

令和元年6月26日現在

機関番号：32415

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01732

研究課題名(和文) ウェイトリフティング選手のバーベル挙上などの運動中の心拍出量と心仕事量の検討

研究課題名(英文) Analysis of cardiac output and cardiac work during exercise in weight lifting

研究代表者

松本 晃裕 (Matsumoto, Akihiro)

十文字学園女子大学・人間生活学部・教授

研究者番号：70323574

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：パワー系スポーツであるウェイトリフティング選手を対象として、自転車エルゴメーターによる症候限界性運動中に携帯型呼気ガス分析計とインピーダンス式心拍出量測定器を用いて、心拍出量・1回拍出量・血圧を測定した。運動中には、負荷強度の増加に対して酸素摂取量は最大運動まで直線的に増加した。心拍出量と心仕事量も負荷強度の増加に対して最大運動まで増加した。酸素摂取量の運動中の増加には、心拍出量と動静脈酸素含有量較差の両者の増加が寄与していることが分かった。バーベル挙上中に心拍数・1回拍出量・心拍出量の測定も行った。挙上重量と1回の挙上回数の増加に従って、心拍数・心拍出量が増加していくことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によってパワー系スポーツであるウェイトリフティング中の心拍出量などの血行動態の変化が初めて明らかとなった。ウェイトリフティングはやや特殊な形態のスポーツではあるが、最近運動愛好家でもウェイトリフティングを行う人も増加してきており、アスリートのみならず一般人のトレーニングにおける運動処方の際して、今回得られた運動時の心拍出量などのデータも活用される可能性が高く、運動生理学の発展に多大な貢献をされると考えられた。さらにこうして得られた知見は日本のスポーツ現場での競技力の向上にもつながると考えられた。

研究成果の概要(英文)：It remained uncertain how cardiac output and cardiac work change during weight lifting. To reveal the hemodynamic changes during exercise, hemodynamic parameters including cardiac output, stroke volume, and heart rate were measured in elite weight lifters. During weight lifting, cardiac output and heart rate increased progressively as weight and lifting times increased. During incremental ramp exercise testing using bicycle ergometer, cardiac output and cardiac work increased progressively until maximal exercise, as a work rate increased. These findings suggested that cardiac output increased as the external work increased during weight lifting.

研究分野：運動生理学、スポーツ医科学

キーワード：心拍出量 心仕事量 ウェイトリフティング

1. 研究開始当初の背景

持久系スポーツ選手とパワー系スポーツ選手の心臓に対する長期的な影響としては、持久系競技では心臓の容積が増大するが、一方パワー系競技では心臓の容積はほぼ不変で心筋の壁厚が増大するので、両者は形態的に全く異なっているが、このように持久系スポーツ選手とパワー系スポーツ選手においてトレーニングの心機能に対する影響は全く異なる。

現在、最大酸素摂取量を測定しアスリートの運動能力の指標としているが、特に長距離走などの持久系競技において競技能力に心機能も大きく関与する可能性が高い。しかし、各競技種目のアスリートにおいて、運動中に酸素摂取量がどのような値をとるかは、データがかなり乏しく、さらに心臓にどれだけの負担がかかっているかの指標でもある心拍出量(1分間に心臓が拍出する血液量)については、過去にわずかな報告があるのみであった。

運動中の心拍出量の測定法としては、これまで非侵襲的かつ十分な精度がある方法がなかったため、現在でも運動中の心拍出量と1回拍出量(1心拍で心臓が拍出する血液量)の動態についてはその詳細がほとんど未解明であり、運動生理学的な解明が急務である。

他者らの先行研究では、長距離走選手で一般人と比べ、最大運動時の心拍出量および1回拍出量が高値をとることを明らかにしている。またトップレベルの長距離走選手では、1回拍出量は最大運動時でも増加し続けると報告している。さらに長距離走とパワー系アスリートの心拍出量を比較した報告が1つだけあるが、中強度の運動までの測定しか行っていなかったため、最大運動時の心拍出量の動態については不明であった。このようにアスリートの運動中の心拍出量の測定がほとんど行われていなかった理由は、最近まで非侵襲的で連続的な心拍出量の測定が困難であったためであるが、新型のインピーダンス式心拍出量測定器(フィジオフィロー)が開発され、運動中にも正確に心拍出量が測定可能となった。

我々のグループでも長年にわたり運動中の心拍出量測定の研究を行ってきた。若年健常者を対象とした検討では、高度3000m相当の急性低酸素下では常酸素下と比べ、最大心拍出量が低下し、運動中の心拍出量および1回拍出量の増加率が減少する結果が得られ、低酸素トレーニングにおける心臓への影響をはじめ明らかにした(International Heart Journal, 51: 170-175, 2010)。また心不全患者と健常者で、運動中の1回拍出量および心拍出量の反応なども検討した(International Heart Journal, 53: 293-298, 2012)。

以上のように、アスリート、さらにパワー系のスポーツの典型的なウエイトリフティング選手においてバーベル挙上中などの運動中の心拍出量について測定したものは殆どなく、その詳細が十分解明されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、パワー系スポーツであるウエイトリフティング選手を対象として、実際にバーベル挙上中にインピーダンス法の心拍出量測定器を用いて、心拍出量・1回拍出量・心拍数がいかに変化するかを測定し、バーベル挙上中の心臓の動態を検討した。

ウエイトリフティング選手において自転車漕ぎ症候限界性運動中の最大酸素摂取量、および最大運動時の心拍出量・1回拍出量・心拍数・血圧を測定し、心仕事量を求めた。特に運動やスポーツ中の心仕事量についての研究はごく僅かしかないので、パワー系スポーツの典型的なものであるウエイトリフティング選手の運動中の心仕事量の動態を検討することを主たる目的とした。

3. 研究の方法

大学ウエイトリフティング選手を対象として、実際に練習中であるバーベル挙上中に、インピーダンス式携帯型心拍出量測定器(マナテック社製フィジオフィロー・エンドユーロ)を用いて、1心拍ごとの心拍数、1回拍出量、心拍出量の測定を連続的に行った。心拍数・1回拍出量・心拍出量と、挙上重量と1回の挙上回数との関連などについても検討した。

自転車エルゴメーターによる症候限界性運動(低強度から高強度にまで強度を漸増する ramp 負荷)中の心拍出量・1回拍出量・血圧を測定し、運動中のそれらの動態を検討した。具体的には、上述の携帯型心拍出量測定器と、さらに携帯型呼気ガス分析計(コールテックス社製メータマックス)を用いて、自転車エルゴメーターでの運動負荷中の酸素摂取量や心拍出量などを測定し、それらより動静脈酸素含有量較差を計算で求めた。心仕事量は心拍出量と平均血圧の積として求めた。運動中の負荷強度の増加に対する、酸素摂取量・心拍出量・心仕事量・動静脈酸素含有量較差がどのような動態をとるかを検討した。

4. 研究成果

大学ウエイトリフティング選手がバーベル挙上をした測定においては、バーベル挙上の開始

により速やかに心拍数、心拍出量が増加した。各選手とも、挙上重量と1回の挙上回数が増加に従って、心拍数、心拍出量が増加していくことが明らかになった。

大学ウエイトリフティング選手を対象とした自転車エルゴメーターによる症候限界性運動中の心拍出量、血圧、心仕事量の測定の結果では、運動中には負荷強度の増加に対して酸素摂取量は最大運動までほぼ直線的に増加したが、心拍出量も同様に負荷強度の増加に対して最大運動まで増加した。また動静脈酸素含有量較差も負荷量の増加に従って、最大運動まで増加した。酸素摂取量は最大運動まで増加したが、これに心拍出量と動静脈酸素含有量較差の両者が最大運動まで増加していくことが寄与していることが分かった。さらに心仕事量も、負荷強度の増加に対して増加することが明らかになった。

以上の結果、ウエイトリフティング選手がバーベル挙上中という実際の競技中に、心拍出量などの血行動態が本研究で明らかとなったが、これは我々の知りうる限り世界で初めての知見であると考えられた。また典型的なパワー系スポーツであるウエイトリフティング選手に対する自転車での最大運動負荷試験中の心拍出量、心仕事量の動態に関する報告も未だないが、それらの動態が初めて明らかになった。

今後、得られたデータをさらに分析し、男女による最大運動負荷試験中の心拍出量、心仕事量の動態の相違を検討する予定である。またウエイトリフティング選手と運動習慣のない一般人における自転車での最大運動負荷試験中の心拍出量・心仕事量の動態の相違も検討していく予定である。

ウエイトリフティングはやや特殊な形態のスポーツではあるが、最近運動愛好家でもウエイトリフティングを行う人も増加してきており、アスリートのみならず一般人のトレーニングにおける運動処方の際に、今回得られた運動時の心拍出量などのデータも活用される可能性が高く、運動生理学の発展に多大な貢献をされると考えられた。さらにこうして得られた知見は日本のスポーツ現場での競技力の向上にもつながると考えられた。

尚、これらの研究結果は、国際英文スポーツ科学会誌に投稿を予定している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Taira Fukuda, Akihiro Matsumoto, Miwa Kurano, Hisashi Nagahama, Toshiaki Nakajima. Stroke work progressively increased until maximal exercise in long distance runners, but plateaued at submaximal exercise in sprinters. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 2018; 7: 103-112. 査読有。

〔学会発表〕(計5件)

福田 平、長浜 尚史、蔵野 美葉、原 英喜、松本 晃裕、長距離走選手における運動中の酸素摂取量と心拍出量の関係に及ぼす因子についての検討、第22回心臓リハビリテーション学会、(東京：2016年7月16日 - 17日)。

古田 なつみ、福田 平、松本 晃裕、池川 繁樹、異なる歩行条件が消費エネルギー量に及ぼす影響、第71回日本体力医学会大会 (盛岡：2016年9月23日 - 25日)。

福田 平、長浜 尚史、原 英喜、松本 晃裕、持久系アスリートにおける運動中の酸素摂取量と心拍出量との関係を規定する因子の検討、第27回日本臨床スポーツ医学会(千葉：2016年11月5日 - 6日)。

古田 なつみ、福田 平、松本 晃裕、岡田 純一、池川 繁樹、大学ウエイトリフティング選手の摂取エネルギー量と消費エネルギー量、第5回NSCA国際カンファレンス(千葉：2017年1月27日 - 29日)。

福田 平、蔵野 美葉、長浜 尚史、松本 晃裕、運動習慣のない若年女性における運動中の1回拍出係数の動態の検討、第23回日本心臓リハビリテーション学会(岐阜：2017年7月15日 - 16日)。

〔図書〕(計1件)

伊東春樹 監訳、松本晃裕、他訳。運動負荷試験とその解釈の原理—病態生理と臨床応用 原著第5版(Karlman Wasserman、他著)、ジャパンハートクラブ、2017年3月1日。

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：池川繁樹
ローマ字氏名：Ikegawa Shigeki
所属研究機関名：十文字学園女子大学
部局名：人間生活学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：90147869

研究分担者氏名：長浜 尚史
ローマ字氏名：Nagahama Hisashi
所属研究機関名：亜細亜大学
部局名：経済学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：40172548

研究分担者氏名：福田 平
ローマ字氏名：Fukuda Taira
所属研究機関名：神奈川県立保健福祉大学
部局名：保健福祉学部
職名：准教授
研究者番号（8桁）：10648116

(2)研究協力者

研究協力者氏名：目黒 美葉
ローマ字氏名：Meguro Miwa