

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17858

研究課題名(和文)時刻に着目した新たな熱中症予防法の検討

研究課題名(英文)Effect of time-of-day on heat-induced hyperventilation and cerebral hypoperfusion

研究代表者

辻文(Tsuji, Bun)

県立広島大学・大学教育実践センター・准教授

研究者番号：40707212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：暑熱下において深部体温が上昇すると、高体温誘因の過換気反応が見られ、これにより動脈血中二酸化炭素(CO₂)分圧の低下とそれに付随する脳血流の低下が起こる。本研究は、安静加温時における二酸化炭素に対する脳血流応答に及ぼす1)時刻の影響および2)暑熱下運動トレーニングの時間帯の影響を検討した。その結果、安静加温時において脳血管の拡張反応は早朝よりも夕方に低下すること、さらに、CO₂に対する脳血管応答性は暑熱下運動トレーニングの時間帯の影響を受けないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、体温上昇時に起こる過換気とそれに付随する脳血流の低下が熱中症の一因であることが示唆されているが、これら反応に及ぼす時刻の影響はほとんど明らかではなかった。本研究の結果、早朝よりも夕方では高体温時の脳血管拡張機能が低下することが明らかになった。熱中症による搬送者数は早朝よりも昼から夕方が多く、これには単に気温の変化だけでなく、本研究で観察された夕方における二酸化炭素に対する脳血管拡張機能の低下といった高体温時の脳血流反応の日内変化が関与している可能性がある。本結果は暑熱環境下における安全確保とその具体策を提示する上で重要な基礎的知見になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Hyperthermia leads to increases in minute ventilation, resulting in hypocapnia and cerebral hypoperfusion. This study examined the effect of time-of-day on cerebrovascular responsiveness to changes in end-tidal CO₂ during passive heating. We showed that cerebral vasodilator response to CO₂ during heat stress diminishes in the evening than in the morning, and that exercise training in the heat (heat acclimation) at a fixed daily time does not affect cerebrovascular responsiveness to CO₂ during passive heating.

研究分野：運動生理学

キーワード：高体温 過換気 熱中症 脳虚血

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、気温の上昇に伴って、熱中症による搬送者数は増加傾向にある(厚生労働省)。熱中症の要因としては、一般的に体温の上昇、脱水や循環調節の不全などが知られているが、これらに加えて、近年、体温上昇時に起こる過換気(過呼吸)が関与していることが示唆されている。この温熱性の過換気によって動脈血中 CO_2 分圧 (PaCO_2) が低下し、脳血管収縮による脳血流量の低下とそれに付随する脳温上昇や中枢性疲労が起こり、これらが熱中症や運動パフォーマンス低下の一因であることが示唆されている。しかし、体温上昇に伴う過換気および脳血流低下反応の特性や、これら反応を改善する手法については十分に明らかではない。

先行研究において常体温時における PaCO_2 に対する脳血流応答に及ぼす時刻の影響を検討したところ、 PaCO_2 低下に対する脳血流低下反応は早朝と夕方では違いはみられないが、 PaCO_2 上昇に対する脳血流増加反応は夕方よりも早朝で低下することが報告されている(Ameriso et al. 1994)。しかし、この脳血流調節の日内変化が高体温時においてもみられるのかは明らかではない。

暑熱環境下で繰り返し運動トレーニングを行うと、暑熱順化とよばれる生理的適応が生じ、運動パフォーマンスの向上や暑熱耐性の向上が起こる。近年、暑熱環境下で6日間の運動トレーニングを実施し暑熱順化を引き起こしたところ、順化後には安静加温時における脳血流の低下が抑制されたことが報告されている(Fujii et al. 2005)。しかし、この暑熱順化に伴う脳血流の低下反応の改善を効果的に得る方法については、明らかになっていない。一方、暑熱順化による深部体温の低下や発汗反応の改善は、暑熱暴露された時間帯で顕著に表れるという興味深い報告がある(Shido et al. 1999)。したがって、前述の暑熱順化に伴う脳血流の低下の改善も、暑熱暴露された時間帯の影響を受ける可能性が考えられるが、これについては明らかではない。

2. 研究の目的

以上のことから本研究では、安静加温時における CO_2 に対する脳血流応答に及ぼす(1)時刻の影響(課題1)および(2)暑熱下運動トレーニングの時間帯の影響(課題2)を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

課題1では、健康な成人男性を対象として、常温環境下(室温 26°C 、湿度 50%)において、早朝および夕方の2条件下で、安静状態において深部体温を 1°C 上昇させた。この安静加温の前後で、5分間の高 CO_2 (5% CO_2) 吸入および5分間の過換気を行った。過換気および高 CO_2 吸入によって呼気終末 CO_2 分圧 (PETCO₂: PaCO_2 の指標) を低下および上昇させ、その際の脳血流反応を評価した。測定項目は食道温(深部体温の指標)、皮膚温4部位、呼気ガス、心拍数、動脈血圧、前腕発汗量(換気カプセル法)、前腕皮膚血流量(レーザードップラー法)、中大脳動脈血流速度(脳血流量の指標、経頭蓋超音波ドップラー法)、動脈血酸素飽和度であった。

課題2では、6日間の暑熱下運動トレーニングを行い、暑熱順化を引き起こす前後で安静時暑熱負荷テスト[課題1と同様]を朝および夕方に行った。運動トレーニングは、夕方の安静時暑熱負荷テストと同時間帯に固定して実施した。

4. 研究成果

課題1において、高 CO_2 吸入による PETCO₂ 上昇に対する脳血流の応答性(PETCO₂ と脳血流速度の関係における回帰直線の傾き)は、深部体温上昇時において、早朝よりも夕方有意に低下した(図1)。この結果から、深部体温上昇時において、夕方では CO_2 に対する脳血管の拡張反応が低下することが初めて示唆された。一方で、過換気による PETCO₂ 低下に対する脳血流の応答性は、加温前と加温後ともに、朝と夕方では有意な違いはみられなかったことから、脳血管の収縮反応は時刻の影響を受けないことが示唆される。

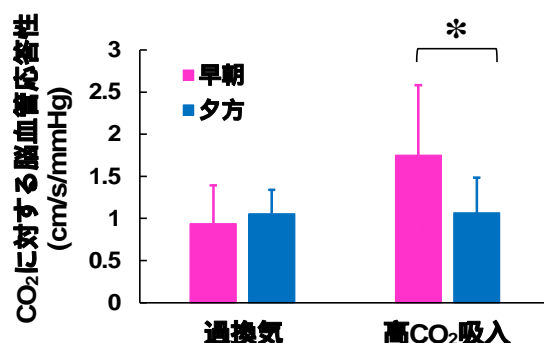


図1. 過換気および高 CO_2 吸入時における CO_2 に対する脳血流の応答性.

* $P < 0.05$, 早朝 vs. 夕方.

熱中症による搬送者数は早朝よりも昼から夕方が多く（東京消防庁）、これには単に気温の変化だけでなく、本研究で観察された夕方における CO₂ に対する脳血管拡張機能の低下といった高体温時の脳血流反応の日内変化が関与している可能性がある。本研究では、熱中症との関連性は不明であるが、本結果からの推察として、脳血管拡張反応の低下は、高体温時における脳血流低下からの回復が早朝よりも夕方では遅くなる（低下する）ことを意味するのかもしれない。

課題 2 において、朝と夕方のいずれにおいても、常体温と高体温時で関係なく、暑熱順化前後で有意な違いはみられなかった。この結果から、CO₂ の変化に対する脳血管応答性は、暑熱順化さらには暑熱トレーニングの時間帯の影響を受けないことが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Bun Tsuji, Saori Yamashita, Mika Yamamoto, Naoto Fujii, Takeshi Nishiyasu
2. 発表標題 Effect of time-of-day on cerebral CO2 reactivity in resting heated humans
3. 学会等名 ARIHHP Human High Performance International Forum 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----