

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：35412

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H06454・19K21524

研究課題名（和文）アイススラリーによる運動能力向上のメカニズムに関する研究—中枢神経系に着目して—

研究課題名（英文）Mechanism behind the Ergogenic Effect of Ice Slurry: the Effect on Central Nervous System

研究代表者

鬼塚 純玲 (Onitsuka, Sumire)

広島文化学園大学・人間健康学部・講師

研究者番号：20827349

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではアイススラリーの摂取が脳活動及び認知機能に及ぼす影響を明らかにすることを最終目的に、暑熱下（室温35℃，湿度50%）運動時に認知機能が低下するプロトコルを確立するための予備実験を実施した。最大酸素摂取量の55%の負荷で40分間の自転車運動中にヴィジランス課題（7分程度）を10分毎に実施した結果、運動前と比較して運動終了後に認知機能が低下することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに暑熱環境下における運動時に認知機能が低下したことを報告する研究は多く存在しているが、それらの研究間では環境条件や運動形態などが一貫しておらず、実際の競技現場で見られるような認知課題を設定している研究も少ない。ヴィジランス課題は運動パフォーマンスに影響を及ぼす集中力が問われる課題であり、運動中に課題の成績が低下するプロトコルを確立することができれば、先行研究よりも競技現場に近い認知機能の低下を再現することができると思われる。本研究結果はその前段階となるものであり、暑熱ストレスと認知機能の関係に関する研究の進展に寄与できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted a preliminary experiment to establish a protocol observing reduction in cognitive function during exercise in a hot environment (35℃ and 50% relative humidity), with the aim of clarifying the effects of ice slurry on brain activity and cognitive function. Vigilance tests were carried out every 10 minutes during a 40-min bicycle exercise with a 55% load of maximum oxygen uptake. As a result, it was found that cognitive function decreased after the end of exercise compared with before exercise.

研究分野：環境運動生理学，スポーツ栄養学

キーワード：暑さ対策 アイススラリー 認知機能 脳活動

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

暑熱環境下における運動時には体温が過度に上昇し、末梢性(脱水やエネルギー源の枯渇など)や中枢性(脳内神経伝達物質の変化やモチベーションの低下など)の要因を介して疲労が誘発され、運動能力が低下する(Hasegawa & Cheung, 2013). このような弊害を防ぐには、運動前にからかじめ身体を冷却する“プレクーリング”という暑さ対策が有効である。身体冷却には従来から使用されてきた冷水浴やアイスパックのような外部冷却と、近年注目を集め始めた冷たい飲料の摂取による内部冷却があるが、設備面や実施の容易さから内部冷却の方が評価されている。特に、アイスラリーという微細な氷と液体が混合したスムージー様の飲料は冷却効果が大きく、外部冷却の中で有効性が高い冷水浴と同等に持久性運動能力を向上させることが報告されている(Siegel et al., 2012). アイスラリーが運動能力を向上させることは他にも多くの研究で示されており、従来のプレクーリングと同様に、運動前の核心温低下により疲労や運動能力の低下が現れるまでの時間を延長することが要因として考えられている(Ross et al., 2011; Yeo et al., 2012). しかしながら、核心温の低下がさほど見られない場合でも運動能力が向上したという報告もあり、アイスラリーの摂取による運動能力向上の背景にあるメカニズムは十分に明らかになっていない。

一方で、脳温の低下や報酬などの脳領域の活性化をメカニズムのひとつとして提唱する研究も存在する(Siegel et al., 2011; Jones et al., 2012; Tan & Lee, 2016). しかしながら、方法論の問題から脳温に及ぼす影響はこれまで検討されておらず、報酬領域の活性化についてもアイスラリーの摂取により運動誘発性高体温後の最大随意収縮力の低下が抑制されたという観察により支持する研究(Siegel et al., 2011)と、相反する結果を報告する研究(Burdon et al., 2014)があり、中枢神経系に及ぼす影響についてはほとんど検討されていないのが現状である。そこで、申請者は脳温の低下に着目し、アイスラリーの摂取が顔の皮膚表面を冷却することで脳を冷却するという Siegel et al. (2012)の仮説に基づき系統的に検討を行ってきた。その結果、温暖環境下におけるアイスラリーの摂取は前額部皮膚温を低下させること(Onitsuka et al., 2015)、常温環境下におけるアイスラリーの摂取は脳温を低下させること(Onitsuka et al., 2018)を明らかにした。脳温を測定する装置の制限により研究間で環境条件は異なるものの、これらの研究成果から、アイスラリーの摂取は前額部の冷却により脳へ流入する血液を冷却し、それによって脳を冷却することが示唆された。脳温の過度な上昇は脳活動に有害な影響を及ぼし、認知機能を低下させ、それが運動能力の低下や熱中症の発症へとつながると考えられている(Cheung & Sleivert, 2004). アイスラリーの摂取が脳をプレクーリングできるということは、脳活動や認知機能に有害な影響が現れるまでの時間を延長することができ、それが運動能力向上の一因になっている可能性が推察される。しかしながら、前述のように中枢神経系に及ぼす影響を検討している研究はほとんどなく、“アイスラリー摂取による脳の冷却がその後の脳活動や認知機能にどのような影響を及ぼすのか”は明らかになっていない。

## 2. 研究の目的

本研究では上記の学術的問いに答えるため、以下の2つを目的とした。

- ① 暑熱環境下での運動時における認知機能の低下を再現するプロトコルを確立する。
- ② 運動前のアイスラリー摂取がその後の暑熱環境下における運動中の脳活動および認知機能の低下を抑制できるか否か明らかにする。

## 3. 研究の方法

【①暑熱環境下での運動時における認知機能の低下を再現するプロトコルの検討】

アイスラリー摂取が脳活動および認知機能に及ぼす影響を検討するのに先立ち、先行研究で報告されているような認知機能の低下が見られる実験プロトコルを確立する。暑熱環境条件において運動前のレベルよりも認知機能が低下するような環境条件や運動強度を検討したうえで、常温環境条件と比較する。先行研究では、運動の前後に認知課題を行っているものがほとんどであるが、本実験では、運動中も定期的に課題を行い、運動中の経時的な変化を観察することで、認知機能が低下しはじめる生理学的レベル（体温や心拍数など）を明らかにする。

【②アイスラリー摂取が暑熱環境下における運動中の脳活動および認知機能に及ぼす影響】

実験①により確立されたプロトコルを用いて、アイスラリーの摂取が暑熱環境下における運動中の脳活動および認知機能に及ぼす影響を検討する。脳活動の評価には、事象関連電位の測定を用いる。実験条件は運動前に中立温度（37℃）の飲料を摂取するコントロール条件とアイスラリーを摂取する条件を設定し、コントロール条件で見られる脳活動や認知機能の低下がアイスラリー摂取条件で抑制されるか否かを明らかにする。本実験では、脳温の間接的な測定法として用いられている熱流補償法による前額部深部温の測定を行うことで、アイスラリーの摂取が脳温を低下させているか否かを観察したうえで、その脳の冷却が後の認知課題中における事象関連電位の変化や課題の成績に及ぼす影響を明らかにする。

本研究では、これら2つの実験により、暑熱環境下での運動中に脳活動や認知機能の低下が見られるような場合に、アイスラリーの摂取が有効であるか否かを明らかにし、中枢神経系に及ぼす影響という観点から、アイスラリー摂取による運動能力向上のメカニズムに対する示唆を提供する。

4. 研究成果

今年度は①の実験の予備実験を実施した。実験概要および結果は下記の通りである。

【被験者】

健康な男子大学生 9名(年齢：21.9 ± 0.9 歳，体重：59.30 ± 9.28kg，身長：170.1 ± 6.4cm， $VO_{2peak}$ ：50.5 ± 8.3ml/kg/min，Watt max：208.9 ± 22.0W)

【環境条件】

室温 35℃，相対湿度 50%

【実験プロトコル】

実験プロトコルを図1に示した。被験者は15分の安静後、セミリカンベント式エルゴメーターを用いて40分間の一定負荷運動を行った。運動後は10分間の回復期を設けた。認知課題は安静と回復期に1回ずつ、運動中10分毎に計4回行った。

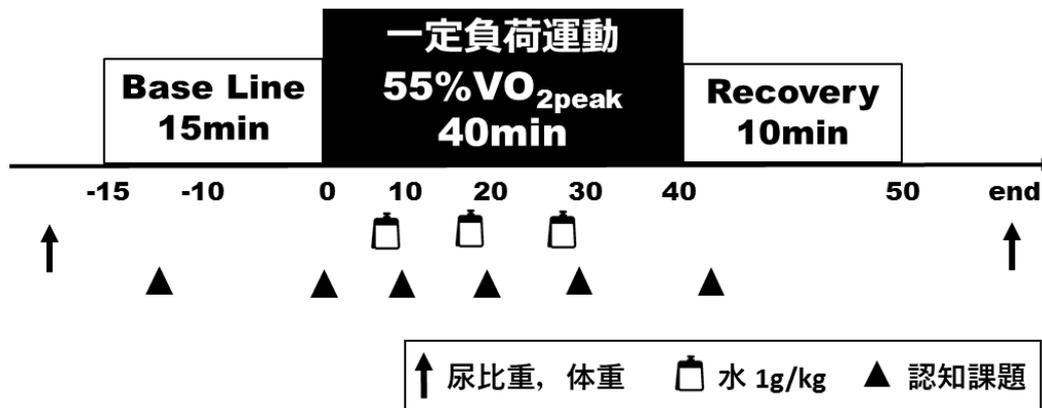


図1 実験プロトコル

## 【認知課題】

James et al., (2015) を参考に作成したヴィジランス課題を使用した。ヴィジランスとは注意の焦点を維持し、長時間にわたって刺激に警戒する能力のことで、ヴィジランス課題は持続性注意（集中力）の指標とされている。課題の内容は、はじめに提示された3つのアルファベットを覚え、ランダムに出現するアルファベットの中から覚えたものが出てきたときにできるだけ速くかつ正確に反応するよう教示した。1課題は300刺激とし、反応しなければならない Target が33刺激、Non-target が267刺激で構成された。

## 【測定項目】

直腸温、平均皮膚温(胸部, 上腕部, 大腿部, 下腿部), 主観的運動強度, 温熱感覚, 熱快適性, 認知パフォーマンス (反応時間, 正答率)

## 【結果】

ヴィジランス課題における正答率の経時的变化を図1に示した。

反応時間に時間的な差は観察されなかったが、正答率は運動前と比較して、運動後に有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。

直腸温は運動開始時で  $36.93 \pm 0.26^{\circ}\text{C}$  だったが、運動終了時には  $39.07 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$  まで上昇した。

体重は実験前 ( $59.57 \pm 8.62\text{kg}$ ) と比較して、実験後 ( $58.57 \pm 8.65\text{kg}$ ) に有意に低下した ( $p < 0.05$ ) が、脱水率は  $1.7 \pm 0.6\%$  であり、脱水による認知機能への影響は排除できたと考えられる。

## 【考察】

本研究において、運動後にのみ認知機能が低下した要因は、直腸温にあると考えられる。暑熱ストレスと認知機能に関する最新のレビューによると、認知機能は核心温の上昇が  $38.5^{\circ}\text{C}$  までは改善し、その後  $39.0^{\circ}\text{C}$  までは平衡状態を保つが、 $39.0^{\circ}\text{C}$  を超えると低下することが報告されている (Schmit et al., 2017)。本研究では直腸温が  $39.0^{\circ}\text{C}$  を超えたのは運動終了後であったため、運動後のみ認知機能が低下したと考えられる。

本研究結果より、暑熱環境下における運動後にヴィジランス課題により評価した認知機能が低下することが明らかになった。運動中の認知機能の低下を再現するプロトコルを確立することを目標としているため、今後さらに予備実験を重ねていく必要があるが、運動生理学分野でヴィジランス課題を用いて運動中に認知機能を評価している研究はなく、本研究結果は新たな方法論の提唱に寄与できると考えられる。本研究により、直腸温が  $39.0^{\circ}\text{C}$  を超えると認知機能が低下するという先行研究の見解を支持する結果が得られたため、運動後半に直腸温が  $39.0^{\circ}\text{C}$  を超えるような環境条件と運動時間・強度を模索し、競技中に集中力が低下するような状況を再現できる実験プロトコルを確立したいと考えている。

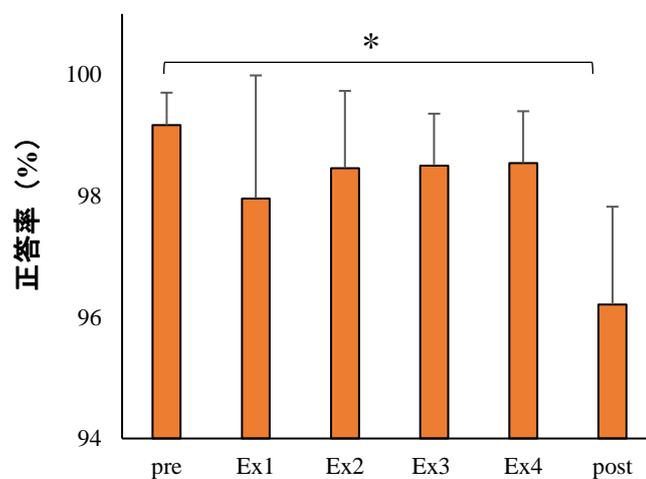


図2 正答率の経時的变化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----