トレーニングエクササイズにおける動作様式の違いが力学変量に及ぼす影響を簡易的に評価する方法の検討:

フライングスプリット動作に対する単一対象者・複数試行測定, 複数対象者・単一試行測定及び複数対象者・複数試行測定の比較より

本山清喬[1)], 小森大輔[2)], 安陪大治郎[1)], 金高宏文[2)], 髙橋仁大[2)]

[1)]九州産業大学 健康・スポーツ科学センター

[2)]鹿屋体育大学 スポーツ・武道実践科学系

キーワード: 動作様式の選択, 関節トルク, 逆動力学, コーチング, 測定評価

【要 旨】

本研究は, 12 名の男性を対象にハム型および四頭筋型フライングスプリット(以下 FS とする)時の力学変量を定量化し, 単一対象者・複数試行測定と複数対象者・複数試行測定の比較を行った. この比較から, 単一対象者・複数試行によるトレーニングエクササイズにおける動作様式条件の違いに関する研究がスポーツ実践現場に対するコーチング資料として有益であるか検証することを目的とした. そのために, 前脚の膝関節が足関節の後方に位置するハム型 FS と前方に位置する四頭筋型 FS に動作様式条件を分類し, 逆動力学法を使って力学変量を比較した. その結果, 12 名全体の平均値ではハム型 FS と四頭筋型 FS を教示通りに遂行できたが, 2 名は前提条件の適切な実施かつ負荷条件を両動作様式条件間で同程度に実施できなかったと判明した. これらの結果は, トレーニングエクササイズを集団指導した場合, 動作様式が適切でない一部の実践者は平均値に埋没し, 見過ごされてしまうことを意味する. 本研究は, 動作様式の違いについて各個人が複数試行したデータを検証することで, 運動実践者が陥りやすい課題や教示内容の誤認を個人レベルで見出し, 早期に改善可能であることを示している.

スポーツパフォーマンス研究, 13, 1-14, 2021 年, 受付日: 2020 年 10 月 12 日, 受理日: 2020 年 12 月 28 日

責任著者:本山清喬, 813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1, kiyotaka@ip.kyusan-u.ac.jp

＊＊＊＊

A simplified method for evaluating the influence of movement pattern on dynamic variables in training exercises: comparing individual participants and multiple participants with single and multiple trials

Kiyotaka Motoyama[1)], Daisuke Komori[2)], Daijiro Abe[1)], Hirofumi Kintaka[2)],

Hiroo Takahashi[2)]
[1)]Kyushu Sangyo University
[2)] National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: selection of motion pattern, joint torque, inverse dynamics, coaching, evaluation of measurement

【Abstract】

The present study quantified dynamic variables while 12 male participants were doing hamstring muscle and quadriceps muscle scissor jumps, and compared the results from a single participant doing multiple trials and several participants doing a single trial. The aim was to examine whether studying the movement pattern of one person doing multiple trials in training exercises would be useful as coaching material. Movement patterns were classified into two types: hamstring scissor jumps, in which the knee joint of the front leg is abducted, and quadriceps scissor jumps, in which the knee joint is flexed. The two patterns were compared using inverse dynamics. The average score from the 12 participants indicated that both the hamstring scissor jumps and the quadriceps scissor jumps had been performed as taught. However, two of the participants did not do the preconditions properly nor execute the load condition equally in either type of movement pattern. These results suggest that when training exercises are taught to groups, trainees who do not execute the movement patterns properly may be overlooked. The present study suggests that by evaluating multiple types of data, it may be possible to identify problems and instructions that individual trainees have misunderstood so that the problem can be corrected quickly.

Ⅰ. 研究の背景と目的

一般の運動実践者からスポーツ競技者まで，多くの運動実践者がトレーニングエクササイズを実施している．その目的は健康の保持増進から競技力向上など多岐にわたる．トレーニングエクササイズに関する参考書や情報が数多く存在する中で，同一名称のトレーニングエクササイズにおいても僅かな動作様式の違いにより，発揮する力が大きく異なることが経験的に知られている．そのようなことを確かめた研究も散見される．例えば，反動を伴うスクワットは反動を伴わない場合に比べて股関節伸展トルクを増大させることを明らかにした研究（真鍋ほか，2004）や，体幹の煽りを伴うラテラルジャンプでは，体幹の煽りを伴わない場合に比べて股関節伸展トルクが 26%も高いことを明らかにした研究（本山ほか，2020）である．これらの研究は，トレーニングエクササイズにおいて動作様式によって身体に加わる負荷が変化することを意味している．それ故，運動実践者の目的に応じて動作様式を適切に選択することが重要といえる．しかしながら，これまでトレーニングエクササイズの動作様式の違いについて詳細に検討した研究はそれほど多くない．

このような背景には，トレーニングエクササイズの動作様式の違いについて明らかにするための研究の進め方が大きく影響していると筆者らは考えている．動作様式による違いを検証する際に複数の対象者による実施によって検証しようとする研究手続きやトレーニング実験が知見蓄積の壁になっていると考える．例えば，レジスタンストレーニングに関するバイオメカニクス的研究を遡ってみると，いくつか興味深い結果が報告されている．高橋ほか(2017)は，対象者 20 名が 8 週間の体幹捻転トレーニングで最大捻転角速度は集団全体で向上したが，その対象者間の個人差が大きかったことを報告している．この研究では体幹捻転トレーニングの関節可動域は一定としたが，動作速度は最大努力で行った．複数の対象者間の動作速度の違いがトレーニング効果に個体間差を発生させたと考えられる．運動による身体への負担は動作速度だけではなく，関節角度，筋の収縮様式，重量付加，実施回数，休息の時間など様々な要因によって変化する．その中でも，動作速度や関節角度，筋の収縮様式は集団指導で全ての運動実践者に詳細に伝達し，同一に実施することはかなり難しい．つまり，トレーニングエクササイズの動作様式の違いの影響を明らかにする研究において，複数人の対象者で検討することで，動作様式の影響が対象者間の個人差により見えなくなることがあるといえる．動作様式の違いの影響を，いつでも，誰にでも当てはまる知見を目指そうとして複数人の対象者を用いて検証することが大きな障壁となっていると考えられる．なお，単関節のレジスタンストレーニングや関節可動域が規定されるマシントレーニングより，自重を用いて行うトレーニングエクササイズ（例えばフライングスプリット：以下 FS とする）では，動作様式の違いはさらに顕著になりやすい．FS は走運動や跳躍運動で重要な役割を果たす股関節伸展に関するトレーニング効果がある（本山ほか，2016）が，FS には技術的なバリエーションが多分に含まれており，指導者が指示した動作と実際に運動実践者が行う動作には大きな差異が生じることがある（本山ほか，2020）．そのため，動作様式の違いによって身体が発揮する力学諸変量の違いを検討する対象動作として FS は適していると考えられる．

個別性の原則はトレーニングの原則の一つであり一般的に知られているものの，科学的な検証としては 1 事例（一人の対象者）だけでは一般化するための情報量としては不十分と考えられている．しかしながら，西條(2008)は研究対象が 1 事例（一人の対象者）であっても，現象の見え方が変わるような

視点を提示できることやより良い実践につながるモデルを構成できれば，価値ある事例研究になりうると述べている．また，筆者ら（本山ほか，2016）はトレーニング実践現場では，科学的理論やメカニズムを検証することに主眼を置いた知見よりも，運動実践者がトレーニングする際により適した動作様式を選択する意思決定や判断できる知見の蓄積が望まれていると考え，2 つの動作様式のトレーニングエクササイズの違いについて 1 名の対象者に複数回の試行を実施して検証した．その結果，動作様式の違いによって，股関節伸展トルクに大きな違いが生じることを明らかにし，スポーツ実践現場での動作様式を選択する意思決定に寄与する情報を提案している．しかし，従来の科学的検証で行われる複数人の対象者・単一試行測定による研究と筆者らが行った単一対象者・複数試行測定の研究（本山ほか，2016）がどのような関係にあるのか，また複数人の対象者・複数試行測定ともどのような関係にあるのか明らかになっていない．単一対象者・複数試行測定の研究がスポーツ実践現場に対するコーチング資料としてどのような意味を持つか検討するためにも，前述の関係を明らかにしておくことは重要と考える．

そこで本研究では，FS を対象動作として，トレーニングエクササイズにおける動作様式の違いが力学量に及ぼす影響を①単一対象者・複数試行測定，②複数対象者・単一試行測定及び③複数対象者・複数試行測定で比較し，単一対象者・複数試行測定で得られた結果が，スポーツ実践現場に対するコーチング資料として有益かどうか検討することを目的とした．

なお，③複数回試行の測定を複数の対象者で繰り返し実施した結果において，いずれの対象者（①単一対象者・複数試行測定）の結果と全対象者の平均値（②複数対象者・単一試行測定）の結果が等価であれば，①の単一対象者による複数試行測定を用いる方法は，トレーニングエクササイズの動作様式を比較する研究方法として十分活用できると考え検証を進めた．

Ⅱ．方法

1．対象者

対象者は本研究の趣旨に同意した陸上競技の跳躍種目を専門とする男子大学陸上競技者 12 名（身長：175.8±5.1cm，体重：67.1±4.1kg，年齢：20.0±0.8 歳）であった．なお，対象者は FS を日常的に実施していた．対象者には，測定前に測定内容，測定時のリスクについてヘルシンキ宣言に則り説明し，書面にて実験参加の同意を得た．本研究は，九州産業大学倫理審査委員会の承認（2019-0001 号）を受け実施した．

2．実験試行

本山ほか（2016）の研究と同様に，以下の実験試技を 10 回連続試行することとした．なお，2 種類の FS を実施する際は，膝関節と足関節の位置関係に明確な違いが生じるように最大努力で実施した．なお，下記①および②のように動作様式条件を教示し，その典型例を図 2 に示した．

① 四頭筋型 FS：FS 動作の接地時における前脚の膝関節を足関節よりも前に位置し，下腿が前傾して大腿四頭筋の出力が大きいと感じられるようにする．

② ハム型 FS：FS 動作の接地時における前脚の膝関節を足関節よりも後ろに位置し，下腿が後傾してハムストリングスの出力が大きいと感じられるようにする．

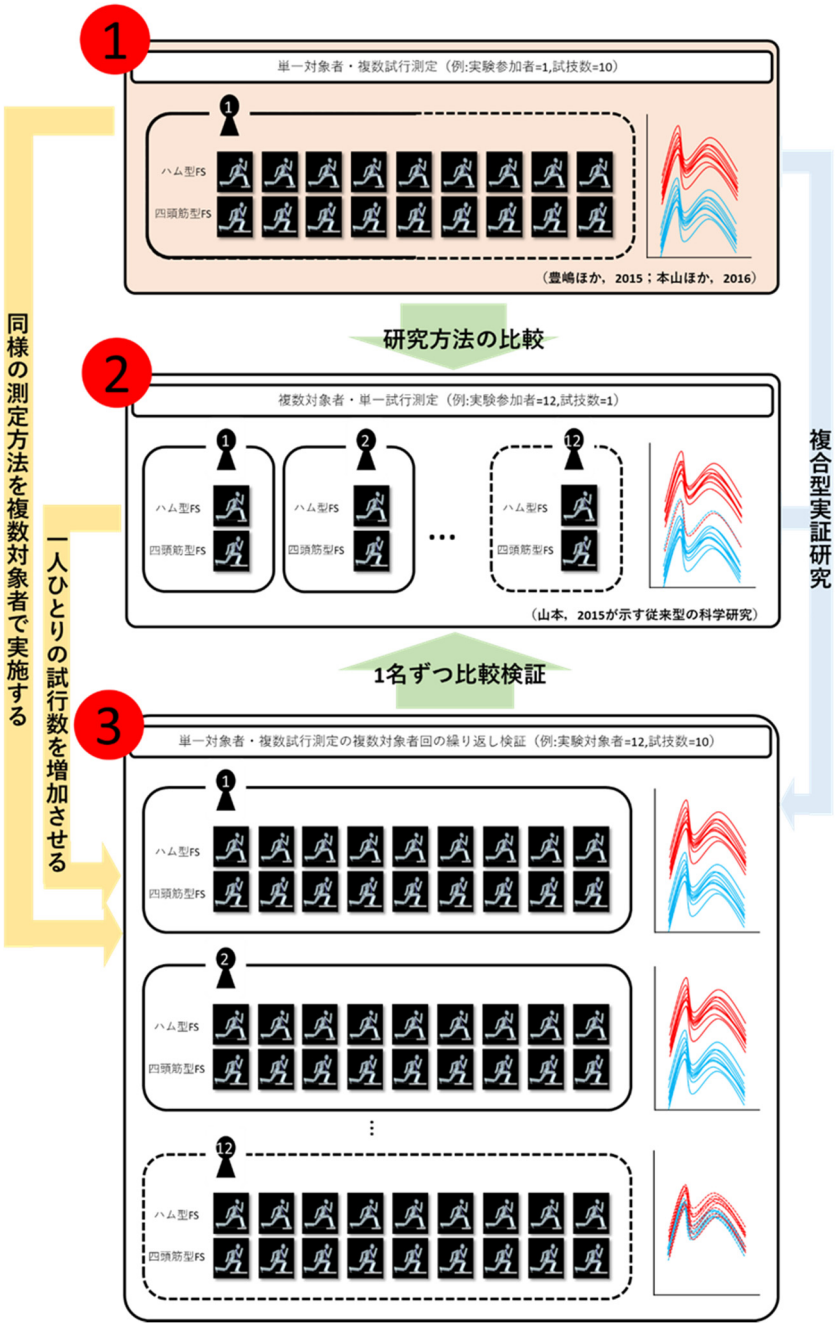

図 1. 本研究で行った対象者数と試行数による研究方法の比較の概要

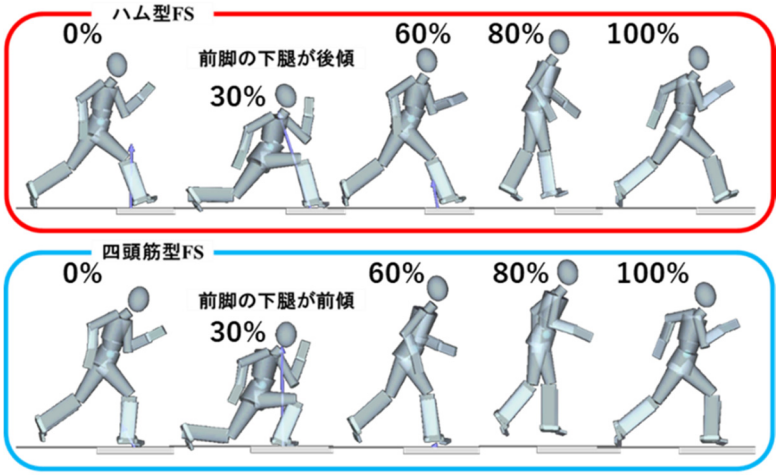

図 2. 典型例の連続写真(上段:ハム型 FS, 下段:四頭筋型 FS)

両動作様式条件の 0%(接地時), 30%(接地局面の中間), 60%(離地時), 80%(滞空局面の中間), 100%(接地時)を切り出した. 接地局面における膝関節と足関節の位置関係に動作様式条件の差があり, ハム型 FS は前脚の膝関節を足関節よりも後ろに位置し, 四頭筋型 FS は前脚の膝関節を足関節よりも前に位置する. つまり, 地面反力のベクトルがハム型 FS では後方へ, 四頭筋型 FS では前方へ向く.

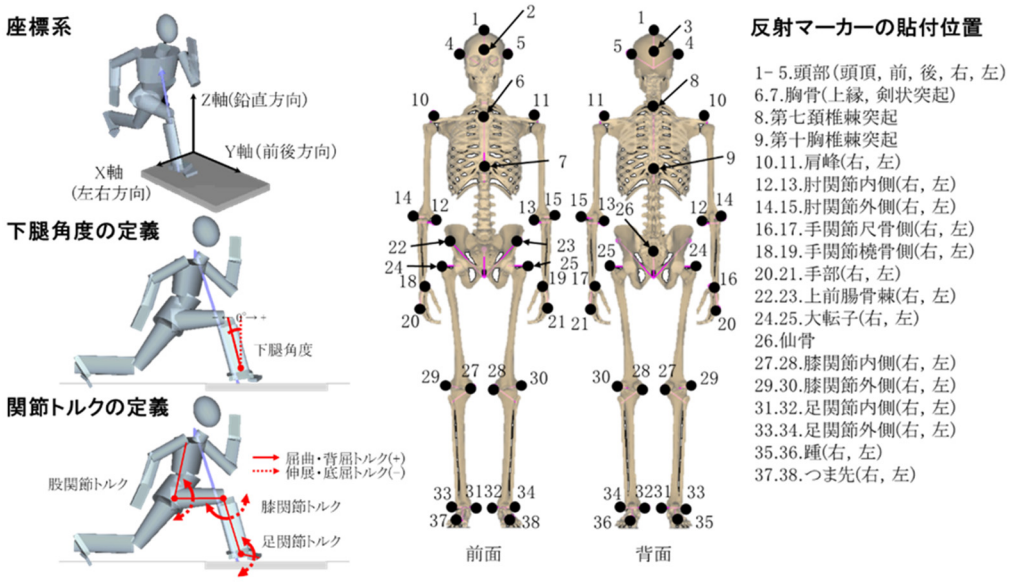

図 3. 実験環境(左上段:座標系, 左中段:下腿角度の定義, 左下段:下肢関節トルクの定義, 右:反射マーカーの貼付位置)

3. 実験(図 3)

対象者に対して身体分析部位(38 点)へ反射マーカーを貼付し(図 3 右), 8 台の赤外線カメラ(Motion Analysis 社製, Raptor-E, 300Hz)を用いた光学式動作解析システム(Motion Analysis 社製, MAC3D)を用いて, 両 FS 試技中の三次元座標を採取した. 同時に, 多分析フォースプラットフォーム(Kistler 社製, 1500Hz)1 台を用いて, 地面反力を計測した(図 3 左上段). なお, 実験試技順序はランダムとし, 最初の条件を 10 回連続実施した後, 5 分の休憩を取らせた. その後, 残りの条件を 10 回

連続で実施した(本山ほか, 2016).

4. FS 動作の局面分け

FS 動作の分析範囲は, 前脚接地の瞬間から次に前で接地する逆脚接地までとした. そして, 前脚接地(規格化時間 0%)から前脚離地(規格化時間 60%)までを「接地局面」, 前脚離地から次の前脚接地直前(規格化時間 100%)までを「滞空局面」と定義した(図 2). 各 FS 動作における 10 試行の平均値を各対象者の代表値とし, さらに 12 名分のデータで平均化した総動作時間, 接地局面時間, 滞空局面時間, 総動作時間に対する接地局面時間の割合は, ハム型 FS では 820.5±97.4msec, 443.7±79.0msec, 376.8±35.3msec, 53.8±4.2%であった. また, 四頭筋型 FS で 873.9±94.5msec, 498.6±87.0msec, 375.2±56.0msec, 56.8±6.2%であった.

5. 分析項目

本研究では, 三次元座標値と地面反力をもとに, nMotion musculous(nac 社)による動作解析法を用いて次の①～③の項目を算出した.

①下腿角度, ②地面反力, ③下肢関節トルクを算出した. なお, 下腿角度は矢状面上の角度を示し, 股・膝関節トルクは屈曲, 足関節トルクは背屈を正の値とした(図 3 中段・下段). また, 三次元座標は, 数値解析ソフトウェア(MATLAB R2015a, The Math Works 社製)を用い, 遮断周波数 10Hz による位相ずれなしの 4 次の Butterworth 型デジタルフィルターによって平滑化した(Winter, 1990). さらに, 身体重心の算出には阿江ほか(1992)が報告した身体部分慣性係数のモデルを使用し, 数値解析ソフトウェア(MATLAB R2015a, The Math Works 社製)を用いて算出した.

6. 統計処理

複数対象者・単一試行測定における動作様式間の差の検定は, 対象者内で対応していることから対応のある t 検定を用いた. 単一対象者・複数試行測定における動作様式間の差の検定は, 同一対象者ではあるが動作条件間の試行毎に対応性がないことから, 対応のない t 検定を用いた(豊嶋ほか, 2015;本山ほか, 2016). なお, 統計処理するデータは最大値等の独立したデータを用い, 有意水準は 5%未満とした. また, 対象者間や動作様式条件間に僅かな時間差が生じているため, 経時的な変化を視覚的に表示する際は, 本山ほか(2016)の表示を手がかりに, 接地局面を 0-60%, 滞空局面を 60-100%として, 試技時間を規格化した.

Ⅲ. 結果

1. 複数対象者・単一試行測定の結果について(図 4)

両 FS 中の下腿角度, 身体重心高, 地面反力, 下肢関節トルクの変化を図 4 に示した.

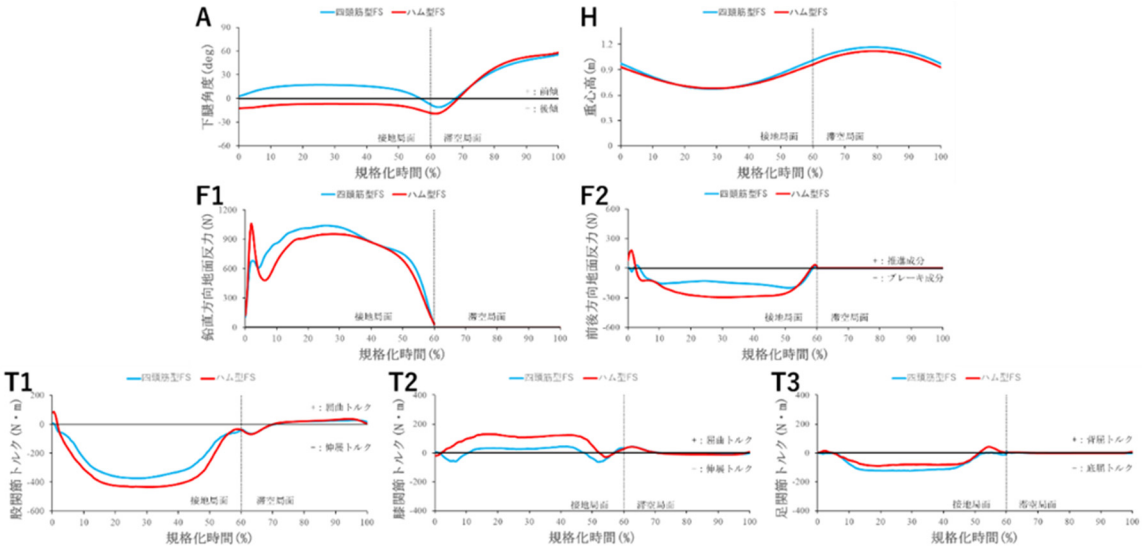

図 4. 全対象者の値を平均値として比較した結果(A:下腿角度, H:重心高, F1:鉛直方向の地面反力, F2:前後方向の地面反力, T1:股関節トルク, T2:膝関節トルク, T3:足関節トルク)

下腿角度は, 接地局面でハム型 FS は負値であることから後傾していること, 四頭筋型 FS では正値であることから前傾していることが確かめられた(図 4A). また, 最大重心高は四頭筋型 FS がハム型 FS より有意に高値を示した(図 4H, $p<.05$).

鉛直方向の地面反力において, 接地直後の第 1 ピークはハム型 FS が高値を示した(図 4F1, $p<.05$). その一方で, 第 2 ピークの最大鉛直地面反力は四頭筋型 FS がハム型 FS に比べて有意に高値を示した(図 4F1, $p<.05$). また, 前後方向の地面反力では, ハム型 FS は四頭筋型 FS より大きなブレーキ成分の地面反力(最大値)が生じていた(図 4F2, $p<.05$).

股関節トルクに関して, 接地局面でハム型 FS は四頭筋型 FS より有意に大きな最大伸展トルクを発揮していた(図 4T1, $p<.05$). また, 膝関節トルクについては, ハム型 FS は大きな最大屈曲トルクが発揮されていた(図 4T2, $p<.05$). さらに, 四頭筋型 FS の足関節トルクは, ハム型 FS より大きな最大底屈トルクであった(図 4T3, $p<.05$).

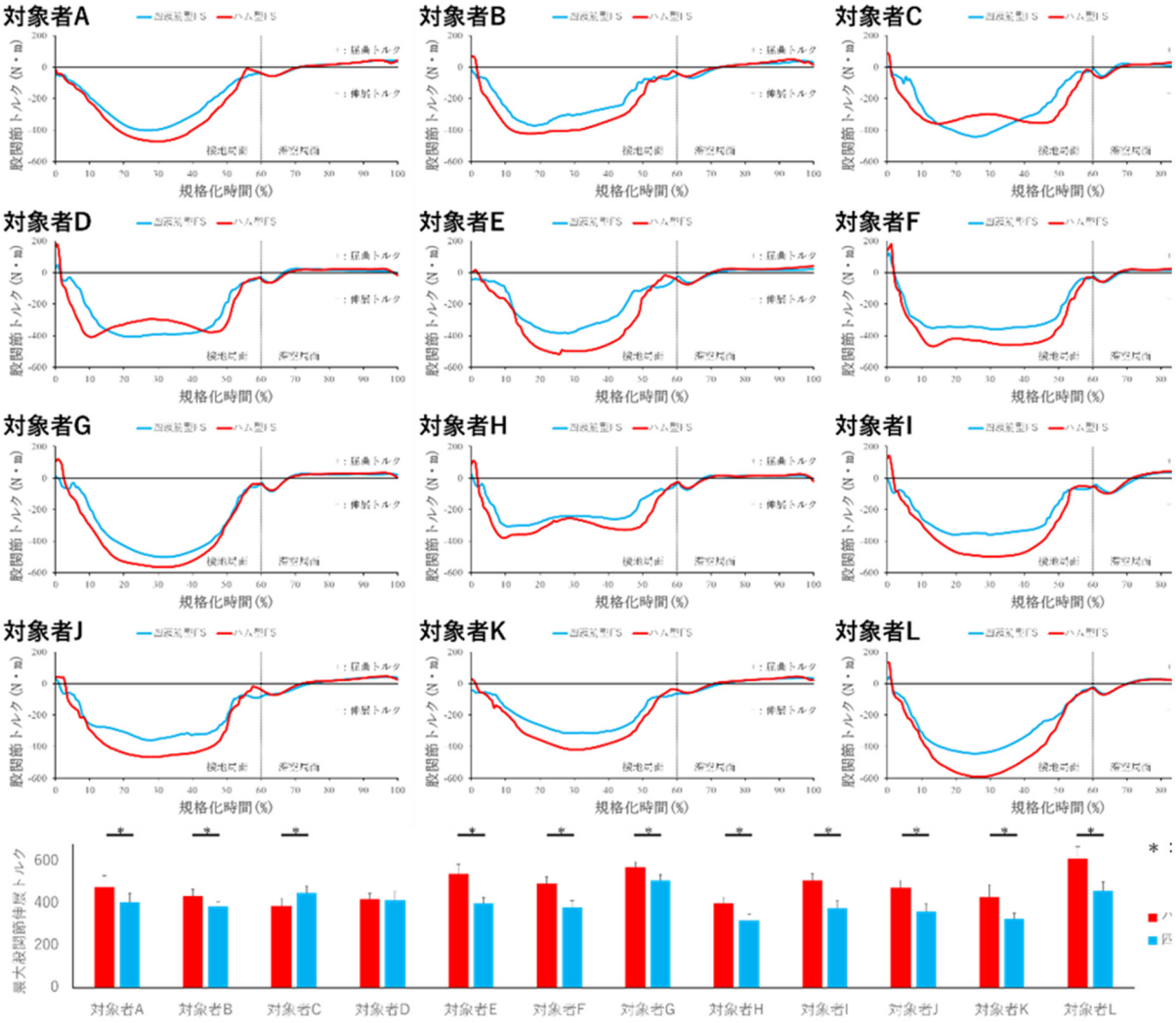

図 5. 各対象者における複数試技の値を平均値として比較した股関節トルクの結果
（線グラフ：対象者毎の経時的な結果，棒グラフ：最大股関節伸展トルクの結果）

2. 各対象者の複数試行測定における股関節トルクについて（図 5）

図 4T1 を対象者別に検討したものを図 5 に示した．対象者 A・B・E・F・G・H・I・J・K・L の 10 名（対象者 C・D 以外）において，ハム型 FS は四頭筋型 FS より有意に大きな最大伸展トルクを発揮していた（図 5 下段，$p<.05$）．その一方で，対象者 C において四頭筋型 FS はハム型 FS より有意に大きな最大伸展トルクを発揮し（図 5 下段，$p<.05$），対象者 D において両動作様式条件の FS の間に最大伸展トルクの有意な差が認められなかった（図 5 下段）．

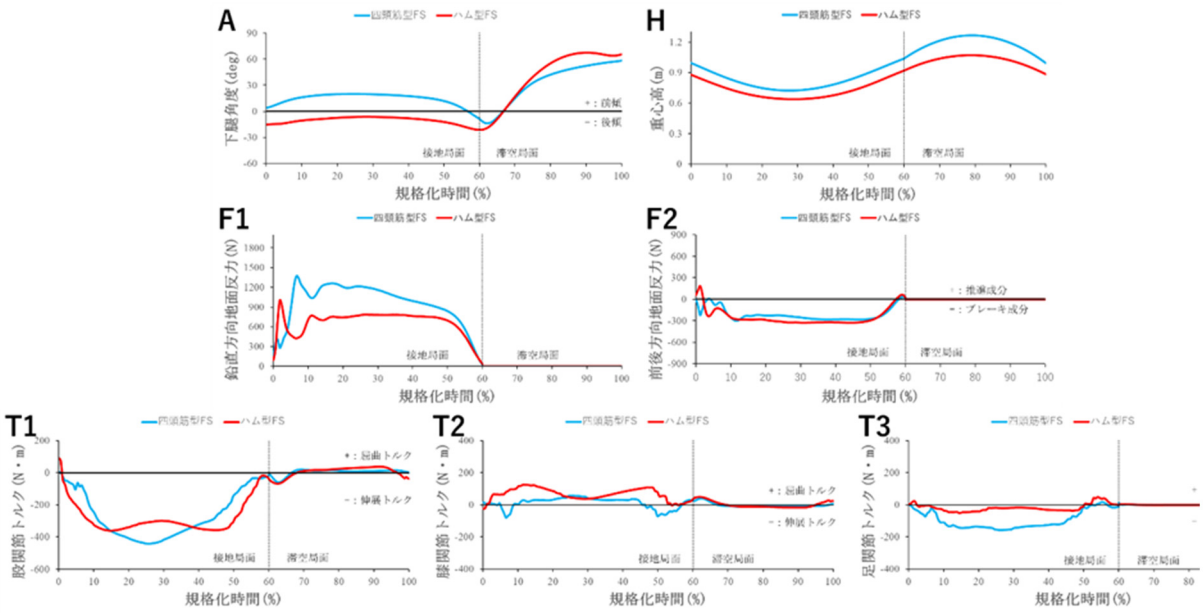

図 6. 対象者 C における複数試技の値を平均値として比較した結果(A:下腿角度, H:重心高, F1:鉛直方向の地面反力, F2:前後方向の地面反力, T1:股関節トルク, T2:膝関節トルク, T3:足関節トルク)

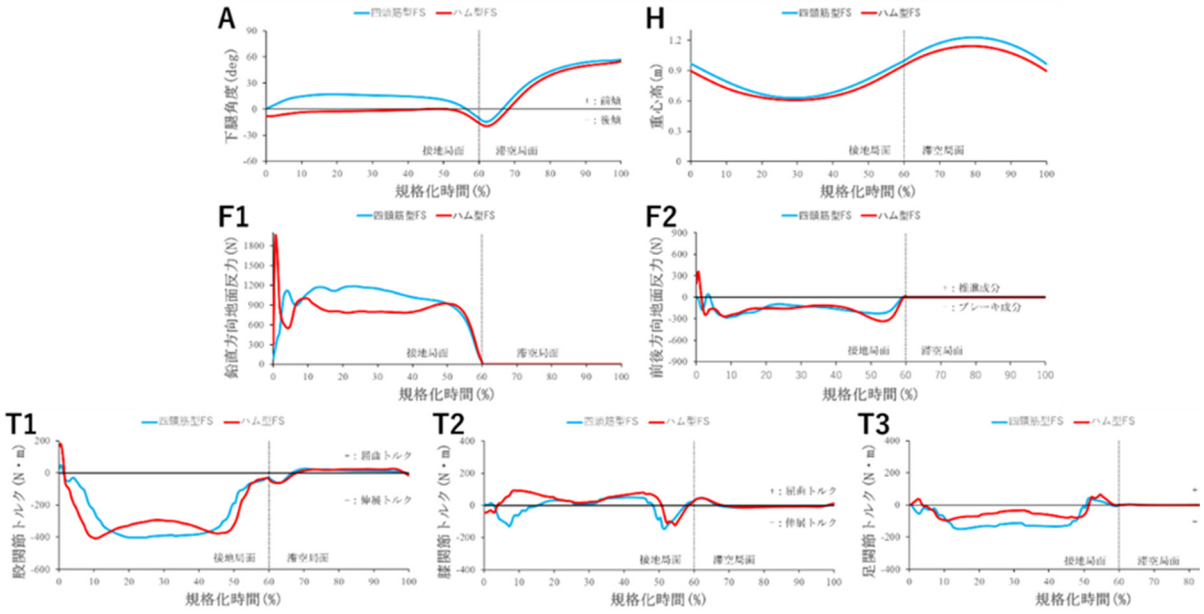

図 7. 対象者 D における複数試技の値を平均値として比較した結果(A:下腿角度, H:重心高, F1:鉛直方向の地面反力, F2:前後方向の地面反力, T1:股関節トルク, T2:膝関節トルク, T3:足関節トルク)

3. 特殊な股関節トルク発揮特性をみせた対象者 C と D について(図 6, 図 7)

ハム型 FS が四頭筋型 FS より大きな最大伸展トルクを発揮していた対象者 C と対象者 D の詳細なデータを図 6 および図 7 に示し, 12 名全体の平均データとの違いをまとめる.

対象者 C と対象者 D の下腿角度は, 接地局面でハム型 FS は負値なので下腿は後傾し, 四頭筋型 FS では正値であることから, 両対象者ともに下腿は前傾していたことになる(図 6A, 図 7A). 一方, 対

象者 D の場合，下腿角度はハム型 FS の接地局面中盤において 0 度に近く，下腿がほぼ直立に位置したことになる(図 7A 赤線)．なお，対象者 C の最大重心高は四頭筋型 FS がハム型 FS より有意に高かった(図 6H，ハム型 FS:1.27m，四頭筋型 FS:1.07m，p<.05)．この傾向は対象者 D についても同様で，四頭筋型 FS がハム型 FS より有意にかつ全体平均の 0.04±0.06m よりも高い 0.09m の差が生じた(図 7H，p<.05)．

対象者 C・D ともに，鉛直方向の地面反力の第2ピークはハム型 FS より四頭筋型 FS の方が有意に大きな値を示した(図 6F1，図 7F1，p<.05)．また，前後方向(ブレーキ成分)の最大地面反力は，対象者 C・D ともに両動作様式条件の FS の間に有意差は認められなかった(図 6F2，図 7F2)．結果として，対象者 C の股関節最大伸展トルクは，接地局面でハム型 FS より四頭筋型 FS の方が大きかった(図 6T1，p<.05)．ところが，対象者 D の場合，ハム型 FS の股関節伸展トルクは，接地局面中盤に減退しており，両動作様式条件間に統計的有意差はみられなかった(図 7T1)．また，対象者 C の膝関節屈曲トルクは，両動作様式条件間に有意差が認められなかったが(図 6T2)，対象者 D の膝関節トルクは，接地局面初期および接地局面後期において，四頭筋型 FS よりハム型 FS の最大屈曲トルクは有意に大きかった(図 7T2，p<.05)．対象者 C・D ともに，四頭筋型 FS の足関節最大底屈トルクはハム型 FS より有意に大きかった(図 6T3，図 7T3，p<.05)．

Ⅳ. 考察

1. 複数対象者・単一試行測定と単一対象者・複数試行測定の関係性について

対象者全員の平均時系列データを詳細に観察すると，膝・足関節の位置関係を示す下腿角度が接地局面で正値と負値に分かれたことから(図 4A 赤線および青線)，それぞれ図 3 左および図 4 に示すように，前脚の膝関節が足関節より前方／後方に位置したことを意味している．すなわち，対象者全体の傾向としては，適切にハム型 FS(図 4 上)と四頭筋型 FS(図 4 下)を使い分けたと判断できる．両条件間の動作の違いは，特に図 2 で説明した地面反力のベクトル方向が大きく異なることから(図 4F2)，結果的に股関節トルク(図 4T1)や膝関節トルク(図 4T2)の条件差に帰結した．前述した複数対象者・単一試行測定の結果は単一対象者・複数試行測定を用いた本山ほか(2016)の結果と一致するものであった．しかしながら，単一対象者・複数試行測定の方法を用いて対象者を 1 名ずつ比較しところ，ハム型 FS の股関節伸展トルクが二峰性のピークを示した対象者(C および D)が検出された．また，図 5 棒グラフにおける各対象者の最大股関節伸展トルクは標準偏差が含まれており，10 回の連続試行の中には固体内差が包含されていることは全ての対象者において確認できる．これらの結果は，複数対象者でも複数試行を測定評価の対象とする方が望ましいことを示唆している．股関節伸展トルクは体幹部の回転トルク増大を企図したトレーニング効果検証実験の多くは，解析動作数が各対象者 1 試技とみられることから，(真鍋ほか，2004；岡野ほか，2018；高橋ほか，2017)，個体内差を確認することができない．対象者数に関わらず，複数試行を解析・評価対象とすることで，より精度を高めることができると考えられる．

2. 特殊な股関節トルク発揮特性の要因について

12 名中 10 名の重心高，地面反力，各関節トルクに関する結果は，12 名の全体傾向を支持する結果が得られた．図 5-7 に示した通り，本研究では対象者 C・D の股関節トルク，特にハム型 FS に全体平均（図 4T1 赤線）との明瞭な違いが検出された．対象者 C・D の最大重心高は全体平均と同様に四頭筋型 FS＞ハム型 FS であったが（図 4H），両動作様式条件間の最大重心高の差はそれぞれ 0.20m（対象者 C），0.09m（対象者 D）で，全体平均の 0.04±0.06m より著しく大きかった．特に，対象者 C のように条件間の負荷において大きな違いが生じたことは，股関節伸展トルクに大きな違いが発生した要因であると考えられる．下腿の角度変化をみると，対象者 C は四頭筋型 FS＜ハム型 FS であった 10 名の対象者と同様に動作様式条件の使い分けが確認された（図 6A）が，対象者 D は接地局面において徐々に前傾方向に変化し，接地局面中盤以降はほぼ垂直に位置していた（図 7A）．つまり，一瞬の姿勢としての下腿角度の違いではなく，経時的に下腿の角度を維持し続けると動作様式条件と異なった動作となる可能性が考えられた．股関節伸展トルクを定量化するには高額な床反力計を組み合わせた逆動力学に頼らざるを得ないが，動作そのものの相違を検出することは，例えばスマートフォンのカメラ機能などで代用することは十分可能である．ところが，多くのスポーツ実践現場におけるトレーニングでは，運動実践者全員が同一トレーニングを行う全体練習が大部分を占め，トレーニングの個別性の原則を維持することは難しい（坂井ほか，2006）．本研究で対象としたハム型 FS は「FS 動作の接地時における前脚の膝関節を足関節よりも後ろに位置し，下腿が後傾してハムストリングスの出力が大きいと感じられるようにする」と定義し，実践者にはその旨を教示した．しかしながら，必ずしも全員が接地局面の下腿角度の後傾に応じて，地面反力のベクトルが下腿角度と一致するわけではなかった．運動実践者の出力感としては下腿角度に応じて力を入れることができるわけではなく，「下腿角度を維持すること」という教示に合わせて，筋の出力感も確認することが間違った動作を回避するのに適しているかもしれない．このように，下腿角度の僅かな違いによって，対象者 C・D は他の対象者と異なりハム型 FS の股関節伸展トルクが接地局面中盤で低下する傾向に関与したと考えられる．このように，対象者全体の傾向と対象者 C・D の動作の特徴を考慮すると，本研究において，「前提条件（本研究における下腿角度の前傾・後傾を維持すること）の適切な実施，かつ負荷条件（本研究における最大重心高）を両動作様式条件間で同程度にできた場合」という限定条件下で，単一対象者・複数試行測定がスポーツ実践現場において動作様式を選択する意思決定や判断できる知見の蓄積として有益であると考えられる．なお，本研究では FS を対象動作として膝関節・足関節の位置関係によって動作様式条件を分類し，その力学変量を比較した．FS の動作に類似した特徴を持ち，ブレット（2014）が示した大腿部を鍛錬するためのトレーニングエクササイズであるランジ（前方移動），ステップアップス（台上への鉛直移動），ブラジリアンスクワット（台を利用し前脚の自重負荷を高める）などは同様の動作様式条件で分類可能であることが予想される．そのため，今後は本研究と同様の方法でこれらのトレーニングエクササイズでも検証することが期待される．

3. 運動実践者の個性を評価する方法について

各対象者の結果を照らし合わせると，12 名中 10 名の対象者で股関節伸展トルクにハム型 FS＞四

頭筋型 FS という共通の傾向を確認する一方(図 5), 対象者 C・D の最大股関節伸展トルクは統計的には危険率 5%以内に収まる. つまり, 対象者群全体を平均値±標準偏差として示した場合, 教示通りの正しい動作と判断できる一方で, 対象者 C・D のように他の対象者と明らかに異なる股関節伸展トルクを発揮しても, それが標準偏差内に埋没してしまう事例が発生するリスクを負う. 星川ほか(2006)は, トレーニング時に, 急速に体力的な成長を遂げる選手と, トレーニング効果が得られない選手の両極端なパターンが混在してしまうことを課題として挙げ, 岡野ほか(2018)は, バレーボール選手にウエイトトレーニングを実施した結果, バリスティックな能力に長けた選手において大きなトレーニング効果を得たことを報告し, 実際のトレーニング現場において, 選手の個々の特性は多岐にわたっており, 従来の対象者を均一化して得られたトレーニング効果の結果からだけでは課題解決に向けた示唆を得ることが困難な場合も少なくないと述べている. 部活動指導や学校体育などで集団に対して指導する場合, 本研究のように特定の動作だけ「上手くできない」といった選手(生徒)は存在することが十分予想できる. 指示(本研究では教示)と行動(本研究では動作様式条件)の乖離は, 長期的にはトレーニング効果の違いに帰結することが予想される. 言い換えると, オーダーメイド的なトレーニングの確立やその評価も可能になる. このような指示と行動の乖離する事例を標準偏差に埋没させることなく, 個々の対象者を詳細に観察する必要があることから考えて, 複数人で繰り返し検証することが重要といえる. すなわち, 対象者ごとに動作の比較検証をすることで, 運動実践者が陥りやすい課題や教示内容の改善・探索を導くことができるという新しい知見を得た.

VI. まとめ

本研究は, トレーニングエクササイズにおける動作様式の違いが力学量に及ぼす影響を明らかにする際に, 単一対象者・複数試行測定による研究方法がスポーツ実践現場に対するコーチング資料として有益であるかどうか FS を対象動作として検証することが目的であった. そのため, 単一対象者・複数試行測定と複数対象者・単一試行測定を比較検討した. その結果, 「前提条件の適切な実施かつ負荷条件を両動作様式条件間で同程度にする」という限定条件下で, 単一対象者・複数試行測定がスポーツ実践現場において動作様式を選択する意思決定や判断できる知見の蓄積として有益であると考えられた. さらに, 対象者ごとに動作を比較検証することで, 運動実践者が陥りやすい課題や教示内容の改善・探索を導くことができるという新しい知見を得た. これらの結果は, トレーニングエクササイズにおける動作様式条件の違いについて, バイオメカニクス的手法を用いて各個人が複数回試行した場合のデータを比較検証することで, 運動実践者が起こしうる教示内容の誤認を個人レベルで早期に発見し, 改善することが可能であることを示している.

VI. 文献

- 阿江通良, 永原隆, 大島雄二(2008)世界選手権男子走高跳上位入賞者の跳躍動作のバイオメカニクス的分析--トーマス選手の跳躍は新しい技術のヒントとなるか(特集 世界陸上アスリートのパフォーマンス--東京大会から 16 年後の大阪大会). バイオメカニクス研究. 12(2):134-140.
- 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志(1992)日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定. バイオメカニズ

ム. 11:23-33.
・ ブレット・コントレラス:東出顕子訳(2014)自重筋力トレーニングアナトミィ. ガイアブックス. pp. 124-133.
・ 星川佳広, 菅野淳, 澁川賢一(2006)サッカーにおける体力の研究:これからの展望(特集フットボールサイエンスの最前線). フットボールの科学. 1:10-17.
・ 小嶌麻木, 中村潤二, 長野明紀(2018)低酸素脳症後の記憶障害に対する身体活動介入の効果:シングルケーススタディ. 体育学研究. 63:827-836.
・ 真鍋芳明, 横澤俊治, 尾縣貢(2004)スクワットにおける運動速度変化および反動動作の有無が股関節と膝関節まわりの筋の活動および関節トルクに与える影響. 体力科学. 53:425-442.
・ 本山清喬, 金高宏文, 綿谷貴志, 豊田直樹, 安陪大治郎, 西薗秀嗣, 髙橋仁大(印刷中)ラテラルジャンプにおける体幹の煽りの有無が下肢関節伸展トルクに及ぼす影響. 九州体育・スポーツ学研究.
・ 本山清喬, 小森大輔, 金高宏文, 西薗秀嗣(2016)フライングスプリットにおける前脚の膝関節と足関節の位置関係の違いが下肢の関節トルクに及ぼす影響. スポーツパフォーマンス研究. 8:302-317.
・ 岡野憲一, 九鬼靖太, 秋山央, 谷川聡(2018)バレーボール選手における跳躍特性とトレーニング効果に関する事例的研究. 体育学研究. 63:355-366.
・ 坂井和明, 伊藤竜兵, 大高敏弘, 高松薫(2006)球技スポーツ競技者における個別性の原則を考慮した体力トレーニングの効果. 体育学研究. 51:21-32.
・ 西條剛央(2008)ライブ講義・質的研究とは何か SCQRM アドバンス編. 新曜社, pp102-110.
・ 高橋和孝, 吉田拓矢, 苅山靖, 林陵平, 浅井武, 図子浩二(2017)伸張-短縮サイクル運動を伴った体幹捻転エクササイズによるトレーニング効果. トレーニング科学. 29(2):129-142.
・ 豊嶋陵司, 田内健二, 遠藤俊典, 礒繁雄, 桜井伸二(2015)スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクス的要因. 体育学研究. 60:197-208.
・ Winter D. A. (1990)Biomechanics and motor control of human movement, John Wiley & Sons. 2nd 13 edition:New Jersey, pp. 41-43.
・ 山本正嘉(2017)体育・スポーツの分野における実践研究のあり方と方法論. スポーツ選手を対象としたトレーニング研究を例に. スポーツパフォーマンス研究, Editorial:12-34.