

令和元年6月12日現在

機関番号：84420

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2018

課題番号：25871202

研究課題名(和文)日本人一流競技選手における筋分布パターンの競技種目特性

研究課題名(英文) Athletic events-specific characteristics of distribution pattern of muscle in Japanese top-level athletes

研究代表者

設楽 佳世 (Shitara, Kayo)

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所 栄養疫学・食育研究部・技術補助員

研究者番号：00632845

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、一流競技選手の身体組成及び筋分布パターンの特徴について、競技種目差という観点から検討することを目的とした。その結果、トップアスリートは競技種目特性を反映した身体組成及び大腿筋分布パターンの特徴を持つ可能性があることが定量的に示された。また、体幹筋においては、1) 競技特異的に筋発達する可能性があること、2) 女子中学生期において競技種目特性に応じた選択的筋肥大が起こり得る可能性があること、が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トップアスリート対象に、あらゆる競技種目における身体組成及び筋分布パターンの特徴を詳細に定量化したデータは、未だ十分に公表されていないのが現状である。それらのデータは、アスリートとしての目標となる身体的特徴を捉えるうえで大変貴重なデータであり、競技力向上につながる重要な基礎資料となる。また、トップアスリートの筋の量やその分布状態を競技種目特性との関連から明らかにしていくことは、競技種目別に目標とする身体組成レベルを知ることや、競技種目に応じたトレーニング方法を明確化することにつながる。本研究で得られた結果が、今後のアスリートサポートで大いに活用され、競技力向上の一助となることを期待する。

研究成果の概要(英文)：In this study, we examined athletic events-specific characteristics of body composition and distribution pattern of muscle in Japanese top-level athletes. The results of this study indicated quantitatively that Japanese top-level athletes have characteristics of body composition and distribution pattern of thigh muscle suitable for their athletic events. In addition, the results on trunk muscle indicated that 1) each trunk muscle has the potential to specifically develop according to the athletic events and 2) selective hypertrophy of the trunk muscles can be induced by training reflecting athletic event-specific characteristics in female junior high school athletes.

研究分野：体力科学

キーワード：トップアスリート 筋分布パターン 筋横断面積 身体組成 競技種目差 MRI法

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

競技スポーツは種目によって運動様式やトレーニング内容が大きく異なり、特定の種目を長期にわたり実施している競技選手は、種目の特徴を反映した身体組成を示す。中でも高いレベルで世界と戦うトップアスリートは、専門とする競技種目において高いパフォーマンスを発揮することに特化した筋の分布パターンを有していると考えられる。したがって、トップアスリートの筋の量やその分布状態を競技種目特性との関連から明らかにしていくことは、競技種目別に目標とする形態・身体組成レベルを知ることや、競技種目に応じたトレーニング方法を明確化することにつながる。しかしながら、日本人トップアスリートを対象に、あらゆる競技種目における身体組成及び筋分布パターンの特徴を詳細に定量化したデータは、未だ十分に公表されておらず、研究として論文化されたものも数少ないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究では、トップアスリートの身体組成及び筋分布パターンの特徴について、競技種目差という観点から検討することを目的として、以下3つの研究を行った。

#### (1) 研究1：シニアアスリートの形態及び身体組成の競技種目差

身体の形態及び組成を評価するための項目は数多く存在するが、それらの競技種目特性を明らかにしようとする場合、対象とする競技種目や評価項目の数が多いほど統計処理が複雑化し、競技種目間の相違や類似性が示しづらくなる（福永，2002、石田ら，1992）。変数間の関係が複雑な多数の変数を少数の成分で表すための統計的手法の一つに、主成分分析がある。この分析方法を用いることで、多数の競技種目における形態及び身体組成の相違や類似性を明確に示すことができる。そこで本研究では、トップアスリートを対象として測定された複数項目の形態・身体組成データに主成分分析を適用し、抽出された主成分得点を競技種目間で比較した。

#### (2) 研究2：シニアアスリート及びジュニアアスリートにおける体幹筋横断面積の競技種目差

体幹筋は、多くの身体動作で主要なパワー発生源となり（村松ら，2010）、四肢の動きの調整や姿勢維持の働きを担う（Andersson et al., 1988）。そのため、様々な運動様式で発揮されるスポーツパフォーマンスにおいて、体幹筋群の果たす役割は大きい。体幹筋の絶対量は発育に伴い増加し、その量は思春期前期に比べ、思春期後期で1.5倍、成人期で約2倍となる（Midorikawa et al., 2009、Sanada et al., 2006）。また、高校生アスリートと一般高校生の体幹筋体積を比較すると、高校生アスリートは一般高校生に比べ、男子で平均30%程度、女子で平均40%程度、体幹筋サイズが大きい（村松ら，2010）。つまり、日常的に専門競技のトレーニングを実施しているジュニアアスリートは、発育過程における筋サイズの増加に加えて、競技特異的な体幹各筋の分布状態の変化や、トレーニングによる筋肥大が起こることが予想される。一方、シニアアスリートは、ジュニアアスリートに比べ専門とする競技種目のトレーニング継続年数が長いこと、競技特性を反映した筋形態上の特徴が顕在化しやすいと考えられる。そのため、シニアアスリート及びジュニアアスリートそれぞれにおいて、体幹筋の競技種目差を検討することは、ジュニア期における体幹筋のトレーナビリティを競技種目別に明らかにすることにつながる。さらに、そういった試みにより、競技種目の特性に応じたアスリートとしての成熟度の評価や、体幹筋サイズという観点からみた長期的なトレーニング計画立案に役立つ知見を得ることができると期待される。体幹筋サイズの競技種目差を検討した先行研究（星川ら，2006、村松ら，2010）では、16歳以上のジュニアアスリートを対象としており、15歳以下を含むジュニアアスリートに関する知見が欠如している。そこで本研究では、磁気共鳴断層撮影（Magnetic Resonance Imaging：MRI）法で測定した体幹筋横断面積のデータを用いて、シニアアスリート及び12～18歳のジュニアアスリートにおける体幹筋サイズの競技種目差を検討した。

#### (3) 研究3：トップアスリートにおける大腿部各筋の分布パターンの競技種目差

近年、核磁気共鳴を利用して身体構成組織を画像化するMRI法により、筋を定量化した研究が報告され始めている。MRI法は、筋の分布を連続的に捉えることができる点、筋別あるいは筋群別にそのサイズを高精度に計測できる点において、優れた筋の定量方法である。Abe et al.（2003）は、一般成人3名を対象に、MRI法を用いて筋の連続横断画像を取得し、筋力トレーニングの前後でその分布パターンを比較した。その結果、MRI法により筋の分布パターンを詳細に計測することで、トレーニングによる筋横断面積の変化に部位特異性があることが明らかにした。Ema et al.（2016）は、一流自転車競技選手と一般人の大腿部各筋の筋分布パターンをMRI法により定量化した結果、外側広筋、内側広筋、中間広筋のような単関節筋において、自転車競技選手と一般人の筋分布パターンが異なることを報告している。さらに同報告によると、それら単関節筋の中央部から遠位部にかけて、一般人と自転車競技選手の差が顕著に表れることが示されている。これらの先行研究の知見に基づくと、①トレーニングによる筋分布パターンの変化には部位特異性があること、②筋分布パターンには競技種目差が存在する可能性があることが、予想できる。そこで本研究では、トップアスリートを対象にMRI法を用いて大腿部の連続横断画像を取得し、大腿部各筋の分布パターンにどのような競技種目差がみられるか検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 研究1：シニアアスリートの形態及び身体組成の競技種目差

対象は、オリンピック出場候補選手、17～40歳の男性243名、15～41歳の女性287名の計530名であり、専門とする競技種目は、陸上（短距離、長距離、競歩、ハードル、跳躍）、競泳、シンクロナイズドスイミング、サッカー、ホッケー、バレーボール、ビーチバレーボール、体操競技、新体操、バスケットボール、レスリング、セーリング、ハンドボール、自転車、馬術、フェンシング、柔道、バドミントン、カヌーであった。形態データは、光学3次元人体形状計測法を用いて測定され、項目は上肢長、下肢長、上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、腹囲、臀囲とした（得られた周径囲を身長で除すことで体格補正した）。身体組成データとしては、空気置換法により測定した体脂肪率及び除脂肪体重を採用した。

#### (2) 研究2：シニアアスリート及びジュニアアスリートにおける体幹筋横断面積の競技種目差

対象者は、国内トップレベルの12～15歳（中学生期）のジュニアアスリート（12-15群）男子46名及び女子18名の計64名、16～18歳（高校生期）のジュニアアスリート（16-18群）男子85名及び女子39名の計124名、19歳以上のシニアアスリート（シニア群）男子126名及び女子38名の計164名であった。専門とする競技種目は、男子ではアーチェリー、卓球、ノルディック複合、バスケットボール、レスリングの5種目、女子ではアーチェリー、卓球、体操競技の3種目であった。MRI法を用いて骨盤上端直上部における体幹部横断画像を取得し、腹直筋、外側腹筋群（外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋）、大腰筋、脊柱起立筋、各筋の横断面積を算出した。競技種目間の体格差を考慮して、筋横断面積を身長<sup>2</sup>で除した値、及び、全筋横断面積に対する各筋の横断面積の割合を分析に用いた。

#### (3) 研究3：トップアスリートにおける大腿部各筋の分布パターン別の競技種目差

対象者は、国内トップレベルのスピードスケート（短距離）選手、陸上短距離選手、自転車競技（トラック・短距離）選手各1名ずつ計3名（いずれも男性）であった。MRI法を用いて、スライス厚1cm、スライス間隔0.5cmで、右大腿部の連続横断画像を取得し、大転子から大腿骨遠位端までの全スライスの筋横断面積を筋別に定量した。分析対象の筋は、大腿四頭筋（大腿直筋・外側広筋・中間広筋・内側広筋）、ハムストリング、内転筋、縫工筋、薄筋であった。

### 4. 研究成果

#### (1) 研究1：シニアアスリートの形態及び身体組成の競技種目差（設楽ら，2016）

トップアスリートの形態及び身体組成を説明する主成分としては、男性では、体の長さ、脂肪の多さの3主成分が、女性では、体の太さ及び脂肪の多さ、体の長さの2主成分が抽出された。体の太さを表す主成分得点は、男女ともに、柔道選手で高く、陸上長距離選手で低かった。柔道やレスリングといった身体接触を伴う格闘技系競技選手では、全身及び各部位のサイズが大きく、持久系競技の陸上長距離選手ではそれらが小さかった。体の長さを表す主成分得点は、男女ともに、バレーボール選手で高く、体操競技選手で低かった。高い到達点まで身体を移動させる能力が要求されるバレーボール選手は、高い身長並びに長い四肢長を有していた。競技中に身体の回転動作を行う体操競技選手は、各部位の質量中心が身体重心に近いほど回転速度が上がり競技得点の獲得に有利に働いたため、身長をはじめ各部位の長さが短かったと考えられる。脂肪の多さを表す主成分得点は、男性では馬術・陸上競歩・セーリングの選手で高く、体操競技・柔道・レスリングの選手で低い傾向を示し、女性では柔道選手で高く、新体操及び陸上長距離の選手で低いという傾向を示した。高い筋力・パワーを発揮能力は重要となる体操競技及びレスリングや、持久力が必要とされる新体操及び陸上長距離で脂肪が少なかった。また、柔道選手の脂肪の多さを表す主成分得点において、男女で異なる結果は得られたのは、柔道選手の体格を決定する身体組成上の特徴に性差みられたためと推察される。以上の結果より、トップアスリートは、競技種目特性を反映した形態及び身体組成の特徴を持つ可能性があることが、定量的に示された。

#### (2) 研究2：シニアアスリート及びジュニアアスリートにおける体幹筋横断面積の競技種目差（設楽ら，2017）

シニア群では、男子レスリング選手において、全ての体幹各筋（腹直筋、外側腹筋群、大腰筋、脊柱起立筋）の筋横断面積/身長<sup>2</sup>が他種目と比べて大きく、また、全筋横断面積に対する外側腹筋群の割合が卓球を除く他種目と比べて高かった（図1）。以上の結果から、男子レスリング選手の体幹筋が体格差を考慮してもなお他競技に比べ発達が著しく、特に外側腹筋群が選択的に筋肥大している可能性があることが示された。外側腹筋群は、レスリング競技中の投げ動作や攻撃に対するディフェンス動作に含まれる体幹回旋時に用いられることが予測されるため、このような競技特性が反映されたものと推察される。

16-18群では、女子卓球選手及び女子体操選手の外側腹筋群において、筋横断面積/身長<sup>2</sup>及び全筋横断面積に対する割合が、アーチェリー選手に比べて大きかった（図2）。この結果が得られたのは、卓球の打動作時や体操競技動作時に、体幹側屈・回旋動作が含まれていることにより、競技中に外側腹筋群が高頻度に用いられ選択的に肥大したためであると推測される。村松ら（2010）の研究では、比較対象とした競技種目が本研究と異なるものの、高校生期において競技種目特性に応じた体幹筋の選択的筋肥大が起こり得ることを明らかにしたという点で、本研究

と類似する結果を示している。

12-15 群では、女子体操競技選手の外側腹筋群及び脊柱起立筋において、筋横断面積/身長<sup>2</sup>が他種目と比べて大きかった (図 2、3)。それらの筋が、体操競技動作に含まれる体幹の側屈、回旋、伸展で用いられる筋であることから、競技特性を反映した結果が示されたものと推察される。このような特徴が、中学生期においてみられた要因として、女子体操選手の低年齢化 (池田、1980) に加え、世界的な風潮としてシニア選手よりジュニア選手の方が演技の難度が高いといわれていること (日本体育協会、1996) が考えられる。また、思春期前におけるトレーニング効果に関する先行研究では、筋肥大の可能性が低いと報告している研究 (Blimkie、1993、根本ら、1987) がある一方で、思春期前児童でさえもトレーニングにより筋肥大が生じることを示す研究 (船渡ら、1988) もある。本研究では後者を支持する結果が得られ、女子体操選手の場合、12~15 歳の中学生期には既に競技特有のトレーニングが反映された筋肥大が起こり得ることが明らかとなった。

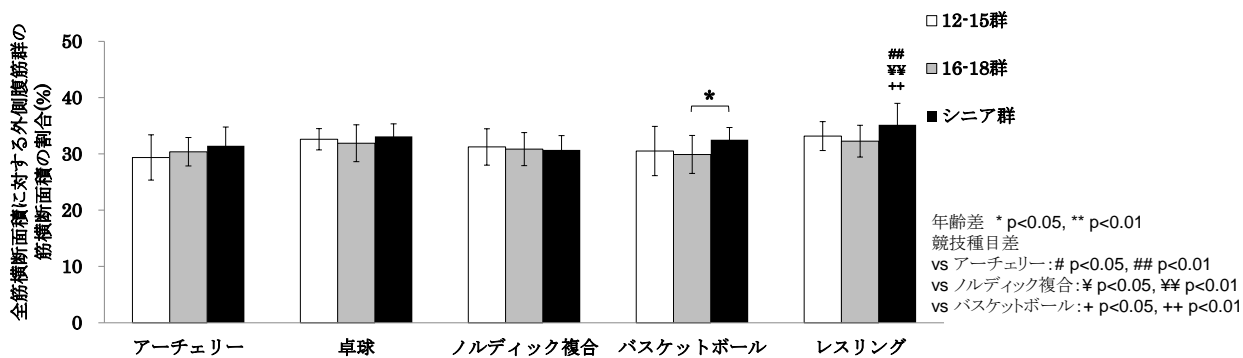


図1

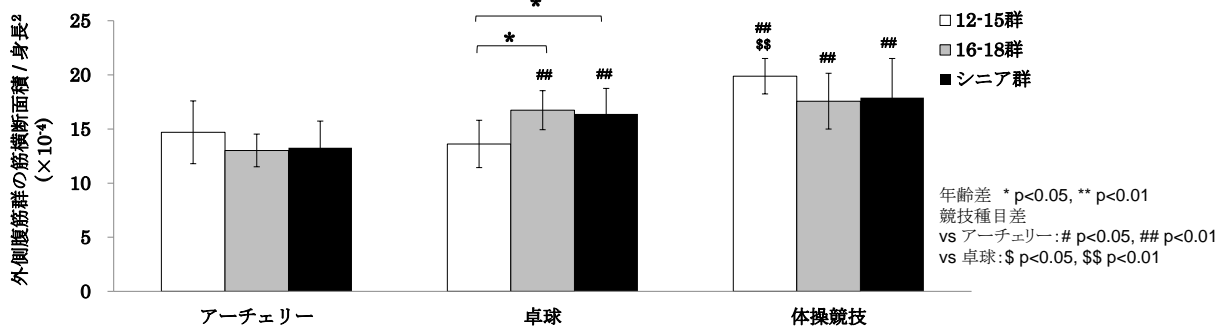


図2

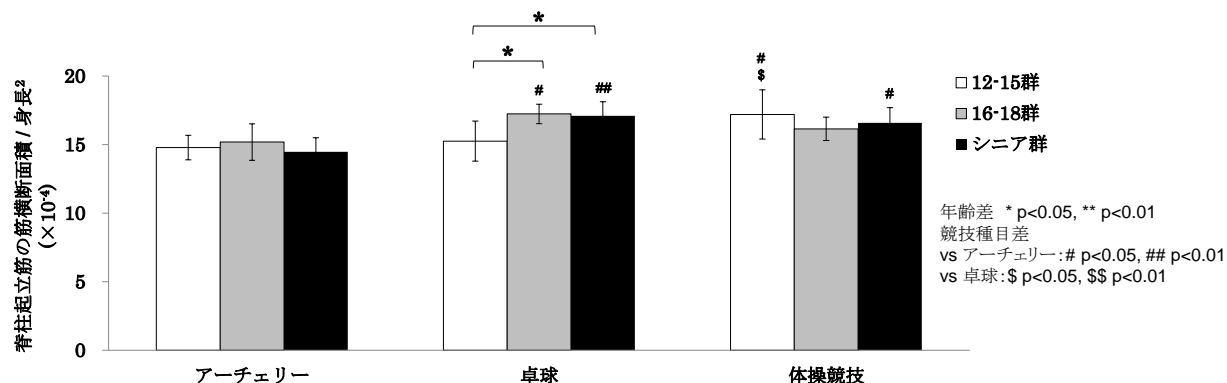


図3

(3) 研究3: トップアスリートにおける大腿部各筋の分布パターン競技種目差

大腿四頭筋、ハムストリング、内転筋の筋分布パターンを競技別に示した (図 4)。比較対象として、Ema et al. (2016) の一般人及び自転車競技選手の結果をあわせて図示した。大腿四頭筋の筋横断面積は、自転車選手、スピードスケート選手、陸上短距離選手の順で大きかった。大腿部のおよそ 30~60%位で自転車選手及びスピードスケート選手と、陸上短距離選手の間筋横断面積の差が表れ、大腿部のおよそ 40~50%位で自転車選手とスピードスケート選手の差がみられた。大腿四頭筋をさらに筋別にみると、大腿直筋には競技種目差がみられなかったものの、外側広筋及び内側広筋においてその差が顕著であった。ハムストリングの筋横断面積は、自転車競技選手が、スピードスケート選手及び陸上短距離選手に比べて大きかった。陸上短距離選手は、ハムストリングの筋分布範囲が、大腿部の近位から遠位にかけて広い傾向がみられ、スピードスケート選手は、他の2競技に比べやや近位で、ハムストリング最大筋横断面積が現れるといった

特徴がみられた。一般人のデータと比較すると、大腿四頭筋、ハムストリングス、内転筋のいずれも、その差が遠位部よりも近位部でより顕著であった。

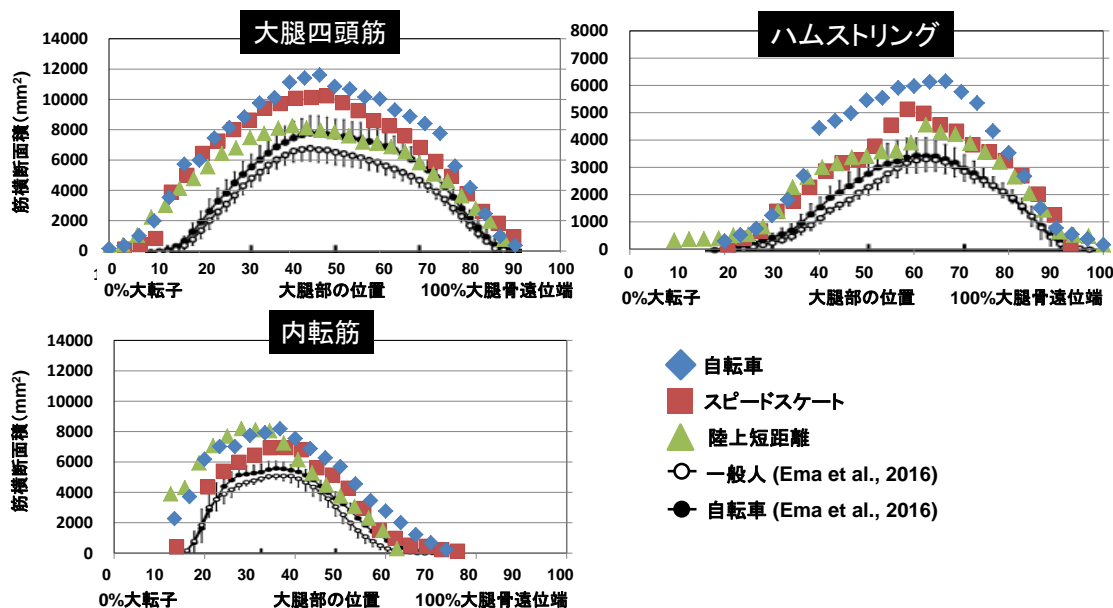


図4

<引用文献>

- ① 設楽佳世、勝亦陽一、袴田智子、池田達昭、鈴木康弘、平野裕一：日本人一流競技選手における形態および身体組成の競技種目特性，トレーニング科学，27：35-46，2016.
- ② 福永哲夫：身体の形と力への興味，福永哲夫教授退官記念誌編集委員会，壮光舎印刷，東京，pp. 89-93，2002.
- ③ 石田良恵、金久博昭、福永哲夫：日本人一流競技選手の皮下脂肪厚と筋厚，Japanese Journal of Sports Sciences，11(9)：587-596，1992.
- ④ 設楽佳世、勝亦陽一、熊川大介、池田達昭、平野裕一：ジュニアアスリートにおける体幹筋横断面積の年齢差および競技種目差：シニアアスリートとの比較から，体力科学，66：87-100，2017.
- ⑤ 村松正隆、星川佳広、飯田朝美、井伊希美、中嶋由晴：高校生スポーツアスリートの体幹筋群の筋サイズ-性差と競技種目差の検討一，体育学研究，55：577-590，2010.
- ⑥ Andersson, E., L. Sward, A. Thorstensson: Tunk muscle strength in athletes, Med. Sci. Sports Exerc., 20: 587-593, 1988.
- ⑦ Midorikawa, T., K. Sanada, A. Yoshitomi, T. Abe: Is the use of ultrasound-derived prediction equations for adults useful for estimating total and regional skeletal muscle mass in Japanese children?, Br. J. Nutr., 101: 72-78, 2009.
- ⑧ Sanada K., CF. Kearns, T. Midorikawa, T. Abe: Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults, Eur. J. Appl. Physiol., 96: 24-31, 2006.
- ⑨ 星川佳広、飯田朝美、村松正隆、内山亜希子、中嶋由晴：高校生スポーツアスリートの競技種目別の大腿筋横断面積，体力科学，55：217-228，2006.
- ⑩ Abe T., K. Kojima, CF. Kearns, H. Yohena, J. Fukuda: Whole body muscle hypertrophy from resistance training: distribution and total mass. Br. J. Sports Med., 37(6): 543-545, 2003.
- ⑪ Ema R., T. Wakahara, T. Yanaka, H. Kanehisa, Y. Kawakami: Unique muscularity in cyclists' thigh and trunk: A cross-sectional and longitudinal study. Scand. J. Med. Sci. Sports, 26(7): 782-793, 2016.
- ⑫ 池田陸彦：日本女子体操競技界の動向と問題点，国士館大学文学部人文学会紀要，12：39-53，1980.
- ⑬ 日本体育協会：医・科学ガイドブック「ジュニア期の体力トレーニング」，<http://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/data0/publish/pdf/guide4b.pdf>，129-138，1996.
- ⑭ Blimkie, CJ: Resistance training during preadolescence. Issues and controversies, Sports Med., 15: 389-407, 1993.
- ⑮ 根本勇、金久博昭、宮下充正：形態及び筋出力とその持続能力の年齢推移に及ぼすスポーツ・トレーニングの影響，疲労と休養の科学，2：79-96，1987.
- ⑯ 船渡和男、福永哲夫、浅見俊雄、池川繁樹、金久博昭、奥山秀雄：思春期前児童における肘関節屈曲の静的筋力トレーニング効果，体力科学，37：64-76，1988.

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計7件)

- ① 袴田智子、設楽佳世. 特集 Kinanthropometry—アスリートの形態計測再考：光学式三次元人体計測器を使用した日本人トップアスリートおよびジュニアアスリートの形態的特徴について. バイオメカニクス研究、23 巻 1 号、36-44、2019、査読無
- ② 設楽佳世、勝亦陽一：特集 トップアスリートのための身体的条件：トップアスリートにおける形態及び身体組成の競技種目差. トレーニング科学、29 巻 4 号、295-303、2018、査読無
- ③ 勝亦陽一、設楽佳世、熊川大介、袴田智子、中里浩介、池田達昭、平野 裕一：日本人男性一流競技者における除脂肪量指数 (FFMI) および脂肪量指数 (FMI) の競技種目差. トレーニング科学、29 巻 4 号、317-327、2018、査読有
- ④ 設楽佳世、袴田智子、大西貴弘、池田達昭：身体組成の評価方法間にみられる身体密度および体脂肪率の差の検討. 体力科学、66 巻 5 号、369-382、2017、<https://doi.org/10.7600/jspfsm.66.369>
- ⑤ 設楽佳世、勝亦陽一、熊川大介、池田達昭、平野裕一：ジュニアアスリートにおける体幹筋断面積の年齢差および競技種目差：シニアアスリートとの比較から. 体力科学、66 巻 1 号、87-100、2017、査読有、<https://doi.org/10.7600/jspfsm.66.87>
- ⑥ 池田達昭、設楽佳世、平野裕一：五輪選手の身長および体肢長における競技特性と年齢別形態評価基準値の作成. Sports Science in Elite Athletes Support、8(2)、63-77、2016、査読有
- ⑦ 設楽佳世、勝亦陽一、袴田智子、池田達昭、鈴木康弘、平野裕一：日本人一流競技選手における形態及び身体組成の競技種目特性. トレーニング科学、27 巻 1 号、35-46、2016、査読有

### 〔学会発表〕(計5件)

- ① 設楽佳世. ジュニアアスリートの体幹筋のトレーナビリティについて考える. 日本発育発達学会 月例研究会、東京、2017 年 1 月
- ② 設楽佳世、西牧未央、岡田朋子、山田亜沙妃、中里浩介、袴田智子、大西貴弘、池田達昭. 身体組成の評価方法間にみられる体脂肪率の誤差の検討. 日本体育測定評価学会第 15 回大会、東京、2016 年 2 月
- ③ 設楽佳世、袴田智子、池田達明、平野裕一. 光学 3 次元人体形状計測法を用いた体積測定及び体脂肪率評価の妥当性. 第 70 回日本体力医学会大会、和歌山、2015 年 9 月
- ④ 設楽佳世、袴田智子、勝亦陽一、池田達昭、平野裕一. 一流競技選手の安静立位姿勢の評価. 第 26 回日本トレーニング科学会大会、山形、2013 年 11 月
- ⑤ 設楽佳世、勝亦陽一、袴田智子、熊川大介、池田達昭、高橋英幸、平野裕一. 一流ジュニアアスリートの体幹部及び大腿部の筋形態における 13~15 歳の縦断変化. 第 68 回日本体力医学会大会、東京、2013 年 9 月

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。