

東京体育学会第9回学会大会

発表抄録

## 日本の大学における体育会バスケットボール部と学生連盟の成立過程 —— 協会および大学の記念誌による検討 ——

小谷 究 (流通経済大学)

キーワード：東京YMCA, 旧制中学校, コーチ

バスケットボール競技は、1891年にアメリカで創始された。日本では1913年にアメリカからF.H.Brownが来日したことを契機として、競技の本格的な伝播と定着がはじまった。競技移入後の日本のバスケットボール競技はYMCAを中心に行われたが、1926年以降は大学を中心にして活発に展開された。これが日本における競技の移入期の概況であるが、これまでのバスケットボール競技史研究は女学校やYMCAへの導入に関するものが多い。しかし、今日のバスケットボール競技は大学を中心に活発に展開された時期を経て成り立っており、現在の競技を理解するには、この時期における大学の競技について紐解くことが不可欠となる。そこで、本研究では日本の大学における体育会のバスケットボール部と学生連盟の成立過程について明らかにすることを目的としたい。

### 【大学におけるバスケットボール競技の源流となった東京YMCAと旧制中学校のバスケットボール競技】

競技移入当初のバスケットボール競技はYMCAを中心に展開され、1917年以降は東京YMCAの黄金時代となっていた。当時はYMCAや旧制中学校、女学校の一部のみでバスケットボール競技が実施されており、大学では実施されていなかった。しかしながら、後に大学においてバスケットボール競技をはじめた者達がこの時期に東京YMCAや旧制中学校においてバスケットボール競技に触れており、大学におけるバスケットボール競技の源流には、東京YMCAや旧制中学校のバスケットボール競技があった。

### 【大学におけるバスケットボール競技の開始】

YMCAや旧制中学校でバスケットボール競技に触れた者達は、その後、大学においてバスケットボール競技を実施するようになった。早稲田大学では1920年、立教大学と慶応義塾大学では1921年頃、東京商科大学では1923年以前、明治大学では1924年頃からバスケットボール競技が実施されるようになった。

### 【大学のバスケットボール競技の運営において東京YMCAが果たした役割】

バスケットボール競技が実施されるようになった頃の立教大学や東京商科大学では東京YMCA関係者がコーチを努めており、東京帝国大学、明治大学、慶応義塾大学が練習場として東京YMCAの体育館を利用するなど、各大学ではバスケットボール競技が実施されるようになった後も指導面及び施設面において東京YMCAが重要な役割を果たした。

### 【体育会への加盟に求められた競技成績と体育会バスケットボール部の誕生】

各大学のバスケットボール競技は、実施当初、体育会への加盟が認められていなかった。当時の各大学では体育会に加盟するために一定の競技成績をあげることが求められており、立教大学は1922年、早稲田大学は1923年、慶応義塾大学は1924年に大会での成績が認められ、体育会への加盟を果たした。

### 【学生連盟の設立と関東大震災による大学チームの台頭】

立教大学、早稲田大学、東京商科大学において体育会のバスケットボール部が誕生すると、1923年にはこの3大学による学生連盟が設立された。学生連盟の設立には東京YMCAのチームを打倒し、大学チームが中心となってバスケットボール競技のさらなる発展に寄与しようという目的があった。この1923年には関東大震災により東京YMCAが体育館を失い、東京YMCAのチームは解散を余儀なくされ、その後は、大学チームが国内の大会を次々に制したのであった。こうして、学生連盟が設立し、さらに関東大震災が契機となってバスケットボール競技界は大学チームの時代を迎えることとなった。

# 日本バスケットボール史における李想白の功績について

## ——史料別にみる評価——

及川 佑介（東京女子体育大学）

キーワード：李想白の墓碑，「RDR60」，「スポーツの技術史」，「指導籠球の理論と実際」

### 1. はじめに

本研究では昭和初期に日本バスケットボール界で活躍した李想白の功績に関する研究の一齣として史料別にみる彼の評価について検討した。彼は日本バスケットボール界及び日本スポーツ界での活動が評価され、大日本バスケットボール協会は功労者として表彰、日本政府は勲三等旭日章、韓国政府は無窮花大勲章を授与している。

### 2. 史料別にみる李想白の評価

#### 2-1) 賞勲局が書き残したメモ書き(年月日不明)

「昭和41.4. 14 勲3等旭日賞 元日本体育協会専務理事 韓国オリンピック委員会委員長 国際オリンピック委員会委員 わが国スポーツ界の発展、または、日韓国際親善に寄与。」と記されてある。

#### 2-2) 「読売新聞」

訃報の記事で、彼の役職が記されていたほか、早稲田大学バスケットボール部の監督を務め、強化のために渡米したこと、大日本バスケットボール協会を設立したことが掲載されていた。また、1936年12月13日の記事で、大日本体育協会の会長候補有力者として李想白が挙げられている。

#### 2-3) 「朝日新聞」

朝日新聞での李想白自身の記事はなく、新聞記者が彼について記したものが3回あり、全て訃報・葬儀のことであった。

#### 2-4) 「体協時報」

追悼記事が掲載され、バスケットボール界の近い人物が記しているだけに、学生時代のことや李想白の様子などが記されているほか、日韓両国のスポーツ交流に尽力したこと、IOCのブランデーとともにバスケットボールがオリンピック種目になるための活動をしたことなど、外交的手腕についての記事があった。

#### 2-5) 李想白の墓碑(1967.4.14, 1周年忌の除幕式)

大学教授として韓国文化史研究や李朝建国の研究等を行い、文学博士の学位を有したこと、スポーツ界で国際的に活躍してオーストリアや日本、韓国から勲章を授与されたことが記されている。

#### 2-6) 牧山圭秀「バスケットボールの技術史」『スポーツの技術史』所収

選手、指導者として活躍したこと、大日本バスケットボール協会の設立、国際的に活動したことのほか、彼の著書『指導籠球の理論と実際』(1930年)が「バイブル的存在として技術向上に寄与した」と記されている。

#### 2-7) 日本バスケットボール協会編『バスケットボールの歩み』

李想白の尽力により、早稲田大学のアメリカ遠征が実現したこと、大日本バスケットボール協会を設立したこと、国際審判員の草分け的存在であったこと、国際的に活動していたことが記されている。

#### 2-8) 早稲田大学 RDR 倶楽部編『RDR60』

『指導籠球の理論と実際』の説明とそれをもとに指導を実践したこと、李想白が中心に大日本バスケットボール協会を設立したことが記されている。

#### 2-9) 孫煥「戦前の在日朝鮮人留学生のスポーツ活動に関する歴史的研究」(博士学位論文)

この文献は李想白を研究的に扱った貴重な史料である。日本バスケットボール界・スポーツ界での活動や彼の著書について記されている。

#### 2-10) 大島裕史『コリアンスポーツ(克日)戦争』

国際的に「太いパイプを持っている」人物として書きはじめられ、彼の略歴や役職が記されたあとに、IOCのブランデーとのことが掲載されている。

### 3. おわりに

本研究では、10点の史料を用いて、李想白が如何に評価されたのかを検討した結果、主に、大日本バスケットボール協会の設立、『指導籠球の理論と実際』にみられるバスケットボールの技術的な関与、国際的な活動が評価されていることがわかった。しかし、バスケットボール関係者の記事以外は、李想白について具体的な中身に入らずに評価していた。

## 企業アスリートのキャリア・トランジションプロセスの分析 —— ライフラインとインタビューの結果に基づいて ——

高士 真奈 ((公財)山口県体育協会) 吉川 政夫 (東海大学) 永田 直也 (慶應義塾大学)

キーワード：企業アスリート, ライフライン, キャリア・トランジション, ソーシャルサポート

### 【背景】

キャリア・トランジションとは、引退後からの次のキャリアにシフトするまでの人生の節目という意味を持つ(田中, 2016)。昨今では、トップアスリートの様々なキャリア形成に対応する支援への関心が高まり、引退によるキャリア・トランジションで発生する様々な出来事に注目する研究も存在している(久保田ら, 2002; 高橋, 2010; 上代ら, 2013)。その中では、アスリートの競技人生を時間的経過に従い、ライフラインを用いて事例を検討するものもある(豊田, 1999)。ライフラインは、主に構成的グループエンカウンター内の一つとして広く用いられている(河村, 2000)が、スポーツ領域において多く活用されている(土屋, 2000; 辰巳, 1999)。

### 【目的】

本研究では、企業に所属していた女性アスリートを対象者とし、対象者が作成したライフライン及びインタビュー内容から、キャリア・トランジションプロセスの特徴検出と支援を検討することを目的とした。

#### 1) 調査対象と調査時期

企業に所属していた元アスリート3名、年齢の範囲は、26歳～37歳であった。調査時期は2017年7月中旬～8月であった。

#### 2) 調査方法

対象者にはインタビュー調査前にライフラインの作成を依頼した。ライフラインは、河村(2000)を基に、横軸を時間経過、縦軸を幸福度として、競技人生の中で分岐点となる出来事を想起し記載するよう依頼した。インタビュー調査は、1対1の半構造化面接法により各々のライフラインに沿って質問しデータを収集した(1名約60分)。データは承諾を得てICレコーダーに録音した。

### 【結果及び考察】

#### 1) ライフラインの満足度上昇要因

3事例のライフラインから、満足度の高まる時を検討したところ、以下のような特徴が確認された。

①試合での成績を残せた時や実力発揮が出来た時はライフラインの急激な上昇が見られる

②新たな所属先が決まった時、移籍時にライフライン上昇が見られる

③競技生活を引退する前、または後ライフラインは上昇傾向にある

また、インタビュー内容ではライフラインの③の部分で、「引退を決意した後、自分で目標設定を行った」「自分の親(又は信頼できる友人)に相談し、自分の考えをまとめた」というコメントがあった。このように引退時の“前向きな決断”、“目標設定”や“自律的思考”が満足度上昇の要因であると考えられる。

#### 2) ライフラインの満足度下降

3事例のライフラインから、満足度が落ち込む時を検討したところ、以下の特徴が確認された。

①試合での成績が思うように残せず、精神的不安定が伴う時はライフラインの下降が見られる

②ケガや病気をしてしまった時、急激なライフラインの下降が共通して見られる

③仕事と競技の両立の難しい時や生活に上手く適応できない時にライフラインの下降傾向がある

インタビュー内容から、ライフラインの①②の部分で、「自分はこのままでいいのかと感じた」「チームや監督に不信感を感じ始めた」と、自分や周囲に対して疑心を抱いていたことが分かった。

また、②では、「年齢と身体の衰えを感じてしまった時、引退を考えるようになった」と引退へのきっかけが共通して“身体の衰え”であったことが分かった。このように、引退の前段階において“自他への疑心”や“自己縮小感”が認められた。

### 【結論】

時系列的に調査・分析することによって、企業アスリートのキャリア・トランジションプロセスの力動が分かった。また支援する側が企業アスリートに対して適切なソーシャルサポートを行う必要性が示唆される。

# 高校競技選手を対象とした心理技法の活用に関する一考察

小松 健一 (アキラ株式会社)

キーワード：心理技法活用尺度、心理的競技能力

## 【背景】

オリンピックなど大舞台の中で、パフォーマンスを発揮するためには、心理的側面の重要性も強調されている。このような競技能力を最大限に引き出すことのできる理想的な心理状態を実現するスキルを心理的スキルと呼ぶ(吉川, 2005)。村上ほか(2010)は、心理的スキルを高めることを目指した心理技法を測る包括的な尺度「心理技法活用尺度」を作成した。その研究の中では、大学生競技者を対象に心理技法の特徴について競技レベルなどの観点から検討を行っている。一方で、高校生などを対象とした研究はまだ実施されていない。

## 【目的】

本研究では、高校競技選手を対象に、競技場面で競技選手が実力を発揮する際に必要と考えられている心理的スキルを獲得するための心理技法の活用状況を明らかにするとともに、心理的競技能力にどのような影響を及ぼしているのか検証することを目的とした。

## 【方法】

対象者は、A県の高校運動部に所属する高校生154名(男子部員78名、女子部員76名、平均年齢16.3歳、SD = 0.9)。調査対象者の競技種目は、ハンドボール、陸上競技、ボート、水球、弓道、アーチェリー、なぎなたであった。調査内容は、村上ほか(2010)が作成した心理技法活用尺度を使用し、情動のコントロール、セルフトーク、自己分析、イメージ、サイキングアップ、ルーティン、ゲームプラン、目標設定の項目を調査した。また、心理的競技能力について徳永・橋本(1988)の開発した心理的競技能力診断検査(DIPCA.3)を使用した。

## 【結果】

### 1. 競技レベルにおける心理技法活用の比較

全国大会に出場した経験のある部員を全国大会出場群(71名)、地方大会出場または未出場の部員を地方大会出場群(83名)とし、2群間を心理技法活用8因子の平均値の差を対応のないt検定で検証した。結果は、5因子において全国大会出場群の方が有意に高い値であった。情動(t(152) = 3.07)、セルフトーク(t(152) = 2.49)、自己分析(t(152) = 2.71)、イメージ(t(152) = 2.14)、ゲームプ

ラン(t(152) = 2.79)、目標設定(t(152) = 3.07)、(いずれもp<.05)。

### 2. 心理技法活用と心理的競技能力との関連

高校競技選手の心理技法活用と心理的競技能力との関係を検討するため、心理技法活用の8因子とDIPCA.3との相関係数を求めた。結果は、表1の通りである。

## 【考察】

競技レベルにおける心理技法活用の比較では、全国大会に出場経験のある競技選手の方が、地方大会または未出場の競技選手より心理技法を多く活用していることが示唆された。これに関しては、吉川(2005)によると、競技レベルが高くなるに従って、心、すなわち心理的スキルが競技パフォーマンスや競技結果を左右する割合が大きくなると述べており、全国大会などを経験したことが心理技法の活用を促しているのではないかと考える。さらに、同時に実施した心理的競技能力の各尺度との関連から、心理技法の活用が心理的競技能力を高め、実力発揮につながる可能性があると考えられる。

表1. 心理技法尺度と心理的競技能力との関連

	競技意欲	精神の安定・集中	自信	作戦能力	協調性
1 情動のコントロール	0.40 **	0.50 **	0.64 **	0.60 **	0.40 **
2 セルフトーク	0.44 **	0.24 **	0.42 **	0.51 **	0.36 **
3 自己分析	0.49 **	0.29 **	0.43 **	0.52 **	0.43 **
4 イメージ	0.53 **	0.17 *	0.47 **	0.56 **	0.35 **
5 サイキングアップ	0.50 **	0.31 **	0.49 **	0.45 **	0.43 **
6 ルーティン	0.26 **	0.29 **	0.35 **	0.31 **	0.37 **
7 ゲームプラン	0.56 **	0.22 **	0.50 **	0.51 **	0.47 **
8 目標設定	0.57 **	0.25 **	0.51 **	0.55 **	0.33 **

\*\* p<.01 \* p<.05 網掛けは0.4(中程度)以上の相関を表す

## 大学教養体育における教師の指導・関わりが履修者のスポーツ活動に対する動機づけに及ぼす影響

永田 直也 (慶應義塾大学体育研究所)  
 佐々木玲子 (慶應義塾大学体育研究所)  
 近藤 明彦 (慶應義塾大学体育研究所)

山内 賢 (慶應義塾大学体育研究所)  
 加藤 大仁 (慶應義塾大学体育研究所)

キーワード：動機づけ雰囲気, 教養体育, Faculty Development

### 【背景と目的】

大学における教養としての体育（以下、教養体育とする）は、生涯にわたって運動やスポーツ活動を継続する態度を習得するために重要な役割を果たしている。この態度には、運動やスポーツ活動に対する動機づけがひとつの要因として考えられる。これまで教養体育においては、授業が履修者の動機づけに与えていた影響を検討した研究は少ない。特に、指導者の意図によって操作できる動機づけ雰囲気（伊藤ら、2008）に着目した研究は見当たらない。これまで筆者らは、教養体育における動機づけ雰囲気が履修者の動機づけに与える影響について検討してきた（永田ら、2015）。検討の結果、他の教育段階同様、動機づけ雰囲気が履修者の動機づけに影響していることが示唆された。しかし、動機づけ雰囲気に影響している教師の指導・関わり方については、まだ明らかにできていない。そこで本研究では、教師の指導・関わり方に着目し、教師が動機づけ雰囲気、動機づけに及ぼす影響を検討した。

### 【方法】

本研究では、選択科目である体育実技を履修した学生を調査対象とした。調査尺度は、履修者の動機づけは自己決定理論に基づく運動継続のための動機づけ尺度（松本ら、2003）、授業の動機づけ雰囲気は本研究グループが作成した大学教養体育における動機づけ雰囲気測定尺度、教師の指導・関わり方については授業担当教師による内省報告を用いて測定した。教師の指導・関わり方は、指導においては「技術」、「態度」、「失敗」に対する課題・成績志向的働きかけを、関わり方についてはその「方向」、「程度」、「対象の量」について、それぞれ7段階で回答を得た。

動機づけ尺度は初回と最終回授業時に、動機づけ雰囲気尺度と教師の内省報告は最終回授業後に実施した。測定したデータは、共分散分析を用いて関係性の分析を行った。

### 【結果及び考察】

分析に先立ち、回答に欠損のある対象者を分析から除外した。その結果、対象者は247名（ $19.31 \pm 1.18$ ）となった。

分析の結果、教師の履修者との関わり方が成績志向的雰囲気に影響を与えていることが示された。具体的には、履修者への積極的な関わりが成績志向的雰囲気を低下させる一方、すべての履修者に関わろうとすることが成績志向的雰囲気の増加に影響していた。履修者への積極的な関わりは、教師の履修者の技能向上への熱意を感じさせ、そのことが成績志向的雰囲気を低下させることが考えられる。一方で、関わる履修者を多くすることは、履修者を平等に扱うことにつながる一方で、その関わり方が履修者の比較や競争を図るものであった場合は成績志向的雰囲気を増加させるだろう。本研究の結果からはこのような推察ができるが、本調査の内容では教師がどのような意図をもって関わりを持ったかまで明らかにできない。学生の動機づけを高めるには、どの程度関わったか、どのような内容・意図を持って関わったかが重要だと考えられる。

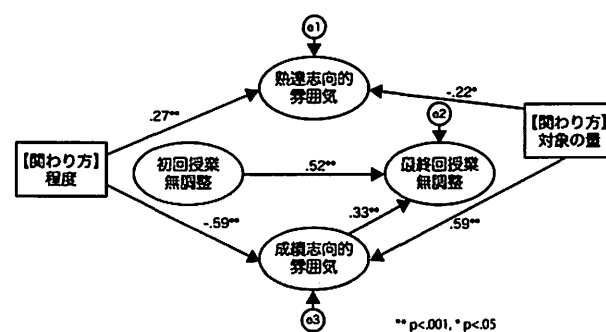


図 無調整段階における教師の関わり方が動機づけ雰囲気に及ぼす影響

## 男子中学生の靴と裸足条件による50m走タイム比較について

齋藤 伸也 (慶應義塾普通部)

キーワード：裸足, 50m走

### 【背景】

新体力テストの種目にある50m走測定時、生徒から「裸足で走ってもいいですか?」という質問が毎年ある。しかし、小石や異物などによって怪我をしてしまう可能性もあるので禁止をしていた。

しかし、裸足教育を実施している学校もある。裸足の効果で、足に直接刺激が伝わる事により脳が活性化したり風邪を引きにくくなったという報告もある。また、大学生を対象とした裸足と靴による走力の比較も行われており、そこでは裸足の方が速いという結果が出ている。中学生を対象とした先行研究もあったが、被験者数が少ないという課題があり、タイム差の検討が必要だと書かれている。

### 【目的】

裸足を希望してきた生徒は、「速いと感じる」という感覚だけで裸足を希望していて、実際に速く走れるかは分からなかった。そこで、本研究では男子中学生の靴と裸足条件による50m走のタイムを比較することを目的とした。

対象：研究の目的、方法及び実験に関して十分な説明を行った後に実験の参加同意を得た男子中学1年生155名。

方法：各自ウォーミングアップを行った後、2人同時に測定するためにペアを組み、靴と裸足の両測定を同じペアで走るよう指示をした。測定は1人2回、十分な間隔をあけて行った。タイム測定はストップウォッチ(SVAS005, SEIKO社製)を用いて、1人の教員が全測定を行った。測定の条件差も見るために、1回目靴、2回目裸足の条件(73名)と1回目裸足、2回目靴の条件(82名)に分けて測定を行った。なお、測定で用いた靴はボニージャパン社製の同じシューズで統一した。各測定項目の値は平均値±標準偏差で示した。靴と裸足の測定値の条件間差は対応のあるt検定を用いて行った。解析ソフトにはIBM SPSS Statistics Version 24を使用し、有意水準は5%未満とした。

### 【結果及び考察】

図1は1回目靴、2回目裸足の条件での比較である。測定の結果、1回目靴条件 $9.02 \pm 0.70$ (m/sec)に対して、2

回目裸足条件 $8.87 \pm 0.73$ (m/sec)と有意な差が認められた( $p < 0.001$ )。図2は1回目裸足、2回目靴の条件での比較である。測定の結果、1回目裸足条件 $8.65 \pm 0.65$ (m/sec)に対して、2回目靴条件 $9.08 \pm 0.80$ (m/sec)と有意な差が認められた( $p < 0.001$ )。そして、全ての裸足条件と靴条件の比較の結果、靴条件 $9.05 \pm 0.76$ (m/sec)に対して、裸足条件 $8.75 \pm 0.70$ (m/sec)と有意な差が認められた( $p < 0.001$ )。実験の結果、両測定条件で靴よりも裸足の方が速いという結果が得られた。これは靴よりも裸足の方が床反力がより強くなり、速く走れたのではないかと考えられる。だが、数人の生徒から靴のサイズがあっていないから走れなかったという意見もあったので、靴のサイズの確認も今後の課題として挙げられる。

### 【結論】

男子中学生では50m走を走る場合、靴で走るよりも裸足で走る方が速いと示唆された。だが、靴のサイズがあっているかの確認も今後の課題として挙げられた。

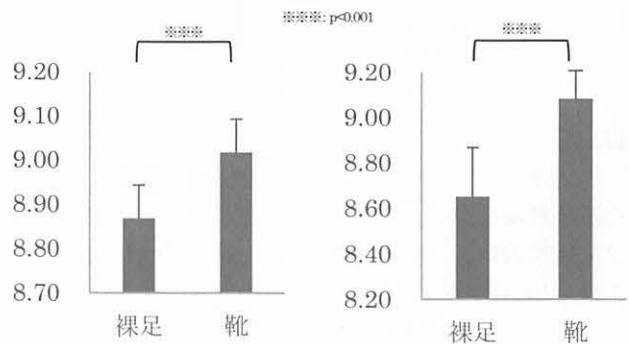


図1 1回目靴、2回目裸足の50m走タイム

図2 1回目裸足、2回目靴の50m走タイム

# 工科大学保健体育授業による全身持久力への影響

## —— シャトル・スタミナテストを用いた評価法に関する一考察 ——

土肥啓一郎（工学院大学 教育推進機構 保健体育科）

キーワード：持久力, シャトル・スタミナテスト, 大学体育授業

### 【背景】

一般的に人間の発育発達は20歳を過ぎるころまで続くといわれるが、文部科学省による体力・運動能力調査によると、16～17歳以降の持久力は低下傾向を示している。これは受験勉強等による運動不足が影響していると考えられるが、発育発達完成期における体力の維持および心身の健康は、大学体育授業の重要な主旨である。これまで大学体育授業と持久力との関連についてシャトル・スタミナテスト(SST)を用いて検討した先行研究はわずかである。

### 【目的】

K大学保健体育授業における身体活動の継続と持久力との関連についてSSTを用いて検討した。

### 【方法】

被検者は、K大学1年生必修科目「身体・運動科学演習」を受講した127名であった(男子112名, 平均18.3歳, 女子15名, 平均18.6歳)。授業は、前期14週間(4月～7月)および後期14週間(9月～1月)にわたり週1回(105分授業)開講された(8月夏季休暇)。開講種目には、スポーツ・身体調整・武道種目が含まれた(サッカー, 剣道, エアロ等)。本測定は、定期体力テストの一項目として前期は2016年5月21日(第7週)、後期は11月26日(第12週)にそれぞれ実施された。

各被験者は、スタートの合図から3分間に10m区間の往復走をできるだけ多く繰り返すように指示された。各被験者のパートナーは3分間内の走行距離を1m単位で計測した(10m×片道回数+停止点までの距離)。また各被験者は指先(人差し指, 中指, 薬指)を手首にある橈骨動脈に軽く当て触診法により安静およびSST終了直後の心拍数をそれぞれ測定した。さらにSST終了後、主観的身体負担度(RPE)を①きつい, ②ややきつい, ③普通, ④楽である, の4段階で評価し記録用紙に記入した。また授業アンケート調査を授業最終日に実施し、各被験者は「体力・健康づくり」「友達づくり」「ストレス解消」「安全面の配慮」に関して5段階で回答した(“はい”5～1“いいえ”)。

### 【結果及び考察】

男女共に走行距離に有意な変化は観察されなかったが、前期よりも後期に低下する傾向を示した。(男子488.8 vs 479.1m, 女子422.9 vs 417.3m)。同様に、SST終了後の身体負担度(心拍数)および推定最大心拍数における割合においても男女共に後期の値の方が前期の値よりも低い傾向を示した。(男子150 vs 145bpm, 74.6 vs 72.3%, 女子153 vs 140bpm, 75.9 vs 70.0%)。一方、RPEについては、前後期の値にほとんど変化は示されなかった(男子1.6, 女子2.2)。走行距離と共にSST後の心拍数が低下する傾向が(後期に)観察されたことは(RPEは変化しなかったが)身体負担度の低下を示唆した。そして、授業アンケート調査から保健体育授業は、体力・健康増進、友達づくり、メンタルヘルス、安全に関して肯定的な評価が示された(回答平均値4.5)。

### 【結論】

K大学保健体育授業における身体活動は、持久性の有意な減少を防ぎ、その維持に有効であることが示唆された。しかし、学生の持久力は低下傾向にあるため、今後も運動やスポーツを定期的実践する必要があると考えられる。

Table 1. Shuttle Stamina Test Results of Men (Mean + SD)

	First Semester (n=112)	Second Semester (n=111)	
Total Running Distance (m)	488.8±45.0	479.1±41.6	NS
Rate of Perceived Exertion	1.6±0.8	1.6±0.7	NS
Heart rate at rest (bpm)	72±11	75±12	p<0.05
Heart rate post SST (bpm)	150±35	145±29	NS
%Heart rate max (%)	74.6±17.2	72.3±14.2	NS



## 3D-MOT(ニューロトラッカー)で評価される認知機能の特性

渡邊 奈々 (埼玉純真短期大学) 天野 勝弘 (スポーツパフォーマンスデザイン)

キーワード：ニューロトラッカー, 3D-MOT, 認知機能, スポーツパフォーマンス

### 【背景】

ニューロトラッカーは、3次元の多物体追跡(3D-MOT)というマルチタスク課題を課すシステムで、空間認知、予測能力、注意力、集中力など、様々なシーンで必要な脳の機能を評価・トレーニングするシステムである。応用分野としては、スポーツパフォーマンスの向上、高齢者の認知機能の改善、ビジネス能力アップ、さらにはADHD対策、パーキンソン病への応用、脳震盪の診断など幅広い。

### 【目的】

本研究では、運動脳の評価に用いられる3次元多物体追跡(3D-MOT)というマルチタスク課題が、どのような身体機能と関係があるかを調べた。

### 【方法】

- ①3D-MOT能力は、ニューロトラッカー(CogniSense社製, Canada)を用いて8秒間の多物体追跡課題×20回(=1セッション)/を2セッションの平均値(NT値)とした。
- ②運動課題は、ストループテスト、体力測定(握力、上体起こし、反復横跳び)、肩関節・股関節可動域、ジャンプ能力=ドロップジャンプ・片足ジャンプ・開脚ジャンプにおける跳躍高、接地時間、RJindexであった。
- ③被検者はTジュニア新体操クラブに通う生徒24名(小学校2年～高校3年)であった。

### 【結果及び考察】

NT値とには、ストループテスト( $r=0.52$ )、ドロップジャンプにおける跳躍高(図1: $r=0.53$ )およびRJindex( $r=0.48$ )とに相関関係が認められたが、その他の項目とは相関関係は認められなかった。

- ・ストループテストは文字の意味と文字の色の2つの情報が同時に提示される時、それぞれの情報が干渉しあう現象を処理する能力を調べるものである。この情報処理は、マルチタスクの情報処理課程と似ているため、NT値が高い被検者ほどストループテストの秒数も速いと考えられる。
- ・ドロップジャンプにおける跳躍高とRJindexとに相関が認められたのは、これらの値が単にパワーだけの問題で

はなく、というよりもむしろ落下により得られた位置エネルギーを、弾性エネルギーとして効果的に筋腱複合体に蓄え、それを効率よく再利用させるという身体を上手くコントロールできるかどうかに関わっているものであるため、NT値と相関したのではないかと考えられる。その他のジャンプに関する項目にはニューロトラッカーとの有意な関係は見いだせなかった。いいかえれば、自分の体が今どの様になっているか、どのように動いているかを把握できているかがニューロトラッカーによって評価できるといえる。

その他の項目は、からだの使い方よりも筋力やパワーといった量に関係するものであるためNT値との関係がなかったと考えられる。

### 【結論】

自分の体が今どの様になっているか、どのように動いているかを把握するのは、動きの実践だけでなくこのような脳機能トレーニングの重要性であることが示唆された。先行研究において3D-MOTが新体操のパフォーマンス向上にもつながったことは、球技のように外部の複数情報を処理する能力だけでなく、身体を操る種目にも有用であることの証明になったといえる。

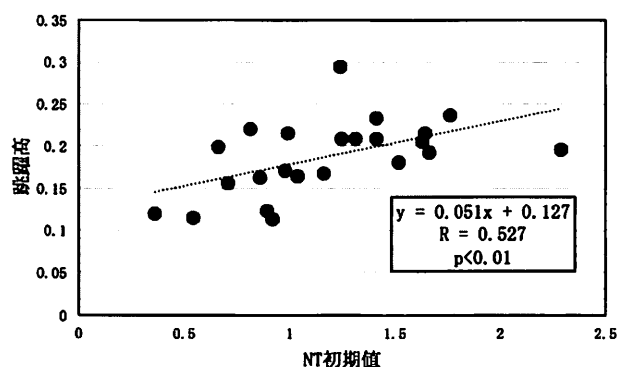


図1 ニューロトラッカー初期値と跳躍高の相関

# 大学ラグビー試合時におけるハンドリングスキル

堀畑 大輝 (国士舘大学大学院) 角田 直也 (国士舘大学体育学部)

キーワード：ラグビー、ハンドリングスキル

**【目的】** 本研究の目的は、関東大学ラグビー2部リーグにおける2015、2016年度の上位3校とK大学の試合中におけるハンドリングスキルに着目し比較することで攻撃力向上の知見を得ることを目的とした。

**【対象】** 標本とした試合は2015年度、2016年度の上位3校との計6試合。

**【方法】** 分析項目は、(1)トライスコア (2)攻撃継続率 (以下ポゼッション) (3)パス回数 (4)パス種類

パス種類の定義を図1に示した。ポジティブパス(PP): 攻撃方向に向かって疾走しているレシーバーの身体より前方に投げられたパス。ネガティブパス(NP): 攻撃方向に向かって疾走しているレシーバーの身体より後方に投げられたパス。スタティックパス(SP): 疾走していないプレーヤーに対するパス (5)ハンドリングエラー率 (6)ハンドリングエラー種類 (7)22m陣地侵入回数 (8)22m陣地滞在率 (9)22m陣地侵入後得点率 (10)22m陣地パス回数 (11)22m陣地パス種類 (12)22m陣地ハンドリングエラー率 (13)22m陣地ハンドリングエラー種類

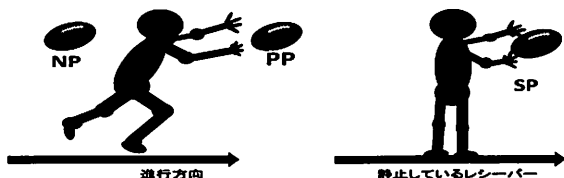


図1 パス種類の定義

**【結果及び考察】** 図3は、上位3校とK大学におけるトライスコアの値を示したものである。上位3校とK大学を比較して上位3校はK大学よりも有意に高い値を示した。図4は、上位3校とK大学におけるパス回数の値を示したものである。上位3校とK大学を比較して上位3校はK大学よりも有意に高い値を示した。

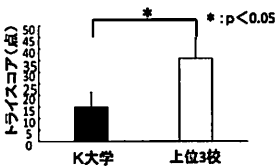


図3 上位3校とK大学におけるトライスコアの比較

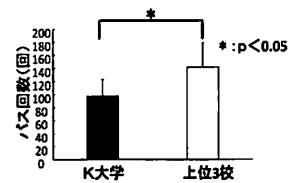


図4 上位3校とK大学におけるパス回数の比較

図5は、上位3校とK大学におけるハンドリングエラー率の割合を示したものである。上位3校とK大学を比較して有意な差はなかった。図6は22M陣地滞在率の割合を示したものである。上位3校とK大学を比較して有意な差は認められなかった。

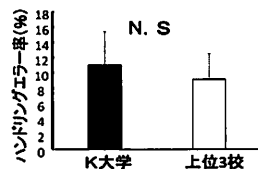


図5 上位3校とK大学におけるハンドリングエラー率の比較

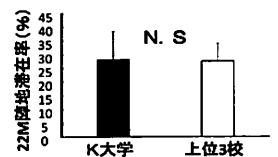


図6 上位3校とK大学における22M陣地滞在率の比較

図7は上位3校とK大学における22M陣地PPと22陣地侵入後得点率の関係、ハンドリングエラー率と22陣地侵入後得点率の関係及びパス回数とトライスコアの関係を示したものである。22陣地PP率と22M陣地侵入後得点率ではK大学において有意な正の相関関係が認められた。ハンドリングエラー率と22M陣地侵入後得点率の関係では有意な正の相関関係が認められた。またパス回数とトライスコアの関係ではK大学において有意な負の相関関係が認められた。

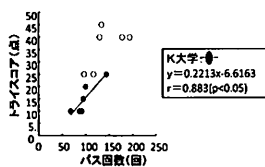
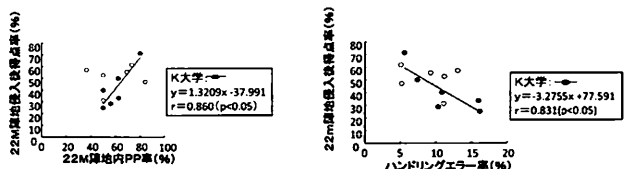


図9 上位3校とK大学における22M陣地PPと22陣地侵入後得点率の関係、ハンドリングエラー率と22陣地侵入後得点率の関係及びパス回数とトライスコアの関係

以上のことから、K大学においてパス回数の少ない試合及びハンドリングエラーが多い時ほど得点が取れていないことが明らかとなった。また、22M陣地でPPが多いほど得点に結びついていることが示唆された。上位3校においては、22M陣地滞在割合は高くはないが得点を重ねていることから得点までの射程距離が長いことが示唆された。

# 男子ジュニア競泳選手における身長成熟度と競技レベルの関係 —— 唾液中ホルモン濃度に着目して ——

田中 宏樹 (国士館大学大学院)      和田 匡史 (国士館大学理工学部)      地神 裕史 (国士館大学理工学部)  
 和田 壮生 (国士館大学理工学部)      角田 直也 (国士館大学体育学部)

キーワード：成人身長予測，身長成熟度，唾液中ホルモン濃度

**【背景】** 現在，TIDが盛んとなっている。スポーツ競技でも，成人身長の子測値が，ジュニアエリート選考の一項目として採用されている。競泳において，身長の高い者は低い者に比べ，競技力が高い傾向にあることが報告されているが，成人身長の子測を用いた研究はあまりされていない。

**【目的】** KR2法による成人身長子測値から算出される身長成熟度，競技力，唾液中ホルモン濃度の経年変化から，競技力向上における身体的特性を明らかにすること，及び競泳におけるタレント発掘に関する指標の検討を目的とした。

**【方法】** 本研究は，全ての項目を6カ月の測定間隔で2回測定を行い，1回目と2回目の測定データの変化率を求めた。

被験者は男子ジュニア競泳選手14名。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

n=14	Age (yrs)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	Rohrer's Index	Body Mass Index
1st Data	15.37±1.24	170.76±6.52	59.91±8.37	119.57±5.18	20.43±1.39
2nd Data	15.89±1.25	172.34±5.32	63.19±8.09	122.93±8.41	21.19±1.70
2nd Data is 6 months after 1st Data.		Values are mean ± S.D.			

過去の身体成長記録及び両親の身長データからKR2法を用いて，成人身長の子測を行った。測定項目及び測定機器は，身体計測に身長計，体重及び体成分にはBody Composition Analyzer InBody770 (インボディジャパン社製)，唾液中ホルモンはコルチゾール (Sal-C)，テストステロン (Sal-T)，デヒドロエピアンドロステロン (Sal-DHEA)，唾液採取及び濃度測定には，SalivaBio Oral Swab, SALIMETRICS EIA Kit (SALIMETRICS社製)，MPR-A100 (AS-ONE社製)を用いた。

**【結果及び考察】** 身長成熟度と競技力の変化率の間には，有意に負の相関関係を示した (Fig.1)。身長成熟度と唾液

中ホルモン濃度の変化率の間には，Sal-T及びSal-DHEAで有意な相関関係を示した (Fig.2)。競技力と唾液中ホルモン濃度の変化率の間には，Sal-Tにのみ有意な相関関係が認められた (Fig.3)。

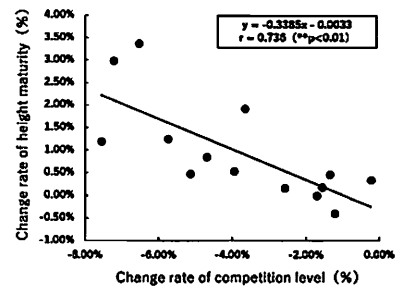


Fig.1. Correlation between height maturity and competition level.

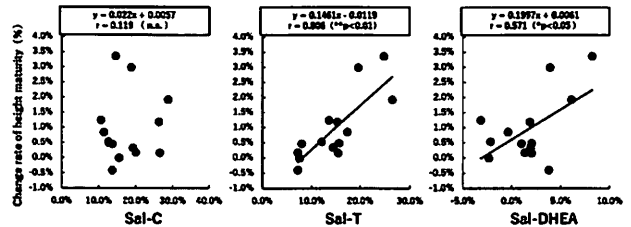


Fig.2. Correlation between height maturity and salivary hormone concentration.

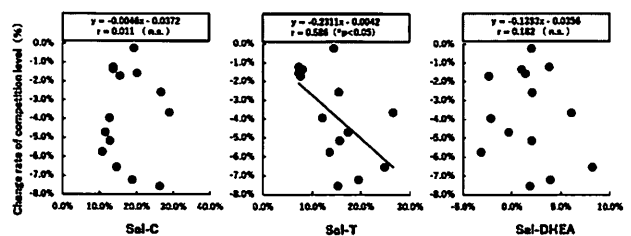


Fig.3. Correlation between competition level and salivary hormone concentration.

**【結論】** 以上のことから，本研究は短期的な研究であったが，Sal-T及びSal-DHEA，身長成熟度，競技力の間には強い関係が認められた。本研究を継続することで，将来的には，Sal-T及びSal-DHEAと身長成熟度の変化から競技力の変化を予測することができる可能性が示唆された。

## 高校サッカーの試合時における走行特性

矢口 和典 (国士舘大学大学院) 角田 直也 (国士舘大学体育学部)

キーワード：走行特性, GPS, 有効攻撃, 非有効攻撃

**【目的】**本研究では、GPS機器を用いて育成年代である高校サッカーの試合時における走行特性について分析し、有効攻撃及び非有効攻撃を明らかにすることを目的とした。

**【方法】**被検者は、N高等学校サッカー部に所属するサッカー選手21名とした。被検者をAttacker (AT群：6名)、Central midfielder (CM群：7名)、Central defender (CD群：4名)及びSide defender (SD群：4名)の4群に分類した。

Table 1. Age and physical characteristics of subjects.

Position	n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body Weight (kg)	FFM (kg)
AT	6	17.3 ± 0.52	173.0 ± 8.88	63.5 ± 7.47	57.4 ± 4.80
CM	7	17.3 ± 0.76	171.6 ± 6.94	64.1 ± 8.73	59.2 ± 7.66
CD	4	17.5 ± 0.58	174.0 ± 2.45	70.4 ± 4.30	62.9 ± 2.33
SD	4	17.5 ± 0.58	170.5 ± 3.87	60.2 ± 4.71	55.3 ± 4.34
ALL	21	17.4 ± 0.59	172.3 ± 6.23	64.4 ± 7.34	58.7 ± 5.78

AT : Attacker CM : Central midfielder FFM : fat free mass. Values are means ± SD.  
CD : Central defender SD : Side defender

試合中の走行距離及び疾走速度の測定はGPSトラッキングシステム (Sports limited社製) を用いて実施した。また、先行研究を参考に試合における疾走速度をRunning (2.8m/sec~4.1m/sec: R), High speed Running (4.1m/sec~5.8m/sec: HR), High Intensity Running (5.9m/sec~6.6m/sec: HIR), 及び Very High Intensity Running (6.7m/sec~: VHIR) に分類し、それぞれの走行距離を算出しポジション別に比較した。

有効攻撃及び非有効攻撃の抽出は、映像編集ソフトLongo match (ロンゴマッチ) を用いて行った。その結果、対象となる6試合から有効攻撃153シーン、非有効攻撃150シーンを抽出した。抽出したシーンにおける攻撃に関与した選手それぞれの疾走速度及び最大疾走速度、疾走速度の変動係数 (CV) を算出した。さらに、ボール奪取位置を基準に示すフィールドを攻撃方向からファイナルサード (FT)、ミドルサード (MT)、ディフェンディングサード (DT) の3つに分割したエリアで分類した。

**【結果】**試合中の走行距離においてCD群は他のすべてのポジションと比較して低い値を示した (Table 2)。また、VHIRにおけるスプリント距離においてSD群は他の全てのポジションと比較して有意に高い値を示した (Fig. 1)。

Table 2. Distance covered and rate of change in the first half, econd half and whole match in the each position.

Position	n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body Weight (kg)	FFM (kg)
AT	6	17.3 ± 0.52	173.0 ± 8.88	63.5 ± 7.47	57.4 ± 4.80
CM	7	17.3 ± 0.76	171.6 ± 6.94	64.1 ± 8.73	59.2 ± 7.66
CD	4	17.5 ± 0.58	174.0 ± 2.45	70.4 ± 4.30	62.9 ± 2.33
SD	4	17.5 ± 0.58	170.5 ± 3.87	60.2 ± 4.71	55.3 ± 4.34
ALL	21	17.4 ± 0.59	172.3 ± 6.23	64.4 ± 7.34	58.7 ± 5.78

AT : Attacker CM : Central midfielder FFM : fat free mass. Values are means ± SD.  
CD : Central defender SD : Side defender

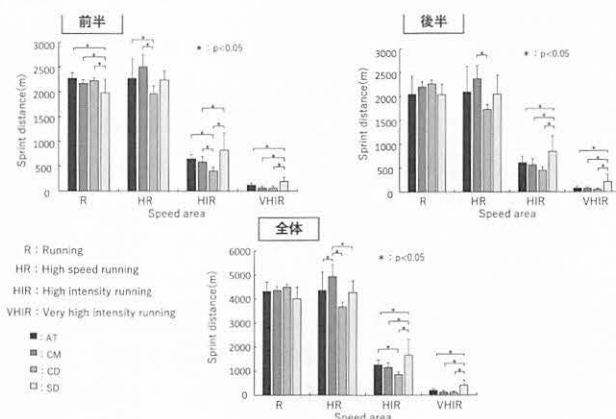


Fig.1. Distance covered in different ranges of velocities in the first half, second half and whole match.

有効攻撃は、非有効攻撃と比較して最大疾走速度が有意に高く、疾走速度CVが有意に低い値を示した (Fig. 2)。

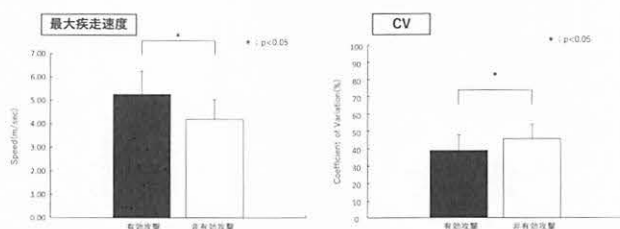


Fig.2. Effective attack and not effective attack of the maximum running speed and the coefficient of variation (CV) of the running speed.

**【結論】**以上のことから、先行研究と同様に高校サッカーにおいてもプレイポジションによって走行特性が異なることが示唆された。また、有効攻撃は非有効攻撃と比較して疾走速度が速いとともに疾走速度のばらつきが少なくなることが明らかとなった。

## 男子新体操選手における倒立動作の安定性

小山内康朝 (国士舘大学大学院)

角田 直也 (国士舘大学体育学部)

キーワード：重心動揺, 倒立動作

**【目的】** 本研究では、男子新体操選手を対象に、閉脚倒立及び鹿倒立における動的バランス能力の比較並びに上肢の筋活動及び握力について明らかにする事を目的とした。

**【対象】** 被検者はK大学新体操競技部21名とした。

Table1. Age and physical characteristics of subjects.

n	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	FFM (kg)	%Fat (%)
21	20.1±1.5	167.8±5.2	60.1±4.6	54.6±3.4	9.2±2.9

FFM: fat free mass. Values are mean ± S.D.

**【方法】** 測定試技は、縦方向 (VD) および横方向 (HD) の2種類の支持基底面を有する閉脚倒立 (IC) および鹿倒立 (ID) を行った (Fig. 1.)。測定項目は、手底圧中心の移動軌跡を示す総軌跡長 (SPL-t) 及び矩形面積 (SA)、前後方向軌跡長 (SPL-ap) 及び左右方向軌跡長 (SPL-ml) とし、測定には、ZebelisFDM (Zebelis System 社製) を用いた。分析区間は、VD及びHDともに倒立動作が安定した時点からそれぞれ2秒間とした。被験筋は、上腕三頭筋 (TB)、広背筋 (LD)、腹直筋 (RA) 及び握力とした。筋活動の測定は、表面筋電図 (MPS110/日本光電社製) を用い、握力の測定は、デジタル握力計 T.K.K.5401 (竹井機器工業社製) を用いて測定した。

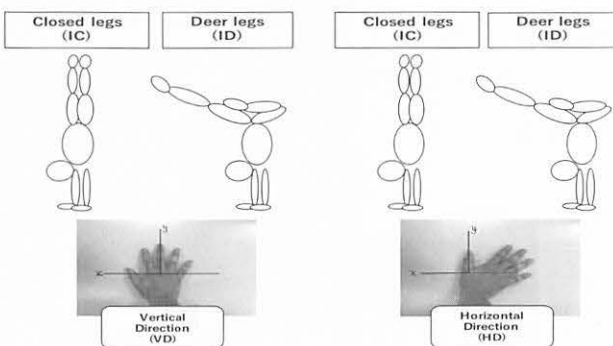


Fig. 1. Definition of closed legs and deer legs stance handstand of vertical direction and horizontal direction.

**【結果】** 閉脚倒立及び鹿倒立の総軌跡長と矩形面積において、鹿倒立が低い値を示し、有意な差が認められた (Fig. 2)。バランス能力において鹿倒立は閉脚倒立に比べ動揺が少なく、バランス能力に優れていた。

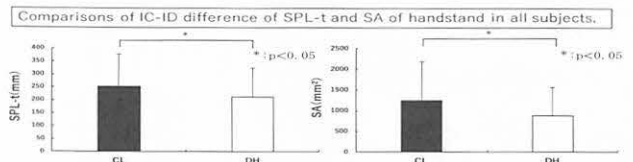


Fig. 2. Comparisons of SPL-t and SA of handstand in all subjects.

閉脚倒立及び鹿倒立において、矩形面積と右手及び左手の握力の間に負の相関関係が認められた。しかし、閉脚倒立及び鹿倒立のHDにおける、握力と矩形面積の間においては、相関関係は認められなかった (Fig. 3)。前後方向に動揺する倒立姿勢を安定させるためには手を真っ直ぐに着くことが重要であることが示唆された。

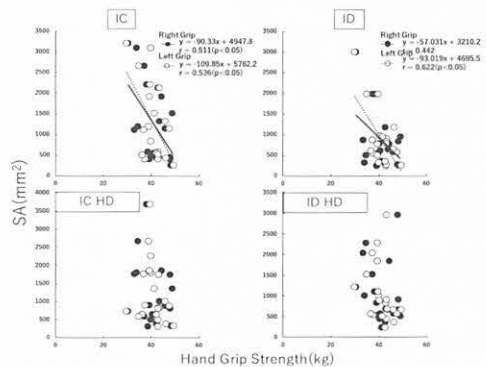


Fig. 3. Relationships between SA and hand grip strength on handstand in all subjects.

閉脚倒立及び鹿倒立の筋活動において、振幅時のRAが全体の平均値よりも有意に高い値を示した (Fig. 4)。このことから、腹直筋の筋活動が倒立姿勢を安定させていることが考えられる。

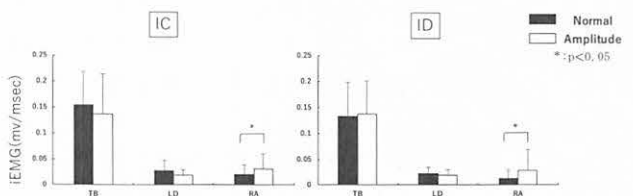


Fig. 4. Amplitude and muscle activity of IC and ID stance handstand in all subjects.

以上のことから、男子新体操の倒立姿勢において、閉脚倒立よりも鹿倒立のほうが安定性に優れており、握力及び体幹筋の活動が、安定した倒立姿勢に繋がる可能性が示唆された。

# 日本舞踊における「腰の安定」に関する研究

## —— モーションキャプチャを用いて ——

宇津木安来（東京藝術大学） 露木 雅彌（東京藝術大学） 高岡 英夫（運動科学総合研究所）

キーワード：日本舞踊，技法分析，体幹部，腰，モーションキャプチャ

### 【背景】

日本舞踊において、腰は基本的な姿勢を作る要と言われ重要視されてきた。日本舞踊の名人で「踊りの神様」と言われた七世坂東三津五郎や六代目尾上菊五郎も、腰の重要性について言及している。

しかし一方で、手足頭の技法に比べ、腰の技法は明示的な身体技法としては確立しておらず、その習得は天賦の才に任されてきた。

本研究では、これまで動かないことによって達成されると考えられてきた日本舞踊における「腰の安定」が、実際にどのような腰使いによって達成されているのか明らかにすることを目的とした。

### 【目的】

本研究では、参与観察で「腰を動かすな」「腰を安定させろ」という指導がなされた腰の技法に注目し、指導言語の背景にある実際の動きをモーションキャプチャを用いて客観的に明らかにすることを目的とした。

被験者は東京藝術大学日本舞踊専攻の教授1名、学生4名とし、計測は光学式モーションキャプチャシステム、赤外線カメラ16台を用いた。曲目は日本舞踊の女踊りの最高峰とされる「娘道成寺」を選択し、その中から特に「腰の安定」が求められる動作に注目した。

### 【結果及び考察】

腰に貼付したマーカ三点（左右の腸前突起と仙骨下端）および、腰の中心に設定した仮想マーカの総移動量（表1）と、XYZ座標における動き、腰の中心マーカの軌跡（図1、図2）を比較した。

表1 「腰の中心」「腰の周囲」の総移動量絶対値の比較

被験者	腰の周囲 (mm)	腰の中心 (mm)
被験者A (准教授)	1,614	464
被験者B (博士1年)	872	261
被験者C (学部4年)	971	286
被験者D (学部1年)	1,212	371
被験者E (学部1年)	1,309	414

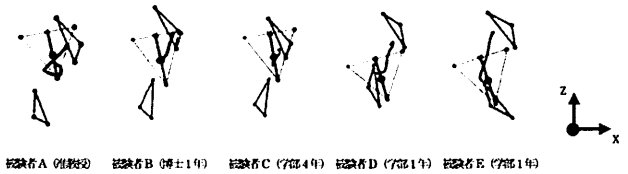


図1 XZ平面における「腰の中心」の軌跡の比較

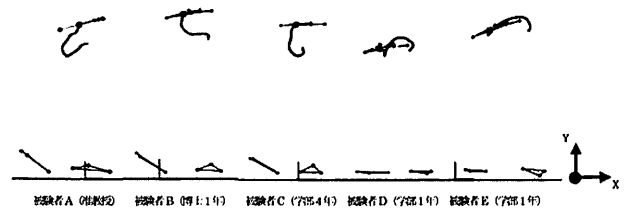


図2 XY平面における「腰の中心」の軌跡の比較

その結果、教授の腰が被験者の中で最もよく動いていることがわかった。また、教授は全ての次元を十全に使って動くことで「腰の安定」を達成していることも明らかになった。

以上の結果から、これまで日本舞踊において動かないことで達成されると考えられてきた「腰の安定」は、極めて動的な状態により達成されていることが明らかになった。

また「腰を動かすな」「腰を安定させろ」という指導言語は、動きを抑制し、静的に腰を安定させるということではなく、十分に動的に腰を使いながら、身体を安定させる理想的な軌道から外れないように動くことを表しているのではないかと考察した。この動的な安定状態を「動の安定」と概念化し、腰の動きを抑制する静的な安定状態を「静の安定」として区別した。これらの概念をもとにした建設的な指導法の構築が、今後期待される。

### 【結論】

測定の結果、指導言語とその解釈が、実際にすべき運動と異なっていることがわかった。この結果から、様々な指導言語の見直しと、指導法および学習法の新たな提示の必要性が浮き彫りとなった。

## コントーションの基本ポーズ「チェストスタンド」の動作解析

中曽根さやか（立命館大学スポーツ健康科学部）

長野 明紀（立命館大学スポーツ健康科学部）

キーワード：柔軟性、伸展角度、脊椎

### 【背景】

超人的な柔軟性を持つパフォーマーが自在に身体を湾曲させる身体芸術のことを「コントーション」と呼ぶ、世界的な知名度が低いために研究が進んでおらず、未知事項の多い領域である。

MRIを用いた研究では、コントーションニストの完全伸展状態での脊椎全体の伸展角度は188°であると報告されている (Randal et al., 2008) が、限定された静止位で測定が行われているため、実際のパフォーマンス時の姿勢とは大きく異なっている。そのため、実際のパフォーマンス時に行われているコントーションのポーズ、「チェストスタンド」を行う際に、脊椎全体にどのような伸展が起こっているかはこれまで明らかになっていない。

### 【目的】

チェストスタンドにおいて、脊椎全体の伸展がどの部位において生起しているか、また、頸椎・胸椎・腰椎・股関節の伸展がどのような機序で生じているかを明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

新体操部に所属する、柔軟性の異なる女子高校生3名を被験者とし、「チェストスタンド」をビデオカメラで撮影した。17個の解剖学的ランドマークの座標を二次元DLT法を用いて求めた。直立位および、チェストスタンドの動作開始から終了までの12個の動作局面における、脊椎全体( $\theta_1$ )、頸椎( $\theta_2$ )、胸椎( $\theta_3$ )、腰椎( $\theta_4$ )、股関節( $\theta_5$ )、頸椎-胸椎間( $\theta_6$ )、胸椎-腰椎間( $\theta_7$ )の角度を算出した(図1)。

### 【結果及び考察】

チェストスタンドでの脊椎全体の伸展角度は各被験者それぞれ、221°、192°、180°であった。脊柱全体を頸椎、胸椎、腰椎に分割し、それぞれの伸展角度を、カパンジー(2015)による一般的な伸展可動域と比較すると、頸椎と腰椎が大きな値を示した。この結果から、チェストスタンドには、頸椎と腰椎の柔軟性が必要であることが示唆された(図2)。

また、チェストスタンド動作中の頸椎、胸椎、腰椎の伸展角度をそれぞれ比較すると、それぞれの伸展角度は、

身体の近位部である腰椎から遠位部である頸椎にかけて、順番に最大値に到達した。これは、チェストスタンドに至るまで、すべての部位が連動しながら伸展していることを示唆する結果であると考えられる。

### 【結論】

コントーションにおけるチェストスタンドのポーズには、頸椎と腰椎の柔軟性が必要であることが確認された。また、チェストスタンド動作開始から終了まで、すべての部位が連動しながら伸展していることが明らかになった。

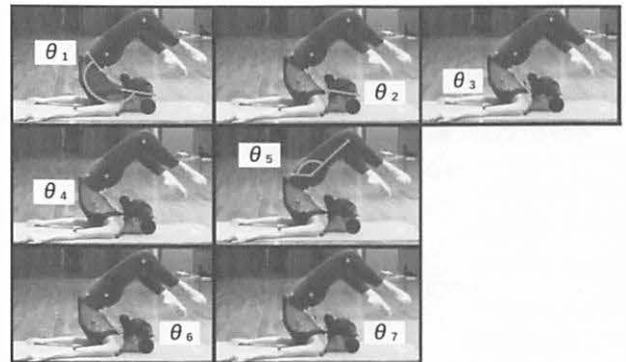


図1. 算出した角度

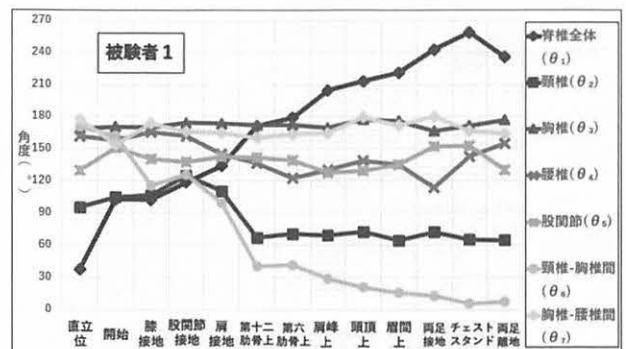


図2. チェストスタンド動作における分析局面ごとの伸展角度

## 幼児期における投球能力向上に効果的な練習方法の検討

山内 悠介 (東京大学大学院)  
吉岡 伸輔 (東京大学大学院)

木下まどか (東京大学大学院)  
深代 千之 (東京大学大学院)

キーワード：力学的エネルギーフロー、動作変容、運動連鎖

### 【背景・目的】

幼少期の子どもにとって運動は様々な身体の機能発達に大きな影響を及ぼす。基礎的な運動能力のうち、投運動の能力は、2歳から6歳ごろまでに急速に発達する(宮丸, 1980)と言われている。Wild (1938)は、幼児期における投球動作を4段階に分類し、成長とともに投球動作が変わることを示した。近年、子どもの投球能力が低下しており、様々な投球能力向上のための指導法が存在する。その一つとして紙鉄砲を鳴らす動作を繰り返し練習することで投球能力が向上することが経験的に言われている。しかしながら、その動作がどのように投球能力の向上に寄与しているかは明らかになっていない。そこで、本研究は、紙鉄砲を鳴らす動作と練習前後の投球動作の変容メカニズムを明らかにし、幼児期における投球能力向上に効果的な練習方法を検討することを目的とした。

### 【方法】

被験者は5から6歳の未就学女子児童13名とし、練習群(n=7)と統制群(n=6)に分け、練習群には紙鉄砲を鳴らす動作を指導し、約6週間自宅にて紙鉄砲を鳴らす練習を行わせた。紙鉄砲動作の指導の際には現場の指導法に則り、1. 持っている手と反対側の脚を前に出す、2. 肘を肩より上げる、3. 背中に紙鉄砲をくっつける、4. 逆手は身体に引き付ける、5. 振り下ろした腕が伸び切るまでおろす、という教示を与えた。紙鉄砲の練習回数は1日おきに10回程度鳴るまでとした。練習期間の前後に実験室にて3次元動作分析装置(Mac3D System, 200Hz)を用いてプレ、ポスト条件の投球動作中の3次元座標値を取得した。投球動作は目の前のネットに向かって全力で投球させた。なお、実験群については投球動作のポスト条件とともに紙鉄砲を鳴らす動作(紙鉄砲条件)の3次元座標値も取得した。

### 【結果及び考察】

練習群の最大手先スピードはプレ条件からポスト条件にかけて優位差はないが増加傾向にはあった。また、Wild (1938)にもとづき動作を分類すると、ポスト条件に投球動作の変容がみられた被験者もいた。一方で、紙鉄砲条件の力学的なエネルギーフローでは、成人の投球動

作で重要とされる手関節力パワーによる手部への力学的エネルギーの伝達が、プレ条件およびポスト条件に比べ小さく、動作を通した投球腕全体の力学的エネルギー変化量も小さかった。これらのことから、習熟した投球動作を強く意識させるように教示した紙鉄砲を鳴らす動作を繰り返し練習させることで、初期姿勢が変化した投球動作の変容がみられるが、紙鉄砲を鳴らすことを目的とするのではなく、習熟した投球動作を強く意識させるように動作を教示し繰り返し練習を行うことが幼児の投球能力向上につながると推察された。また、幼児の質量や慣性パラメータが小さいため、手部に持つ用具の違いにより力学的なエネルギーフローが容易に変化すると推察された。

### 【結論】

紙鉄砲を繰り返し鳴らす動作による力学的なエネルギーフローメカニズムは、未成熟な投球動作と概ね同様であった。

しかしながら、紙鉄砲を鳴らす動作は音により動作の成否が判定しやすく、幼児が練習を続けやすいため、習熟した投球動作を強く意識させるように教示することで習熟した投球動作の動き作りのきっかけにはなり得る。

### 【謝辞】

本研究は、やる気スイッチホールディングス：子ども未来、櫻井貴史氏と関係者の協力により遂行されました。感謝の意を表します。



## やり投げ選手における地面反力と体幹及び下肢動作の特徴

恵良 友也 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
 柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
 平野 智也 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
 相馬 満利 (日本体育大学大学院トレーニング科学系・十文字学園女子大学)  
 船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：地面反力モーメント、角速度、角加速度

### 【背景】

やり投げ競技において助走による並進運動をブロック動作によって体幹部の回転運動に変換し、やり速度を高めることがやり投げ競技において求められる技術である。ブロック動作中の両足に作用する地面反力の計測や下肢のキネマティクスについて検討されてきた。野球投手の研究では左足接地によって投球方向とは逆方向の力を身体が受けることで重心まわりにモーメントを発生させ体幹を回転させることを明らかにしている(宮西ら1997)。左下肢の関節運動を抑えることによって体幹部の並進運動を回旋運動に変換し、動きの速度を高めていることが明らかになっている(宮下ら1998)。リリース時のやり速度を高めるには、下肢や体幹の動きが重要な役割を担っていると考えられる。したがって、身体に作用する地面反力や下肢の関節運動が体幹部の回転運動をどのように引き起こし動きの速度を高めているのかを明らかにすることは競技力向上に関する技術的知見を得られる。

### 【目的】

異なる競技レベルの大学男子やり投げ選手を対象に地面反力パラメータと左下肢の関節運動に着目し、やり速度を高める要因とされる体幹部の回転運動の三次元的特徴を明らかにすることとした。

### 【結果及び考察】

左下肢の股関節内転角速度は投げ出し局面初期に下位群が高い特徴がみられ、股関節内旋角速度は投げ出し局面初期に下位群が有意に高い値を示した。膝関節屈曲角速度は投げ出し局面初期から中盤にかけて下位群が高い特徴を示した。これらのことから、下位群は左右方向の制動よりも前後+方向の制動が行えなかったために地面反力モーメントを利用できなかったと考えられる。

重心まわりに生じる地面反力モーメントは、上位群が前後軸まわり及び鉛直軸まわりにより大きなモーメントがはたらいていた。他の投動作の先行研究において後方の地面反力が体幹を回転させると報告されていることから、

やり投げ競技においても後方に生じる地面反力がやり速度を高める要因であることが示唆された。

やり加速度は30%時から90%時にかけて上位群が有意に高い値を示した。体幹部の角加速度は投げ出し局面初期から中盤にかけて上位群の加速度が大きい特徴を示した。これらのことから、骨盤左回旋運動から胸部前傾運動における体幹部の回旋及び回転運動がやり速度を加速させる要因であることが示唆された。

### 【結論】

やり速度の高い選手は、ブロック動作中の左膝関節屈曲角度を抑えることでより大きな地面反力モーメントを獲得し、体幹部の回転運動を高めることによってやり速度が加速していた。

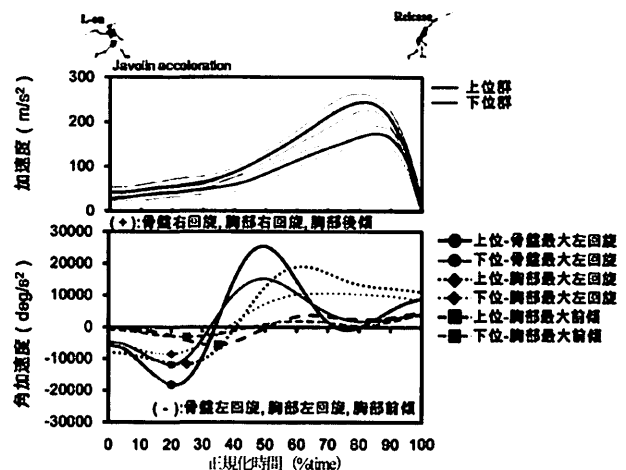


図1：やり加速度と胸部前傾及び回旋角加速度、骨盤回旋角加速度の変化 ( $p < 0.05$ )

# 男子プロとアマチュアゴルファーのスイング中の動作及びフリーモーメントの比較

井上 雄貴 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
 柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
 平野 智也 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
 阿江 通良 (日本体育大学)  
 船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：フリーモーメント, 角速度, 角加速度

## 【背景】

打動作においてフリーモーメントは体幹の回転を生み出す要素の1つであり、ゴルフスイング中のフリーモーメントとスイング速度には高い正の相関があると報告されている。そして、ゴルフスイング中の各足の反時計回りのフリーモーメントはゴルファーの体幹を回転させる役割があり、高ハンディキャップの右打ちゴルファーは右足に大きなフリーモーメントが生じると報告されている。しかし、これらの研究では初心者と熟練者のようなスキルレベルに差が大きい選手を対象に行われているものが多く、この要素がプロとアマチュアの差を生んでいるのかは不明確である。プロレベルに達する選手とアマチュアレベルにとどまる選手には違いがあることが考えられる。そこでスキルレベルの高いアマチュアとよりスキルレベルが高いプロの比較を行うことでゴルフにおいて重要な要素であるか明らかにすることができ、ゴルフの競技力向上において有益な情報になることが考えられる。

## 【目的】

キネマティクス及びキネティクスの変化からプロとアマチュアの相違を明らかにすること。

## 【結果及び考察】

スイング速度の90から95%で有意差がみられ、プロはアマチュアより大きい値を示した。プロにおいて体幹上腕の角加速度は40%から減少し始め、60%で有意に小さい値を示し、角速度では60%前後からアマチュアより小さくなる傾向を示した。また、プロの左足及び合成着力点のフリーモーメントは60%以降、急激に減少し、75%前後までアマチュアよりも小さい値を示した。先行研究においてフリーモーメントはゴルファーの体幹を回転させる役割があるとし、体幹上腕の回転運動の急激な減少が上肢及びクラブにエネルギーを効率よく伝達すると報告されている。以上のことから、プロはスイング方向とは逆方向の体幹上腕の角加速度を發揮し、体幹上腕の角速度とフリーモーメントが減少することで運動連鎖が生じ、上肢

に力や速度を伝達することが考えられた。以上のことからクラブが地面に垂直になるまでに体幹上腕の角速度が減少することで、末端に速度を伝達することが考えられた。

## 【結論】

プロ及びアマチュアの相違はプロが体幹上腕の角速度を減速させることであることが示唆された。

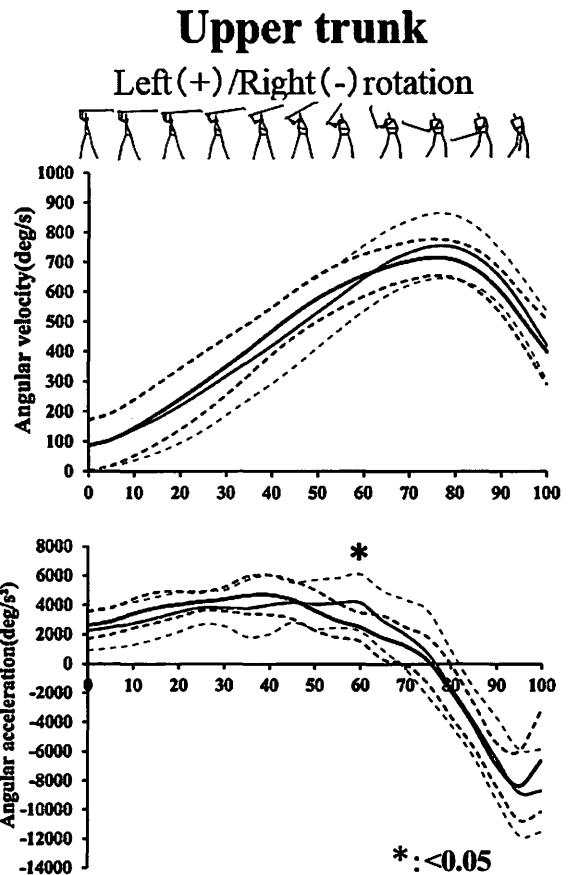


図1 体幹上腕及び骨盤の角速度及び角加速度の変化

# 110mハードル走におけるアプローチ歩数減少トレーニングの効果

岩崎 領 (東京学芸大学大学院)  
新海 宏成 (東京学芸大学)

成澤 一希 (東京学芸大学大学院)

キーワード：7歩アプローチ、アプローチタイム、60mハードルタイム

## 【背景及び目的】

近年の陸上110mハードル走では、スタートから1台目(以下アプローチ)区間の歩数を一般的とされる8歩から7歩へと減少させる選手が散見されるが、そのメリットやトレーニング効果を科学的に検証した研究は見られない。そこで本研究は、アプローチ歩数を8歩から7歩へと減少させる長期トレーニングに伴うパフォーマンスの変化を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

成人男子選手1名(172.4cm, 63.5kg, ベストタイム: 14.88秒)を対象とした。まずプレテストとして8歩および未経験での7歩(pre)の60mハードル走を行い、その後45回(9週間)の7歩トレーニングと15回毎に7歩での60mハードル走のテスト(1), (2), (3)を行った。各テストは5本ずつ行い、スタートから1台目着地までの区間を3台の高速度カメラ(120fps)で撮影した。

分析項目は、スタートから1台目着地までの時間(アプローチタイム)、60mハードルタイム、ステップ長(m)、ステップ頻度(Hz)、それらの積で求めた疾走速度(m/s)、1台目ハードル踏切および着地距離とそれらの和であるハードリング距離、リード脚離地時の走速度、股関節角度とし、Tukey法でテスト間の比較を行った( $p < 0.05$ )。

## 【結果及び考察】

アプローチタイムは8歩が7歩(2)を除く全てのテストよりも有意に速かったが、60mハードルタイムは7歩(2)が7歩(3)を除く全てのテストよりも有意に速かった(図1参照)。これらの結果は、7歩アプローチはアプローチ区間そのものよりもそれ以降の区間にポジティブな影響を与えている可能性を示唆している。

この7歩アプローチによる1台目以降のタイム短縮の要因を調べるために、ハードル着地後のリード脚離地時の走速度を算出したところ、7歩全ての条件で8歩よりも高く、(2)では有意差が見られた。7歩ではリード脚着地時に抜き足の回復が早く、腰が前方に位置しており股関節も伸展位にあったが、これは接地中の減速局面の短縮に繋がるのが期待できる。7歩ではこれを2台目以降も繰り返していたことによって、アプローチ区間以降のタイム

短縮を実現したと考えられた。また、ハードリング距離は各テスト間で差は見られなかったが、7歩は8歩に比べて踏切距離が長く、着地距離が短くなった。

これまで、7歩アプローチのメリットとその習得過程が不明だったため、選手はこの技術に容易に取り組むことができなかった。しかし、本研究のレベルの選手でも9週間程度のトレーニングで7歩のメリットが観察されたことから、7歩アプローチはトップレベルでない選手にとっても110mハードルのタイム短縮のための有効な手段の一つであると言えるだろう。

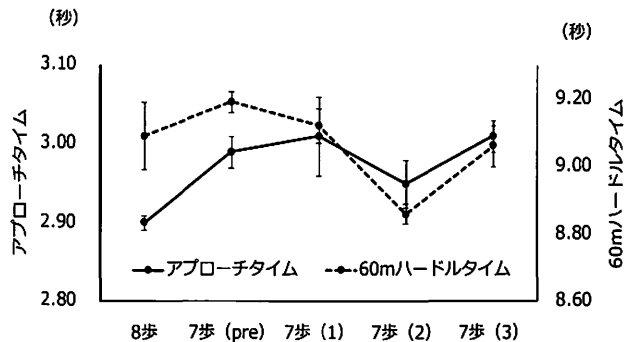


図1 各テストにおけるアプローチタイムおよび60mハードルタイム

## 【結論】

9週間のトレーニング実験の結果から、7歩アプローチは、アプローチ区間以降のパフォーマンスを改善し、60mハードルタイムを短縮させることが明らかとなった。

## 【謝辞】

本研究は平成28年度東京体育学会研究助成を受けて実施された。

## 時間的制約を伴うボールキック方向の調節

濱田 佳孝 (東京大学大学院)  
吉岡 伸輔 (東京大学大学院)

深代 千之 (東京大学大学院)

キーワード：回旋運動, 調節方略, 動作解析

### 【背景】

フットサルやサッカーでは、状況に応じて、ボールを様々な方向へ蹴り分ける技術が必要となる。これまで、複数の研究で、ボールキック方向がどのようにして調節されているのかが調べられてきた[1-2]。これらの研究では、ボールキック方向が事前に指示されていたが、現実の試合では、時々刻々と変化する味方選手や敵選手の状況に応じて、ボールキック方向の修正が求められることも多い。その為、時間的制約が存在する状況下で、選手がどのようにして、ボールキック方向を調節しているのかを検討することとした。

### 【目的】

本研究では、ボールキック方向決定についての時間的制約が存在するという状況が、ボールキック方向調節方略に与える影響を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

フットサルまたはサッカー経験のある右利きの男性10名に対して、静止したフットサルボールを、前方の左右斜め方向に設置された的を狙って最大努力で蹴らせた(左方向：LK, 右方向：RK)。その際、前方の左右斜め方向に設置されたライトを助走中に点灯させ、ボールキック方向を呈示した。ライトの点灯タイミングとして、左足が最後に設置する1歩前(T1)と2歩前(T2)の2条件を設定し、さらに時間的制約の無い、事前に方向を指示する条件(C)も設定した。フットサルゴールを3分割することで設定した領域に入った試技を成功試技と定義した。対象者とボールに貼付した3次元マーカー座標値と足圧データを取得し、得られたデータから、骨盤部の回旋に寄与する関節トルク・関節力によるモーメントを時間積分した値である骨盤部回旋運動に対する貢献成分を算出した。

### 【結果及び考察】

骨盤部回旋運動に対する貢献成分は、各関節から骨盤部に働く関節トルクおよび関節力によるモーメントを、絶対座標系の鉛直軸に投影したものを時間積分した値である。そのため、貢献成分は、関節トルクおよび関節力に

よるモーメントの大きさと、身体の姿勢のどちらを調節することによっても変化させることができる。貢献成分を関節軸毎に分けて調べると、左右蹴り分けに応じて骨盤部回旋量を調節する際に、C・T2では上記のどちらを変化させることでも調節が可能であったが、T1では関節トルクの大きさによる調節が相対的に優位になる傾向が見られた。これは、時間的余裕が失われていく中で、左右の蹴り分けに応じて骨盤部の姿勢を変化させることが困難となるからであると考えられる。

### 【結論】

左右蹴り分けに対して、時間的制約が緩い場合は、制約の無い場合と同様の動作および調節がなされ、制約が厳しい場合には動作および調節メカニズムが変化した。

### 【参考文献】

1. Scurr, J et al. (2009). Journal of Sports and Medicine, 8: 230-234.
2. 井上ら(2013), 日本バイオメカニクス学会機関誌, 17, 17(3), 110-125.

## 泳速度によるオーシャンスイムとクロール泳の泳ぎの変化について

原 怜来 (日本大学スポーツ科学部)  
川上 諒子 (早稲田大学スポーツ科学学術院)  
村岡 功 (早稲田大学スポーツ科学学術院)

飯塚 哲司 (早稲田大学スポーツ科学学術院)  
樋口 満 (早稲田大学スポーツ科学学術院)

キーワード：オーシャンスイム、ストローク、キック

### 【背景】

ライフセーバーは救助活動の際に溺者を見ながら泳ぐオーシャンスイム(OS)を行う。救助活動において、早く溺者にたどり着くことは重要であり、OSを早く泳げるよう、日々トレーニングを行っている。これまでに著者は、先行研究において、OSはクロール泳(FR)に比べて、指先の軌跡を大きく変化させずに泳速度をあげていることを明らかにした。しかし、キック動作を含んだ全身の動きについては明らかとなっておらず、指導方法も確立されていない。

### 【目的】

そこで、本研究では泳速度を上げた際のOSとFRのストローク頻度、キック頻度、ストローク局面時間比率の変化の違いを明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

被験者はライフセービング歴2年以上の大学男子ライフセーバー5名であった。実験は25m室内プールで行い、FRとOSをそれぞれ80, 90, 100%の泳速度で行わせた。その時の泳者の呼吸側のスイミングフォームを、ハイスピードカメラを用いて撮影した。被験者には、呼吸側の手及び足の第3趾末節骨、肩峰、の計3点にマーカーを装着し、3次元DLT法を用いて座標を算出した。測定項目は、ストローク頻度、キック頻度、ストローク局面時間比率であった。

各測定項目については、平均値と標準偏差を求めた。各泳ぎの泳速度による測定項目の変化の違いを明らかにするため、繰り返しのある二元配置分散分析をおこない、多重比較にはBonferroni法を用いておこなった。本研究ではすべての検定において有意水準は5%未満とした。

### 【結果及び考察】

各項目において、有意な交互作用は認められなかった。泳ぎの違いにかかわらず、泳速度を上げるとストローク頻度、キック頻度が有意に高まることが明らかとなった。また、ストレッチ局面時間比率は有意に減少し、プッシュ局面時間比率は有意に増加したことが明らかとなった。

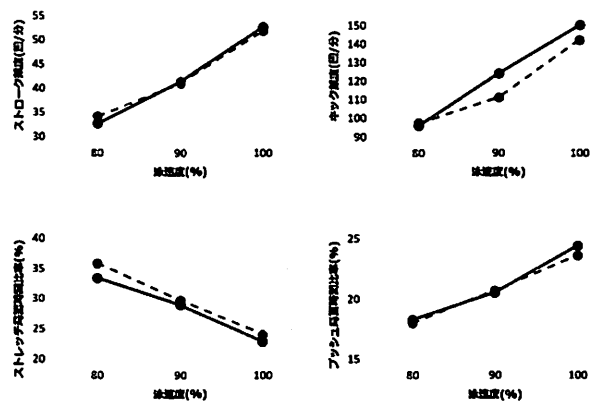
これはFRにおける先行研究(Seifertら, 2004)と同様の結果であり、泳速度増加に伴い、FR・OS共に効率の良い泳ぎへと変化していた。

本研究では、各泳ぎにおける泳速度による泳ぎの変化を明らかにした為、絶対的な泳速度が異なった。今後は、同じ泳速度の際の泳ぎの変化も明らかにすることで、より泳ぎの特徴を捉えることができるものと考えられる。

### 【結論】

オーシャンスイムにおいて泳速度を上げる際には、ストローク頻度・キック頻度・ストローク局面時間比率について、クロール泳と同様の指導方法で良いことが示唆された。

### 【図表】



### 【参考文献】

Seifert L, Chollet D, Bardy BG. (2004) Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. *J Sports Sci.* 22(7): 651-660.

# 大学女子テニス選手におけるサーブの速度と回転数からみる競技レベルの違い —— ボール挙動計測器トラックマンを用いて ——

佐藤 文平 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
若槻 遼 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
船渡 和男 (日本体育大学)

藤森 文晴 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)  
柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)

キーワード：TRACKMAN, 速度, 回転

## 【背景】

テニスの技術レベルはボール打球速度と回転数に起因し、特に攻撃の起点であるサーブは試合で勝利するために高い技術が求められることから、様々な競技レベルの選手サーブの速度と回転数の関係を明らかにすることは必至である。これまでの速度や回転数の解析やデータの算出にはスピードガンやハイスピードカメラを用いての撮影が一般的であったが、データの分析や算出に多くの時間が費やされることに加えて、即時フィードバックが困難であったが、トラックマンテニスレーダーが開発され、非常に高い精度を持って計測できることから、信頼性が高い機器として使用できることが証明された(佐藤ら2017)。

## 【目的】

トラックマンテニスレーダーを用い、大学女子トップ選手(T群)とノーマル大学選手(N1群, N2群)に三種類(フラット, スライス, キック)のサーブを各5試技(計15試技)成功するまで打球させ、レベル別および群内におけるサーブの種類間の特徴を定量化すること。

## 【結果及び考察】

レベルの異なる3群間での比較では、flat.sliceにおいては各群で有意差は認められたが、kickではN2群にのみ有意差は認められなかった。

T群, N1群においては各サーブ間に有意な相関関係が認められたが、N2群においては3種類のサーブ間で、flatのみに有意差が認められたことから、sliceとkickのサーブには統計的に有意差がないことが明らかとなった。

3群間での比較においてflatは、T群はN1群の間に有意差が認められたが、N2群とは有意な差が認められなかったことから、競技レベルの差における差は可視化されなかった。

回転系のサーブであるsliceにおいて、T群に最も高い値(2467.2rpm)が認められ、N1群とN2群の間には有意差は認められなかったが、kickでは各群間に有意差が確認でき、レベルの差が示唆された。

T群, N1群の各サーブには統計的な有意差は認められたが、N2群においてはflatに対して、sliceとkickに有意差は認められなかった。

T群とN1群において、競技レベルの差があるものの3種類のサーブ全体のr値では有意差が認められなかった(T群:  $r = -0.7214$ , N1群:  $r = -0.7961$ ) 事から、T群とN1群における競技レベルの差は、サーブ以外の技術にあることが示唆された。

## 【結論】

大学トップレベルのT群とN1群の競技レベルの差は、ストロークやボレーなど、サーブ以外の技術の差にあることが示唆された。N2群においては、3種類のサーブを打球させたにもかかわらず、回転系のsliceとkickの速度(km/h)と回転数(rpm)において、統計的有意差は可視化されなかったため、事実上2種類のサーブで試合を進めていることが明らかとなった。

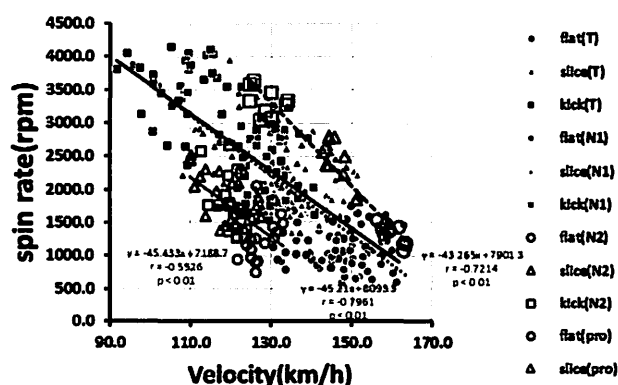


Figure. 1 3種類のサーブにおけるボール速度 (km/h) と回転数 (rpm) の比較

## 投手における下肢の筋力発揮と投球速度との関係

山口 敦士 (立命館大学スポーツ健康科学部)

工藤 将馬 (立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科)

佐藤 隆彦 (立命館大学スポーツ健康科学部)

藤本 雅大 (立命館大学スポーツ健康科学部)

長野 明紀 (立命館大学スポーツ健康科学部)

キーワード：関節モーメント，筋張力，軸脚，踏込脚

### 【背景】

野球において、投手の投げるボールの速さは試合の勝敗を決定づける要因の一つである。投手が大きな投球速度を獲得するために、下肢は力学的に重要な役割を果たすことが報告されている(蔭山ほか, 2015)。しかし、大きな投球速度の獲得に重要となる下肢筋群は明らかでない。

### 【目的】

投手の股関節および膝関節主働筋における筋力発揮と投球速度との関係を明らかにすることとした。

### 【方法】

大学準硬式野球部に所属する右投げ投手7名を被験者とし、5球のストレートの全力投球をさせた。投球速度はスピードガンを用いて計測し、投球速度が最も大きかった試技を分析対象とした。投球動作時の被験者の身体の三次元座標情報は、24台のカメラで構成された光学式モーションキャプチャシステム(Motion Analysis corp.)を用いて計測し(250Hz)、床反力を2台のフォースプレートで計測した(1250Hz)。また、総合筋力測定装置(BIODEX)を用いて股関節および膝関節伸展の等尺性最大モーメントを測定した。得られた三次元座標情報と床反力データから、筋骨格モデル動作解析ソフト(nMotion muscular)を用いて股関節および膝関節の関節モーメント、股関節および膝関節主働筋である大腿四頭筋、ハムストリングス、大臀筋群の筋張力を推定した。前期コッキング期開始から加速期終了までを分析区間とし、右脚を軸脚、左脚を踏込脚とした。各関節伸展の等尺性最大モーメント、分析区間における各筋群の筋張力のピーク値、平均値および力積、各関節の伸展最大モーメントのピーク値と投球速度との関係を検討するためにピアソンの積率相関係数を算出した。p<0.05をもって統計的に有意とし、p<0.1をもって有意傾向とした。

### 【結果及び考察】

軸脚の大臀筋群の筋張力のピーク値、踏込脚の膝関節伸展モーメントのピーク値と投球速度との間に有意な相

関がみられた。また、軸脚の大臀筋群の筋張力の平均値、軸脚の膝関節伸展モーメントのピーク値と投球速度との間にも有意な傾向がみられた。投手は投球動作時に股関節の伸展モーメントを発揮して身体を支持している(烏田ほか, 2000)。また、軸脚の膝関節を伸展することで身体重心を前方に移動し、ボールリリース時に踏込脚の膝を伸展することで身体を支持する必要があると考えられる。したがって、投球動作時には軸脚の大臀筋群の筋力発揮と膝関節伸展筋群の筋力発揮は大きな投球速度の獲得に関係していると考えられる。

### 【結論】

投手は大きな投球速度を獲得するためには、軸脚の大臀筋群の高い筋張力の発揮、軸脚および膝関節伸展筋群の高い筋力発揮が重要となることが示唆された。

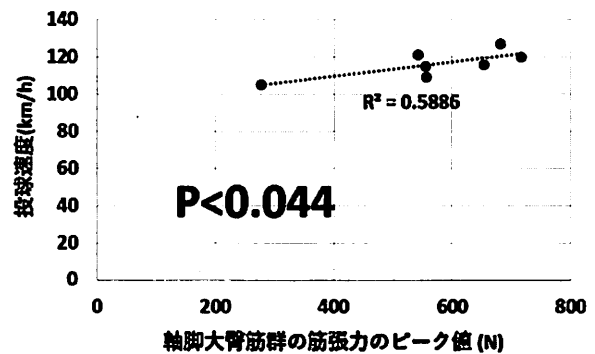


図1：軸脚大臀筋群の筋張力のピーク値と投球速度との関係

## 走運動中における下肢筋群及びアキレス腱の活動動態

江原 由弘 (国士舘大学大学院)      今若 太郎 (国士舘大学大学院)      横澤 翔平 (国士舘大学大学院)  
 田中 重陽 (国士舘大学政経学部)      岡田 雅次 (国士舘大学体育学部)      角田 直也 (国士舘大学体育学部)

キーワード：もも上げ運動, 筋活動, 筋形状変化, SSC運動

**【背景】** 動的運動時には、腓腹筋において伸張短縮サイクル (SSC) 運動が観察され、スポーツを行う上で重要な要素となっている。SSC運動中の筋活動の測定には、生理学的観点からだけでなく力学的観点からも検討する必要があると言われているが、ダイナミックな動作は難しいとされてきた。そこで、ダイナミックな動作中においても力学的観点から測定可能なMCセンサーと筋電図を用いて、走動作中の筋及び腱の活動動態を生理学的観点及び力学的観点から評価ができると考えられる。

**【目的】** 本研究では、走運動中における下肢筋群及びアキレス腱の活動動態を生理学的観点及び力学的観点から明らかにすることを目的とした。

**【方法】** 男子大学生15名を対象とし、被検者にもも上げ運動を行わせ、1台の高速度カメラを用いて撮影した。力学的活動量はMCセンサーを用いて前脛骨筋 (TA)、腓腹筋内側頭 (GM) 及びアキレス腱 (Ac) を対象として測定した。生理学的活動量は携帯型筋電計を用いてTAとGMを対象として測定した。撮影した映像を基に、もも上げ動作の1サイクルを4つの局面に分類した。また、徒手筋力検査で最大随意筋収縮 (MVC) 測定を行い、もも上げ運動中のiEMG及びF<sub>MC</sub>をMVCに対する相対値 (%iEMG, %F<sub>MC</sub>) として評価し、各測定部位における単位時間当たりの%iEMG及び%F<sub>MC</sub>を抽出した。

**【結果】** GMにおいて%iEMGは支持期前半が支持期後半、遊脚期前半及び遊脚期後半と比べて有意に高い値を示した。GMにおいて%F<sub>MC</sub>は支持期前半及び支持期後半が遊脚期前半及び遊脚期後半と比較して有意に高い値を示した (Fig. 1)。

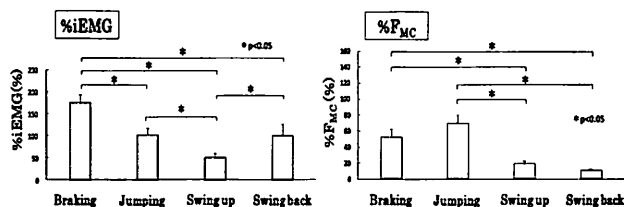


Fig. 1. %iEMG and %F<sub>MC</sub> of GM during high knee exercise.

Acにおいて%F<sub>MC</sub>は支持期前半が遊脚期後半と比較して有意に高い値を示した。また、支持期後半が遊脚期に比べて有意に高い値を示した (Fig. 2)。

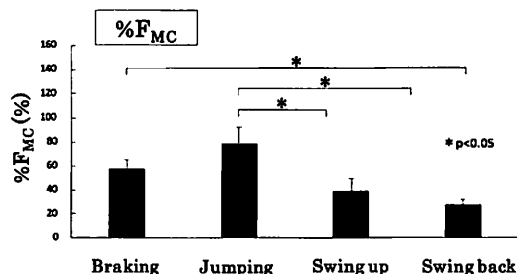


Fig. 2. F<sub>MC</sub> of Ac during high knee exercise.

足関節角度の変化に伴いGM及びAcの%F<sub>MC</sub>は支持期前半と支持期後半では異なる様相を示した (Fig. 3)。

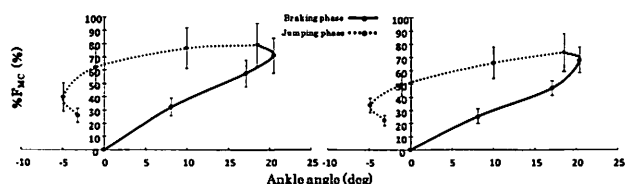


Fig. 3. Relationships between ankle angle and relative F<sub>MC</sub> during high knee exercise.

Acの%F<sub>MC</sub>とGMの%F<sub>MC</sub>の関係は、支持期前半～支持期後半まではほぼ直接的な関係を示した (Fig. 4)。

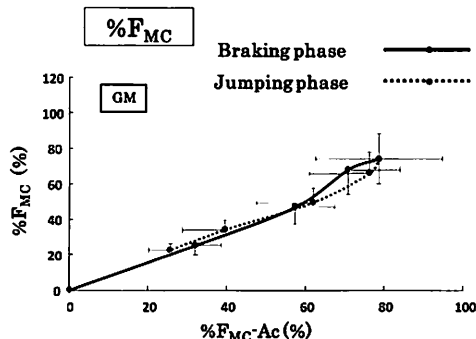


Fig. 4. Relationships between relative Ac and F<sub>MC</sub> during high knee exercise.

**【結論】** もも上げ運動中の筋及び腱の活動は、支持期で大きく、接地による荷重の影響が大きく影響しているものと推察された。また、SSC運動中のGMとアキレス腱の力学的活動動態は類似していたことから、ダイナミックな運動における筋腱複合体の活動動態の重要性が伺えた。



# 筋の収縮及び出力特性に及ぼす高周波温熱刺激と筋活動

篠原 諒介 (国士舘大学大学院) 平塚 和也 (国士舘大学) 角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：温熱刺激, 筋収縮特性

**【目的】** 本研究の目的は、骨格筋への温熱刺激により、筋の収縮特性及び筋出力に及ぼす効果について検討することである。

**【対象】** 被験者には体育系男子学生17名とした。

Table1. Age and physical characteristics of subjects.

n	Age (yrs)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	FFM (kg)
17	21.2±1.6	167.4±7.9	61.1±6.6	55.4±4.8

FFM: Fat Free Mass Values are means±S.D.

**【方法】** 被験筋は、右脚の大腿直近 (RF) 及び内側広筋 (VM) とした。筋収縮の測定には、筋収縮測定装置 (TMG-100, TMG社製) を用いた。温熱刺激 (HS) には、高周波治療器 (TEC no six Erta) を用いた。HSと比較するために W-up を実施した。等尺性膝関節伸張筋力の測定には総合筋力測定装置 (BIODEX System III) を用いて測定した。体表皮温の測定には、高精度温度計 (LT-2series, Gram社製) を用いた。筋組織酸素血液動態の測定には、経皮的レーザー組織酸素モニター (BOM-LITR, OMEGAWAVE) を用いた。

**【結果及び考察】** HSは、筋の粘性を有意に低下させ、時間的要素及び筋出力を有意に向上させることが明らかとなった。

Table 2. Comparison of TMG parameters on RF and VM.

Muscle	Conditions	Dm[mm]		Td[msec]		Tc[msec]	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
RF	W-up	6.6±1.6	7.7±2.1	22.9±1.2	21.8±1.4	23.1±2.2	21.2±1.6
	HS	6.9±2.0	10.5±1.9	22.6±1.0	20.4±1.2	23.0±2.4	19.7±2.2
	Con	6.8±1.6	6.8±1.7	22.8±1.4	22.6±1.4	25.5±5.3	25.5±5.1
VM	W-up	8.6±1.7	9.8±1.6	23.0±1.3	21.9±1.3	24.2±2.5	21.5±2.1
	HS	8.1±1.6	11.0±1.8	22.9±1.2	20.6±1.3	24.3±2.4	20.2±2.5
	Con	8.5±1.6	8.6±1.8	23.2±1.4	23.0±1.4	24.2±3.0	23.8±2.9

Values are mean ± S.D.\*:p<0.05

HSは、体表皮温を有意に上昇させ、筋組織酸素血液動態を、Con条件と比較して有意に上昇させることが明らかとなった。

Table 3. Skin temperature on Pre and Post value with each condition.

Conditions	Temperature(°C)		Change ratio(%)
	Pre	Post	
W-up	32.3±0.7	34.4±0.4	6.4±2.2
HS	32.3±0.8	37.3±0.7	15.5±4.0
Con	32.4±0.6	33.4±0.8	3.0±1.7

Values are mean ± S.D.\*:p<0.05

Table 4. Change in StO2 for each condition in each phase.

Conditions	At rest(%)	At the end of each conditions(%)
	W-up	100.0±0.0
HS	100.0±0.0	108.1±3.6
Con	100.0±0.0	95.8±4.3

Values are mean ± S.D.\*:p<0.05

さらに、HS実施後の変化率における各測定項目は、W-up実施後の変化率と比較して、体表皮温・Dm・Td・Tc・筋出力において有意に大きな変化率を示した。このことから、HSを筋に施すことにより、体表皮温・最大変位量・遅延時間・収縮時間・等尺性膝関節伸張筋力において、W-upより大きな効果を示した。

Table 5. Change ratio of TMG parameters on RF and VM.

Muscle	Conditions	Dm(%)	Td(%)	Tc(%)
		RF	W-up: 17.4±17.2	-4.9±3.2
	HS	58.0±18.6	-9.9±2.9	-14.2±5.2
	Con	0.03±14.4	-0.7±2.8	-0.04±4.2
VM	W-up	15.2±12.0	-4.9±1.4	-11.0±4.5
	HS	36.6±15.7	-10.0±3.3	-16.9±5.2
	Con	0.9±8.9	-1.0±3.3	-1.5±4.9

Values are mean ± S.D.\*:p<0.05

Table 6. Isometric peak on Pre and Post value with each condition.

Conditions	Torque(kw)		Change ratio(%)
	Pre	Post	
W-up	247.8±59.8	261.4±64.9	5.4±4.4
HS	250.9±60.5	282.8±72.6	12.5±8.1
Con	247.0±58.8	247.3±58.7	0.2±1.6

Values are mean ± S.D.\*:p<0.05

以上のことから、HSは、筋の粘性を有意に低下させ、時間的要素及び筋出力を有意に向上させることが明らかとなった。また、HSを筋に施すことにより、W-upと類似した効果を得られることが示唆された。その中で、体表皮温・最大変位量・遅延時間・収縮時間・等尺性膝関節伸張筋力においては、W-upより大きな効果を示した。

## アクアダンスの基本動作における下肢の筋活動水準の評価

久芝さくら（日本女子体育大学）  
 沢井 史穂（日本女子体育大学）

野口麻衣子（日本女子体育大学）

キーワード：アクアダンス、筋活動水準

### 【緒言】

近年、関節への負担を軽減し、水の浮力や抵抗を利用して行う水中運動が普及している。その中のアクアダンスは、音楽を用いて様々な動きを楽しみながら行うグループエクササイズである。しかし、水中ウォーキングに関する研究は多いが、アクアダンスの研究は少ない。本研究の目的は、アクアダンスの基本動作を水中と陸上において、それぞれ同一動作速度で実施したときの下肢の筋活動水準の違いを比較検討することである。

### 【方法】

被検者は、女性アクアダンスインストラクター 8 名（年齢  $43.0 \pm 7.8$  歳，身長  $160.6 \pm 4.8$  cm，体重  $55.5 \pm 7.0$  kg，指導歴  $17.1 \pm 10.4$  年）であった。対象動作は、アクアピクスの基本動作であるジャンピング、ロッキング、シザースとした。各動作を水中と陸上で同一動作速度（120bpm，136bpm）で実施した時の下肢（中殿筋，大腿直筋，大腿二頭筋，前脛骨筋，腓腹筋）の表面筋電図（EMG）を防水型無線筋電計を用いて測定した。各動作 10 回分の EMG データを全波整流して積分した後、0.1 秒あたりの平均積分値を求め、各被検筋ごとに計測した等尺性最大随意筋力発揮時の 0.1 秒あたりの EMG 積分値により正規化（%EMGmax）して、各動作の筋活動水準を算出した。

水中と陸上での同一動作実施時の筋毎の活動水準の比較は対の t 検定，陸上と水中での同一動作，同一ピッチにおける各筋の活動水準の比較は一元配置分散分析と Bonferroni 法による多重比較を行った。有意水準は危険率 5% 未満とした。

### 【結果及び考察】

対象動作中の各筋の活動水準は、水中環境では 4.2 ～ 13.1%EMGmax，陸上環境では 17.0 ～ 52.6% EMGmax の範囲であった。同一動作を同一ピッチで実施した時の各筋の活動水準は、陸上の方が水中より有意に高く（図 1），水中と陸上で各動作を同じ速度で実施した時の筋ごとの活動水準の比較においても、陸上の方が水中より有意に高い値を示した（図 2）。水中環境では浮力が働くため、本研究で対象とした跳躍を伴う動作では、陸上に比べて下肢への体重負荷が軽減され、筋活動が抑制されたと考

えられる。

以上のことから、本研究で対象としたアクアダンスの動作は、筋力を高める効果が期待できるだけの筋の活動水準（30% EMGmax 以上）には達していないが、高齢者や足腰の弱い人にとっては、下肢への負担が少なく、無理なくできる運動であるといえよう。

一方、アクアダンスの動作の模範を陸上で実演するインストラクターは、筋肉や関節に負担がかかるので、オーバーユースに注意が必要であると考えられる。

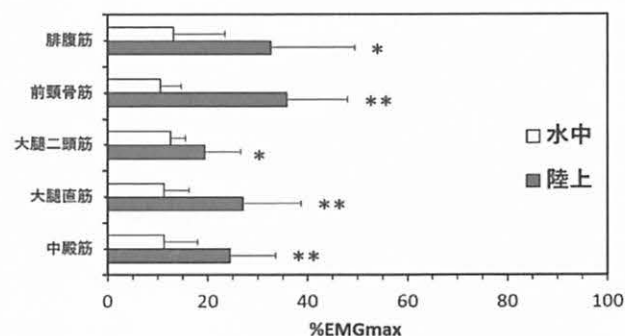


図1 水中と陸上で同一動作（シザース）を同じ動作速度（136bpm）で実施した時の各筋の活動水準の比較

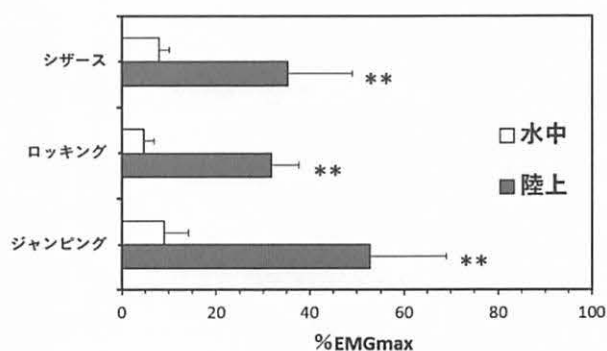


図2 水中と陸上で各動作を同じ速度（120bpm）実施した時の筋ごとの活動水準の比較（前脛骨筋の例）

# エアロビックダンスの各種ステップにおける下肢の筋活動水準の評価

宮寺 賀依 (日本女子体育大学) 沢井 史穂 (日本女子体育大学)

キーワード：エアロビックダンス, 基本的ステップ, 筋活動水準, 運動プログラム

## 【緒言】

これまで、エアロビックダンス (AD) の基本的なステップの運動強度については報告されているが、それぞれのステップ実施中の下肢の筋活動量については明らかにされていない。先行研究では、インストラクター 2 名を対象に AD の各種ステップの筋電図を計測しているが、筋活動量が正規化されておらず、対象動作内の相対的な比較に留まっている。AD の基本的なステップにおける下肢の筋活動水準を明らかにすることができれば、バランスよく骨格筋に適切な刺激をもたらす AD プログラムの作成につなげることができると考えられる。

そこで本研究は、代表的な AD のステップを規定のテンポで実施した時の下肢の筋活動水準を評価することを目的とした。

## 【方法】

### ① 被検者

AD の動きに慣れている 21 ~ 22 歳の女子体育大生 7 名 (身長 160 ± 5cm, 体重 54.5 ± 5kg)

### ② 対象動作

AD の代表的な下肢運動として、ローインパクトステップ 11 種類、ハイインパクトステップ 9 種類を選択した。動作のテンポは、電子メトロノーム音に合わせ、144bpm に規定した。

### ③ 筋電図測定

テレメータ式筋電計を用い、中殿筋、内転筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋の計 6 筋 (右脚のみ) から表面筋電図 (EMG) を導出した。

### ④ 筋電図解析

各ステップ連続 10 回分の EMG データを全波整流して積分した後、0.1 秒当たりの平均積分値を求め、被検筋ごとに計測した等尺性最大随意筋力発揮中の 0.1 秒当たりの EMG 積分値により正規化することで、筋活動水準 (%EMGmax) を評価した。

### ⑤ 統計解析

動作の種類、EMG 計測の部位によって筋活動水準に差があるか否かを一元配置分散分析及び Bonferroni の多重比較により検定した。

## 【結果及び考察】

各ステップ実施時の 6 筋の平均筋活動水準の比較を分かりやすくするため、筋活動水準の % を 5 段階評価で表した (表 1)。

表 1 ステップの筋活動水準の評価表

	中殿筋	内転筋	大腿直筋	大腿二頭筋	前脛骨筋	腓腹筋	合計
ローインパクト							
マーチ	1	1	2	1	1	3	9
ステップタッチ	1	1	2	1	1	4	10
ヒールタッチ	1	1	2	0	1	1	6
レッグカール	2	1	2	1	1	2	9
バックランジ	2	2	3	1	1	2	11
サイドジャック	1	2	3	1	2	2	11
マンボ	1	1	2	1	1	2	8
ウォーキング	1	1	1	1	1	2	7
グレイプバイン	1	1	1	1	1	2	7
Vステップ	1	1	1	1	1	1	6
BOXステップ	1	1	1	1	1	2	7
ハイインパクト							
その場かけあし	1	2	2	2	1	3	11
キック	1	2	2	1	1	3	10
ジャンプホップ	1	2	2	1	1	4	11
ツイスト	1	1	2	1	1	4	10
ケンケン	2	2	2	2	1	3	12
ジャンピングジャック	1	2	3	2	1	4	13
ベンチュラム	3	1	3	1	1	3	12
ランニング	1	2	2	2	1	3	11
シャッセ	1	2	2	1	1	3	10
合計	25	29	40	23	21	53	

0 ~ 10% EMGmax → 0    10 ~ 19% EMGmax → 1  
 20 ~ 29% EMGmax → 2    30 ~ 39% EMGmax → 3  
 40 ~ 49% EMGmax → 4    50 ~ 59% EMGmax → 5

筋ごとの評価値の合計を見ると、腓腹筋が最も高い数値を示した。反対に、評価値の合計が最も小さかったのは前脛骨筋だった。

ローインパクトよりハイインパクトのステップは全体的に筋の活動水準が高かったが、ローインパクトでもハイインパクトと同等の評価値の合計を示すステップ (バックランジ、ジャンピングジャック) があった。

ステップによってよく使われる筋が違うので、表 1 をうまく活用することによって、バランス良く下肢の筋を活動させることができる AD のプログラム作成に繋がるのではないかと考えられる。

## ピッチの違いがアクアダンスの基本動作における 下肢の筋活動水準に与える影響

野口麻衣子（日本女子体育大学）  
沢井 史穂（日本女子体育大学）

久芝さくら（日本女子体育大学）

キーワード：アクアダンス、ピッチ、筋電図

### 【緒言】

近年、関節への負担を軽減し、水の浮力や抵抗を利用して行う水中運動が普及している。その中のアクアダンスは、音楽を用いて様々な動きを楽しみながら行うグループエクササイズである。しかし、水中ウォーキングに関する研究は多いが、アクアダンスの研究は乏しい。重力の影響が大きい陸上環境と浮力や水の粘性抵抗の影響を受ける水中環境とでは、運動時の筋活動には違いがあると考えられる。

本研究は、アクアダンスの基本動作を水中と陸上において速度を変えて実施したときの下肢の筋活動水準を比較検討することを目的とした。

### 【方法】

被検者は、女性アクアダンスインストラクター 8 名（年齢  $43.0 \pm 7.8$  歳、身長  $160.6 \pm 4.8$  cm、体重  $55.5 \pm 7.0$  kg、指導歴  $17.1 \pm 10.4$  年）であった。

測定場所は日本女子体育大学屋内可動床式プールで、室温  $26.4 \pm 2.0$  °C、水温  $30$  °C、湿度  $79.4 \pm 6.6$  % で、水位は各被検者の剣状突起の高さに調節した。対象動作は、アクアビクスの基本動作であるジャンピング、ロッキング、シザースとした。各動作を水中と陸上において同一動作速度（120bpm、136bpm）で実施した時の下肢の筋（中殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋）の表面筋電図（EMG）を防水型テレメータ式筋電計を用いて測定した。各動作 10 回分の EMG データを全波整流して 0.1 秒あたりの平均積分値を求め、各被検筋ごとに計測した等尺性最大随意筋力発揮時の 0.1 秒あたりの EMG 積分値により正規化して、各動作の筋活動水準（%EMGmax）を算出した。

ピッチの違いによる各筋の平均活動水準の比較には、対の t 検定を行った。有意水準は危険率 5% 未満とした。

### 【結果及び考察】

陸上ではロッキング動作時の前脛骨筋のみ、水中ではロッキング動作時の大腿直筋のみ、時間当たりの筋活動水準にピッチによる差が認められ、いずれもピッチの遅い方が筋活動水準が高値を示した（図 1）。ロッキング動作

は片脚支持局面が長い為、ピッチが遅い方が支持時間がより長くなり、膝関節と足関節を一定の角度に保つ役割の筋の活動量が増すのではないかと考えられた。

しかしほとんどの場合、ピッチの違いによって筋活動水準には差がみられなかったことから、陸上でも水中でもピッチを 16bpm 変化させた程度では下肢の筋活動水準には大きな影響を与えないことが分かった。すなわち、アクアダンスで使われている音楽のピッチの範囲では、ピッチの増減は筋への負荷強度を変化させる要因にはならないと考えられる。

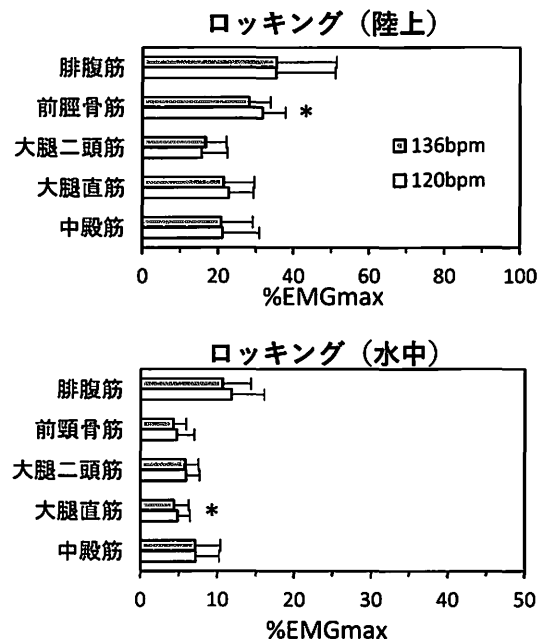


図 1 陸上と水中におけるロッキング動作時の下肢の筋活動水準（ピッチの違いによる比較）\*； $p < 0.05$

## 伸張性活動における筋の収縮及び出力特性の回復変化

笠原 和 (国士舘大学大学院) 角田 直也 (国士舘大学体育学部)

キーワード：筋収縮, 疲労

**【目的】** 本研究の目的は、伸張性活動における疲労からの回復過程を筋収縮特性の変化及び出力特性を検討する事を目的とした。

**【対象】** 被検者は、疲労課題を行う13名、疲労課題を行わない6名を対象とした。被験筋は、疲労課題を行う被験者は非利き腕の上腕二頭筋(BB)とし、疲労課題を行わない被験者は利き腕の上腕二頭筋(BB)とした。測定部位は、肩峰前部と肘頭骨を結んだ60%位置とする。また、上腕周径囲の測定も行った。測定部位は肩峰前部と肘頭窩を結ぶ60%、70%及び80%の3か所の位置で周径囲を測定した。

**【方法】** 筋収縮の測定は、筋収縮特性測定装置(TMG-100 TMG社製)を用いた。測定肢位は、椅座位で安静にし、肘関節角度を90度とした。測定した各測定項目の分析にあたっては遅延時間Td、収縮時間Tc、最大変位をDmとした(図1)。

等尺性肘関節屈曲筋力(Maximum Voluntary Contraction; MVC)及び疲労実験の測定は、総合筋力測定装置を用いて測定し、肘関節角度を90°とした。疲労実験は1セット10回の伸縮性収縮運動を6セット、計60回とした。なお、セット間の休息時間は2分間とし、筋の回復度合いを確

認するためにTMG法を用いて休息時間内に測定を行った。測定手順は、安静時に筋収縮特性とMVCの測定を行った。運動前の安静時における各種測定を終了後に疲労実験を行った。運動終了後直ちに筋収縮特性とMVC、周径囲測定を行った。運動終了30分後、1時間後、1日後、2日後、3日後及び4日後の測定も運動前の安静時と同様の測定を行った。

**【結果及び考察】** 図1に、筋力およびTdの経時的変化を示した。筋力において、疲労前と直後、30分後、60分後、1日後、2日後の間に有意な差が認められた。Tdにおいては、疲労前と30分後、1日後、3日後の間に有意な差が認められた。図2にTcおよびDmの経時的変化を示した。Tcは疲労前と1時間後の間に有意な差が認められた。Dmにおいては、疲労前と直後、30分後、1時間後、1日後、2日後、3日後、4日後に有意な差が認められた。図3に各周径囲およびROMの経時的変化を示した。周径囲において、60%、70%及び80%のすべての項目で有意な差は認められなかった。

以上のことから、ECC活動における疲労は各項目の低下率と回復過程は異なるが、Dmは、4日後で疲労前に回復することは難しく、その他の項目は、2日後に疲労前の状態に回復することが明らかになった。

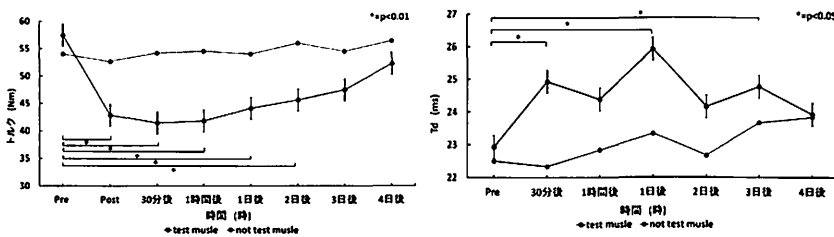


図1. 筋力およびTdの経時的変化

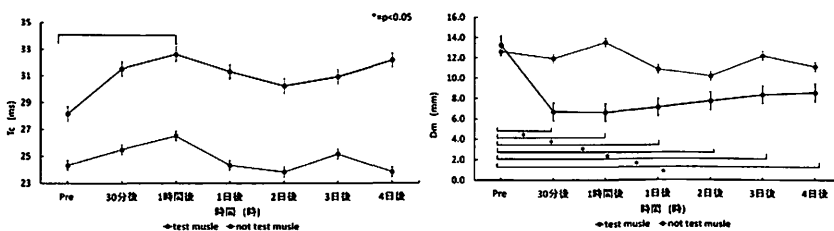


図2. TcおよびDmの経時的変化

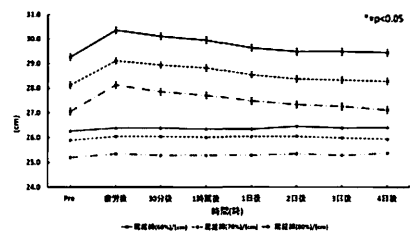


図3. 各周径囲の経時的変化

# ドロップジャンプ動作時における下肢筋群及びアキレス腱の力学的収縮特性

林 大空 (国士舘大学大学院)  
 横澤 翔平 (国士舘大学大学院)  
 角田 直也 (国士舘大学体育学部)

今若 太郎 (国士舘大学大学院)  
 田中 重陽 (国士舘大学政経学部)

## 【背景】

SSC運動は、ドロップジャンプやホッピング等のモデルを用いて多くの検討がなされている。これまでドロップジャンプ中の筋腱の活動動態は、運動学的観点及び生理学的観点から評価されてきた。近年では新たに、筋や腱の形状変化からそれらの収縮特性を力学的観点から評価することを可能としたMCセンサー法が開発された。

## 【目的】

本研究では、MCセンサー法を用いて、ドロップジャンプ時における下肢筋群の収縮特性及びアキレス腱の活動動態について明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

試技はドロップジャンプとし、試技中の筋活動及び筋腱の形状変化量の測定には、表面筋電図及びMCセンサーを用いた。撮影した映像を基に、3局面に分け分析を行い、被検者を跳躍高の高い群及び低い群の2群に分け比較した。

## 【結果及び考察】

### 1. 各局面における筋腱のF<sub>MC</sub>の群比較

LG及びHGのTAのF<sub>MC</sub>において、Bra局面及びPush局面ではLGがHGよりも高い値を示し、有意な差が認められたが、GMにおいては、全ての局面で有意な差が認められなかった (Fig. 1)。TAにおいてLGがBra局面、Push局面で有意に高い値を示したことから、DJの跳躍高において、TAの力学的特性が影響する可能性が示唆された。

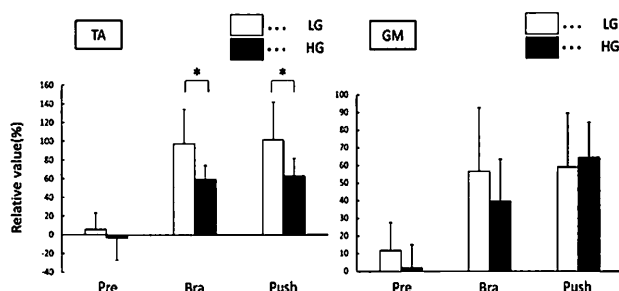


Fig. 1 Comparison of LG and HG of F<sub>MC</sub> relative value in TA and GM.

### 2. 規格化時間における各局面別のF<sub>MC</sub>の群比較

GMのF<sub>MC</sub>において全ての規格化時間で有意な差が認められなかったが、AcのF<sub>MC</sub>において交互作用に有意な差が認められた (Fig. 2)。Acの規格化時間90%及び100%で両群間に有意な差が認められ、HGがLGよりも高い値での変化が見られた。このAcの形状変化が跳躍高の高い群の特徴だと考えられ、また、同じ局面でGMには差が見られなかったことから、Acの力学的特性が跳躍高に影響する可能性が示唆された。

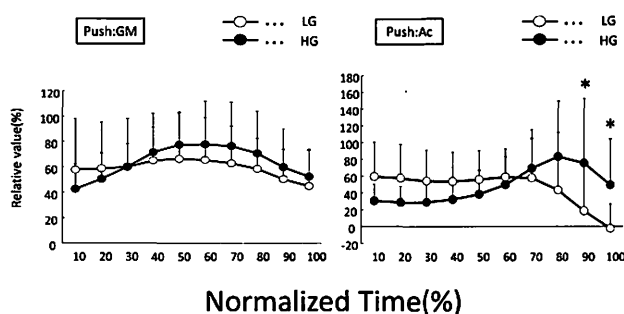


Fig. 2 Comparison of changes with time of F<sub>MC</sub> in GM and Ac of each aspect of LG and HG.

## 【結論】

1. 跳躍動作の拮抗筋であるTAにおいて、Bra局面及びPush局面での活動が大きくなると、跳躍高が低くなる傾向が見られた。
2. 跳躍動作の主動筋であるGMの活動動態において、両群間で差は見られなかった。
3. Acにおいて、Push局面でHGがLGよりも有意に高い値を示し、同局面でGMに有意な差が見られなかったことから、Acの力学的特性が跳躍高に関係したことが考えられる。

以上のことから、DJにおける跳躍高の差にはTA及びAcの力学的特性が影響する可能性が示唆された。

# Tensiomyography法による男子体操競技選手の筋収縮特性

楡山 和真 (国士舘大学大学院)  
角田 直也 (国士舘大学体育学部)

平塚 和也 (国士舘大学大学院)

キーワード：Tensiomyography法, 体操競技, 筋収縮特性

## 【背景】

体操競技におけるこれまでの研究では、体操競技の演技中は上肢による支持姿勢や懸垂姿勢が多いことから、上肢の筋を対象にした研究が多くされてきたことが考えられる。しかしながら、ゆか及び跳馬による跳躍力を必要とする種目において、下肢の筋についての研究も重要であると考えられる。つまり、体操競技は、基本的に男子選手は6種目それぞれ全ての種目を行うことから、一般的な成人や他のスポーツ競技と比較して上肢及び下肢共に筋形態及び筋機能が優れていることが考えられる。だが、他のスポーツ競技と比べると体操競技選手における筋形態及び筋機能についての研究はほとんどみられず、検討する必要があると考えられる。

## 【目的】

本研究では、大学男子体操競技選手と体操競技未経験の体育系成人男性における筋形態を筋厚から、筋機能を筋収縮特性から評価し、上肢筋群、体幹部筋群、大腿部筋群及び下腿部筋群の形状変化からみた、体操競技選手特有の筋形態及び筋機能を検討することを目的とした。

## 【方法】

被検者は、大学男子体操競技選手16名 (GG群) 及び、体育系成人男性6名 (CG群) とした。被検者の年齢、身長、体重、及び除脂肪量を表1に示した。被験筋は僧帽筋 (TRS)、三角筋 (DEL)、上腕二頭筋 (BB)、上腕三頭筋 (TB) 及び腕橈骨筋 (BR)、大腿直筋 (RF)、大腿二頭筋 (BF)、外側広筋 (VL)、内側広筋 (VM)、前脛骨筋 (TA)、腓腹筋外側頭 (GL) 及び腓腹筋内側頭 (GM) とした。筋厚の測定はBモード超音波診断装置 (SSD-900, ALOKA社製) を用いて測定を行った。筋収縮の測定は筋収縮特性測定装置 (TMG-100 TMG社製) を用い、測定項目は、最大変位 (Dm)、遅延時間 (Td)、収縮時間 (Tc) の3項目とした。

表1. 身体的特性

Group	n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	FFM (kg)
GG	16	20.0±1.0	163.9±5.7	58.5±4.8	54.8±4.8
CG	6	23.5±0.5	177.9±6.0	72.2±12.5	63.6±8.8

GG: Gymnast Group, CG: Control Group.

Value are mean ± S.D. \*:p<0.05

FFM: fat free mass.

## 【結果及び考察】

GG群とCG群における筋厚は、DEL、TB、TRS及びGLにおいて有意な差が認められ、GG群が高い値を示した。このことから、体操競技選手の筋形態は優れていることが考えられる。Tensiomyography法によるTcの項目において、GG群がTB及びBRが有意に低い値を示したことから、速筋繊維比率が高いことが示された。また、GG群のVM、GL及びGMは有意に高い値を示したことにより、高い遅筋繊維比率を有していることが示され、Tensiomyography法を用いてTB、BR、VM、GL及びGMのTcを測定することによって、体操競技選手の競技種目特性を推定できる可能性が示唆された。

## 【結論】

体操競技選手における上肢筋群、体幹部筋群、大腿部筋群及び下腿部筋群の形状変化からみた筋収縮特性は、両群の間で異なることが確認され、特にTBにおいて反応速度及び収縮速度が速く、筋の剛性が高いことが明らかになった。これらのことから、体操競技選手の上肢筋群、体幹部筋群、大腿部筋群及び下腿部筋群における筋収縮特性は、筋形態及び筋機能の影響を受ける可能性が推察され、競技種目特性を推定できることが示唆された。

## 筋の弛緩が同肢内他筋の持続収縮力に及ぼす影響

堤 幸治 (早稲田大学スポーツ科学研究科)  
 彼末 一之 (帝早稲田大学スポーツ科学学術院)

加藤 孝基 (早稲田大学スポーツ科学学術院)

キーワード：筋弛緩，筋収縮，同肢，他肢，5%MVC，50%MVC

### 【背景】

多くのスポーツ動作は複数の筋を同時に収縮もしくは弛緩させることで成立している。熟練者は未熟練者と比較して効率的に筋活動を行っている (Sakurai and Ohtsuki., 2000, Farber et al., 2009)。熟練者と未熟練者の筋活動が異なるように複数の筋を同時に適切な強度で制御することは難しい。その一因としてある筋の活動が他筋の活動に影響を及ぼすことが考えられる。前腕の筋を持続収縮している際に下腿の筋を収縮させると前腕の持続収縮力が一時的に増加し、弛緩させると減少することが明らかとなっている (Kato et al., 2015)。我々は50%MVCからの筋弛緩が同肢内の筋活動を抑制させることを報告した (国分ら 2016)。しかしながら、比較的弱い収縮強度からの筋弛緩が同肢内の他筋に及ぼす影響は明らかになっていない。

### 【目的】

本研究では比較的弱い強度 (5%MVC) からの筋弛緩が同肢内の他筋の持続収縮力に及ぼす影響について検討する。

実験① 指関節屈曲筋×肘関節屈曲筋

実験② 指関節屈曲筋×肩関節外転筋

### 【方法】

ある筋を持続収縮 (Keep) したまま音合図に反応し、もう片方の筋を収縮および弛緩する4種類の運動課題を各15回ずつランダムに行った。収縮強度は、指関節屈曲筋は5%MVC、肘関節屈曲筋および肩関節外転筋は50%MVCで行った。解析は音合図の500ms前から音合図までの持続収縮力の平均値をBaseline (=1) とし標準化した。また音合図を0msとし、500ms～1999msの間のForceの変化の平均および標準偏差を算出した。

### 【結果及び考察】

#### 実験①

- ・ 肘関節屈曲筋の弛緩により指関節屈曲筋の持続収縮力は一時的に低下した。
- ・ 指関節屈曲筋の弛緩により肘関節屈曲筋の持続収縮力が一時的に低下した。(図1)

#### 実験②

- ・ 肩関節外転筋の弛緩により指関節屈曲筋の持続収縮力は一時的に低下した。
- ・ 指関節屈曲筋の弛緩により肩関節外転筋の持続収縮力が一時的に低下した。(図2)

本研究において、5%MVCからの筋弛緩は同肢内他筋の持続収縮力 (50%MVC) を低下させた。我々は以前、50%MVCからの弛緩が同肢内他筋の活動を抑制させることを報告した (国分, 2016)。従って収縮強度に関わらず、筋弛緩は同肢内の他筋の活動を抑制させることが明らかとなった。

### 【結論】

比較的弱い強度 (5%MVC) からの弛緩は同肢内他筋の持続収縮力を一時的に低下させる。

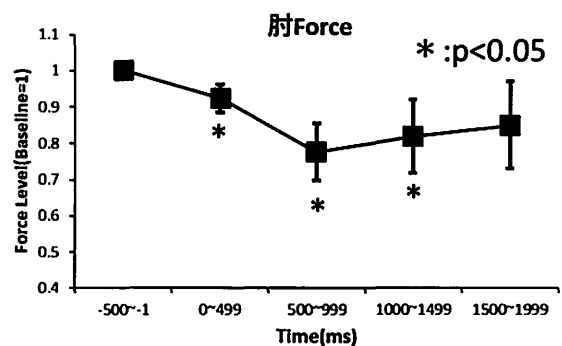


図1. 実験① (課題：指弛緩×肘Keep)

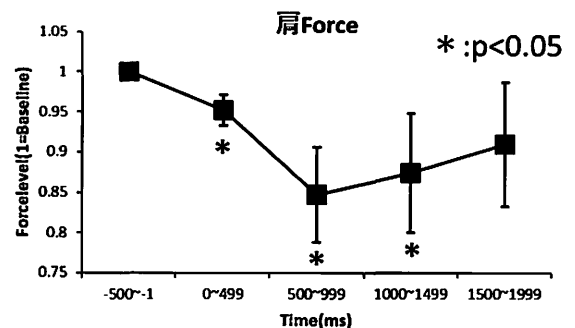


図2. 実験② (課題：指弛緩×肩Keep)



## 運動習慣の異なる高齢女性の上腕及び大腿の筋硬度比較

佐藤 裕菜 (日本女子体育大学)

石田 良恵 (日本ウェルネススポーツ大学)

沢井 史穂 (日本女子体育大学)

柴田 景子 (日本女子体育大学大学院)

田中 寿志 (株式会社グローバルヘルス)

キーワード：筋硬度, 荷重超音波装置, 高齢者, 運動習慣

### 【緒言】

高齢者が自立した生活を送るためには、日常生活活動を営む上で必要な筋機能を維持することが重要である。加齢に伴い筋量は減少するが、身体不活動によっても筋萎縮が進むことが明らかにされている。一方、筋の厚さが同じでも、筋線維組成や周りの結合組織などの筋の質的特性によって筋の出力は影響を受ける可能性がある。

これまで、超音波画像装置を用いてヒトの骨格筋の量的特性に関する研究は数多く行われてきたが、筋の質的特性を表す硬さ(筋硬度)に関する基礎的データは十分に蓄積しておらず、加齢や運動習慣により筋硬度に違いがあるか否かについては明らかにされていない。

本研究は、超音波装置のプロープに圧力計を内蔵することで加えた圧力に対する筋形状の変化量を計測できる荷重超音波装置(mhULT)を用いて、運動習慣の異なる高齢女性の上肢と下肢の筋硬度を定量化し、比較することを目的とした。

### 【方法】

対象は、特別な運動習慣のない群(非運動群)11名、定期的に登山を行っている群(登山群)12名、筋力トレーニングを行っている群(筋トレ群)8名の計31名の高齢女性(平均年齢 $71.4 \pm 2.8$ 歳)であった。mhULTを用いて右側の上腕前部と大腿前部における筋厚と筋硬度を測定した。また、脚筋力の指標として10回連続イス座り立ち時間を計測した。筋硬度は、測定部位の皮膚表面にプロープを当て、0～1000gfを超えるまで、一定速度でゆっく

りと押圧をかけていく過程で得られる押圧と筋厚との間の一次回帰式の勾配(荷重/筋変形量)によって評価(筋硬度評価値)した。群間の差の検定はANOVAと多重比較によった。

### 【結果及び考察】

年齢と体格に群間差はなかった。上腕部、大腿部ともに筋厚と筋硬度評価値にも3群間で有意差は認められなかった(表1)。但し、大腿の筋厚と筋硬度評価値との間には負の相関関係が認められたため、筋硬度評価値に筋厚を乗じた筋硬度指数で3群間の比較を行ったが、群間差は認められなかった。運動習慣の違いによって筋厚と筋硬度に差がみられなかった理由として、対象者数が少なかったこと、非運動群の日常生活活動量が多く身体活動不足ではなかったことが挙げられる。あるいは、競技レベルのトレーニングを行っているわけではない一般の高齢女性においては、定期的に特定の運動をよく行っているか否かによって明らかな筋の量的・質的差異は生じにくいことを示唆しているとも考えられる。

一方、イス座り立ち時間は登山群と筋トレ群が非運動群より有意に短かった(表1)。筋力増加は、筋肥大と神経的要因の改善によってもたらされるが、高齢者においては筋力増加の大部分が神経的要素の改善によるものであることが指摘されている。このことから、筋量に差はなくても運動習慣がある高齢者群では神経的要素が改善されて大きな筋力発揮ができるようになっているのではないかと推察された。

表1 各群の筋厚及び筋硬度評価値とイス座り立ちの結果

群	n	筋厚(mm)		筋硬度評価値(gf/mm)		イス座り立ち(秒)
		上腕前部	大腿前部	上腕前部	大腿前部	
非運動群	11	16.2 ± 1.7	28.4 ± 4.9	120.8 ± 18.5	90.3 ± 33.0	19.0 ± 5.3
登山群	12	15.0 ± 3.0	30.6 ± 6.5	106.3 ± 11.7	76.8 ± 22.1	7.9 ± 1.0
筋トレ群	8	15.5 ± 2.3	24.5 ± 5.8	119.0 ± 21.1	100.7 ± 41.6	7.4 ± 0.6
群間差		NS	NS	NS	NS	登山群>非運動群 筋トレ群>非運動群

## 若年成人の上肢及び下肢の筋硬度の性差

柴田 景子 (日本女子体育大学大学院)  
 沢井 史穂 (日本女子体育大学)

田中 寿志 (株式会社グローバルヘルス)

キーワード：筋硬度, 性差, 荷重超音波装置

### 【緒言】

これまで筋の構造特性(筋厚や筋断面積など)や機能特性(筋力や筋パワーなど)に関しては、明らかな性差があること、またその差は下肢よりも上肢の方が顕著であることが報告されている。しかし、筋の質的特性である硬さ(筋硬度)に関する性差については十分に明らかにされていない。その理由として、筋硬度を定量化するための方法論に多くの課題があることが挙げられる。

本研究の目的は、超音波装置のプロープに圧力計を内蔵することで加えた圧力に対する筋形状の変形量をリアルタイムに計測できる荷重超音波装置(mhULT)を用いて、若年成人の上肢及び下肢の筋硬度の性差について検討することである。

### 【方法】

対象は、特別な運動習慣がない健康な若年成人男性(20.2 ± 1.0歳, 169.9 ± 7.2 cm, 62.4 ± 9.4 kg)と女性(19.7 ± 0.9歳, 158.0 ± 5.3 cm, 53.9 ± 6.7 kg)それぞれ51名、計102名であった。

mhULTを用いて右側の上腕前部(上腕二頭筋の筋腹に相当する上腕長近位60%部位)と大腿前部(大腿四頭筋の筋腹に相当する大腿長近位50%部位)における筋厚と筋硬度を測定した。筋硬度は測定部位の皮膚表面に超音波のプロープを当て、0 ~ 1000gfを超えるまで、一定速度でゆっくりと押圧をかけていく過程で得られる押圧と筋厚との間の一次回帰式の勾配(荷重/筋変形量)により評価(筋硬度評価値)した。各測定項目の平均値の差の検定は対応のないt検定を用い、有意水準は危険率5%未満とした。

### 【結果】

上腕、大腿ともに筋厚には、有意な性差が認められ、男性の方が女性よりも高値であった。一方、筋硬度評価値においては、上腕では男性の方が女性より高く、大腿では女性の方が男性より高かった。但し、大腿の筋厚と筋硬度評価値との間には男女とも負の相関関係が認められたため、筋硬度評価値に筋厚を乗じた筋硬度指数を求めて比較したところ男性の方が女性より有意に高値を示した。

表1 若年成人男女における上腕前部及び大腿前部の筋厚、筋硬度評価値、筋硬度指数(平均値±標準偏差) \* : p < 0.05 \*\* : p < 0.01

部位	項目	男性(n=51)	女性(n=51)
上腕前部	筋厚(mm)	22.5 ± 3.0 **	17.8 ± 2.6
	筋硬度評価値(gf/mm)	105.5 ± 17.0 *	98.7 ± 14.1
大腿前部	筋厚①(mm)	38.1 ± 5.0 **	32.2 ± 5.6
	筋硬度評価値②(gf/mm)	63.1 ± 11.0	68.7 ± 13.3 *
	筋硬度指数①×②	2381.0 ± 398.2 **	2158.9 ± 251.6

### 【考察】

高齢男女を対象とした先行研究(Akima et al, 2017)では、大腿四頭筋の筋内脂肪量が少ない人ほど筋厚が厚く、運動機能が高いことが報告されている。また、幅広い年代を対象とした研究(川道ら, 2017)においては、大腿直筋の筋組織量が多く筋内脂肪量が少ないと筋が硬いことが示されている。但し、それらの先行研究では、筋厚に性差はみられたものの、筋硬度や筋内脂肪量に性差は認められていない。本研究では、若年成人男女を測定対象とした結果、上腕、大腿とも筋厚のみならず筋硬度にも性差が認められた。このことは、年代によって筋硬度には性差がみられる可能性を示唆している。さらに、大腿の筋厚の違いを補正した筋硬度指数にも性差がみられたことは、若年層では男性の方が女性よりも筋内脂肪量が少ないことを意味している可能性が考えられる。しかし、筋硬度の性差に影響を及ぼす要因については今後の検討課題といえよう。

## 足部形状の年代別変化の特徴

若槻 遼 (日本体育大学大学院)      相馬 満利 (日本体育大学大学院, 十文字学園女子大学)  
 柏木 悠 (日本体育大学大学院)      船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：足部形状, 発育発達

### 【背景】

足部は身体で唯一地面と接し、全体重を支えることのできる部位であり、非常に複雑な構造である。そのひとつにアーチ構造があり、足の形態と機能を考えるうえで特に重要な構造である。また、アーチの発達については、アーチは6歳頃までに形成され、その時期までアーチを形成する足部の骨化が進むと報告されている。このように、子どもの足は大人の足のサイズをそのまま小さくしただけでなく、形状、割合、サイズ並びに構造的、機能的特徴を含む数多くの違いがあり、プロポーションも異なっているが、大人のアーチの機能についての調査や、幼児の成長に伴う変化についての調査は多いが、大人と幼児を比較した研究は少なく、幼児の足部形状および土踏まずについて3次元的に調査することは重要である。

### 【目的】

本研究の目的は、成長に伴う足部の変化について調査するため、3次元足形測定装置 Infoot を用いて幼児、中学生、高校生および成人との足部形状の特徴の比較をすることとした。

### 【結果及び考察】

図1の両足均等荷重における足長に対する足部の形態計測値において、幼児は他の群と比較し、統計上有意に

足長に対する足指長が低い値を示し、足囲、インステップ囲長、踵幅、足囲最高点高が高い値を示した。しかし、中学生、高校生と成人においてはすべての項目において統計上有意な差はみられなかった。これらの結果より、幼児は太い足部であり、また成長とともに相対的に後足部の幅が狭くなり、前広がり足となることが考えられる。

図2の異なる荷重条件における荷重1kgに対する土踏まずの体積の変化率においては、1kgの荷重の増加に対して、幼児は他の群と比較して、1kgの荷重の増加に対して2倍以上減少していた。足部への荷重の変化量が同じでも、幼児は大人よりも2倍以上土踏まずの体積の変化が大きく、衝撃を受ける力は未熟であると考えられる。

### 【結論】

幼児は他の群と比較して太い足部であり、また成長とともに前足部に対する後足部の幅が狭くなり、前広がり足となることが示された。

土踏まずの体積において幼児の方が成人及び中学・高校生よりも変化率が大きかったことから、足部への衝撃を受ける力は未熟であると考えられる。

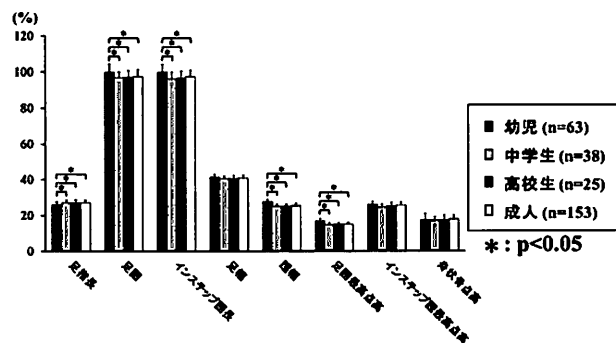


図1 各群における足長に対する足部の形態計測値

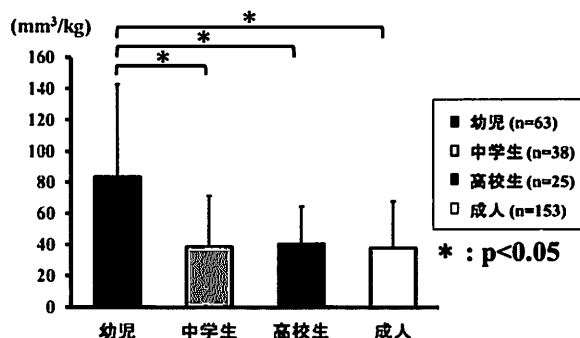


図2 異なる荷重条件における各群の荷重1kgに対する土踏まずの体積の変化率