

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04022

研究課題名(和文) ヒトの歩・走行能力を支える代謝系統合調節の探究

研究課題名(英文) Research of the integrative adjustment on metabolism to support ability for locomotion and run in human.

研究代表者

福岡 義之 (Fukuoka, Yoshiyuki)

同志社大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：20265028

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：歩行に関わる呼吸・循環・筋の統合的な調節系をサイン波状歩行様式を用いて検討し、以下の所見が得られた。1) 免荷を用いて体重を減少した場合、エネルギー代謝量は低下したが、呼吸と下腿筋活動の亢進が観察され、呼吸と筋活動との連関性を発見した。2) 走行運動と歩行・走行混在運動を比較すると、完全な走運動では代謝応答と筋活動の応答が乖離した。これは骨格筋の粘弾性エネルギーを使用していることを示唆する。3) 低温環境での歩行時には体温低下が顕著で、同じ仕事量を課してもエネルギー代謝応答が減衰していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歩行は日常の身体活動であり、歩行に関わる身体機能は複合的である。そこで呼吸・循環・筋の統合的な調節系についてサイン波状歩行様式を用いて検討した。その結果、体重を軽減するとエネルギー消費は減るが、筋活動が賦活し免荷での筋の活動機構が変わった。次に、走歩行混在運動と比較して走運動では筋肉の弾性を巧みに使用してエネルギー消費量を抑えていた。さらに、寒冷環境での歩行は、物理的熱移動が活発になるので、エネルギー代謝量を下げ応答性を劣化させていた。

研究成果の概要(英文)：The integrated respiratory, circulatory, and muscular regulatory systems involved in walking were examined using the sinusoidal walking pattern, and the following findings were obtained: 1) When body weight was reduced using body weight support, energy metabolism decreased, but increased respiration and leg muscle activity were observed, and a linkage between respiration and muscle activity was found. 2) Comparing running exercise and mixed walking/running exercise, metabolic response and muscle activity response diverged in complete running exercise. This suggests that the skeletal muscles use viscoelastic energy. 3) During walking in a low-temperature environment, there was a marked decrease in body temperature, and the energy metabolic response was attenuated even when the same amount of work was imposed.

研究分野：人類学

キーワード：歩行 換気 骨格筋 環境 循環

1. 研究開始当初の背景

2010～2013年にかけて図1の換気亢進にかかわる神経機構の解明として、(1) エネルギー代謝量を合わせた条件でサイン波負荷を歩行と自転車駆動で行ったところ、肺換気を中心としたガス交換は歩行運動時の方が速く、過換気であったことから図1中のSLCの関与を明らかにした(Fukuoka et al. 2017)。(2) 歩行のステップ頻度をサイン波状に変える条件とストライドをサイン波状に変える条件で比較すると、ステップ頻度に呼吸数が引き込まれる respiratory-locomotor-entrainment が明らかになった(Fujita et al. 2022)。(3) 中程度の低酸素環境での歩行はエネルギー代謝量を上げ、心拍応答を極端に遅延させた(Ebine et al. 2018)。このように、歩行時の生体調節系は物理的な刺激量と連関して特異的に変化することを見出した。

2. 研究の目的

歩行時に発揮されるすべての機能(筋代謝—呼吸—循環—呼吸)の相互関連並びに個々の機能をクローズ・アップする。身体教育学的視点に傾倒した3つの課題(重力・走歩行移行・寒冷)に関する生体ダイナミクスの研究は他になく、このような視点での問題設定は独自性の高い研究である。さらに、各機能における相互補完作用は、歩行運動遂行に必要な生体内諸機能を最適化した。

そこで本研究では3つの課題を設定した。[課題1]肺呼吸での換気応答については、歩行の脊髄レベル中枢(SLC)および中脳歩行誘発野(LC)を介した feed-forward 制御の関与を検討した。そのため、下肢筋群からの求心性神経情報(afferent neural input: group III, IV)の統合について(Haouzi et al. 2004)免荷によって操作した。[課題2]走移行速度(EOTS)付近でのサイン波負荷時のエネルギー代謝効率(energy expenditure: EE)について完全な走運動時 EE と比較しながら周期特異性や筋弾性エネルギー代謝の利用を検討した。[課題3]寒冷環境での歩行時のエネルギー代謝と循環について観察し、その際、寒冷による熱産生による深部体温や平均皮膚温の応答性について同時測定した。

3. 研究の方法

プロトコルとして、ウォーキング速度は歩行可能な範囲内時速 3km～6km とする(Fukuoka et al.2017, Ebine et al. 2018a, 2018b)。このプロトコルはすでに前回基盤 B で用いた運動負荷プロトコルをそのまま採用した。

被験者は予め、負荷の最大値(6km/h)、最小値(3km/h)、および中間値(4.5km/h)にて約5分間運動を行い、その際のエネルギー代謝や循環応答を観察した。サイン波負荷の速度範囲は 3km/h～6km/h とし、それぞれ異なる周期 2, 5, 10 分の3種類を設定した。

次に「免荷」はダンパー付き免荷装置を開発し、免荷なし(100%BW)、体重 30%の免荷(70%BW)、体重 50%の免荷(50%BW)の3条件となるよう免荷装置にて設定した(図1)。

主な測定項目として、*breath-by-breath*測定装置(ミナト医科学)を使用し、換気量(V_E)、酸素摂取量(VO_2)、二酸化炭素排出量(VCO_2)、呼気終末酸素分圧($P_{ET}O_2$)、呼気終末二酸化炭素分圧($P_{ET}CO_2$)などを一呼吸毎に算出した。フットスイッチ：靴の中敷に歪センサーを装着し歪信号をパソコンに取り込む。パルス状の信号から閾値を介してその間隔(ピッチ間隔)を自動計測し、step-by-step のピッチ変化を計測した。組織酸素化・脱酸素化ヘモグロビン：下肢前脛骨(TA)筋に近赤センサーを装着した。安静時からの酸素化ヘモグロビン(OxyHb: HbO₂)、脱酸素化ヘモグロビン(deoxyHb: HHb)、および総ヘモグロビン(Hbtotal)の変化量を観察した。筋電図の測定：歩行時の筋活動を前脛骨筋(TA)、腓腹筋内側(MG)、ひらめ筋(SOL)の3筋とした。



図1 免荷時の実験風景

データの解析：正弦波運動負荷に対して、生体の諸変量の応答動態は基本的に周期特異性の応答を示す。そこで、各変量の応答を得られたデータより、各周期での位相遅れ要素(PS)と振幅応答(Amp)を周波数解析から算出した。

課題2では、EOTS付近と完全なランニング速度でのサイン波負荷に対するEEを観察した。プロトコル：1)被験者はトレッドミル上で速度 2km/h～8km/h の範囲で約7段階設定し、また 7km/h～11km/h では走速度として速度を4段階設定した。エネルギーコストは歩行では2次曲線となり、走動作から直線となる。この交点のEOTSを決定した。次に、2)EOTSを中心(基準)に ± 1.5 km/h 変動のサイン波状負荷を実施した。この場合 EOTS - 1.5km/h では速歩であ

り、EOTS +1.5km/h では走動作となり、この条件では「走・歩混在型」となる。一方、EOTS + 3km/h を中心(基準)に±1.5km/h 変動のサイン波状負荷を実施した。この場合完全に「走運動」になる。この時の周期を 2 分および 5 分の 2 種類とした。測定項目及び解析方法はほぼ課題 1 と同様であった。

課題 3 では、環境温度は低温 19 度と比較対照として中立温度の 28 度の 2 種類とした。サイン波負荷のプロトコルは、図 4 と同様歩行可能な範囲内(3km/h ~ 6km/h)とし、それぞれ異なる周期 2、5、10 分の 3 種類を設定した。測定項目及び解析方法は上記の ~ と同様であった。さらに、体温諸変量：深部体温として耳内温(Tcore)を連続的に測定した。また、皮膚温にはサーミスターを用いて胸部、前腕、大腿、下腿の 4 箇所を計測した。

4. 研究成果

課題 1 免荷を用いた重力軽減の影響

免荷での換気応答の指標である V_E , V_T , および B_f について周期別に BL を比較したところ、 V_T では 50%BW で低い傾向にはあったが、条件間で有意差はなかった(図 2)。一方、 B_f では 50%BW で高い BL 傾向にあったが、 V_T 同様条件間で有意差はなかった。結果的に V_E の BL も免荷の影響を顕著には受けないことが明らかとなった。一方で、代謝量を表す VCO_2 では明らかに 50%BW で有意に低く、70%BW、100%BW の順に高くなった。つまり、代謝量には免荷の影響が明らかであり、体重軽減によってエネルギー代謝量は低下した。一方で、換気パラメータの PS はいずれの免荷条件でも有意差なかった。したがって、換気パラメータの位相応答には免荷は特に影響なかったことになる。

筋血流と代謝のバランスを表すデオキシヘモグロビン(doxyHb)濃度の Amp は特に条件間で差がなく、歩行中の筋血流量が免荷によって低下せず、その応答性は免荷の影響を受けにくいと考えられる(図 3)。しかし、 VO_2 の Amp は 100%BW で有意に増加し、 VCO_2 でみられる BL の増加を考慮すると、50%BW では免荷を増大し、体重を軽減することで歩行中の総エネルギー代謝量は減少した。

図 4 にあるように 2 分周期での CO_2 換気当量 (V_E/VCO_2) は、100%BW < 70%BW < 50%BW の順に大きくなった。 V_E/VCO_2 とは、 VCO_2 に対する換気効率を測る指標である。 V_E/VCO_2 は 2 分周期の 100%BW と 50%BW の間に有意差がみられた。つまり、免荷率の上昇によって過換気が誘発されたことになる。免荷による歩行時の換気亢進の原因として、活動筋の機械受容器からの求心性神経情報(骨格筋 Group III・IV 線維)を介した呼吸中枢への関与入が考えられる(Caterini et al., 2016)。

各筋活動の Amp の応答について図 5 に示した。特徴的な生理現象として前脛骨筋の 100%BW で Amp が極端に小さく 70%BW のそれと有意差がみられた。しかし、腓腹筋とひらめ筋については周期と免荷条件に有意差がなかった。つまり、腓腹筋とヒラメ筋の振幅応答は免荷と周期に無関係であることが示唆された。一方で、前脛骨筋は免荷によって振幅が増加した。その原因として前脛骨筋は遊脚期に足関節を背屈する筋肉であるので、免荷によって遊脚期が長くなり、前脛骨筋活動が増加したと考えられる。次に BL であるが、50%BW で腓腹筋とひらめ筋の BL が減少した。さらに、前脛骨筋の BL は免荷によらず一定であった。前脛骨筋は免荷の影響を受けないことが考えられる。位相

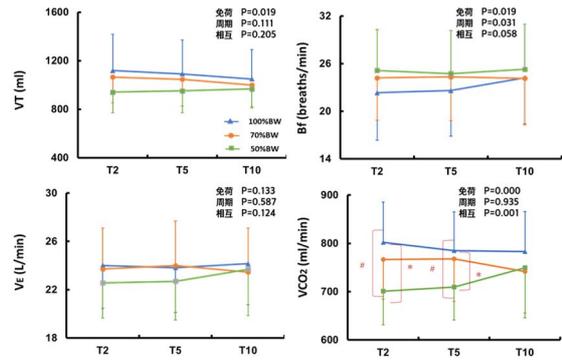


図 2 換気・ガス交換応答ベースラインの免荷比較

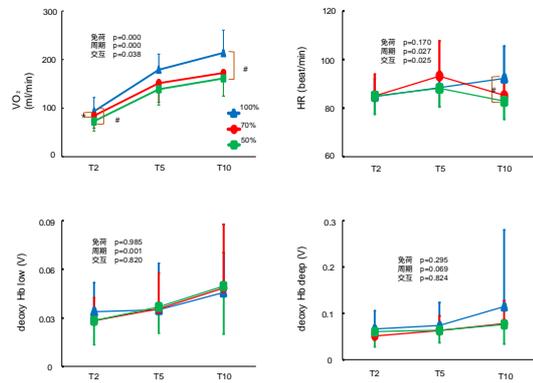


図 3 酸素、心拍・デオキシ Hb 振幅の免荷比較

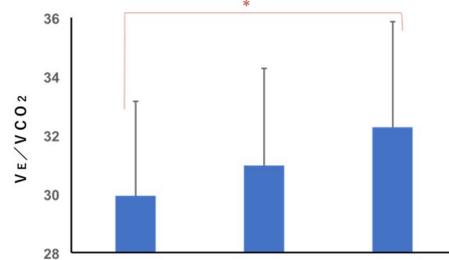


図 4 CO_2 換気当量 (V_E/VCO_2) の免荷比較

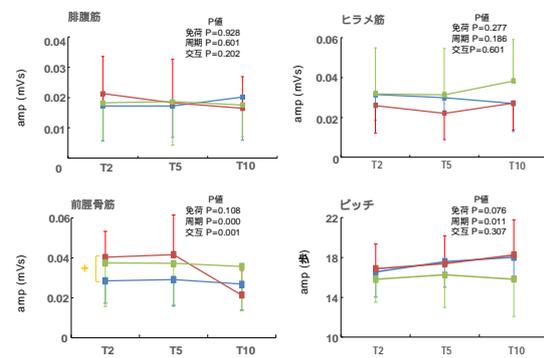


図 5 100%BW、70%BW、50%BW における各パラメータの振幅 (amp)
 ◆100%BW-50%BW間 ◆100%BW-70%BW間 ◆70%BW-50%BW間

(PS) 応答は特徴的であった(図6)。まず、100% BWで腓腹筋、70%BWでひらめ筋の位相が有意に進んだ。このことは、100%BWでは推進力の必要性から腓腹筋が、70%BWでは立位姿勢保持の必要性からひらめ筋が主導筋となったと考えられ、予備緊張が起こることは、ひらめ筋が歩行時の主導筋に移行したと考えられる。また、10分周期において前脛骨筋とひらめ筋の位相応答が酷似した。これは、前脛骨筋はひらめ筋の拮抗筋であることが関係するであろう。

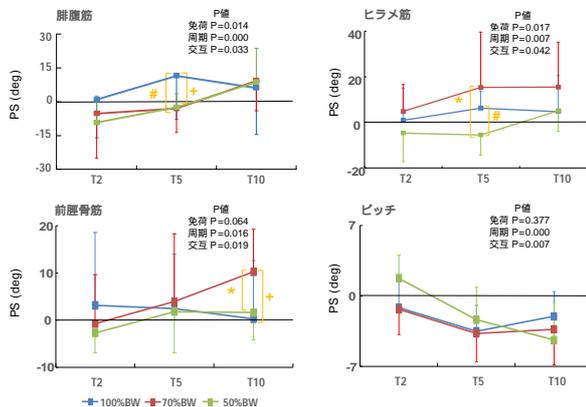


図6 100%BW、70%BW、50%BWにおける各パラメータの位相差 (PS)
 *100%BW-50%BW間 #100%BW-70%BW間 *70%BW-50%BW間

課題2 EOTS 速度と走速度でのエネルギー効率

EOTSは7.42±0.62 km/hであり、「歩・走混在型」の速度変動は5.92~8.92km/h、「完全走型」の速度変動は7.42~10.42km/hであった。したがって、図7にもあるように「歩・走混在型」ではCoTは約4~5J/kg/mの範囲を変動し、「完全走型」では約5J/kg/mの狭い範囲でしか変動しない。

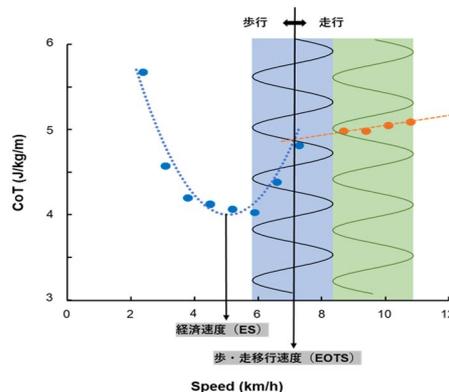


図7 経済速度と歩・走行移行速度の決定とプロトコール

「完全走型」では、HR、VO₂、VCO₂のPSが「歩・走混在型」と類似した。それらのBLは速度の高い「完全走型」で有意に増加した。しかし、Ampではいずれのパラメータにおいても「完全走型」で「歩・走混在型」に比べて有意に低下していた。このように、図8からも明らかなように、実際のサイン負荷走行では速度依存的にBLを上げ、一方では同一の速度変動(±1.5km/h)であってもいずれのAmpを極端に小さくしていた。

換気パラメータ (V_E, Bf, VT) でのBL, Amp, PSについて、V_Eの応答性はVT依存であることが分かるが、PSだけは完全走型ではBfの影響を強く受けることが明かとなった。

また、V_EのPSに着目すると、エネルギー代謝VO₂、VCO₂や循環HRに比べて有意に小さく、V_Eの応答がエネルギー代謝に先行した。

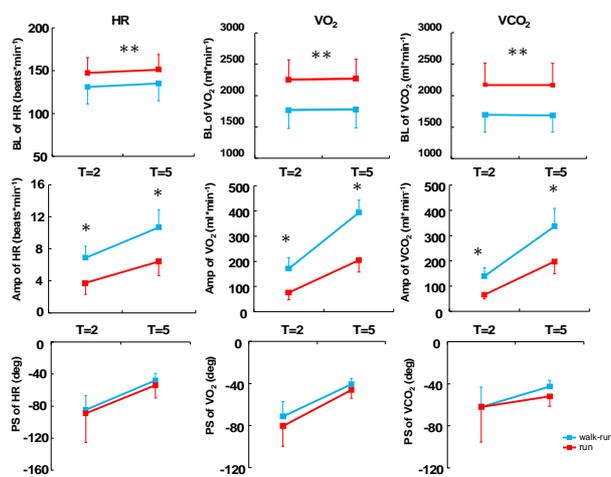


図8 HR、VO₂、VCO₂の応答特性 (BL, Amp, PS)

前脛骨筋のPSが顕著に小さく、速やかな筋活動があった(図9)。筋活動のPSはステップ頻度に反映されるので、BfのPSが小さくなったのは走歩行時のステップ頻度に引き込まれる locomotor-respiratory entrainment 現象を示している(Fujita et al., 2022)。「完全走型」の特徴は、エネルギー代謝や循環のBLが高くAmpは低下したが、下腿の筋活動はBL、Ampとも高かった。これは、完全走運動では下腿骨格筋の粘弾性エネルギーを利用していることを示唆する。

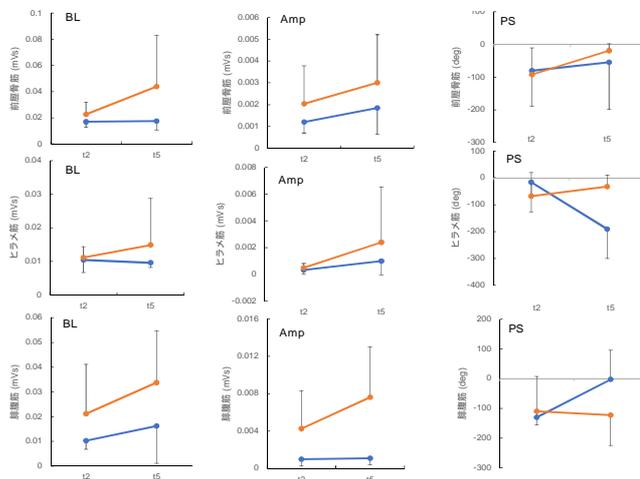


図9 下腿筋群の応答特性 (BL, Amp, PS)

解題3 寒冷環境での歩行運動

深部体温と平均皮膚温の応答は速度変化に対して逆位相を呈し、環境温の影響を受け寒冷でペースが低下していた。図10は10分周期の変動を示しているが、平均皮膚温の振幅は中立環境よりも寒冷環境で大きく、逆に深部体温の変動は小さかった。

中立環境では皮膚温と環境温の差が本来小さいので平均皮膚温の変動が小さく、熱産生の影響を深部体温は受けやすく変動が大きかったものと考えられる。寒冷環境ではその逆の現象がみられ、環境温と皮膚温の差が大きいため、平均皮膚温の変動が大きかった。

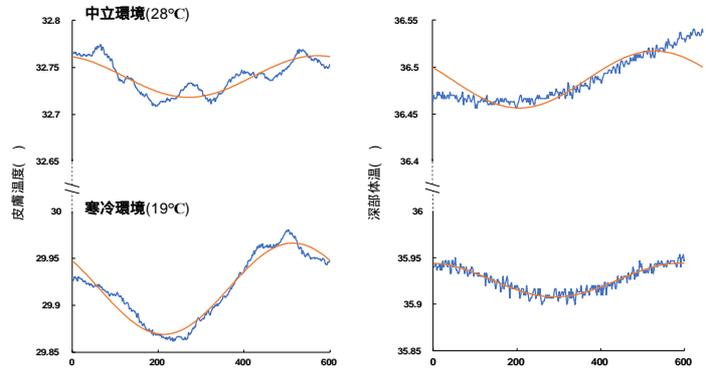


図10 サイン波歩行時の深部体温及び平均皮膚温の応答

このように、環境温の相違によって体温調節中枢への修飾が深部体温優位であったり、平均低温優位であったりする。そこで、環境温の違いによるエネルギー代謝の応答動態を VO_2 と VCO_2 で比較した。図11にあるように寒冷・中立環境ともサイン波歩行に伴ってエネルギー代謝応答性もサイン波状に変動した。

図中でも明らかなように、 VO_2 、 VCO_2 ともBLは寒冷環境で低下していた。寒冷環境では熱産生が亢進してエネルギー代謝量上がるはずであるが、本研究では逆の結果が得られた。

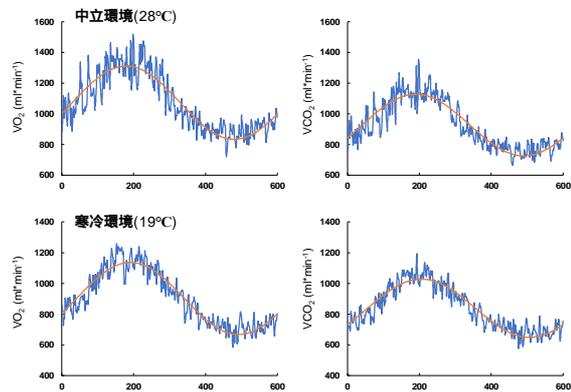


図11 サイン波歩行時のエネルギー代謝 (VO_2 , VCO_2)

応答の環境温比較

VO_2 と VCO_2 の応答特性を図12に示した。まず応答のBLは VO_2 、 VCO_2 とも有意差はないが、寒冷環境で低下傾向にあった。一方、振幅(Amp)は VO_2 、 VCO_2 とも寒冷環境で有意に低下し、応答性が劣化した。さらに、位相差(PS)は VO_2 、 VCO_2 とも寒冷環境で有意に大きく遅延した。このように寒冷環境では全体的にエネルギー代謝の応答性が悪化していることが明らかとなった。

このように、急性の寒冷環境に対する適応として、作業動作で起こる寒冷対流による熱放散が促進されて作業強度と逆比例する熱放散が強制される。常温と同じ仕事量を行う場合においても、低温環境による熱放散が加速するため、エネルギー代謝量が逆に抑制されるような寒冷適応が起こっている可能性が考えられる。

以上、3つの実験から、歩行時に発揮されるすべての機能(筋代謝—呼吸—循環—呼吸)の相互関連並びに個々の機能をクローズ・アップできた。肺循環筋の連関を考える上で歩行時のサイン負荷に対するこれらの応答動態において相互関連を定量的に検証ができた。

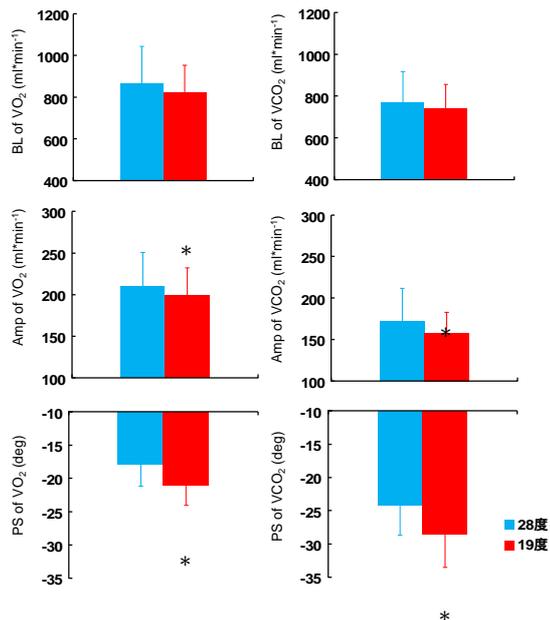


図12 サイン波歩行時の VO_2 、 VCO_2 応答性 (BL, Amp, PS) の環境温比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Ebine N, Itoh M, Horiuchi M, Hojo T, Yoshimura M, and Fukuoka Y.	4. 巻 39
2. 論文標題 Ground golf-induced changes in the blood pressure of healthy elderly people.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Physiol Anthrop	6. 最初と最後の頁 8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40101-020-00220-22020.	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 Yoshimura M, Hojo T, Yamamoto H, Tachibana M, Nakamura M, Tsutsumi H, Fukuoka Y.	4. 巻 8
2. 論文標題 Application of carbon dioxide to the skin and muscle oxygenation of human lower-limb muscle sites during cold water immersion.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PeerJ	6. 最初と最後の頁 e9785
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7717/peerj.9785.	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 Yoshimura M, Hojo T, Yamamoto H, Nakamura M, Tachibana M, Fukuoka Y.	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of artificial CO2-rich cold-water immersion on repeated-cycling work efficiency.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Res Sports Med	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/15438627.2020.1860048.	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 Alharbi AAD, Ebine N, Nakae S, Hojo T, Fukuoka Y.	4. 巻 13
2. 論文標題 Application of molecular hydrogen as an antioxidant in responses to ventilatory and ergogenic adjustments during incremental exercise in humans.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 459
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/nu13020459.	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 Goulding RP, Okushima D, Fukuoka Y, Marwood S, Kondo N, Poole DC, Barstow TJ, Koga S.	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 Eur J Appl Physiol	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 Horiuchi M, Handa-Kirihara Y, Abe D, Fukuoka Y.	4. 巻 16
2. 論文標題 Combined effects of exposure to hypoxia and cool on walking economy and muscle oxygenation profiles at tibialis anterior.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Sports Sci	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02640414.2019.1580130.	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 Horiuchi M, Fukuoka Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Absence of cardiovascular drift during prolonged arm-crank exercise in individuals with spinal cord injury.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Spinal Cord	6. 最初と最後の頁 9550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41393-019-0301-5.	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 Horiuchi M, Kirihara Y, Fukuoka Y, and Pontzer H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Sex differences in respiratory and circulatory cost and arterial oxygen saturation during hypoxic walking.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-44844-6.	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 該当する

1. 著者名 D Abe, Y Fukuoka, M Horiuchi	4. 巻 17
2. 論文標題 Why do we transition from walking to running? Energy cost and lower leg muscle activity before and after gait transition under body weight support.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PeerJ	6. 最初と最後の頁 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj.8290.	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 D Abe, Y Fukuoka, M Horiuchi	4. 巻 38
2. 論文標題 On the calculation of walking efficiency without kinematic information.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Physiol Anthrop	6. 最初と最後の頁 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40101-019-0211-4.	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 Ebine N, Itoh M, Horiuchi M, Hojo T, Yoshimura M, and Fukuoka Y.	4. 巻 39
2. 論文標題 Ground golf-induced changes in the blood pressure of healthy elderly people.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Physiol Anthrop	6. 最初と最後の頁 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40101-020-00220-22020.	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 Fujita Mako, Yoshimura Miho, Nakamura Masatoshi, Hojo Tatsuya, Fukuoka Yoshiyuki	4. 巻 20
2. 論文標題 Anaerobic performance after 3-day consecutive CO2-rich cold-water immersion in physically active males	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Exercise Science & Fitness	6. 最初と最後の頁 148 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jesf.2022.02.004	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 Fujita Mako, Kamibayashi Kiyotaka, Aoki Tomoko, Horiuchi Masahiro, Fukuoka Yoshiyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of Step Frequency on the Dynamic Characteristics of Ventilation and Gas Exchange During Sinusoidal Walking in humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2022.820666	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 Fukuoka Y, Yoshimura M, Hojo T, Nakamura M.
2. 発表標題 Effect of artificial CO2 rich cold water immersion on repeated cycling work efficiency and sprint performance.
3. 学会等名 ECSS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤田有里、市川寛、野口勇太、南山幸子、福岡義之、海老根直之
2. 発表標題 無酸素性運動がヒト血清中各種活性酸素・フリーラジカル消去活性に及ぼす影響
3. 学会等名 体力医学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 安河内 朗、岩永光一：編	4. 発行年 2020年
2. 出版社 理工図書	5. 総ページ数 258
3. 書名 生理人類学	

1. 著者名 北條達也：編	4. 発行年 2020年
2. 出版社 金芳堂	5. 総ページ数 232
3. 書名 図解 スポーツ健康科学入門	

〔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	堀内 雅弘 (Horiuchi Masahiro) (50310115)	山梨県富士山科学研究所・その他部局等・研究員 (83501)	
研究分担者	上林 清孝 (Kamibayashi Kiyotaka) (70415363)	同志社大学・スポーツ健康科学部・准教授 (34310)	
研究分担者	安陪 大治郎 (Abe Daijiro) (10368821)	九州産業大学・健康・スポーツ科学センター・准教授 (37102)	削除：2019年10月18日

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