異なる体幹トレーニングがラグビー選手のバランス制御能力に与える影響
―スラックラインを用いた実践的研究―

菊池 雄太[1]、砂川 力也[2]、増澤 拓也[2]

[1] 琉球大学大学院教育学研究科、[2] 琉球大学教育学部

The effect of different trunk training on rugby player's balance control ability
—Practical study using slackline—

Yuta KIKUCHI[1], Rikiya SUNAKAWA[2], Takuya MASUZAWA[2]

[1]Graduate school of education,University of the Ryukyus
[2]Faculty of Education,University of the Ryukyus

Abstract

This study aimed to clarify the influence of training using slack line on balance ability. The subject was a rugby player of 18 healthy male college students. Subjects were divided into three groups (slack line group; SL, front and side bridge group; FS, control group; Cnt), training was conducted twice a week for 4 weeks. We measured center of gravity fluctuation, muscle strength, reaction jump test before and after training, ratings of perceived exertion (RPE) was recorded every time immediately after training. The speed of the center of gravity fluctuation was significantly decreased after SL and FS training. The back strength did not change between SL and FS, and Cnt showed a decreasing trend. The value of RPE was significantly lower in SL than in FS. It was suggested that the training using the slack line improved the balance ability as much as the stabilization type trunk training, and the subject felt the training strength small.

Keywords: Centroid oscillation, Continuity, Ratings of perceived exertion, Isometric contraction

Corresponding Author: Yuta Kikuchi
Address: 1 Senbaru, Nisihara, Nakagami, Okinawa, Japan, 903-0213
TEL：098-895-8317
Email: sh.rugby.9@gmail.com

要約

本研究は、大学ラグビー部に所属する健常な男子大学生 18 名を対象に、スラックライン上での歩行トレーニングがバランス制御能力に与える影響について明らかにすることを目的とした。実験参加者を 3 群（スラックライン群；SL 群、フロント・サイドブリッジ群；FS 群、コントロール群；Cnt 群）に分け、週に 2 回のトレーニングを 4 週間実施した。トレーニング前後に、重心動揺、筋力および反応ジャンプテストを測定し、各トレーニングセッションの終了直後に、主観的運動強度（RPE）を聴取した。その結果、SL 群と FS 群において、トレーニング後に、重心動揺速度が有意に低い値を示した。SL 群および FS 群の背筋力の変化は認められず、Cnt 群では、トレーニング後に低下する傾向であった。また、主観的運動強度は FS 群に比べ SL 群が有意に低い値を示した。このことから、スラックラインを活用したトレーニングを行うことで、スタビライゼーション型の体幹トレーニングと同等にバランス制御能力が向上し、実践者は、トレーニング強度として主観的に小さく感じていることが明らかとなった。

キーワード：重心動揺、継続性、主観的運動強度、等尺性筋収縮

責任著者：菊池雄太
住　　所：〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原1番地
電話番号：098-895-8317
Email：sh.rugby.9@gmail.com

Ⅰ. 緒言

スポーツ選手の競技力向上には、高い技能の習得とそれを支える体力的要素の向上が不可欠といえる。ラグビーフットボール（以下「ラグビー」と略す）では、80分間、短・中・長距離のスプリント走が繰り返し行われ、時に急激な減速や方向転換の状況が出現するようなオープンスキルが要求される。すなわち、スピード、アジリティ、クイックネス、パワー、スタミナ等の極めて高い身体的能力の発揮を必要とするスポーツであると言える。さらに、プレー中に激しい身体接触が頻繁に繰り返されることから、柔軟性やバランス制御能力も重要な要因の一つとして考えられ、特に現代のラグビーでは素早く攻撃を展開するため、様々な状況下において、転倒を最小限に留めることが求められている。身体の安定性の条件として、重心が低いこと、支持基底面が広いこと、重量が重いことの3つが挙げられ[3]、ラグビー競技では、パフォーマンスの高い選手の多くが、一定の身体質量を有し、重心動揺の値が低いことが身体の安定性に影響していると考えられている[12,13]。これまで、バランス制御能力の改善には、主に下肢筋力の重要性が指摘され、下肢を中心とした複合的なレジスタンストレーニングの有用性が示唆されている[20,21,22]。

スポーツのパフォーマンスを規定するものに様々な要因が考えられるが、主に陸上での身体活動では、多くの身体機能を用いて重力および床反力を活用している。しかし、不正確な動作姿勢では、外力を上手に利用できず、目的とする動作を効率よく実施することが困難である。体幹筋群の活動は姿勢保持に関与し、バランス制御能力に大きく影響すると考えられることから、スポーツ選手にとって体幹筋群の機能改善はパフォーマンスを向上させるために不可欠な課題と言える。主として補強運動に用いられることの多い体幹トレーニングは、スポーツ現場において指導者に提示され実施するケースがほとんどである。指導者による単一の体幹トレーニングの提示は、選手のトレーニングをマンネリ化させると推察でき、トレーニング指導者はトレーニングの効果はもとより、ピリオダイゼーションに応じてトレーニング内容を提示することが求められるだろう。

最近になり、サスペンショントレーニングのような不安定環境下で行うエクササイズが多くの関節や骨格筋に刺激を与え、全身のトレーニングとして関心を集めている[1,4]。この様なトレーニングの特徴は重力や自体重を利用することであり、一般人からアスリートまで目的に応じて幅広く活用されている。さらに上記の不安定環境を利用したトレーニングの中でも、アウトドア・レジャースポーツとして注目されており、伸縮性のあるテープ状の上を綱渡りのように歩行する「スラックライン」は、基底面が非常に不安定であるため、基底面の動揺に協応するよう重心位置を制御する必要があり、神経筋パフォーマンスを向上させうるトレーニングである[2,19]。スラックライン上でのバランス制御の特徴として、足部（基底面）の変動を最小限に抑え、主に上半身を中心にバランスをとるといった動作が行われる。その際、腹直筋、腹斜筋あるいは脊柱起立筋といった、体幹筋群の役割が重要となるため、動作そのものは「歩行」であるが、体幹部の筋機能の貢献が大きい。つまり、スラックライン上でのエクササイズは、バランス制御能力の改善を目的とした体幹筋群の強化と神経筋機能改善の有効なトレーニング手段になり得るのではないかと考えた。

そこで本研究は、ラグビー選手を対象に一般的に普及している等尺性筋収縮での体幹トレーニングとスラックラインを用いたトレーニングがバランス制御能力に与える影響について、明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 方法

1. 対象

被験者は、九州大学リーグに所属し、主要大会においてスターティングメンバーとして出場経験のあるラグビープレーヤー18名を対象とした（表1）。なお、本研究はヘルシンキ宣言の趣旨を遵守して倫理的配慮のもと実施され、各被験者には事前にインフォームド・コンセントを行い研究参加の同意を得た。

2. 実験手順

全被験者の事前測定終了後、重心動揺速度の数値を基準に、群間で差が生じないように配慮し、ラグビーのポジションがそれぞれ均等になるよう6名ずつ以下の3群に分類した。これらの群間には最大筋力を体重で除した体重比最大筋力にも差は生じていなかった。①スラックライン上の歩行をトレーニングとする群（以下「SL群」と略す）、②スポーツ現場で主に用いられている体幹トレーニングの1つである、フロントブリッジおよびサイドブリッジトレーニングを行う群（以下「FS群」と略す）、③補強トレーニングを実施しない群（以下「Cnt群」と略す）。これらのトレーニングはラグビー部の通常の練習に加え、補強トレーニングとして週2回の頻度で4週間実施し、トレーニングの間隔は少なくとも48時間とした。これらのトレーニング終了後72時間以上の間隔を設け、事後測定を実施した（図1）。

3. トレーニング内容

1）スラックライントレーニング

スラックライントレーニングを開始するにあたって、安全管理上

表１．被験者特性

	年齢（歳）	身長（cm）	体重（kg）	体脂肪率（%）	BMI（kg/m^2）
スラックライン群（n=6）	21.0±2.5	164.8±5.1	73.2±11.1	18.5±4.3	26.8±2.9
フロント・サイドブリッジ群（n=6）	20.7±2.0	167.4±4.3	72.1±6.8	16.9±4.3	25.8±2.6
コントロール群（n=6）	21.3±1.7	165.1±5.7	67.6±6.4	15.2±3.0	24.8±1.7

平均値±標準偏差，BMI；Body Mass Index

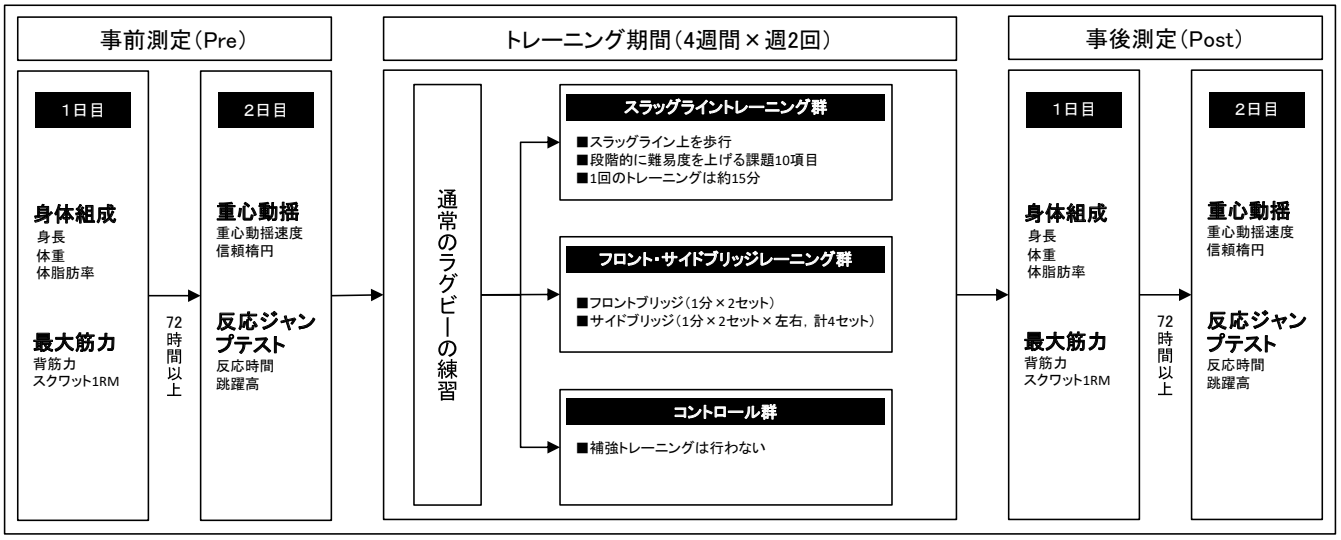

図１．実験手順

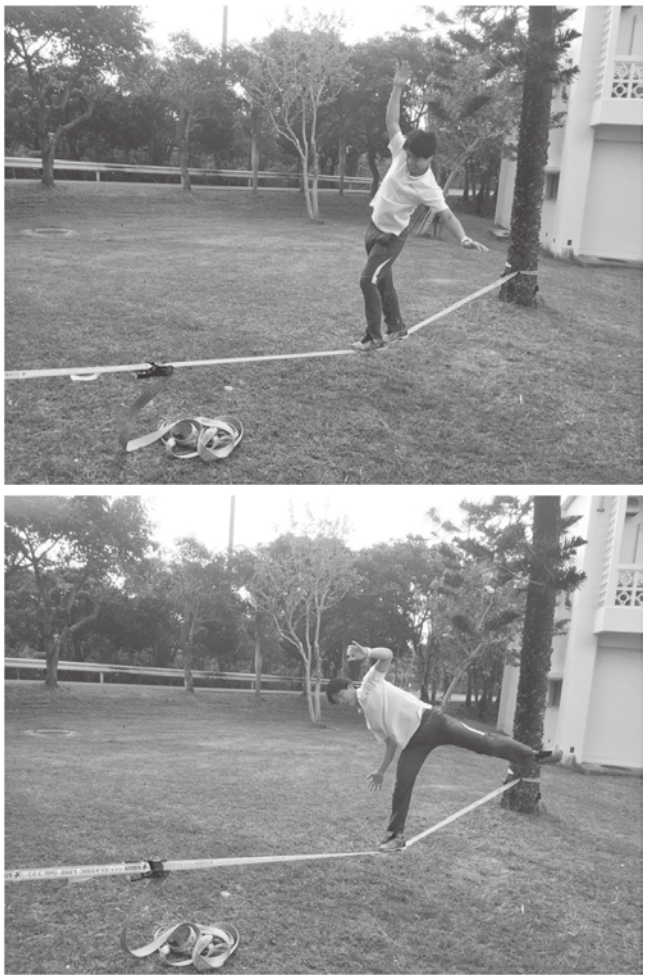

図2　スラックライントレーニング

の留意点を説明し、準備運動を実施させた後、2人組で交互に基本的な運動（両脚又は、片脚で乗るなどの動作）を学習させた（図2）。その後、日本スラックライン連盟が提示する、スラックライン基礎編にある課題（表2）を段階的に取組ませた。スラックライン（GIBBON社製）のセットアップは地上からの高さを約30cm、長さ約400cmとした。課題に取り組む際には、2人組で1

表2．スラックライントレーニング課題

チャレンジ1	片脚（利き足）5秒間静止
チャレンジ2	片脚（逆脚）5秒間静止
チャレンジ3	両脚5秒間静止
チャレンジ4	3歩前進→5秒間静止
チャレンジ5	3歩前進→5秒間静止×2
チャレンジ6	3歩前進→5秒間静止×2→座る
チャレンジ7	3歩前進→5秒間静止×2→3歩後進
チャレンジ8	3歩前進→5秒間静止→ジャンプ
チャレンジ9	3歩前進→5秒間静止→ジャンプ×2回
チャレンジ10	10m前進

※日本スラックライン連盟　スラックライン基礎編より　一部改変

本のスラックラインを交互に使用させ、トレーニング時間を15分間と設定した。また、安全性を確保するため日本スラックライン連盟が提示するスラックライン安全マニュアル[15]に準じて実施した。

2）フロント・サイドブリッジトレーニング

フロントブリッジならびにサイドブリッジ（図3）は、「体幹トレーニング・メゾット　コアの本当の鍛え方」[16]に基づき実施した。フロントブリッジでは、伏臥位で前腕を床に付けた状態から、足首、膝、骨盤、肩が一直線になるように身体を持ち上げるよう指示した。サイドブリッジでは、横臥位で片肘をついた状態から、両足首の間、両膝の間、体幹中央が一直線になるよう身体を持ち上げるように指示した。トレーニングは、1分間のフロントブリッジを2セット、サイドブリッジを4セット（左右それぞれ2セット）の計6セットを30秒間のインターバルを挟んで実施した。

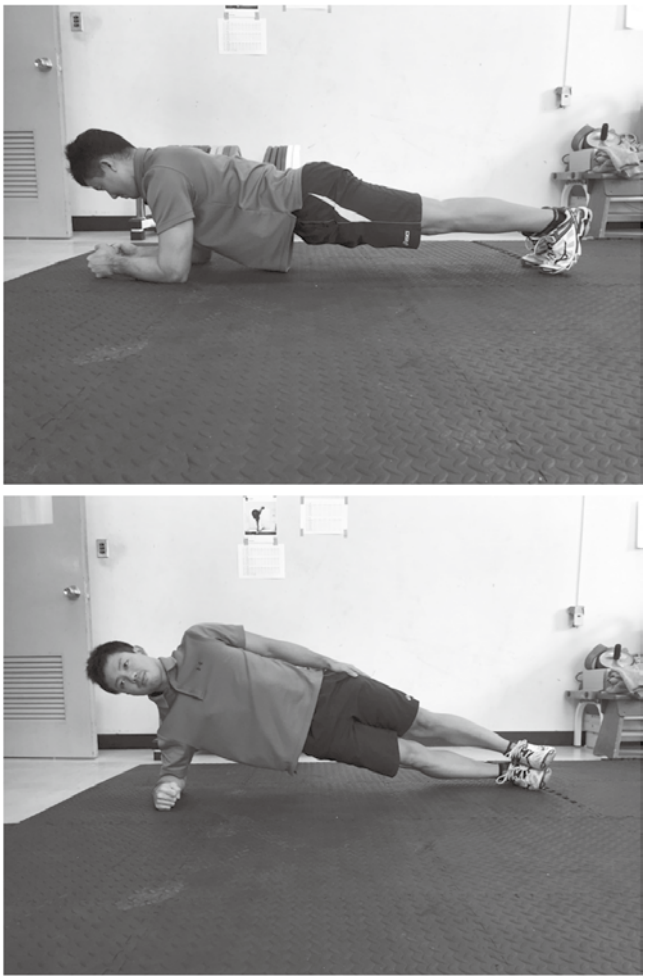

図3　フロントブリッジならびにサイドブリッジトレーニング

4．測定項目および測定方法

測定は被験者の身体的負担を考慮し、2回に分けて行った。1回目は身体組成と最大筋力の測定を行い、少なくとも72時間の間隔を設け、2回目に重心動揺と反応ジャンプテストを実施した。これらの測定は、トレーニングの事前および事後にて行い、トレーニング期間中は、それぞれのワークアウト終了直後に主観的運動強度を口頭にて聴取した。以下にその詳細を示す。

1）身体組成

体重と体脂肪率の測定にはインピーダンス法（Body Composition Analyzer, BC-118D, TANITA社製)を用い、身長の測定には木製身長計にて、小数点第一位までを記録した。Body mass indexは、体重を身長の二乗で除して求めた。

2）最大筋力

最大筋力の評価として背筋力および下肢の伸展筋力の測定を行った。背筋力測定は、背筋力計（竹井機器工業社製）を用いて、直立姿勢から上体が30度前傾する姿勢をとり、最大努力で3秒程度、力発揮をするよう指示した。測定は2～3分のインターバル設け、2回計測し、最大値を記録した。下肢の伸展筋力は、フルスクワットでの最大挙上重量（以下「1RM」と略す）を直接法にて測定した。試技は、最大で5回とし、挙上に成功した場合は、5−10kgの範囲で負荷を漸増させ、試技に失敗した直前の重量を1RMとして採用した。なお、フルスクワットのしゃがみ込む深さは、大腿部および下腿部の後面が触れるまでの位置とし、試技の間隔は疲労の影響を考慮し、少なくとも3分以上の十分な休息を設けた。

3）重心動揺

静止立位時の重心動揺計測には、バランスWiiボード(RVL-021, 任天堂社製)を用い、片脚安定、両脚安定、片脚不安定、

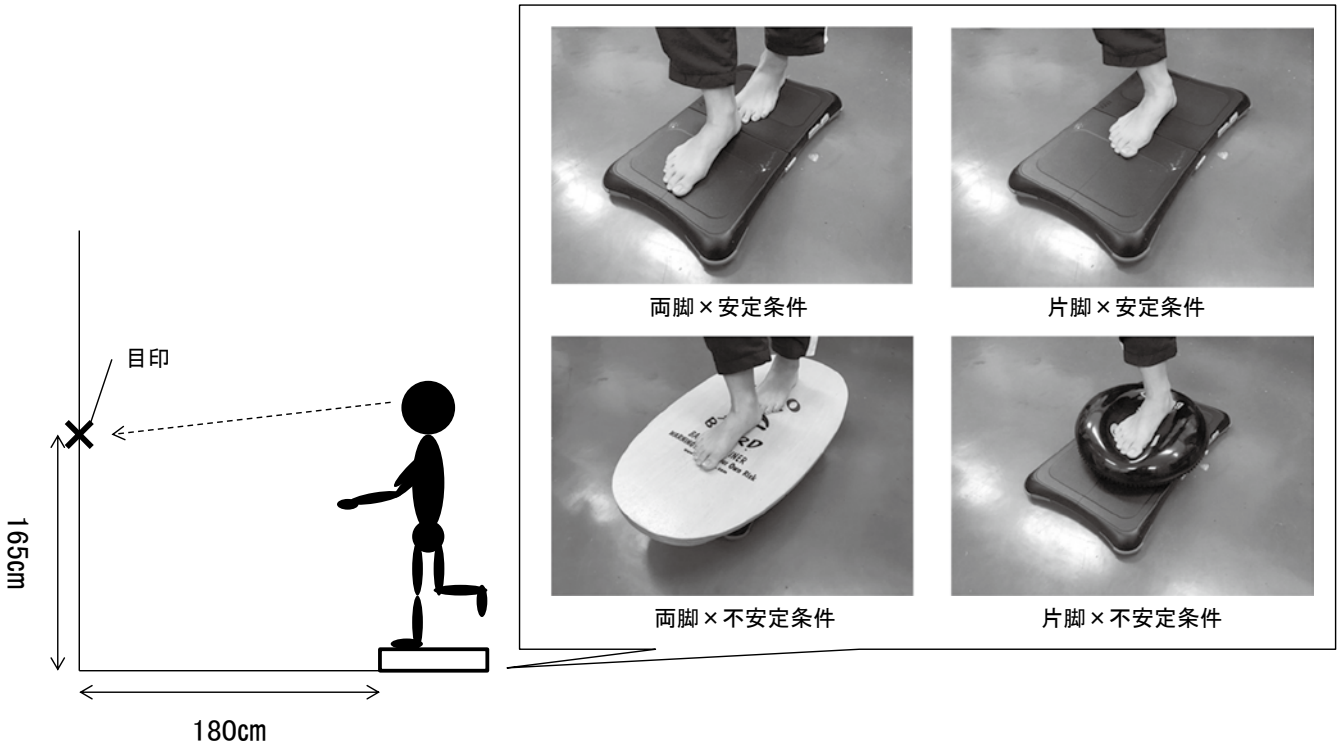

図4　重心動揺測定条件

両脚不安定の4条件をそれぞれ30秒間、2回計測した。測定時は、被験者から180cm前方、165cmの壁面に貼付したマーカーを注視するよう指示し、計測はすべて裸足とした。安定条件下では、Wiiボード上に直接立ち、不安定条件下では、Wiiボードと足底接地板の間に空気入りのクッション（INDO FLO SET、INDOBORAD社製）を挟んで、同様に実施した（図4）。分析項目は、重心動揺速度（cm/s）および信頼楕円（cm^2）とし、いずれも最小値を採用した。

4）反応ジャンプテスト

反応ジャンプテストでは、両手を腰に当てた状態で、膝関節角度が90°となる姿勢で一旦静止し、被験者の目線から200cmに設置した全自動信号機（NISHI SPORTS社製）の発光部が点灯した瞬間に、コンセントリック局面のみの全力ジャンプを行わせ、跳躍高および反応時間を計測した。視覚情報からの反応時間を読み取るために、240fpsで動画を撮影し（iPhone6 iOS11.4.1 Apple社製）、フラッシュから被検者の両足が離地するまでの時間を画像処理ソフト（aviutl100）を用いて算出した。跳躍高はリニアポジショントランデューサー（Gym Aware KINETIC製）を用いて計測を行った。試技は3回行い、跳躍高 が最大となる値を分析対象とした。

5）主観的運動強度

トレーニングに対する「きつさ」を評価するために、スラックライ

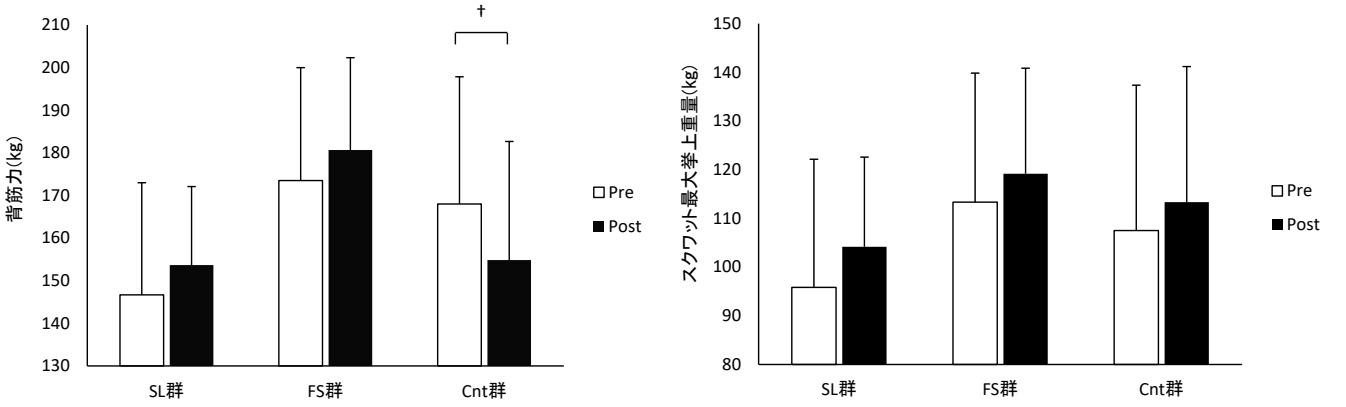

図5　背筋力及びフルスクワットの最大筋力比較
†はPre，Postに対する有意傾向　　†：p < 0.1

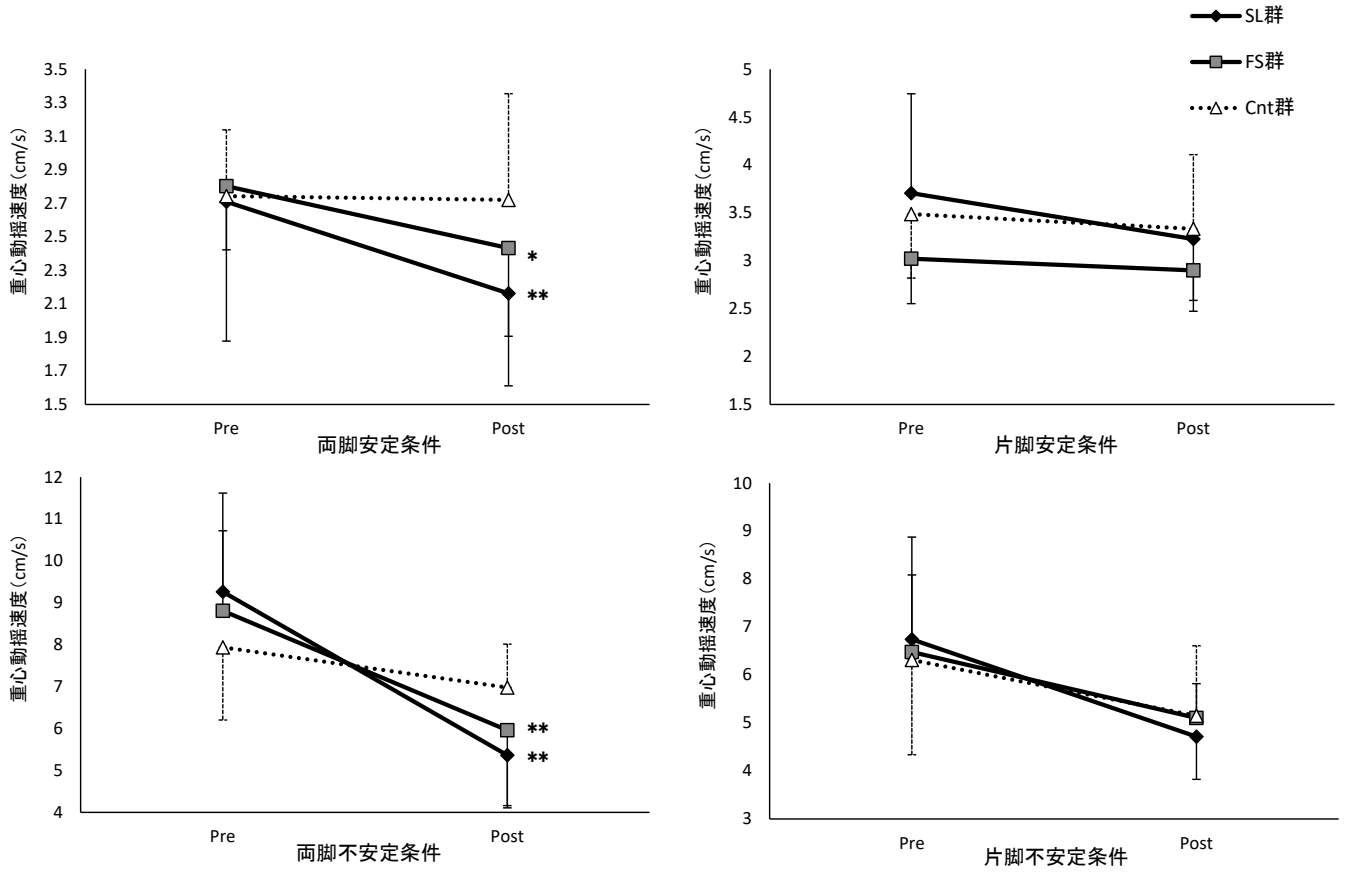

図6　重心動揺速度の変化
*はPre，Postに対する有意差　*：p < 0.05　**：p < 0.01

ントレーニングおよびサイド・フロントブリッジトレーニング終了直後、修正版ボルグスケール（12段階）を用いた主観的運動強度（以下「RPE」と略す）の聴取行った。

5．統計処理

得られたデータはすべて平均値±標準偏差で示した。最大筋力、重心動揺、反応ジャンプテスト、RPEの値の検定には2要因の分散分析を用い、有意差が認められた場合には多重比較検定（Bonferroni法）を行った。すべての有意水準は5%未満とし、有意傾向を10%未満とした。

Ⅲ．結果

1．最大筋力

トレーニング前後の背筋力およびフルスクワット1RMの変化を図5に示した。

背筋力は、SL群、FS群ともにトレーニング前後の変化は認められなかったが、Cnt群では、トレーニング後の背筋力が低下する傾向にあった。（168.0±29.9kg–154.8±27.8kg p=0.064）。フルスクワット1RMでは、すべての群において統計的な差は認められなかった。

2．重心動揺

重心動揺速度変化は、両脚安定条件においてSL群（2.7±0.8cm/s–2.2±0.6cm/s, p<0.01）、FS群（2.8±0.4cm/s–2.4±0.5cm/s, p<0.05）がトレーニング前と比較してトレーニング後に有意に低下した。両脚不安定条件でも同様に、SL群（9.3±2.4cm/s–5.4±1.3cm/s, p<0.01）、FS群（8.8±1.9cm/s–6.0±1.8cm/s, p<0.01）が有意に低下した（図6）。

図7は、トレーニング前後における各群の信頼楕円の変化を示したものである。両脚不安定条件において、SL群（18.1±7.13cm^2–8.4±3.4 cm^2, p<0.01）、FS群（17.3±3.4cm^2–11.0±3.1 cm^2, p<0.01）がトレーニング後に有意に低下した。また、トレーニング後にはCnt群（16.5±5.1cm^2）と比較しSL群（8.4±3.4cm^2）が有意に小さい値を示した（p<0.05）。

3．反応ジャンプテスト

トレーニング前後の跳躍高および反応時間を表3に示す。すべての群で、跳躍高、反応時間ともにトレーニング前後で統計的な差は見られなかった。

4．主観的運動強度

各トレーニング後のRPEを図8に示す。FS群は、トレーニング開始から終了まで5.7～4.5（とても強い～多少強い）、SL群は3.7～2.0（多少強い～弱い）の範囲で推移し、トレーニング回数の増加に伴うRPEの変化は見られず、主観的な強度はほぼ一定でFS群と比較してSL群が有意に低い値を示した（p<0.01）。

Ⅳ．考察

1．筋力の変化

本研究は、重心動揺の安定性を目的とした体幹筋群のトレー

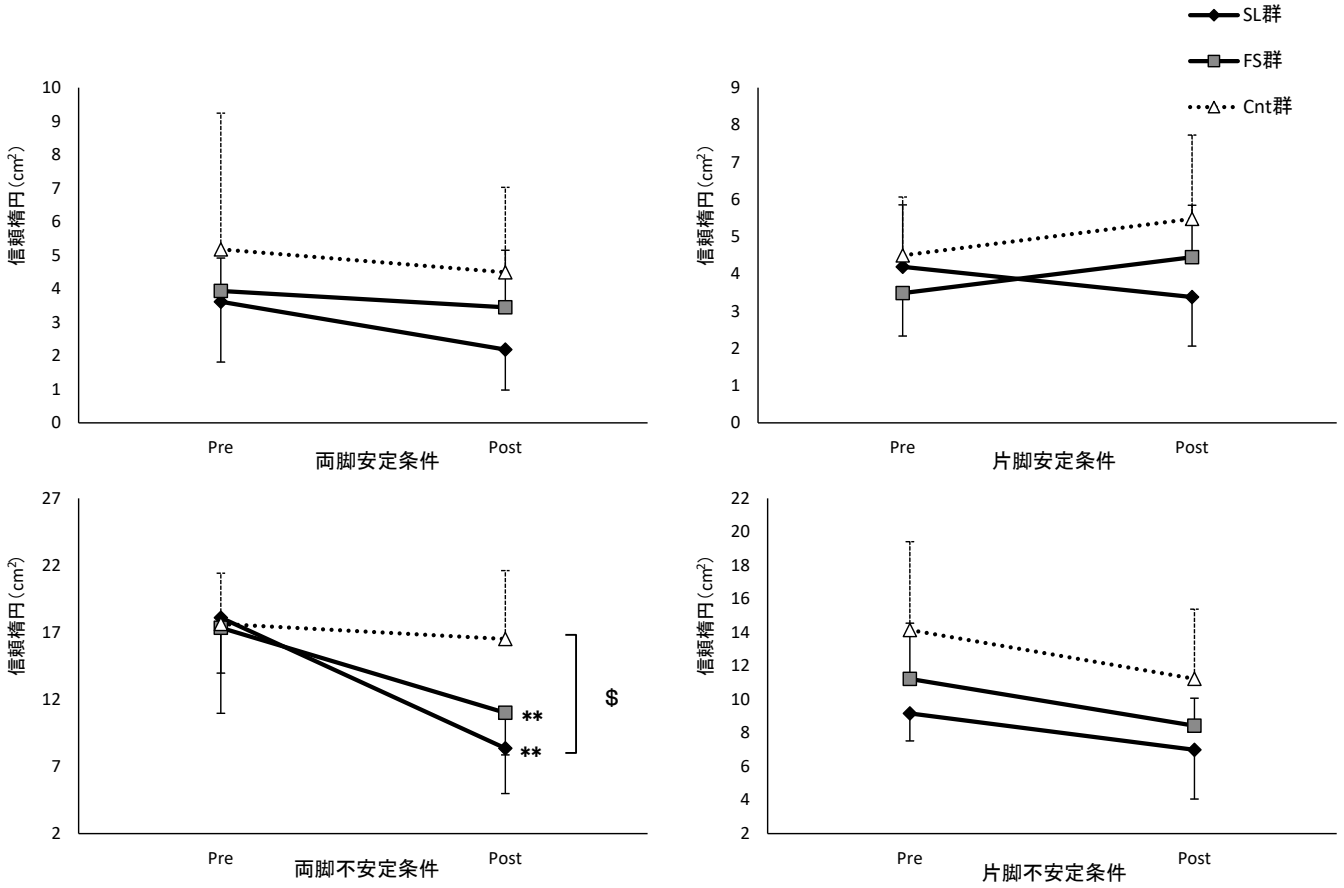

図7 信頼楕円の変化

＊はPre, Postに対する有意差　　**：p < 0.01
＄は群間に対する有意差　　＄：p < 0.05

表3. 反応ジャンプテスト

	跳躍高（m）		反応時間（s）	
	Pre	Post	Pre	Post
SL群（n=6）	0.61±0.03	0.64±0.12	0.80±0.07	0.84±0.10
FS群（n=6）	0.67±0.14	0.67±0.10	0.78±0.07	0.81±0.06
Cnt群（n=6）	0.56±0.06	0.61±0.06	0.77±0.06	0.81±0.06

SL：スラックライン　FS：フロント・サイドブリッジ　Cnt：コントロール

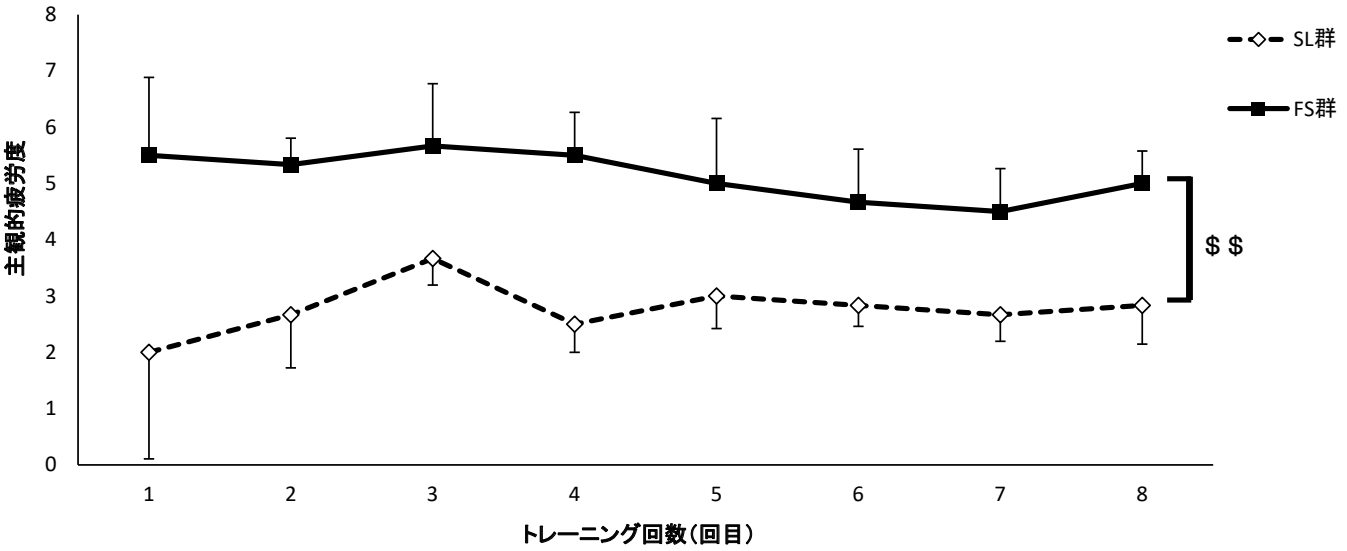

図8　トレーニング後の主観的運動強度比較
＄は群間に対する有意差　　＄＄：p < 0.01

ニングが筋力の変化にどのような影響を与えるか検証するために背筋力およびフルスクワットでの下肢筋力を評価した。その結果、すべての群において、筋力の向上は認められず、Cnt群では、背筋力が低下する傾向にあった。とりわけ、最大筋力の向上を目的とした場合、動員される骨格筋に対して適切な負荷を設定し、トレーニング変数を調整しながらプログラムを緻密に構成する必要がある。さらに、大きな効果を得るうえでは、数か月の期間を要するため[6,7,11,14,17,22,24]、本研究のトレーニングプログラムで筋力にポジティブな変化が認められなかったことは当然の結果と言えよう。

一方、体幹筋群の強化によって重心動揺の安定性が高まれば、少なからず、副次的効果として四肢が発揮する筋力に何らかの影響が生じると仮説をたてたが、明確に検証するに至らなかった。しかし、本研究でCnt群の背筋力が低下傾向にあったことは非常に興味深い。本研究の実験期間は、ラグビーの試合期にあり、すべての選手は、特別にウエイトトレーニングを実施していなかったにも関わらず、FS群およびSL群の筋力は低下していなかった。もちろん、試合期以前のトレーニングが乗除効果として残っていることは否定できないが、Cnt群のみ筋力の低下傾向を示したことは、本研究で実施したトレーニングプログラムによって、筋力低下を抑制した可能性が考えられる。

2. 重心動揺速度および信頼楕円の変化

トレーニングによるバランス制御能力の変化を評価するために複数の条件下で重心動揺の計測を行った結果、FS群およびSL群において、両脚安定条件、両脚不安定条件でのトレーニング後に重心動揺速度が有意に低下し、両脚不安定条件での信頼楕円が有意に低い値を示した。ヒトの直立姿勢の調整メカニズムは、身体重心の位置、足関節の位置、そして足底面内での足圧中心位置をもとに考えられており、直立姿勢を維持するためには、身体重心位置を支持基底面内に留めておく必要がある[3]。バランス制御能力に着目した一連の研究では、主に股関節、膝関節の屈曲・伸展筋力の向上が深く関与していることや[10,20,21]、漆原ら[26]は、姿勢保持そのものを運動課題とした場合、24週のトレーニング期間でその効果が期待できると述べている。また、高橋ら[23]は、12週間の体幹部のバランス運動で動的バランス、静的バランス共に効果が認められたと報告しており、本研究と類似している木村ら[9]の研究では、週1回の頻度で6週間の綱渡りトレーニングを行うことで重心の総軌跡長が有意に減少することを明らかにしている。本研究は、これらの研究結果と同等の効果が得られたと言え、さらに、先行研究と比較して短期間でバランス制御能力が改善されることが示唆された。トレーニング後における信頼楕円

を見ると、SL群は、Cnt群と比較して有意に低い値を示していた。ヒトの直立姿勢は、主に目からの視覚、耳にある前庭器官や三半規管からの平衡感覚、そして筋からの体性感覚の3つの感覚情報を中枢神経系が統合し、適切に処理することによって、効率的な姿勢保持を可能にしている。つまり、本研究で実施したスラックライン上での歩行課題は姿勢の調整機能を改善する上で、有用なトレーニングプログラムになる可能性が考えられる。

3．反応ジャンプテストの変化

体幹筋群を中心としたトレーニングによるバランス制御能力の改善に伴って、ラグビー選手に必要なオープンスキルである視覚情報からの反応速度と出力の評価を試みたが、すべての項目で変化は見られなかった。姿勢保持の調整力が増すことによって、跳躍時の地面反力や力の立ち上がりが増大するのではないかと仮説を立てたが[5, 8]、本研究は、体幹筋群を中心とした15分程度のトレーニングであり、視覚から受ける刺激に対しての反応学習は一切、講じていないため、筋力の改善に至らなかった理由と同様であると考える。すなわち、本研究でのトレーニングプログラムは、オープンスキルに直接的に関与しないことが示唆された。

4．主観的運動強度の比較

トレーニング実践者が、エクササイズ種目に対し主観的に感じる「きつさ」を評価するため、1回のトレーニング終了直後に修正版ボルグスケールを用いてRPEを記録した結果、FS群では、トレーニング期間を通して4（多少強い）～6（とても強い）であり、SL群では2（弱い）～4（多少強い）であった。また、トレーニング後の主観的運動強度においてSL群がFS群より有意に低い値を示した。つまり、4週というトレーニング期間において、両群とも「きつさ」に変動はなく、スラックラインを用いたトレーニングが、従来のスタビライゼーション型のトレーニングと比較して、主観的に「楽である」と感じていることが示唆された。これらの結果の要因としてスラックライントレーニングは課題達成型のトレーニング様式であり、いくつものスモールステップを設けることで課題達成の喜びを感じることができたと考えられる。その様子は、本研究の実験終了後に顕著に表れ、FS群は実験期間終了後も継続してスラックライントレーニングを自主的に行っていた。内発的動機づけは心理的欲求を充足する社会的要因により促進されること[25]や内発的動機づけに関わる運動有能感は「身体的有能さの認知」、「統制感」、「受容感」の3要因で構成されている[18]ことから、本研究のスラックライントレーニングは実験参加者に「練習すればできるようになる」などの運動有能感を与え、内発的動機づけに結び付いたと考えられる。シーズン制スポーツのラグビーにおいて、スラックライントレーニングはトレーニングのマンネリ化を抑制する可能性が示され、ピリオダイゼーションによっては体幹トレーニングの選択肢となりうるのではないだろうか。

Ⅴ．結論

本研究は、ラグビー選手を対象に一般的に普及している等尺性筋収縮での体幹トレーニングとスラックラインを用いたトレーニングがバランス制御能力に与える影響について検証した。その結果、両トレーニングともに重心動揺の安定が促進され、背筋力低下の抑制が示唆された。また、フロント・サイドブリッジトレーニングよりスラックライントレーニングの方が、主観的運動強度が低いことが認められた。しかし、フルスクワットの最大筋力および反応ジャンプテストには両トレーニングとも影響を与えなかった。

Ⅵ．トレーニング現場への提言

本研究結果から、スタビライゼーション型の体幹トレーニングとスラックラインを用いたトレーニングは、重心動揺の安定性が促進されることの知見を得た。さらに、両トレーニングを実施することによる背筋力低下の抑制にも影響を及ぼすことが示唆された。したがって、ラグビー選手に必要なバランス制御能力や体幹部の筋力維持を目的とした場合、少なくとも本研究で用いたトレーニングプログラムは有用であることが考えられる。トレーニング現場で多用されるスタビライゼーション型の体幹トレーニングは既定のポジションで数秒から数十秒間静止する方法であり、その後、体力の向上に合わせ、強度やセット数を漸増していく。一方、本研究で実践したスラックライントレーニングは、単純な課題（ラインに乗るなど）から段階的に難易度を上げる課題達成型のプログラムであると言える。これら2つのトレーニングを比較すると、先述したように重心動揺の安定や背筋力低下の抑制には同等の効果が認められているが、主観的強度はスラックライントレーニングの方が低い結果が得られた。このことは、神経・筋機能の改善効果が同様である場合、トレーニング実践者が主観的に「楽である」と感じることで、トレーニングの継続性を促す可能性があることから、スラックライントレーニングは、練習のマンネリ化の改善やピリオダイゼーションにおけるトレーニング計画の立案に応用できると考えられる。なお、本研究の限界として、被験者確保の困難さがあった。体幹トレーニングによる効果は明らかなものの、異なる体幹トレーニング群との間に効果の差ができる可能性に留意し、トレーニング計画へ組み込んでもらいたい。

文献

1)Byrne J M, Bishop N S, Caines A M, Crane K A, Feaver A M and Pearcey G E：Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise, Journal of Strength and Conditioning Research, 28：3049-3055, 2014

2)Donath L, Roth R, Zahner L and Faude O, Slackline training and neuromuscular performance in seniors：A randomized controlled trial, Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 26：275-283, 2016

3)深代千之，石毛勇介，若山章信，川本竜史，スポーツ動作の科学―バイオメカニクスで読み解く―，東京大学出版会，東京，128-138，2010

4)Harris S, Ruffin E, Brewer W and Ortiz A：Muscle activation patterns during suspension training exercises, International Journal of Sports Physical Therapy, 12：42-52, 2017

5)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

6)林直亨，宮本忠吉：週1 回の大学授業における筋力トレーニングが筋力に与える影響，体育学研究，54：137-143，2009

7)Jack H Wilmore, David L Costill and W Larry Kenney: Adaptations to Resistance Training, Physiology of sport and exercise, Human Kinetics, Windsor, 204-219, 2008

8)河端将司，加賀谷善教，島典広，西園秀嗣：ドロップジャンプ動作中における体幹の筋活動および腹腔内圧の変化，体力科学，57：225-233，2008

9)木村公喜，辻聡司，寺尾泰徳：週に1回6週間の綱渡り練習がバランス因子に及ぼす影響，理学療法科学，28：543-546，2013

10)Lord S R，Ward J A，Williams P and Strudwick M：The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial，journal of American Geriatrics Sosiety，43：1198-1206，1995

11)眞鍋芳明，桜井健一，岩壁達男，尾縣貢：速度の異なるスクワットトレーニングが下肢の筋断面積，筋力，運動パフォーマンスに与える影響，バイオメカニズム，19：69-80，2008

12)溝畑潤，川平隆司，新宅幸憲，白井永男，難英世，千葉英史：重心動揺と運動能力の関係について：大学生ラグビー選手の重心動揺および運動能力の測定結果から，スポーツ科学・健康科学研究，10：15-22，2007

13)溝畑潤，灘英雄，千葉英史，新宅幸憲，川平隆司：ラグビー選手の身体特性に関する研究：大学生ラグビー選手の形態、運動能力および重心動揺の測定結果から，スポーツ科学・健康科学研究，9：25-32，2006

14)中村一平，奥田昌之，鹿毛治子，國次一郎，杉山真一，藤井明宏，松原麻子，丹信介，芳原達也：高齢者に対する筋力増強訓練が身体能力に及ぼす効果に関するクロスオーバー研究，山口医学，53：279-289，2004

15)日本スラックライン連盟．スラックライン安全マニュアル：http://jsfed.jp/img/safety_manual1_01.pdf，2017.（2018年9月24日アクセス可能）

16)岡田隆，体幹トレーニング・メソッド コア本当の鍛え方，株式会社ベースボール・マガジン社，東京，8-17, 87-88，2011

17)岡野憲一, 九鬼靖太，秋山央，谷川聡：バレーボール選手における跳躍特性とトレーニング効果に関する事例的研究，体育学研究，63：355-366，2018

18)岡沢祥訓，北真佐美，諏訪祐一郎：運動有能感の構造とその発達及び性差に関する研究，スポーツ教育学研究，16：145-155，1996

19)Pfusterschmied J, Stoggl T, Buchecker M, Lindinger S, Wagner H and Muller E：Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation, Journal of Science and Medicine in Sport, 16：562-566, 2013

20)琉子友男，石川成道，鈴木聡子，小野晃，大賀隆之，渋谷公一：短縮性収縮専用マシーンを用いたスクワットトレーニングが高齢者の下肢筋力およびバランス能力に及ぼす影響，日本生理人類学会誌，10：45-51，2005

21)Ryushi T，Kumagai K，Hayase H，Abe T，Shibuya K and Ono A：Effect of Resistive Knee extension training on postural control measures in middle aged and elderly persons，Journal of Physiological Anthropology，19：143-149，2000

22)砂川力也，増澤拓也：12週間のレジスタンストレーニングが大学女子ラクロス選手の体力変化に及ぼす影響，琉球大学教育学部紀要，92：301-311，2018

23)高橋恵美，石田恭子，上島良，岡田武士，神保彩子，木下裕美子，成田誠:体幹筋力発揮時間とバランスの関係，理学療法科学，28：209-214，2013

24)高橋珠実, 新井淑弘, 原美智子, 大島喜八, 小屋佐久次, 山西哲郎:レジスタンストレーニングが女子大学生の体力，筋力およびＮＫ細胞活性に与える影響，日本衛生学雑誌，63：642-650，2008

25)Taylor W C，Blair S N，Cummings S S，Wun C C and Malina R M：Childhood and adolescent physical activity patterns and adult physical activity，Medicine & Science in Sports Exercise，31：118-123，1999

26)漆原俊哉，衣笠隆，相馬優樹，三好寛和，長谷川聖修：女性前期高齢者のバランス能力を改善させる運動介入：無作為比較試験，体力科学，59：97-106，2010