicarbonate, PLA = placebo. BL = baseline.

られた。胃腸症状は、摂取後90分で最大になり次第に軽減されるという報告がある⁴⁾。また国際スポーツ栄養学会は、胃腸症状などの副作用を最小限に抑えるためには運動の約180分前に摂取することを推奨している¹⁸⁾。本研究では運動開始60分前に重曹を摂取したが、重曹摂取から運動負荷試験の時間をさらに長くすることで、胃腸症状を軽減させることができた可能性がある。

経皮摂取条件では、胃腸不快感の発症率が低く、胃腸不快感によるパフォーマンスの低下は認められなかった一方で、8本目のタイムトライアルの結果が経口摂取条件と比較して経皮摂取条件で有意に遅くなかった。後半の平均タイムの結果をみると、経皮摂取条件において被験者2名のタイムが大幅に遅くなっていた。このような大幅なタイムの変化は、重曹クリームを塗布したことによる効果であるとは考えにくい。後半4本のベースラインとの平均タイム差が7.15秒で最も遅くなった被験者は、前半では平均-2.58秒で、被験者の中で最もベースラインと比較して速かった。心拍数の結果を個別にみると、後半で心拍数の低下は認められず、運動強度は高い状態が維持されていたことから、プラセボ効果による序盤における過度な力の発揮やメンタル、体調面が影響した可能性が考えられた。

運動負荷試験を陸上でのスプリント走とした先行研究と異なり、パフォーマンスを向上させなかった理由として、重曹摂取量および重曹クリーム塗布量の違いが考えられた。先行研究^{15,16)}は、重曹摂取量が0.3 g/kgであり、本研究の摂取量(0.2 g/kg)と比較して多量であった。また皮膚への塗布量は、重曹クリームに含まれる重炭酸ナトリウムの量が経口摂取条件と等量になるように算出した量(0.90 g/kg)を用いていた。本研究では製造元が推奨する使用量である20 g(半身使用時)をもとに、全身塗布量を40 gとした。先行研究と同じ条件で今回の被験者の使用量を仮定すると、平均して67.4 gとなり本研究で用いた使用量より多い。本研究において、摂取量および塗布量

が少なかったことが、パフォーマンス向上効果を得られなかった要因である可能性も考えられた。

本研究の限界点として、重曹摂取による緩衝能の獲得や胃腸不快感を個別に評価できなかった点があげられる。本研究では、血液のpHおよびHCO₃⁻濃度の測定を行っておらず、胃腸不快感に関するアンケートは運動開始前の1度しかしていない。重曹摂取による緩衝能の獲得や胃腸症状が生じる時間や程度は個人差が非常に大きいことが分かっており、事前に重曹を摂取してから緩衝能を獲得するまでの時間、胃腸症状が生じるまでの時間を把握することで、よりパフォーマンス向上効果を得られると報告されている^{19,20)}。本試験においても、個別化したプロトコルで実施することで、パフォーマンス向上効果が得られた可能性がある。

本研究の結果、重曹の経口摂取および経皮摂取はいずれもローリングパフォーマンス向上に有意な影響を与えたなかった。今後は、個別化したプロトコルや摂取条件の最適化により、より効果的な利用法を検証する必要があると考えられる。

文 献

- 1) Martin, S. A., & Tomescu, V. (2017). Energy systems efficiency influences the results of 2,000 M race simulation among elite rowers. *Clujul Medical*, 90(1), 60–65.
- 2) McNaughton, L. R., Gough, L., Deb, S., Bentley, D., & Sparks, S. A. (2016). Recent Developments in the Use of Sodium Bicarbonate as an Ergogenic Aid. *Current sports medicine reports*, 15(4), 233–244.
- 3) Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larsson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeussen, R., Van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Verne, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., Ljungqvist, A., Mountjoy, M., Pitsiladis, Y. P., Soligard, T., Erdener, U., & Engerbretsen, L. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(2), 104–125.
- 4) Carr, A. J., Slater, G. J., Gore, C. J., Dawson, B., & Burke, L. M. (2011). Effect of sodium bicarbonate on [HCO₃⁻], pH, and gastrointestinal symptoms. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 21(3), 189–194.
- 5) Shannon, E. S., Regnier, A., Dobson, B., Yang, X., Sparks, S. A., & Mc Naughton, L. R. (2024). The effect of sodium bicarbonate mini-tablets ingested in a carbohydrate hydrogel system on 40 km cy-

- clining time trial performance and metabolism in trained male cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 124(12), 3671–3682.
- 6) Krstrup, P., Ermidis, G., & Mohr, M. (2015). Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1).
- 7) Marriott, M., Krstrup, P., & Mohr, M. (2015). Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1).
- 8) Gough, L. A., Rimmer, S., Sparks, S. A., McNaughton, L. R., & Higgins, M. F. (2019). Post-exercise Supplementation of Sodium Bicarbonate Improves Acid Base Balance Recovery and Subsequent High-Intensity Boxing Specific Performance. *Frontiers in Nutrition*, 6.
- 9) Grgic, J., & Mikulic, P. (2022). Ergogenic Effects of Sodium Bicarbonate Supplementation on Middle-But Not Short-Distance Swimming Tests: A Meta-Analysis. *Journal of dietary supplements*, 19(6), 791–802.
- 10) Hobson, R. M., Harris, R. C., Martin, D., Smith, P., Macklin, B., Elliott-Sale, K. J., & Sale, C. (2014). Effect of sodium bicarbonate supplementation on 2000-m rowing performance. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 139–144.
- 11) Carr, A. J., Slater, G. J., Gore, C. J., Dawson, B., & Burke, L. M. (2012). Reliability and effect of sodium bicarbonate: buffering and 2000-m rowing performance. *International journal of sports physiology and performance*, 7(2), 152–160.
- 12) Carr, A. J., Gore, C. J., & Dawson, B. (2011). Induced alkalosis and caffeine supplementation: effects on 2,000-m rowing performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 21(5), 357–364.
- 13) Cameron, S. L., McLay-Cooke, R. T., Brown, R. C., Gray, A. R., & Fairbairn, K. A. (2010). Increased blood pH but not performance with sodium bicarbonate supplementation in elite rugby union play-ers. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(4), 307–321.
- 14) Gibson, B. M., Needham, K. W., Kaiser, B. W., Wilkins, B. W., Minson, C. T., & Halliwill, J. R. (2023). Transcutaneous delivery of sodium bicarbonate increases intramuscular pH. *Frontiers in Physiology*, 14.
- 15) Gurton, W. H., Greally, J., Chudzikiewicz, K., Gough, L. A., Lynn, A., & Ranchordas, M. K. (2023). Beneficial effects of oral and topical sodium bicarbonate during a battery of team sport-specific exercise tests in recreationally trained male athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1).
- 16) McKay, A. K. A., Peeling, P., Binnie, M. J., Goods, P. S. R., Sim, M., Cross, R., & Siegler, J. (2020). Topical Sodium Bicarbonate: No Improvement in Blood Buffering Capacity or Exercise Performance. *International journal of sports physiology and performance*, 15(7), 1005–1011.
- 17) Ekelund, U., Poortvliet, E., Yngve, A., Hurtig-Wennlöv, A., Nilsson, A., & Sjöström, M. (2001). Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in human adolescents. *European journal of applied physiology*, 85(3–4), 244–249.
- 18) Grgic, J., Pedisic, Z., Saunders, B., Artioli, G. G., Schoenfeld, B. J., McKenna, M. J., Bishop, D. J., Kreider, R. B., Stout, J. R., Kalman, D. S., Arent, S. M., VanDusseldorp, T. A., Lopez, H. L., Ziegenfuss, T. N., Burke, L. M., Antonio, J., & Campbell, B. I. (2021). International Society of Sports Nutrition position stand: sodium bicarbonate and exercise performance. *International Society of Sports Nutrition*, 18(1).
- 19) Boegman, S., Stellingwerff, T., Shaw, G., Clarke, N., Graham, K., Cross, R., & Siegler, J. C. (2020). The Impact of Individualizing Sodium Bicarbonate Supplementation Strategies on World-Class Rowing Performance. *Frontiers in Nutrition*, 7.
- 20) Heibel, A. B., Perim, P. H. L., Oliveira, L. F., McNaughton, L. R., & Saunders, B. (2018). Time to Optimize Supplementation: Modifying Factors Influencing the Individual Responses to Extracellular Buffering Agents. *Frontiers in nutrition*, 5, 35.