

平成 30 年 5 月 19 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21053

研究課題名(和文) PETを用いた投球動作における全身骨格筋活動の検索：パフォーマンス向上と傷害予防

研究課題名(英文) Whole-body muscle activity during baseball pitching exercise evaluated by positron emission tomography

研究代表者

高田 泰史 (Takata, Yasushi)

金沢大学・附属病院・医員

研究者番号：50749174

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)：投球動作における全身骨格筋活動を、大学野球投手に対して、全身の糖代謝を評価できるFDG-PETを用いて検索した。手指および足趾の筋群に有意な糖代謝の亢進を認めた。また、投球側のハムストリングスおよび非投球側の腸骨筋・大腿筋膜張筋・縫工筋に糖代謝の亢進を認めた。肩腱板筋群や体幹筋群には糖代謝の亢進を認めなかった。糖代謝の観点から投球運動時の非対称的な筋活動と、手指及び足趾の貢献度の高さが見いだされた。

一方で、同様の手法によりプロ野球投手の全身骨格筋活動を検索したところ、肩周囲の筋群にも糖代謝の亢進が認められ、投球パフォーマンスの上昇と共に、肩周囲の筋群も動員される可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Whole-body muscle activity of college baseball pitcher during baseball pitching using PET-CT revealed increasing accumulation of FDG in the finger and toe muscles, but not in the muscles of the rotator cuff or trunk. In addition, the hamstrings on the throwing side and the iliacus, tensor fasciae latae, sartorius on the non-throwing side showed increases in glucose metabolism. This result may reflect the asymmetric movements and high contribution of finger and toe muscles during pitching.

As the next step, we compare the whole body skeletal muscle activity of college and professional baseball pitcher during a pitching exercise by using PET-CT. Whole-body PET images of the professional pitchers show increase in glucose metabolism in the muscle groups around the scapula and buttocks compared to college pitchers. From the result of this research, additional strengthening of muscles around the scapulae and the buttock may be necessary for higher performance pitchers.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：投球 筋活動 糖代謝

1. 研究開始当初の背景

「全身で投げろ。下半身を使って投げろ。」とは、野球の指導現場でよく耳にするセリフであるが、これは本当に正しい指導なのだろうか？目の前の選手の球速を上げるにはどのようなトレーニングで、どの筋肉を鍛えれば良いのか？肩や肘に障害を負う選手は、晩年まで活躍する選手とどのように筋肉の使い方が違うのか？現在までに、これらの疑問を解決するために、動作解析や筋電図など様々な手法を使った研究が行われ、一定の成果を挙げている。しかしながら、実際の指導現場では、これらの研究で良いとされたトレーニングを各指導者の経験的判断でそれぞれの選手に当てはめているのが現状で、本当にその選手にとって効果的なトレーニングになっているかは疑問である。

スポーツに特有の障害を負うことなく、速い球を投げられるようになるにはどこの筋肉をどのように鍛えれば良いのか。その疑問に答えるためには、投球時には全身のどの筋肉をどの程度使っているかを調べる必要がある。

投球動作における骨格筋活動に関して、これまで筋電図での評価が一般的であった。しかし、表面電極を用いた場合は調査対象とする筋に事前に電極を貼付する必要があるため、体表から触れることができる筋や調査を予定している筋しか計測することができず、体幹および四肢の深部に存在する筋を評価することは不可能であった。また、これより深層の骨格筋に対してはワイヤー電極が使われるが、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も大きかった。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観察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計測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全身骨格筋活動の評価 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、投球運動における全身の骨格筋活動を評価することにより、投球運動に特異的な骨格筋活動のパターンを検証することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 事前に研究への同意を得られた大学硬式野球部とプロ野球経験者の投手 10 名 (年齢: 21.5 ± 3.7 歳、身長: 175.9 ± 3.4cm、体

重: 74.7 ± 5.2 kg、BMI: 24.2 ± 1.8) を対象とした。

対象者には前日からトレーニング等の運動や肉体労働は避けるように指示し、18F-fluorodeoxyglucose (FDG) 注射の 6 時間前から絶食 (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、マウンド上から 40 球の全力投球を行った。その後、FDG の静脈注射を受け、さらに 40 球の全力投球を行った。FDG 注射後 60 分で PET-CT を撮影した。得られた画像に対し、全身 73 の骨格筋に関心領域を設定し、各関心領域の standardized uptake value を、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 ± 4.6cm、体重: 69.6 ± 9.9 kg、BMI: 23.9 ± 3.0) と、投球側・非投球側に分けて比較した。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。

(2) 同様の手法によりプロ野球投手 2 名 (年齢: 23, 24 歳、身長: 180, 183cm、体重: 90.3, 87.0 kg、BMI: 27.9, 26.0) の投球時の全身骨格筋活動を検索し大学投手と比較した。

4. 研究成果

(1) 手指および足趾の筋群に有意な糖代謝の亢進を認めた。また、投球側のハムストリングスおよび非投球側の腸骨筋・大腿筋膜張筋・縫工筋に糖代謝の亢進を認めた。肩腱板筋群 (肩甲下筋・棘上筋・棘下筋・小円筋) や体幹筋群 (腹直筋・外腹斜筋・内腹斜筋・腹横筋・大腰筋・腰方形筋・脊柱起立筋) には糖代謝の亢進を認めなかった (表 1 (図 1))。

表 1 各骨格筋の SUV の差と P 値

	Throwing side		Non-throwing side	
	SUV difference	P value	SUV difference	P value
Subscapularis	0.006	0.806	0.0301	0.713
Supraspinatus	0.0237	0.713	0.0304	0.391
Infraspinatus	0.0334	0.27	0.0826	0.066
Teres minor	0.0768	0.244	0.0359	0.624
Extensor digitorum	0.8636	0.007	1.1935	0.002
Abductor hallucis brevis	0.9266	0.005	0.4673	0.037
adductor hallucis	1.0961	0.014	0.4823	0.086
lumbricalis	0.7734	0.027	0.4573	0.178
Abdominal rectus	0.0622	0.27	0.0569	0.178
Abdominal external oblique	0.0232	0.54	0.0317	0.426
Abdominal internal oblique	0.0062	0.668	0.0852	0.086
Transverse abdominal	0.0252	0.806	0.1863	0.027
Greater psoas	0.061	0.713	0.0713	0.713
Lumbar quadrate	0.0481	0.327	0.0511	0.462
Erector spinae	0.0191	1	0.0094	0.624
Iliacus	0.1177	0.142	0.4862	0.014
Tensor fasciae latae	0.1864	0.05	0.4791	0.02
Sartorius	0.112	0.759	0.4012	0.014
Semimembranosus	0.2473	0.01	0.1465	0.066

Semitendinosus	0.4185	0.01	0.183	0.005
Biceps femoris	0.1669	0.003	0.1649	0.01
Abductor hallucis	1.1141	0.037	0.4436	0.05
Flexor digitorum brevis	0.668	0.178	0.6337	0.007
Abductor digiti minimi	0.3986	0.014	0.5148	0.01
Flexor hallucis brevis	0.976	0.002	0.9146	0.01
Abductor hallucis	0.8252	0.178	0.6498	0.01
Interosseous	0.6781	0.02	0.5369	0.01

有意差あり (P < 0.05)

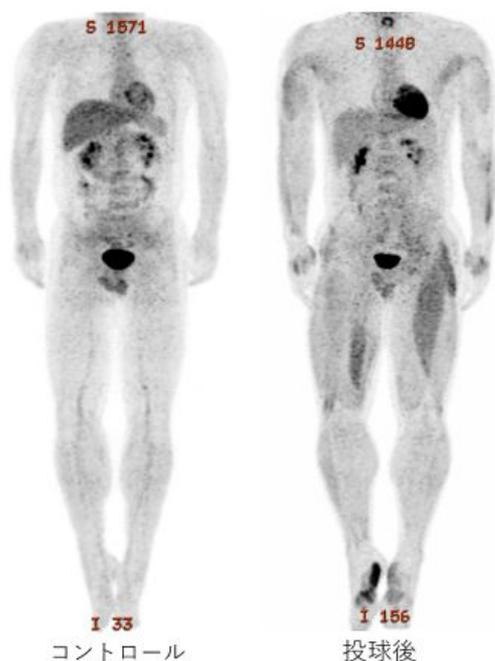


図1 コントロール群と投球後の全身 PET 画像

(2) プロ野球投手における平均投球速度は 135.1 km/h であったのに対し、大学投手の平均投球速度は 113.2 km/h であった。

プロ野球投手における投球時の全身骨格筋の糖代謝では、大学投手と比較し、肩甲骨周囲の筋群（三角筋、肩腱板筋群、菱形筋、前鋸筋）および臀部周囲の筋群（中殿筋、小殿筋、梨状筋、内閉鎖筋）の糖代謝が亢進していた。

投球は全身運動である。しかしながら、現在まで、この全身の運動連鎖の中で、どの骨格筋がどの程度貢献しているかを全身的に検証する研究は行われてこなかった。それは、今日までの骨格筋活動研究の“Gold standard”が筋電図であったためと考えられる。筋電図を用いた研究の多くが、前腕・肩周囲・上肢・体幹・下肢などのパーツごとの研究であった。さらに、筋電図では複数の電極やリード線が投球動作を邪魔する結果になり、被検者が 100%のパフォーマンスを発揮できる環境に近い計測が困難であった。この点において、我々が行っている PET を用いた

全身骨格筋活動の評価では、全身隅々まで網羅的に、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り、投球時に動作を阻害する電極のようなものを貼付する必要がないため、完全に普段通り、すなわち 100%の投球を違和感なく行うことができる。

PET を用いて大学投手の投球運動の全身骨格筋活動を糖代謝の観点から評価することにより、投球運動の非対称的な筋活動と、手指及び足趾筋群の貢献度の高さを評価することができた。また、プロ野球投手の評価により、肩周囲や臀部の筋群にも糖代謝の亢進が認められ、投球パフォーマンスの上昇と共に、肩周囲や臀部の筋群も動員される可能性が示唆された。

< 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

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

高田泰史, 中瀬順介, 望月孝史, 稲木孝史, 下崎研吾, 絹谷清剛, 土屋弘行, PET を用いた投球動作における全身骨格筋活動の検索、第 29 回 日本体力医学会 北陸地方大会、2017、

高田泰史, 中瀬順介, 下崎研吾, 土屋弘行, PET を用いた投球動作における全身骨格筋活動の検索、第 28 回臨床スポーツ医学会 学術集会、2017

高田泰史, 中瀬順介, 下崎研吾, 浅井一希, 土屋弘行, 投球動作における骨格筋活動 - FDG-PET による全身網羅的検索 -, 日本野球科学研究会 第 5 回大会、2017

Takata Y, Nakase J, Shimozaki K, Asai K, Tsuchiya H, Whole-body muscle activity

during baseball pitching exercise , 2018  
American Academy of Orthopaedic Surgeons  
(AAOS) Annual Meeting , 2018

〔その他〕  
ホームページ等

6 . 研究組織  
(1)研究代表者  
高田 泰史 ( TAKATA, Yasushi )  
金沢大学・附属病院・医員  
研究者番号： 50749174