

全力疾走時の走パフォーマンスと接地期における床面に対する
力発揮の3次元分散性・体幹筋量との関連性の解明
～自走式エルゴメータを用いたデータ長の確保を利点に～

研究代表者：吉武 康栄 （鹿屋体育大学スポーツ生命科学系）

目 次

要約	1
緒言	2
方法	4
結果	10
考察	15
まとめ	18
謝辞	19
参考文献	19

全力疾走時の走パフォーマンスと接地期における床面に対する
力発揮の 3 次元的分散性・体幹筋量との関連性の解明
～自走式エルゴメータを用いたデータ長の確保を利点に～

吉武 康栄 (鹿屋体育大学スポーツ生命科学系)
高井 洋平 (鹿屋体育大学スポーツ生命科学系)
金久 博昭 (鹿屋体育大学スポーツ生命科学系)

要約

ヒトの最大疾走時の走パフォーマンスは、陸上短距離種目はもちろんのこと、サッカーやラグビーなど球技系スポーツ種目においても競技成績を左右する重要な体力要素である。物理学的視野に基づいた場合、物体がある進行方向(F_H)への速度を稼ぐためには、進行方向と同じ方向に作用する力が大きいことが必須条件である(作用・反作用の法則)。よって、走速度を増加させるためには、疾走時の脚接地期において、1) 3 次元的なトータルの力発揮(床反力 F_{total})に対し、 F_H 方向への力の比率が高い、逆に言えば、2) 左右(F_s)方向への力の分散は非効率な力発揮である、という仮説が立てられる。上記を解明するために本研究では、陸上での最大疾走時の走パフォーマンスと類似した結果が得られることが証明されている自走式エルゴメータに着目し、そのエルゴメータの下にフォースプレートを組み込むことにより、連続したキネティックスデータの取得を試み、上記仮説の検証を行った。加えて、3) 筋量および走パフォーマンスの関連性を明らかにすることも試みた。

測定は、まず、体育大学ラグビー部に所属する学生 15 名を対象に、超音波 B モード法による体幹筋群の筋厚測定、および 30m 全力走(スタート直後から加速局面)時の走速度測定を行い、体幹筋群の筋量と疾走能力および疾走中の体幹部の安定性との関連を明らかにした。その結果、0-10m 区間の平均疾走速度は大腰筋、腹直筋、大腿部前面の筋厚との間に有意な正の相関関係を示した。

続いて、トップレベルの大学生陸上短距離選手を含む陸上選手 12 名を対象に、走エルゴ上での全力疾走、陸上での 60m 全力疾走を行った。走エルゴの下部には床反力計を接地し、3 次元的床反力を測定した。その結果、陸上での最大疾走速度は、走エルゴ疾走時における走速度増加に伴う F_H/F_{total} 比の減少の傾きと相関関係が認められた。一方、左右方向への床反力(F_s)との関連性は低かった。

以上より、スタートから加速局面における疾走速度の向上を目的とした場合、大腰筋、腹直筋を中心とした体幹部のトレーニングを行うことが有益であると考えられる。また、フォームは、疾走速度の増加にともなう F_H/F_{total} 比の減少をできるだけ軽減させることがパフォーマンス向上に有効的であると考えられる。

代表者所属

鹿屋体育大学スポーツ生命科学系 Muscle Performance Lab

〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1

緒言

ヒトの走パフォーマンスは、陸上短距離種目はもちろんのこと、サッカーやラグビーなど球技系スポーツ種目においても競技成績を左右する重要な体力要素である。よって、走パフォーマンスの評価法の開発や決定因子の解明に関する研究は、これまでも動作特性（バイオメカニクス）や筋形態特性（運動生理学）との関連性に着目して数多く行われてきている。

サッカーやラグビーなどの多くの球技種目において、全力疾走を求められる場面において加速局面の疾走能力は極めて重要な体力要素である。よって、その貢献因子や加速能力の高い選手の特性を明らかにすることは、スポーツ科学において非常に意義がある。これまで、最大疾走速度に関しては、筋量を代表とする身体組成との関連性について研究が進められてきている。たとえば、体幹筋群の1つである大腰筋の筋横断面積とスプリンターの疾走速度との間には、非常に高い正の相関関係が認められる(久野譜也 2000)。また、股関節内転筋群およびハムストリングスの筋横断面積と100m走の疾走速度にも高い正の相関関係があることが報告されており(狩野豊 et al. 1997)、これらのことから、股関節屈曲筋群の筋量が疾走速度の重要な貢献因子であると考えられている。

短距離走は、スタートから疾走速度が急激に増加し最大疾走速度に至るまでの加速局面、その後疾走速度を維持する中間疾走局面、疾走速度が減少する減速局面の3局面に分類される(伊藤章 et al. 1998)。筋量と疾走速度に関する研究のほとんどは、短距離競技選手を対象としたものであり、加えて、100m走の最高疾走速度（中間疾走局面）のみに着目している。そのため、球技種目選手におけるスタート直後から加速局面の疾走速度に対して、各筋群の筋量がどの様に影響を及ぼすのかは不明である。球技種目では、最大疾走速度に到達するよりも短い距離での疾走が非常に多い。そのため、スタート直後から加速局面における疾走速度に関わる要因を明らかにすることは、ラグビーに代表される球技種目の競技力を改善するために必要なトレーニングプログラムを考案するうえで、有益な情報が得られると考えられる。また、多くの競技で求められるまた、スタート～加速局面では、水平方向への推進力を適切に得ることが非常に重要であり、そのためには強固でかつ安定した体の前傾姿勢の保持および脚のみならず腕を含む全身の運動制御機能が必要とされる。これ

らの機能には、上肢と下肢を繋いでいる体幹筋群全体の姿勢安定性（stabilization）が大きく貢献していると考えられるが、実際に動作中の体幹部の姿勢安定性と疾走速度の関連を評価および検証した研究はない。

一方、加速期間を含む全力疾走時において、接地から離地の 1 サイクルに着目してみる。1 サイクル間にはブレーキング局面とそれに引き続く推進局面に分類され、3 次元的地面反力に置き換えるとそれらは負の水平地面反力と正の水平地面反力になる(Roberts and Scales 2002; Hunter et al. 2005)。ゆえ、進行方向への加速度はこれら負と正の水平地面反力に合値によって決定され、当然、その合値が大きければ加速度も大きい。さらに、加速度の増加は正の水平地面反力の増加に加えて負の水平地面反力の減少によってもたらされるため(Roberts and Scales 2002)、スプリント走におけるパフォーマンスは水平方向の地面反力動態によっておもに決定され则认为られる(Hunter et al. 2005)。

Morin ら(Morin et al. 2011)は、これらの概念をさらに進化させ、速度ゼロから加速局面そして最大疾走速度を得るまでの区間において、接地期における鉛直方向と水平方向の地面反力動態に着目し、これらの合力 (F_{total}) と水平方向の力 (F_H) との比 (F_H/F_{total}) を 1 歩ごとに算出した。その結果、走速度の増加とともに F_H/F_{total} は直線的に減少していくが、その減少の勾配は最大走速度が大きい者ほど小さいことを明らかにしている(Morin et al. 2011)。

物理学的視野に基づいた場合、物体がある進行方向 (+Y) への速度を稼ぐためには、進行方向とは同一の方向に作用する力が高いことが必須条件である（作用・反作用の法則）。よって、走速度を増加させるためには、疾走時の脚接地期において、3 次元的地面反力の発揮（地面反力）に対し、Y 方向への力の大きさが高い、言い換えれば、左右 ($\pm X$) 方向などへの力の分散は、パフォーマンスに対して非効率な力発揮である、という仮説が立てられる。よって、これらの項目も考慮に入れた解析が必須であるが、「左右方向への力の分散」という視点に基づいた研究報告は未だない。上記を説明するため、まず、スタート→加速期→中間疾走（最大疾走速度）期という一連の区間における連続した地面反力を代表とするキネティックデータが必要である。しかしながら、従来のバイオメカニクス的研究手法では、フォースプレートの台数など機器の設置条件の制限により、疾走パフォーマンス中のキネティックデータを効率良く取得することが困難である。そこで、本

研究では、陸上での最大疾走時の走パフォーマンスと類似するした結果が得られる自走式エルゴメータ（Tsuchie et al. 2008）に着目し、そのエルゴメータの下部にフォースプレートを組み込むことにより、連続したキネティックスデータの取得を試みるという発案に至った。

以上より、本研究では、1) 体幹および下肢筋の筋厚と加速局面の走パフォーマンスの関連性、そして、2) 最大疾走時における接地期の床反力の 3 次元的方向性と走パフォーマンスの関連性について明らかにすることを目的とした。

方法

実験 1. 筋量と加速期における走パフォーマンスとの関連性

対象者

対象者は K 体育大学ラグビー部に所属する男子 15 名（年齢 21 ± 1.2 歳，身長 $174 \pm 6.5\text{cm}$ ，体重 $73 \pm 10.1\text{kg}$ ，平均値 $\pm$ 標準偏差）であった。なお，ポジション別にみた対象者の構成は，フォワード（FW）選手 8 名，バックス（BK）選手 7 名であった。全ての対象者は測定日に怪我等なく，健康状態も良好であった。また，測定開始前に，全ての対象者に，研究の内容，目的，潜在的な危険および不快感，結果の秘匿について十分な説明を行い，測定への参加の同意を得た。

測定項目

超音波診断装置（Prosound $\alpha 10$ ，ALOKA 社製）を用いて，大腰筋，腹直筋，腹側部筋群，脊柱起立筋，大腿部前面および後面に位置する筋群の筋厚を測定した。測定位置（後述）には皮膚表面に

油性ペンでマーキングを施した。皮膚面に接触するプローブ（7.5MHz）には、エコーゼリーを塗布して超音波の伝導性を高めるとともに、表層部を圧迫することによる筋の変形をなくし、明瞭な超音波画像を取得するように配慮し測定を行った。形態測定は、体成分分析計（InBody720）を用いて、体重、体脂肪量、および、BMI に関するデータを取得した。さらに、大腿長（大転子点から大腿骨外側顆まで）およびウェスト周径囲も測定した。超音波 B モード法により得た筋厚は、対象者の体重当りの値により評価した。

筋厚測定

超音波画像の撮像により、各対象筋群の筋厚を計測し筋量の指標として評価した。大腰筋・腹側部筋群・脊柱起立筋の超音波画像の取得時は、対象者はベッド上に伏臥位安静姿勢を保持した。測定の際、呼吸によって生じる腹部の動きによる筋厚の測定誤差を最小限にするため、検者側が呼吸を指示し、コントロールしながら測定を実施した。また、腹側部筋群は外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋の筋厚の合計値とした。

腹直筋・大腿部前面・大腿部後面の超音波画像の取得時は、対象者は両脚を腰幅に開いた安静立位とし、両足にかかる体重が左右均等になるよう姿勢を保持した。大腿部前面及び大腿部後面の測定位置は大腿長（大転子点から大腿骨外側顆）の 50%部位とした。

得られた超音波画像より各部位の筋厚を測定し、必要に応じて各対象者の身長もしくは体重にて除した。

30m走疾走速度の測定

対象者のスタート直後から加速局面の疾走速度を測定するため、体育館において 30m の全力走を実施した。なお、シューズは通常の体育館用トレーニングシューズであった。30m 走においてレーザ方式計測機 (LAVEG Sports LDM-300C, JENOPTIK 社製) を用いて、サンプリング周波数 100Hz で疾走者の変位を取得した。レーザ方式計測機は、赤外線レーザ光を対象物に当て、その対象物までの距離を計測する仕組みになっている。レーザ方式計測機は、30m 走スタート地点から 2.5m 後方に設置し、レーザは対象者の背中中央付近に当てた。測定は十分なウォーミングアップの後に実施した。対象者は、シンクロナイザの発光を合図に、スタンディングスタートから 30m 走を実施した。試技は 2-3 回行い、その中の 30m 速度の最高値を分析の対象として採用した。疾走速度の解析は、まずレーザ方式計測機により得た変位のデータをソフトウェア (Chart6, AD Instruments 社製) を用いて取り込み、その後、変位データから 10m 毎の平均疾走速度および 30m 走の平均疾走速度を算出した。

統計処理

基本統計量は平均値 $\pm$ 標準偏差により示した。各疾走区間の疾走速度と筋厚の関係は、ピアソンの相関分析により検証した。統計的有意水準は 5%未満とした。

実験 2. 自走式エルゴメータによる全力疾走時の走パフォーマンスと 3 次元的床反力動態の関連性

対象者

対象者は、全員が陸上競技 100~400m選手であり、第 97 回日本選手権の 4×100m リレーおよび 4×400m 決勝進出者 4 名、日本インカレ 200m 優勝者を含む 12 名（身長 171.4 ± 6.2 cm, 体重 66.6 ± 7.5kg）であった。なお、女性は 2 名含まれていた。

自走式走エルゴメータ（走エルゴ）

本装置は Tsuchie et al. (Tsuchie et al. 2008) で使用したものと同様のものであった(図 1)。走エルゴは、対象者が後方へ蹴ることによって動くベルトと、ベルトに任意の負荷調節が可能である電磁式ブレーキによって構成されていた。走行ベルトの走行面は、幅 580mm、長さが 1100mm であり、ベルトの最前部および最後部は、直径 168mm のドラムが配置され、ベルトを動かすと前後のドラムがフライホイールとして働く構造であった。最前部のドラムには、ベルトが 0.0336m 移動すると 1 回の矩形波を発するパルスジェネレータが内蔵されていた。加えて、推進力の 1 指標として、対象者に取り付ける強固な腰ベルトとそれに接続される鉄のワイヤーの先は頑丈な支柱に接続されたフォーストランスデューサー（LUR-A-1KNSA1, 共和電業）を設置し、推進張力を測定した。

床反力

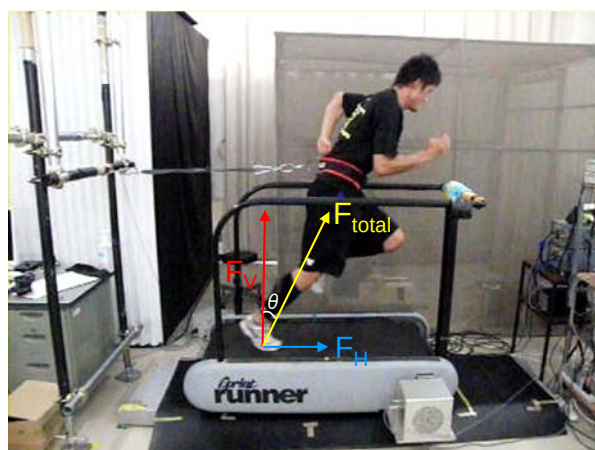
疾走中の 3 次元的床反力は、走エルゴの下部に水平に接地した床反力計（キスラー社、縦 120cm, ×横 60cm, 図 1 参照）2 枚を用いて算出した。

データ取得および解析方法

走エルゴから出力された矩形波、推進張力、床反力のアナログ信号は、A/D コンバータ (PowerLab 16s, ADInstruments 社) 2 台を用いて 1 kHz にてサンプリングを行いパーソナルコンピュータにデジタル化して取り込んだ。

走エルゴから得られた矩形波から、1 矩形ごとの時間間隔から速度を算出し、さらに他の信号との同期を図るためにスプライン補間により、1kHz にリサンプリングし直した (図 2)。瞬時の最高速度が得られた 1 歩を中心に前後 3 歩ずつの区間 (計 6 歩) の平均値をとり、それを走エルゴでの最高疾走速度とした。走パワーは推進張力と速度の積から算出した。

走エルゴ下部に設置した床反力計から得られた 3 次元床反力動態は、まず, Morin et al. (Morin et al. 2011)の方法に従い鉛直 (F_V) および水平 (F_H) 方向の力の合力 (F_{total}) と F_H の比 (Ratio of Forces; 以下 RF) を 1 歩ごとに算出した (図 1)。また、左右方向への力の分散の評価は、 F_s の標準偏差により行った。



$$\text{進行方向の貢献度 (RF)} = \frac{F_H}{F_{total}} \quad (\%)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{F_H}{F_V} \right)$$

$$\therefore RF = \sin \theta$$

図 1. RF 算出の概念

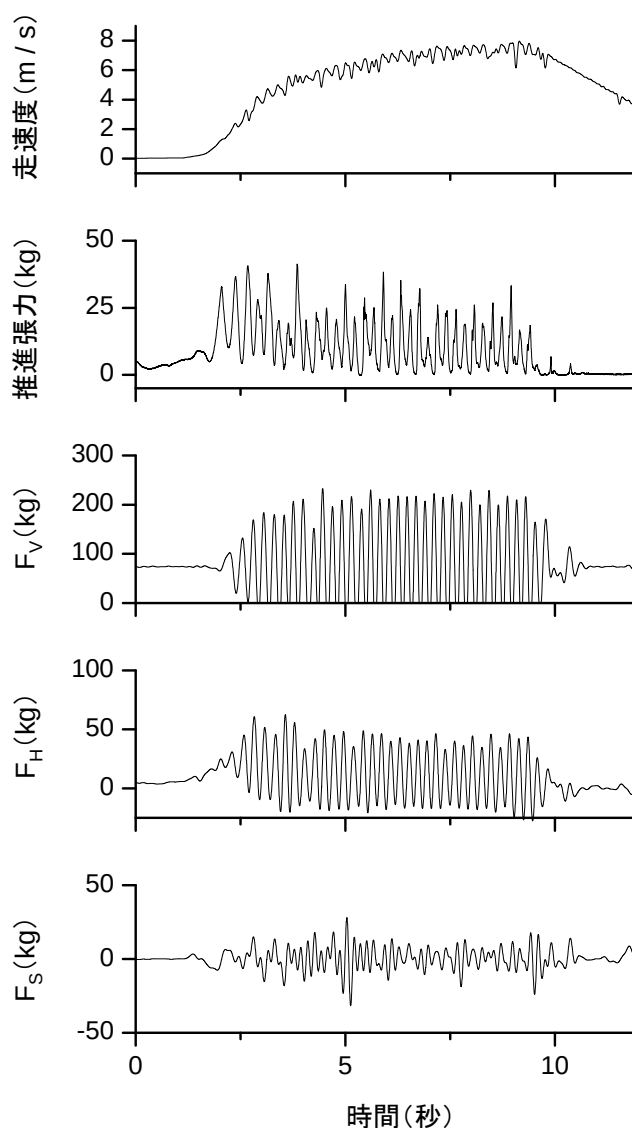


図 2. 走エルゴ上での全力疾走時の走速度，推進張力，床反力計から得られた F_H （鉛直方向）， F_V （水平方向）， F_S （左右方向）の生波形

統計処理

基本統計量は平均値 $\pm$ 標準偏差により示した．実走での疾走速度と走エルゴで得られた変数の関係は，ピアソンの相関分析により検証した．統計的有意水準は 5%未満とした．

結果

実験 1.

30m疾走速度と 0-10m 区間, 10-20m 区間, 20-30m 区間, の各区間における疾走速度の関係において, 全ての区間と 30m の疾走速度は有意な正の相関関係が認められた (図 3). その中でもスタート局面である 0-10m 区間の疾走速度は 30m 疾走速度と最も強い相関関係を示した ($r = 0.935$, $P < 0.01$). 0-10m 区間の疾走速度は, 体重当りの大腰筋 ($r = 0.610$, $P < 0.05$), 腹直筋 ($r = 0.610$, $P < 0.05$), 大腿部前面 ($r = 0.610$, $P < 0.05$) の筋厚と有意な正の相関関係を示した (図 4, 5). その他の疾走区間 (10-20m, 20-30m) においては, 体幹筋群および大腿部の筋厚と疾走速度との間に有意な相関関係は認められなかった ($P > 0.05$).

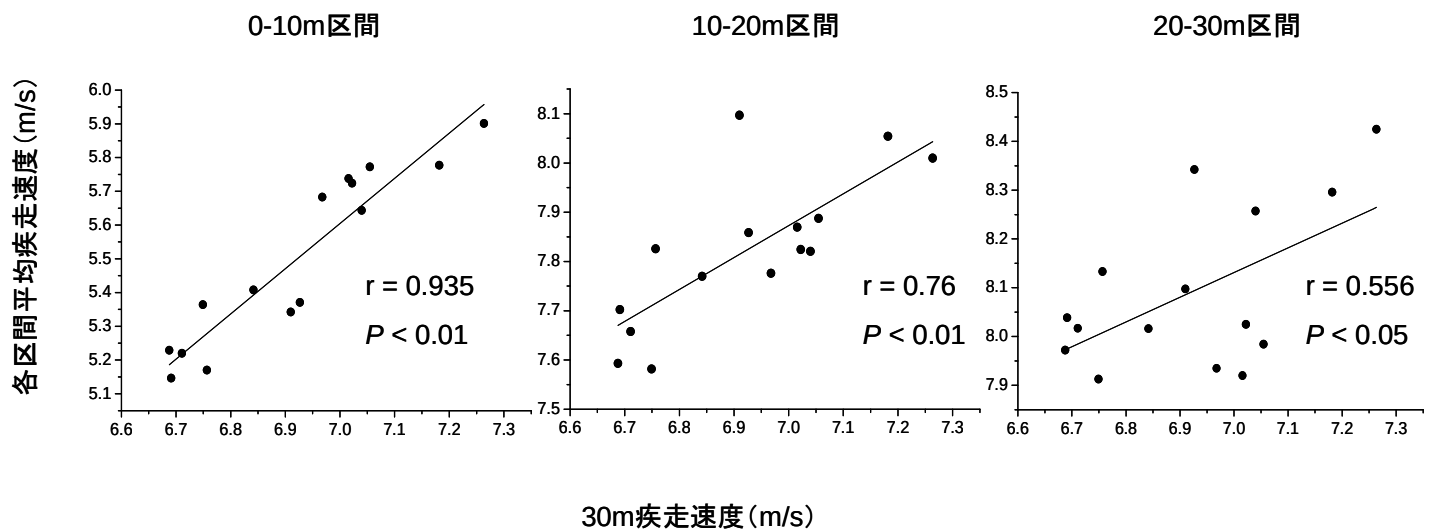


図 3. 30m 疾走速度と各区間の平均疾走速度の関係

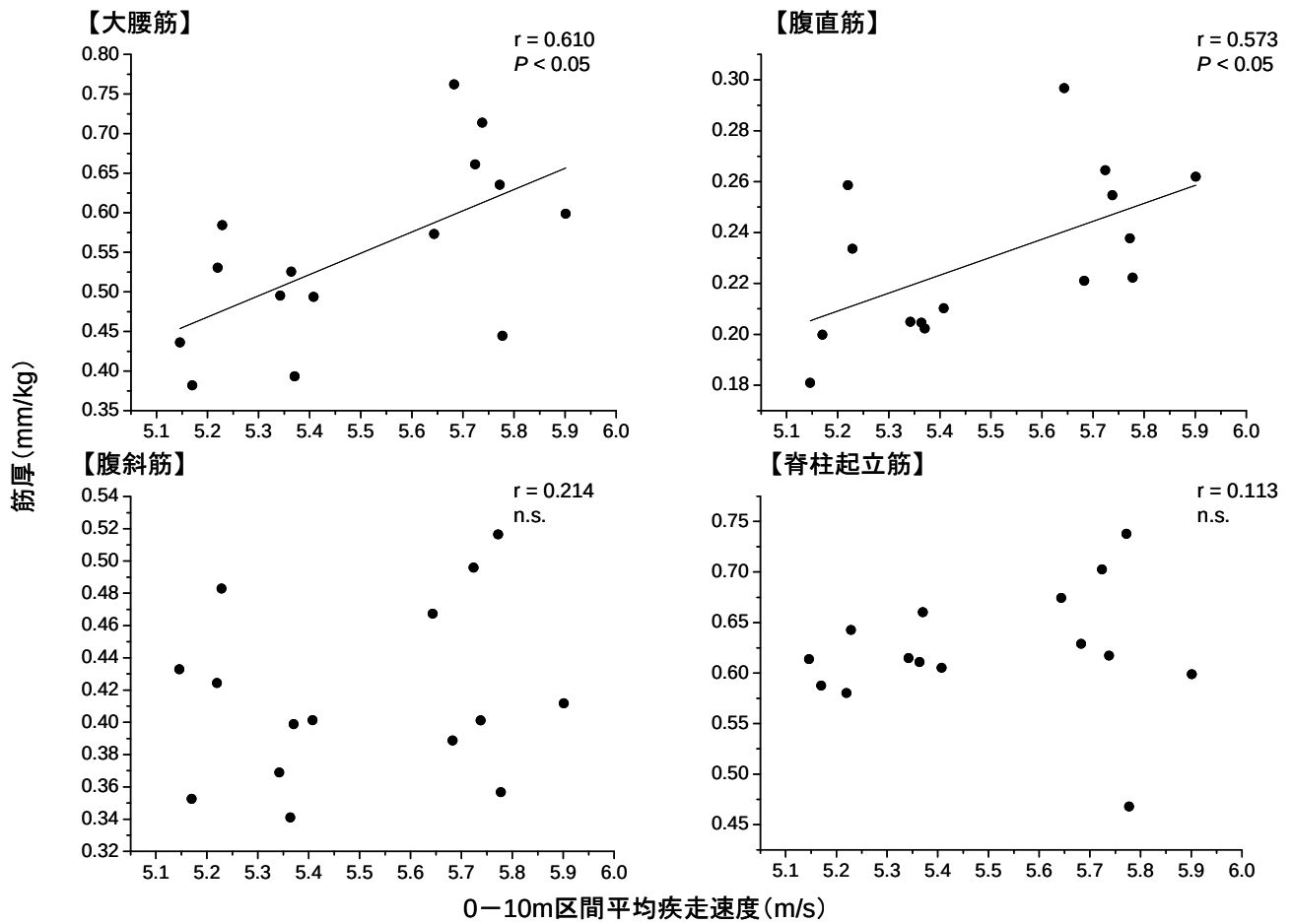


図 4. 体幹筋群の筋厚と 0-10m 平均疾走速度との関係

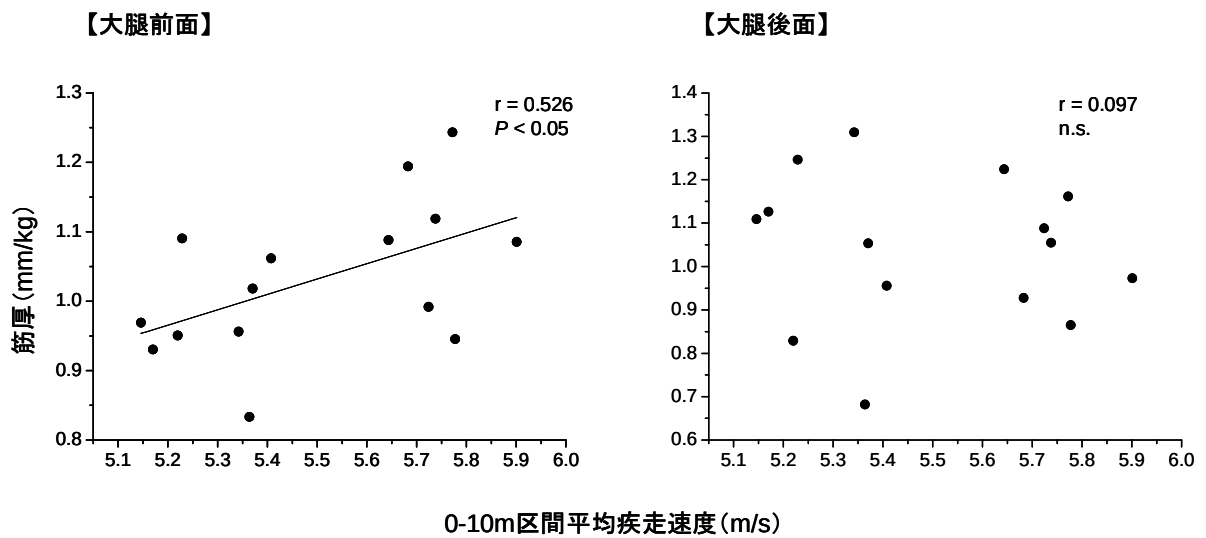


図 5. 大腿部の筋厚と 0-10m 平均疾走速度との関係

実験 2

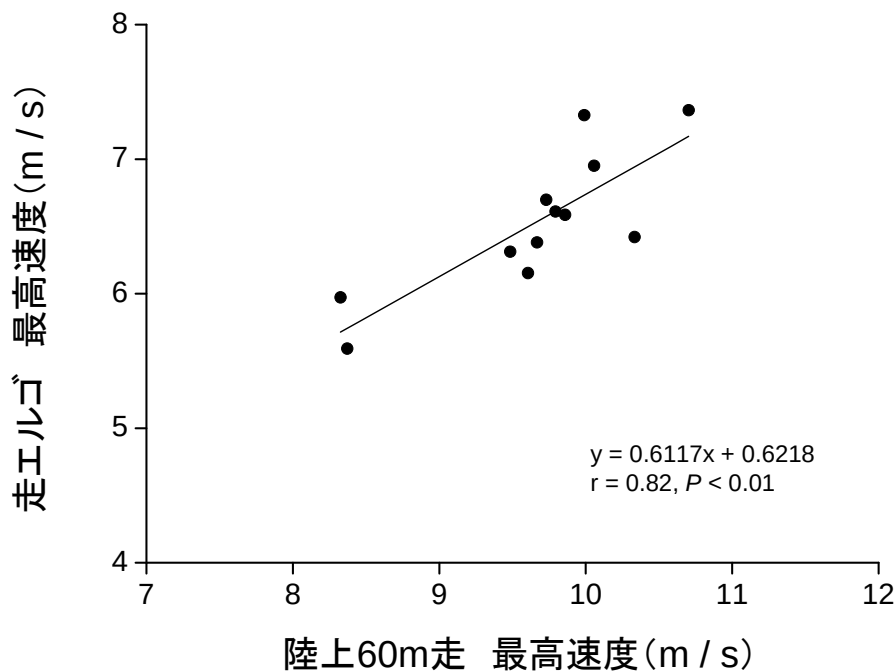


図 7. 陸上での 60m 走の最高走速度と走エルゴ上での最高走速度の関係

走エルゴ上での走パフォーマンスが実際の陸上での走パフォーマンス評価と成りうるか明らかにするために、両条件下での最高走速度の関係を検証した。結果、高い正の相関関係が認められた ($r = 0.82$, $P < 0.01$)。

走エルゴ上で安静から全力疾走に至る加速局面において、走速度の増加にともない RF 値は直線的 ($r = -0.86 \sim -0.97$) に低下した (図 8)。その低下の傾きの平均±標準偏差は、 -0.056 ± 0.005 ($-0.048 \sim -0.063$) であった。

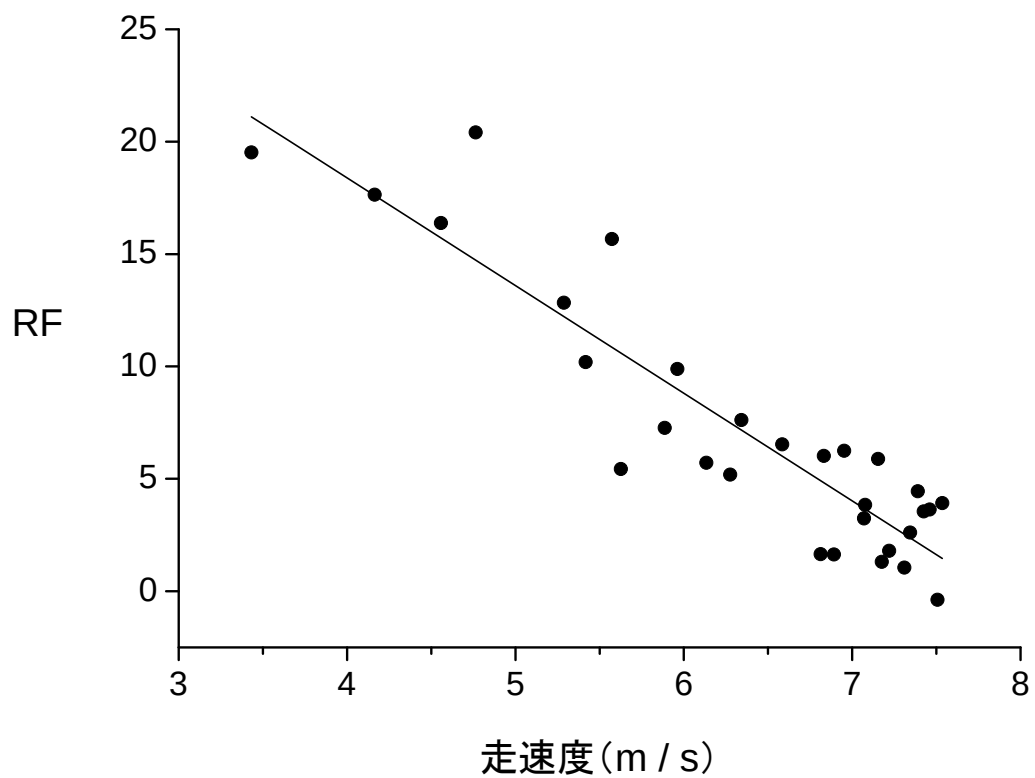


図 8. 走エルゴ上での安静から全力疾走時の走速度変化と RF の関係

また、その傾きと陸上での最高走速度との関係は、有意な正の相関関係があった ($r = 0.70, P < 0.05$; 図 9).

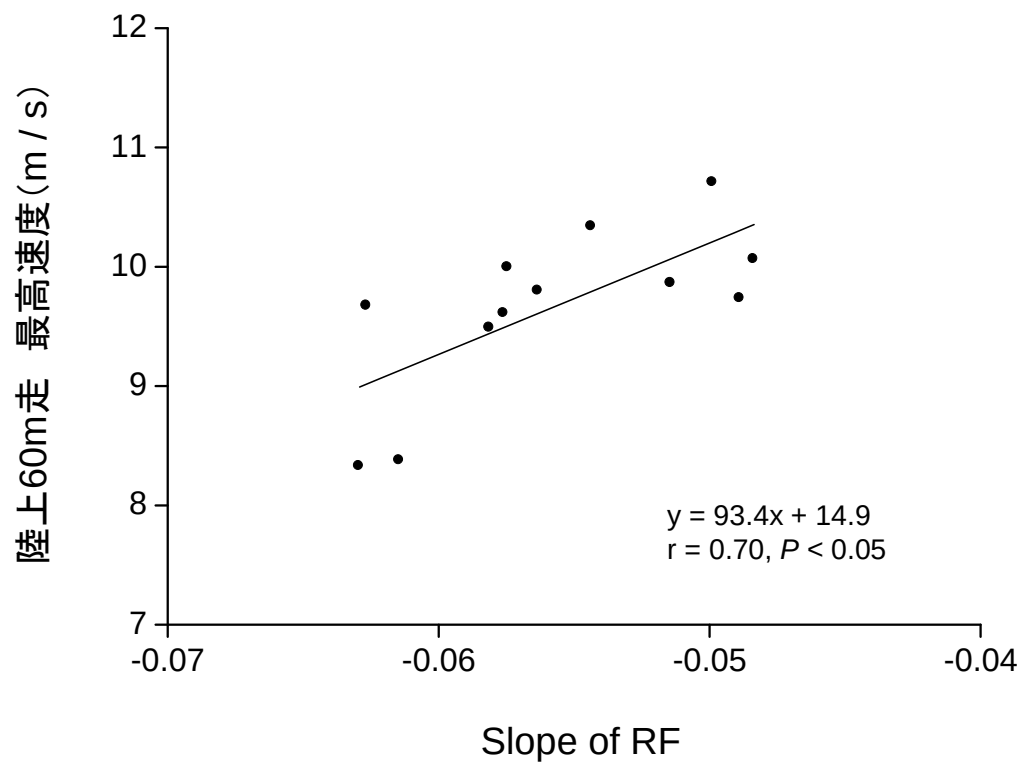


図 9. 陸上 60m 走の最高走速度と RF-速度関係の傾きとの関係

一方、左右方向への力の評価値である FS の SD 値は、最高走速度と関係性がなく、むしろ、仮説とは逆の負の相関関係様が見られた。

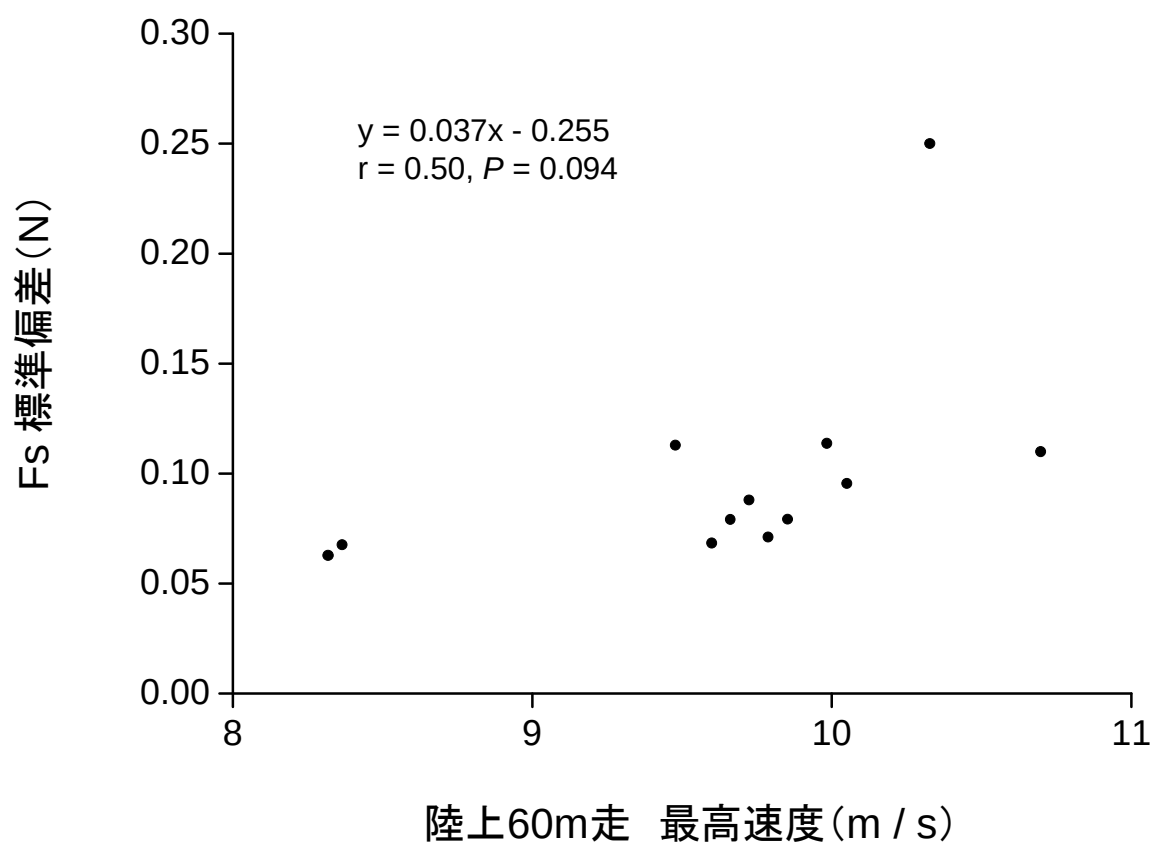


図 10. 陸上 60m 走時の最高速度と左右方向（Fs）への床反力の変動との関係

4. 考察

研究の目的と主な結果

その主な結果は、以下に示す通りであった。

陸上における 0-10m 区間の疾走速度と 30m 疾走速度との間に最も高い相関関係が認められた。このことから、本研究で対象としたラグビー選手における 30m 疾走速度に対して、スタート局面である、0-10m 区間の疾走速度の関与が最も高いことが示唆された。さらに、大腰筋、腹直筋、大腿部前面の筋厚と 0-10m 区間の疾走速度との間に有意な相関関係が認められた。このことから、ラグビー選手において大腰筋、腹直筋、大腿部前面の筋厚が、0-10m 区間疾走速度に影響を及ぼしていることが示唆された。

また、陸上短距離選手を対象にした走エルゴにおける全力疾走では、安静から走速度の増加に伴う RF の減少が少ない者ほど、陸上での最高疾走速度が大きく、また、疾走時の接地期における左右方向への力の分散の大きさはマイナスには働かず、むしろポジティブに働く傾向があることが明らかとなった。

筋厚と疾走速度の関係

本研究の結果において、ラグビー選手の 30m 疾走速度と各筋群の筋厚との間には相関関係が認められなかった。このことは久野ら(久野譜也 2000)の、大腰筋の筋横断面積と 50m 走の疾走速度に関する研究において、陸上短距離選手の筋横断面積と疾走速度に相関関係が認められたものの、サッカー選手には横断面積と疾走速度との間に相関関係が認められなかったという結果と同様であった。しかし、0-10m 区間の疾走速度は、大腰筋、腹直筋、大腿部前面の筋厚と高い相関関係を示した。大腰筋は体幹部と大腿をつなぐ唯一の筋であり、股関節の屈曲に作用する筋である。股関節屈曲動作に作用する筋は、大腰筋のほかに内転筋群および大腿直筋の関与も考えられる。大腿直筋

は、下前腸骨棘を起始とし膝蓋靱帯を経て脛骨粗面に停止している。大腿直筋は疾走中スイング期前半における大腿の引き上げ動作に関連する股関節屈曲トルクの局面において筋活動が認められ、股関節屈曲に共同的に働くことが示されている(伊藤章 et al. 1997)。本研究によって疾走速度と相関関係が認められた大腰筋、腹直筋、および大腿部前面のうち、大腰筋、大腿部前面は主に股関節屈曲に関与していることから、股関節屈曲筋群を鍛えることはスタート直後の疾走速度を高めるうえで有効であると考えられる。

走エルゴでの疾走時キネティクスと陸上での最高疾走速度

本研究において走エルゴ下部に設置したフォースプレートから算出した床反力動態は、ほぼ Morin et al. (2011) のデータをほぼ踏襲する結果であった。しかしながら、Morin et al. (Morin et al. 2011) の研究が、陸上での走パフォーマンスと、体重あたりの F_H (水平方向への床反力) が非常に相関が高かったに対し、本研究では体重あたりの F_H (水平方向) をはじめ、他の F_V などとの関連性は低く、RF の slope が最も相関が高かった (図 8, 9)。この相反する結果に関しては、Morin et al. (Morin et al. 2011) の対象者が陸上競技だけではなく、サッカーやバスケットボール選手を含んでいたのに対し、本研究では陸上短距離選手のみを対象にしていたことが要因と考えられる。いずれにせよ、RF の slope は陸上での最高疾走速度を反映することから、RF の算出は今後、現場へのフィードバックシステムを含んだトレーニング機器の開発や指導に有効であると思われる。

また、本研究の仮説のメインであった「左右方向への力の分散は疾走に非効率である」は却下された (図 10)。逆に、左右方向への力の分散は大きいほうが高い最高速度を得る傾向であった (図

10). 水泳において、Nature 誌で紹介されたように(Focus 2014), 水中での掌の漕ぐ方向性が従来の S 字よりも I 字の方が推進力を得られやすい可能性が示唆されている。物理学的に単純にロボットが腕を動かし泳ぐ場合には、同じ力発揮であるならば推進方向への力発揮のみ行われた方がより泳速度を得やすいことは自明である。一方、ヒト生体の場合、筋線維の走行方向や形状などの理由により、多関節・多筋を含む複合運動である腕を漕ぐために最も力が出やすい至適動作角度が存在するはずである。したがって、疾走においては（も？）、単純に進行方向への力発揮ではなく、より進行方向への力発揮をえるために、より多くの筋活動を得るためにあえて左右方向に接地させている可能性がある。これらは現場の選手・コーチの意見と解剖生理学を感覚的に統合した考察に過ぎず、今後、対象者を増やし、より詳細な科学的エビデンスを得る必要がある。

まとめ

本研究は、1) 体幹および下肢筋の筋厚と加速局面の走パフォーマンスの関連性、そして、2) 最大疾走時における接地期の床反力の 3 次元的方向性と走パフォーマンスの関連性について明らかにすることを目的とした。その結果は以下の通りである。

- 1) 加速局面の走パフォーマンスは特に 0-10m にて大腰筋、腹直筋、大腿部前面の筋厚と相関関係が認められた。
- 2) 最大疾走速度は、進行方向への床反力と鉛直方向への床反力力の合力 (F_{total}) と進行方向への床反力との比 (F_H/F_{total} ; RF) に関連し、左右方向への床反力 (F_S) との関連性は低い。

謝辞

本研究は、一般財団法人上月スポーツ・教育財団の研究助成を受けて行われた。記して謝意を表します。また、実験を実施するに当たり、快く参加して下さった、被験者の皆様、またデータ測定に協力してくれた石井泰光先生（鹿屋体育大学）、前大純朗君（鹿屋体育大学）に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) New Focus (2014) Pulling straight to the end of the pool. Science 306:43
- 2) Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ (2005) Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. J Appl Biomech 21:31-43
- 3) Morin JB, Edouard P, Samozino P (2011) Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. Med Sci Sports Exerc 43:1680-1688 doi: 10.1249/MSS.0b013e318216ea37
- 4) Roberts TJ, Scales JA (2002) Mechanical power output during running accelerations in wild turkeys. J Exp Biol 205:1485-1494
- 5) Tsuchie H, Kobayashi K, Kanehisa H, Kawakami Y, Iso S, Fukunaga T (2008) Assessment of Sprinting Abilities Using a Resistant Self-driven Treadmill. IJSHS 6:85-90
- 6) 伊藤章, 斎藤昌久, 淵本隆史 (1997) スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー, および筋放電パターンの変化. 体育学研究 42:71-83
- 7) 伊藤章, 市川博啓, 斎藤昌久, 佐川和則, 伊藤道郎, 小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究 43:260-273
- 8) 久野譜也 (2000) 大腰筋の筋横断面積と疾走能力および歩行能力との関係. バイオメカニズム学会誌 24:148-152
- 9) 狩野豊, 高橋英幸, 森丘保典, 秋間広, 宮下憲, 久野譜也, 勝田茂 (1997) スプリンターにおける内転

筋群の形態的特性とスプリント能力の関係. 体育学研究 41:352-359