

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：32689

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26882044

研究課題名(和文) 全身持久力が低い小児における最大酸素摂取量と筋酸素動態および心機能との関連

研究課題名(英文) Peak oxygen uptake, muscle oxygen dynamics, and heart function in children with low aerobic capacity

研究代表者

高木 俊 (TAKAGI, SHUN)

早稲田大学・スポーツ科学大学院・助手

研究者番号：80735415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：25名の小児を対象として、疲労困憊までの自転車運動を実施した。運動中の心拍出量、筋酸素動態、全身酸素摂取量を評価した。最大酸素摂取量の中央値にて通常体力群と低体力群の二群に分け、各項目について比較した。年齢、身長、体重、除脂肪体重、男女比に群間差はみられなかった。低体力の小児においては心機能の低下を認めなかったが、骨格筋酸素利用能の低下が認められた。また、低体力の小児においては、心拍出量と最大酸素摂取量が関連しない一方で、筋酸素利用能の低下と最大酸素摂取量の低下が関連した。低体力の小児においては、最大酸素摂取量改善のために、骨格筋機能を改善させることが重要であると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Twenty-five children performed ramp bicycle exercise until exhaustion. Cardiac output, muscle oxygen dynamics, and pulmonary oxygen uptake were monitored continuously during the exercise. Subjects were divided into two groups by the median of peak oxygen uptake. Cardiac output and muscle oxygen dynamics are compared between lower (L) and higher groups. No significant differences were found in height, body weight, fat-free mass, age and sex between groups. In L group, lower deoxygenation responses were observed at a given absolute workloads and peak exercise, while no significant differences were found in blood volume responses. There were no significant differences in cardiac output between groups. Moreover, in L group on peak oxygen uptake, the lower oxygen uptake was related to blunted muscle deoxygenation response. Our findings lead us to speculate that an improvement of muscle oxygen utilization is important for low fit children to improve peak aerobic capacity.

研究分野：運動生理学

キーワード：小児 酸素運搬 自転車運動 筋酸素動態 心拍出量 最大酸素摂取量

1. 研究開始当初の背景

生活習慣・生活環境の変化により、小児期における低体力化(二極化)が進行している。最高酸素摂取量(VO_{2peak})を代表とする全身持久力の低値は成人後の心血管疾患発症リスクを増大させる。小児期における体力は成人になっても持ち越されるため、小児期における VO_{2peak} 低値の運動生理学的なメカニズムの解明、および小児における低体力の改善は喫緊の課題である。

小児における VO_{2peak} の制限要因は成人と同様に心機能(骨格筋への酸素供給)と考えられている。小児は心容量が未発達であるが、骨格筋量も小さい。そのため、体重あたりの VO_{2peak} (mL/kg/min)は成人の値と同等の値を示すと考えられてきた。しかしながら、 VO_{2peak} の制限要因を検討した先行研究は、通常体力および高体力の小児を対象としており、低体力の小児を対象とした報告は皆無である。低体力の心疾患患者においては、心機能ではなく骨格筋におけるエネルギー代謝が VO_{2peak} を制限しており、骨格筋機能改善の重要性が示唆されている。低体力の小児においても末梢エネルギー代謝が VO_{2peak} を制限しているのであれば、骨格筋エネルギー代謝改善を目的とした、より活発な身体活動(運動)が必要になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、 VO_{2peak} の相違によって運動中の筋酸素動態および心機能が異なるか否か、及び VO_{2peak} の相違によって VO_{2peak} と筋酸素動態・心機能との関係が異なるか否かの2点について検討することで、全身持久力が低い小児における VO_{2peak} と筋酸素動態・心機能の関連を明らかにすることである。

3. 研究の方法

5歳以上での小児25名を対象として、自転車エルゴメーターを用いた心肺運動負荷試験及び固定負荷運動を実施した。インピーダンス法により運動中の心機能(心拍出量、一回拍出量、心拍数)を、近赤外分光法により外側広筋における運動中の筋酸素動態(酸素化ヘモグロビン濃度、脱酸素化ヘモグロビン濃度、総ヘモグロビン濃度、筋酸素飽和度)を、呼気ガス分析により VO_{2peak} をそれぞれ測定した。超音波装置により筋酸素動態測定部位における皮脂厚を測定し、皮脂厚における光の散乱が筋酸素動態に及ぼす影響を光学的に補正した。インピーダンス法により除脂肪体重(FFM)を評価し、FFMにて補正した VO_{2peak} における中央値にて通常体力群と低体力群の二群に分け、各項目について比較した。また、各群内において VO_{2peak} と心拍出量及び筋酸素動態の相関関係を検討した。

4. 研究成果

低体力群では、通常体力群に比較して、運

動強度の増大に伴う脱酸素化ヘモグロビン濃度の増大が有意に小さく、同一絶対強度及び最大運動時における酸素化ヘモグロビン濃度、筋酸素飽和度は有意に高値を示した。一方で、総ヘモグロビン濃度変化(血液量変化)には最大下及び最大運動時において群間で有意な差を認めなかった。

心拍数においては両群間で有意な差を認めなかった。FFMにて補正した一回拍出量及び心拍出量についても群間で有意な差を認めなかった。

通常体力群においては、心拍出量(安静時から最大運動時までの変化量)と VO_{2peak} の間に有意な相関関係が認められたが、筋酸素動態(安静時から最大運動時までの変化量)と VO_{2peak} の間には有意な相関関係を認めなかった。しかしながら、低体力群においては、筋酸素動態(脱酸素化ヘモグロビン濃度、筋酸素飽和度)と VO_{2peak} の間に有意な相関関係が認められたが、心拍出量と VO_{2peak} の間には関連が見られなかった。年齢、身長、体重、体脂肪率、FFM、男女比に群間差はみられなかった。

本研究は特別な疾患を持たない小児を対象としたが、通常体力の小児においては心機能が VO_{2peak} と強く関連する一方で、全身持久力の低い小児においては、心機能ではなく、骨格筋における酸素利用能が VO_{2peak} を制限している可能性を示唆された。本研究の知見は、低体力の小児における骨格筋に対する運動トレーニング(活発な身体活動)の必要性を示唆するものであるが、本研究は横断的な検討であるため、今後、同一個人における変化を縦断的に検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計9件)

- 1) Takagi S, Murase N, Kime R, Niwayama M, Osada T, Katsumura T. Muscle Oxygen Dynamics during Cycling Exercise in Angina Pectoris Patients. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 査読有, in press.
- 2) Takagi S, Murase N, Kime R, Niwayama M, Osada T, Katsumura T. Low Volume Aerobic Training Heightens Muscle Deoxygenation in Early Post-Angina Pectoris Patients. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 査読有, in press.
- 3) Kime R, Niwayama M, Kaneko Y, Takagi S, Fuse S, Osada T, Murase N, Katsumura T. Muscle deoxygenation and its heterogeneity changes after endurance training. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 査読有, in press.

- 4) Takagi S. Enhancement of muscle deoxygenation in ischemic heart disease. Scientia, 査読無 (招待), 2016, <http://www.scientiapublications.com/wp-content/uploads/2016/04/shun-takagi1>
- 5) Takagi S, Murase N, Kime R, Niwayama M, Osada T, Katsumura T. Aerobic training enhances muscle deoxygenation in early post-myocardial infarction. European journal of Applied Physiology, 査読有, 116(4), 673-685, 2016
DOI: 10.1007/s00421-016-3326-x
- 6) Takagi S, Kime R, Murase N, Niwayama M, Osada T, Katsumura T. Effects of low volume aerobic training on muscle desaturation during exercise in elderly subjects. Advances in Experimental Medicine and Biology, 査読有, 876, 63-70, 2016. DOI: 10.1007/978-1-4939-3023-4_8
- 7) Takagi S, Kime R, Niwayama M, Osada T, Murase N, Sakamoto S, Katsumura T. Sex-related differences in muscle deoxygenation response between aerobic capacity-matched elderly men and women. Advances in Experimental Medicine and Biology, 査読有, 876, 55-61, 2016. DOI: 10.1007/978-1-4939-3023-4_7
- 8) Konishi M, Midorikawa T, Takagi S, Torii S, Sakamoto S. Gender difference in maximal fat oxidation relative to fat free mass by dual energy X-ray absorptiometry in prepubertal children. The journal of Japanese Society of Clinical Sports Medicine, 査読有, 23(3), 503-510, 2015
- 9) Takagi S, Sakamoto S, Katsumura T. Effect of peak oxygen uptake on maximal fat oxidation in prepubertal children. Journal of Physical Fitness, Nutrition and Immunology, 査読有, 25(1), 3-9, 2015
- [学会発表](計10件)
- 1) Takehata C, Oshima S, Akama T, Takagi S, Taguchi M. The relationship between subjective fatigue and taste intensity in American football players during intensive training. The 2nd Super Global University International Symposium, Tokyo, 2016.3.4.
- 2) 高田祥子、田中智美、高木俊、鳥居俊、坂本静男、田口素子. ラグビー選手の身体組成が安静時代謝量に与える影響. 第26回日本臨床スポーツ医学会, 神戸 2015.11.7.
- 3) 竹畠知里, 大嶋里美, 笹原郁子, 赤間高雄, 高木俊, 田口素子. 短期間のトレーニングにおける主観的疲労度と味覚の関係. 第26回日本臨床スポーツ医学会, 神戸 2015.11.7.
- 4) 遠藤有香, 福田環, 長坂聡子, 高木俊, 田口素子. 小学生の副菜摂取量が全身持久力に及ぼす影響. 第62回日本栄養改善学会学術総会, 福岡, 2015.9.25.
- 5) 高木俊, 木目良太郎, 村瀬訓生, 長田卓也, 田口素子, 勝村俊仁. 心筋梗塞後患者におけるランブ負荷運動中の酸素摂取量動態. 第70回日本体力医学会大会, 和歌山, 2015.9.18.
- 6) 高木俊, 木目良太郎, 村瀬訓生, 長田卓也, 勝村俊仁, 浜岡隆文. 発症後早期の虚血性心疾患患者における骨格筋酸素動態異常と有酸素性運動トレーニングの効果. 第19回酸素ダイナミクス研究会 東京 2015.9.12.
- 7) Takagi S, Murase N, Kime R, Niwayama M, Osada T, Katsumura T. Muscle oxygen dynamics during cycling exercise in post-angina pectoris patients. International Society on Oxygen Transport to Tissue 2015, Wuhan (China), 2015.7.15.
- 8) Takagi S, Murase N, Kime R, Niwayama M, Osada T, Katsumura T. Low volume aerobic training heightens muscle deoxygenation in early post-angina pectoris patients. International Society on Oxygen Transport to Tissue 2015, Wuhan (China), 2015.7.15.
- 9) Kime R, Niwayama M, Kaneko Y, Takagi S, Fuse S, Osada T, Murase N, Katsumura T. Muscle deoxygenation and its heterogeneity changes after endurance training. International Society on Oxygen Transport to Tissue 2015, Wuhan (China), 2015.7.15.
- 10) 村瀬訓生, 高木俊, 渡辺翼, 勝村俊仁. 心血管疾患患者の筋酸素動態の特徴と運動療法による変化. 第33回グアニジノ化合物研究会. 茨城, 2014.10.11.
- [図書](計0件)
- [産業財産権]
出願状況(計0件)

取得状況（計0件）

6．研究組織

(1)研究代表者

高木 俊（TAKAGI, Shun）

早稲田大学・スポーツ科学学院・助手

研究者番号：80735415