

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

サッカー選手における方向転換能力に関する研究  
- 体幹深部筋筋厚および下肢筋力に着目して -

スポーツ科学領域  
スポーツ医科学分野

竹井 歩

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 吉村 雅文

副査 鈴木 大地

副査 松岡 尚花

## 目次

第1章	緒言	4
第2章	関連文献の考証	6
第1節	方向転換走に関する報告	6
(1)	方向転換走と各体力要素との関係について	6
(2)	方向転換走と体幹部との関係について	6
第2節	体幹部の安定性に関する報告	7
(1)	体幹部の安定性について	7
(2)	体幹深部筋筋厚に関する報告	8
第3章	目的	9
第4章	方法	10
第1節	対象者	10
第2節	測定方法	10
(1)	体幹深部筋筋厚	10
(2)	筋力評価	10
(3)	筋パワー評価	11
(4)	直線走能力	12
(5)	方向転換能力	12
(6)	統計処理	12
第5章	結果	13
第1節	方向転換走と各体力要素との関係について	13
(1)	スピード	13
(2)	筋パワー	13
(3)	膝関節伸展・屈曲筋筋力	13
(4)	体幹筋筋力	13
第2節	方向転換走と体幹深部筋筋厚との関係について	13
第3節	方向転換能力と各体力要素との関係について	14
(1)	筋パワー	14
(2)	膝関節伸展・屈曲筋筋力	14

(3) 体幹筋筋力.....	14
第 4 節 方向転換能力と体幹深部筋筋厚との関係について.....	14
第 5 節 各方向転換能力に必要な複数の要素について.....	14
第 6 章 考察 .....	16
第 1 節 方向転換走と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係 .....	16
第 2 節 方向転換能力と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係 .....	17
第 7 章 結論 .....	19
第 8 章 要約 .....	20
謝辞 .....	22
引用文献 .....	23
欧文要約.....	27
図表	

## 第1章 緒言

サッカーは1試合90分間のうち1人の選手がボールに触る時間は約2分であることが報告されており<sup>28)</sup>、ボールを持っていない時の動作が多くを占める。サッカーにおける動作は、直線的なダッシュ動作に加え、ターンやカッティング動作のような前後左右に進行方向が変化する方向転換が求められる。例えば、1試合当たりで約700回もの方向転換を行っていることが報告されており<sup>3)</sup>、マークを外す動きや1対1の攻防に非常に重要な動作となる。また、方向転換走タイムは直線走タイムと並んでプロサッカー選手選抜の指標として用いられており<sup>31)40)</sup>、プロ選手とアマチュア選手では明らかな差があることが報告されている<sup>15)</sup>。このような方向転換能力を評価する際に、方向転換走のタイムを用いることがある。方向転換走には、シャトルランのように直線上をただ折り返すものや、ジグザグ走のように進行方向に対し左右の方向転換が求められるものがある。過去の調査によると、折り返し走のタイムは直線走のタイムと強い相関関係にある一方で、ジグザグ走のタイムと直線走のタイムとの間には相関関係がみられないことが報告されている<sup>37)</sup>。また、方向転換の程度が強くなるほど直線走との相関関係は弱くなり、方向転換走タイムと直線走タイムの差で表す方向転換能力と方向転換走のタイムとの間に強い相関関係がみられると報告している<sup>26)</sup>。このように方向転換走は直線走の走能力のみならず他の体力要素が関係している可能性がある。Youngらは方向転換走に重要な体力要素として、脚筋力や筋パワー、スピードをあげており、とくにジグザグ走においてジャンプ高/接地時間で表された筋パワーが重要であると報告している<sup>43)</sup>。これらのことから、方向転換走タイムのみで方向転換能力を評価することは難しく<sup>38)</sup>、直線走タイムを考慮して方向転換能力を評価する必要がある。

一方で、近年、体幹部の安定性は下肢の筋力やパワー発揮において重要であることから<sup>16)</sup>、各種スポーツにおけるパフォーマンスの決定要因の一つとして注目されている。Youngらは方向転換走に重要な要素として、体力要素に加えて技術要素である姿勢調節や体幹部の傾きなどをあげている<sup>43)</sup>。Sasakiらは、10m折り返し走における方向転換走タイムと方向転換時の体幹傾斜変位量との関係について調査した。その結果、方向転換走タイムと方向転換時の前方への体幹傾斜変位量との間に相関関係がみられ、方向転換走タイムの短縮には体幹部の安定性が重要であると報告している<sup>35)</sup>。Criscoは、体幹部の筋を除いて脊椎を骨、靭帯のみにした場合、わずか90N(約9kg)の負荷

で座屈すると報告している<sup>5)6)</sup>。このことから体幹部を安定させるためには体幹部の筋が重要であることが考えられる。体幹部の筋群の中でも深部に位置する腹横筋や多裂筋などは、四肢の動きに先行して収縮することから体幹部の安定性に関与していると報告されている<sup>9)10)11)</sup>。このような深部筋の評価方法として超音波診断装置を用いて深部筋の筋厚を測定することがある。近年、超音波診断装置は非侵襲的でリアルタイムに画像を得れることから臨床現場やスポーツ現場にて急速に普及しており、深部筋の機能や傷害との関係について多くの調査が行われている<sup>1)25)33)</sup>。しかし、深部筋の筋厚とパフォーマンスとの関係に着目した研究は少なく、方向転換能力と深部筋を含めた体幹筋との関係は明らかにされていない。

したがって、本研究では直線走のタイムを考慮して評価する方向転換能力と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係について調査する。本研究は方向転換能力における指標を明らかにし、方向転換能力を高めるための新たなトレーニング方法の開発や効率的なトレーニングの実施にもつながり、有意義である。

## 第2章 関連文献の考証

関連文献の考証の前半では方向転換走に関係する要素について、後半では体幹部の安定性のメカニズムについて考証する。

### 第1節 方向転換走に関する報告

#### (1) 方向転換走と各体力要素との関係について

球技スポーツでは、直線的な走能力のみならず、素早く方向転換する能力も要求される。例えば、サッカーでは1試合当たり約700回の方向転換を行なっていることが報告されている<sup>3)</sup>。また、方向転換走タイムは直線走タイムと並んでエリート選手選抜の指標として用いられており<sup>31)40)</sup>、プロ選手とアマチュア選手では明らかな差があると報告されている<sup>15)</sup>。

Youngらは方向転換走に重要な体力要素として、スピードや脚筋力、筋パワーをあげている<sup>43)</sup>。方向転換走と直線走や筋パワーなどの体力要素との関係については現在までに数多く報告されている<sup>26)36)37)41)42)43)</sup>。塩川らは大学男子サッカー選手を対象に30m走とジグザグ走、折り返し走、直角後方走との関係について調査した。その結果、30m走タイムと折り返し走タイムおよび直角後方走タイムとの間に相関関係がみられたが、30m走タイムとジグザグ走タイムの間には相関関係がみられなかったと報告している<sup>37)</sup>。また、中山らは方向転換の程度が強くなるほど、方向転換走タイムと直線走タイムとの相関関係は弱くなり、方向転換走タイムと直線走タイムの差で表した方向転換能力と方向転換走タイムとの相関関係は強くなると報告している<sup>26)</sup>。そのため、方向転換の程度が強くなるほど直線走能力以外の能力が重要となる。Youngらは球技スポーツ選手を対象にジグザグ走と筋パワーとの関係について調査した。その結果、ジグザグ走にはジャンプ高/接地時間で表された筋パワーが重要であると報告している<sup>43)</sup>。またJonesらは、体育を専門とする大学生を対象に5mの折り返し走に関係する複数の体力要素について調査した。その結果、5mの折り返し走には最大疾走スピードの指標となるFlying5mタイムと遠心性収縮下での膝関節屈曲筋筋力が強い関係を示したと報告している<sup>14)</sup>。このように方向転換走には一つの要素だけではなく様々な要素が関係しており、方向転換走の種類によっても求められる体力要素が異なる<sup>36)</sup>。

#### (2) 方向転換走と体幹部との関係について

Youngらは、方向転換走に重要な技術要素として、体幹部の傾き、姿勢調節、減速・加速時の足のストライドなどあげている<sup>42)</sup>。近年では、方向転換走に重要な技術要素

の一つでもある体幹部の傾きに関する研究が行われている<sup>12)30)34)35)</sup>。Sasakiらは、方向転換走(10m 折り返し走)タイムと方向転換時の体幹傾斜変位量との関係について調査した。その結果、方向転換走タイムが速い者ほど方向転換時の前方への体幹傾斜変位量が小さかったと報告している<sup>35)</sup>。また、笹木らは前方で方向転換を行うジグザグ走と、後方で方向転換を行うジグザグ走を方向転換時の接地時間や体幹傾斜変位量から比較した。その結果、後方での方向転換は前方での方向転換と比較して、方向転換時の接地時間が長く、接地から膝関節が最大屈曲するまでの衝撃吸収局面で体幹部の傾斜変位量が大きかったと報告している<sup>34)</sup>。そのため、方向転換走タイムの短縮には方向転換時の体幹傾斜変位量を小さくする必要があり、体幹部の安定性が重要となる<sup>34)35)</sup>。また、高い技術が要求される後方への方向転換では前方の方向転換と比較して体幹傾斜変位量が大きいことから、より一層体幹部の安定性が重要になる。Nesserらは、体幹部の屈曲・伸展・側屈筋の筋持久力と折り返し走との関係について調査した。その結果、体幹部の筋持久力が高い者ほど折り返し走のタイムが速い傾向にあると報告している<sup>27)</sup>。このように、方向転換走における体幹部の重要性が明らかにされているが、それに関わる筋の詳細は不明な点が多く残されている。

## 第2節 体幹部の安定性に関する報告

### (1) 体幹部の安定性について

Panjabiは体幹部の安定性に関わるシステムとして、椎骨、椎間板、靭帯などの他動サブシステム、脊椎の運動に関与する筋の自動サブシステム、この二つのサブシステムを調節している神経制御サブシステムがあると報告している<sup>29)</sup>。その中でも唯一の自動サブシステムである筋は、他動サブシステムを動かし、これらのサブシステムからフィードバックを受けながら体幹部を制御する。Criscoは、体幹部の筋を除いて脊椎を骨、靭帯だけの他動サブシステムのみにした場合、わずか90N(約9kg)の負荷で座屈すると報告しており<sup>5)6)</sup>、体幹部を安定させるためには体幹部の筋の働きが重要である。体幹部の筋は機能的な側面からグローバルマッスル(Global Muscle:以下、GMと記す)とローカルマッスル(Local Muscle:以下、LMと記す)の2つに分類されている<sup>2)</sup>。GMは表在に位置し、脊柱に起始停止がなく、脊柱運動のトルクを発生する。このようなGMの代表例は、腹直筋や脊柱起立筋などである。一方で、LMは深部に位置し、起始や停止が腰椎に付着し、脊椎分節を制御する。このようなLMの代表例は、腹横筋や多裂筋などである。GMは体幹部の支え綱として、LMは椎骨と

椎骨を連結し、腰椎の分節間を制限する。GM が強くても LM の機能が低下していると、分節間の連結が障害され体幹部の安定性は得られず、GM と LM が共同して収縮することで体幹部は安定すると報告されている<sup>23)</sup>。

## (2) 体幹深部筋に関する報告

LM の機能については近年注目されており、様々な調査が行われている<sup>9)10)11)</sup>。Hodges らは、様々な運動時において腹横筋は四肢の動作方向に左右されず、最も早く収縮する筋であると報告している<sup>9)10)</sup>。また、四肢の運動速度が高いほど腹横筋や横隔膜の活動も高まり、それに加えて腹内圧も増加すると報告されている<sup>11)</sup>。このように、腹横筋は体幹部を安定させるために重要な筋であり、高い筋力発揮やパワー発揮において重要であることが報告されている<sup>16)</sup>。一方で、多裂筋は他の筋と比べて先行して収縮することはなく、四肢の運動方向によって左右され特定の方向での運動のみ早く収縮すると報告されている<sup>9)10)</sup>。また、多裂筋は持続的に活動して脊椎の抗重力支持に関与している。体幹部伸展時、多裂筋の伸展モーメントは全伸展モーメント中の 20%と低く、脊柱起立筋群などの GM の補助を受けながら体幹部の安定性に貢献している。そのため、多裂筋は脊椎全体を制御するのではなく、加えられた負荷に適応して特定の分節を調節、制御していると報告されている<sup>32)</sup>。

これらの LM は深部に位置するため、ワイヤー電極を用いて筋活動を調査する<sup>9)10)11)24)</sup>ことがほとんどであったが、近年では筋厚と筋活動<sup>24)</sup>および筋横断面積<sup>8)</sup>と強い相関関係にあることから超音波診断装置を用いた調査が多く行われている<sup>1)25)33)</sup>。超音波診断装置は非侵襲的で、リアルタイムに深部組織の形態や動きを確認できることから、臨床現場やスポーツ現場などで普及している。村上らは腰痛の有無による腹部筋群の筋厚を調査し、比較した。その結果、腰痛群は腰痛経験のない群に比べて腹横筋の筋厚が低値であったと報告している<sup>25)</sup>。LM の筋厚における調査は傷害との関係についてみているものが多く、LM の筋厚とパフォーマンスとの関係については十分に調査されていない。



### 第3章 目的

本研究は、方向転換能力と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係を検証することを目的とする。

## 第4章 方法

### 第1節 対象者

J大学蹴球部に所属する選手17名(年齢:  $20.4 \pm 1.0$ 歳、身長:  $174.5 \pm 7.9$ cm、体重:  $67.3 \pm 6.2$ kg)を対象とした。対象者には実験に先立って、本研究の目的、内容、手順や考えられる危険性等について、口頭および文章によって十分な説明を行い、了承を得た上で被験者として書面にて同意を得た。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て実施した。

### 第2節 測定方法

#### (1) 体幹深部筋筋厚

体幹深部筋筋厚は、超音波診断装置(Aloka社製、ProSound C3)を用いて腹横筋、多裂筋の筋厚を測定した(図1)。

a)腹横筋筋厚：測定は、ベッド上で安静仰臥位にて行い、大腿が平行になるように両下肢を開き、左右内果間の距離は10~15cmとし、両肩関節は20~30°外転位とした。最初に臍レベルの水平線と右前腋窩線上の交点から前内方にマーキングを行った。その部位にプローブを置き、画像での確認をもとに腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋をイメージングできるように最終的な位置を一定にした<sup>25)</sup>。測定条件はデジタル超音波診断装置(Bモード)を用いて、安静時の腹横筋筋厚を測定した。また、呼吸の影響を最小限にするために最大吸気時に測定した。なお、全ての対象者において左右両側を測定し、左右両側を平均した値を測定値とした。単位はmmとした。

b)多裂筋筋厚：測定は、ベッド上で安静腹臥位において行い、大腿が平行になるように両下肢を開かせて行った。最初に第5腰椎棘突起から2cm外側にマーキングし、その部位にプローブを脊柱と平行にして置き、画像での確認をもとに第5腰椎 - 第1仙椎(Lumbar5-Sacram1:以下、L5-S1と記す)の椎間関節をイメージングできるように、最終的な位置を一定にした<sup>2)</sup>。続いて第4腰椎 - 第5腰椎(Lumbar4-Lumbar5:以下、L4-L5と記す)の椎間関節もあわせて測定した。測定条件はデジタル超音波診断装置(Bモード)を用いて、安静時の多裂筋筋厚を測定した。なお、全ての対象者において左右両側を測定し、左右両側を平均した値を測定値とした。単位はmmとした。

#### (2) 筋力評価

a)1RM測定：筋力トレーニングマシン、アブドミナル(Nautiras社製)とトー

ソローテーション (Cybex 社製) を用いて 1RM (正しいテクニックで 1 回挙上できる最大重量) 測定を行った(図 2)。まず被験者には、楽に 5~10 回できる重量でウォームアップを行わせ、1 分間の休息をとった後に、3~5 回反復できるような重量を見積もって行わせた。2 分の休息の後、被験者が 2~3 回繰り返すことができる最大に近い負荷を推測して、行わせた。実際の 1RM に近づくほど、推定 1RM の評価は精度を増すことや、正確な測定は 10RM より少ない回数の際に生じることから 75 回以上繰り返せるものに関しては 2~4 分の休息の後、重量を上げて、再度行わせた。この試行は 5 セット以内で完了するように行った。得られた推定値から推定式を用いて 1RM を算出し、測定値とした。

b)背筋力：背筋力計 (竹井機器工業社製、バック - D デジタル背筋力計) を用いて測定を行った。台の上で両脚を左右に自然に開き、順手で牽引バーを握り、肘、膝関節を伸ばして上体を 30 度前傾するように鎖の長さを調節し、その位置から上体をゆっくり起こすようにして引いた。2 回実施し、最も良かった記録を測定値とした。単位は kg とし、1/10kg まで計測した。

c)膝関節伸展・屈曲筋筋力：等速性筋力装置 (BIODEX 社製、BIODEXsystem3) を用いて膝関節伸展・屈曲筋筋力を等速性収縮下および等尺性収縮下にて測定した。膝関節伸展・屈曲筋筋力の測定は、座位にて上半身を 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 : 以後 CC と記す) の角速度毎秒 60・180・300・度 (以下、CC60・180・300 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・180 と記す) であり、等尺性収縮 (isometric contraction : 以下、IM と記す) は膝関節を 60 度屈曲位で測定した。なお、CC および EC の測定では各角速度において伸展・屈曲を連続 3~5 回行い、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。IM の測定は、5 秒間の伸展屈曲を 10 秒間の休息をはさみ、それぞれ 1 回行った。

### (3) 筋パワー評価

被験者の筋パワーを評価するために立ち幅跳びを行わせた。立ち幅跳びは、スタート時のつま先から着地時の踵までの距離を測定した。測定は 2 回ずつ実施し、最も良かった記録を測定値とした。単位は cm とし 1cm 未満は切り捨てた。

#### (4) 直線走能力

被験者の直線走能力を評価するために 30m 走を行った。30m 走のタイムは高速度ビデオカメラ(Victor 社)を用いて毎秒 300 コマで撮影し、スタート開始の号砲から被験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算出した。また、30m 走タイムとあわせて 25m から 30m の区間 (Flying5m : 以下、F5m と記す)でのタイムも計測した。測定は 2 回ずつ実施し最も良かった記録を測定値とした。単位は秒とし、1/100 秒まで計測した。

#### (5) 方向転換能力

本研究では各方向転換走タイムを 30mタイムで除した値を方向転換能力として定義した。

a)折り返し走 : 5m を 3 往復折り返した時のタイムを測定した (図 3)。方向転換する際の足は左右交互に行わせた。測定は 2 回ずつ実施し、最も良かった記録を測定値とした。

b)ジグザグ走 : 5m 毎に左右へ 5 回方向転換を行ったときのタイムを測定した (図 3)。方向転換角度は、45 度 (以下、鋭角走と記す)・135 度 (以下、鈍角走と記す)に設定した。測定は 2 回ずつ実施し、最も良かった記録を測定値とした。

c)直角後方走 : 5m 毎に左右へ 5 回方向転換を行った時のタイムを測定した(図 3)。方向転換角度は 90 度に設定した。直角後方走はジグザグ走とは方向転換の仕方が異なり、180° ターンをしながら進行方向と同じ脚で方向転換を行った。測定は 2 回ずつ実施し、最も良かった記録を測定値とした。

#### (6) 統計処理

各項目の値は平均値±標準偏差 (Mean±SD) で表した。統計処理には SPSS statistics ver.17.0 を用いた。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。また、各方向転換走に影響を与える複数の要素の関係を分析するために、強制投入法を用いて重回帰分析を行った。なお、統計処理の有意水準は危険率 5%未満とした。

## 第5章 結果

### 第1節 方向転換走と各体力要素との関係について

#### (1) スピード

鋭角走タイムは  $5.98 \pm 0.35$ 、折り返し走タイムは  $8.66 \pm 0.30$  秒、鈍角走タイムは  $9.21 \pm 0.35$  秒、直角後方走タイムは  $9.24 \pm 0.33$  秒、30m走タイムは  $4.76 \pm 0.18$  秒であった(図4)。30m走と鋭角走 ( $r=0.44$ ,  $p<0.1$ )、鈍角走 ( $r=0.46$ ,  $p<0.1$ ) との間に正の相関関係がみられたが、その他の方向転換走との間に相関関係はみられなかった。また、F5mのタイムの測定値は表1に示した。F5mと各方向転換走との間に相関関係はみられなかった。

#### (2) 筋パワー

立ち幅跳びの測定値は  $247.1 \pm 14.6$ cmであった(表1)。立ち幅跳びと鋭角走との間に負の相関関係 ( $r=-0.54$ ,  $p<0.05$ ) がみられたが、その他の方向転換走との間には相関関係がみられなかった。

#### (3) 膝関節伸展・屈曲筋筋力

膝関節伸展筋筋力の EC60 は  $237.4 \pm 52.0$ Nm、IM は  $181.8 \pm 37.5$ Nm、CC60 は  $186.6 \pm 35.8$ Nm であった(表2)。体重当たりの膝関節屈曲筋筋力の EC60、180 はそれぞれ  $256.0 \pm 42.8$  Nm/kg、 $241.2 \pm 27.0$ Nm/kg、IM は  $140.5 \pm 29.2$ Nm/kg、CC60 は  $169.7 \pm 17.6$  Nm/kg であった(表2)。その他の測定値については表4に示した。膝関節伸展筋筋力は IM で鋭角走 ( $r=-0.45$ ,  $p<0.1$ ) との間に負の相関関係がみられた。また、体重当たりの膝関節伸展筋筋力と各方向転換走との間に相関関係はみられなかった。膝関節屈曲筋筋力は各方向転換走との間に相関関係はみられなかった。また、体重あたりの膝関節屈曲筋筋力は、EC60 で折り返し走 ( $r=-0.42$ ,  $p<0.1$ )、鈍角走 ( $r=-0.49$ ,  $p<0.05$ ) と、EC180 で折り返し走 ( $r=-0.45$ ,  $p<0.1$ )、鋭角走 ( $r=-0.43$ ,  $p<0.1$ ) と、IM で直角後方走 ( $r=-0.52$ ,  $p<0.05$ ) との間に負の相関関係がみられた。

#### (4) 体幹筋筋力

体幹伸展筋筋力は  $139.4 \pm 26.9$ kg、体幹屈曲筋筋力は、 $89.8 \pm 13.3$ kg、体幹回旋筋筋力は  $120.1 \pm 29.4$ kg であった(表1)。体幹筋筋力と各方向転換走との間に相関関係はみられなかった。

### 第2節 方向転換走と体幹深部筋筋厚との関係について

腹横筋の筋厚は  $3.1 \pm 0.5$ mm であり、多裂筋の筋厚は  $31.2 \pm 3.5$ mm であった(表1)。

腹横筋や多裂筋の筋厚と各方向転換走との間に相関関係はみられなかった。

### 第3節 方向転換能力と各体力要素との関係について

方向転換能力は各方向転換走タイムを30m走タイムで除して算出した。折り返し走、鋭角走、鈍角走、直角後方走の方向転換能力はそれぞれ  $1.82 \pm 0.08$ 、 $1.26 \pm 0.07$ 、 $1.94 \pm 0.08$ 、 $1.94 \pm 0.08$  であった。

#### (1) 筋パワー

立ち幅跳びと鋭角走の方向転換能力との間に負の相関関係 ( $r = -0.46$ 、 $p < 0.1$ ) がみられた。その他の方向転換能力との間には相関関係がみられなかった。

#### (2) 膝関節伸展・屈曲筋筋力

膝関節伸展筋筋力の EC60 は  $237.4 \pm 52.0\text{Nm}$ 、CC60 は  $186.6 \pm 35.8\text{Nm}$  であった(表4)。膝関節屈曲筋筋力の EC60 は  $173.0 \pm 36.0\text{Nm}$ 、IM は  $96.2 \pm 20.8\text{Nm}$ 、CC60 は  $114.5 \pm 17.4\text{Nm}$  であった。膝関節伸展筋筋力では、EC60 で鈍角走の方向転換能力 ( $r = -0.52$ 、 $p < 0.05$ ) と、CC60 で鈍角走 ( $r = -0.61$ 、 $p < 0.05$ 、図5)、直角後方走 ( $r = -0.51$ 、 $p < 0.05$ ) の方向転換能力との間に負の相関関係がみられた。膝関節屈曲筋筋力では EC60 で鈍角走 ( $r = -0.56$ 、 $p < 0.05$ ) の方向転換能力と、IM で折り返し走 ( $r = -0.45$ 、 $p < 0.1$ )、鈍角走 ( $r = -0.51$ 、 $p < 0.05$ )、直角後方走 ( $r = -0.58$ 、 $p < 0.05$ ) の方向転換能力と、CC60 で折り返し走 ( $r = -0.48$ 、 $p < 0.05$ 、図6)、鋭角走 ( $r = -0.46$ 、 $p < 0.1$ )、直角後方走 ( $r = -0.57$ 、 $p < 0.05$ ) の方向転換能力との間に負の相関関係がみられた。

#### (3) 体幹筋筋力

体幹屈曲筋筋力は、鈍角走の方向転換能力との間にのみ負の相関関係 ( $r = -0.43$ 、 $p < 0.1$ ) がみられた。体幹伸展筋筋力は、鈍角走 ( $r = -0.41$ 、 $p < 0.05$ ) と直角後方走 ( $r = -0.45$ 、 $p < 0.1$ ) との間に負の相関関係がみられた。体幹回旋筋筋力は、鋭角走の方向転換能力との間にのみ負の相関関係 ( $r = -0.48$ 、 $p < 0.1$ ) がみられた。

### 第4節 方向転換能力と体幹深部筋筋厚との関係について

腹横筋の筋厚は鋭角走の方向転換能力 ( $r = -0.58$ 、 $p < 0.05$ ) との間にのみ負の相関関係がみられた(図7)。多裂筋の筋厚は直角後方走の方向転換能力 ( $r = -0.51$ 、 $p < 0.05$ ) との間にのみ負の相関関係がみられた(図8)。

### 第5節 各方向転換能力に必要な複数の要素について

各方向転換能力を従属変数として重回帰分析を行ったところ、折り返し走の方向転換能力では決定係数( $R^2$ )は0.15で、標準偏回帰係数( $\beta$ )は膝関節屈曲筋筋力のCC60で

-0.41、多裂筋の筋厚では-0.15であったが、有意差はみられなかった(表3)。鋭角走の方向転換能力では決定係数( $R^2$ )は0.46で、標準偏回帰係数(B)は腹横筋筋厚で-0.57( $p < 0.01$ )、立ち幅跳びでは-0.44( $p < 0.05$ )であり、腹横筋筋厚と立ち幅跳びで46%説明できることが示された(表4)。鈍角走の方向転換能力では決定係数( $R^2$ )は0.29で、標準偏回帰係数(B)は膝関節伸展筋筋力のCC60で-0.47、膝関節屈曲筋筋力のEC60では-0.17であったが、有意差はみられなかった(表5)。直角後方走の決定係数( $R^2$ )は0.41で、標準偏回帰係数(B)は多裂筋の筋厚で-0.39、膝関節屈曲筋筋力のIMでは-0.48( $p < 0.05$ )であり、膝関節屈曲筋筋力のIMのみ有意差がみられた(表6)。

## 第6章 考察

本研究は、方向転換能力と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係について調査した。その結果、方向転換能力に関係する要素は方向転換の角度や方向転換の方法によって異なることが明らかとなった。方向転換角度が小さい方向転換能力では、方向転換能力と腹横筋の筋厚、体幹回旋筋筋力および立ち幅跳びと負の相関関係がみられた。また、方向転換角度が大きい場合や後方の方向転換を伴う方向転換能力では、求心性の膝関節伸展筋筋力と等尺性の膝関節屈曲筋筋力との間に負の相関関係がみられた。それに加えて、後方の方向転換能力と多裂筋の筋厚との間に負の相関関係がみられた。

### 第1節 方向転換走と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係

現在までに、方向転換走タイムと直線走タイムとの関係をみた調査は多く行われている。Little らは、106人のプロサッカー選手を対象に直線走タイムとジグザグ走タイムについて調査した。その結果、直線走タイムとジグザグ走タイムの間には相関関係がみられたと報告している<sup>19)</sup>。このように、方向転換走には直線走能力が影響していることが明らかにされているが、方向転換走の種類によっては直線走能力のみならず他の体力要素が関係していると報告されている<sup>34)</sup>。5mの折り返し走には、遠心性収縮下での膝関節屈曲筋筋力が重要とされている<sup>14)</sup>。本研究では、30m走タイムと折り返し走タイム、直角後方走タイムの間には相関関係がみられず、30m走タイムとジグザグ走タイムの間には相関関係がみられた。また、直角後方走を除く各方向転換走タイムが速い者ほど遠心性の膝関節屈曲筋筋力が高いことが示された。このことから直角後方走を除く各方向転換走のタイムの短縮には、遠心性の膝関節屈曲筋筋力が高いことが重要であり、それに加えてジグザグ走では直線走の走能力が重要であることが示された。また、方向転換角度の増大や後方の方向転換を伴う方向転換走では直線走能力や各体力要素と相関関係はみられなかった。Markovic らは、方向転換走と筋力や筋パワーとの関係について調査した。その結果、方向転換走は筋力や筋パワーと相関関係はみられなかったと報告している<sup>21)22)</sup>。方向転換角度が大きい方向転換走や後方の方向転換を伴う方向転換走は体力要素より技術要素が強く求められると考える。



## 第2節 方向転換能力と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係

方向転換は走行スピードを減速させ、素早くターンをした後に、再び加速するという一連の周期がある。直線走能力のみならず、素早く減速し、素早く加速するための能力も重要であり、できるだけ走スピードを維持したまま方向転換を行えることも重要となる<sup>39)</sup>。方向転換は相手をフェイントで抜く動作やマークを外す動作、攻守の切り替えの際に行っており、ときにこのような一つのプレーで試合を決定づけられる可能性もあるため、試合の優劣を決める重要な一因子となりうる。方向転換能力は方向転換の程度が大きくなるほど、方向転換走タイムとの相関は強くなる<sup>26)</sup>。そのため、方向転換の程度が大きくなるほど直線走能力ではなく他の能力が重要となると考える。Youngらは球技スポーツ選手において、ジグザグ走にはジャンプ高/接地時間で表された筋パワーが重要であると報告している<sup>43)</sup>。また、Sasakiらは方向転換走タイムが速い者ほど方向転換時の前方への体幹傾斜変位量が小さく、接地時間が短いと報告している<sup>35)</sup>。さらに、Jindrichは方向転換中に強い制動力がなければ方向転換時における体幹部の回旋が大きくなると報告している<sup>13)</sup>。本研究では、鋭角走の方向転換能力が高いほど、腹横筋の筋厚が厚く、体幹回旋筋筋力が高かった。また、重回帰分析を行った結果、鋭角走の方向転換能力は腹横筋の筋厚と立ち幅跳びが強い関係を示した。そのため、鋭角走の方向転換能力が高い者ほど、減速時や方向転換時に体幹部へかかる回旋負荷を腹横筋や体幹回旋筋で抑制し、体幹部を安定させることで高い筋パワーを発揮し、素早い方向転換につながられていたのではないかと考える。Hodgesらは、腹横筋は運動動作のスピードが速くなるほど、腹内圧とともに筋活動が増加すると報告している<sup>14)</sup>。本研究で行った鋭角走は他の方向転換走と比較して、最も直線走に近いタイムで走っており、速いスピードで走行していた。したがって、速い走行スピードを維持したまま方向転換を行うためには、腹横筋や体幹回旋筋による体幹部の安定性と筋パワーが重要であることが示唆された。

一方で、方向転換角度が大きい折り返し走や鈍角走、方向転換の方法が異なる直角後方走では同様の傾向はみられなかった。木村らは、方向転換角度が増大すると走行スピードが減少すると報告している<sup>18)</sup>。本研究においても、方向転換角度が増大すると方向転換走タイムが遅かったことから方向転換後の加速が遅かったと考える。また、鋭角走を除く各方向転換能力は、方向転換角度や方向転換方法が異なるものの同等であった。これらの方向転換走では走行スピードが遅く、方向転換を行うまでに速い走

行スピードでなかったため、減速時や方向転換時にかかる体幹部への回旋負荷は小さく、腹横筋や体幹回旋筋が関係していなかったと考える。また、これらの方向転換能力は角速度毎秒 60 度で求心性収縮下での膝関節伸展筋筋力や等尺性収縮下での膝関節屈曲筋筋力との間に負の相関関係がみられた。脚の接地の瞬間に股関節と膝関節をより屈曲位にした状態で接地し、屈曲位から股関節と膝関節の伸展筋群のトルクを大きくすることが、方向転換後の初速を得るために必要であるとの報告がある<sup>7)17)38)</sup>。これらのことから、鋭角走を除く各方向転換走は走行スピードが遅いこともあり、減速時や方向転換時の能力が重要になるのではなく、方向転換後の加速能力が重要になると考える。さらに、直角後方走の方向転換能力ではそれらの能力に加えて、多裂筋が重要である可能性が示された。笹木らは、大学サッカー選手を対象に、ジグザグ走と後方走を方向転換走タイムと方向転換時の接地時間や体幹傾斜変位量から調査し、比較した。その結果、後方走はジグザグ走より接地時間が長く、方向転換時の体幹傾斜変位量が大きいと報告している<sup>32)</sup>。直角後方走は、ジグザグ走と方向転換の方法が異なり、身体を回転させて進行方向と同側の脚で方向転換を行っていく。身体が回転している際に腹斜筋群は体幹部を回旋させると同時に屈曲モーメントを生成するといわれており、多裂筋はその屈曲モーメントに対してバランスをとるために伸展モーメントを生成して体幹部を安定させていると報告されている<sup>20)</sup>。そのため、身体を回転させて方向転換を行う直角後方走では、加速能力に加えて多裂筋が重要であると考え。本研究では方向転換動作について分析はしておらず、スピードの評価も行っていないため、本研究の結果が加速能力や方向転換時の体幹部の安定性に関与しているかは明らかでない。そのため、今後は方向転換動作についても分析する必要があり、体幹深部筋筋厚において身体組成を考慮して評価することや加速能力に重要な一因子となる股関節の筋力についても加えて測定する必要があると考える。また、本研究ではポジション別の比較や他の球技スポーツを対象に測定は行っておらず、方向転換能力に関係する要素をより詳細に解明するため、今後分析していく必要があると考える。

## 第7章 結論

サッカー選手において方向転換角度が小さい方向転換能力では腹横筋の筋厚、体幹回旋筋筋力および筋パワーが重要であることが示された。また、方向転換角度が大きい場合や後方の方向転換を伴う方向転換能力では求心性の膝関節伸展筋筋力と等尺性の膝関節屈曲筋筋力が重要であることが示された。それに加えて、後方の方向転換能力には多裂筋が重要であることが示された。

## 第8章 要約

本研究は、サッカー選手における方向転換能力と各体力要素および体幹深部筋筋厚との関係について明らかにすることを目的とした。対象者は、J大学蹴球部に所属する大学生17名(年齢:  $20.4 \pm 1.0$  歳、身長:  $174.5 \pm 7.9$ cm、体重:  $67.3 \pm 6.2$ kg)とした。直線走能力の評価として30m走タイムとFlying5m、方向転換能力の評価として方向転換走タイム(折り返し走、鋭角走、鈍角走、直角後方走)、筋パワーの評価として立ち幅跳び、筋力評価としてトレーニングマシンによる1RM測定(アブドミナル・トーソローテーション)、背筋力およびBIODEX system3を用いた膝関節伸展・屈曲筋筋力、体幹深部筋筋厚の評価として、超音波診断装置(Aloca社製)を用いた腹横筋、多裂筋の筋厚を測定した。本研究では各方向転換走タイムを直線走タイムで除した値を方向転換能力として定義した。

その結果、折り返し走、鋭角走、鈍角走、直角後方走の方向転換能力はそれぞれ  $1.82 \pm 0.08$ 、 $1.26 \pm 0.07$ 、 $1.94 \pm 0.08$ 、 $1.94 \pm 0.08$  であった。角速度毎秒60度で伸張性収縮下(EC60)、短縮性収縮下(CC60)での膝関節伸展筋筋力はそれぞれ  $237.4 \pm 52.0$ Nm、 $186.6 \pm 35.8$ Nm であった。EC60、等尺性収縮下(IM)、CC60の膝関節屈曲筋筋力はそれぞれ  $173.0 \pm 36.0$ Nm、 $96.2 \pm 20.8$ Nm、 $114.5 \pm 17.4$ Nm であった。腹横筋の筋厚は  $3.1 \pm 0.5$ mm であり、多裂筋の筋厚は  $31.2 \pm 3.5$ mm であった。各方向転換能力に関係する要素について調査した結果、折り返し走の方向転換能力は、CC60での膝関節屈曲筋筋力と負の相関関係がみられた( $r = -0.48$ ,  $p < 0.05$ )。鋭角走の方向転換能力は、腹横筋の筋厚 ( $r = -0.58$ ,  $p < 0.05$ ) と体幹回旋筋筋力 ( $r = -0.48$ ,  $p < 0.1$ ) および立ち幅跳び ( $r = -0.46$ ,  $p < 0.1$ ) との間に負の相関関係がみられた。鈍角走の方向転換能力は、CC60での膝関節伸展筋筋力( $r = -0.61$ ,  $p < 0.05$ )とEC60での膝関節屈曲筋筋力( $r = -0.56$ ,  $p < 0.05$ )との間に負の相関関係がみられた。直角後方走の方向転換能力は、CC60での膝関節伸展筋筋力( $r = -0.51$ ,  $p < 0.05$ )とIMでの膝関節屈曲筋筋力( $r = -0.58$ ,  $p < 0.05$ )および多裂筋の筋厚 ( $r = -0.51$ ,  $p < 0.05$ ) との間に負の相関関係がみられた。

以上のことから、サッカー選手において方向転換能力に関係する要素は方向転換の角度や方向転換の方法によって異なることが明らかとなった。また、サッカー選手において方向転換角度が小さい方向転換能力では腹横筋の筋厚、体幹回旋筋筋力および筋パワーが重要であることが示された。一方で、方向転換角度が大きい場合や後方の

方向転換能力では求心性の膝関節伸展筋筋力と等尺性の膝関節屈曲筋筋力が重要であることが示された。さらに、後方の方向転換能力では、それに加えて、多裂筋が重要であることが示された。

## 謝辞

実験および論文作成に際し、多大なるご指導賜りました桜庭景植教授、窪田敦之助教には心から感謝申し上げます。また、実験実施に際して、快く被験者のご支援をしてくださった吉村雅文准教授、青葉幸洋助教、被験者として協力して頂いた蹴球部の部員の皆様、機器を貸して下さった鹿倉二郎教授、佐久間和彦教授、河村剛光助教にも感謝を申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 安彦鉄平,竹井仁,島村亮太,安彦陽子,山本純一郎,逆井孝之,相馬正之,小川大輔,山口徹,嶋昌史(2011). 超音波画像を用いた腰部多裂筋筋厚測定 of 検者内信頼性の検討. 理学療法学.26(5), 693-697.
- 2) Bargmark, A(1989).Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering, Acta Orthop Scand.230, 20-24.
- 3) Bloomfield, J., R. Polman., P.O' Donoghue(2007).Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. J Sports Sci Med.6, 63-70.
- 4) Brzyck, M(1993).Strength testing: Predicting a one-rep max from reps-to-fatigue.JOHPERD.64,88-90.
- 5) Crisco, J.J., M.M. Panjabi (1992).Euler stability of the human ligamentous lumbar spine.Part1:Theory.Clin Biomech.7,19-26.
- 6) Crisco, J.J., M.M. Panjabi., I. Yamamoto., TR. Oxland(1992).Euler stability of the human ligamentous lumbar spine. Part II :Experiment. Clin Biomech.7, 27-32.
- 7) Dowson,M.N.,M.E.Nevill.,H.K.A.Lakomy.,A.M.Nevill.,R.J.Hazeldine(1998). Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. J Sports Sci.16, 257-265.
- 8) 福永哲夫,安部孝,池川繁樹,小澤治夫,含田浩二,石田良恵,浅見俊雄(1991).超音波断層法による筋厚・皮下脂肪厚と組織断面積との関係.体育科学.19,1-6.
- 9) Hodges, P.W.,C.A. Richardson(1997).Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther.77(2),132-144
- 10) Hodges, P.W.,C.A. Richardson(1997).Feedforward contraction of transverses abdominis is not influenced by the direction of arm movement. Exp Brain Res.114, 362-370.
- 11) Hodges, P.W.,C.A. Richardson(1997).Relationship limb movement speed and associated contraction of the trunk muscle.Ergonomics.40(11),1220-1230.
- 12) Houck, J.,R.A. Duncan, K.E.D. Haven(2006).Comparison of frontal plane trunk kinematics and hip and knee moments during anticipated and unanticipated walking and side step cutting tasks. Gait Posture.24, 314-322.

- 13) Jindrich, D.L., T.F. Brsler, D.G. Lloyd(2006).A hypothesis for the function of braking forces during running turns. *J Biomech.*39, 1611-1620.
- 14) Jones, P., T.M. Bampouras., K. Marrin(2009).An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J Sports Med Phys Fitness.*49, 97-104.
- 15) Kaplan, T., N. Erkmén., H. Taskin(2009)The evaluation of the running speed and agility performance in professional and amateur soccer players. *J Strength Cond Res.* 23(3), 774-778.
- 16) Kilber, W.B., J. Press., A. Sciascia(2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 36(3), 189-198.
- 17) 木村健二, 桜井伸二(2010).方向転換の下肢キネマティクス. *体育の科学.*60(11),745-750.
- 18) 木村健二, 桜井伸二(2010).方向変更角度と走行スピードの増大がサイドステップカットのパフォーマンスにどう影響するか. *中京大学体育研究所紀要.*24,69-75.
- 19) Little, T., A. G. Williams(2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.*19(1),76-78
- 20) Macintosh, J.E., N. Bogduk(1986).The biomechanics of the lumbar multifidus. *Clin Biomech.*1, 205-213.
- 21) Marcovic, G., D. Sekulic., M. Markovic(2007).Is agility related to qualities? – Analysis in latent space. *Coll Antropol.* 31(3), 787-793.
- 22) Markovic, G(2007).Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. *J Sports Med Phys Fitness.*47, 276-283.
- 23) McGill, S.M., S. Grenier., N. Kavcic., J. Cholewicki(2003). Coordination of muscle activity to assure stability of lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 25(6), 893-897.
- 24) McMeeken, J.M., I.D. Beith., D.J. Newham., P. Milligan., D.J. Critchley(2004). The relationship between EMG and change in thickness of transverses abdominis. *Clin Biomech.*19, 337-342.



- 25) 村上幸士,桜庭景植,永井康一(2010).腰痛の有無にて比較した腹部筋群の筋厚 - 超音波画像を使用して - .理学療法学.25(6),893-897.
- 26) 中山忠彦,伊藤章(1999).サッカー選手の方向転換を伴う疾走能力.サッカー医・科学研究.19, 60-64.
- 27) Nesser, T.M., K.C. Huxel., J.L. Tincher., T. Okada(2008).The relationship between core stability and performance in division I football players. J Strength Cond Res. 22(6), 1750-1754.
- 28) 大森一伸,山本利春,矢野雅知,西嶋尚彦,尾山末雄,吉田優子,福林徹(1994).サッカーがうまくなるためのからだづくり.森永製菓株式会社健康事業部
- 29) Panjabi, M.M(1992).The stabilizing system of the spine. part I .function, disfuncyion, adaptation and enhancement. J Spinal Disord. 5(4), 383-389.
- 30) Patla, A.E., A. Adkin., T. Ballard(1999).Online steering: coordination and control of body center of mass, head and body reorientation. Exp Brain Res.129, 629-634.
- 31) Reilly,T.,A..M.Williams.,A.Nevill.,A. Franks(2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. J Sports Sci.18, 695-702.
- 32) Richardson, C.,P. Hodges., J. Hides (2008). 腰痛に対するモーターコントロールアプローチ-腰椎骨盤の安定性のための運動療法-.斎藤昭彦(訳).医学書院
- 33) 斎藤昭彦(2007).体幹機能障害の分析および治療 - 腰椎の分節安定性 - .理学療法学.22(1),1-6.
- 34) 笹木正悟,金子聡,福林徹(2008).サッカー選手における後方への方向転換能力に関する研究.スポーツ科学研究.5,45-57.
- 35) Sasaki,S.,Y.Nagano.,S.Kaneko.,T.Sakurai.,T.Fukubayashi(2011).The relationship between performance and trunk movement during change of direction. J Sports Sci Med.10, 112-118.
- 36) 笹木正悟,金子聡,矢野玲,浅野翔太,永野康治,櫻井敬晋,福林徹(2011).方向転換走と直線走および垂直跳びの関係 - 重回帰分析を用いた検討 - .トレーニング科学.23(2),143-151.
- 37) 塩川勝行,井上尚武,杉本陽一(1998).サッカー選手における方向転換能力に関する研究 - マットスイッチシステムを用いて - .サッカー医・科学研究.18,175-179.

- 38) 鈴木雄太,阿江通良(2010).方向転換走における地面反力および支持脚関節トルク.体育の科学.60(11),751-755.
- 39) 鈴木雄太,阿江通良,榎本靖士(2010).サイドステップおよびクロスステップによる走方向変換動作のキネマティクスの研究.体育学研究.55,81-95.
- 40) 津越智雄,浅井武(2010).Jリーグサッカークラブにおける上位カテゴリーへの選手選抜に関する横断的研究 - 体力・運動能力を対象として -.体育学研究.55,565-576.
- 41) Vescovi, J.D., M.R. McGuigan(2008).Relationship between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. J Sports Sci. 26(1), 97-107.
- 42) Young, W.B., M.H. McDowell., B.J. Scarlett (2001).Specificity of sprint and agility training Methods. J Strength Cond Res. 15(3), 315-319.
- 43) Young, W.B., R. James., I. Montgomery(2002).Is muscle power related to running speed with changes of direction?. J Sports Med Phys Fitness.42, 282-288.

## 欧文要約

### A study on the change of direction ability in soccer players

-Focused on a thickness of trunk deep muscle and lower-limb muscle strength-

Ayumu Takei

The purpose of this study was to clarify the relationship among three important factors: change of direction ability (CODA), each component of physical fitness, and trunk deep muscle in soccer players. In order to reveal the relationship, seventeen healthy males who belong to soccer club at J college (age:  $20.4 \pm 1.0$  years, height:  $174.5 \pm 7.9$  cm, and weight:  $67.3 \pm 6.2$  kg) were participated in this study. We measured 30m and Flying 5m sprint time to see the ability for sprint. To evaluate the CODA, time for change of direction was measured by using shuttle run, acute angle run, obtuse angle run, and right angle backward run. In addition, evaluation of muscle strength was done in 1RM measurement (abdominal and torso rotation) by using training machine, and back muscle strength as well as extensor and flexor muscle strength of knee joint was measured by using BIODEX system 3. Finally, thicknesses of transversus abdominis and multifidus muscle were measured with ultrasonography (Aloca's product) as an evaluation for the thicknesses of trunk deep muscle. In this study, we defined CODA as the change of direction time divide sprint time.

The results of CODA are as follows: Shuttle run  $1.82 \pm 0.08$ , acute angle run  $1.26 \pm 0.07$ , obtuse angle run  $1.94 \pm 0.08$ , and right angle backward run  $1.94 \pm 0.08$ . The results of muscle strength of knee joint are as follows: The extensor muscle strength of knee joint under eccentric contraction (EC60) and concentric contraction (CC60) at 60deg/sec was  $237.4 \pm 52.0$  Nm,  $186.6 \pm 35.8$  Nm. On the other hand, flexor muscle strength of knee joint under EC60, isometric contraction (IM) and CC60 was  $173.0 \pm 36.0$  Nm,  $96.2 \pm 20.8$  Nm,  $114.5 \pm 17.4$  Nm. The results of thickness of transversus abdominis was  $3.1 \pm 0.5$  mm. The results of thickness of multifidus muscle was  $31.2 \pm 3.5$  mm. CODA of shuttle run was negatively correlated with flexor muscle strength of knee joint under CC60 ( $r = -0.48$ ).

p<0.05). CODA of acute angle run was negatively correlated with thickness of transversus abdominis ( $r = -0.58$ ,  $p < 0.05$ ), trunk rotator muscle strength ( $r = -0.48$ ,  $p < 0.1$ ) and standing long jump ( $r = -0.46$ ,  $p < 0.1$ ). CODA of obtuse angle run was negatively correlated with extensor muscle strength of knee joint under CC60 ( $r = -0.61$ ,  $p < 0.05$ ) and flexor muscle strength of knee joint under EC60 ( $r = -0.56$ ,  $p < 0.05$ ). CODA of right angle backward run was negatively correlated with extensor muscle strength of knee joint under CC60 ( $r = -0.51$ ,  $p < 0.05$ ), flexor muscle strength of knee joint under IM ( $r = -0.58$ ,  $p < 0.05$ ) and thickness of multifidus muscle ( $r = -0.51$ ,  $p < 0.05$ ).

Thus, it revealed that the component related to the CODA in soccer players differ by the angle or method for the change of direction. Also, CODA with small change of direction angle in soccer players indicated that transversus abdominis, trunk rotator muscle strength and muscle power is important. On the contrary, CODA with big change of direction angle or backward indicated that extensor muscle strength of knee joint under concentric contraction and flexor muscle strength of knee joint under isometric contraction is important. Moreover, CODA of backward indicated that multifidus muscle is important.

表1 各体力要素と体幹深部筋形態の測定値

Flying5m (秒)	立ち幅跳び (cm)	体幹伸展筋筋力 (kg)	体幹屈曲筋筋力 (kg)	体幹回旋筋筋力 (kg)	腹横筋筋厚 (mm)	多裂筋筋厚 (mm)
0.64±0.08	247.1±14.6	139.4±26.9	89.8±13.3	120.1±29.4	3.1±0.5	31.2±3.5

Mean±SD

表2 膝関節伸展・屈曲筋筋力の測定値

筋収縮・速度	動作	PT (Nm)	体重当たりPT (Nm/kg)
EC60	伸展	237.4±52.0	350.5±58.8
	屈曲	173.0±36.0	256.0±42.8
EC180	伸展	232.6±50.8	342.3±57.0
	屈曲	162.3±26.0	241.2±27.0
IM	伸展	181.8±37.5	263.2±50.3
	屈曲	96.2±20.8	140.5±29.2
CC60	伸展	186.6±35.8	276.5±39.0
	屈曲	114.5±17.4	169.7±17.6
CC180	伸展	134.0±26.1	198.6±28.6
	屈曲	91.4±11.5	136.2±10.4
CC300	伸展	106.8±19.4	158.4±22.0
	屈曲	79.2±9.5	116.4±10.0

Mean±SD

EC(eccentric contraction)

PT(peak torque)

IM(isometric contraction)

CC(concentric contraction)

表3 鋭角走の方向転換能力に対する  
重回帰分析の結果

従属変数:鋭角走( $R^2=0.463$ )				
独立変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数		
	B	$\beta$	p	
定数	1.993		0.000	
腹横筋筋厚	-0.072	-0.568	0.008	*
立ち幅跳び	-0.002	-0.444	0.030	*

$R^2$ =自由度調整済み決定係数

\* $p<0.05$

表4 折り返し走の方向転換能力に対する  
重回帰分析の結果

従属変数:鈍角走( $R^2=0.287$ )				
独立変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数		
	B	$\beta$	p	
定数	2.181		0.000	
CC60	-0.001	-0.467	0.242	n.s.
EC60H	0.000	-0.167	0.669	n.s.

$R^2$ =自由度調整済み決定係数

EC(eccentric contraction)

CC(concentric contraction)

n.s.(not significant)



表5 鈍角走の方向転換能力に対する  
重回帰分析の結果

従属変数:鈍角走( $R^2=0.287$ )				
独立変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数		
	B	$\beta$	p	
定数	2.181		0.000	
膝関節伸展筋筋力 (CC60)	-0.001	-0.467	0.242	n.s.
膝関節屈曲筋筋力 (EC60)	0.000	-0.167	0.669	n.s.

$R^2$ =自由度調整済み決定係数

EC60(eccentric contraction 角速度毎秒60度)

CC60(concentric contraction 角速度毎秒60度)

n.s.(not significant)

表6 直角後方走の方向転換能力に対する  
重回帰分析の結果

従属変数: 直角後方走 ( $R^2=0.409$ )				
独立変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数		
	B	$\beta$	p	
定数	2.42		0.000	
多裂筋筋厚	-0.009	-0.393	0.068	n.s.
IMH	-0.002	-0.483	0.029	*

$R^2$  = 自由度調整済み決定係数

IM(isometric contraction)

n.s.(not significant)

\* $p < 0.05$

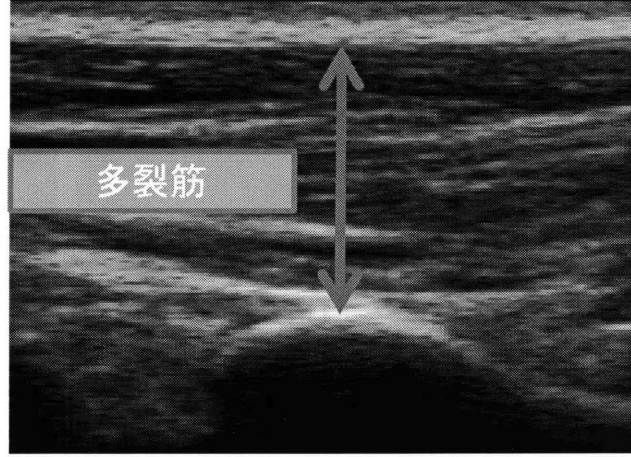
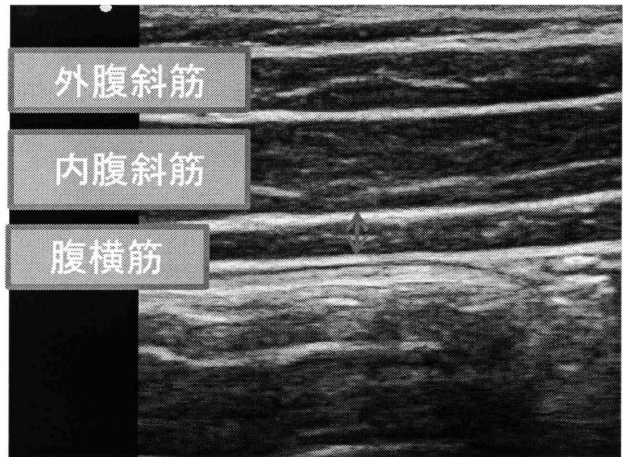
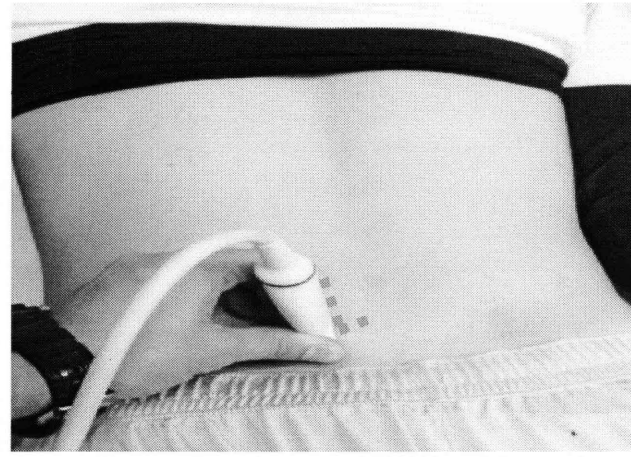
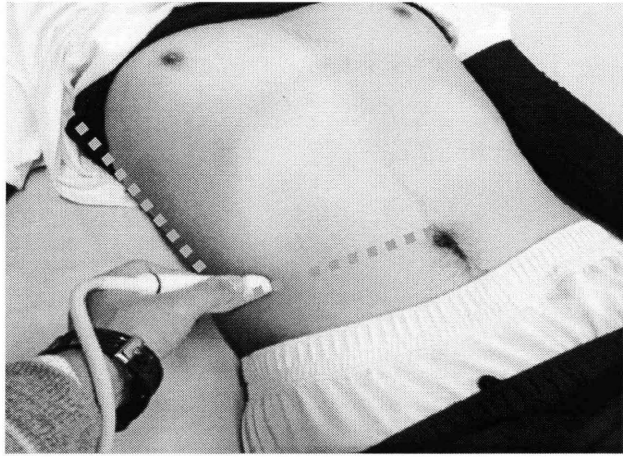
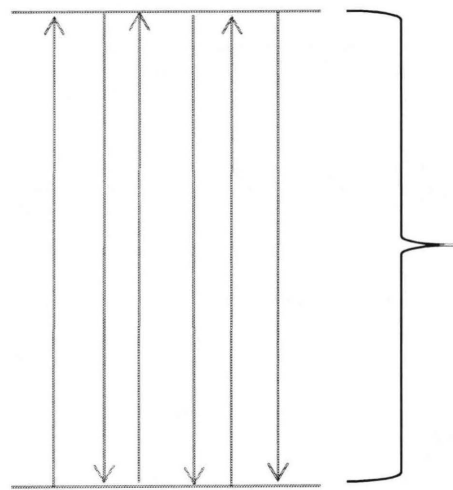


図1 超音波診断装置を用いた測定風景と測定画像



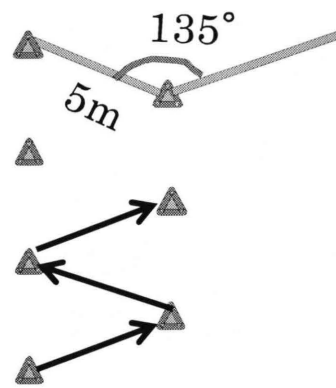
図2 トレーニングマシーンをを用いた体幹屈曲筋筋力(左)、体幹回旋筋筋力(右)の1RMの測定風景

→  
走方向

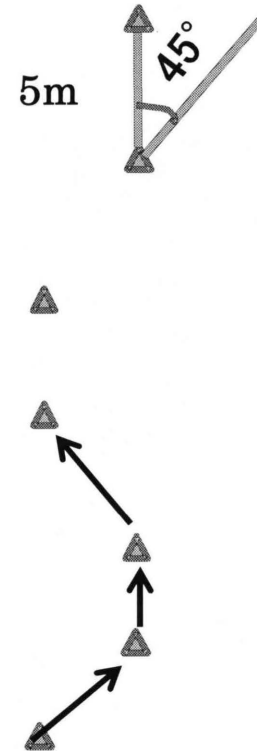


折り返し走

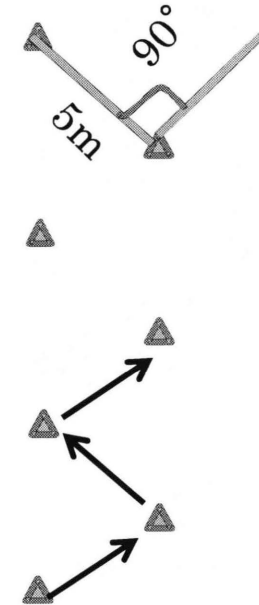
5m



鈍角走  
(135°)



鋭角走  
(45°)



直角後方走  
(90°)

図3 各方向転換走の測定方法

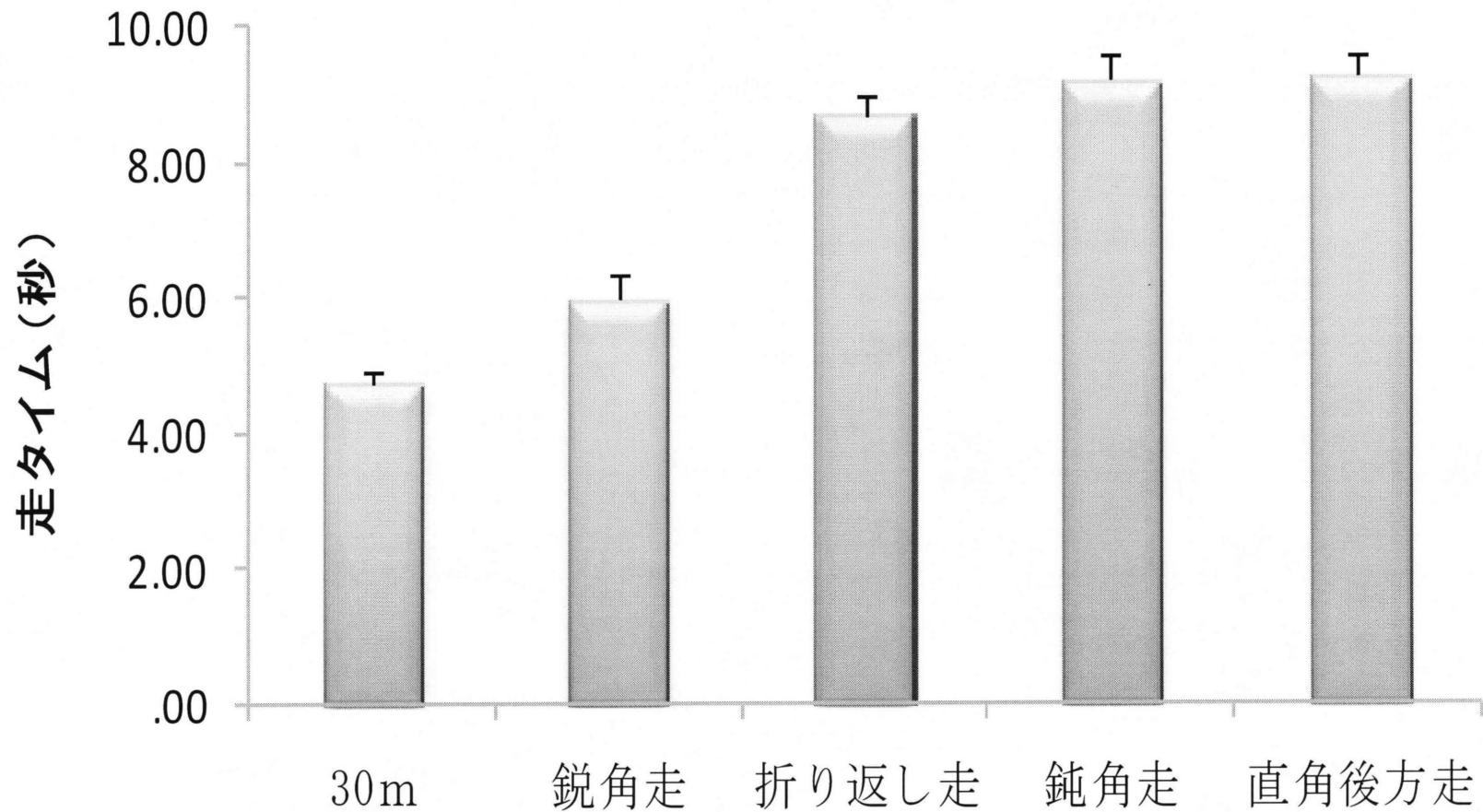


図4 30m走と各方向転換走のタイム

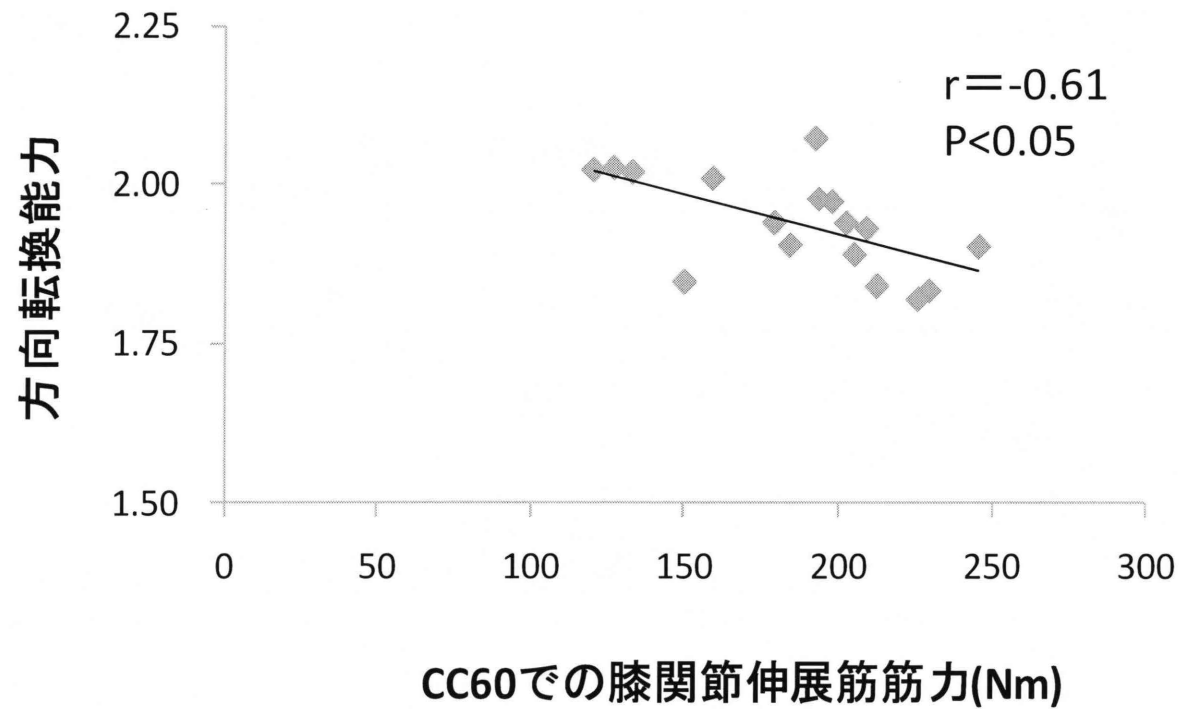


図5 鈍角走の方向転換能力と膝関節伸展筋筋力との関係

CC60(concentric contraction 角速度毎秒60度)

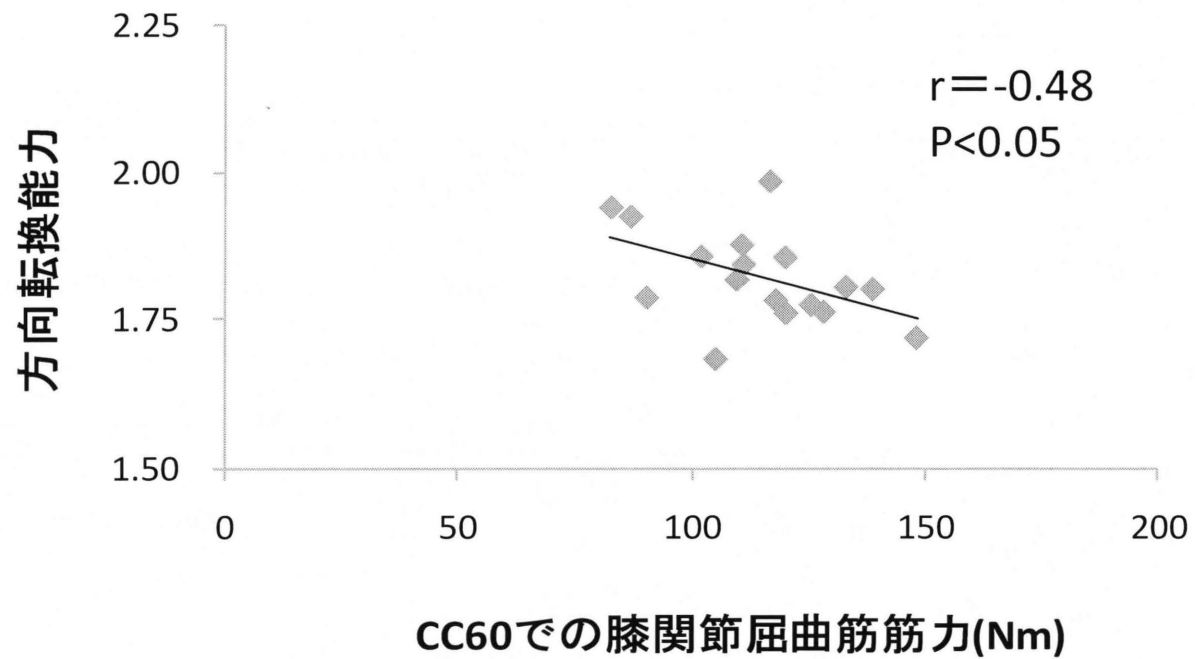


図6 折り返し走の方向転換能力と膝関節屈曲筋筋力との関係

CC60(concentric contraction 角速度毎秒60度)



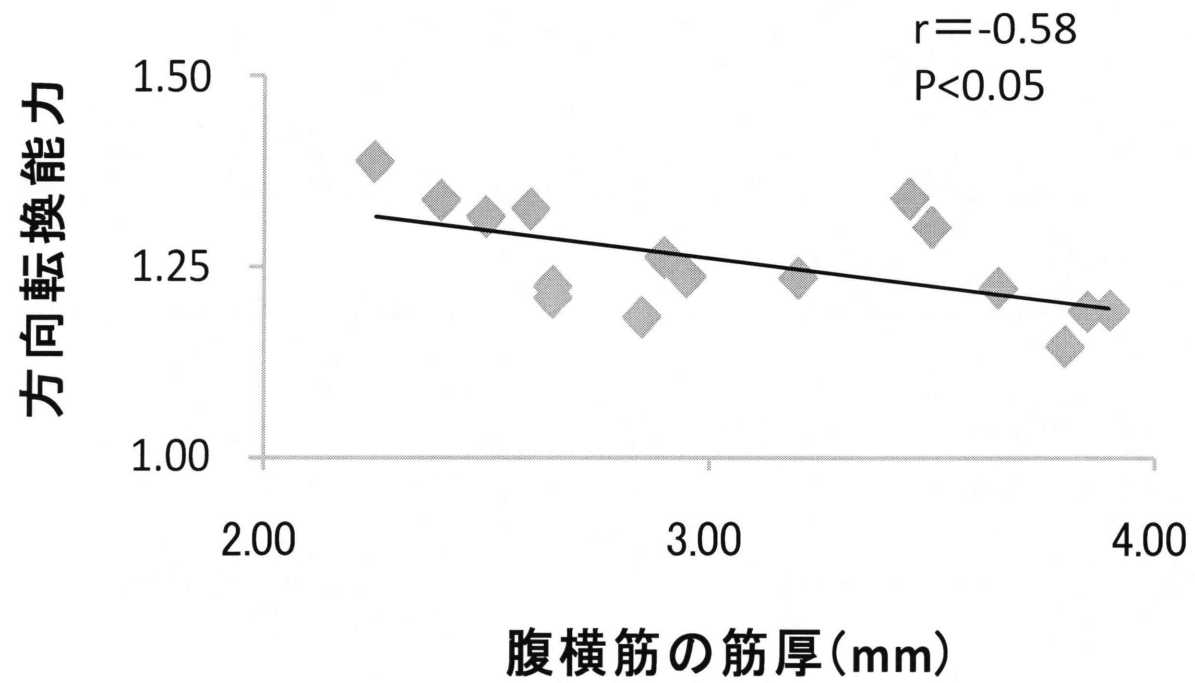


図7 鋭角走の方向転換能力と腹横筋の筋厚との関係

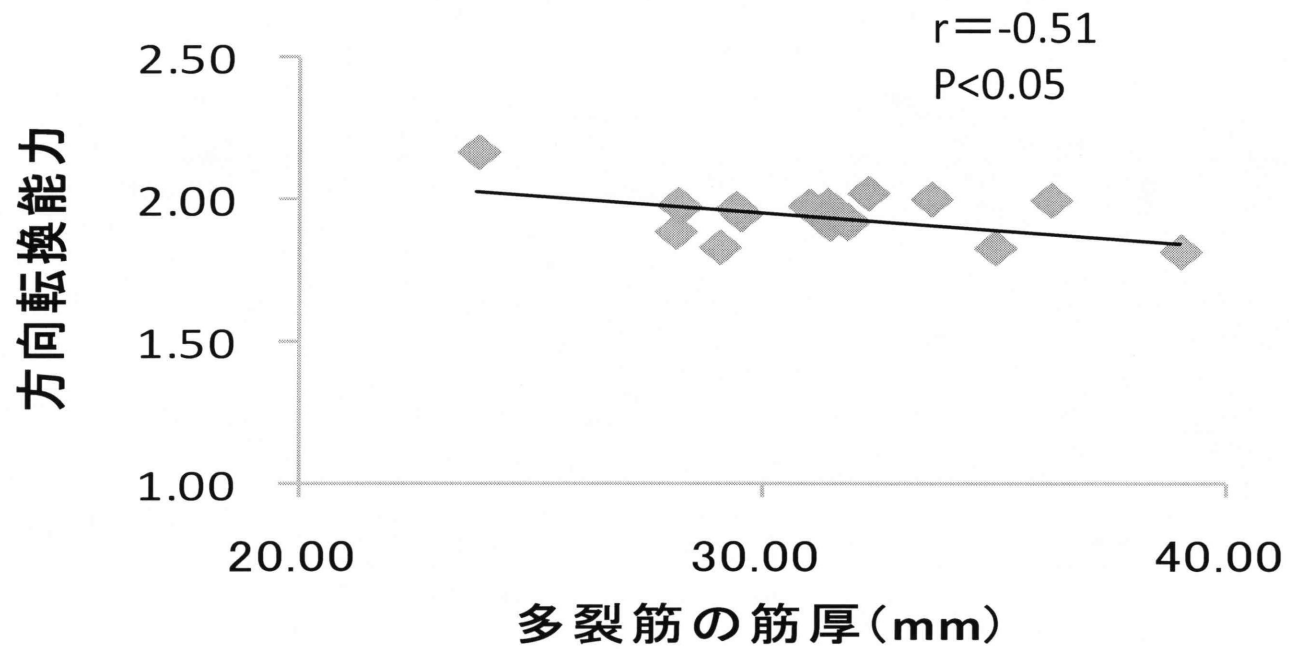


図8 直角後方走の方向転換能力と多裂筋の筋厚との関係