

令和元年6月26日現在

機関番号：32702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K12658

研究課題名（和文）筋シナジー仮説からみた投球動作習得のメカニズム

研究課題名（英文）Mechanism of acquisition of skilled throwing movement from a muscle synergy hypothesis

研究代表者

宮崎 重勝（Miyazaki, Shigekatsu）

神奈川大学・公立大学の部局等・名誉教授

研究者番号：40409892

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）：子どもの投能力低下は重大な問題となっているにも関わらず、投動作変化を引き起こす原因である基礎スキルの獲得が明らかになっていない。本研究は投動作の筋シナジー解析を通じて、投能力の向上と筋活動パターン（筋シナジー）変化の関係を検討した。さらにオーバーヘッド動作に共通する基礎スキルを共通する筋活動パターンと捉えることで、「運動学習の転移」と呼ばれる現象を明らかにできるかを検討した。その結果、非熟練投球者が投能力を向上させていく過程では、複数の筋活動パターンの使用度を調節していくことがわかった。また、オーバーヘッド動作間で共通する筋活動パターンがあることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

子どもの投能力の低下から上肢の力発揮能力が低下していることが示唆されるため、投能力の向上はバドミントン・テニスなどの様々なオーバーヘッド競技能力の向上にも関わる重要課題である。本研究で明らかにしたことを包括的に応用することで、子どもの投能力を向上させるという重要課題の解決だけでなく、様々なオーバーヘッド競技の基礎スキル獲得にも適用できる。加えて、体育科教育の体系的なカリキュラム編成を構築し、様々な競技において子どもの競技能力を効果的に向上させることに大きく貢献する。

研究成果の概要（英文）：Although throwing ability decline of children is one of the problems in Japan, it is not unclear of acquiring skills which cause throwing movement change. In the present study, I examined the relationship between the change in throwing performance and the change in muscle activation pattern (muscle synergy). Moreover, I examined whether there are common muscle activation patterns in some overhead movement. In the process that a non-skilled thrower improve throwing performance, the thrower tuned the degree of use of each muscle activation pattern. Additionally, there were common muscle activation patterns in some overhead movement.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：投球 オーバーヘッドスポーツ 筋シナジー

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

子どものソフトボール投げ（2017年）はピーク時（1985年）と比べ、約15%も低下している（文部科学省，2018）。投能力の低下から上肢の力発揮能力が低下していることが示唆されるため、投能力の向上はテニスなどの様々なオーバーヘッド競技能力の向上にも関わる重要課題である（Rose & Heath 1990）。しかし、科学的根拠に基づいた効果的な投能力向上のトレーニング法は確立されていない。その理由の一つとして、非熟練者を対象とした投動作のトレーニング研究では、主に動作の変化といった運動学的データを用いている（本嶋ら 2014）が、投動作の習得過程を運動学的データのみでは説明できないことが挙げられる。例えば右手でボールを投げる人の場合、熟練した段階では左足を前方に踏み出すようになるが、習得過程で反対の右足を踏み出す段階が観察される（宮丸ら 1980）。上肢動作においても同様に一見非合理的な過程が見られる。このような段階を経由することは、誰にでも共通した過程として見られるため、投動作に必要な基礎スキルを獲得するために極めて重要だと推測される。しかし、運動学的にこのような過程を現象として捉えることは可能であるが、どのような基礎スキルを獲得しているかを説明することは難しい。

また、「投能力が高い人はバドミントンも上手である」といった、ある動作の獲得が類似した動作にも影響を及ぼす現象は、運動学習の転移と呼ばれている（O'Keefe et al. 2007）。しかし、複雑な運動では動作間の共通点を明確にすることができていない。そのため、どのような条件の時に、動作間で運動学習の転移が発生するのかが明らかにされていない。これらを明らかにするには、投動作に必要な基礎スキルとは何か、オーバーヘッド動作全般に共通・類似した基礎スキルが存在するかを検討する必要がある。ここで、「ヒトは小さな筋活動の組み合わせ（筋シナジー）を統合することにより運動を円滑に行える」という筋シナジー仮説（Tresch et al. 1999）の観点からすると、基礎スキル獲得と新しい筋シナジー獲得には関係があると示唆される。よって、運動学的データだけでは説明のできない習得過程の変遷を、筋シナジー獲得によるものとして捉えることができるかもしれない。さらに基礎スキルと筋シナジーの関係から、共通の筋シナジーが存在する運動間では、獲得した筋シナジーが相互に活用されることにより転移が発生するといった、運動学習の転移のメカニズムを明らかにできる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、無線筋電計、モーションキャプチャシステムを用い、

(1) 非熟練投球者の投運動学習過程における、ボールスピード、動作の経時的変化は筋活動パターンの変化によってもたらされているのかどうか

(2) 様々なオーバーヘッド競技間で共通する筋活動パターンが存在するかどうかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

実験1 非熟練投球者の投能力向上過程における、ボールスピード、動作、筋活動パターンの変化

オーバーヘッド競技経験のない女子大学生一名を被験者とした。被験者は6週間で計1440試行（60試行/日、4日/週）の全力投球を行った。全試行において、腕・胴体15カ所に貼付した無線筋電計から投球中の筋活動を記録した。また、身体32カ所、ボール5カ所に貼付した反射マーカの位置座標データも同様に記録した。得られたマーカ位置座標データからリリース時のボールスピード、リリース時の指先速度に対する各関節運動（肩内旋、肘伸展等）の運動学的貢献速度を算出した。各試行の踏み出し足離地からボールリリースまでの筋活動データから、Time-Varying synergy を抽出する際に用いられる手法を用いて、筋活動パターンを抜き出した。ボールスピードの経時的変化を連検定を用いて分類し、各フェーズにおいて各測定項目と試行数の間で単回帰分析を行った。

実験2 複数のオーバーヘッド競技における筋活動パターンの抽出と競技間で共通する筋活動パターンの分類

オーバーヘッド競技経験のある男子大学生八名を被験者とした。被験者は、野球の投球、バドミントンのスマッシュ、サッカーのスローイング、卓球のロビングスマッシュ、バレーボールのサーブを模した運動を各競技10試行ずつ全力で行った。各試行において、腕・胴体12カ所に貼付した無線筋電計、手・足、及び、ボール、打具に貼付した反射マーカから動作中の筋活動データ、マーカの位置座標データを記録した。マーカの位置座標データから筋電の解析範囲を決定し、各競技、各試行の筋活動において筋活動パターンをSynchronous synergy を抽出する際に用いられる方法を用いて抜き出した。筋活動パターンの類似性を検討するため、各試行における筋活動パターンの抽出後、同競技内における別の試行、又は、他の競技の試行において記録された筋活動に対する再現度を算出した。

4. 研究成果

実験1

最終日の60試行初日におけるボールスピード、投球のリリース時に主要であると報告されている肩内旋、肘伸展、胴体回旋、手首掌屈運動における運動学的貢献速度は、初日の60試行の各項目の値よりも増加していた。この結果から1440試行において、被験者は投能力が向上したとみなした。連の検定からボールスピードの時系列データは14のフェーズに分けられた(図1)。各フェーズ内で単回帰分析を行った結果、多くの部分で増加傾向が見られた一方、離れた二つのフェーズにおいて、低下傾向が見られた(図2)。関節運動のリリース時における運動学的貢献速度の増減傾向においても、各運動で複数のフェーズに低下傾向が見られ、ボールスピードが増加傾向のフェーズであっても、一部の貢献速度は低下傾向になるところがあった(図2)。抽出された筋活動パターンの使用度は投球課題初期に増減が見られた後、しばらくは増減傾向が見られなかった(図3)。しかし、後期のフェーズにおいて増減傾向が多く見られるようになった。これらから、6週間の投球経験によって非熟練投球のボールスピードは向上するが、局所的には向上-衰退を繰り返す過程を経ていくことが明らかとなった。また、非熟練投球者は各セグメント・関節運動の貢献度の組み合わせを色々と試しながらより良い動きを探していることが示唆された。さらに、筋活動パターンの数が三つで説明できることから、動作の変化は筋活動パターンの使用度を調整しながら変化させていく可能性が示唆された。

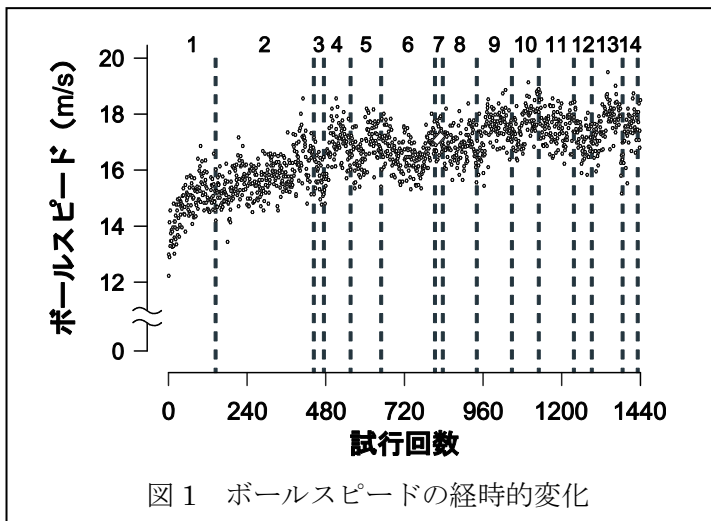


図1 ボールスピードの経時的変化

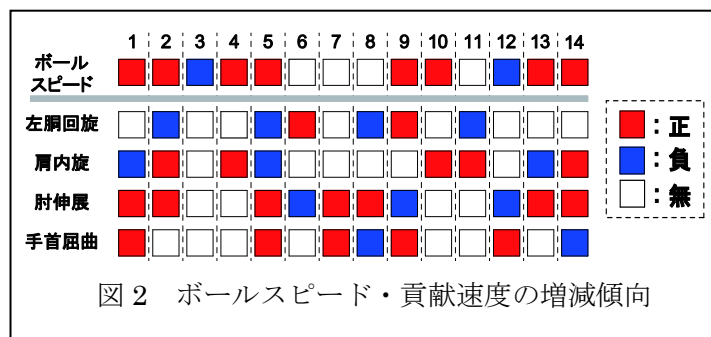


図2 ボールスピード・貢献速度の増減傾向

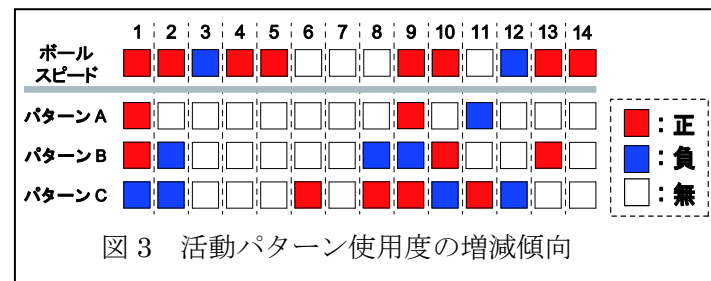


図3 活動パターン使用度の増減傾向

実験2

各競技において、抽出された筋活動パターンは三つ以下であった。これは、一見複雑に見えるオーバーハンド動作の上肢運動においても、各筋がバラバラに活動しているのではなく、複数の筋が活動するパターンの強弱を変えながら遂行されることが推察される。ある試行における筋活動パターンが同競技の他の試行や他競技の試行中で記録された筋活動をどの程度再現できるかについて、同じ競技内における他試行の筋活動を再現した場合、どの競技においても高い再現度を示した(図4)。一方、他競技の試行に対する再現度に関しては競技によって違いが見られた。バドミントンは、卓球の再現度が高く、野球はバドミントン、バレーボールの再現度が高かった。バレーボールはバドミントン、野球よりも全体的に再現度は低いが、サッカーの再現度は比較的高かった。サッカー、卓球は他競技に対する再現度が共に低い結果となった。これらの結果は、動学習の転移が、ある競技で用いられる筋活動パ

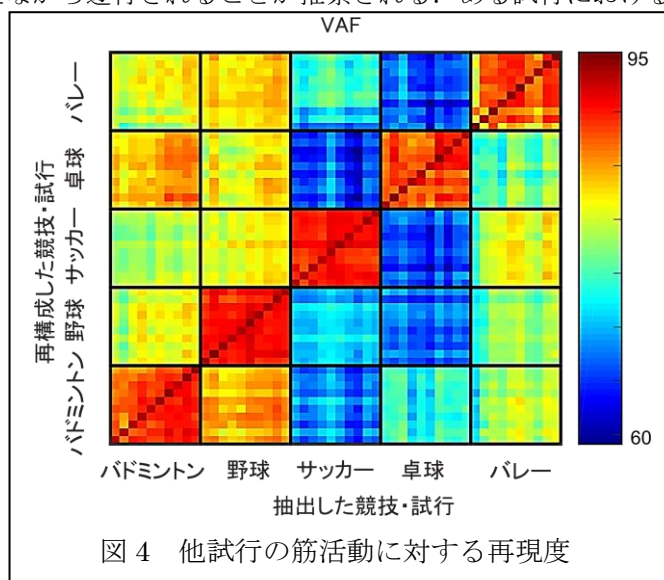


図4 他試行の筋活動に対する再現度

ターンが他の競技の動作を遂行する上で必要な筋活動パターンを再現できる場合に、発生する可能性があることを示唆している。一方で、二つの競技間で互いに再現度が高くなるというわけではないことから、転移の効果は、学習した順番によって異なる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 2 件）

①久保槇平, 鈴木崇人, 宮崎重勝, 衣笠竜太. ”6 週間の継続的な投球経験による非熟練投球者の投球スピード、投動作および筋活動パターンの変化”. 第 24 回バイオメカニクス学会大会. 2016 年 9 月 14 日. 立命館大学 (滋賀県草津市)

②Shimpei Kubo, Takahito Suzuki, Shigekatsu Miyazaki, Ryuta Kinugasa. ”Effect of 24 days baseball throwing on the ball speed and kinematics in non-skilled thrower”. ECSS 21st. 2016 年 7 月 8 日. Vienna, Austria

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：鈴木 崇人

ローマ字氏名：Suzuki Takahito

所属研究機関名：国立研究開発法人理化学研究所

部局名：情報システム本部

職名：特別研究員

研究者番号（8 桁）：20638960

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：久保 槇平

ローマ字氏名：Kubo Shimpei

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に

については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。