

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11411

研究課題名(和文)コンディションが力調節能力に及ぼす影響の脳科学的メカニズムの解明

研究課題名(英文)Elucidation of the effect of condition on force steadiness through the insight of brain sciences

研究代表者

赤澤 暢彦 (Akazawa, Nobuhiko)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：30713250

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：身体各部における巧みな動きは、末梢性の骨格筋機能よりも中枢性の神経系に影響されると考えられる。本研究では、fMRIによる脳機能イメージング手法に着目し、疲労困憊運動が力調節安定性と脳活動動態に及ぼす関係性について検討した。疲労困憊運動は、力調節安定性(Steadiness)を有意に増加させた。一方で、力発揮時の脳活動動態の変化は認められなかった。これらのことから、全身的な疲労困憊運動による力調節機能の低下に脳神経活動が関与する可能性は低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

アスリートの力調節機能は高いことが示されている。また、疲労時には力調節機能が低下し、パフォーマンスの低下と関係することも報告されていたが、そのメカニズムまでは明らかにされていなかった。そこで、本研究では、脳機能イメージングに着目し、fMRIを用いて、疲労時の力調節機能と脳活動動態について検討した。しかし、疲労時においても力発揮時の脳活動動態の変化は認められなかった。疲労が脳機能に及ぼす影響を明らかにするためには、運動の種類や力調節について検討することが今後の研究課題になると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Higher performance of force regulation in various sports movement is thought to be affected by the central nervous system rather than peripheral skeletal muscle function. In the present study, we investigated the effect of exhaustive exercise on relationships between force regulation ability (steadiness) and cerebral activity dynamics. Exhaustive exercise significantly worsens steadiness of handgrip. On the other hand, there was no change in cerebral activation during handgrip force regulation. These findings suggest that cerebral neural activity is unlikely to be involved in the fatigue-induced reduction of force regulation.

研究分野：運動生理学

キーワード：脳イメージング 疲労 力調節

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

最高の身体パフォーマンスには、筋力や持久力のような運動を起こす力、持続する力だけでなく、運動を調整する力などのフィットネス要素が必要である。身体各部における運動の巧みな調節には、脳からの指令による運動を制御する能力が関与している。運動制御に関わる一定の力を持続するように調整されている Steadiness (力調節安定性) は、末梢性の骨格筋機能よりも中枢性の神経系に反映されることが示されている。また、力調節安定性はスポーツスキルに関連することやアスリートの力調節安定性は高いことなどが報告されている (Salonikidis et al., Eur J Appl Physiol 2009)。一方で、運動による疲労は筋発揮を調整する力調節安定性も低下することが報告されている (Missenard et al., Muscle Nerve 2009)。すなわち、運動疲労による力調節安定性低下を抑制することが重要になると考えられる。

運動制御能力に関して、機能的核磁気共鳴装置 (functional magnetic resonance imaging: fMRI) による脳機能イメージングを用いた中枢神経基盤の検討がなされている。これらの先行研究では、力調節安定性は運動に関わる運動野、大脳基底核、小脳だけでなく前頭前野、島、下葉などの神経活動賦活も関連することが報告されている (Yoon et al., Exp Brain Res 2014)。さらに、掌握運動中の中枢神経活動を検討した研究では、疲労困憊運動は掌握運動中の神経活動賦活パターンを変化させ、運動前後どちらも運動野関連の神経活動が賦活するが、運動後において大脳基底核や視床など皮質下における神経活動が減弱することが報告されている (Hou et al. Front Psychol 2016)。しかし、疲労困憊運動による力調節安定性低下と中枢神経活動パターンの関連性は明らかにされていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、疲労困憊運動が力調節安定性および脳活動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、一般若年者 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、力調節暗転性および脳活動動態を測定した。力調節安定性の測定には、低強度の 10% 最大筋力 (maximal voluntary contraction: MVC) と中強度の 50% MVC における握力発揮テストを実施して、その変動係数 (Coefficient variance; CV) を評価した。疲労困憊運動の前に、実験当日における右手の MVC を、非磁性体握力計 FG1002 (Uchida Denshi Inc, Tokyo, Japan) を用いて 1 分間のレストを挟んで 2 回実施し、最大値を MVC として採用した。対象者はモニターに映し出された 10%MVC と 50%MVC のターゲットラインに 20 秒間維持するように指示され、それぞれの強度における掌握運動の力調節発揮を交互に 20 秒間のレストを挟んで 4 セット実施した。トルクのアナログ信号は、AD 変換器 (PowerLab/16SP, AD instruments Inc, Castle Hill, Australia) に接続され、サンプリング周波数 1000Hz にて PC に取り込まれた。20 秒間の握力調節発揮のうち、安定した 15 秒間の平均値および標準偏差を算出し、CV を求め、それぞれの強度で 4 セットの平均を Steadiness として採用した。脳活動動態の評価には、3T の MRI 装置 (SIGNA PREMIER, GE HealthCare Inc, Waukesha, USA) 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。得られた脳画像データを、SPM12 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, University College London) を用いて、動き補正、時間補正、位置合わせ、標準脳への変換、空間平滑化の順に前処理し、BOLD (blood oxygen level-dependent) 信号のコントラスト統計量について解析し、力発揮時における脳活動賦活動態を評価した。

4. 研究成果

疲労困憊運動により、10 %MVC 試行および 50 %MVC 試行の CV は有意に高くなった。しかし、疲労困憊運動の前後にて脳活動の有意な変化は認められなかった。これらのことより、全身的な疲労困憊運動による上肢の力調節機能の低下に脳活動は関与しない可能性が示唆された。

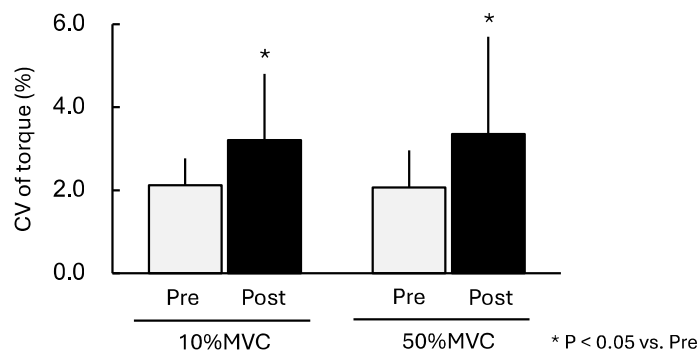


図1. 疲労運動前後における Steadiness の変化. * P < 0.05 vs 運動前

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Akazawa N, Kumagi H, Yoshikawa T, Myoenzono K, Tanahashi K, Maeda S.	4. 巻 17(3)
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 1件）

1. 発表者名 赤澤暢彦、中村真理子
2. 発表標題 疲労困憊運動が実行機能および脳活動に及ぼす影響
3. 学会等名 第77回日本体力医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akazawa N, Nakamura M.
2. 発表標題 The impact of exhaustive exercise on brain activation and executive function.
3. 学会等名 28th Annual Congress of the European College of Sports Science (国際学会)
4. 発表年 2023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
研究分担者	中村 真理子 (Nakamura Mariko) (30343677)	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・スポーツ科学・研究部・研究員 (82632)	

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
---------	---------