

平成 24 年度  
順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

スプリンターの疾走能力と下肢筋力および  
体幹部筋形態の関係について  
—100m 走の各疾走局面に着目して—

スポーツ科学領域  
スポーツ医科学専門分野  
藤田真平

論文指導教員 桜庭景植 教授

合格年月日 平成 25 年 2 月 25 日

論文審査員 主査 佐久間和彦

副査 廣瀬伸良

副査 桜庭景植

## 目次

第1章 緒言 .....	3
第2章 関連文献の考証.....	5
第1節 各疾走局面にみられる特徴 .....	5
第2節 疾走能力と下肢筋力に関する研究.....	6
第3節 体幹部の筋と疾走能力の関係.....	7
第3章 目的 .....	9
第4章 研究方法 .....	10
第1節 対象者 .....	10
第2節 測定方法.....	10
(1)筋力測定 .....	10
(2)筋横断面積の測定 .....	10
(3)100m 走タイム、疾走速度、加速度の測定.....	11
第3節 各疾走局面の疾走能力の評価方法.....	11
第4節 統計処理.....	11
第5章 結果 .....	12
第1節 加速局面の疾走能力と各測定項目の関係 .....	12
(1)膝関節伸展・屈曲筋筋力.....	12
(2)股関節伸展・屈曲筋筋力.....	12
(3)体幹部の筋横断面積.....	12
第2節 等速局面の疾走能力と各測定項目の関係 .....	13
(1)膝関節伸展・屈曲筋筋力.....	13
(2)股関節伸展・屈曲筋筋力.....	13
(3) 体幹部の筋横断面積.....	13
第3節 減速局面の疾走能力と各測定項目の関係 .....	13
(1)膝関節および股関節伸展・屈曲筋筋力 .....	13
(2)体幹部筋横断面積 .....	14
第6章 考察 .....	15
第1節 加速局面の疾走能力と各項目との関係について.....	15
第2節 等速局面の疾走能力と各測定項目との関係について.....	16

第3節 減速局面の疾走能力と各測定項目との関係について .....	16
第7章 結論 .....	17
第8章 要約 .....	18
引用文献一覧表 .....	19
Abstract .....	23
図表一覧 .....	24

## 第1章 緒言

100m 走のパフォーマンスを決定する要因として最大疾走速度の重要性が報告されている<sup>19)</sup>。最大疾走速度を高めるためには高い筋出力と合理的な疾走動作が重要であり、特に体力的要因として下肢筋力に着目して疾走能力との関係が調査されてきた。疾走能力と下肢筋力との関係をみた調査は、最大疾走速度との関係をみたものやそれに至る加速局面の疾走能力との関係をみたものが多い。渡邊ら<sup>33)</sup>はスプリンターを対象に、最大疾走速度の評価として30m 助走付きの30m 走全力疾走時の疾走速度と、膝関節および股関節周囲筋力の関係を調査し、疾走速度と股関節屈曲筋筋力の間に関連関係があったことを報告している。Dowson ら<sup>7)</sup>は、100m 走の加速局面にあたる15m および35m 走タイムと膝関節および股関節伸展および屈曲筋筋力の関係を調査した。その結果、15m 走タイムと膝関節伸展筋筋力の間、35m 走タイムと股関節伸展筋筋力の間に関連関係が示された。

一方で、体幹部は身体全質量に占める割合が約50%と非常に大きく、多くの動作で主要なパワーを生み出すことが知られており<sup>1)</sup>、疾走能力と体幹部の筋との関係をみた調査も行われている。ジュニアスプリンターを対象に行った調査<sup>12)</sup>では、100m 走の平均疾走速度と大腿四頭筋横断面積に対する大腰筋横断面積との間に相関関係がみられたことから、大腰筋の重要性が報告されている。Kubo ら<sup>16)</sup>は、サッカー選手を対象に20m 走の平均速度と体幹部に位置する筋の横断面積との関係を調査した結果、20m 走の平均疾走速度の向上には腰方形筋および脊柱起立筋が重要であると報告している。これのことから、疾走能力には体幹部の筋が関係することが考えられる。

さらに、100m 走の記録向上にはレース終盤の減速を抑えて走りきることも重要である。100m 走の世界一流スプリンターにおいてもレース後半に3~7%の速度逡減がみられ、タイムの速い選手ほど速度逡減率が小さいことが報告されている<sup>19)</sup>。Breat ら<sup>6)</sup>は、100m 走を加速局面、等速局面、減速局面の3局面に分け、各局面の平均疾走速度と筋力の関係を調査した。その結果、100m 走タイムにはスクワットの最大挙上量が関係していたが、3局面それぞれに重要となる筋については明らかにできなかった。この調査では、筋力の評価としてスクワットの最大挙上量を用いたが、疾走時の筋活動は求心性収縮と遠心性収縮の繰り返しであること<sup>25)</sup>を考えると、求心性と遠心性筋力をわけて下肢筋力を評価する必要があると考える。また、体幹部の筋形態に関しては、加速局面の疾走能力との関係は調査されているが、等速局面および減速局面での評価は十分に行われていない。そこで本研究では、100m 走における各局面の疾走能力と下肢筋力および体幹部筋形態の関係を調査

することとした。このような調査は、トレーニングの細分化ができ、効率的なトレーニングを行うための有益な情報を提供できると考えた。

## 第2章 関連文献の考証

本章の前半では、100m走が加速局面、等速局面、減速局面にわけられる<sup>22)</sup>ことから、各疾走局面の特徴についてまとめる。後半では、疾走能力と筋力および体幹部の筋との関係についてまとめる。

### 第1節 各疾走局面にみられる特徴

加速局面での疾走速度の増加はピッチとストライドの両方が急激に増加することが知られている<sup>17)26)</sup>。また、加速局面の疾走動作は、接地中の股関節伸展に加え、膝関節伸展動作が疾走速度を生み出している。そして、速度が増加するに伴い、接地中の膝関節の屈伸動作は少なくなっていくことが報告されている<sup>26)33)</sup>。これは、膝関節伸展動作を用いたプッシュ型のキック動作から、疾走速度の増加に伴い膝関節の伸展動作が少ないスイング型のキック動作になっていると考えられている。さらに、接地中では支持期に占めるブレーキ期の割合が12.9%と少なく、推進期の割合が大きい<sup>20)</sup>。ブレーキ期の割合は、疾走速度が増加するにつれて増加する。

等速局面でみられる最大疾走速度は100mタイムを決定する上で最も重要であることが報告されている<sup>19)</sup>。加速局面で得られた疾走速度から最大疾走速度までの緩やかな速度の上昇は、ストライドの増加ではなくピッチの増加によるところが大きい<sup>17)21)</sup>。伊藤ら<sup>13)</sup>は、世界・アジアおよび日本一流競技者から大学生競技者までを対象に調査を行い、最大疾走速度と脚全体のスイング速度の間には正の相関関係があることを示している。さらに、疾走速度が速い選手はキック動作時に膝関節の伸展動作を少なくし、股関節の伸展動作を効果的に脚全体のスイング速度に転換する合理的なキック動作を行っていることを報告している。このときの膝関節の役割は、股関節で生み出された力を地面に伝えるために重要であると考えられている。また、福田らは第11回世界陸上選手権大会(2007)の上位選手と日本選手の疾走動作の特徴を調査<sup>9)</sup>し、接地時・接地中間時の下肢の関節角度は疾走速度に関係なくほぼ一定であったが、離地時の股関節・膝関節・足関節の関節角度は疾走速度が速い者ほど小さい値であったことを報告している。さらに、一流選手は支持期後半に膝関節を伸展させないというより、むしろ屈曲させていくようなキック動作を行っていることが示されている。

減速局面では、等速局面と比較して疾走速度が低下することが明らかになっている<sup>2)19)</sup>。減速局面は、着順を決定するレース終盤の重要な局面である。速度低下を示す指標である

速度逡減率は世界一流スプリンターでも 3~7%みられる<sup>2)</sup>。松尾らが 100m タイムと速度逡減率の関係をみた調査<sup>19)</sup>では、速度逡減率が小さい選手ほど 100m タイムが速かったことが報告されている。疾走速度が減速する原因は、接地時間と滞空時間の増加によるピッチの減少である<sup>8)</sup>。このときの疾走動作の特徴は、離地時の大腿が身体の後方に残される「脚が流れる」状態になっていることと、支持期の脚のスイング速度が低下したことが挙げられる<sup>26)</sup>。また、支持期後半での膝関節と足関節角度が等速局面と比べ増加しており、等速局面でみられるような合理的なキック動作ができていないことが示されている。

## 第 2 節 疾走能力と下肢筋力に関する研究

疾走能力を決定する生理学的な要因の一つに下肢筋力が挙げられる。特に疾走能力との関係をみた調査の多くは、下肢筋力を等速性で評価を行っている。これまで、100m 走と下肢筋力の関係をみた調査は、100m 走全体をタイムや平均速度で評価したものや最大疾走速度との関係を報告したものが多。Alexander<sup>3)</sup>は、股関節伸展・屈曲、膝関節伸展・屈曲、足関節底背屈筋筋力を求心性収縮および遠心性収縮下にて評価し、100m 走の平均疾走速度との関係について調査した。その結果、求心性の膝関節伸展筋筋力および遠心性の足関節背屈筋筋力と 100m 走の疾走速度に相関関係がみられたと報告している。山本ら<sup>35)</sup>は、短距離選手の膝関節伸展・屈曲筋筋力を測定し、100m 走タイムから一流選手と二流選手に分類し比較した結果、一流選手は膝関節屈曲筋筋力が二流選手に比べ優れていたことを報告している。また、渡邊ら<sup>33)</sup>は、最大疾走速度を実験的に評価するため 30m 助走を付けた後の 30m 全力疾走の平均疾走速度と求心性の膝関節および股関節伸展・屈曲筋筋力の関係を調査し、股関節屈曲筋筋力が 30m 全力疾走の平均疾走速度に重要であるとしている。

また、短距離選手以外を対象に下肢筋力と疾走能力との関係をみた調査では、加速局面に当たる 40m 未満の疾走タイムや加速度で疾走能力を評価した調査がある。Guskiewicz ら<sup>10)</sup>は、サッカー選手と野球選手を対象に 40yd(約 36m) 走タイムと股関節伸展・屈曲筋筋力の関係を調査した結果、40yd 走タイムと股関節伸展および屈曲筋筋力ともに相関関係があり、体重当たりの筋力の方が相関関係は強かったと報告している。また、Dowson ら<sup>7)</sup>は、ラグビー選手・陸上選手・一般人を対象に 15m と 35m 走タイムを測定し、膝関節および股関節伸展・屈曲筋筋力、足関節底背屈筋筋力の関係を調査した。このとき 15m 走タイムから加速度を求めて、加速能力の評価とした。その結果、15m 走の加速度と求心性の

膝関節伸展筋筋力との間に相関関係がみられ、35m走タイムと股関節伸展筋筋力との間に相関関係がみられた。このように、100mタイムや加速能力には股関節および膝関節の伸展・屈曲筋筋力が関係することは明らかである。

一方で、100m走の減速局面にまで焦点をあてて筋力との関係をみた調査は少ない。Bretら<sup>20)</sup>は、100m走を0~30m・30~60m・60~100mの3区間のわけ、各平均疾走速度と下肢スティフネス、垂直跳び、ハーフスクワット挙上重量との関係を調査した。その結果、0~30mの平均疾走速度と垂直跳びの高さとの間に相関関係がみられ、30~60mの平均疾走速度と下肢スティフネスとの間に相関関係を示したが、減速局面である60~100m区間の平均疾走速度と相関関係にある項目はなかった。また、持田ら<sup>24)</sup>は100m走を加速局面(0~30m)、全速局面前半(30~60m)・全速局面後半(60~90m)・減速局面(90~100m)にわけ、各局面の疾走速度と求心性の股関節および膝関節の伸展・屈曲筋筋力との関係を調査した。その結果から、加速局面における膝関節屈曲筋筋力の重要性を報告し、全速局面後半では遅い角速度での筋発揮能力が関係していることを報告した。さらに、減速局面には股関節伸展筋筋力の持久力が重要になるとしている。この2つの研究で用いられた筋力の評価は、スクワット挙上重量のような筋力の総合的な評価や求心性筋力のみでの評価であるが、疾走時の筋活動は求心性収縮と遠心性収縮の繰り返しであることから、遠心性筋力も加えて筋力の評価をする必要があると考える。

### 第3節 体幹部の筋と疾走能力の関係

体幹部は、身体全質量に占める割合が約50%と非常に大きく、体幹部は多くの動作で主要なパワーを生み出すことが知られている<sup>2)</sup>。投球動作では、体幹部のひねり戻しによって力学的エネルギーが生まれ、それが運動連鎖により効率よく伝達されることで末端部に大きな速度が得られることが報告されている<sup>23)</sup>。Anderson<sup>4)</sup>は、スポーツ選手と一般人の体幹部の伸展・屈曲筋筋力を調査した結果、スポーツ選手の体幹部の屈曲筋筋力が一般人よりも強かったことを報告している。またBehmら<sup>5)</sup>は、日常的にランニングトレーニングを行っているトライアスロン選手と一般人を対象に、最大心拍数の60~80%で走らせたときの脊柱起立筋上部・下腹部・腰仙部脊柱起立筋・外腹斜筋の筋活動を比較した。その結果、どの強度のランニングでもトライアスロン選手の方が一般人より腰仙部脊柱起立筋・下腹部・外腹斜筋の筋活動が大きかったことを示した。さらに、Saundersら<sup>23)</sup>は、筋電図を用いて歩行からランニングまでの疾走速度の変化が腹直筋と脊柱起立筋の筋活動に及ぼ



す影響について調査し、疾走速度が増加するにつれて腹直筋と脊柱起立筋の筋活動が増加したことを報告している。疾走能力と体幹部の筋との関係をみた調査としてNesserら<sup>27)</sup>は、等尺性の体幹伸展・屈曲、左右の側屈筋の筋持久力と40yd(約36m)走タイムとの間に負の相関関係がみられたことを報告している。しかし、このときの体幹部の筋の評価は筋持久力の評価であり、筋発揮や筋パワーといった指標とは異なるため相関関係は強いものではなかったことから、別の評価方法で体幹部の筋を評価する必要性をあげている。

一方、体幹部の筋力は動作の多様性から正確に測定することが難しいとされている。近年、磁気共鳴装置が開発により、非侵襲的に体内を観察できるようになってからは、磁気共鳴装置を用いて体幹部の横断面積を測定し、疾走能力との関係が調査されている。Hoshikawaら<sup>12)</sup>は、ジュニアスプリンターを対象に大腰筋および大腿部の筋横断面積と100m走の平均疾走速度との関係を調査した。その結果、疾走速度が高い者ほど、大腿部前面の横断面積に対する大腰筋の横断面積の割合が高いことから、大腰筋の重要性を報告している。Kuboら<sup>16)</sup>は、20m走タイムと体幹部の筋横断面積との関係を調査し、腰方形筋と脊柱起立筋が20m走タイムの向上には重要となることが示されている。このように、体幹部の筋横断面積は疾走能力に重要であると考えられるが、100m走の各疾走局面の疾走能力と体幹部の筋横断面積の関係をみた調査は十分に行われていない。

### 第3章 目的

本研究の目的は、スプリンターの動的な下肢筋力および体幹部の筋形態と100m走の各疾走局面の疾走能力との関係を調査し、より速いスプリンターの特徴を明らかにすることとした。

## 第4章 研究方法

### 第1節 対象者

J 大学陸上競技部に所属し、短距離を専門とする男子学生 21 名を対象とした。対象者の身体特性は、年齢:20.2±1.6 歳、身長:172.5±5.0cm、体重:66.8±4.3kg であった。なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会の承認を得た。対象者に対し、実験に先立って本研究の目的、内容、手順や考えられる危険性、また事故などが発生した場合の対処や保障について、口頭および文書によって十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

### 第2節 測定方法

#### (1)筋力測定

等速性筋力測定装置 BIODEXsystem3(BIODEX 社製)を用いて、股関節伸展・屈曲筋筋力と膝関節伸展・屈曲筋筋力を測定した。

股関節伸展・屈曲筋筋力の測定は、立位にて対象者の上半身を 3 本のベルトで固定し、非測定肢は簡易ギプスで固定し膝関節伸展位にて行った。膝関節伸展・屈曲筋筋力の測定は、座位にて対象者の上半身を 3 本のベルトで、また測定肢の大腿部を 1 本のベルトで動かないように固定して行った。

測定内容は、求心性収縮(concentric contraction:以下、CC と記す)の角速度毎秒 60・180・300 度(以下、CC60・CC180・CC300 と記す)、遠心性収縮(eccentric contraction:以下、EC と記す)の角速度毎秒 60・180 度(以下、EC60・EC180 と記す)での測定であった。角速度 60・180 度の測定は 3 回、角速度 300 度の測定は 5 回の伸展・屈曲を連続で行った。最もトルクの大きいものをピークトルク(peak torque:以下、PT と記す)とした。単位は N・m とした。

PT、体重当たりの PT(peak torque/body weight:以下、PT/BW と記す)、膝関節伸展筋筋力あたりの屈曲筋筋力の割合(Hamstring/Quadriceps 比:以下、H/Q 比と記す)、股関節伸展筋筋力あたりの屈曲筋筋力の割合(Hip Flexion/Hip Extension 比:以下、F/E 比と記す)、求心性筋力あたりの遠心性筋力の割合(以下、EC/CC 比と記す)について分析を行った。

#### (2)筋横断面積の測定

体幹部横断面像の撮影には、1.5T の磁気共鳴映像装置(TOSHIBA 社製)を用い、T2 強調画像(FE 法、TE:90ms、TR:2500ms、matrix:160×320、FOV:38cm×38cm、スライス厚

4mm)を撮影した。測定部位は、第3腰椎と第4腰椎の間(Lumbar3-Lumbar4:以下、L3-L4と記す)、第4腰椎と第5腰椎の間(Lumbar4-Lumbar5:以下、L4-L5と記す)の中央部水平横断面において、取得した横断面像より、画像解析ソフト(MUVIRIC Viewer:リムパック社製)を用いて筋横断面積(cross-sectional area:以下、CSAと記す)を算出した。単位は $\text{cm}^2$ とした。対象とした筋は、大腰筋、腹斜筋群(外腹斜筋・内腹斜筋・腹横筋)、背筋群(多裂筋・脊柱起立筋)、腰方形筋、腹直筋とした。腹斜筋群、背筋群、腰方形筋はL3-L4の横断画像から面積を算出し、大腰筋と腹直筋はL4-L5の横断画像から面積を算出した。

### (3)100m 走タイム、疾走速度、加速度の測定

100m走は第三種公認全天候型陸上競技場の直線走路で行った。対象者は競技会と同様にスターティングブロックからクラウチングスタートの姿勢でスターターの号砲に合わせて疾走を開始した。なお全ての対象者がスパイクシューズを着用して行った。

100m走に要した時間は、ハイスピードカメラ(EXILIM EX-F1, CASIO社製)を用いて毎秒300コマでゴールライン側方から撮影し、スタートの号砲から対象者のトルソーがゴールラインに到達するまでのコマ数よりタイムを算出した。

疾走速度と加速度の測定は、対象者の後方からレーザードップラー速度測定装置(Laveg Sports LDM301S, Jenoptic社製)を用いてサンプリング周波数100Hzで移動距離を測定した。そして得られた移動距離を連続する60点の移動平均を算出し、5mごとの疾走速度と加速度を算出した。

## 第3節 各疾走局面の疾走能力の評価方法

加速局面の疾走能力は、100m 走中に得られた加速度の最大値を最大加速度として評価した。また、等速局面の疾走能力は、100m 走中に得られた疾走速度の最大値を最大疾走速度として評価した。減速局面の疾走能力は、100m 走中の最大疾走速度と最大疾走速度が出現した以降の最低疾走速度の差を最大疾走速度で除した値を速度逓減率として評価した。

## 第4節 統計処理

各測定項目における変数は、平均値±標準偏差(Mean±SD)で示した。各測定項目間の相関関係については、ピアソンの相関係数を用いた。

## 第5章 結果

対象者の膝関節伸展・屈曲筋筋力と股関節伸展・屈曲筋筋力を表1に示した。また、体幹部のCSA(筋横断面積)を表2に示した。疾走能力は100m走タイム：11.60±0.35 秒、最大加速度：3.22±0.18 m/s<sup>2</sup>、最大疾走速度：9.94±0.35m/s、速度逡減率：6.16±1.61 %であった。

### 第1節 加速局面の疾走能力と各測定項目の関係

#### (1)膝関節伸展・屈曲筋筋力

最大加速度と膝関節伸展筋筋力のPT(ピークトルク)の間に正の相関関係がみられ(EC180 : r=0.538、EC60 : r=0.573、CC180 : r=0.506、CC300 : r=0.496、p<0.05)、膝関節屈曲筋筋力のPTにおいても正の相関関係がみられた(EC60 : r=0.508、CC60 : r=0.629、CC180 : r=0.648、CC300 : r=0.519、p<0.05、図1)。また、最大加速度と膝関節伸展筋筋力のPT/BW(体重当たりのPT)の間にも正の相関関係がみられ(EC60 : r=0.485、CC180 : r=0.514、CC300 : r=0.513、p<0.05)、膝関節屈曲筋筋力のPT/BWにおいても正の相関関係がみられた(EC60 : r=0.493、CC60 : r=0.566、CC180 : r=0.547、p<0.05)。最大加速度が高い対象者は、膝関節伸展および屈曲筋筋力がともに強かった。

#### (2)股関節伸展・屈曲筋筋力

最大加速度と股関節伸展筋筋力のPTの間に正の相関関係がみられ(EC180 : r=0.589、CC300 : r=0.517、p<0.05、図2)、股関節屈曲筋筋力のPTにおいても正の相関関係がみられた(EC60 : r=0.514、p<0.05)。また、最大加速度と股関節伸展筋筋力のPT/BWの間にも正の相関関係がみられた(EC180 : r=0.594、p<0.05)。

最大加速度が高い対象者は、高速下での股関節伸展の求心性筋力が強く、股関節伸展および屈曲ともに遠心性筋力が強かった。

#### (3)体幹部の筋横断面積

最大加速度と腹直筋、腹斜筋群、背筋群の横断面積の間に正の相関関係がみられた(それぞれ、r=0.516、0.603、0.634、p<0.01、図3)。

最大加速度が高い対象者は、腹直筋、腹斜筋群、背筋群の筋横断面積が大きかった。

## 第2節 等速局面の疾走能力と各測定項目の関係

### (1) 膝関節伸展・屈曲筋筋力

最大疾走速度と膝関節伸展筋筋力のPTの間に正の相関関係がみられ(EC180 :  $r=0.539$ 、EC60 :  $r=0.496$ 、 $p<0.05$ )、膝関節屈曲筋筋力のPTにおいても正の相関関係がみられた(CC60 :  $r=0.575$ 、 $p<0.05$ )。

最大疾走速度の高い対象者は、求心性の膝関節屈曲筋筋力と遠心性の膝関節伸展筋筋力が強かった。

### (2) 股関節伸展・屈曲筋筋力

最大疾走速度と股関節伸展筋筋力のPTの間に正の相関関係がみられ(EC180 :  $r=0.681$ 、EC60 :  $r=0.569$ 、 $p<0.01$ 、図4)、股関節屈曲筋筋力のPTの間にも正の相関関係がみられた(EC60 :  $r=0.573$ 、 $p<0.05$ )。また、最大疾走速度と膝関節伸展筋筋力のPT/BWの間にも正の相関関係がみられ(EC180 :  $r=0.682$ 、EC60 :  $r=0.568$ 、 $p<0.05$ )、膝関節屈曲筋筋力のPT/BWにおいても正の相関関係がみられた(EC60 :  $r=0.566$ 、 $p<0.05$ 、図5)。

最大疾走速度と股関節伸展筋筋力のEC/CC比(求心性筋力あたりの遠心性筋力の割合)の間に正の相関関係がみられた(角速度毎秒180度 :  $r=0.621$ 、角速度毎秒60度 :  $r=0.607$ 、 $p<0.05$ )。

最大疾走速度の高い対象者は、遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力が強く、EC/CC比の割合も高かった。

### (3) 体幹部の筋横断面積

最大疾走速度と腹斜筋群、背筋群、腰方形筋の横断面積の間に正の相関関係がみられた(それぞれ、 $r=0.535$ 、 $0.408$ 、 $0.460$ 、 $p<0.05$ 、図6)。

最大疾走速度が高い対象者は、腹斜筋群、背筋群、腰方形筋の筋横断面積が大きかった。

## 第3節 減速局面の疾走能力と各測定項目の関係

### (1) 膝関節および股関節伸展・屈曲筋筋力

速度逡減率と膝関節および股関節伸展・屈曲筋筋力の間に相関関係はみられなかった。

(2)体幹部筋横断面積

速度逡減率と腰方形筋の横断面積の間に負の相関関係がみられた( $r=-0.488$ ,  $p<0.05$ , 図7)。

疾走速度の低下が抑えられていた対象者は、腰方形筋の筋横断面積が大きかった。

## 第6章 考察

本調査では、100m 走の各疾走局面の疾走能力を評価し、下肢筋力および体幹部の筋横断面積との関係を調査した。その結果、最大加速度が高い対象者は、CC(求心性)の膝関節屈曲筋筋力、EC(遠心性)の股関節伸展および屈曲筋筋力が強く、背筋群の CSA(筋横断面積)が大きかった。また、最大疾走速度の高い対象者は、EC(遠心性)の股関節伸展および屈曲筋筋力が強く、腹斜筋群の CSA が大きかった。さらに、速度逡減率の低い対象者は、腰方形筋の CSA が大きかった。

### 第1節 加速局面の疾走能力と各項目との関係について

加速局面では、ピッチとストライドの両方の上昇によって急激に疾走速度を高めている<sup>17)26)</sup>。また、最大疾走速度に至るまでに、遊脚期後半の求心性の股関節伸展トルクは著しく増加することが報告されている<sup>31)</sup>。スタートの1歩目から中間疾走までの下肢のピークトルクとピークパワーを調査した研究<sup>14)</sup>でも、遊脚期後半から支持期前半にかけての股関節伸展のピークトルクとピークパワーが高い値を示したことを報告している。また、ピッチを高めるためには、動作の切り返しを速くする必要があり、求心性で生み出した力を遠心性の筋発揮で減速させ、次の動作に素早く移行させる必要がある。本調査では、最大加速度と求心性の膝関節屈曲筋筋力および遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力の間に関係がみられた。膝関節屈曲の主動筋であるハムストリングは二関節筋であり、股関節の伸展にも働く。これらのことから、加速局面の下肢筋力は、遊脚期後半から支持期後半の股関節伸展トルクを高めるために求心性の膝関節屈曲筋筋力が重要であること、動作を素早く切り返してピッチを向上させるためにも遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力が重要になると考える。さらに、加速局面で効率的な推進力を生み出すためには身体を前傾させることが求められる。Thorstensson ら<sup>32)</sup>は、ランニング中の腰背部筋の活動は体幹の屈曲と同時に起こり、腰背部の筋は主として矢状面で体幹の動きをコントロールしていることを報告している。本調査では、最大加速度が高い対象者が背筋群の CSA が大きかった。これらのことから、効率の良い推進力を生み出すためには体幹の前傾が重要で、最大加速度が高い対象者は体幹部の前傾をコントロールするために背筋群が繰り返し作用した結果、CSA が大きかったと考える。



## 第2節 等速局面の疾走能力と各測定項目との関係について

加速局面で高められた疾走速度から最大疾走速度までの緩やかな疾走速度の上昇は、ピッチが高まることで疾走速度を高めていることが知られている<sup>17)</sup>。また、等速局面の疾走動作は、脚全体のスイング速度が重要であることが報告されている<sup>13)19)</sup>。この時のキック動作には、膝関節の伸展動作を小さくし、股関節伸展速度を効果的に脚全体のスイング速度に転換することが求められる。このため、膝関節の伸展・屈曲動作よりも股関節の伸展・屈曲動作が重要になることが考えられる。これらのことから、最大疾走速度と膝関節の伸展・屈曲筋筋力の間に関係はみられず、ピッチを高めるために必要と考えられる遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力と最大疾走速度の間に関係がみられたのではないかと考える。さらに、疾走速度が増加すると骨盤の回旋動作が小さくなることが報告されている<sup>18)28)</sup>。体幹部は質量や慣性モーメントが大きいため素早い動作ができないとされ、体幹部を動かすためには大きな力学的エネルギーが必要になる。このため、最大疾走時のような素早い動作が必要となる場合には体幹部を極力動かさない方が効率的であると考えられる。本調査で最大疾走速度が高い対象者は腹斜筋群のCSAが大きかったことは、腹斜筋群が体幹部の回旋動作を小さくするため、疾走時に繰り返し作用した結果であると考えられる。これらのことから、ピッチを向上させることで最大疾走速度を高めるためには遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力が重要で、体幹部の回旋動作を小さくし股関節で発揮された力を効率よく伝達させるために腹斜筋群が重要になってくると考える。

## 第3節 減速局面の疾走能力と各測定項目との関係について

減速局面では、ピッチの減少によって疾走速度が低下することが報告されている<sup>8)26)</sup>。一方で、一流選手ではストライドは低下せず、むしろ長くなることが知られている<sup>2)</sup>。これは、ストライドが長くなることで速度の低下が抑えられていると考えられている。また、ストライドを向上させるためには、骨盤を前傾にすることが一助になるとの報告がされている<sup>34)</sup>。本調査でレース後半に疾走速度の低下を抑えられていた対象者は、腰方形筋のCSAが大きかったことから、腰方形筋が骨盤の前傾に関与し、長いストライドを獲得するための一助になっていたことが考えられる。しかし、先行研究では減速局面に関する研究が少ないことや、本調査でも実際にピッチやストライドの測定やレース中の骨盤の回旋角度、前傾角度などを調査していないことから、今後動作分析を含めた調査の必要性が考えられる。

## 第7章 結論

加速局面の疾走能力には、求心性の膝関節屈曲筋筋力および遠心性の股関節伸展・屈曲筋筋力と背筋群が関係することが明らかになった。また等速局面の疾走能力には、遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力と腹斜筋群が重要であることが示された。さらに、疾走速度の低下を抑えるには腰方形筋が重要となる可能性が示された。

## 第8章 要約

【緒言】100m 走を決定する要因として最大疾走速度が重要であり、膝関節周囲筋力および股関節周囲筋力が最大疾走速度に関係することが報告されている。また、体幹部に位置する筋が加速局面の疾走能力に関係することが報告されている。さらに、100m 走の記録向上にはレース終盤の減速を抑えて走りきることも重要である。しかし、減速局面を含めた100m 走のすべての疾走局面の疾走能力と下肢筋力および体幹部の筋形態との関係をみた研究は十分に行われていない。

【目的】スプリンターの動的な下肢筋力および体幹部の筋形態と100m 走の各疾走局面の疾走能力との関係を調査し、より速いスプリンターの特徴を明らかにすることとした。

【方法】J 大学陸上競技部の男子学生21名(年齢:  $20.2 \pm 1.6$ )を対象者とした。膝関節および股関節伸展・屈曲筋筋力は、等速性筋力測定装置を用いて求心性(CC)収縮下の角速度  $60 \cdot 180 \cdot 300^\circ$  /秒(60,180,300)、遠心性(EC)収縮下の角速度  $60 \cdot 180^\circ$  /秒(60,180)で測定した。体幹部の筋の横断面積の測定には、磁気共鳴装置を用いてL3-L4、L4-L5 部位の横断画像を取得し、大腰筋、腹斜筋群、背筋群、腰方形筋、腹直筋の横断面積を算出した。各疾走局面の疾走能力は、実験的に100m 走を行い、ハイスピードカメラを用いて100m 走タイムを測定し、レーザードップラー速度測定装置を用いて5m ごとの疾走速度と加速度を算出した。各疾走局面の評価は、加速局面が最大加速度、等速局面が最大疾走速度、減速局面は速度逡減率を各疾走局面の疾走能力の評価とした。

【結果】100m 走タイム:  $11.60 \pm 0.35$  秒、最大加速度:  $3.22 \pm 0.18$  m/s<sup>2</sup>、最大疾走速度:  $9.94 \pm 0.35$  m/s、速度逡減率:  $6.16 \pm 1.61$  %であった。最大加速度とCC180の膝関節屈曲筋筋力の間には正の相関関係がみられた( $r=0.648$ ,  $p<0.01$ )。また、最大加速度と背筋群の横断面積との間に正の相関関係がみられた( $r=0.634$ ,  $p<0.01$ )。最大疾走速度とEC60の股関節伸展筋筋力の間には正の相関関係がみられ( $r=0.682$ ,  $p<0.01$ )、EC60の股関節屈曲筋筋力の間には正の相関関係がみられた( $r=0.573$ ,  $p<0.05$ )。また、最大疾走速度と腹斜筋群の間に正の相関関係がみられた( $r=0.535$ ,  $p<0.05$ )。さらに、速度逡減率と腰方形筋の横断面積との間に負の相関関係がみられた( $r=-0.488$ ,  $p<0.05$ )。

【結論】 加速局面の疾走能力には、求心性の膝関節屈曲筋筋力および遠心性の股関節伸展・屈曲筋筋力と背筋群が関係することが明らかになった。また等速局面の疾走能力には、遠心性の股関節伸展および屈曲筋筋力と腹斜筋群が重要であることが示された。さらに、疾走速度の低下を抑えるには腰方形筋が重要となる可能性が示された。

## 引用文献一覧表

- 1) 阿江通良(1996).日本幼少年およびアスリートの身体部分係数, *Japan Journal of Sports Science* ,15,155-162.
- 2) 阿江通良,鈴木美佐緒,宮西智久,岡田英孝,平野敬靖(1994)世界一流スプリンターの100mレースパターン分析-男子を中心に,日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス班編,世界一流競技者の技術.第3回世界陸上選手権大会バイオメカニクス班報告書,東京,ベースボール・マガジン社,15-28.
- 3) Alexander M.J.L. (1989). The relationship between muscle strength and Sprint kinematics in elite sprinters. *Can. J. Spt. Sci.* , 14(3), 148-157.
- 4) Anderson E., Sward L., Thorstenesson A.(1988). Trunk muscle strength in athletes , *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(6),587-593.
- 5) Behm D.G., Cappa D., Power G.A. (2009).Trunk muscle activation during moderate – and high – intensity running, *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*,34(6), 1008-1016.
- 6) Bret C., Rahmani A., Dufour A. -B., Messoonnier L., Lacour J.-R. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100m sprint running, *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 42, 274-281.
- 7) Dowson M. N., Nevill M.E., Lakomy H.K.A. , Nevill A.M. ,Hazeldine R.J.(1998).Modeling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance .*Journal of Sports Science*, 16 , 257-265.
- 8) 遠藤俊典,宮下憲,尾縣貢(2008).100m 走後半の速度低下に対する下肢関節のキネティクスの要因の影響, *体育学研究*,53,477-490.
- 9) 福田厚治,喜嶋孝太,伊藤章,堀尚,川端浩一,末松大喜,大宮真一,山田彩,村木有也,淵本隆文,田邊智.(2008).男子一流短距離選手のキック動作の特徴, *陸上競技研究紀要*,4,67-71.
- 10) Guskiewicz K., Lephart S. Burkholder R. (1993). The relationship between sprint speed and hip flexion / extension strength in collegiate athletes, *Isokinetics and Exercise Science*, 3(2),111-116.

- 11) 羽田雄一,阿江通良,榎本靖士,法元康二,藤井範久.(2003).100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise*, 7(3), 193-205.
- 12) Hoshikawa Y., Muramatsu M., Iida T., Uchiyama A., Nakajima Y., Kanehisa H., Fukunaga S. (2006).Influence of the psoas major and thigh muscularity on 100-m times in Junior Sprinters, *Medicine & Science in Sports & Exercise*,38(12), 2138-2143.
- 13) 伊藤章, 市川博啓, 斉藤昌久, 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.
- 14) 伊藤章, 斉藤昌久, 渕本隆文.(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.
- 15) Johnson M., Buckley J.G.(2001). Muscle power patterns in the mid-acceleration phase of sprinting, *Journal of Sports Sciences*, 19, 263-272.
- 16) Kubo T., Hoshikawa Y., Muramatus M., Iida T., Komori S., Shibukawa K., Kanehisa H. (2011). Contribution of trunk muscularity on sprint run, *Int J Sports Med* , 32, 223-228.
- 17) Luhtanen P., Komi P.V., (1978). Mechanical factors influencing running speed. Asmussen E.,Jorgensen K.*Biomechanics VI-B*, Baltimore, University Park Press ,23-29.
- 18) 松尾彰文(2006). 走動作の骨盤と肩の動き, *体育の科学*,50(3),162-167.
- 19) 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 杉田正明( 2008).男女 100m レースのスピード変化, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise*,12(2),74-83.
- 20) Mero A.(1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting, 59(2), 94-98.
- 21) Mero A., Komi P.V.(1986).Force-,EMG-,and elasticity – velocity relationship at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters, *European Journal of Applied Physiology*, 55, 553-561.
- 22) Mero A., Komi P.V., Gregor R.J. (1992). *Biomechanics of Sprint Running*, *Sports Medicine*, 13(6), 376-392.

- 23) 宮内智久(2006).打動作と体幹・四肢の角運動量—野球のバッティングの場合, 体育の科学,56(3),181-186.
- 24) 持田尚, 小林諭, 繁田進, 有吉正博.(1999). 100m 疾走能力と下肢筋力および持久性との関係—各疾走局面に着目して—, 陸上競技研究, 38(3), 2-14.
- 25) Montgomery WH 3<sup>rd</sup>, Pink M, Perry J. (1994). Electromyographic Analysis of Hip and Knee Musculature During Running,American Journal of Sports Medicine, 22(2), 272-278.
- 26) 森丘保典,阿江通良,岡田英孝, 高松潤二, 宮下憲(1997).100m 走における下肢動作の変化の分析-下肢動作動作検出装置の開発と応用-,Japan Journal of SPORTS SCIENCES,16(1),111-118.
- 27) Nesser T.W., Huxei K.C., Tincher L.J., Okada T.(2008).The relationship between core stability and performance in division I football players, Journal of Strength and Conditioning Research, 22(6), 1750-1754.
- 28) 西守隆,松尾彰文.(2006).歩行と走行の移動速度変化における骨盤と体幹回旋運動の相互相関分析,理学療法学,33(6),318-323.
- 29) 尾県貢, 関岡康雄, 辻井義弘(1990). 男子スプリンターにおける下肢の動的筋力と疾走中の脚動作との関係,陸上競技研究, 1, 14-19.
- 30) Saunders Steven W., Schache Anthony, Rath David, Hodes Poul W.(2005).Changes in three dimensional lumbo-plevic kinematics and trunk muscle activity with speed and mode of locomotion, Clinical Biomechanics, 20, 784-793.
- 31) Schache A.G., Blanch P.D., Dorn T.W., Brown N.A.T., Rosemond D., Pandy M.G. (2011). Effect of running speed on lower limb joint kinetics, Medicine & Science in Sports & Exercise, 43(7), 1260-1271.
- 32) Thorstensson A., Carlson H. Zomlefer M.R., Nisson J. (1982). Lumbar back muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man,Acta Physiological Scandinavica, 116, 13-20.
- 33) 渡邊信晃, 榎本好孝, 大山卞圭悟, 狩野豊, 安井年文, 宮下憲, 久野譜也, 勝田茂 (2000). スプリンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスの関係,体育学研究, 45(4), 520-529.

- 34) Williams Keith R. (1985). Biomechanics of running, Exercise and Sport Sciences Reviews, 13, 389-441.
- 35) 山本利春, 山本正嘉, 金久博昭. 陸上競技における一流および二流選手の下肢筋出力の比較-100m 走・走幅跳・三段跳選手を対象として-(1992). Japanese Journal of Sports Science, 11, 72-76.

## Abstract

The relationship between isokinetic strength and cross-sectional area of trunk muscles  
in sprint running performance for collegiate sprinters

-Focusing on running velocity during each segment during the 100m sprint

[Purpose] This study was done to examine the strength of the lower leg muscles, and to find relationship between the measurement of the trunk muscle, also with running velocity of each segment of during the 100m sprint in collegiate sprinters.

[Methods] Twenty-one male (age: 20.2 yrs  $\pm$  1.6) collegiate sprinters participated in this study. The extensor-flexor torque of knee and hip joint were measured during concentric contraction (CC) and eccentric contraction (EC) at 60, 180 and 300 degree/sec using BOIDEX system<sup>3</sup>. Cross-sectional images at lumbar vertebrae level (L3-L4, L4-L5) transverse cut view were obtained using MRI to estimate the cross-sectional area (CSA) of psoas major, erector spine, quadrates lumborum, oblique and rectus abdominis. Maximum acceleration, maximum running velocity and decrease of velocity percentage were measured every 5m segment during a 100m sprint using LAVEG sports LDM301S.

[Result] Correlation were found between maximum acceleration against peak torque (PT) of knee flexion during CC180 ( $r=-0.648$ ,  $p<0.01$ ), PT of hip extension during EC180( $r=0.589$ ,  $p<0.01$ ) and CSA of erector spine ( $r=0.634$   $p<0.01$ ). Correlation was found between maximum running velocity and PT/Body weight of hip extensor also PT of hip flexor during EC60 ( $r=0.682$ ,  $r=0.573$ ,  $p<0.05$ , respectively) and CSA of Oblique ( $r=0.535$ ,  $p<0.05$ ). Percentage decrease of velocity was related to CSA of the quadrates lumborum ( $r=-0.488$ ,  $p<0.05$ ).

[Conclusion] These results suggest that sprinting acceleration relates to knee flexor torque under concentric contraction, hip extensor-flexor under eccentric and CSA of erector spine. In addition, hip extensor-flexor torque under eccentric and CSA of oblique are important factors for maximum running velocity. Also CSA of quadrates lumborum may present an important factor to control decrease of running velocity.



図表一覧

表1. 股関節および膝関節伸展屈曲筋筋力

		EC180	EC60	CC60	CC180	CC300
股関節伸展筋筋力	PT(N・m)	316.2±47.5	337.8±49.7	270.5±33.2	219.6±25.6	192.4±30.8
	PT/BW(N・m/kg)	4.7±0.6	5.0±0.6	4.0±0.4	3.3±0.3	2.9±0.4
	EC/CC(%)	144.2±16.1	124.9±11.0			
股関節屈曲筋筋力	PT(N・m)	190.4±32.0	200.2±34.3	149.4±20.4	127.5±15.8	99.8±14.0
	PT/BW(N・m/kg)	2.8±0.4	3.0±0.5	2.2±0.3	1.9±0.2	1.5±0.2
	EC/CC(%)	149.0±14.8	134.0±15.0			
	F/E(%)	60.8±10.3	59.6±8.7	60.7±4.9	58.3±6.6	52.7±8.7
膝関節伸展筋筋力	PT(N・m)	141.5±17.6	147.9±21.9	122.2±13.0	87.7±10.0	70.9±9.8
	PT/BW(N・m/kg)	2.1±0.3	2.2±0.3	1.8±0.1	1.3±0.1	1.0±0.1
	EC/CC(%)	162.4±21.0	121.2±14.6			
膝関節屈曲筋筋力	PT(N・m)	84.5±17.9	96.9±16.3	72.7±7.4	60.9±6.2	53.0±4.7
	PT/BW(N・m/kg)	1.3±0.3	1.4±0.2	1.1±0.1	0.9±0.1	0.8±0.1
	EC/CC(%)	139.8±29.4	133.1±16.3			
	H/Q(%)	60.6±13.5	65.9±9.0	59.8±5.5	69.9±7.6	75.8±10.1

CC: concentric contraction、EC: eccentric contraction

PT: peak torque、PT/BW: peak torque/body weight、F/E: hip flexion/hip extension

H/Q: knee flexion/knee extension EC/CC: eccentric contraction/concentric contraction

表2. 体幹部筋の筋横断面積

	大腰筋	背筋群	腹斜筋群	腰方形筋	腹直筋
筋横断面積 (cm <sup>2</sup> )	22.3±2.6	30.1±3.0	33.1±2.9	6.9±1.6	9.7±2.3

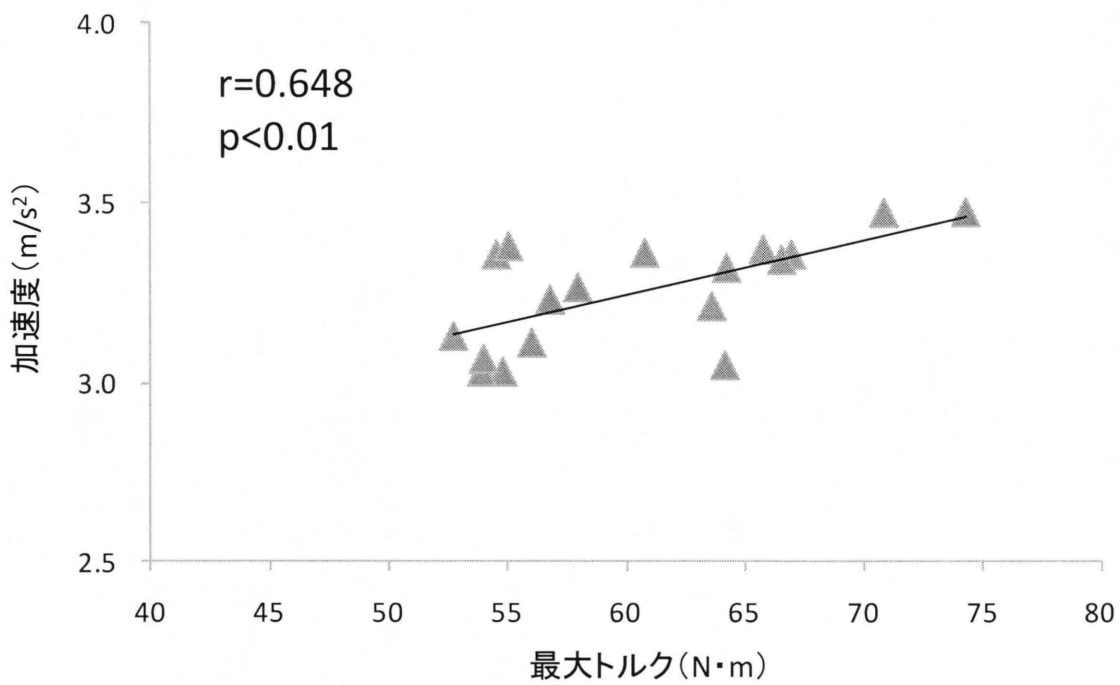


図1.最大加速度と膝関節屈曲筋筋力 (CC180: 求心性の角速度180° /s) の関係

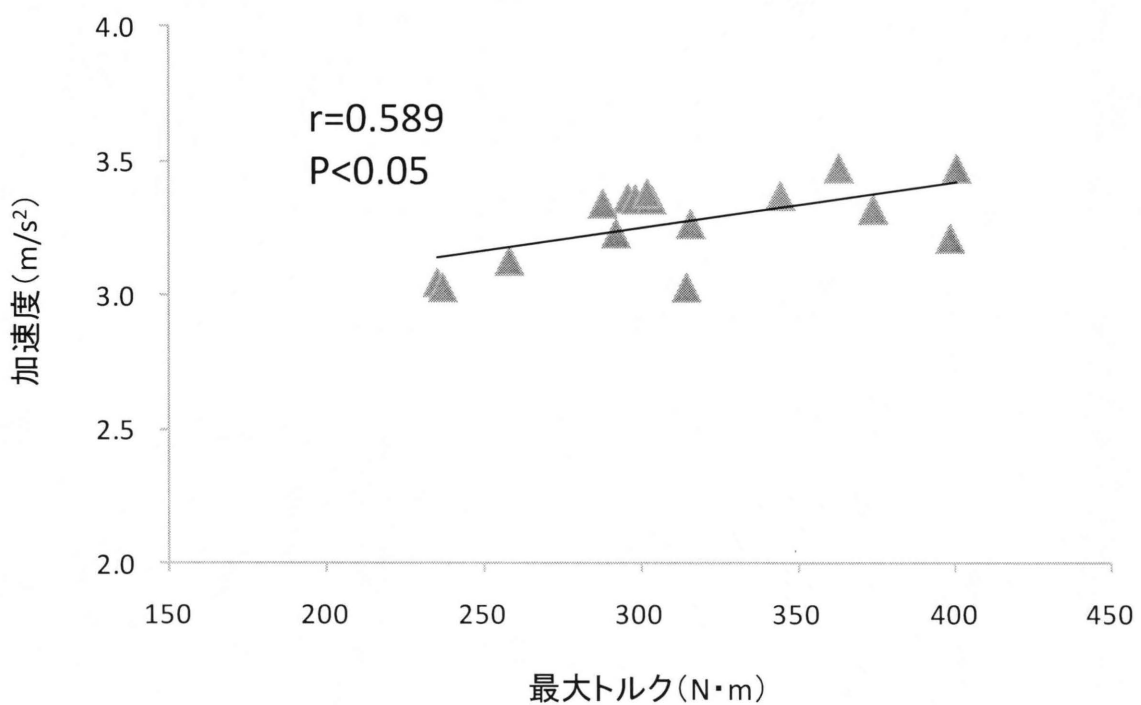


図2.最大加速度と股関節伸展筋筋力 (EC180: 遠心性の角速度180° /s) の関係

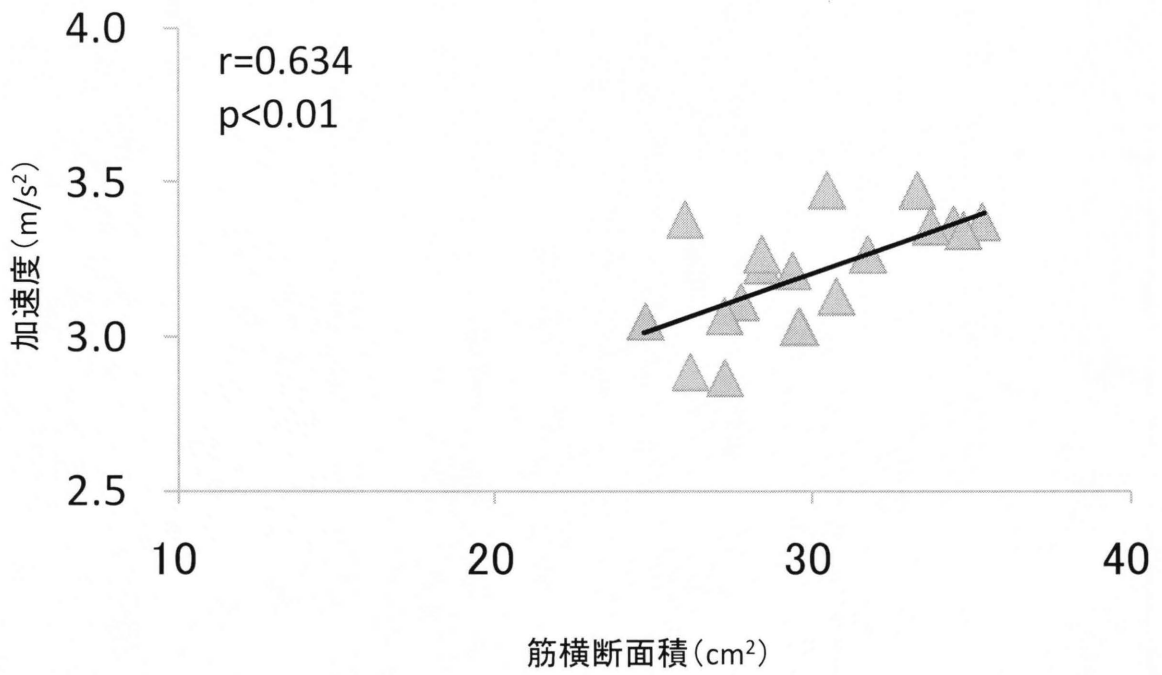


図3.最大加速度と脊柱起立筋の筋横断面積との関係

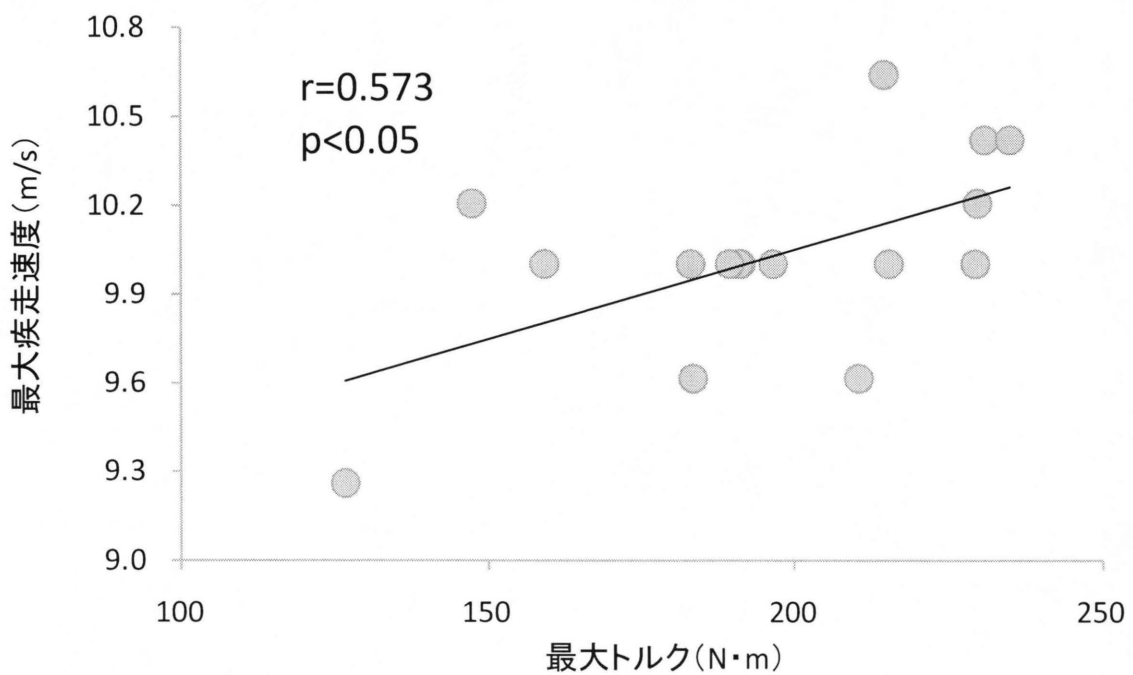


図4.最大疾走速度と股関節屈曲筋筋力 (EC60:遠心性の角速度60° /s) の関係

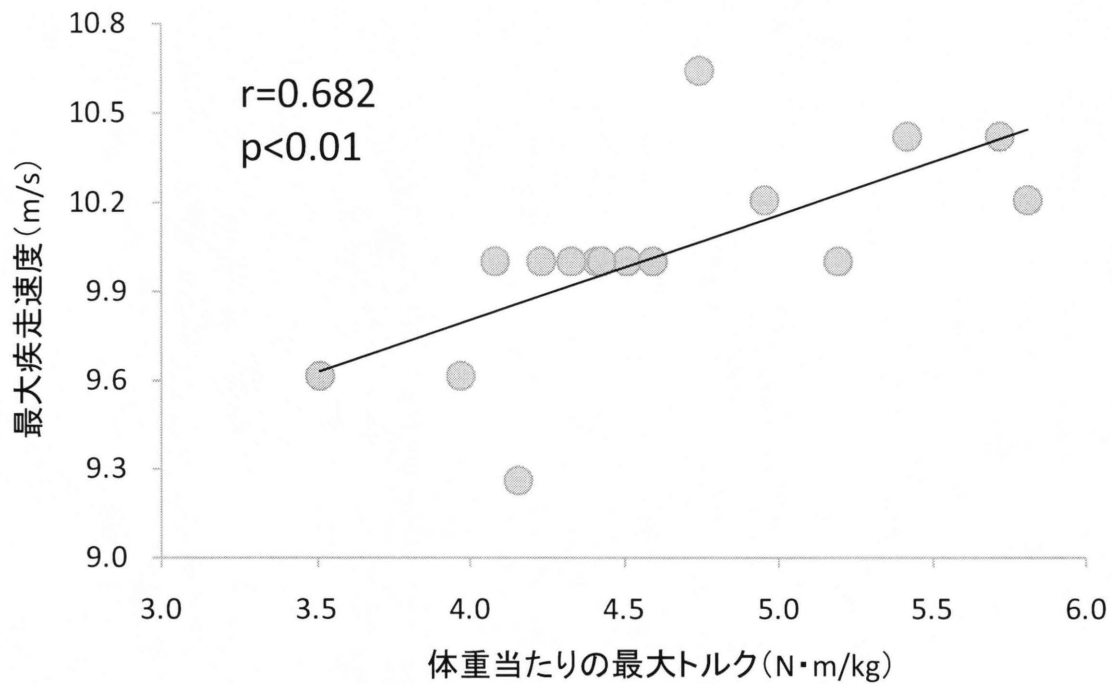


図5.最大疾走速度と股関節伸展筋筋力 (EC180: 遠心性の角速度180° /s) の関係

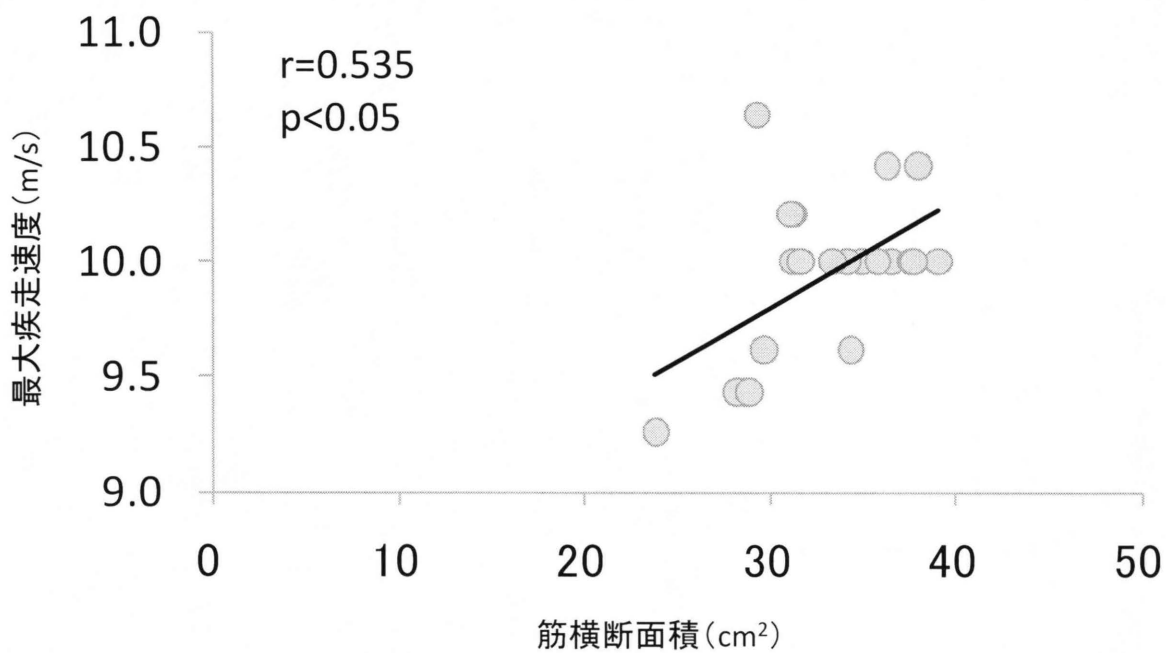


図6.最大疾走速度と腹斜筋群の筋横断面積との関係

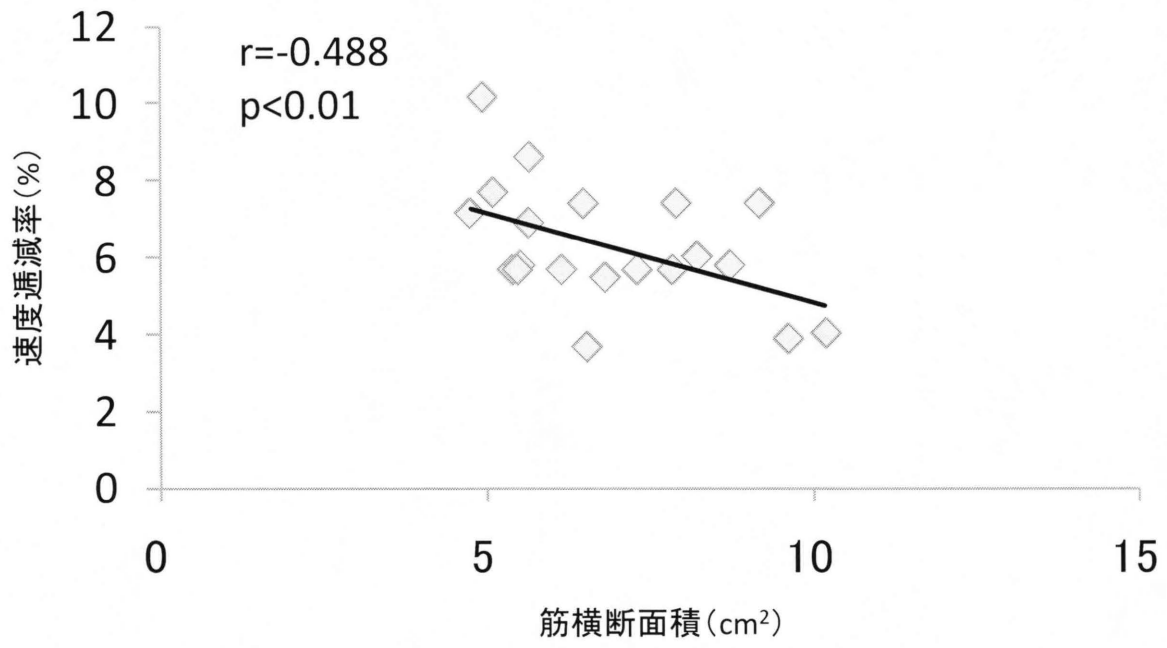


図7.速度逕減率と腰方形筋の筋横断面積との関係