

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17855

研究課題名（和文）PETを用いたウェイトリフティング競技における全身骨格筋活動の検索

研究課題名（英文）Skeletal muscle activity on whole-body positron emission tomography during weight lifting

研究代表者

高田 泰史（TAKATA, YASUSHI）

金沢大学・医学系・協力研究員

研究者番号：50749174

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：ウェイトリフティングの基本動作であるハイクリーンにおける全身骨格筋活動を、大学ウェイトリフティング選手12人に対して、全身の糖代謝を評価できるFDG-PETを用いて検索した。評価した71の骨格筋のうち36に有意な糖代謝の亢進を認めた。特に手指および、足趾の筋群、僧帽筋、三角筋、前腕屈筋群、下腿三頭筋に有意な糖代謝の亢進を認めた。糖代謝の観点からハイクリーン動作時の左右対称的な筋活動と、数多の骨格筋の貢献が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウェイトリフティングは単純・高負荷な動作の反復であるその競技特性から特異的な障害が多い。また、現場では指導者の経験に基づいたトレーニング方法（が画一的に行われている。これらの現状から、我々は競技動作時の全身の骨格筋活動量を定量的に評価し、その骨格筋を効果的に鍛えることができるトレーニングプログラムを構築すればパフォーマンスの向上と障害予防につながるのではないかと考え、研究の着手に至った。結果から、長年行われてきたビッグスリーのみならず、糖代謝の亢進を認めた骨格筋を左右両側ともに鍛える複数のトレーニングを行う必要性が見出された。

研究成果の概要（英文）：We evaluated whole-body muscle activity of college weightlifting player during high-clean using PET-CT. Of the 71 muscles evaluated, 36 had a significant increase in glucose metabolism. In particular, the finger and toe, trapezius, deltoid muscles were significant increase in glucose metabolism. In addition, flexor muscles of forearm and triceps surae muscles were also significant increase. There was no significant difference between the left and right muscles. This result may reflect the symmetric movements and high contribution of numerous muscles during high-clean. From the result of this research, it is necessary to perform multiple trainings to train both side muscles that increase in glucose metabolism.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ポジトロン断層撮影法 ウェイトリフティング 糖代謝 骨格筋 トレーニング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ウエイトリフティングは五輪でのメダル獲得を目指し、ジュニア世代からの育成が課題となっている。一方で、単純・高負荷な動作の反復であるその競技特性から成長期における過度なトレーニング負荷は不可逆的な障害を残す可能性がある。我々の研究室では、2016年度より全国でも有数のウエイトリフティング強豪校のメディカルサポートを開始した。現場での練習風景の見学や痛みを抱えた選手への診療を通して我々が感じ取ったことは、練習ではすべての選手が昔から行われているトレーニング(ビッグスリーといわれるベンチプレス・デッドリフト・スクワット)を画一的にこなしていることであった。

これらの現状から、我々は競技動作時の全身の骨格筋活動量を定量的に評価し、その骨格筋を効果的に鍛えることができるトレーニングプログラムを構築すればパフォーマンスの向上と障害予防につながるのではないかと考えた。

骨格筋活動を評価する方法として、これまでは筋電図が一般的であった。しかし、表面電極を用いた場合は調査対象とする骨格筋に電極を貼付する必要があるため、体幹・四肢深部に存在する骨格筋活動量を評価することは困難であった。また、より深層の骨格筋に対してはワイヤー電極が使用されることがあるが、侵襲的であり、刺入部位の正確性の問題や、ノイズ・アーチファクトの影響が大きかった。さらにこれらの筋電図による評価では、全身骨格筋を一度に評価することができないばかりか、コードや電極などが動作を邪魔するため、研究結果としては不十分なものと言わざるを得なかった。

2. 研究の目的

ポジトロン断層撮影法(PET)は臨床において、がんの局所診断や脳血流量の測定などに利用されているが、運動後の骨格筋活動の評価にも有用であるとの報告が散見される 1)、2)。我々は先行研究において、PETを用いて、FIFA The 11+トレーニングを単回行った前後での前進骨格筋活動の評価 3)、およびトレーニングを一定期間継続前後の全身骨格筋活動の評価 4)が可能であることを報告した。

この手法を応用し、ウエイトリフティングの基本動作であるハイクリーン動作後における全身の骨格筋活動を評価することと、特異的な骨格筋活動のパターンを検証することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

事前に研究への同意を得られた大学ウエイトリフティング選手 12 人(年齢: 21 ± 0.7 歳、身長: 168.3 ± 5.7 cm、体重: 82.7 ± 19.2 kg)を対象とした。対象者には 18F-fluorodeoxyglucose(FDG)注射の 6 時間前からの絶食(飲料水のみ摂取可)とした。十分なウォーミングアップを行った後、40kg に設定したバーベルでのハイクリーン動作を 20 回 \times 3 セット行った。その後 FDG の静脈注射を受け、さらにハイクリーンを 20 回 \times 3 セット行い、FDG 注射 60 分後に PET-CT を撮影した。得られた画像をもとに、各骨格筋の standardized uptake value を測定した。全身 71 の骨格筋を評価の対象とし、日常生活以外の運動を制限した健常成人 5 名(年齢: 28.8 ± 3.5 歳、身長: 170 ± 4.6 cm、体重: 69.6 ± 9.9 kg)と比較した。統計処理には SPSS ver. 23 を使用し、検定には Mann-Whitney test を用いて、有意差は $P < 0.05$ とした。

4. 研究成果

評価した 71 の骨格筋のうち 36 に有意な糖代謝の亢進を認めた。特に手指および足趾の筋群、僧帽筋、三角筋、前腕屈筋群、下腿三頭筋に有意な糖代謝の亢進を認めた。また、各骨格筋の糖代謝の亢進に左右差はなかった(表 1)、(図 1)。

表 1 骨格筋の SUV の差と P 値

| | SUV difference | P value | | SUV difference | P value | | SUV difference | P value | | SUV difference | P value |
|--------|----------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------|
| 僧帽筋上行部 | 0.601 | <u>0.025</u> | 上腕筋 | 0.9205 | <u>0.001</u> | 脊柱起立筋 | 0.5226 | <u>0.005</u> | 膝窩筋 | 0.0764 | 0.491 |
| 僧帽筋横走部 | 1.4715 | <u>0.001</u> | 上腕三頭筋 | 0.0933 | 0.148 | 腸骨筋 | -0.017 | 0.322 | 前脛骨筋 | 0.5499 | 0.238 |
| 僧帽筋下行部 | 0.766 | <u>0.001</u> | 肘筋 | 0.1964 | <u>0.028</u> | 大殿筋 | 0.1468 | <u>0.008</u> | 後脛骨筋 | 0.0148 | 0.956 |
| 肩甲挙筋 | 0.2212 | <u>0.001</u> | 円回内筋 | 0.8702 | <u>0.001</u> | 中殿筋 | 0.0973 | 0.159 | 長母趾伸筋 | 0.2217 | 0.079 |
| 菱形筋 | 0.4011 | <u>0.001</u> | 浅指屈筋 | 2.4176 | <u>0.001</u> | 小殿筋 | 0.1042 | 0.838 | 長趾伸筋 | 0.3438 | <u>0.038</u> |
| 広背筋 | 0.5306 | <u>0.009</u> | 深指屈筋 | 2.1214 | <u>0.001</u> | 梨状筋 | -0.1406 | <u>0.015</u> | 長腓骨筋 | 0.723 | <u>0.001</u> |
| 肩甲下筋 | 0.1085 | 0.238 | 方形回内筋 | 0.1945 | 0.119 | 内閉鎖筋 | -0.1352 | 0.467 | 短腓骨筋 | 0.7992 | <u>0.001</u> |
| 棘上筋 | 0.137 | 0.055 | 腕橈骨筋 | 1.1255 | <u>0.001</u> | 外閉鎖筋 | -0.0959 | 0.159 | 長母趾屈筋 | 0.0487 | 0.445 |
| 棘下筋 | 0.1796 | 0.539 | 総指伸筋 | 0.4172 | <u>0.001</u> | 大腿筋膜張筋 | 0.0677 | 0.062 | 長趾屈筋 | 0.1497 | <u>0.038</u> |
| 小円筋 | 0.1042 | 0.809 | 短母指外転筋 | 0.2602 | 0.491 | 大腿直筋 | 0.134 | <u>0.001</u> | 腓腹筋 | -0.1813 | 0.086 |
| 大円筋 | 0.8893 | <u>0.001</u> | 母指内転筋 | 0.624 | 0.079 | 外側広筋 | 0.5499 | <u>0.001</u> | ヒラメ筋 | 0.733 | <u>0.001</u> |
| 三角筋前方部 | 0.0778 | <u>0.028</u> | 小指外転筋 | 0.1718 | 0.752 | 中間広筋 | 0.8378 | <u>0.001</u> | 母趾外転筋 | 0.721 | <u>0.001</u> |
| 三角筋中央部 | 0.2594 | <u>0.001</u> | 虫様筋 | 1.6868 | <u>0.001</u> | 内側広筋 | 0.7855 | <u>0.001</u> | 足底方形筋 | 0.4178 | 0.127 |
| 三角筋後方部 | 1.5706 | <u>0.001</u> | 腹直筋 | 0.2288 | <u>0.004</u> | 縫工筋 | 0.0149 | 0.752 | 短趾屈筋 | 1.4581 | <u>0.001</u> |
| 大胸筋 | 0.0516 | 0.27 | 外腹斜筋 | 0.0071 | 0.809 | 薄筋 | -0.0444 | 0.072 | 小趾外転筋 | 0.6682 | <u>0.001</u> |
| 小胸筋 | 0.0545 | 0.491 | 内腹斜筋 | 0.0111 | 1 | 半膜様筋 | 0.1245 | 0.061 | 短母趾屈筋 | 1.6451 | <u>0.001</u> |
| 前鋸筋 | 0.1045 | 0.093 | 腹横筋 | 0.0257 | 0.696 | 半腱様筋 | 0.1024 | <u>0.003</u> | 母趾内転筋 | 1.2305 | <u>0.001</u> |
| 烏口腕筋 | 0.1536 | <u>0.046</u> | 大腰筋 | 0.0959 | 0.926 | 大腿二頭筋 | 0.2264 | <u>0.001</u> | 骨間筋 | 0.6677 | <u>0.001</u> |
| 上腕二頭筋 | 0.5548 | <u>0.001</u> | 腰方形筋 | 0.156 | 0.17 | 内転筋群 | 0.2031 | 0.109 | | | |



ハイクリーン後 コントロール

図 1 ハイクリーン後とコントロール群の全身 PET 画像

本研究では、ウエイトリフティングのハイクリーン動作においてどの骨格筋がどの程度活動しているかを1度の検査で半定量的に評価可能であった。PETを用いて大学ウエイトリフティング選手の全身骨格筋活動量を糖代謝の観点から評価することにより、ハイクリーン動作の左右対称的な筋活動と、数多くの骨格筋の貢献が示唆された。得られた結果から、長年行われてきたビッグスリーのみならず、糖代謝の亢進を認めた骨格筋を左右両側ともに鍛える複数のトレーニングを行う必要性が見出された。今後、更なる解析を加えパフォーマンスの向上と傷害予防により効果的なトレーニングプログラムの構築を目指す。

<引用文献>

- 1) Fujimoto, T et al. Whole-body metabolic map with positron emission tomography of a man after running. *Lancet* 348, 266 (1996).
- 2) Ohnuma, M et al. Muscle activity during a dash shown by ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *J Orthop Sci* 11, 42-45 (2006).
- 3) Nakase, J et al. Whole body muscle activity during the FIFA 11+ program evaluated by positron emission tomography. *PLoS One* 8, e73898 (2013).
- 4) Takata, Y et al. Changes in muscle activity after performing the FIFA 11+ programme part 2 for 4 weeks. *J Sports Sci* 34, 2011-2017 (2016).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|