

運動環境の違いにおける成長期スポーツ選手の身体的特徴の比較

Comparison of physical characteristics of young athletes in the growth period due to differences in exercise environment

須藤 明治, 山田 健二, 石田 洋平

Akiharu SUDO, Kenji YAMADA and Youhei ISHIDA

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare physical characteristics and muscle thickness of junior high school soccer players and junior high school swimmers. The subjects were 18 junior high school soccer players and 15 junior high school swimmers. We measured physical characteristics and the muscle thickness of four parts of the left and right sides of the biceps brachii and lateral head of the gastrocnemius. Muscle volume per body weight of swimmers and soccer players in 2011 and 2012 showed significantly higher levels for soccer players in both 2011 and 2012. Swimmers were significantly higher in Biceps Brachii muscle thickness of the right side compared to soccer players in 2012. From these results, a difference was found in physical characteristics due to the difference in the exercise environment, such as water and land. Muscles in the whole body must be well-balanced in performing land exercise and water exercise in the junior high school period of significant growth. Thus, it is suggested that there is a need to be able to increase well-balanced muscle thickness and muscle volume of the lower limb and upper body.

Key words; Muscle thickness, junior high school swimmers, junior high school soccer players

I. 緒 言

1. 研究の背景及び意義

ヒトは、生まれてから幼児期にかけての成長期と思春期に見られる第二次成長期の大きく分けて

二つの成長期がある。中学生から高校生期にかけては、身体的諸機能の発達が最も著しく、特に12歳から14歳の中学生期には、幼児期以降で身体発育増加量が最も高い時期にあたる¹⁸⁾。また、ヒトの体格や体型などの形態的な特徴は、年齢や性

別によって異なり、生活環境や栄養状態、身体運動によっても変化することが報告されている¹⁴⁾。これらのことから、ヒトの発達は、遺伝などの内的因子だけでなく、運動などの外的因子によっても影響することが考えられている。そのため、成長期スポーツ選手における身体組成は外的な環境の影響が大きいものと考えられる。その運動において、陸上やサッカー、野球などに代表される陸上運動では荷重環境での運動であるため、下腿三頭筋や脊柱起立筋といった抗重力筋などをはじめとする筋群の発達がみられるものと考えられ¹⁹⁾、競泳に代表される水中運動では非荷重環境での体組成変化をするものと推察される。これまで、幼児から大学生、トップアスリートにおける運動種目別の比較において、性差⁶⁾や栄養⁴⁾、骨年齢¹⁵⁾などの研究が多く行われているが、成長期における中学生運動選手を対象とした運動環境の違いによる身体的特徴の比較検討を行っているものは少ない。また、これらの運動環境の違いによる体組成変化についての研究は横断的な研究が多く^{7, 8)}、経年的変化について検討しているものも少ない。

身体的特徴に加えて、筋厚も運動などによる外的要因に大きく影響される身体組成である。筋厚は、これまでの研究において、筋厚が筋力との間に相関関係があること⁹⁾が明らかにされており、パフォーマンスの向上には重要な項目である¹⁰⁾。しかしながら、成長期における超音波法を用いた研究では性差の比較⁸⁾や横断的な研究¹⁶⁾が多く、縦断的な検討は少ない。これらのことから、上肢や下肢における筋厚についても検討を行うことで、運動環境の違いによる成長期における筋肉の発達についても明らかに出来るのではないかと考えられる。また、縦断的な検討を行うことで運動環境による特性について明らかに出来るものと考えられ、成長期における運動の

指導における知見を得ることが出来るものと考えられる。

2. 研究目的

本研究は、2011年と2012年の2年間にわたり、陸上運動として中学生サッカー選手と水中運動として中学生水泳選手の身体組成を測定し、運動環境の違いによる成長期スポーツ選手の経年的変化および種目間の違いを明らかにすることで、指導に活かすための知見を得ることを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、2011年と2012年の2年間にわたって継続的に計測することが出来た中学1年生から2年生になったサッカー選手18名と水泳選手15名を対象とした。測定を行うにあたり、サッカー選手には口頭にて、水泳選手には紙面にて、測定の目的や方法、安全性などについての説明を行い、選手および保護者、監督並びにコーチなどの同意が得られた選手のみについて計測を行った。本研究は、国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科研究倫理評価委員会の承認を得て行った。被験者の身体的特徴をTable 1に示した。

2. 形態計測

被験者の形態計測として、以下の身体組成を計測した。身長は身長計を用いて計測し、マルチ周波数体組成計 (TANITA社製) を用いて、体重・BMI (Body Mass Index)・体脂肪率・体幹と上

Table 1. Physical characteristics of the subject.

Group	Year	n	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	%Fat (%)
Soccer	2011	18	12.7±0.5	153.1±5.5	40.4±3.8	17.1±1.5	11.8±3.6
	2012	18	13.7±0.5	161.4±5.5	48.9±6.3	18.7±1.6	12.7±3.6
Swimming	2011	15	13.0±0.0	167.4±5.2	56.7±5.8	20.2±1.2	15.5±3.6
	2012	15	14.0±0.0	170.3±5.0	61.0±6.3	21.0±1.3	16.1±3.7

Values are mean ± S.D..

肢下肢における各部筋肉量と脂肪量をそれぞれ計測した。中学校サッカー選手における測定は2年間とも練習試合が行われる前の午前中にて行った。水泳選手における測定は、2日間連続して行われる大会会場にて行い、試合のない空き時間に計測を行った。どちらの競技選手も2012年の計測は、2011年の測定から1年後の同時期に行われる試合前に行った。

3. 超音波測定

筋厚の計測は、パーソナル・デジタル超音波画像装置（Physion社製）を用いて、超音波Bモード法³⁾で測定した。測定部位は上腕二頭筋および腓腹筋外側頭の左右計4ヶ所とした。筋厚の測定は、座位姿勢にて行い、上腕二頭筋は体側に自然に下ろした上腕の肩峰外側端から上腕骨外側上顆までの上腕長における50%の筋厚を計測した。腓腹筋外側頭は外側膝関節裂隙から外果までの下腿長における膝関節から30%の筋厚を計測した。

4. 統計処理

各測定項目の値は、平均値±標準偏差で示した。統計処理はエクセル統計2010を用いて行った。経年的変化および種目間の比較を検討するため、各

測定値における比較には、測定年と種目による二元配置分散分析を用い、F値が有意であった項目については、Scheffeの多重比較検定を行った。なお、筋厚の比較においては、ディメンション論²⁾から、体格の指標を検討するために筋厚が1次元であることを考慮し体重の1/3乗あたりの筋厚にすることで相対的に評価を行った。いずれも有意水準は危険率5%未満をもって有意とした。

Ⅲ. 研究結果

1. 運動環境の違いおよび経年的変化における身体的特徴の比較

1) 身長および体重の比較

身長および体重の比較をFig.1に示した。身長において、サッカー選手では経年的に増加していた ($p<0.001$)。水泳選手においても増加が見られたが、有意な増加ではなかった。種目間比較においては、2011年と2012年ともにサッカー選手に比べ、水泳選手が有意に高値を示した ($p<0.001$)。体重では、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していた (サッカー選手; $p<0.001$ 、水泳選手; $p<0.05$)。種目間比較においては、2011年と2012年ともにサッカー選手に比べ、水泳選手

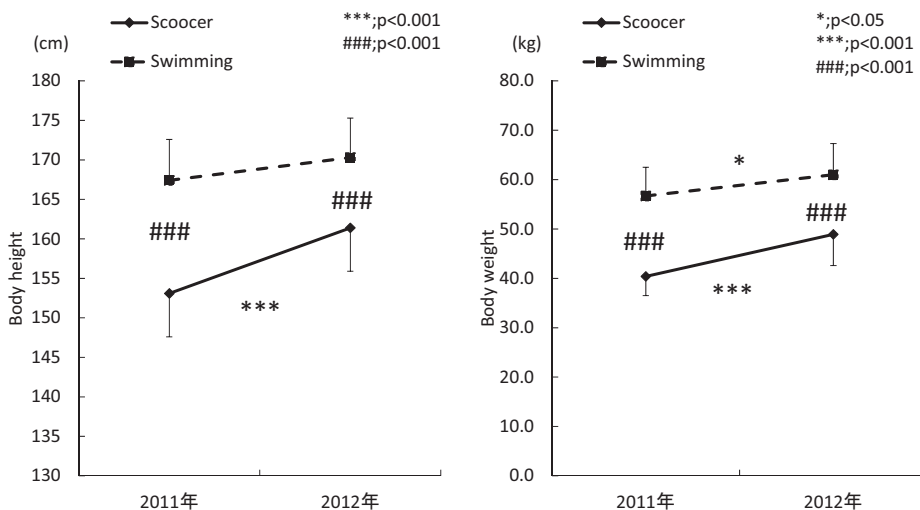


Fig 1. Comparison of body height and body weight of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

が有意に高値を示した ($p < 0.001$)。

2) 筋肉量および体重に対する筋肉量の比較

筋肉量および体重に対する筋肉量の比較を Fig.2 に示した。筋肉量では、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していた (サッカー選手: $p < 0.001$ 、水泳選手: $p < 0.05$)。種目間比較においては、2011年と2012年ともにサッカー選手に比べ、水泳選手が有意に高値を示した ($p < 0.001$) 体重

に対する筋肉量では、両選手ともに経年的な有意な変化は認められなかった。種目間比較では、2011年と2012年ともに水泳選手に比べ、サッカー選手が有意に高値を示した (2011年: $p < 0.001$ 、2012年: $p < 0.05$)。

3) 体重に対する上半身および下肢筋肉量の比較

体重に対する上半身および下肢筋肉量の比較を Fig.3 に示した。本研究における上半身とは、体

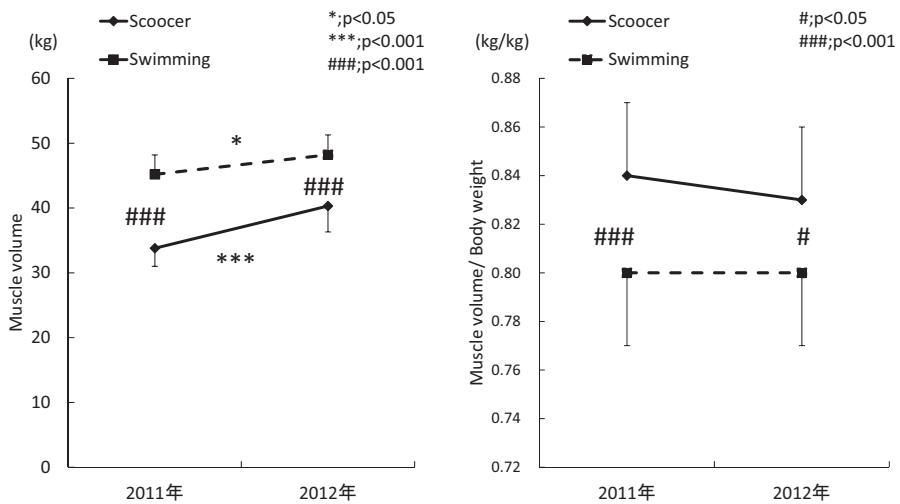


Fig 2. Comparison of muscle volume and muscle volume per body weight of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

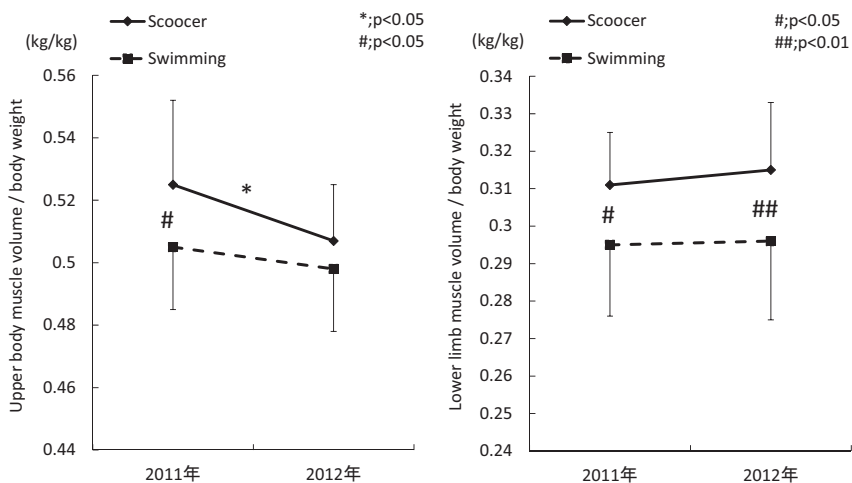


Fig 3. Comparison of upper body muscle volume per body weight and lower limb muscle volume per body weight of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

幹部と上肢を足したものである。体重に対する上半身筋肉量では、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に減少しており、サッカー選手では有意に減少していた ($p < 0.05$)。種目間比較においては、2011年で水泳選手に比べ、サッカー選手が有意に高値を示した ($p < 0.05$) が、2012年では有意な差は認められなかった。体重に対する下肢筋肉量では、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していたが有意な増加ではなかった。種目間比較においては、2011年と2012年ともに水泳選手に比べ、サッカー選手が有意に高値を示した (2011年; $p < 0.05$, 2012年; $p < 0.01$)。

2. 運動環境の違いおよび経年的変化における筋厚の比較

1) 上腕二頭筋厚の比較

上腕二頭筋厚と体重^{1/3}に対する筋厚の比較をFig.4, Fig.5に示した。右の上腕二頭筋厚において、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していた (サッカー選手; $p < 0.05$, 水泳選手; $p < 0.05$)。種目間比較においては、2011年は有意な差は認められなかったが、2012年ではサッカー選手に比べ、水泳選手が有意に高値を示した ($p < 0.05$)。体重^{1/3}に対する筋厚においては、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していたが有意な増加ではなかった。種目間比較においても有意な差が認められなかった。

また、左の上腕二頭筋厚において、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していたが

有意な増加ではなかった。種目間比較においては、2011年で有意にサッカー選手に比べ、水泳選手が高値を示した ($p < 0.05$) が、2012年では有意な差は認められなかった。体重^{1/3}に対する筋厚においては、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していたが有意な増加ではなかった。種

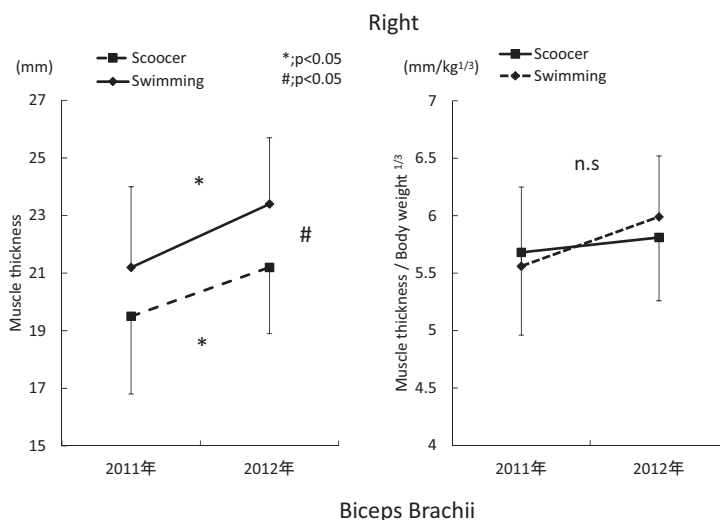


Fig. 4. Comparison of muscle thickness and muscle thickness per body weight^{1/3} of right Biceps brachii of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

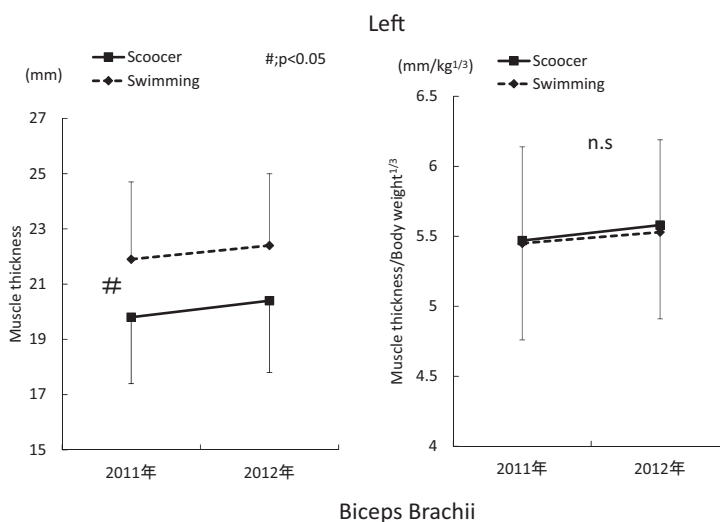


Fig. 5. Comparison of muscle thickness and muscle thickness per body weight^{1/3} of left Biceps brachii of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

目間比較においても有意な差が認められなかった。

2) 腓腹筋外側頭筋厚の比較

腓腹筋外側頭筋厚と体重^{1/3}に対する筋厚 Fig.6、Fig.7に示した。右の腓腹筋外側頭筋厚において、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していた (サッカー選手; p<0.01、水泳選手; p<0.001)。種目間比較では、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していたが有意な差が認められなかった。種目間比較においても、有意な差が認められなかった。体重^{1/3}に対する筋厚においては、水泳選手が経年的に有意に増加した (水泳選手; p<0.001)。サッカー選手においても増加が見られたが、有意な増加ではなかった。種目間比較においては、2011年で水泳選手に比べ、サッカー選手が有意に高値を示した (p<0.05) が、2012年では有意な差は認められなかった。

また、左の腓腹筋外側頭筋厚において、水泳選手は経年的に増加していた (p<0.001)。サッカー選手においても増加が見られたが、有意な増加ではなかった。種目間比較では、有意な差は認められなかった。体重^{1/3}に対する筋厚においては、水泳選手がサッカー選手に比べ、経年的に有意に増加した (水泳選手; p<0.01)。サッカー選手においても増加が見られたが、有意な増加ではなかった。種目間比較においては、2011年で水泳選手に比べ、サッカー選手が有意に高値を示した (p<0.05) が、2012年では有意な差は認められ

IV. 考 察

成長段階にある中学生スポーツ選手における陸上や水中といった運動環境の影響について検討するため、サッカー選手と水泳選手を対象に身体組

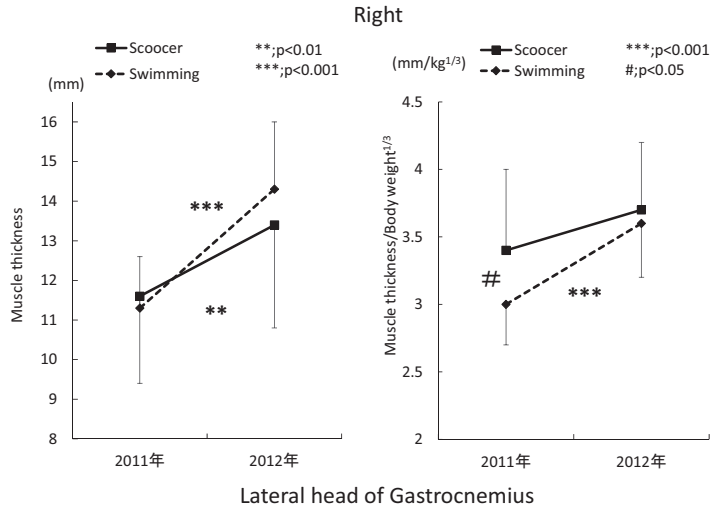


Fig 6. Comparison of muscle thickness and muscle thickness per body weight^{1/3} of right lateral head of gastrocnemius of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

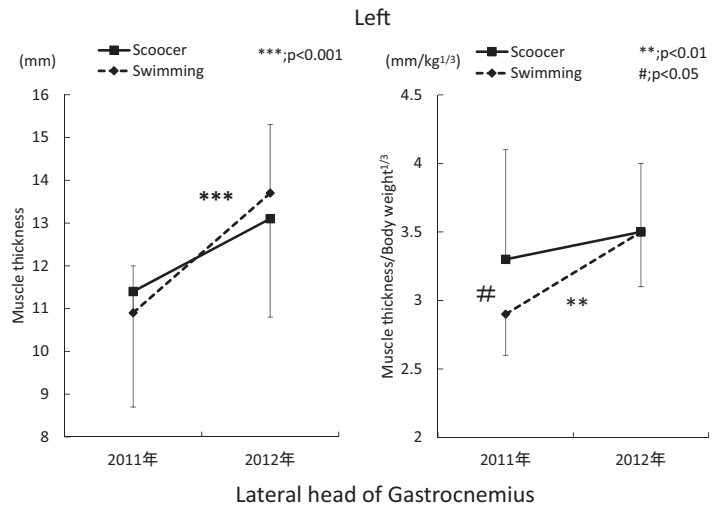


Fig 7. Comparison of muscle thickness and muscle thickness per body weight^{1/3} of left lateral head of gastrocnemius of swimmers and soccer players in 2011 and 2012.

成の計測を2年間にわたり経年的変化および種目間の比較検討を行った。その結果、身長と体重において、両選手ともに経年的に増加し、水泳選手がサッカー選手よりも有意に高い値を示していることが明らかになった。文部科学省の平成24年度学校保健統計調査書¹¹⁾における同年代の身長や体重と比較すると、サッカー選手は身長では同程度もしくは大きく、体重では少し低い値を示し

た。一方の水泳選手では、身長と体重ともに高校2年生と同程度の数値であった。本研究における水泳選手が全国大会出場レベルのトップジュニア選手であることから、身体の発育が早熟であったものと考えられ、それが県大会出場レベルのサッカー選手との差を生じた要因であると考えられた。さらに、身長成長速度曲線の早熟化が年々進んでいること報告されており¹³⁾、小学生高学年に

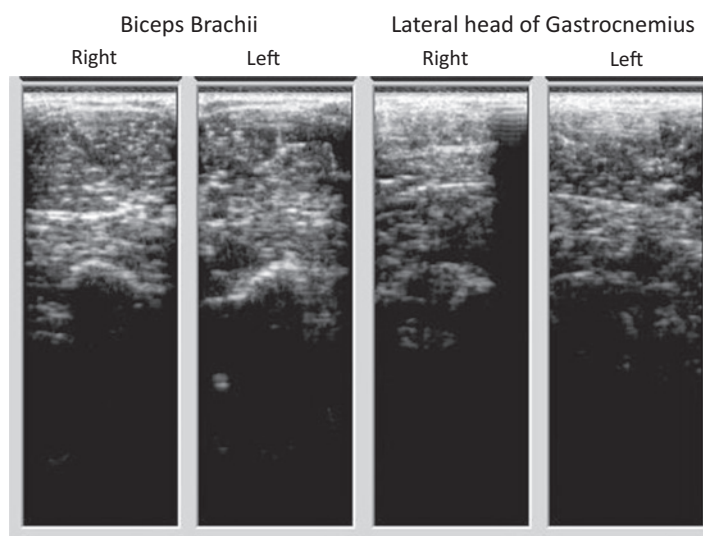


Fig 8. Echo image of a soccer player example

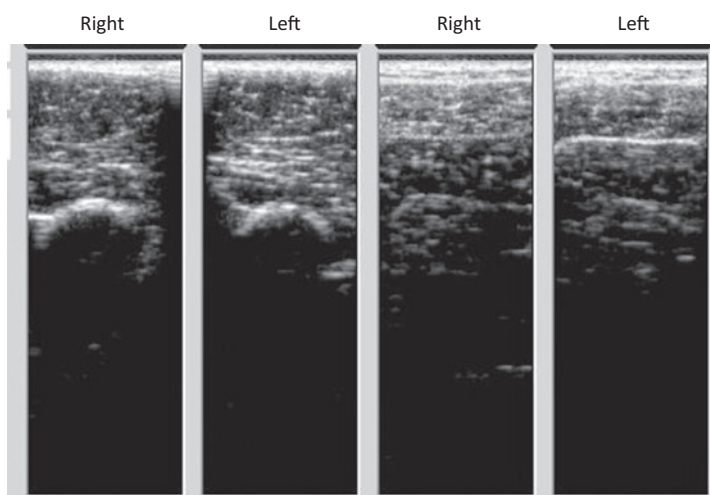


Fig 9. Echo image of example swimmer

身長成長のピークがきている者も少なくないことが示唆され、ジュニア期からトップでの競技を行う選手は、この早熟傾向に該当している可能性が高いのではないかと考えられた。一方のサッカー選手では、同年代と同程度の体格であったことから、発達段階の最中であるのではないかと考えられた。また、筋肉量においては、身長や体重と同様の結果であったが、体重に対する筋肉量では、サッカー選手が水泳選手より高値を示した。これは、水泳という競技がサッカーのような陸上運動と異なり、脂肪量をそれほど落とすことなくある程度の脂肪量を維持することで高いパフォーマンスが得られることから⁵⁾、競技特性によるものと考えられ、体重に占める脂肪の割合も水泳選手が高いものと推察される。体重に対する筋肉量について上半身と下肢に分類し比較をした結果、上半身については、両選手とも経年的に低下する傾向が見られた。これは、体脂肪率の増加も見られたことから、上半身の占める脂肪量が高くなったのではないかと考えられる。体重に対する下肢筋肉量において、2011年と2012年ともにサッカー

選手が水泳選手よりも有意に高値を示した。この要因として、競泳選手は筋量の部位比率でみると上肢と体幹の割合が高く、下肢の割合が低いことが報告されている¹⁾。そのため、荷重環境において、走る・蹴るといった動作を行っているサッカー選手では、非荷重状態での環境下でトレーニングをしている水泳選手よりも下肢の筋肉量が高値を示したものと考えられる。

上腕二頭筋厚において、右腕では水泳選手およびサッカー選手ともに2011年から2012年にかけて有意に増加した。種目間比較では、2012年においてサッカー選手に比べ、水泳選手が有意に高値を示した。また、左腕では、2011年においてサッカー選手に比べ、水泳選手が有意に高値を示した。本研究の被験者は中学生選手であったことから、第二次成長期であることが考えられ、筋肉量がつきやすい時期である¹⁸⁾ことが示されている。このことから、上腕二頭筋厚においても両群ともに増加傾向にあると考えられた。また、水泳は全身を使う有酸素運動であり、全身の筋肉がバランスよく発達することが考えられる。そのなかでも上半身の筋量がパフォーマンスに影響すると報告されている²⁰⁾ことから水泳選手が上腕二頭筋厚においてサッカー選手よりも有意に高値を示したのだと考えられる。

腓腹筋外側頭筋厚において、右足では、2011年から2012年にかけて水泳選手およびサッカー選手ともに有意に増加した。同様に、体重^{1/3}に対する筋厚では、2011年において水泳選手に比べサッカー選手が有意に高値を示した。2011年から2012年にかけて水泳選手が有意に増加した。左足でも2011年から2012年にかけて水泳選手が有意に増加した。同様に、体重^{1/3}に対する筋厚では、2011年に水泳選手に比べ、サッカー選手が有意に高値を示した。サッカー選手の体重に対する筋肉量が水泳選手よりも高かったのは、水泳選手がパフォーマンス向上させるには少なからず脂肪量が必要とされている⁵⁾と示されていることから、脂肪量が多くなっていると考えられる。また、

水泳選手は上肢と体幹の筋肉量の割合が高く、下肢の筋肉量の割合が低いことが報告されている¹⁾。サッカーのような陸上運動は、荷重状態での環境下でボールを蹴ることや走るという動作が伴う競技のため、抗重力筋である下腿三頭筋などが水泳選手よりも発達している¹⁰⁾ものと考えられる。また、下腿三頭筋を向上させることがサッカーなどの陸上の種目のパフォーマンス向上につながることを報告されている¹⁹⁾ことから、サッカー選手は下腿三頭筋を多く使っていると考えられ、腓腹筋が発達していると推察される。

これらのことから、陸上や水中といった運動環境の違いによって、筋肉量と筋厚といった身体的特徴の違いがみられた。競泳選手は筋量の部位比率でみると上肢と体幹の割合が高く、下肢の割合が低いことが報告されている¹⁾。そのため、荷重環境において、走る・蹴るといった動作を行っているサッカー選手では、非荷重状態での環境下でトレーニングをしている水泳選手よりも下肢の筋肉量において高値を示したものと考えられる。筋厚が筋力との間に相関関係があること⁹⁾が明らかにされており、パフォーマンスの向上に重要な項目であること¹⁰⁾が報告されている。このことから、筋厚は競技力向上の一つの要因になるのではないかと考えられる。発育の著しい中学生期にバランスよく全身の筋肉を発達させる必要がある¹⁶⁾ことから、サッカーという陸上運動と水中運動である水泳を行うことで、上肢と下肢の筋量や筋厚をバランスよく増加させることができると考えられる。しかしながら、この第二次成長期においては、小学生高学年から中学生期において成長の個人差が大きいことが明らかになっていることから、自らの成長を考慮に入れ、指導者が一人一人に合わせたトレーニング考案し、作成していくことが重要であると考えられた。さらに、定期的に形態計測などの測定を実施することで、運動環境の違いについての知見を得られるのではないかと考えられた。

V. ま と め

本研究は、2011年と2012年の2年間にわたって継続的に計測することが出来たサッカー選手18名と水泳選手15名を対象にした。競技レベルの違いにより、身体組成や筋厚に違いがあるのかを検討し、運動環境の違いによる成長期スポーツ選手の経年的変化および種目間の違いを明らかにすることで、指導に活かすための知見を得ることを目的とした。測定方法は、身長や体重などの身体組成を測定し、超音波Bモード法を用いて上腕二頭筋および腓腹筋外側頭の左右計4ヶ所を測定した。その結果、以下の知見が得られた。

1. 筋肉量では、サッカー選手と水泳選手ともに経年的に増加していた。種目間比較においては、2011年と2012年ともに有意に水泳選手が高値を示した。体重に対する筋肉量では、経年的変化は認められなかった。種目間比較では、2011年と2012年ともに有意にサッカー選手が高値を示した。
2. 右の腓腹筋外側頭筋厚において、体重^{1/3}に対する筋厚においては、水泳選手が経年的に有意に増加した。また、左の腓腹筋外側頭筋厚において、水泳選手は経年的に増加していた。体重^{1/3}に対する筋厚においても、水泳選手が経年的に有意に増加した。

以上のことから、陸上や水中といった運動環境の違いによって、身体的特徴に違いがみられた。発育の著しい中学生期にバランスよく全身に筋肉をつけていくことが必要であることから、サッカーという陸上運動と水中運動である水泳を行うことで、上肢と下肢の筋量や筋厚をバランスよく増加させることができると推察される。しかし、小学生高学年から中学生期において成長の個人差が大きいことが考えられる。本研究では、個人差が現れていることから発育発達の段階を考慮に入れ、指導者が一人一人に合わせたトレーニング考案し、作成していくことが重要であると考えられた。さらに、定期的に形態計測などの測定を実施

することで、運動環境の違いについての知見を得られるのではないかと考えられる。

引用及び参考文献

- 1) 青葉貴明、松本高明、角田直也. 競泳選手のトレーニング様式が身体組成及び安静時代謝に及ぼす影響. 日本体育学会大会号. 55, 542. 2004.
- 2) Asmussen E, E.H.Christensen. A strand. P.O and K.Rodahl. Textbook of work physiology. 2nd ed. McGraw-Hill. New York (1977). P369-388
- 3) 福永哲夫、松尾彰文、石田良恵、角田直也、内野滋雄、大久保真人. 超音波Bモード法による皮下脂肪厚および筋厚の測定法の検討. 超音波医学 16 (2), 170-177, 1989.
- 4) 平田治美、高橋律子、竹下浩一、川野因. ジュニア期運動選手の身体発育と栄養素等摂取量の関わり. 東京農業大学農学集報. 50 (1), 7-12, 2005.
- 5) 池上晴夫、重枝武司、久山順子、野村武男、黒川隆志、後藤慎二. 水泳における浮くためのエネルギーと推進のためのエネルギーの男女比較. 体育学研究. 28 (1), 33-42, 1983.
- 6) 石田良恵、金久博昭、福永哲夫. 日本人一流競技選手の筋厚における性差. 体力科学. 41, 233-240, 1992.
- 7) 石濱慎司、野井真吾、小沢治夫. 中学サッカー選手の身体的特性に関する横断的研究：都内T中学校の場合. 体力科学 46 (6), 695, 1997.
- 8) 金久博昭、福永哲夫、角田直也、池川繁樹. 発育期青少年の単位筋断面積当りの筋力：発育期の体力に関する基礎的研究. 体力科学 34 (Supplement), 71-78, 1985.
- 9) 金子公宥、福永哲夫. バイオメカニクス—身体運動の科学的基礎—. 452, 2004.
- 10) 熊川大介、角田直也. 相対発育からみたスピードスケート選手の滑走能力と大腿部の筋厚及び無酸素性パワーの発達. 体力科学 57 (1), 119-129, 2008.
- 11) 文部科学省. 平成24年度学校保健統計調査報告書.
- 12) 本山貢、大曾彰子、藤本貴大、西川智美. 介護予防における水中運動と陸上運動のトレーニング効果に関する研究. 体力科学 55 (6), 794, 2006.
- 13) 村田光範、伊藤けい子. 学齢期小児の適正体格について. Auxology (成長学), 9 : 90-91, 2003.
- 14) Nagamine, S. and Suzuki, S. Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biology. 36 (1), 8-15, 1964.
- 15) 佐竹隆、岡島佳樹、跡見順子、浅見俊雄、黒田善雄. 運動が形態の発育と成熟に与える影響について. 体力科学. 35, 104-110, 1986.
- 16) 須藤明治. 子どもの発育発達とスポーツ指導のあ

- り方. 国士舘大学体育スポーツ科学研究. 7, 11-25, 2007.
- 17) 須藤明治、角田直也. 水中環境下における脚筋力トレーニングの効果. 体力科学 48 (6), 814, 1999.
- 18) 高石昌弘、樋口満、小島武次. からだの発達. 大修館書院、221, 1989.
- 19) 手島貴範、角田直也. 身長の相対発育からみた男子サッカー選手の大腿部筋厚発育とボールキック能力の発達. 体力科学 60 (2), 195~205, 2011.
- 20) 渡邊将司、高井省三. ジュニア競泳選手のパフォーマンスに影響する要因の年齢変化. 体力科学 54 (5), 353-361, 2005.