

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：34310

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560374

研究課題名(和文) 安定同位体標識技術を用いた実用的水分補給方法の探求

研究課題名(英文) Use of isotopic labeled water on further research of practical hydration methods

研究代表者

海老根 直之 (EBINE, Naoyuki)

同志社大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号：30404370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、共に摂取した飲料と食物が互いの水分の吸収速度に与える影響と、体位の変換が水分の吸収速度に与える影響を検討することを目的とした。

その結果、水分を速やかに補給するためには、飲料を固形食と同時に摂取するよりも10分先行して摂る方が有効であること、飲料の量と温度は飲料水分だけでなく共に摂取した固形食の水分の吸収にも影響しうることを加えて、体位を工夫することで水分の吸収を促進できる可能性が示された。これらの知見は、効果的な水分の補給法の確立には、従来行われてきた飲料単体に焦点を当てた検討だけでなく、食事や体位といった実用時に生じる要因も含めた検討の必要性を示唆するものである。

研究成果の概要(英文)： The aim of this research was to investigate further effective hydration methods by focusing on beverage volume and temperature, body position, and relationship between fluid and solid food intake for water absorption.

The results showed that drinking beverage 10 min before ingesting solid food was more effective in hydration than taking them in simultaneously. Moreover, beverage volume and temperature may affect the rate of water absorption for not only beverage but also in solid food. Additionally, change in body position can improve the rate of water absorption. These findings can contribute to establishing more effective hydration methods for enhancing sports performance and preventing heatstroke.

研究分野：スポーツ健康科学

キーワード：水分吸収 安定同位体 食物水分 水分量 水温 体位変換

1. 研究開始当初の背景

暑熱環境下で活動する場合には、発汗により失った水分を速やかに補給することが重要となる。ここで考慮すべき要素として水分の吸収速度が挙げられる。水分の吸収速度には胃から小腸への排出と小腸から血管内への流入速度が関与している。水分の吸収速度を如何に高めるかという観点で、飲料の組成や量など様々な要因について検討されているが、これまで実施された研究にも課題は残されている。水分補給に特化した飲料としてスポーツ飲料が知られているが、これは実験室的研究の上に成分を調整し、速やかな吸収を実現している。しかし、従来の研究の多くでは、実験手法の方法論的限界もあり、飲料を単独摂取する条件での検討に留まり、実用時に生じる挟雑要因、すなわち食事や身体活動を含めた複合的検討は十分に実施できていない。また、水分そのものである飲料の吸収速度に関する検討は多数実施されているのに対し、食物中に含まれる水分に着目し、この吸収動態を直接的に評価した研究は知る限り行われていない。水は飲料だけでなく食物にも含まれており、ヒトが一日に摂取する水分の3～4割が食物に由来し、飲料と共に水分の補給に貢献している。しかし、水分補給に関するガイドラインにおいても、食物が水分の補給に寄与する事実までは説明されているものの、飲料の水分に関して述べられている様な、吸収速度の観点からの有効性や具体的な利用方法は示されていない。飲料だけでなく食物の水分も上手く活用できれば、効果的に水分を補給するための新たな方策を見い出せるにちがいない。

2. 研究の目的

本研究では効果的な水分補給方法の確立に向けて、従来の研究が十分検討できていないテーマの内、食事や体位が水分の吸収速度に与える影響を検討すること、飲料だけでなく固形食に含まれる水分の吸収速度に着目した検討を実施することを目的とした。この目的を達成するために以下の3つの研究課題を設定した。

(1) 飲料と固形食の摂取タイミングが水分の吸収速度に与える影響

水分補給の現場において、飲料は他の固形食と共に摂られることも多いが、その組み合わせやタイミングが水分の吸収速度に及ぼす影響は十分に分かっていない。そこで飲料と固形食の摂取タイミングがそれぞれの水の吸収速度に及ぼす影響を検討することとした。

(2) 飲料の量または温度の違いが飲料ならびに固形食由来の水分の吸収速度に与える影響

飲料と固形食を同時摂取する条件に着目し、飲料の量または温度の違いが飲料ならびに固形食由来の水分の吸収速度に及ぼす影

響を検討することとした。

(3) 体位変換が水分の吸収速度に与える影響

水分の吸収速度に影響を与える要因として、胃排出速度と小腸から血管内への流入速度が挙げられる。消化管の解剖学的特性から、胃排出機能と体位には関連があるとされている。そこで、胃排出速度を高める体位の交換方法を文献情報に基づき考案し、この体位が実際に水の吸収を促進するか否かについて検討を行うこととした。

3. 研究の方法

(1) 飲料と固形食の摂取タイミングが水分の吸収速度に与える影響

対象は健康な男子大学生とし、飲料を固形食と同時に摂る同時群、または固形食よりも10分先行して摂る飲料先行群に振り分けた。試験飲料は水150g、試験食はご飯230g(水150gを含む)とした。飲料水分と固形食水分の吸収を切り分けて評価するため、それぞれの水分子を安定同位体である重水素または重酸素で標識した。摂取後は座位安静を維持させ、体内の同位体濃度が反映される唾液を経時採取し、水分の吸収速度を飲料由来および固形食由来の2つの面から同時評価した。

(2) 飲料の量または温度の違いが飲料ならびに固形食由来の水分の吸収速度に与える影響

対象は健康な男子大学生とし、試験飲料は水150g、試験食はご飯230g(水150gを含む)とした。飲料と食物それぞれの水分子を重水素または重酸素で標識した。飲料の量と温度の条件を、150g(1倍量)または300g(2倍量)、5(低温)または55(高温)とし、3つの試行(低温1倍量試行、低温2倍量試行、高温2倍量試行)から成るクロスオーバー試験を実施した。摂取後は座位安静を維持させ、体内の同位体濃度が反映される尿を経時採取し、水の吸収速度を評価した。

(3) 体位変換が水分の吸収速度に与える影響

対象は健康な男子大学生とし、試験飲料は重水素で標識した水250gとした。体位については、胃の解剖学的特性により、右側臥位の状態から上向きに20度の角度をつけることで効率的な胃排出が期待されるプロモートポジション(PP)を考案した。標識水を摂取させてから10分間この体位を維持しその後座位へ移行するPP試行、または、摂取から測定終了まで一貫して座位を維持する座位試行の比較をクロスオーバー試験で実施した。水の吸収速度は尿の同位体濃度ならびに尿量の経時変化から評価した。

4. 研究成果

(1) 飲料と固形食の摂取タイミングが水分の吸収速度に与える影響

飲料水分の比較では、飲料先行群が飲料摂取後 40 分と 50 分の時点で同時群に比べ有意な高値を示した(図 1)。固形食水分の比較では、固形食摂取後のいずれの時点においても両群に差は認められなかった(図 2)。また、飲料水分と固形食水分の群内比較において、各々の摂取時刻からの経過時間毎に比較した場合、同時群ではいずれの時点においても両者の同位体濃度に差は認められなかった。一方の飲料先行群では、飲料水分が摂取後 40 分の時点で固形食水分に比べ有意な高値を示した。

上述の結果から、飲料水分の吸収速度は同時摂取した固形食の影響で低下するが、飲料を固形食に 10 分先行して摂ることでその影響が軽減され、速やかに吸収されることが確認された。一方、固形食水分は飲料水分よりも吸収が遅いことがうかがえ、本研究の条件下では、固形食を飲料と同時に摂った場合でも吸収が速まる効果は観られなかった。

これらのことから、水分を速やかに補給するためには、固形食に含まれる水分よりも飲料水分に重きを置いて摂取することが必要であり、飲料と固形食を共に摂取する状況下では、10 分間程度飲料を固形食に先行して摂ることが有効であると考えられる。

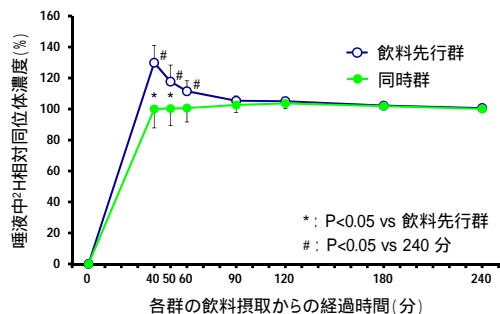


図 1. 各群の唾液中重水素濃度の経時変化

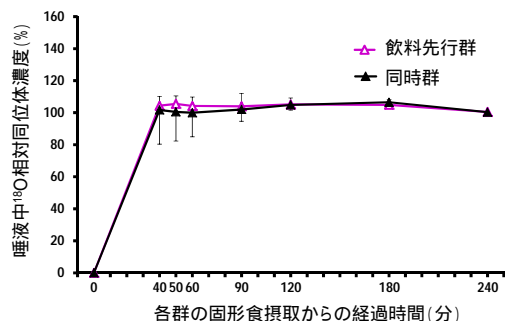


図 2. 各群の唾液中重酸素濃度の経時変化

(2) 飲料の量または温度の違いが飲料ならびに固形食由来の水分の吸収速度に与える影響

量の観点について、低温の 1 倍量試行と 2 倍量試行の比較から、飲料水分と固形食水分

の両者において、飲料と固形食の摂取後 30 分で、統計的に検出できる水準ではないが 2 倍量試行の方が高い濃度を示した。また固形食水分については、摂取後 60 分にて 2 倍量試行が有意に高値を示した。

温度の観点について、低温 2 倍量試行と高温 2 倍量試行の比較から、飲料と固形食の両水分において、摂取後 30 分で低温試行が高値傾向を示した。

従来の研究では、飲料の量と温度が、単独摂取した飲料そのものの吸収に影響を与えることは確認されているが、本結果から、共に摂取した固形食の水分吸収動態にも変化をもたらす可能性がうかがえた。より明確な結論を導くためには、事例数や測定項目を拡張した実験デザインでの更なる検討が必要である。

(3) 体位変換が水分の吸収速度に与える影響

同位体濃度については、PP 試行と座位試行は明確に異なる動態を示し、摂取後 60 分時点においては、PP 試行が有意な低値を示した。尿量については、摂取後 40 分時点において、統計的に検出できる水準ではないが、PP 試行の方が高値となる傾向を示し、座位試行の約 1.6 倍となった。一方、座位試行では、40 分から 60 分にかけて尿量の増加がみられ、60 分時点で PP 試行と同様の値となり、以降の動態はほぼ一致していた。

経口摂取された水は小腸から血液中に流入し、血液から全身の体水分領域へと拡散していくことで体液全体での平衡化が生じる。この 2 つの作用は同時に進行するものであり、両者のバランスによって血液中の同位体濃度が決定することになる。

飲料摂取後 60 分において、PP 試行の同位体濃度が有意に低値を示したことから、この結果のみに焦点をあてると、座位試行の水分の吸収速度が速いとする解釈も不可能ではない。本研究では、飲料摂取後早期からの短い間隔での尿の採取を実施できていないため、同位体濃度の結果のみで、いずれの試行の方が水分の吸収が速かったかを断定することは難しい。

ここで、経時尿量に着目すると、40 分の時点で PP 試行の方が高値傾向を示している。一方で、座位試行の尿量の変化をみると、40 分から 60 分にかけて尿量が増加し、60 分の時点で PP 試行と同様の値となる動態を示し、PP 試行の方が早期に尿を多く排出していることが確認できる。尿量は体内の水分の充足状態に応じて調節されており、例えば、過剰な水分の摂取により体液浸透圧が低下した場合には、尿量の増加により浸透圧を一定に保とうとするメカニズムが働く。本研究では、前日からの体水分の標準化手続きを実施させており、別途、尿採取時には完全排尿を徹底させている。そのため、尿量と水分吸収速度には明確な関係性があると考えられる。よ

って、40分時点においてPP試行の尿量が多かったことは、水分がより速やかに吸収されたことを反映しているものと思われる。加えて、同位体濃度が平衡に達するまでの時間はPP試行の方が短い傾向にあった。これらの現象を総合的に考察すると、PP試行の方が水分が速やかに吸収された可能性が高いと推察される。

本結果は、体位を工夫することで、水分の吸収を促進できる可能性を示唆するものであるが、詳細を明らかにするためには、実験デザインを改良し、更に検証を深めることが必要である。

< 主要参考文献 >

Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American college of sports medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc 2007; 39: 377-390.

Leiper JB. Fate of ingested fluids: Factors affecting gastric emptying and intestinal absorption of beverages in humans. Nutr Rev 2015; 73: 57-72.

Péronnet F, Mignault D, du Souich P, Vergne S, Le Bellego L, Jimenez L, Rabasa-Lhoret R. Pharmacokinetic analysis of absorption, distribution and disappearance of ingested water labeled with D₂O in humans. Eur J Appl Physiol 2012; 112: 2213-2222.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計4件)

Morikawa A, Azuma H, Suzuki M, Yamada Y, Nakae S, Hojo T, Higaki Y, Tanaka H, Ebine N. Evaluation of total body water in different bioimpedance analyzers: D₂O used as reference. 第37回日本肥満学会. 2016年10月8日, 東京ファッションタウンビル(東京都・江東区).

Morikawa A, Suzuki M, Tanaka U, Yamada Y, Nakae S, Hojo T, Higaki Y, Tanaka H, Ebine N. Body Position & Water Absorption ~An investigation with isotopic labeled water~. The 21st Annual Congress of the European College of Sport Science. 2016年7月8日, Vienna (Austria).

Morikawa A, Hamada Y, Arai S, Tanaka U, Sagayama H, Yamada Y, Nakae S, Higaki Y, Tanaka H, Ebine N. Total body water estimation: bioimpedance analyzer versus D₂O method. 第36回日本肥満学会. 2015年

10月2日, 名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市).

田中 歌, 石川 昂志, 下山 寛之, 中江 悟司, 山田 陽介, 檜垣 靖樹, 田中 宏暁, 北條 達也, 海老根 直之. 飲料と食事の摂取タイミングが水の吸収に及ぼす影響. 第70回日本体力医学会大会. 2015年9月20日, 和歌山県民文化会館・ホテルアバローム紀の国(和歌山県・和歌山市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

海老根 直之 (EBINE, Naoyuki)
同志社大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 30404370

(2) 研究分担者

北條 達也 (HOJO, Tatsuya)
同志社大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号: 40298740

中江 悟司 (NAKAE, Satoshi)
東京学芸大学・教育学部・研究員
研究者番号: 80613819

(3) 研究協力者

田中 宏暁 (TANAKA, Hiroaki)
檜垣 靖樹 (HIGAKI, Yasuki)
田中 歌 (TANAKA, Uta)
荒井 翔子 (ARAI, Shoko)
濱田 安重 (HAMADA, Yasushige)
石川 昂志 (ISHIKAWA, Takashi)
森川 綾子 (MORIKAWA, Ayako)
鈴木 睦子 (SUZUKI, Mutsuko)
渡口 槇子 (TOGUUCHI, Makiko)