

ACCEPTED: August 2016

PUBLISHED ONLINE: January 2017

DOI: 10.5960/dzsm.2016.253

Fröhlich H, Gatterer H, Philippe M, Insam K, Gröbner F, Burtscher M. Effekte ergogener Substanzen eines Sportgetränks auf die Ausdauerleistung – eine randomisierte Cross-Over-Studie. Dtsch Z Sportmed. 2017; 68: 14-19.

Effekte ergogener Substanzen eines Sportgetränks auf die Ausdauerleistung – eine randomisierte Cross-Over-Studie

Effects of Ergogenic Substances of a Sports Beverage on Endurance Performance: a Randomized Cross-Over Study

1. UNIVERSITÄT INNSBRUCK, *Institut für Sportwissenschaft – Abteilung Sportmedizin, Innsbruck, Österreich*

Zusammenfassung

- › **Die vorliegende Studie** untersuchte die Auswirkungen einer Kombination potentiell ergogener Substanzen eines isotonen Sportgetränks (SP) auf die Leistungsfähigkeit bei einem Fahrradergometerstufentest.
- › **Neun männliche Sportstudenten** (25±2,5 Jahre; VO_{2max}: 52±7,4 [ml·min⁻¹·kg⁻¹]) erhielten 24 Stunden sowie 1 Stunde vor Testbeginn im randomisierten Doppelblinddesign jeweils 500ml des Testgetränks (SP) oder eines Placebogetränks (PL). SP beinhaltete pro 500ml – neben weiteren ergogenen Inhaltsstoffen – unter anderem 31,4g Kohlenhydrate (entspricht 0,42±0,04g pro kg Körpergewicht; 120kcal) bzw. 150mg Koffein (entspricht 2,01±0,2mg pro kg Körpergewicht). Zur Kontrolle möglicher Ernährungseinflüsse wurde zusätzlich die Nahrungsaufnahme einen Tag vor dem Test bis zum Testbeginn protokolliert.
- › **Während der Fahrradergometrie** bis zur subjektiven Ausbelastung wurden die Herzfrequenz, Ventilation, Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe sowie die Blutlaktatwerte erhoben.
- › **Im Vergleich zu PL** wurden nach der Einnahme von SP folgende signifikante Verbesserungen im maximalen und submaximalen Ausbelastungsbereich ermittelt. Die maximale Herzfrequenz (183±6,7 vs. 187±6,48/min; p<0,05) und die maximale Wattleistung (292±26,9 vs. 299±27,9 Watt; p<0,05) wurden um rund 2% gesteigert. Gleichzeitig waren die maximalen Laktatwerte (10,9±2,1 vs. 13,4±2,3mmol/l; p<0,05) signifikant um durchschnittlich 18% erhöht. Die submaximalen Leistungswerte waren an der individuellen Laktatschwelle (D_{max}) um 3% gesteigert (220±21,3 vs. 226±23,7 Watt; p<0,05).
- › **Die beobachtete Leistungsverbesserung** mit dem Sportgetränk dürfte vornehmlich durch die Kombination mit Koffein sowie Kohlenhydraten (Glukose/Fruktose) und/oder Bikarbonat sowie Zink erklärt werden. Diskussionswürdig erscheint die intraindividuell unterschiedliche Wirkungsweise der speziellen Zusammenstellung des Sportgetränks.

SCHLÜSSELWÖRTER:

Ausdauerbelastung, Stufentest, Sporternährung, Sportgetränke, Ergogenics, Koffein, Kohlenhydrate, Energiestoffwechsel

Summary

- › **The study** examined the influence of the isotonic beverage (SP) which combines several potentially ergogenic substances and pre-exercise diet on endurance performance.
- › **In a randomized cross-over-design**, nine male sport students (25±2,5yr; VO_{2max}: 52±7.4 [ml·min⁻¹·kg⁻¹]) ingested 500ml of SP or a placebo each time 24h and 1h prior to the test. 500ml SP contained – among other ergogenics – 31.4g CHO (0.42±0.04g per kg body mass; 120kcal) and 150mg caffeine (2.01±0.2mg per kg bodyweight) respectively. To control dietary effects, food intake was additionally documented from a 24h period before the test.
- › **During exercise testing** (100 watts start workload; 50 watts increase every 3 minutes to subjective exhaustion) heart rate, ventilation, oxygen uptake and carbon dioxide output as well as blood lactate were measured.
- › **Compared to placebo**, the maximum and submaximum values for endurance performance were significantly improved with SP. Maximum heart rate (183±6.7 vs. 187±6.48bpm; p<0.05) and maximum power output (292±26.9 vs. 299±27.9 watts; p<0.05) increased by 2% on average. Simultaneously, maximum blood lactate (10.9±2.1 vs. 13.4±2.3mmol/L; p<0.05) was significantly elevated by 18% on average. Power output at the individual threshold (D_{max}) increased by 3% (220±21.3 vs. 226±23.7 watts; p<0.05).
- › **These improvements** could be primarily explained through the combined ingestion of caffeine, carbohydrates (glucose/fructose) and/or bicarbonate and zinc. Arguable are intraindividual effects of the combined contents of the beverage.

KEY WORDS:

Endurance Performance, Incremental Test, Sports Nutrition, Beverages, Ergogenics, Coffeine, Carbohydrates, Energy Metabolism



Article incorporates the Creative Commons Attribution – Non Commercial License.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

KORRESPONDENZADRESSE:

Dr. Hanno Fröhlich & Dr. Hannes Gatterer
 Universität Innsbruck – Institut für Sportwissenschaft
 Fürstenweg 185, A-6020 Innsbruck
 ✉: hanno.froehlich@zagomed.de
 ✉: Hannes.Gatterer@uibk.ac.at

Einleitung, Problem und Zielstellung

Sportgetränke sollen für eine adäquate Versorgung mit Wasser, Elektrolyten und Energie im Rahmen der Sportaktivität und Regeneration sorgen (2). Das hier untersuchte, neu entwickelte Granulat (isotones, koffeinhaltiges Sportgetränk – SP) enthält neben Elektrolyten verschiedene potentiell ergogene Substanzen (vgl. Tab. 2). Unter Berücksichtigung vorliegender Literaturquellen und bezogen auf die

Inhaltsstoffe von SP kann behauptet werden, dass eine mögliche leistungssteigernde Wirkungsweise von Sportgetränken, die kurzfristig eine körperliche Ausdauerleistung unterstützen sollen, primär auf Koffein und die Kombination von Kohlenhydraten sowie mit Einschränkungen auf Bikarbonat, Zink und Magnesium zurückzuführen sein könnte (6, 7, 22, 23, 25, 26).

Während die ergogene Wirkung sowohl der einzelnen Inhaltsstoffe als auch für unterschiedliche Kombinationen in Studien untersucht wurde, trifft dies für die Kombination der Substanzen in SP nicht zu. Allerdings sind leistungsbeeinflussende Kombinationseffekte der Inhaltsstoffe nicht eindeutig einzuschätzen. Da diese verschiedenen Substanzen intraindividuell unterschiedliche Wirkungen hervorrufen dürften, ist deren kombinierter Einsatz zu diskutieren.

Es wird die Hypothese aufgestellt, dass SP die Ausdauerleistungsfähigkeit steigern könnte.

Daher soll in dieser doppelt-blinden, randomisierten Cross-Over-Studie untersucht werden, ob sich durch die Einnahme von SP 24 Stunden sowie 1 Stunde vor einer Belastung die Leistungsfähigkeit bei einem Ergometerstufentest gegenüber einem Placebogetränk verbessert. Des Weiteren soll aufgezeigt werden, ob und welche Limitationen bei der kurzfristigen Einnahme des Sportgetränks zu beachten sind. Ein zusätzlich geführtes Ernährungsprotokoll sollte Aufschluss über einen möglichen limitierenden Einfluss geben, den die Nahrungsmittelaufnahme vor dem Test auf die Leistungsfähigkeit hat.

Material und Methode

Probanden und Untersuchungsdesign

An der Studie nahmen insgesamt 17 männliche Sportstudenten teil. Fünf Probanden wurden der Kontrollgruppe zugewiesen. Alle Teilnehmer wurden über die Studie informiert und erklärten schriftlich ihr Einverständnis zur freiwilligen Teilnahme. Personenbezogene Daten wurden nach der Datenaufnahme anonymisiert. Die Probanden litten weder an einer akuten bzw. chronischen Erkrankung noch nahmen sie Medikamente ein. Die ethischen Grundlagen der vom Weltärztebund verfassten Helsinki Deklaration (2008) wurden in der Studie berücksichtigt. Die Untersuchung wurde vom Reviewboard des Institutes für Sportwissenschaft sowie vom Ethikbeirat der Universität Innsbruck als unbedenklich angesehen.

Zwölf Teilnehmer wurden der Interventionsgruppe (IG) zugewiesen. Die Gruppenzuordnung erfolgte – unter der Berücksichtigung der wöchentlichen Trainingsdauer – randomisiert. Drei Probanden wurden aus der Studie ausgeschlossen: Einer wegen Muskelschmerzen vor dem Test, ein weiterer infolge zu intensiven Trainings vor dem Test, obwohl die Teilnehmer angehalten wurden, vor dem Test keine intensive Trainingseinheit zu absolvieren. Ein Proband wurde wegen Schlaflosigkeit vor dem Test mit SP von der Auswertung ausgeschlossen. Demnach wurden neun Probanden in die Analyse einbezogen. Die Probandendaten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Untersuchungsprotokoll

Die Probanden bewältigten drei Testeinheiten. Dazwischen wurde je eine Woche Pause eingehalten. Sie wurden angewiesen, einen Tag vor dem Test keine intensive Trainingseinheit auszuführen und keinen zusätzlichen Kaffee einzunehmen. Die Teilnehmer führten in den 24 Stunden vor dem Test ein schriftliches Ernährungsprotokoll.

Eine Testeinheit beinhaltete einen Stufentest auf dem Fahrradergometer bis zur subjektiven Ausbelastung. Die erste Testeinheit wurde zur Eingewöhnung durchgeführt (ET). Während der zweiten Testeinheit wurde die Gruppe in zwei Hälften unterteilt. Einer Gruppenhälfte wurde SP (ST), der zweiten Gruppe das Placebo (PT) verabreicht. Im dritten Test erfolgte die Einnahme in umgekehrter Reihenfolge (Cross-Over-Design). Die Einteilung der Probanden wurde zufällig per Losentscheid randomisiert.

Tabelle 1

Anthropometrie und maximale Sauerstoffaufnahme der Probanden. Berechnet wurde der Mittelwert der Eingangstests der Interventionsgruppe (IG). Die maximale Leistungsfähigkeit der Probanden zeigte keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Gruppe.

N=9; MÄNNLICH	IG
Alter [Jahre]	24,8±2,5
Körpergewicht [kg]	75,6±7,4
Körperhöhe [m]	1,83±0,07
BMI [kg/m ²]	22,5±2,2
VO _{2max} [ml•min ⁻¹ •kg ⁻¹]	52,0±7,38

Tabelle 2

Inhaltsstoffe von SP. Den Probanden wurde jeweils 24h und 1h vor Testbeginn 40mg-Granulat aufgelöst in 500ml Wasser verabreicht. *Empfehlungen zur Supplementation kurzfristig vor bzw. während Ausdauerbelastungen auf Grundlage der Dosierungen in den entsprechenden Studien (vgl. Literatur und Einleitung; k. A.: keine Angaben bzw. Empfehlungen zur Leistungssteigerung). **vorgeschlagene Höchstmengen für die Verwendung von Vitaminen und Mineralstoffen in Nahrungsergänzungsmitteln (NEM: ^a=deutliche Überschreitung der Empfehlung; ^b=akzeptable Überschreitung der Empfehlung; vgl. (11)).

INHALTSSTOFFE	PRO 806	%-ANTEIL	EMPFEHLUNGEN*	HÖCHSTMENGE FÜR NEM**
Energie (kJ/kcal)	1164/274		-	-
Proteine [g]	4,5		1-1,6g/kg/Tag	-
Fett [g]	0,04		-	-
Kohlenhydrate [g]	62,7		30 bis max. 90g/Stunde (vor bzw. während Belastung)	-
davon Maltodextrin [g]	34,7	55%	-	-
davon Fruktose [g]	14	22%	20%	-
davon Dextrose [g]	14	22%	-	-
L-Leucin [g]	2	50%	Verhältnis L-Leucin vs. L-Valin vs. L-Isoleucin: 2:1:1	-
L-Valin [g]	1,04	25%		
L-Isoleucin [g]	1,04	25%		
Kalium [mg]	600		bis zu 2000mg/Tag	500mg ^b
Resveratrol [mg]	600		20 bis zu 750mg/kg/Tag	-
Natrium [mg]	543		500mg/Tag (Schweißverlust: 450mg/Stunde)	0
Carbonat [mg]	388		bis zu 300mg/kg	-
Coffein [mg]	300		bis zu 450mg/Tag	-
Taurin [mg]	280		bis zu 1000mg	-
Calcium [mg]	261		bis zu 1000mg/Tag	500mg
Vitamin C [mg]	160		k. A.	k. A.
Magnesium [mg]	120		320-500mg/Tag	250mg
Niacin [mg]	18		280mg bis zu 750mg/kg/Tag	17mg ^b
Pantothensäure [mg]	14		k. A.	18mg ^a
Vitamin E [mg]	12		k. A.	15mg
Zink [mg]	10		4-18mg/Tag	2,25mg ^c
Vitamin B6/Pyridoxol [mg]	2		k. A.	5,4mg
Vitamin B1/Thiamin [mg]	1,8		k. A.	4mg ^b
Folsäure [mcg]	180		k. A.	400mcg
Selen [mcg]	40		k. A.	25-30mcg ^b
Vitamin D3 [mcg]	4,8		k. A.	5mcg
Vitamin B12 [mcg]	3,2		k. A.	3-9mcg

Tabelle 3

24h-Ernährungsanalyse der Kohlenhydrate, Verhältnis Gesamtkohlenhydrate zu Fruktose, Proteine und Mineralstoffe am Tag vor dem Test bis zum Testbeginn mit Placebo (PT) und SP (ST) (*p<0,05) sowie die Zufuhrempfehlungen.

N=8; MÄNNLICH	PL (24H)	ST (24H)	EMPFEHLUNGEN
Kohlenhydrate [g]	305±121	355±146	30-60g vor Belastung
Kohlenhydrate [g/kg]	4,1±1,8	4,9±2,4	7-12g/kg/24h vor Belastung
Fruktose [g]	23,8±19,1	37,3±16,8*	-
Fruktose/KH [%]	7,9%	10,4%	~20%-Anteil an Gesamt-KH
Proteine [g]	106±41,1	98±33,3	80-120g (1-1,6g/kg)
Magnesium [mg]	497±191	534±185	320-500mg/Tag
Natrium [mg]	3442±1570	3418±1392	500mg/Tag
Zink [mg]	14±4,2	22±4,1*	4-18mg/Tag

Tabelle 4

Leistungsparameter der Interventionsgruppe (IG) der drei Tests Eingewöhnungstest (ET), Test mit Placebo (PT) und Test mit SP (ST). (p<0,05: *signifikant zwischen PT und ST; † signifikant zwischen ET und ST). Maximale Leistung, P_{max}; maximale Sauerstoffaufnahme, VO_{2max}; maximale Herzfrequenz, HF_{max}; maximale Laktatkonzentration (3min nach Testabbruch), LA_{max}; Sauerstoffaufnahme bei 150 Watt, VO_{2-150 Watt}; Leistung an der ventilatorischen Schwelle, P-VT; Leistung an der 4mmol/l Laktatschwelle, P-4mmol; Leistung an der D_{max}-Laktatschwelle, P-D_{max}.

IG	N	ET	PT	ST
P _{max} [Watt]	9	287±23	292±27	299±28*†
P/kg _{max} [Watt/kg]	9	3,83±0,3	3,89±0,26	3,98±0,29*†
VO _{2max} [ml/min]	7	3774±337	3826±276	3864±367
HF _{max} [S/min]	9	188±7	183±7	187±6*
LA _{max} [mmol/l]	8	11,4±1,9	10,9±2,1	13,4±2,3*†
VO _{2-150 Watt} [ml/min]	8	2231±162	2151±166	2225±123
P-VT [Watt]	8	161±11	161±22	158±13
P-4mmol [Watt]	8	229±37	233±40	219±34
P-D _{max} [Watt]	8	217±19	220±21	226±24*†

Einnahme Placebo vs. Sportgetränk

Das in dieser Studie untersuchte Granulat (Sportgetränk SP) mit dem Namen Superperformance wird in Österreich von der Firma Ökopharm GmbH produziert und von der Firma Banos vertrieben.

24 Stunden sowie eine Stunde vor Testbeginn erhielten die Probanden jeweils 40g von SP oder das Placebo, aufgelöst in 500ml Wasser (insgesamt 80g Granulat in 24 Stunden). Die Zusammensetzung von SP ist in Tabelle 2 dargestellt. Das Placebo mit gleichem Aussehen und Geschmack enthielt hauptsächlich Schwarze-Johannisbeeren-Pulver (Ig), Zitronensäure (500mg) und das Süßungsmittel Erythritol (17,7g). Außerdem wurden die Getränke in identischen Trinkflaschen von einer neutralen Person übergeben, sodass weder Testleiter noch Testpersonen das Verum vom Placebo unterscheiden konnten.

Durchführung der Testeinheiten und Messungen

Der Ausdauerstufentest erfolgte auf einen CYCLUS II Ergometer (RBM, Germany). Der Test startete bei 100 Watt und steigerte alle drei Minuten um 50 Watt bis zur subjektiven Ausbelastung. Jeweils 30 Sekunden vor Stufenende sowie 3, 10 und 20 Minuten nach Belastungsende wurde kapillares Blut am Ohr zur Bestimmung der Laktatkonzentration entnommen (LA; Biosen C-line, EKF, Germany).

Zur Ermittlung der Laktatschwellen fanden zwei unterschiedliche Methoden Verwendung. Die Berechnung der individuellen

Laktatschwelle erfolgte mit der D_{max}-Methode nach Cheng et al. (8, 34; P-D_{max}). Die zweite Laktatschwelle wurde als Leistung an der 4mmol-Schwelle festgelegt (P-4mmol).

Eine Atemgasanalyse (Oxycon mobile, CareFusion, Germany) ermittelte die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und die ventilatorische Schwelle (VT). Die VT wurde definiert als erster systematischer Anstieg des ventilatorischen Sauerstoffäquivalents (VE/VO₂) ohne gleichzeitigen Anstieg des Atemäquivalents für CO₂ (RCP; VE/VCO₂) (1, 24).

Mit Hilfe eines Brustgurts (Herzfrequenzsensor Polar Elektro Oy) in Verbindung mit dem Spirometrysystem konnte die Herzfrequenz (HF) kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet werden.

Das handschriftliche Freiburger Ernährungsprotokoll und die Software der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE-Professional Version 3.2; BLS-Version II.3) wurden zur Ernährungsanalyse herangezogen.

Statistische Auswertung

Die statistische Analyse wurde mit GNU-PSPP Statistics 0.7.9 durchgeführt. Für normal verteilte, intervallskalierte Daten erfolgte der t-Test für gepaarte Stichproben (Eingewöhnungstest (ET) vs. Placebotest (PT) vs. SP-Test (ST) innerhalb drei Wochen). Die Pearson-Analyse für Korrelationen erfolgte bei den Delta-[LA]- und [P]-Werten. Die Delta-Werte errechneten sich aus den ST-Werten abzüglich den PT-Werten (ΔP_{max}; Δ[LA]_{max}).

Technische Probleme führten zu Datenverlusten bei der Gasanalyse (n=2) und der Laktatanalyse (n=1) sowie der Ernährungsanalyse (n=1). Deshalb ist die Probandenanzahl teilweise unterschiedlich.

Ergebnisse

Ernährungsanalyse

Die Analyse der 24h-Ernährungsprotokolle am Tag mit SP vs. Placebogetränk ergab keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der leistungslimitierenden Nahrungsmittel Kohlenhydrate, Proteine und Natrium. Die Aufnahme von Magnesium (37mg; 7%; n.s.) und Zink (8mg; 36%; p=0,000) sowie Fruktose (13,5g; 36%; p=0,02) ist am Tag mit SP erhöht. Die Empfehlungen einer ausreichenden Tageszufuhr dieser Nährstoffe wurden sowohl im Durchschnitt als auch für jeden Probanden eingehalten (vgl. Tab. 3).

Leistungsphysiologische Parameter

Im Vergleich Placebotest (PT) zum Test mit SP (ST) wurden signifikante Verbesserungen bei den Ausdauerparametern P_{max} sowie P_{max} pro kg Körpergewicht, HF_{max} sowie LA_{max} und D_{max} festgestellt (vgl. Tab. 4).

Die maximale Leistung des Ergometerstufentests konnte um 7,2 Watt gesteigert werden (292±27 vs. 299±28 Watt; 2,4%; p=0,01; vgl. Abb. 1), ebenso die maximale Leistung pro kg Körpergewicht (3,89±0,26 vs. 3,98±0,29 Watt; 0,1 Watt/kg; 2,5%; p=0,02). Die maximale Herzfrequenz lag beim Test mit SP um 4S/min höher (183±7 vs. 187±6S/min; 2%; p=0,01), ebenso die maximale Laktatproduktion um 2,5mmol/l (10,9±2,1 vs. 13,4±2,3mmol/l; 18,5%; p=0,000).

Für die submaximale Belastung wurde an der individuellen Laktatschwelle, berechnet mit der D_{max}-Methode, eine Steigerung der Leistung von 6,1 Watt gemessen (P-D_{max}: 220±21 vs. 226±24 Watt; 2,65%; p=0,01). An der 4mmol-Schwelle wurde eine verringerte Leistung beobachtet (P-4mmol: 233±40 vs. 219±34 Watt; -13,5 Watt; -6%; n.s.).

Diskussion

Im Vergleich zur Placebogabe wurden nach der Einnahme von SP signifikante Steigerungen vornehmlich im maximalen Belastungsbereich gemessen.

Ernährungsanalyse

Zu erwähnen ist zunächst, dass eine Ernährungsanalyse bei Supplementationsstudien wichtige Erkenntnisse zu einer möglichen Leistungsbeeinflussung durch das Ernährungsverhalten der Probanden liefern kann.

Die Auswertung der Ernährungsprotokolle für 24 Stunden vor den Tests ergab keine Ernährungsdefizite der Probanden. Somit ist eine mögliche Beeinträchtigung der Leistung durch eine allgemeine Mangelernährung ausgeschlossen. Wegen der ausreichenden Zufuhr von Kohlenhydraten ist eine Veränderung der Laktatwerte zwischen den Messungen mit SP bzw. Placebogetränk auf Grund von KH-Mangel ebenfalls auszuschließen (18, 20, 27, 28).

Auffällig war eine geringfügig erhöhte Magnesiumzufuhr (7%; n.s.) am Tag mit SP-Supplementation. Die Vermutung liegt nahe, dass die Aufnahme von Zink und von Fruktose (jeweils 36%; $p \leq 0,05$) höchstwahrscheinlich durch die Einnahme von SP ebenfalls erhöht war (vgl. Tab. 3). Für die Zufuhr von Zink in Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) wird eine empfohlene Mindestmenge von 2,25mg vorgeschlagen (11; vgl. Tab. 2). Dies wurde durch die Gabe von 10mg Zink durch SP innerhalb 24 Stunden deutlich überschritten (Gesamtaufnahme Zink am Tag mit Placebo 14mg bzw. am Tag mit SP 22mg). Die Supplementierung von Zink ist bei Kindern und Jugendlichen bis zum vollendeten 17. Lebensjahr zu vermeiden (11). Relativierend kann erwähnt werden, dass die obere Grenze für die tägliche Zinkeinnahme für Erwachsene bei 25mg liegt und somit in dieser Studie nicht überschritten wurde (12).

Für zukünftige Studien wäre weiterhin zu berücksichtigen, ob einem freien Ernährungsprotokoll, wie es in dieser Studie verwendet wurde, ein fest vorgegebener Ernährungsplan vorzuziehen ist (vgl. z. B. 20). Weil in der vorliegenden Studie weder eine leistungslimitierende Mangelernährung noch ein signifikanter Unterschied zwischen den Testtagen festgestellt wurde, überwiegt der Vorteil, dass die Probanden ihre gewohnte Ernährung einnehmen konnten.

Leistungsphysiologische Parameter und ergogene Substanzen

Als wesentliches Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Einnahme von SP 24 Stunden und 1 Stunde vor einem Ergometerstufentest die maximale Leistung, die maximale Herzfrequenz und die maximale bzw. submaximale Laktatproduktion gesteigert hat. Die Leistung war an der individuellen D_{max} -Laktatschwelle erhöht sowie an der 4-mmol-Schwelle herabgesetzt.

Das SP-Granulat enthält eine Kombination von Substanzen, die möglicherweise einen Effekt auf die sportliche Leistungsfähigkeit haben könnten. Die Verzehrempfehlungen für SP als Sportgetränk sind laut Hersteller 20g bzw. 40g (aufgelöst in 250 bzw. 500ml Wasser) je nach Dauer und Intensität der körperlichen Tätigkeiten. Ein optimaler Einnahmezeitpunkt wird nicht angegeben. SP wird in der Kölner-Liste geführt und kann nach dem ABCD-Classification-System des AIS in die Klasse A kategorisiert werden.

Unter Berücksichtigung der Literaturquellen und der Ergebnisse dieser Studie erscheinen Bikarbonat und Zink, insbesondere Koffein sowie die Kombination der Kohlenhydrate als entscheidende leistungssteigernde Mittel.

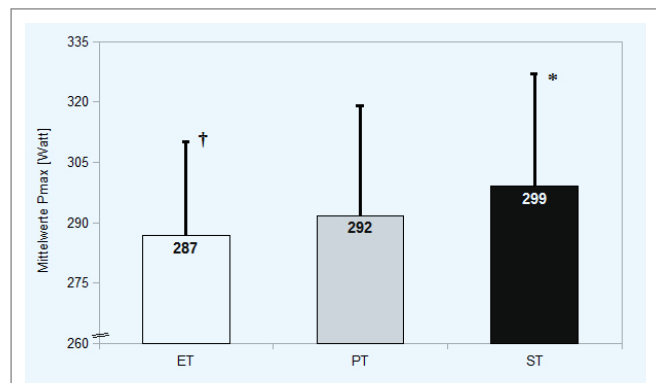


Abbildung 1

Maximale Leistung; P_{max} [Watt] der drei Testeinheiten Eingewöhnungstest (ET) – Placebotest (PT) – SP-Test (ST); $p \leq 0,05$; * PT vs. ST; † ET vs. SP.

Mit Einschränkungen hinsichtlich der Dosierung und der Supplementationsdauer könnte Zink einen geringen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit ausgeübt haben. Zwar war die Zink-Aufnahme in dieser Studie am Tag der SP-Zufuhr insgesamt um 36% erhöht. Allerdings liegen ausschließlich Studien vor, die eine ergogene Wirkung von Zink mit einer langfristigen Supplementierung von 18-30mg/Tag über Wochen nachgewiesen haben (26). Im Vergleich dazu erscheint die einmalige Gabe 24 und 1 Stunde vor Belastungsbeginn von insgesamt 10mg Zink in dieser Studie als eher unwahrscheinlich für eine leistungssteigernde Wirkung. Übereinstimmend damit wurde nur bedingt ein Zusammenhang zwischen der erhöhten, kurzfristigen Zinkeinnahme und der maximalen Leistung beim Stufentest festgestellt ($p=0,14$; $r=0,57$).

Die Wirkungsweise von Bikarbonat ist ähnlich einzuschätzen. In Studien, die einen leistungssteigernden Effekt nachgewiesen haben, wurde Bikarbonat mit einer Dosierung von 5g/2mal täglich über 5 Tage bzw. mit bis zu 300mg/kg Körpergewicht (entspricht 2,1g bei 70kg) vor der Belastung (5, 26) verabreicht. Die Einnahme von 194mg Bikarbonat durch SP erscheint für eine mögliche Leistungssteigerung als zu niedrig dosiert.

Neben der möglichen Wirkungsweise der speziellen Kombination aller Inhaltsstoffe in SP kann in Übereinstimmung mit anderen Supplementationsstudien bzw. Metaanalysen behauptet werden, dass als Hauptgrund der Leistungsverbesserung mit SP die Aufnahme von Koffein (3, 6, 9, 15, 19, 29) und die Kombination von Kohlenhydraten gesehen werden kann (6, 7, 22, 23, 30, 32). Die Fruktosezufuhr war am Tag mit SP um 36% signifikant erhöht ($p=0,02$). Die Empfehlung, eine KH-Kombination mit mindestens 20% Fruktoseanteil vor der Ausdauerbelastung einzunehmen, konnte hinsichtlich der Gesamtenergieaufnahme nicht erfüllt werden (Fruktoseanteil 10%; vgl. Tab. 3). Jedoch wurden durch die Einnahme von SP 1 Stunde vor Belastungsbeginn 31,4g Kohlenhydrate (Empfehlungen 30-60g) mit einem Fruktoseanteil von 22,3% (7g; vgl. Tab. 2) aufgenommen. Ein Zusammenhang zwischen der erhöhten Fruktoseaufnahme und der maximalen Leistungsfähigkeit war allerdings nicht festzustellen ($p=0,6$; $r=0,22$).

Der Hauptanteil der Leistungssteigerung könnte auf die Einnahme von Koffein und dessen Wirkungsweise auf das zentrale Nervensystem sowie den Stoffwechsel, insbesondere der Laktatproduktion, zurückzuführen sein. Die aufgenommene Menge Koffein durch SP entspricht der belegten ergogenen Wirkung (3-6mg/kg; insgesamt $4 \pm 0,4$ mg/kg innerhalb 24 Stunden). In dieser Studie nahmen die Probanden 1 Stunde vor Belastungsbeginn rund $2 \pm 0,2$ mg/kg ein. Die Koffeingabe 1 Stunde vor Belastungsbeginn liegt zwar rund 1mg unter den Empfehlungen, dennoch spricht für die Wirkung von Koffein die erhöhte maximale bzw. submaximale Laktatproduktion von bis zu 18%. ➤

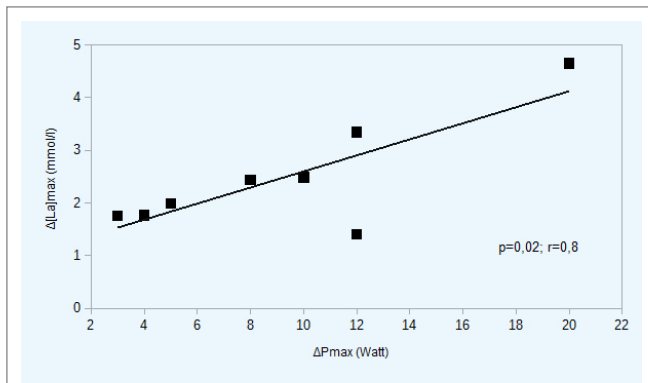


Abbildung 2

Zusammenhang zwischen maximaler Leistung und maximalen Laktatwerten (ΔP_{\max} and $\Delta[La]_{\max}$; (n=8; r=0,8; p≤0,05).

Bemerkenswert ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen der maximalen Leistung und den maximalen Laktatwerten (ΔP_{\max} vs. $\Delta[La]_{\max}$; p=0,02; r=0,80; vgl. Abb. 2).

Durch die erhöhten Laktatwerte ist die Leistung an der 4mmol-Schwelle verringert (P-4mmol: -13 Watt; -6%; n.s.). Im Gegensatz dazu wurde bei der individuell berechneten anaeroben Laktatschwelle mit der D_{\max} -Methode eine signifikante Steigerung der Leistung von 6 Watt ermittelt (P- D_{\max} : 2,6%; p=0,01). Beachtenswert erscheint, dass die Leistung während des Placebotests an der 4mmol-Schwelle im Vergleich zur D_{\max} -Methode um 13 Watt höher und für den SP-Test um 7 Watt niedriger ist (vgl. Tab. 4).

Unterschiedliche Laktatschwellenkonzepte zur Beurteilung der submaximalen Leistungsfähigkeit im aerob-anaeroben Übergang sind seit Längerem in der Diskussion (1, 13, 27, 28). Faude et al. weisen darauf hin, dass Studien zum Vergleich der Laktatschwellen und des tatsächlichen maximalen Laktat-Steady-States selten sind und konträre Ergebnisse liefern (13). Fixe Laktatschwellenkonzepte (z. B. 4mmol-Schwelle) sind einfach umzusetzen. Häufig können sie aber nicht berücksichtigen, dass gleiche Blutlaktatkonzentrationen interindividuell unterschiedliche metabolische Situationen und Trainingszustände wiedergeben (24). Zudem wird darauf hingewiesen, dass die 4mmol-Schwelle eine brauchbare Abschätzung der maximalen anaeroben Laktatschwelle ergibt, wenn die Stufenlänge eines Tests mindestens 5 Minuten beträgt (vorliegende Studie drei Minuten) (13). Aus diesen Gründen finden sogenannte individuelle anaerobe Schwellen Anwendung (z. B. D_{\max} -Methode) (13, 24, 34). Für das Schwellenkonzept D_{\max} wird angenommen, dass dieses eine objektive, reliable Methode darstellt, die einen individuellen Rückschluss auf physiologische Vorgänge (Laktatverhalten) zulässt (8, 13, 34). Zur Absicherung der Beurteilung sollten zusätzliche Größen wie Ventilation, Atemfrequenz und der Respiratorische Quotient herangezogen werden (27). In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, dass sowohl die Leistung an der ventilatorischen Schwelle (P-VT ~160 Watt) als auch die Sauerstoffaufnahme bei 150 Watt (VO_2 -150 Watt) für alle drei Testeinheiten (Eingewöhnung, Placebo, Verum) nahezu konstant sind.

In dieser Studie wird deshalb davon ausgegangen, dass die D_{\max} -Methode im Vergleich zur 4mmol-Schwelle auf Grund der veränderten Laktatkinetik zwischen Placebo- und SP-Test genauere Aussagen zur submaximalen Leistungsfähigkeit liefert. Weitere Laktatschwellenkonzepte wurden nicht angewendet.

Die Ergebnisse legen nahe, dass die Leistungsverbesserung mit SP vornehmlich durch die kombinierte Einnahme von Koffein mit Kohlenhydraten (Glukose/Fruktose) und/oder Bikarbonat sowie Zink erklärt werden könnte.

Limitationen

Ogleich die vorliegende Studie eine eher geringe Stichprobe von 9 Testpersonen aufweist, ist die Aussagekraft durch das Cross-Over-Design als akzeptabel zu bezeichnen.

Zunächst ist zu bemerken, dass die KH-Aufnahme bis zum Testbeginn mit 4,1-4,9g/kg/24h als eher gering zu betrachten ist. Beck et al. empfehlen für Ausdauersportler 10-12g/kg 36-48 Stunden vor dem Wettkampf (Wettkampfdauer >90 Minuten) (4). Für Belastungen unter 90 Minuten sollten 7-12g/kg/24h Kohlenhydrate und 1-4 Stunden vor Belastungsbeginn 1-4g/kg aufgenommen werden (4). Allerdings waren die Probanden fast durchgehend keine expliziten Ausdauersportler (Kletterer, Ballspieler, Kraftsportler, Hobby-Radfahrer, Sportstudenten). Somit ist die habituell aufgenommene KH-Menge in dieser Studie als normal zu bezeichnen. Eine erhöhte KH-Aufnahme (7-12g/kg/24h) in Verbindung mit der Einnahme von SP könnte durch einen größeren Effekt erzielen.

Ein Proband, der normalerweise kein Koffein zu sich nimmt, wurde wegen Schlafmangels vor dem Test, wahrscheinlich auf Grund von Koffein in SP, nicht in die Auswertung mit aufgenommen. Diese leistungsmindernde Wirkung auf Probanden, die Kaffee nicht gewöhnt sind, wie sie auch von Graham et al. (17) und Dodd et al. (10) beschrieben wurde, sollte unbedingt in weiteren Untersuchungen Berücksichtigung finden. Denkbar wäre für Folgestudien mit einer Einnahme von Koffein, die Probanden in Gruppen einzuteilen, die entweder Koffein im Alltag bzw. in hohen Dosen (>450mg; entspricht ca. 4 Tassen Kaffee) konsumieren oder kein Koffein zu sich nehmen (vgl. auch Koffein Responder vs. Non-Responder; 10, 29, 31, 33). Erwähnenswert bezüglich des in den Sportgetränken enthaltenen Koffeins (>400-500mg; SP: 150mg für ein 500ml-Getränk) scheint auch, dass bei hohem Konsum derartiger Getränke und gleichzeitig bestehendem Flüssigkeitsmangel der Grenzwert des Internationalen Olympischen Komitees von 12µg Koffein/ml Urin überschritten werden könnte. Ebenfalls sollten die Obergrenzen für die Zusatzstoffe Zink und Selen in Nahrungsergänzungsmitteln für Jugendliche berücksichtigt werden (vgl. Tab. 2). Ausdrücklich soll darauf hingewiesen werden, dass das Getränk aufgrund der hohen Konzentration insbesondere an Zink und Selen sowie des Koffeingehalts für Konsumenten unter 17 Jahren nicht empfohlen werden kann (vgl. 11).

Nur am Rande sollte auf eine Überprüfung einer möglichen Fruktoseintoleranz der Probanden hingewiesen werden (14). Ebenfalls muss berücksichtigt werden, dass eine hohe Bikarbonataufnahme (>300mg pro kg Körpergewicht; SP: 300mg) zu Magenproblemen führen kann (5, 25, 26). Die Probanden wurden vor den Tests nach Verträglichkeitsproblemen gefragt. Keine der neun Testpersonen berichtete über Magenprobleme oder andere Beschwerden.

Ratsam wäre darüber hinaus, dass die Einnahme von „Sportgetränken“ (v. a. mit Koffein) zunächst in Trainingseinheiten im Vorfeld einer Untersuchung bzw. von Wettkämpfen auf deren individuelle Verträglichkeit überprüfen werden sollte.

Auf Grund der multifaktoriellen Intervention – insbesondere durch die Komplexität der Substanzen im SP-Granulat – kann nicht eindeutig bestimmt werden, inwiefern alle Inhaltsstoffe bzw. die Kombination der Inhaltsstoffe von SP zur Leistungsverbesserung beigetragen haben. Ebenfalls limitiert sich die Aussagekraft der Untersuchung auf eine kurzfristige Einnahme von SP 24 Stunden bis 1 Stunde vor dem Test.

In zukünftigen Studien wäre weiterhin zu berücksichtigen, dass Stufentests mit einer längeren Stufendauer und einer niedrigeren Stufenhöhe Ergebnisse im submaximalen Belastungs-

bereich bzw. aerob-anaeroben Übergang präzisieren könnten. Ebenso Dauertests mit entsprechenden Intensitäts- und Zeitvorgaben. Ergänzend hierzu könnten auch Feldstudien in Verbindung mit Ernährungsanalysen bei entsprechenden Ausdauerwettkämpfen (z. B. 16) und Trainingseinheiten vorgenommen werden. ■

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patenten, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Das Granulat wurde freundlicherweise von der Firma Banos zur Verfügung gestellt; die Studie wurde darüber hinaus selbstfinanziert. Sonstige Unterstützungen: Keine.

Literatur

- (1) AMANN M, SUBUDHI AW, FOSTER C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2006; 16: 27-34. doi:10.1111/j.1600-0838.2004.00424.x
- (2) AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM Position Stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39: 377-390. doi:10.1249/mss.0b013e31802ca597
- (3) ANSELME F, COLLOMP K, MERCIER B, AHMAÏDI S, PREFEAU C. Caffeine increases maximal power and blood lactat concentration. *Eur J Appl Physiol*. 1992; 65: 188-191. doi:10.1007/BF00705079
- (4) BECK KL, THOMSON JS, SWIFT RJ, VON HURST PR. Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2015; 6: 259-267. doi:10.2147/OAJSM.S33605
- (5) BURKE LM. Practical considerations for bicarbonat loading and sports performance. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2013; 75: 15-26. doi:10.1159/000345814
- (6) CAMPBELL B, WILBORN C, BOUNTY PL, NELSON MT, GREENWOOD M, ZIEGENFUSS TM, LOPEZ HL, HOFFMAN JR, STOUT JR, SCHMITZ S, COLLINS R, KALMAN DS, ANTONIO J, KREIDER RB. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013; 10: 1. doi:10.1186/1550-2783-10-1
- (7) CERMAK NM, VAN LOON L. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Med*. 2013; 43: 1139-1155. doi:10.1007/s40279-013-0079-0
- (8) CHENG B, KUIPERS H, SNYDER AC, KEIZER HA, JEUKENDRUP A, HESSELINK M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med*. 1992; 13: 518-522. doi:10.1055/s-2007-1021309
- (9) CURETON KJ, WARREN GL, MILLARD-STAFFORD ML, WINGO JE, TRILK J, BUYCKX M. Caffeinated Sports Drink: Ergogenic effects and possible mechanism. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007; 17: 35-55.
- (10) DODD SL, BROOKS E, POWERS SK. The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991; 62: 424-429. doi:10.1007/BF00626615
- (11) DOMKE A, GROSSKLAUS R, NIEMANN B, PRZYREMBEL H, RICHTER K, SCHMIDT E, WEISSENBORN A, WÖRNER B, ZIEGENHAGEN R. Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln. Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. Bundesinstitut für Risikobewertung. Berlin. BfR-Wissenschaft 04/2004. 2004: 24. Published February 2004. http://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf. [2. Juni 2016].
- (12) EUROPÄISCHE BEHÖRDE FÜR LEBENSMITTELSICHERHEIT. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Published February 2006. <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/ndatolerableuil.pdf>. [20. Juni 2016].
- (13) FAUDE O, KINDERMANN W, MEYER T. Lactate Threshold Concepts. How valid are they? *Sports Med*. 2009; 39: 469-490. doi:10.2165/00007256-200939060-00003
- (14) FEDEWA A, RAO SC. Dietary fructose intolerance, fructan intolerance and FODMAPs. *Curr Gastroenterol Rep*. 2014; 16: 370. doi:10.1007/s11894-013-0370-0
- (15) GANIO MS, KLAU JF, CASA DJ, ARMSTRONG LE, MARESH CM. Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 2009; 23: 315-324. doi:10.1519/JSC.0b013e31818b979a
- (16) GATTERER H, SCHENK K, WILLE M. Race Performance and Exercise Intensity of Male Amateur Mountain Runners During a Multistage Mountain Marathon Competition Are Not Dependent on Muscle Strength Loss or Cardiorespiratory Fitness. *J Strength Cond Res*. 2013; 27: 2149-2156. doi:10.1519/JSC.0b013e318279f817
- (17) GRAHAM TE, HIBBERT E, SATHASIVAM P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol*. 1998; 14: 883-889.
- (18) HOFMANN P, LAMPRECHT M, SCHWABERGER G, POKAN R, DUVILLARD SP. Einfluß unterschiedlicher Diätformen auf die Laktatleistungskurve im Stufentest und das Laktatverhalten bei Dauerbelastungen auf dem Fahrradergometer – eine Einzelfallstudie. *Dtsch Z Sportmed*. 1998; 49: 82-87.
- (19) HOTTENROTT K, SCHULZE S, LUDYGA S, GEISSLER S. Caffeine bars used as pre-exercise supplements influence endurance performance, energy metabolism and perception of effort in trained cyclists. *Journal of Nursing Education and Practice*. 2014; 4. doi:10.5430/jnep.v4n3p180
- (20) IVY JL, COSTILL DL, VAN HANDEL PJ, ESSIG DA, LOWER RW. Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability. *Int J Sports Med*. 1981; 02: 139-142. doi:10.1055/s-2008-1034600
- (21) JEACOCKE NA, BURKE LM. Methods to Standardize Dietary Intake Before Performance Testing. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010; 20: 87-103.
- (22) JEUKENDRUP AE. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2010; 13: 452-457. doi:10.1097/MCO.0b013e328339de9f
- (23) JEUKENDRUP AE, JENTJENS R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. *Sports Med*. 2000; 29: 407-424. doi:10.2165/00007256-200029060-00004
- (24) KINDERMANN W. Anaerobe Schwelle. *Dtsch Z Sportmed*. 2004; 55: 161-162.
- (25) KREIDER RB, WILBORN CD, TAYLOR L, CAMPBELL B, ALMADA AL, COLLINS R, COOKE M, EARNEST CP, GREENWOOD M, KALMAN DS. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010; 7: 7. doi:10.1186/1550-2783-7-7
- (26) LUKASKI HC. Vitamin and Mineral Status: Effects on Physical Performance. *Nutrition*. 2004; 20: 632-644. doi:10.1016/j.nut.2004.04.001
- (27) MAASSEN N, SCHNEIDER G. Die kapilläre Laktatkonzentration als Maß für die Belastungsreaktion. *Dtsch Z Sportmed*. 2011; 62: 92-97.
- (28) MYERS J, ASHLEY E. Dangerous Curves. A Perspective on Exercise, Lactate, and the Anaerobic Threshold. *Chest*. 1997; 111: 787-795. doi:10.1378/chest.111.3.787
- (29) PESTA D, SIDDHARTA SA, BURTSCHER M, ROBERTS CK. The effects of caffeine, nicotin, ethanol, and tetrahydrocannabinol on exercise performance. *Nutrition & Metabolism*. 2013; 10: 71. doi:10.1186/1743-7075-10-71
- (30) SHEARER J, GRAHAM TE. Performance effects and metabolic consequences of coffee and caffeinated energy drink consumption on glucose disposal. *Nutr Rev*. 2014; 72: 121-136. doi:10.1111/nure.12124
- (31) VAN NIEUWENHOVEN MA, BRUMMER RM, BROUNS F. Gastrointestinal function during exercise: comparison of water, sports drink, and sports drink with caffeine. *J Appl Physiol*. 2000; 89: 1079-1085.
- (32) WILSON PB. Multiple transportable Carbohydrates during exercise: Current limitations and directions for future research. *J Strength Cond Res*. 2015; 29: 2056-2070. doi:10.1519/JSC.0000000000000835
- (33) YANG A, PALMER AA, DE WIT H. Genetics of Caffeine consumption and responses to caffeine. *Psychopharmacology (Berl)*. 2010; 211: 245-257. doi:10.1007/s00213-010-1900-1
- (34) ZHOU S, WESTON SB. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. *Physiol Meas*. 1997; 18: 145-154. doi:10.1088/0967-3334/18/2/005