

2015年度 修士論文

体幹スタビリティと各種パフォーマンスの関係
Relationship between core stability and different types
of athletic performance

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科

スポーツ科学専攻 身体運動科学研究領域

5014A014-4

久保 孝史

研究指導教員：樋口 満 教授

目次

【 I 緒言】	3
【 II 方法】	11
【 III 結果】	18
【 IV 考察】	25
【 V 参考文献】	34
【 VI 謝辞】	38

【 I 緒言 】

1. 体幹トレーニングについて

近年、スポーツ界だけでなく、一般社会においても注目を集めているのが体幹トレーニングである。

テレビ(TV)や雑誌などのメディアでは体幹トレーニングはダイエットに効果的であると宣伝されており、また自宅で簡単に行うことのできる運動不足解消のためのトレーニングであることも紹介されている。最近では我が国でも健康志向な人が増えてきており、それに伴ったランニングブームやダイエットブームと同様に注目されている分野の一つであるといっても過言ではない。その象徴として体幹トレーニングを手軽に行うことのできる器具の発売や、運動愛好者からトップレベルの選手たちが行うことができるように BOSU™ を使用した体幹トレーニング法も考案されている。また、米国では一般人向けの体幹トレーニングの書籍も刊行されており、その中には体幹トレーニングをすることによって得られる利益として

- ・ Weight (less) benefits(体重減少)
- ・ Living longer(長生き)
- ・ Lowering blood pressure(血圧減少)
- ・ Lowering your risk of developing type 2 diabetes(2型糖尿病リスクの低減)
- ・ Countering bone loss with exercise(骨粗鬆症の予防)
- ・ Added physical and mental bonuses(身体的・精神的な恩恵)
- ・ Better posture(姿勢の維持)
- ・ Increased range of motion(関節可動域の向上)

- ・ Stress reduction(ストレスの低減)
- ・ Reduced muscle soreness(筋肉痛の低減)
- ・ Decreased muscle tension(筋柔軟性の向上)

という様々な項目が挙げられている¹⁾。

日本国内においてもプロサッカー選手として有名な長友佑都選手による著書が発売された。その著書の中では「サッカー選手・長友佑都は【体幹】【走力】【メンタル】でできている」「①体の芯から痩せる②競技力が飛躍的に向上する③疲労をコントロールできる④腰痛を解消できる⑤顔・姿勢が変わる」ということが述べられている²⁾。

体幹の構成筋(以下「体幹筋」とする。)は雑誌やその著者によってさまざまであり、学術的に一貫した定義はないが、日本における体幹研究の第一人者である金岡ら(2013)によると、体幹を構成する筋肉は体幹部の深層に位置する深層筋(ローカル筋)と体幹部の浅層に位置する浅層筋(グローバル筋)の二つ大きく分類することができるとしている³⁾。

深層筋は主に腹横筋・多裂筋・大腰筋で構成されている。腹横筋の起始は第7～12肋軟骨であり、剣状突起や白線、恥骨に付着。多裂筋の起始は仙骨後面、全腰髄乳様突起、胸椎横突起や頸椎4～7の関節突起であり、2～4椎骨に付着している。また大腰筋の起始は第12胸椎～第4腰椎であり、大腿骨の小転子に付着をしている⁴⁾。

これらの筋は運動中の椎骨の微細な動きに対応し、椎骨の安定をさせる静的な働き、つまりスタビライザーとしての役割を担っている。

浅層筋は主に外腹斜筋・内腹斜筋・腹直筋で構成されており、外腹斜筋の起始は第5～12肋骨の外側であり、腸骨の外唇、鼠径靭帯、腹直筋鞘前葉に付着している。内腹斜筋の起始は腸骨筋膜、腸骨稜、腰

筋膜であり、第 10～12 肋骨、腹直筋鞘に付着している。腹直筋の起
始は恥骨、恥骨結合であり、剣状突起、第 5～7 肋骨に付着している⁴⁾。

これらの筋は深層筋では対応しきれない動きに対応するためのモ
ビライザー、つまり動的な動きをする筋としての役割を担っている。
このように体幹筋は運動中のみならずさまざまな場面で活動してお
り、Hodges ら(1996)によると、深層筋である腹横筋は上肢や下肢の活
動に先立って事前収縮 (フィードフォワード)することが報告されて
おり、この働きによって私たちは日々の動作を円滑に行うことができ
るとされている⁵⁾。

体幹は腰痛との関連が数々の先行研究から明らかにされているこ
とから医学的な観点で研究対象とされることが多く、腰痛を患ってい
る者はそうでない人と比べてフィードフォワードをうまく行うこと
ができないということも報告されている⁶⁾。

また、体幹は下肢と上肢とを繋ぐチェーンのような役割を果たして
おり、体幹が強ければ強いほど、下肢からの力が上肢に伝わりやすく、
その結果としてパフォーマンスの向上につながるとして、スポーツの
世界におけるその重要性は 90 年代後半から欧米を初めとして広まり、
研究現場における体幹と競技パフォーマンスについての検討が広く
なされてきた。橋本ら (2011)は一過性の体幹トレーニングがドロップジャン
プ(DJ)やリバウンドジャンプ(RJ)の飛躍高を増加させたとの報告をしている⁷⁾。
また、Nesser ら (2008)は、体幹筋の安定性 (体幹スタビリティ)とスプリント、ア
ジリティタイムと垂直跳び飛躍高の値との相関が認められたとの報告をしている⁸⁾。
しかしながら、Tse ら (2005)による実験では、32 名のボート選手に 8 週間の
体幹トレーニングの介入を行ってもスプリントタイム、垂直跳び、立ち幅跳び、メ
ディシンボール投げ等のパフォーマンステストの値は介入前と後で有意な差を

認めなかった⁹⁾。

Sharrockら(2011)は従事スポーツの異なる35名の若年男女に対して体幹テストとパフォーマンステストを測定している。体幹テストはDouble leg lowering testを用いており、測定項目はTテスト、メディシンボール投げ、40yds走、垂直跳びであった。しかしながら、この研究においてもメディシンボール投げ以外の項目と体幹との相関関係はみられていない¹⁰⁾。

長距離ランナーのランニングエコノミーと体幹との関係を検討したStantonら(2004)の研究では、15歳前後の男性競技者18名にSwiss ballを用いた体幹トレーニングの介入を6週間行ったところ、体幹テスト(Sarhman test, Endurance test)のスコアは有意に向上したが、ランニングエコノミーは有意な向上がみられなかった¹¹⁾。

そして、体幹と体の機能的な動きをFMS(Functional Movement Systems : FMS)を用いて検討したOkadaら(2011)によると、FMSのスコアと体幹テスト(McGill Endurance Test)のスコアとの相関関係は一切みられなかった¹²⁾。

そのような点を踏まえたReedら(2012)によるシステマティックレビューでは、「体幹スタビリティに焦点を当てたトレーニングは競技パフォーマンスにあまり影響していなかった」と結論づけがなされている¹³⁾。また、Marwanら(2013)による研究では、専門としている競技ごとに体幹とパフォーマンスとの関係が異なっていることが示唆されている¹⁴⁾。

だが、これらの研究において筋力指標と体幹テスト、パフォーマンステストを併せて検討したものは少なく、相関関係がみられていない原因を結論付けるには測定項目が少ない部分も多くあった。

そのため、パフォーマンスに体幹安定性(スタビリティ)がどれほど関与しているの

か、影響を及ぼしているとしたらどのようなパフォーマンスなのか、果たして体幹スタビリティは筋力と比べてパフォーマンスを決定づける大きな要因となりうるのかを検討する必要がある。

2. パフォーマンス指標について

どのスポーツにおいても競技中の動作は「跳ぶ」「走る」「止まる」などの複合要因を含んでおり、単一の動作のみで試合を完遂するものはあまりない。そのため、運動パフォーマンスを測定するにはそれぞれの要素を比較・検討する必要がある。そこで本研究では運動パフォーマンスの指標として「垂直方向に跳ぶ」「水平方向へ跳ぶ」「切り替えし」「スプリント」動作を測定し、体幹トレーニングとの関係性をみることを目的とした。

「垂直方向に跳ぶ」動作としての垂直跳び飛躍高は様々なパフォーマンスとの関連が指摘されており¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾、簡便に測定することのできるパフォーマンス指標の一つとして過去の様々な研究で行われているものである。また、垂直跳びの種類として接地時間と滞空時間との関連をみるドロップジャンプ (DJ)、ストレッチショートニングサイクル (SSC)の要素を排除したスクワットジャンプ (SJ)、一般的な垂直跳びの動作であるカウンタームーヴメントジャンプ (CMJ)があるが、本研究ではより運動中の動作に近づけるために CMJ の値を測定した。垂直方向への力発揮の向上はバスケットボールやバレーボールといったジャンプスポーツにおいて有利に働くと考えられる。

「水平方向へ跳ぶ」動作としての立ち幅跳び長は垂直跳びとは違い水平方向の力発揮を主とするため、スプリントタイムとの関連が指摘

されている¹⁸⁾。こちらにも垂直跳びと同様パフォーマンス指標としては一般的なもので、様々な研究で使用されている。水平方向への力発揮の向上は走り幅跳びや短距離走等において有利に働くと考えられる。

「切り替えし」動作は、先行研究では切り替えし動作(アジリティー)の指標として T-テストやプロアジリティテストといった片脚切り替えを主としたテストが用いられており、両脚動作に焦点を当てた研究はあまりなされていない。そのため本研究では新たな知見が得ることができると考えられるヘキサゴンジャンプを用いた。アジリティーは、その能力の向上のためのラダートレーニングも様々な種類があることから、サッカーをはじめとした様々なスポーツのアスリートが目標とするものであることがわかる。

「走る」動作の指標としては 20m、40m タイムを測定した。トップレベルのスプリンターであれば、40m までストライド長が増加し、ピッチに関しては 20m まで増加するとされている¹⁹⁾。その範疇をカバーできる距離として 20m、40m を選択した。スプリント能力はレジスタンストレーニングや、水平方向の力発揮との関与が指摘されており¹⁸⁾、スプリント能力の向上はあらゆるスポーツにおいて有利に働くと考えられる。

3. 最大挙上重量(1RM)について

障害予防やパフォーマンス向上のためのレジスタンストレーニング (RT)はプロ・アマを問わず様々なスポーツ現場で行われている。しかしながら我が国における RT の重要性はあまり浸透しておらず、未だに「トレーニングをすると体が硬くなる」「トレーニングによって怪我をしてしまう」といったマイナスのイメージが先行しているのが事実である。

Morton ら (2011)による研究では、5 週間のレジスタンストレーニング介入を行った群 (RT 群)とスタティックストレッチ介入を行った群 (SS 群)とでは、両群には柔軟性の差がなく、さらに RT 群では下肢のピークトルクが有意に増加していたことが報告されている²⁰⁾。Channell ら(2008)は高校生をクリーンやジャークのような Olympic training (OT)と、スクワットやベンチプレスのような Traditional Power training (PT)の 2 群に分けて介入し、垂直跳びとの関連をみた。それによると、OT 群が PT 群に対して有意に垂直跳びの値の向上がみられており、程度は少ないものの、OT 群も介入前よりも向上がみられている¹⁷⁾。

また、Conley ら(2002)による研究では、100 時間当たりの障害発生率はサッカーの 6.2 に対して RT は 0.0035 であり、その数値はサッカーの障害発生率のおおよそ 1771 分の 1 であった²¹⁾。

上記のように RT は障害予防やパフォーマンス向上をしうる科学的知見が数多く報告されている。ストレングス&コンディショニングの世界的権威である NSCA (National Strength and Conditioning Association : NSCA)も協会 HP の中で「Powerlifting Versus Weightlifting for Athletic Performance」というコラムを掲載し、RT の重要性を解説している。こうした RT の成果を客観的に数値化する為の最も簡易的な手法が 1RM(One Repetition Maximum : 1RM)測定である。

Moss ら(1997)によると、1RM 重量と最大筋パワーの間には有意な相関関係があるとされており²²⁾、1RM はその数値を、RT を行う上での指標とすることでコーチなどのスタッフのみならず選手自身も自分の筋力を客観的にモニタリングすることが出来る。1RM 測定の基本的な種目としては「スクワット (Squat : SQ)」「ベンチプレス (Bench

Press : BP)」「デッドリフト (Dead Lift : DL)」の 3 種類であるが、ここに「パワークリーン」を加えた 4 種類を測定する場合もある。1RM の測定は検者、選手たちにとっての負担が大きいため、場合によっては 3 回を限界とする重さを挙げてもらい、その値から 1RM を測定するといった間接法を用いる場合もある。

本研究ではその中から SQ と BP の 2 種類の 1RM を測定した。DL や PC は 1RM 測定の際に補助をつけることが難しく、思わぬ事故等につながる恐れがあるからである。

「トレーニングの王様 (King of exercise)」として知られている SQ は「コアトレーニング」に分類され¹⁹⁾、膝関節や股関節等を動員する多関節運動である。主動筋は大腿の筋である大腿四頭筋、ハムストリングス等で、下肢全体にわたって様々な筋活動を引き起こすことが知られており、特に大腿四頭筋の筋活動については SQ に勝るトレーニングはないとされている。また、トレーニングの 3 つの基本原則の 1 つである SAID (Specific Adaptation to Imposed Demands : SAID) の原則は、「身体に与えられた運動刺激の種類が、それによって生じる適応の種類を決定づける」という理論に基づいており、SQ における膝関節や股関節の屈曲・伸展動作や、胸椎の伸展等が何らかのパフォーマンスに関係することも考えられる。以上のような理由から、SQ は様々なパフォーマンス指標と関連することが予想される。また、研究においても垂直跳びなどのパフォーマンス指標との関連が指摘されており¹²⁾、シャフトの担ぎ方、足幅の広さによっても動員する筋が異なるため、SQ に関する研究は多くなされてきている。

BP は主に大胸筋を鍛えるトレーニングであり、協働筋として上腕三頭筋・三角筋が動員される。大胸筋の作用としては肩関節の屈曲・

内旋・水平屈曲等であり、上腕三頭筋は肘関節の伸展、中でも上腕三頭筋の長頭は肩関節の内転・伸展に働くことでも知られている。そのため、BP は野球等のオーバーヘッドスポーツとの研究が多くなされている。また、先行研究によると体幹トレーニングとの関連も指摘されている¹²⁾。

だが、1RM と体幹スタビリティのどちらがパフォーマンスに大きな影響を及ぼしているのかを検討した研究はこれまでにない。

4. 目的

以上のような背景から、体幹とパフォーマンスとの関係を明らかにすることはスポーツ産業、トレーニング科学の観点からみても非常に重要なことである。そのため、本研究ではバックグラウンドの異なったスポーツを行っている選手を対象として、筋力・体幹スタビリティ・パフォーマンス指標を測定し、パフォーマンスは筋力・体幹スタビリティのどちらが大きな影響を及ぼしているのかを比較・検討することを目的とした。

【Ⅱ 方法】

1. 被験者

被験者は運動習慣のある若年男性 16 名を対象とし、体幹テストのタイムが高かった者 8 名 (High score 群)、低かった者 8 名 (Low score 群) に群分けをした。被験者の従事スポーツはウエイトリフティング 1 名、ソフトボール 6 名、陸上投擲 3 名、陸上短距離 3 名、陸上中距離 2 名、ボート 1 名であり、測定はすべて早稲田大学所沢キャンパススポーツホール及び陸上競技場で行った。

また、本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の審査を経て早稲田大学総長より承認を得て実施した。【申請番号：2015-101】

2. 身体組成の測定

被験者の身長、体重を測定した。身体組成の測定はすべての実験の前に行った。身長は身長計を、体重、体脂肪は体重計 (TANITA 社製 BF-220) を用いて測定し、体脂肪率はインピーダンス法を用いた。

3. 体幹スタビリティの測定

体幹スタビリティの測定には McGill Endurance test (体幹テスト) を用いた²³⁾。

疲労の影響を避けるために 5 分ほど試技間で休憩をとった。

- ・ 体幹前部 (図 1)

開始： 上体起こしの体勢をとり、胸を張り、脚を 90 度に曲げ、地面と背中との角度が約 60 度になる位置でキープ。その際に、両手は肩の上にクロスして置く

終了： 10cm 後方にあるボードに背中が触れたら終了。

- ・ 体幹側部 (図 2)

開始： サイドブリッジの体勢をとり、上に位置する脚を下の脚の前方に出し、その体勢をキープ。片方の腕は逆側の肩に置く。

終了： 股関節が曲がる、もしくはお尻が地面に着いたら終了。

- ・ 体幹後部 (図 3)

開始： 伏臥位になってもらい、台から骨盤から上をだし、地面と上肢が平行になる体勢でキープ。腕は胸の前でクロスする。

終了： 地面と上肢が平行を保てなくなったら終了。

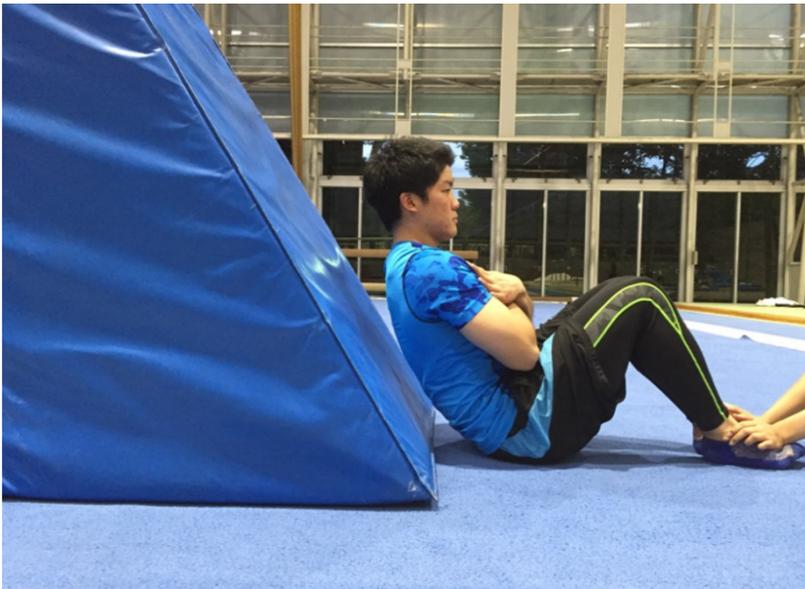


図1. 体幹前部の測定



図2. 体幹側部の測定



図3. 体幹後部の測定

4. 最大挙上重量の測定

最大挙上重量の測定の前・後には各自ストレッチを実施するよう指示をした。テーピングやリフティングベルト、シャフトパッド等の装着は自由とし、検者が補助をした。3回試技を実施し、一番値が良かったものを採用した。

4-1. スクワット

スクワットの測定の際の足幅やシャフトを担ぐ位置は厳密には決めていないが、足幅は肩幅程度、シャフトは肩で担ぐように指示をした。

20kgのシャフトから始め、その後自己申告の1RMの50%の重量を5回、70%で3回、90%で1回行ってから測定に移った。推定1RMを完遂できた場合には更に重量を5kg上げ、出来なかった場合には5kg下げた。足関節等の柔軟性を考慮し、大腿部と地面を平行まで下げるパラレルスクワットを基準とした。また、しゃがみが浅いと検者が判断した場合は一度休息をとってもらい、その後再度測定をした。

4-2. ベンチプレス

ベンチプレスの測定の際の手幅は基本自由としたが、81cmラインを基準として行うように指示をした。

スクワットと同様に20kgのシャフトから始め、その後自己申告の1RMの50%の重量を5回、70%で3回、90%で1回行ってから測定に移っ

た。推定 1RM で完遂できた場合には更に重量を 2.5kg 上げ、出来なかった場合には 2.5kg 下げた。バーベルが胸についていない等の動きが観察された場合には重量を下げるか、休憩をとってもらった後で再度測定をした。

5. 垂直跳びの測定

垂直跳びはサージャントジャンプメーター (evernew 社製) を使用し、測定した。試技の前には検者が見本を見せ、その後 3 回練習を行ってもらった。測定は 3 回実施し、一番値が良かったものを採用した。

- ① 指に炭酸マグネシウムの粉をつける。
- ② ボードから約 15cm ほど離れ、できるだけ高い位置まで腕を伸ばし、その位置を 0cm とする
- ③ 腕を振り、素早くジャンプし、最大到達点でボードに粉をつける。
- ④ 最初の 0cm の位置から最大到達点を 1cm 単位で計測。

6. 立ち幅跳びの測定

立ち幅跳びの測定は怪我防止のため運動靴の着用を義務付けた。また、条件統一のために着地時に腕が地面についてしまった場合や、バランスを崩してしまった際の試技は無効とし、正確に着地を行う事が出来た試技のみデータを採取した。試技の前には検者が見本を見せ、その後 3 回練習を行ってもらった。測定は 3 回実施し、一番値が良かったものを採用した。

- ① つま先とスタートラインを合わせる。
- ② その位置から腕を振り、前方にジャンプする。
- ③ 着地した際の踵の位置に印をつけ、スタートラインから 1cm 単位で計測。

7. アジリティの測定 (図 4)

アジリティテストにはヘキサゴンテストを採用した。
一辺が 61cm の正六角形の各辺をジャンプして超える。それを時計回りに 3 周し、中央に戻ってきた時点でのタイムを計測した。試技中に足がテープを超えていない場合や、バランスを崩してしまった際は無効とし、正確に各辺を超えることが出来た試技のみ計測をした。測定は 3 回実施し、一番値が良かったものを採用した。

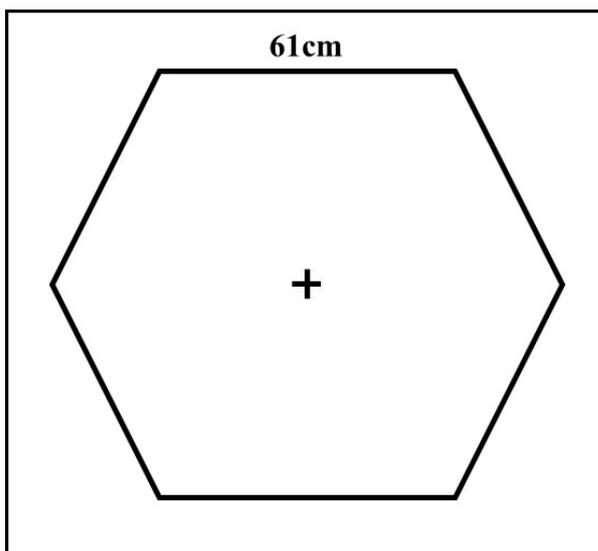


図4. ヘキサゴンテストに用いた六角形

8. スプリントの測定 (図 5)

条件統一のためにスタンディングポジションでのスタートを指示したが、ステップバック等の制限はしなかった。スタートラインと Brower 社製の光電管を 1m 離して設置し、20m、40m のタイムを少数第 2 位まで計測した。測定は 3 回実施し、一番値が良かったものを採用した。

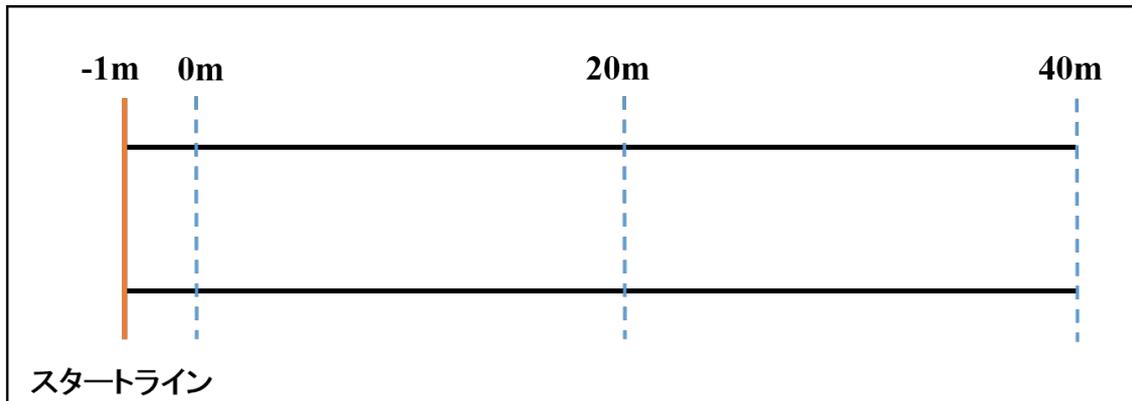


図5. スプリント測定の際の機材配置

9. データ解析

相関分析にはピアソンの積率相関係数を用い、2 群比較には t 検定を用いた。また、各要因の影響を排除するために体幹テストの合計時間、1RM の合計重量で調整した偏相関分析を用いた。

データ解析はすべて表計算ソフト(Excel)、SPSS Statistics ver.22 を用いて行った。データはすべて平均値±標準偏差で示し、有意水準は 5%未満とした。

【Ⅲ 結果】

1. 被験者の身体的特徴と測定値

本研究の被験者の身体的特徴と測定値を表1示した。

体幹テストのタイムが高かった群を High score 群とし、低かった群を Low score 群とした。

パフォーマンステストではヘキサゴンジャンプ、筋力指標では BP、BP/BW において High score 群が Low score 群よりも有意に高い値を示した (P<0.05)。

その他の項目では両群に有意な差はみられなかった。

表1. 被験者の身体的特徴と測定値

	Total		High		Low		P Value
N	16		8		8		
年齢(歳)	20.9	± 1.5	20.6	± 1.3	21.1	± 1.8	
身長(cm)	175.5	± 4.8	176.9	± 5.3	174.2	± 4.2	
体重(kg)	72.8	± 8.0	74.6	± 9.9	70.9	± 5.7	
前(s)	256.1	± 88.6	313.8	± 73.4	198.4	± 61.8	
右(s)	114.6	± 28.7	133.5	± 18.4	95.8	± 24.7	
左(s)	121.9	± 34.2	145.1	± 33.6	98.6	± 11.9	
後(s)	123.8	± 31.9	138.3	± 30.4	109.4	± 27.9	
合計時間(s)	616.4	± 141.9	730.6	± 81.2 *	502.1	± 82.0	<0.05
垂直飛び (cm)	63.1	± 8.7	66.4	± 7.7	59.9	± 8.9	
立ち幅跳び (m)	2.5	± 0.3	2.6	± 0.2	2.4	± 0.2	
ヘキサゴンジャンプ (s)	9.9	± 1.1	9.3	± 1.0 *	10.5	± 0.8	<0.05
20-m スプリント(s)	3.0	± 0.1	2.9	± 0.1	3.1	± 0.1	
40-m スプリント(s)	5.4	± 0.3	5.2	± 0.3	5.5	± 0.2	
BP(kg)	82.5	± 21.1	95.3	± 20.0 *	69.7	± 13.4	<0.05
BP/BW	1.1	± 0.2	1.3	± 0.1 *	1.0	± 0.2	<0.05
SQ(kg)	118.8	± 30.0	125.9	± 21.5	111.6	± 36.7	
SQ/BW	1.6	± 0.4	1.7	± 0.1	1.6	± 0.5	
Total lift(kg)	201.3	± 45.9	221.3	± 40.5	181.3	± 44.3	
Total lift/BW	2.8	± 0.5	3.0	± 0.3	2.6	± 0.6	
平均±標準偏差	*P<0.05 vs Low, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight						

2. 体幹テスト間の相関関係

体幹テスト間の相関関係を表 2 に示した。

体幹テスト合計時間(前後左右)との間に正の相関関係がみられたのは前、右、左であった($P<0.05$, $P<0.01$)。

表2. 体幹テスト間の相関関係

	前	後	右	左	合計
前	1				
後	0.149	1			
右	0.605*	0.284	1		
左	0.551*	0.225	0.612*	1	
合計	0.905**	0.429	0.791**	0.740*	1

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

3. パフォーマンステスト間の相関関係

パフォーマンステスト間の相関関係を表 3 に示した。

ほぼ全ての項目で有意な相関関係がみられた($P<0.05$, $P<0.01$)。

表3 パフォーマンステスト間の相関関係

	垂直跳び	立ち幅跳び	ヘキサゴンジャンプ	20m	40m
垂直跳び	1				
立ち幅跳び	0.702**	1			
ヘキサゴンジャンプ	-0.648**	-0.732**	1		
20m	-0.618*	-0.540	0.897**	1	
40m	-0.625*	-0.610*	0.859**	0.966**	1

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

4. 体幹テストとパフォーマンステストの相関関係

体幹テストとパフォーマンステストの相関関係を表 4 に示した。
体幹テスト合計時間と正の相関関係がみられたのは立ち幅跳び、ヘキサゴンジャンプ、BP、BP/BW であった ($P<0.05$, $P<0.01$)。

表4. 体幹テストとパフォーマンステストの相関関係

	前	後	右	左	合計
垂直跳び	0.428	-0.015	0.248	0.444	0.410
立ち幅跳び	0.573*	0.206	0.523*	0.552*	0.637**
ヘキサゴンジャンプ	-0.592*	-0.049	-0.299	-0.467	-0.548*
20m	-0.304	-0.161	-0.134	-0.396	-0.342
40m	-0.438	-0.176	-0.209	-0.427	-0.441
BP	0.651**	-0.115	0.342	0.354	0.526*
BP/BW	0.699**	0.010	0.517*	0.537*	0.633**
SQ	0.128	-0.115	-0.052	0.191	0.083
SQ/BW	0.014	0.007	-0.007	0.281	0.071
Total lift	0.383	-0.128	0.123	0.287	0.296
Total lift/BW	0.327	0.009	0.229	0.450	0.353

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight

5. 最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係

最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係を表 5 に示した
SQ 最大挙上重量、合計挙上重量と垂直跳びとの間に有意な正の相関関係がみられた。

表5. 最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係

	BP	BP/BW	SQ	SQ/BW	Total	Total/BW
垂直跳び	0.363	0.375	0.617*	0.648**	0.570*	0.645**
立ち幅跳び	0.216	0.211	0.227	0.222	0.248	0.258
ヘキサゴンジャンプ	-0.389	-0.281	-0.218	-0.067	-0.321	-0.176
20m	-0.074	-0.119	-0.106	-0.145	-0.111	-0.160
40m	-0.120	-0.199	-0.081	-0.147	-0.107	-0.193

*P<0.05, **P<0.01, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight

6. 最大挙上重量で調整した体幹テストとパフォーマンステストの相関関係

最大挙上重量で調整した体幹テストとパフォーマンステストの相関関係を表 6-1, 6-2, 6-3, 6-4 に示した。

単相関ではいくつかのパフォーマンステストと体幹テストとの間に相関関係がみられたが、その結果を筋力指標である最大挙上重量で調整すると体幹テストとパフォーマンステストとの相関関係はみられなくなった。

表.6-1 体幹テストとパフォーマンステストの相関関係 (調整因子:SQ)

	前	後	右	左	合計
垂直跳び	0.386	0.016	0.182	0.211	0.291
立ち幅跳び	0.394	0.252	0.371	0.282	0.438
ヘキサゴンジャンプ	-0.348	-0.106	-0.035	-0.230	-0.278
20m	-0.342	-0.159	-0.154	-0.384	-0.357
40m	-0.473	-0.174	-0.225	-0.421	-0.454

SQ = Squat

表.6-2 体幹テストとパフォーマンステストの相関関係 (調整因子:SQ/BW)

	前	後	右	左	合計
垂直跳び	0.353	-0.014	0.104	0.116	0.224
立ち幅跳び	0.375	0.245	0.344	0.265	0.415
ヘキサゴンジャンプ	-0.327	-0.107	-0.023	-0.247	-0.268
20m	-0.339	-0.155	-0.145	-0.373	-0.348
40m	-0.477	-0.170	-0.220	-0.406	-0.449

SQ = Squat, BW = Body Weight

表.6-3 体幹テストとパフォーマンステストの相関関係 (調整因子: Total lift)

	前	後	右	左	合計
垂直跳び	0.147	-0.035	0.025	0.100	0.086
立ち幅跳び	0.321	0.238	0.322	0.268	0.383
ヘキサゴンジャンプ	-0.319	-0.099	-0.020	-0.221	-0.258
20m	-0.306	-0.152	-0.133	-0.384	-0.332
40m	-0.440	-0.167	-0.208	-0.420	-0.433

表.6-4 体幹テストとパフォーマンステストの相関関係 (調整因子: Total lift/BW)

	前	後	右	左	合計
垂直跳び	0.072	-0.067	-0.088	-0.025	-0.020
立ち幅跳び	0.302	0.233	0.298	0.264	0.369
ヘキサゴンジャンプ	-0.317	-0.106	-0.019	-0.266	-0.271
20m	-0.293	-0.144	-0.112	-0.369	-0.315
40m	-0.428	-0.155	-0.184	-0.389	-0.413

BW = Body Weight

7. 体幹テストで調整した最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係

体幹テストで調整した最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係を表 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 に示した。

単相関ではいくつかのパフォーマンステストと最大挙上重量との間に相関関係がみられた。その結果を体幹テストで調整しても、体幹左を調整因子にした結果を除き、ほぼ全てにおいてパフォーマンステストとの相関関係は残ったままであった ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。

表7-1. 最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係(調整因子:体幹前)

	BP	BP/BW	SQ	SQ/BW	Total	Total/BW
垂直跳び	0.145	0.153	0.717*	0.743	0.597	0.623*
立ち幅跳び	-0.168	-0.259	0.339	0.317	0.211	0.167
ヘキサゴンジャンプ	0.084	0.248	-0.169	-0.084	-0.105	0.010
20m	0.116	0.096	-0.195	-0.213	-0.116	-0.136
40m	0.160	0.106	-0.214	-0.256	-0.118	-0.166

* $P < 0.05$, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight

表7-2. 最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係(調整因子:体幹右)

	BP	BP/BW	SQ	SQ/BW	Total	Total/BW
垂直跳び	0.190	0.208	0.675*	0.707*	0.593	0.631*
立ち幅跳び	-0.102	-0.202	0.305	0.273	0.206	0.149
ヘキサゴンジャンプ	-0.108	-0.004	-0.083	-0.023	-0.100	-0.019
20m	-0.023	-0.057	-0.13	-0.155	-0.109	-0.142
40m	-0.040	-0.108	-0.117	-0.164	-0.105	-0.166

* $P < 0.05$, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight

表7-3. 最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係(調整因子: 体幹左)

	BP	BP/BW	SQ	SQ/BW	Total	Total/BW
垂直跳び	0.020	-0.005	0.640*	0.673*	0.544	0.578
立ち幅跳び	-0.184	-0.289	0.179	0.155	0.092	0.036
ヘキサゴンジャンプ	0.038	0.198	-0.027	0.059	-0.011	0.117
20m	0.201	0.205	-0.022	-0.024	0.045	0.049
40m	0.167	0.121	0.014	-0.016	0.065	0.028

*P<0.05, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight

表7-4. 最大挙上重量とパフォーマンステストの相関関係(調整因子: 体幹合計)

	BP	BP/BW	SQ	SQ/BW	Total	Total/BW
垂直跳び	0.123	0.127	0.688*	0.714*	0.585	0.617*
立ち幅跳び	-0.276	-0.416	0.304	0.268	0.163	0.097
ヘキサゴンジャンプ	0.071	0.249	-0.111	-0.027	-0.068	0.05
20m	0.177	0.178	-0.152	-0.16	-0.07	-0.079
40m	0.205	0.169	-0.142	-0.172	-0.054	-0.091

*P<0.05, BP = Bench Press, SQ = Squat, BW = Body Weight

【IV 考察】

1. 体幹テストについて

本研究で用いたテストは McGill Endurance Test であった。このテストは体幹スタビリティを測定する上で BIODEX 等の機械を用いた測定よりも簡易的であり、かつ検者内における再現性も高いとされている¹⁹⁾。だが、このテストにおける体幹筋の筋活動をみた研究はなく、どの体幹筋を対象として行っているものなのかを判断することは難しく、本当にスタビリティ能力を評価しているものなのかは未だに疑問が残ったままである。さらに、本研究の体幹テストのスコアは先行研究と比べて約 2 倍近く高い値であり、ばらつきも大きかった (256.1 ± 88.6 vs 113 ± 51.9 秒)⁸⁾。測定の際も「上肢の角度が地面に対して 60° 」「脚の屈曲角度が 90° 」等の基準が設けられているものの、それを目視で判断することはなかなか難しく、先行研究の結果に反して検者内の再現性は低いと考えられる。

一般的に「体幹トレーニング」として知られているものは先述した二つの体幹の働きのうちスタビリティを重視したものであり、本研究における「体幹トレーニング」も体幹の働きをスタビライザーとして定義したものである。現場においてはスタビリティ強化のための体幹トレーニングの導入として、息を吐き、腹部全体をへこませ、腹横筋の収縮をさせるといった Abdominal Hollowing (ドローイン)が推奨されている。しかしながら Grenier ら(2007)による研究によるとドローインよりも体幹部全体に力を入れる Abdominal bracing (ブレージング)の方が腹横筋の筋活動が高いことがわかっている²⁴⁾。さらに、Hamlyn

ら(2007)は、自重による体幹トレーニングよりもバーベルを用いたスクワットやデッドリフトの方が体幹筋の筋活動が高いことを報告している²⁵⁾。

そのため、今後は体幹テストにおける筋活動等を観察し、対象としている筋が活動をしているのか、そしてそれは簡易的であり検者間における再現性は高いテストであるのかということを考慮に入れて体幹テストのゴールドスタンダードとなるべきものを模索する必要があると考えられる。

2. 体幹とパフォーマンステストについて

一般的に体幹は地面から下肢に伝わった力を上肢へと伝えるとされており、その働きによるパフォーマンス向上効果は広く知られている。

Nesser ら(2007)による研究では、体幹テストのタイムを前後左右で区分し、それらとパフォーマンステストとの相関関係を検討しているが、それによると様々なテストとの関連が報告がされている⁷⁾。しかしながら本研究においては先行研究と相違する点が多くみられる。彼らによる研究の被験者は 29 名の NCAA Div.I (National Collegiate Athletic Association Division I : NCAA Div.I)に所属するアメリカンフットボール選手であり、日常的にレジスタンストレーニングを行っていた可能性がある。そのため、体幹スタビリティと筋力指標である最大挙上重量との相関が多くみられたと考えられる。また、アメリカンフットボールは試合中に走る、跳ぶ、切り返しをする等の動作を繰り返し行っていることが考えられるため、選手自体がそのような動きに

慣れており、体幹とパフォーマンステスト間での相関関係がみられた可能性が考えられる。よって、体幹とパフォーマンステストに相関関係が見られるか否かは被験者特性によるものが大きいと言える。Marwan(2012)らは、被験者合計 40 名でみられた相関関係と、それらを従事スポーツ別(ハンドボール、バレーボール、バスケットボール)に分けた際の体幹とパフォーマンステストの相関関係は大きく異なることを報告している⁹⁾。本研究における被験者間の従事スポーツにはばらつきがあり、パフォーマンステスト特有の動作に慣れていないものが多く、またレジスタンストレーニングを継続的に行っている者も少なかったため、体幹スタビリティとパフォーマンステストとの相関関係を多くみることができなかつた可能性がある。

体幹スタビリティとパフォーマンステストの関連がみられたという研究がある一方で、関連がみられなかつたという報告もされている。Tseら(2005)による研究では、32名の被験者に30-40分の体幹トレーニングを8週間行わせており、介入前と介入後でそれぞれ垂直跳び、立ち幅跳び、10mシャトルラン、40mスプリント、メディシンボール投げの値を測定したが、いずれも有意な差はみられていない。また、体幹テストは McGill Endurance Test であつた⁸⁾。

本研究においては、筋力指標である最大挙上重量は主に垂直跳びとの相関関係がみられており、その垂直跳びも、すべてのパフォーマンステストとの相関関係が認められている。また、最大挙上重量で調整した偏相関分析では、すべてのパフォーマンステストにおいて相関関係はみられていない。これらの結果を踏まえて、パフォーマンスは体幹や筋力、筋パワーとの相互関係の上で成り立っているものと予想され、その中で体幹との関わりが深いものや筋力、筋パワーとの関わり

が深いものがあることが考えられる。そのため、近年取り上げられているように「体幹トレーニングをすれば競技力の向上が望める」「体幹トレーニングをするとダイエット効果がある」という誇張した宣伝活動は避けるべきであり、現場におけるコーチやトレーナーもそのことを理解した上で筋力・筋パワーを併せて向上させるような指導をするべきである。

3. 結論

本研究の主な目的は従事スポーツの異なる選手を対象に、筋力・体幹スタビリティ・パフォーマンス指標を測定し、パフォーマンスは筋力・体幹スタビリティのどちらが大きな影響を及ぼしているのかを比較・検討し、その要因を明確にすることであった。

結果、体幹はいくつかのパフォーマンステストと正の相関関係を示すが、それは筋力との相互作用によって成り立っているものであることがわかった。また、垂直跳びに関しては体幹よりも下肢の筋力が強い影響を及ぼすことが示唆された。新たな知見を得るために行ったヘキサゴンジャンプに関して、体幹テストのスコア別に High score、Low score で群分けをしたところ、High score 群が Low score 群よりも有意にタイムが早かった ($p<0.05$)。

以上の結果から、一見すると体幹とパフォーマンスは相関関係があるようにもみえるが、それには筋力も大きな影響を及ぼしていることがわかった。

4. 本研究の限界点

4-1. 体幹テストのゴールドスタンダードがない

何度も記述している通り、体幹における深層筋、浅層筋どちらを対象としたテストであるのか、その筋の筋活動はみられているのか等を再考慮した体幹テストの見直しが必要であり、測定法にばらつきがあるままでは真の意味での体幹筋の評価は難しい。

4-2. 筋パワー指標を測定していない

筋パワーとは、「筋力×スピード」で定義されるもので、Sorianoら(2015)によると、パワークリーンやハングクリーンは $>70\%1RM$ でパワーが最大となり、スクワットは $30-70\%1RM$ で最大に、スクワットジャンプについては $<30\%1RM$ 時に最大になるとされている²⁶⁾。

本研究では筋力の指標を測定してはいるものの、上肢、下肢、体全体の筋パワーの指標を測定しておらず、その原因として被験者がパワークリーンなどのエクササイズを習得しておらず、適切な値を収集できないといった技術的な理由がある。

そのため、今後は介入を行い、パワークリーン等の技術取得が難しいエクササイズについての測定値も含めて比較、検討することで、さらなる考察が可能になる。

4-3. 被験者数、被験者特性

被験者数を増やすことは統計学的にも信頼できる値を得ることが可能になり、本研究では得られなかった相関関係や有意差を認めることがあると予想される。

また、被験者特性における体幹とパフォーマンステストの相関関係の違いが認められたため、それぞれの従事スポーツにそった体幹、筋力、

筋パワーの測定が必要である。

4-4. 単関節の筋力を測定していない

本研究で用いたエクササイズは2つ以上の関節を動員する多関節運動であり、個々の単関節におけるトルク等の検討はしていない。

そのため、BIODEX等を用いて単関節の筋力を測定することで、新たに体幹と筋力の関係、筋力とパフォーマンステストとの関係性が観察されると考えられる。

4-5. 横断研究であり、介入ではない

横断研究による検討では、因果関係が明らかにならない場合が多く、そのため今後は体幹トレーニングによる介入研究を行い、さらにダイエット期を設けることで、体幹トレーニングとパフォーマンスの因果関係を明らかにすることができる。

5. 今後の展望

今回行った研究の機序をより詳細に検討するために、より細分化した測定項目の設定が必要である。

今後はこれまで医学系の研究で用いられることの多かった磁気共鳴画像法(Magnetic Resonance Imaging : MRI)を用いて体幹の筋断面積を求め、それを元にした検討を行うことや、実際にパフォーマンスを高めるためには、体幹トレーニングをはじめとしたどのようなトレーニングの組み合わせが最も適切であるのかを再検討する必要がある。

そしてそれらの結果を研究から現場レベルに落とし込むことで、現

場で言われている筋力トレーニング不要論、体幹神話というものを根本から変えていくことができる。

また、2007年には日本整形外科学会が運動器症候群(ロコモティブシンドローム:ロコモ)という概念を新たに提唱した。ロコモとは筋肉、骨、関節、軟骨、椎間板といった運動器の障害のために移動機能の低下をきたし、要介護になるリスクの高い状態であると定義される。我が国におけるロコモ発症者の数は予備軍も含めて約4700万人にのぼると推定されており、このロコモの主要な一つの原因として加齢に伴う筋量・筋力の低下(サルコペニア)が挙げられている。このサルコペニア改善のための運動様式や運動強度等の研究は幅広くなされており、Nicklasら(2015)による研究では、レジスタンストレーニングが高齢者に対して好影響を及ぼすことを指摘している²⁷⁾。

また、高齢者と若年競技アスリートでは体幹の活動機序自体が異なることも考えられるため、そのような相違点を筋量・筋力とともに比較・検討することも重要であると考えられる。そして、医学的にも体幹は腰痛との関連が多く、多くの研究で指摘されているが、具体的にどのような機序で体幹が腰痛と関連しているのか、その他、高齢者のQOL(Quality Of Life)に影響する疾病等との関連は未だに明らかになっていないことが多く、競技アスリートだけではなく、高齢者、一般人の体幹機能等を測定し、ロコモやサルコペニア予防に通じるトレーニングの開発も社会的意義がある。

【V 参考文献】

1. Chabut, L. Core Strength For Dummies. Wiley Publishing, Inc. U.S.A. 2009.
2. 長友佑都 著(2014)『長友佑都 体幹トレーニング 20』木場克己 監修, KKベストセラーズ
3. 金岡 恒治・小泉 圭介 (2013)『体が生まれ変わる「ローカル筋」トレーニング (神経と筋肉のつながりを促す最強メソッド)』マキノ出版
4. Michael Schunke, Erik Schulte, Udo Schumacher (2011)『プロメテウス解剖学アトラス解剖学総論/運動器系 第2版』坂井 建雄・松村・讓兒 訳, 医学書院
5. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997 Feb;77(2):132-42
6. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine.* 1996 Nov 15;21(22):2640-50.
7. 橋本輝, 前大 純朗, 山本正嘉『一過性の体幹スタビライゼーションエクササイズが垂直跳び,ドロップジャンプ,リバウンド ジャンプのパフォーマンスに及ぼす効果』スポーツパフォーマンス研究, 3, 71-80, 2011
8. Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res.* 2008 Nov;22(6):1750-4.

9. Tse MA, McManus AM, Masters RS. Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *J Strength Cond Res.* 2005 Aug;19(3):547-52
10. Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *Int J Sports Phys Ther.* 2011 Jun;6(2):63-74.
11. Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *J Strength Cond Res.* 2004 Aug;18(3):522-8.
12. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res.* 2011 Jan;25(1):252-61.
13. Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Med.* 2012 Aug 1;42(8):697-706.
14. Marwan Ali Abd Allah, Mahmoud Abd El-mohsen Nagi. Core Relation To Physical Performance In Some Collectivity Games. 未 公 刊
15. Tricoli V, Lamas L, Carnevale R, Ugrinowitsch C. Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res.* 2005 May;19(2):433-7.
16. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M, Kang J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *J Strength Cond Res.* 2004 Feb;18(1):129-35.
17. Channell BT, Barfield JP. Effect of Olympic and traditional resistance

- training on vertical jump improvement in high school boys. *J Strength Cond Res*. 2008 Sep;22(5):1522-7.
- 18.Brughelli M, Cronin J, Chaouachi A. Effects of running velocity on running kinetics and kinematics. *J Strength Cond Res*. 2011 Apr;25(4):933-9.
- 19.Thomas R.Baechle, Roger W.Earle(2010) 『ストレングストレーニング&コンディショニング — NSCA 決定版 (第 3 版)』 金久博昭・岡田 純一監修, National Strength and Conditioning Association.
- 20.Morton SK, Whitehead JR, Brinkert RH, Caine DJ. Resistance training vs. static stretching: effects on flexibility and strength. *J Strength Cond Res*. 2011 Dec;25(12):3391-8.
- 21.Conley MS, Rozenek R. Health Aspects of Resistance Exercise and Training. *National Strength and Conditioning Association Position Statement*. 2011, Volume 23, Number 6, pages 9–23.
- 22.Moss, BM, Refsnes, PE, Abildgaard, A, Nicolaysen, K, and Jensen. J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75(3):193-9.
- 23.Andy Waldhelm, Li Li. Endurance tests are the most reliable core stability related measurements. *J Sport Health Sci*. Sep 2012:121–128
- 24.Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 Jan;88(1):54-62.
- 25.Hamlyn N, Behm DG, Young WB. Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities.

J Strength Cond Res. 2007 Nov;21(4):1108-12.

26.Soriano MA¹, Jiménez-Reyes P, Rhea MR, Marín PJ. The Optimal Load for Maximal Power Production During Lower-Body Resistance Exercises: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2015 Aug;45(8):1191-205.

27.Nicklas BJ, Chmelo E, Delbono O, Carr JJ, Lyles MF, Marsh AP. Effects of resistance training with and without caloric restriction on physical function and mobility in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2015 May;101(5):991-9.

【VI 謝辞】

本論文を作成するにあたり、実験計画や論文添削など丁寧なご指導賜りました指導教官である樋口先生には感謝申し上げます。また、統計の手法や図表の作成を指導してくださり、助言をくださった谷澤さん、谷口さんにも多大なる謝意を表します。そして、副査を快く引き受けてくださった松井先生、平山先生にも深く感謝いたします。

樋口研究室に所属をして、論文の読み方から書き方、統計のかけ方など、また実際に実験を自分で経験して学んだことが沢山あります。英語の論文を熟読する機会は学部の頃にはありませんでしたし、ゼミの際にも発表の「内容」に対して意見を言うてくださることがこんなにも頼もしいことなのか、と初めて参加した時に衝撃を受けました。そうした環境に身をおいて、どうすればいい実験ができるのか、優秀な人材になれるのか、皆さんのような発表ができるのか、というのを自分なりに真似し、模索をした2年間でした。樋口研究室でなければ博士課程を受験しようとも思いもしなかったと感じています。樋口先生を初めとする研究室の皆様、2年間ありがとうございました。また、今年度もよろしくお願ひ申し上げます。

長くはなりましたが、最後に、陰ながら大学院進学を応援してくれた両親・姉には感謝してもしきれません。ありがとう。