

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K17813

研究課題名(和文)筋硬度と運動パフォーマンスの関係 -新たな介入法による検討-

研究課題名(英文) Association between muscle stiffness and athletic performance: examined by new intervention

研究代表者

安藤 良介 (Ando, Ryosuke)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・契約研究員

研究者番号：10804792

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)：近年では、安静時の筋の弾性と爆発的な運動パフォーマンスの関係が示唆されている。本研究では、安静時の筋の弾性と静的・動的な運動パフォーマンスの関係を明らかにすることを目的とした。活動的な成人男女を対象とした実験において、内側腓腹筋の安静時弾性と足関節底屈トルクの立ち上がり率(RTD)及びドロップジャンプのパフォーマンスとの関係が統計学的に示された。また、8週間のドロップジャンプトレーニングは内側腓腹筋の安静時弾性を低下させる一方で、RTDに変化は見られなかった。以上のことから、横断研究では安静時弾性と運動パフォーマンスの関係が見られる一方で、縦断研究では両者に関係がないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の横断データでは、筋の安静時弾性と運動パフォーマンスに有意な相関関係が見られた。これらの結果から、競技スポーツの現場においてのタレント発掘や中高齢者の体力測定における運動習慣のスクリーニングとして、筋の安静時弾性の測定を応用できると考えている。筋の安静時弾性の測定に要する時間は、1分以内であり、上記のような大規模測定にも耐えられるという利点がある。一方、本研究の縦断データでは、筋の安静時弾性の変化に伴う運動パフォーマンスの変化が示されなかった。上記のように、横断データでは筋の安静時弾性と運動パフォーマンスの関係が示されているため、今後は8週間以上の長期間介入の効果を検証する必要がある。

研究成果の概要(英文)：Associations between muscle stiffness at rest (passive muscle stiffness) and athletic performances have been recently suggested. The purpose of this study was to elucidate the relationship between passive muscle stiffness and explosive performance. I examined whether passive stiffness in the medial gastrocnemius correlated with rate of torque development during the isometric plantar flexion and drop jump performance. These relationships were statistically demonstrated. Furthermore, I examined the effect of 8-week drop jump training on the passive stiffness in the medial gastrocnemius and rate of torque development. As a result, passive muscle stiffness decreased whereas rate of torque development did not change. Taken together, relationship between passive muscle stiffness and explosive performance was indicated in the cross-sectional studies, but it was not in the longitudinal study.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：筋スティフネス 爆発的運動パフォーマンス 下腿三頭筋 超音波エラストグラフィ RTD ドロップジャンプ

1. 研究開始当初の背景

ヒトの身体運動は、骨格筋が発揮した張力が腱を介して骨へ伝達されることで生じる。したがって、筋や腱の機械的性質(例:弾性やひずみ)は、筋力や関節トルクの立ち上がり率(Rate of torque development: RTD)などの運動パフォーマンスに影響を及ぼす。筋と腱のうち、腱の機械的性質と運動パフォーマンスの関係について多くの研究が行われてきた。例えば、腱スティフネスが高い(硬い)ヒトほど、開眼・閉眼片脚立ち中の重心動揺が少ない(Onambele et al. 2007)。また、“可能な限り速く最大筋力まで到達させる”という運動課題においては、腱スティフネスが高いヒトほど、Rate of force developmentが高いことが示されている(Waugh et al. 2013)。しかしながら、本研究着想時の2017年では、筋の長軸方向の伸びにくさを表す筋スティフネスと運動パフォーマンスの関係を検討した研究は見当たらなかった。筋の短軸方向のひずみを表す筋硬度と運動パフォーマンスの関係を示した研究が2件ある(Kalkhoven and Watsford 2017, Muraki et al. 2013)ことから、筋スティフネスと運動パフォーマンスにも同様の関係が見られると予想していた。また、その推測が支持されるのであれば、筋スティフネスを増加させる介入を行うことにより、運動パフォーマンスが改善されると予測されるが、筋スティフネスの変化に伴う運動パフォーマンスの変化という観点で行われた研究は見当たらなかった。

2. 研究の目的

1) 筋スティフネスと爆発的な運動パフォーマンスの関係を精査すること、および2) 何かしらの介入による筋スティフネスの変化に伴い運動パフォーマンスが変化するか否かについて明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

1)-a: 27名の成人男女(28 ± 5歳)を対象とした。被験者は、膝関節を最大に伸展させた状態で等速性筋力測定器(Biodex System 4)に座り、超音波エラストグラフィを用いて内側腓腹筋の剛性率を測定した(図1)。その後、被験者は可能な限り速く最大トルクまで到達させることを意識して等尺性足関節底屈運動を実施した。得られたデータは、トルクのオンセット(発生時)から2つの区画(0-100 ms および 0-200 ms)でRTDを算出した。RTDは、最大筋力の影響を強く受けることが知られていることから、足関節底屈トルクの最大値で補正した値を統計解析に用いた。

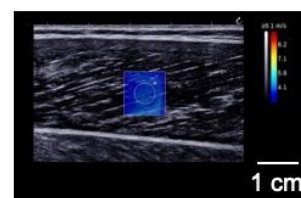
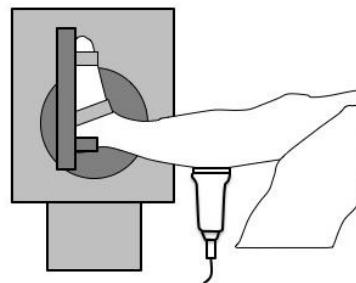


図1. 実験のセッティングと超音波画像

1)-b: 24名の成人男性(22 ± 1歳)を対象とした。被験者は、等速性筋力測定器(CON-TREX MJ)に伏臥位になり、超音波エラストグラフィを用いて内側腓腹筋の剛性率を測定した。その後、15 cmの台から落下し、ジャンプマットに着地した直後に鉛直方向に素早く跳躍するドロップジャンプを測定した。ジャンプマットから得られた跳躍高と接地時間からDJ index (m/s)を算出し、ドロップジャンプのパフォーマンスとした。

2): 24名の成人男性をコントロール群(12名、22 ± 1歳)とトレーニング群(12名、22 ± 1歳)に分けた。トレーニング群は、週3日、8週間のドロップジャンプトレーニングを実施した。1セッションは、20回のドロップジャンプを5セットから構成された。1~4週目は、15 cmの台、5~8週目は30 cmの台を使用してトレーニングを行なった。コントロール群は、通常通りの生活を心がけた。介入期間の前後には、1)-bの同様の方法で内側腓腹筋の剛性率を測定した。最大筋力で補正したRTDも測定した。

4. 研究成果

1)-a: 安静時における内側腓腹筋の剛性率とRTDには有意な相関関係が見られた(図2)。また、これはRTDを算出した区画に依存しなかった。すなわち、筋スティフネスが高いヒトほど、短時間で高い筋力を発揮することができる。

1)-b: 安静時における内側腓腹筋の剛性率とDJ indexには有意な相関関係が見られた(図2)。すなわち、筋スティフネスが高いヒトほど、ドロップジャンプのパフォーマンスが高い。

以上の結果から、運動の静的・動的に関わらず、短時間で高い筋力を発揮することが求められる運動は、主働筋の安静時のスティフネスとの間に統計学的に有意な相関関係が見られること

が明らかとなった。

2)：安静時の内側腓腹筋の剛性率には有意な交互作用(時間 × 群)が見られた。Bonferroni 法により有意水準を調整したうえで対応あり・なしの T 検定を行なった結果、コントロール群の剛性率は増加し(12.7 ± 3.7 kPa → 16.1 ± 4.3 kPa)、トレーニング群のそれは低下した(13.5 ± 2.1 kPa → 10.6 ± 2.1 kPa)。一方、RTD は両群共に有意な交互作用・主効果は見られなかった(コントロール群：353 ± 105 %MVC/s → 333 ± 44 %MVC/s、トレーニング群：407 ± 118 %MVC/s → 395 ± 113 %MVC/s)。以上の結果から、筋スティフネスの変化は、爆発的な運動パフォーマンスの変化を引き起こさないことが示唆された。

以上の結果をまとめると、安静時の筋のスティフネスと爆発的な運動パフォーマンスの関係は、横断的に検討した場合、統計学的に有意な相関関係が見られるが、縦断的に検討した場合には因果関係が示唆されなかった。本研究では、先行研究を読み進めていく中で、骨格筋への機械的ストレスに着目したが、他の介入方法や介入期間の見直しにより、筋スティフネスと爆発的な運動パフォーマンスの因果関係を炙りだせる可能性は依然として残る。

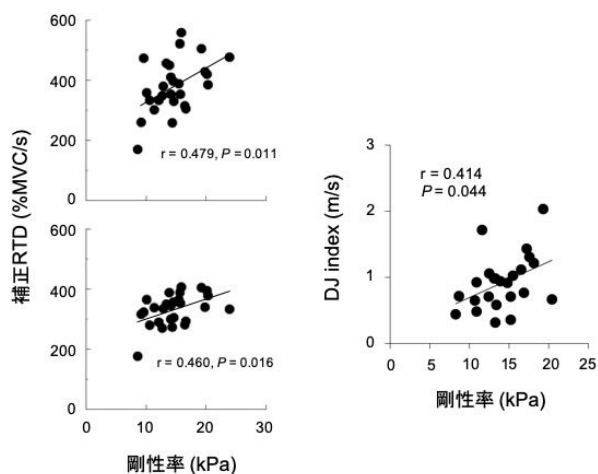


図2. 内側腓腹筋の剛性率とRTD (左図) およびDJ index (右図)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ryosuke Ando, Shinya Sato, Naoya Hirata, Hiroki Tanimoto, Naoto Imaizumi, Yasuhiro Suzuki, Kosuke Hirata, Ryota Akagi	4. 巻 12
2. 論文標題 Relationship Between Drop Jump Training-Induced Changes in Passive Plantar Flexor Stiffness and Explosive Performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 777268 ~ 777268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2021.777268	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ryosuke Ando, Shinya Sato, Naoya Hirata, Hiroki Tanimoto, Naoto Imaizumi, Yasuhiro Suzuki, Kosuke Hirata, Ryota Akagi	4. 巻 58
2. 論文標題 Relationship between resting medial gastrocnemius stiffness and drop jump performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Electromyography and Kinesiology	6. 最初と最後の頁 102549 ~ 102549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jelekin.2021.102549	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ryosuke Ando, Toshiyuki Ohya, Kenta Kusanagi, Jun Koizumi, Hayato Ohnuma, Keisho Katayama, Yasuhiro Suzuki	4. 巻 45
2. 論文標題 Effect of inspiratory resistive training on diaphragm shear modulus and accessory inspiratory muscle activation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism	6. 最初と最後の頁 851-856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/apnm-2019-0906	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ryosuke Ando, Keigo Taniguchi, Shin Kikuchi, Shogo Mizoguchi, Mineko Fujimiya, Masaki Katayose, Hiroshi Akima	4. 巻 9
2. 論文標題 Sarcomere length of the vastus intermedius with the knee joint angle change	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e14771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14771	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ryosuke Ando, Yasuhiro Suzuki	4. 巻 66
2. 論文標題 Positive relationship between passive muscle stiffness and rapid force production	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Human Movement Science	6. 最初と最後の頁 285-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.humov.2019.05.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Ryosuke Ando, Shinya Sato, Naoya Hirata, Hiroki Tanimoto, Naoto Imaizumi, Yasuhiro Suzuki, Kosuke Hirata, Ryota Akagi
2. 発表標題 Drop jump performance is related to resting calf muscle stiffness
3. 学会等名 XXIII International Society of Electrophysiology and Kinesiology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Ando, Toshiyuki Ohya, Kenta Kusanagi, Jun Koizumi, Hayato Ohnuma, Keisho Katayama, Yasuhiro Suzuki
2. 発表標題 Effect of 6-week inspiratory muscle training on diaphragm and accessory respiratory muscle functions in elite swimmers
3. 学会等名 European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤 良介、鈴木 康弘
2. 発表標題 安静時における筋の剛性率とRate of Torque Development (RTD) の関係
3. 学会等名 日本体育学会
4. 発表年 2018年

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------