

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K17883

研究課題名（和文）アスリートの運動時における脳内神経基盤ネットワークの解明

研究課題名（英文）Neural network during exercise in athletes

研究代表者

赤澤 暢彦（Akazawa, Nobuhiko）

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・契約研究員

研究者番号：30713250

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）：アスリートが競技パフォーマンスを発揮するためには、運動中の認知機能も重要になると考えられている。本研究では、機能的磁気共鳴装置（fMRI）を用いた脳機能イメージング手法による脳活動動態に着目し、疲労困憊運動が認知機能および脳活動動態に及ぼす影響を検討した。疲労困憊運動の前後において、認知機能が向上した群では脳活動動態の変化は認められなかったが、認知機能が低下した群では中前頭回における脳活動賦活の増加が認められた。疲労困憊運動における認知パフォーマンスの変化には、脳活動動態パターンが影響する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳機能イメージングを用いた研究では、優れた認知機能を有するアスリートは少ない脳活動で認知パフォーマンスを発揮することが報告されている。しかし、運動疲労時における脳活動については不明であった。本研究では、疲労時に認知機能が低下する群では中前頭回の脳活動賦活が増大したが、認知機能が向上する群では脳活動賦活の変化は認められなかった。すなわち、運動によって変化する脳活動パターンが認知パフォーマンスに影響するという新しい学術的知見が示された。この知見より、疲労時における認知機能に関連する要因の一つが明らかになり、コンディションを考える上での評価ツールに応用できる可能性が期待された。

研究成果の概要（英文）：To perform higher athletic performance in athletes, cognitive function during exercise is play an important role in attention, information processing, and decision making. The present study focused on the cerebral hemodynamics evaluated by brain function imaging using functional magnetic resonance imaging (fMRI) and investigated the impact of exhaustive exercise on cognitive function and cerebral hemodynamics. Before and after exhaustive exercise, the cerebral hemodynamics did not change in the improved cognitive function group. The activation volume in the middle frontal gyrus increased after exhaustive exercise in the worsened cognitive function group. These results suggested that the cognitive performance after exhaustive exercise was associated with the pattern of cerebral hemodynamics.

研究分野：運動生理学

キーワード：fMRI 認知機能 疲労 コンディション

1. 研究開始当初の背景

球技系スポーツに代表されるオープンスキルの競技では、ゲーム状況がめまぐるしく変化し、選手は常にその変化に対応しながらのプレーが求められる。これらの競技種目のアスリートは高速で動くボールや相手および味方プレイヤーの情報を認識して、瞬時に判断して、プレーに移らなければならない。すなわち、これらの競技で高いパフォーマンスを発揮するためには注意力、判断力、情報処理能力などの実行機能が必要である。これまでに、トップアスリートは一般健常者に比べて実行機能が優れていることが明らかにされている (Voss et al., *Appl Cognit Psychol* 2010)。また、バレー選手における高強度運動中の実行機能は睡眠質に影響を受けることが報告され (Akazawa et al., *Eur J Appl Physiol* 2019)、コンディションが変化するような強度の高い運動や疲労を惹起する運動は実行機能に影響することが示唆されている。

磁気共鳴装置画像 (magnetic resonance image: MRI) を用いたイメージング研究では、超一流サッカー選手は少ない脳活動で運動を制御していることが報告されている (Naito & Hirose, *Front Hum Neurosci* 2014)。また、球技系のアスリートは、一般健常者と比べて実行機能や感覚統合を司る前頭前野および上頭頂小葉の脳活動賦活は少ない状態で優れた実行機能を発揮していることが報告されている (Guo et al., *Front Behav Neurosci* 2017)。運動による疲労の影響を検討した研究では、疲労後には感覚運動野、線条体、視床間などの皮質下の脳活動が低下し、運動制御の脳活動賦活パターンが変化することが示されている (Hou et al. *Front Psycho* 2016)。これらにより疲労によって脳活動動態が変化することが示唆されているが、疲労運動後における実行機能と脳活動動態との関係は明らかにされていない。

2. 研究の目的

運動による疲労が認知機能および脳血流動態に及ぼす影響を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、一般若年男性 19 名 (30 ± 3 歳) を対象にして、自転車エルゴメーター (風神雷神、OC LABO 社製) を用いた漸増負荷運動試験 (50W/8min) を実施した。その前後にて、認知機能および脳血流動態を測定した。認知機能の測定には、中立課題と不一致課題のストループタスクを用いて、ストループ干渉時間を評価した。脳血流動態の評価には、3T の MRI 装置 (Skyra、Siemens 社製) を用いて T2*エコープラナー法により撮像パラメーターを TR2000ms、TE30ms、Flip Angle 90°、Slice 3mm、Size 3x3 mm に設定して、BOLD 信号を測定した。得られた BOLD 信号を SPM12 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, University College London) にて解析して、ストループ干渉に関する脳活動賦活部位を特定した。また、主観的コンディションとして、疲労感、覚醒度、眠気を Visual Analog Scale (VAS) にて、運動前、運動直後、課題終了後の 3 点で評価した。本研究では、疲労困憊運動によりストループ干渉時間が延長した実行機能低下群とストループ干渉時間が短縮した実行機能向上群に群分して解析した。

4. 研究成果

疲労困憊運動によって、低下群のストループ干渉時間は有意に延長し、向上群のストループ干渉時間は有意に短縮したが、中立課題反応時間および不一致課題反応時間の有意な差が認められなかった。低下群の疲労感は運動直後に有意に増大し、課題後においても疲労感の増加は維持された。一方、向上群の疲労感は運動直後に有意に増大したが、課題後においては運動直後に比べて有意に低くなった。また、低下群の課題後における覚醒度は有意に低下したが、向上群では有意な変化は認められなかった。運動直後の眠気は有意な変化は認められず、課題後において有意に増加した。

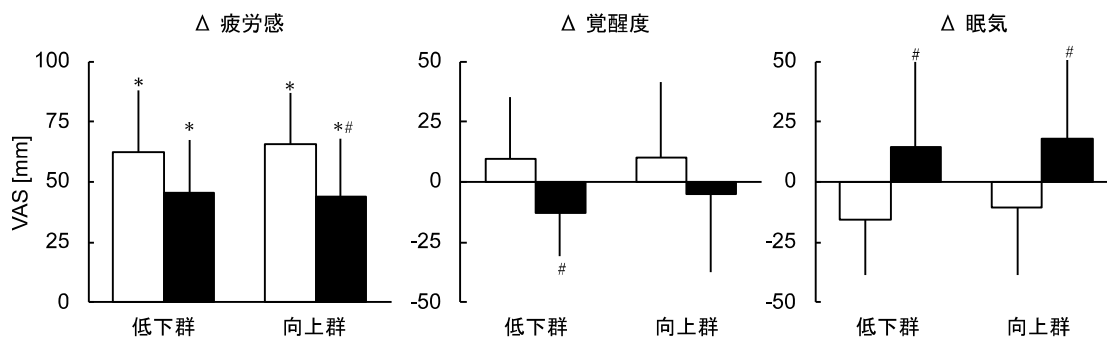


図1. 運動前後における主観的コンディションの変化. VAS: visual analog scale.

* P < 0.05 vs 運動前、# P < 0.05 vs 運動直後

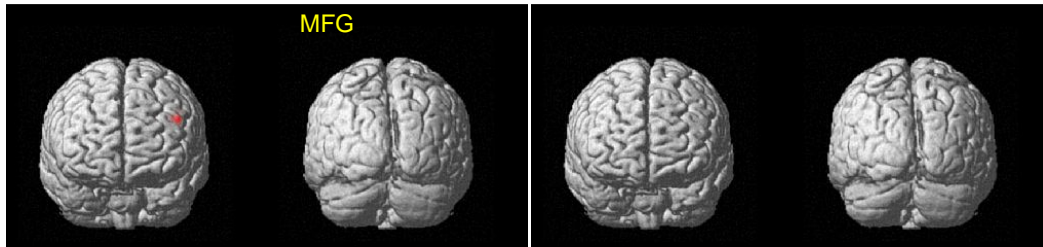


図 2. 運動前後における脳活動動態の変化. MFG: middle frontal gyrus

向上群の脳活動賦活は運動前後で変化しなかったが、低下群の中前頭回における脳活動賦活は有意に増加した。これらのことから、疲労運動後の実行機能の低下には、前頭前野の脳活動賦活や運動後における疲労感と覚醒度が関係することが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shindo-Hamasaki Ai, Akazawa Nobuhiko, Momma Reiko, Maeda Seiji	4. 巻 27
2. 論文標題 The Association between Homocysteine, Arterial Stiffness and Executive Function Middle-age and Older Women	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Artery Research	6. 最初と最後の頁 32～32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2991/artres.k.201102.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Akazawa Nobuhiko, Kobayashi Naoko, Nakamura Yuki, Kumagai Hiroshi, Choi Youngju, Maeda Seiji	4. 巻 119
2. 論文標題 Effect of sleep efficiency on salivary metabolite profile and cognitive function during exercise in volleyball athletes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 2215～2223
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00421-019-04205-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakamura Yuki, Choi Youngju, Akazawa Nobuhiko, Park Insung, Kawana Fusae, Satoh Makoto, Tokuyama Kumpei, Maeda Seiji.	4. 巻 24
2. 論文標題 The effect of sleep quality on cognitive functions in young healthy men.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in exercise and sports physiology	6. 最初と最後の頁 51-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akazawa Nobuhiko, Tanahashi Koichiro, Kosaki Kosaki, Ra Song-Gyu, Matsubara Tomoko, Choi Youngju, Zempo-Miyaki Asako, Maeda Seiji.	4. 巻 6
2. 論文標題 Aerobic exercise training enhances cerebrovascular pulsatility response to acute aerobic exercise in older adults.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e13681
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14814/phy2.13681	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akazawa Nobuhiko, Hamasaki Ai, Tanahashi Koichiro, Kosaki Keisei, Yoshikawa Toru, Myoenzono Kanae, Maeda Seiji	4. 巻 53
2. 論文標題 Lactotriptide ingestion increases cerebral blood flow velocity in middle-aged and older adults	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nutrition Research	6. 最初と最後の頁 61 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nutres.2018.03.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamasaki Ai, Akazawa Nobuhiko, Yoshikawa Toru, Myoenzono Kanae, Tagawa Kaname, Maeda Seiji	4. 巻 245
2. 論文標題 Age-Related Declines in Executive Function and Cerebral Oxygenation Hemodynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Tohoku Journal of Experimental Medicine	6. 最初と最後の頁 245 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1620/tjem.245.245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamasaki Ai, Akazawa Nobuhiko, Yoshikawa Toru, Myoenzono Kanae, Tagawa Kaname, Sawano Yuriko, Nishimura Makoto, Maeda Seiji	4. 巻 114
2. 論文標題 Central artery stiffness is related to cerebral oxygenation hemodynamics during executive function tasks in healthy middle-aged and older adults	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 93 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.exger.2018.10.022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamasaki Ai, Akazawa Nobuhiko, Yoshikawa Toru, Myoenzono Kanae, Tanahashi Koichiro, Sawano Yuriko, Nakata Yoshio, Maeda Seiji	4. 巻 109
2. 論文標題 Combined effects of lactotriptide and aerobic exercise on cognitive function and cerebral oxygenation in middle-aged and older adults	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The American Journal of Clinical Nutrition	6. 最初と最後の頁 353 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ajcn/nqy235	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akazawa Nobuhiko, Kumagi Hiroshi, Yoshikawa Toru, Myoenzono Kanae, Tanahashi Koichiro, Maeda Seiji.	4. 巻 17
2. 論文標題 Cerebral blood flow velocity is associated with endothelial function in men	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Men ' s Health	6. 最初と最後の頁 41-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31083/jomh.2021.049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 赤澤暢彦, 大西貴弘, 高橋英幸.
2. 発表標題 ストループタスク時における実行機能と脳活動の関係.
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤澤暢彦.
2. 発表標題 ストループタスクの正誤率と脳活動の関係.
3. 学会等名 九州体育スポーツ学会第68回大会
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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------