

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：34429

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K17875

研究課題名（和文）活動筋における脱酸素化応答の応答曲線の特性は酸素供給不足を反映するのか？

研究課題名（英文）Do the characteristics of deoxygenation response in active muscles reflect insufficient oxygen supply?

研究代表者

奥島 大 (Okushima, Dai)

大阪国際大学・人間科学部・講師

研究者番号：70735307

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）：近赤外分光装置を用いて測定される運動中の活動筋における脱酸素化応答は血流量に対する酸素消費のバランスを反映する。特に、筋活動量の大きな筋では高強度運動時に停滞するが、この応答が活動筋の酸素供給不足に関連するのか不明な点が多い。本研究では、活動筋における脱酸素化応答の応答曲線の特性と酸素供給不足との関連性について検討した。その結果、脱酸素化応答の停滞開始点は運動姿勢、運動様式や活動筋量増加の影響を受けにくいことが明らかになった。これらの結果は、脱酸素化応答の停滞開始点が、活動筋の酸素供給不足よりも、運動条件による影響を受けにくい末梢における循環・代謝調節機能と関連している可能性を示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果から、脱酸素化応答の停滞開始点が活動筋における酸素供給不足といった単純な反応を反映しない可能性が明らかとなった。また、運動条件による影響を受けにくい点や最大運動強度に近い高強度運動中に生じる点を考慮すると、全身の血液運搬能力が最大に近づく際に運動を継続するための末梢における循環・代謝調節機能と関連していると推察される。本研究の成果は、活動筋の末梢における循環・代謝調節メカニズムの解明に貢献するとともに、効果的な運動処方やトレーニング法を考える上でも有用な知見になり得ると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The deoxygenation response of active muscles during exercise, measured using a near-infrared spectroscopy device, reflects the balance of oxygen consumption relative to blood flow. In particular, muscles with a large amount of activity stagnate during high-intensity exercise, but it is unclear whether this response is related to insufficient oxygen supply to active muscles. We investigated the characteristics of the breakpoint in active muscle deoxygenation and its relationship to insufficient oxygen supply. As a result, it was revealed that the breakpoint in active muscle deoxygenation is not easily affected by exercise posture, exercise mode, or increased active muscle mass. These results suggest that the breakpoint in active muscle deoxygenation may reflect peripheral circulatory regulation function, which is less affected by exercise conditions than insufficient oxygen supply to active muscles.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：酸素動態 脱酸素化応答 近赤外分光法 近赤外時間分解分光法

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

持久性運動能力は呼吸・循環・代謝機能の総和であり、スポーツ競技能力の向上や健康の維持増進にとって重要である。活動筋の酸素消費に対して供給が不足することは持久性運動能力を制限する要因の一つと考えられている (Koga et al., 2014)。申請者らは、これまで活動筋の酸素動態を測定できる近赤外分光装置 (NIRS) を用いて、漸増負荷自転車運動中の活動筋の酸素消費と供給について、1) 脱酸素化応答 (血流量に対する酸素消費のバランス) の変化量は、持久性運動能力の増大にともない増大すること、および 2) 活動筋の脱酸素化応答は、運動トレーニング後もその応答曲線の形状を変化させないことを明らかにした (Okushima et al., 2016; Okushima et al., 2016; Okushima et al., 2017)。このうち、二つ目の点は、活動筋の酸素消費と血流量の関係が運動能力に関わらず、相対的な運動強度に応じて決定されることを示唆する。このことは活動筋の酸素供給が不足し始める時点が脱酸素化応答の応答曲線の特性から解明できる可能性を示唆する。漸増負荷運動中では、各活動筋で高強度運動時に脱酸素化応答が停滞、あるいは亢進する (Chin et al., 2011; 図 1)。特に、筋活動量の大きな外側広筋では停滞し、筋電図中央周波数の低下 (筋疲労の指標) に関連すると報告されている (Boone et al., 2016) したがって、活動筋の酸素供給不足にも関連することが予想されるが、活動筋における脱酸素化応答の応答曲線の特性と酸素供給の不足がどのように関連するのかわからないままである。この点について解明することは、活動筋の酸素供給不足が生じる仕組みの理解に繋がる。

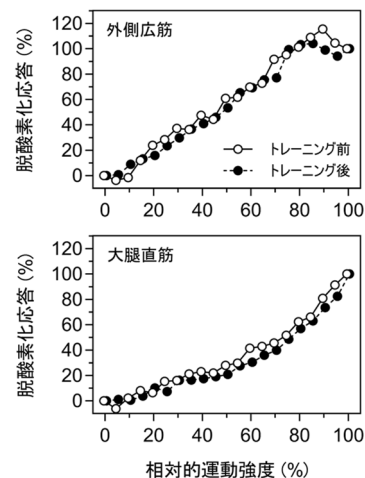


図1. トレーニング前後の酸素動態 (Okushima et al. 2017より改変)

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえて、本研究では以下の内容について検討することで漸増負荷運動時の活動筋における脱酸素化応答の応答曲線の特性と酸素供給不足との関連性を明らかにすることを目的とした。

- (1) 運動中の血流競合の主たる要因の一つであると考えられる呼吸運動に関わる筋と活動筋の脱酸素化応答の関連性について検討する。
- (2) 運動中の酸素供給と利用のバランスに影響を及ぼす運動姿勢や運動様式の違いが活動筋の脱酸素化応答に及ぼす影響について検討する。
- (3) 運動中の血流制御に影響を及ぼす活動筋量の違いが活動筋の脱酸素化応答に及ぼす影響について検討する。

3. 研究の方法

研究 1

- 実験対象者：健常な成人男性 10 名とした。
- 実験手続き：漸増負荷自転車運動 (20W/min) を疲労困憊に至るまで実施した。
- 測定項目：呼吸代謝装置を用いて酸素摂取量を、近赤外時間分解分光装置を用いて、活動筋 (外側広筋) および呼吸関連筋群 (肋間筋および横隔膜、右第 9 肋間の中腋下線上) の酸素化・脱酸素化応答を連続的に測定した。

研究 2-1

- 実験対象者：健常な成人男性 8 名とした。
- 実験手続き：膝伸展運動と自転車運動を用いた漸増負荷運動試験 (20W/min) を疲労困憊に至るまで実施した。
- 測定項目：呼吸代謝装置を用いて酸素摂取量を、外側広筋と大腿直筋を対象に時間分解近赤外分光装置による酸素化・脱酸素化応答と筋電図を連続的に測定した。筋電図で得られたデータは最大随意収縮の相対値で表した。

研究 2-2

- 実験対象者：健常な成人男性 11 名とした。
- 実験手続き：仰臥位姿勢と直立姿勢による漸増負荷自転車運動試験 (20W/min) を疲労困憊に至るまで実施した。
- 測定項目：呼吸代謝装置を用いて酸素摂取量・二酸化炭素排出量を、外側広筋と大腿直筋を対象に時間分解近赤外分光装置による酸素化・脱酸素化応答を連続的に測定した。

研究 3-1

- 実験対象者：健常な成人男性 6 名とした。
- 実験手続き：全ての対象者は漸増負荷運動試験を脚運動 (自転車運動) および脚 + 腕運動

(自転車運動 + スキー動作を模擬した上肢屈曲伸展運動) の 2 条件で実施した。脚 + 腕運動条件では、脚運動条件で記録した最大運動強度の 50% に到達した時点から中強度 (最大能力の 60% 相当) の腕運動を付加した。

- 測定項目：呼吸代謝装置を用いて酸素摂取量を、外側広筋を対象に時間分解近赤外分光装置による酸素化・脱酸素化応答を連続的に測定した。

研究 3-2(1)

- 実験対象者：健康な成人男性 6 名とした。
- 実験手続き：片脚と両脚による漸増負荷自転車運動試験 (20W/min) を疲労困憊に至るまで実施した。
- 測定項目：呼吸代謝装置を用いて酸素摂取量を、外側広筋を対象に時間分解近赤外分光装置による酸素化・脱酸素化応答を連続的に測定した。

研究 3-2(2)

- 実験対象者：健康な成人男性 6 名とした。
- 実験手続き：脚運動 (自転車運動) および腕運動 (スキー動作を模擬した上肢屈曲伸展運動) の 2 条件で漸増負荷運動試験を疲労困憊に至るまで実施した。
- 測定項目：呼吸代謝装置を用いて酸素摂取量を、外側広筋を対象に時間分解近赤外分光装置による酸素化・脱酸素化応答を連続的に測定した。

追加検討

- 実験対象者：健康な成人男性 4 名とした。
- 実験手続き：仰臥位安静状態で、下半身陰圧、あるいは上肢陰圧負荷を 0, 10, 20, 30mmHg の強度でそれぞれ 4 分ずつ実施した。
- 測定項目：外側広筋 (下半身陰圧時) あるいは深指屈筋 (上肢陰圧時) を対象に時間分解近赤外分光装置による酸素化・脱酸素化応答を連続的に測定した。

4. 研究成果

研究 1

呼吸に関わる筋の脱酸素化応答は運動後半、特定の運動強度を境に増加に転じ、外側広筋の総酸素化応答は運動強度の増大にともない増加から停滞、あるいは減少に転じた。しかし、呼吸関連筋群の総酸素化応答 (測定領域における血液量の指標) は運動強度の増大に対して増加せず停滞、あるいは減少する傾向が認められた (図 2)。加えて、呼吸関連筋群の脱酸素化応答が急激に増加を開始する相対運動強度は、外側広筋の総酸素化応答が停滞・減少を開始する相対運動強度と比較して高い値を示すとともに (76.9 ± 6.1 vs. 59.0 ± 10.5 %, $P < 0.001$)、この両指標に有意な相関関係は認められなかった ($r = 0.207$, $P = 0.57$)。

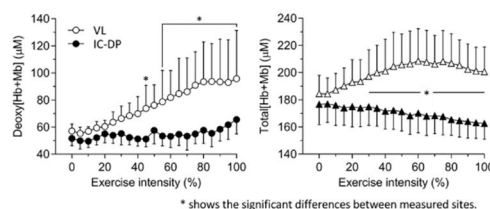


図2. 漸増負荷運動時における外側広筋 (VL) および呼吸関連筋群 (IC-DP) における脱酸素化 (左)・総酸素化応答 (右)

研究 2-1

外側広筋では、運動様式にかかわらず、最大随意収縮で正規化された筋の活動量に対して脱酸素化応答は一定の変化傾向を示したが、大腿直筋では、運動様式によって筋活動量に対する脱酸素化応答の反応特性は異なることが明らかとなった (図 3)。また、最高酸素摂取量記録時の総酸素化応答は、いずれの測定部位においても運動様式の違いによる差は認められなかった。

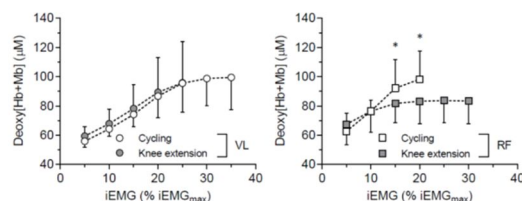


図3. 各運動様式 (自転車、および膝伸展) における外側広筋 (VL) および大腿直筋 (RF) における脱酸素化応答と筋活動量の関係

研究 2-2

直立姿勢と比較して仰臥位姿勢では、最大酸素摂取量が有意に低下し、活動筋では、脱酸素化応答、および総酸素化応答の運動時最大変化量が仰臥位姿勢時に増加した。しかし、各活動筋の脱酸素化応答の変曲点と肺酸素摂取量と肺二酸化炭素排出量から判定された呼吸性代償開始点 (RCP) の間に有意な相関関係は認められなかった (外側広筋: $r = 0.55$, $P = 0.080$; 大腿直筋: $r = 0.26$, $P = 0.44$)。また、外側広筋における脱酸素化応答の停滞開始点は運動姿勢による影響を受けなかった (85 ± 16 vs. 86 ± 12 %, $P = 0.341$)。

研究 3-1

脱酸素化応答の増加が停滞する物理的運動強度は脚運動と比較して脚 + 腕運動時に低下した (255 ± 42 vs. 226 ± 32 W, $P = 0.001$)。しかし、相対的運動強度で観察した場合、運動方法による違いは認められなかった (84.4 ± 4.9 vs. 83.4 ± 5.7 %, $P = 0.635$)。また、脚運動と脚 + 腕運動の間における脱酸素化応答の増加が停滞する物理的運動強度の低下量は、脚運動と脚 + 腕運動の間

における疲労困憊時運動強度の低下量と概ね同等であった (-29 ± 11 vs. -30 ± 9 W)。

研究 3-2(1), (2)

脱酸素化応答の増加が停滞を開始する相対的運動強度は、両脚運動中には観察されたものの、片脚運動中には観察されなかった。また、脱酸素化応答の増加が停滞を開始する相対的運動強度は、脚運動時には観察されたものの、腕運動時には観察されなかった。

追加検討

下半身陰圧・上肢陰圧ともに、陰圧負荷量の大きさに比例して測定領域の総酸素化応答は増大した。

以上の結果を統合すると、本研究において脱酸素化応答の応答曲線の特性である脱酸素化応答の停滞が開始する点は、主に直立姿勢、両脚運動や腕運動付加条件などの自転車運動中に生じていた。これらの運動条件では、全身の血液運搬能力が運動継続の制限要因になると考えられているため、脱酸素化応答の停滞が開始する点は全身の血液運搬能力が最大に近づくことに関連して生じると推察される。その一方で、脱酸素化応答の停滞が開始する点は、古くから四肢の活動筋における血流分配に対する代表的な競合部位と考えられている呼吸関連筋群の脱酸素化応答の増大が開始する点や、呼吸性代償開始点と関連していなかった。また、活動筋への血流分配が厳しくなる脚+腕運動においても脱酸素化応答の停滞が開始する点は、脚運動と異なる相対的運動強度で出現しなかった。これらの結果は、脱酸素化応答の停滞が開始する点が、活動筋の酸素供給不足といった末梢循環調節反応というよりも、運動様式や姿勢といった運動条件に対して大きな影響を受けにくい末梢における循環・代謝調節機能と関連している可能性を示唆すると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 奥島大、古賀俊策	4. 巻 72
2. 論文標題 運動開始時の呼吸の動的調節 .	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 670-674
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 無
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 Goulding Richie P., Marwood Simon, Lei Tze-Huan, Okushima Dai, Poole David C., Barstow Thomas J., Kondo Narihiko, Koga Shunsaku	4. 巻 123
2. 論文標題 Time to retire the notion that local and whole-body exercise thresholds are mechanistically linked?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 419 ~ 420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-022-05082-3	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 該当する
1. 著者名 Goulding Richie P., Marwood Simon, Lei Tze-Huan, Okushima Dai, Poole David C., Barstow Thomas J., Kondo Narihiko, Koga Shunsaku	4. 巻 321
2. 論文標題 Dissociation between exercise intensity thresholds: mechanistic insights from supine exercise	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology	6. 最初と最後の頁 R712 ~ R722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpregu.00096.2021	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 該当する
1. 著者名 Lei Tze-Huan, Fujiwara Masashi, Gerrett Nicola, Amano Tatsuro, M?ndel Toby, Inoue Yoshimitsu, Okushima Dai, Nishiyasu Takeshi, Kondo Narihiko	4. 巻 131
2. 論文標題 The effect of seasonal acclimatization on whole body heat loss response during exercise in a hot humid environment with different air velocity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 520 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00837.2020	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 該当する

1. 著者名 Amano Tatsuro, Asami Takako, Ichinose-Kuwahara Tomoko, Okushima Dai, Ueda Hiroyuki, Kondo Narihiko, Inoue Yoshimitsu	4. 巻 243
2. 論文標題 Influence of exercise intensity and regional differences in the sudomotor recruitment pattern in exercising prepubertal boys and young men	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physiology & Behavior	6. 最初と最後の頁 113642 ~ 113642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physbeh.2021.113642	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 該当する

1. 著者名 Goulding Richie P., Okushima Dai, Marwood Simon, Poole David C., Barstow Thomas J., Lei Tze-Huan, Kondo Narihiko, Koga Shunsaku	4. 巻 129
2. 論文標題 Impact of supine exercise on muscle deoxygenation kinetics heterogeneity: mechanistic insights into slow pulmonary oxygen uptake dynamics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 535 ~ 546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00213.2020	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 該当する

1. 著者名 Goulding Richie P., Marwood Simon, Okushima Dai, Poole David C., Barstow Thomas J., Lei Tze-Huan, Kondo Narihiko, Koga Shunsaku	4. 巻 129
2. 論文標題 Effect of priming exercise and body position on pulmonary oxygen uptake and muscle deoxygenation kinetics during cycle exercise	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 810 ~ 822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00478.2020	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 該当する

1. 著者名 Goulding Richie P., Okushima Dai, Fukuoka Yoshiyuki, Marwood Simon, Kondo Narihiko, Poole David C., Barstow Thomas J., Koga Shunsaku	4. 巻 121
2. 論文標題 Impact of supine versus upright exercise on muscle deoxygenation heterogeneity during ramp incremental cycling is site specific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1283 ~ 1296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-021-04607-6	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 該当する

1. 著者名 Okushima Dai, Poole David C., Barstow Thomas J., Kondo Narihiko, Chin Lisa M. K., Koga Shunsaku	4. 巻 105
2. 論文標題 Effect of differential muscle activation patterns on muscle deoxygenation and microvascular haemoglobin regulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experimental Physiology	6. 最初と最後の頁 531 ~ 541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/EP088322	査読の有無 無
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 Lei Tze-Huan, Matsukawa Hiroki, Okushima Dai, Gerrett Nicola, Schlader Zachary J., M?ndel Toby, Fujiwara Masashi, Kondo Narihiko	4. 巻 215
2. 論文標題 Autonomic and perceptual thermoregulatory responses to voluntarily engaging in a common thermoregulatory behaviour	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physiology & Behavior	6. 最初と最後の頁 112768 ~ 112768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physbeh.2019.112768	査読の有無 無
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 Koga Shunsaku, Okushima Dai, Poole David C., Rossiter Harry B., Kondo Narihiko, Barstow Thomas J.	4. 巻 317
2. 論文標題 Unaltered V?o2 kinetics despite greater muscle oxygenation during heavy-intensity two-legged knee extension versus cycle exercise in humans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology	6. 最初と最後の頁 R203 ~ R213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpregu.00015.2019	査読の有無 無
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 Iannetta Danilo, Okushima Dai, Inglis Erin Calaine, Kondo Narihiko, Murias Juan M, Koga Shunsaku	4. 巻 125
2. 論文標題 Blood flow occlusion-related O2 extraction "reserve" is present in different muscles of the quadriceps but greater in deeper regions after ramp-incremental test	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 313 ~ 319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00154.2018	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 該当する

1. 著者名 Amano Tatsuro, Okushima Dai, Breese Brynmor C., Bailey Stephen J., Koga Shunsaku, Kondo Narihiko	4. 巻 118
2. 論文標題 Influence of dietary nitrate supplementation on local sweating and cutaneous vascular responses during exercise in a hot environment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1579 ~ 1588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-018-3889-9	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 該当する

1. 著者名 Iannetta Danilo, Okushima Dai, Inglis Erin Calaine, Koga Shunsaku, Murias Juan M.	4. 巻 125
2. 論文標題 Reply to Dr. Grassi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1356 ~ 1356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00826.2018	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 該当する

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Goulding Richie P., Okushima Dai, Marwood Simon, Lei Tze-Huan, Kondo Narihiko, Poole David C., Barstow Thomas J., Koga Shunsaku
2. 発表標題 Influence Of Body Position On Pulmonary Oxygen Uptake And Muscle Deoxygenation Kinetics During Cycle Exercise
3. 学会等名 67th American College of Sports Medicine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Okushima Dai, Bowen T. Scott, Barstow Thomas J, Poole David C., Rossiter Harry B., Kondo Narihiko, Koga Shunsaku
2. 発表標題 Contrasting Patterns Of Respiratory And Locomotor Muscle Deoxygenation And Total Hemoglobin During Incremental Ramp Cycling
3. 学会等名 67th American College of Sports Medicine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koga Shunsaku, Okushima Dai, Marwood Simon, Lei Tze-Tuan, Kondo Narihiko, Poole David C., Barstow Thomas J., Richie Goulding P.
2. 発表標題 Influence Of Priming Exercise On Muscle Deoxygenation Kinetics During Upright And Supine Cycle Exercise
3. 学会等名 67th American College of Sports Medicine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Okushimaa, Narihiko Kondo, Yoshimitsu Inoue, Yukio Ogura, Shunsaku Koga
2. 発表標題 The effect of respiratory muscle activation on the blood volume in locomotor muscle during incremental ramp cycling
3. 学会等名 International Conference on Environmental Ergonomics 2019 Amsterdam (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Fujiwara, Tze-Huan Lei, Dai Okushima, Nicola Gerrett, Takeshi Nishiyasu, Yoshimitsu Inoue, Narihiko Kondo
2. 発表標題 The effect of using an electric fan in front of upper body on sweating efficiency during exercise in hot humid environment
3. 学会等名 International Conference on Environmental Ergonomics 2019 Amsterdam (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tze-Huan Lei, Hiroki Matsukawa, Masashi Fujiwara, Dai Okushima, Zachary Schlader, Nicola Gerrett, Narihiko Kondo
2. 発表標題 Characteristic of human behavioural thermoregulation of clothing removal during and after exercise: effect of thermal perceptions and autonomic function
3. 学会等名 International Conference on Environmental Ergonomics 2019 Amsterdam (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥島大, 西脇雅人, 近藤徳彦, 古賀俊策
2. 発表標題 高強度インターバルトレーニングが漸増負荷運動中の酸素動態の応答特性に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原雅志, 雷子煥, 奥島大, 天野達郎, 西保岳, 井上芳光, 近藤徳彦
2. 発表標題 季節順化が高温高湿下における運動時の有効・無効発汗量に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原雅志, 雷子煥, 奥島大, 天野達郎, 西保岳, 井上芳光, 近藤徳彦
2. 発表標題 夏への季節変化が高温高湿下における運動時の有効・無効発汗量に及ぼす影響
3. 学会等名 第33回運動と体温の研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥島大, 近藤徳彦, 古賀俊策
2. 発表標題 漸増負荷運動時の呼吸筋の賦活が外側広筋の組織血液量に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤原雅志, 奥島大, 天野達郎, 西保岳, 井上芳光, 近藤徳彦
2. 発表標題 高温下での運動時の発汗効率に影響する要因
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木祐介, 山本正嘉, 奥島大, 北哲也, 森寿仁, 家吉彩夏, 幸田三広, 諸井美樹, 小野寺昇
2. 発表標題 Buffer room入室介入の有無が喘息体質者の運動時の肺機能変化に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okushima D, Poole DC, Barstow TJ, Kondo N, and Koga S
2. 発表標題 Do contrasting recruitment patterns underlie the different patterns of muscle deoxygenation and hemoglobin response in quadriceps muscles?
3. 学会等名 65th American College of Sports Medicine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Breeze BC, Poole DC, Okushima D, Bailey SJ, Jones A, Kondo N, Amano T, and Koga S
2. 発表標題 Effect of inorganic nitrate supplementation on O ₂ uptake and quadriceps deoxygenation during the onset and offset of exercise
3. 学会等名 65th American College of Sports Medicine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<https://orcid.org/0000-0001-7988-3536>
https://researchmap.jp/dai_okushima

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
研究協力者	古賀 俊策 (Koga Shunsaku)		

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			
オランダ	オランダ自由大学			
中国	湖北師範大学			
米国	カンザス州立大学	インディアナ大学	NIH クリニカル・センター	他1機関
英国	プリマス大学	エクセター大学	ラフバラ大学	
カナダ	カルガリー大学			
ベルギー	KUルーベン大学			