

令和元年6月21日現在

機関番号：32616

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16483

研究課題名(和文) エリートジュニアアスリートにおける形態と筋力の縦断的調査

研究課題名(英文) Longitudinal research of morphology and muscle strength in elite junior athletes

研究代表者

熊川 大介 (Kumagawa, Daisuke)

国士舘大学・体育学部・准教授

研究者番号：40439279

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：体力測定結果から競技パフォーマンスを推定する方法はトレーニング現場で広く活用されているが、発育発達・競技レベルに応じた体力の目標値を知るための資料は国内外問わず少ない。そこで、本研究では専門競技別の発育発達曲線を作成することを目的とし、このうちスピードスケート選手を短距離及び全距離滑走選手に分けて筋形態及び筋機能における発育発達曲線を作成した。また、最大パワー発揮能力から競技成績を推定するための推定式を作成し、各発育段階での目標パワー水準を明確にした。さらに、これらの成果からジュニアアスリートが体カトレーニングを行う最適時期についての示唆を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特色は、アスリート特有の形態及び筋力の発育・発達曲線を明示した点である。これにより、ジュニアアスリートが自身の体力レベルを把握できることに加え、トップアスリートとしての体力水準に到達するまでのプロセスを予測することが可能となる。また、指導者にとっては発育段階に応じたトレーニング指導がより実践的になることが予想でき、少子化によって減少傾向にあるジュニアアスリートが競技からドロップアウトするリスクも軽減できるものと考えられる。さらに、各競技団体が行うタレント発掘事業や長期的な育成計画にも活用されることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Methods for estimating competition performance from physical fitness are widely used at training sites. However, there are few reports that show the target value of physical fitness according to maturity and athletic performance level. Therefore, in this study, we created a growth and development curve for each sport. Among them, we created growth and development curves in morphology and functional characteristics of muscles in speed skaters (sprinters and all-round-skaters). And also, from these parameters of physical fitness, we made an estimation formula to estimate the competition results, and clarified the target power level at each developmental stage in junior athletes. Furthermore, based on these results, we suggested the optimal period for junior athletes to do physical fitness training.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：ジュニアアスリート トレーニング 発育発達

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトの発育期には、身体の形態及び機能が男女特有に変化することは周知の事実となっており、これまでに身体形態あるいは体力・身体運動に関与する様々な項目の発達傾向が示され、子どもの発育・発達特性を考慮したスポーツ指導に適用されてきた。

一方、アスリートにおける筋形態は種目特有の発育・発達傾向を示すことが十分に考えられる。従って、アスリートの発育に応じたスポーツ指導を考えた場合、競技種目に応じた体力の発育発達曲線を作成し活用することが必須であるといえる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、ジュニアアスリートの筋形態と筋機能の発育・発達曲線を男女別及び専門種目別に作成することであった。

### 3. 研究の方法

被験者は、フェンシング選手、レスリング選手、スピードスケート選手の男女を対象とし、以下に示す測定を6ヶ月毎に行った。

#### 1) 筋形態の測定

本研究における筋形態は、下肢における筋横断面積（CSA）および筋横断面厚（CST）で評価した。CSAの計測は、MRI法を用いて大腿長の50%部位における解剖学的横断画像を撮像し、得られた横断画像から画像解析ソフトを使用して各筋における筋横断面積を計測した。また、CSTは、超音波測定装置（Echo Camera SSD-900CL, ALOKA 社製）を用いて、超音波周波数7.5MHzで横断画像を撮像した。対象部位は、右側の大腿四頭筋及びハムストリングスであり、大腿長の50%に相当する位置における筋組織厚をそれぞれ計測した。

#### 2) 筋機能の測定

筋機能の評価は、等速性筋力と自転車ペダリングによる最大無酸素パワーによって評価した。等速性筋力は、Biodex system4の等速性ダイナモメーターを用いて、膝関節伸展屈曲動作におけるピークトルクを測定した。膝関節伸展屈曲動作における角速度は60及び180deg/secとした。また、無酸素性パワーの測定は、電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター（POWER MAX V II, COMBI 社製）を使用して、無酸素パワーテストを行った。即ち、各被験者には通常の自転車トレーニング前に実施しているウォーミングアップの後に、負荷を変えることによる10秒間の全力ペダリングを2分間の休憩をはさんで3回行わせた。この3回の全力ペダリングより得られた負荷と、最大ペダル回転数との回帰直線から推定されたパワーの最高値である最大無酸素パワー値（MAnP）を採用した。

### 4. 研究成果

本研究の対象と成ったアスリートのうち、フェンシング及びスピードスケートに関する研究成果をまとめ国内外の学会にて発表した。また、スピードスケート選手の結果は国内研究雑誌に投稿した。主な新知見は以下の通りである。

#### 1) ジュニアフェンシング選手における大腿部筋形態の縦断的発達特性

ジュニアフェンシング選手の形態的特徴は左右で異なり、前に踏み出される脚の大腿囲及び筋横断面積が後脚に比べて著しく大きい。一方、このようなプロポーションが形成される過程については不明な点が多く、とりわけ競技経験の無い選手における形態変化を縦断的に評価した報告は存在しない。そこで、13歳の女子フェンシング選手における大腿部CSA（全筋、内転筋、大腿四頭筋、ハムストリングス）を3年間縦断的に測定し、これらの発育発達曲線を示すとともに競技経験の有無が大腿筋群の発達特性に及ぼす影響を調べた。その結果、経験者における全筋、大腿四頭筋、ハムストリングスのCSAは13歳の段階で前脚が後脚に比べて大きく、全筋横断面積の前後比は測定期間中に著しい変化は認められなかった。一方、未経験者のCSAは、すべての筋において両脚間に有意差は認められなかった。また、未経験者における全筋横断面積の前脚/後脚比はトレーニング開始から1年間で著しく低下し、1.5年以降は経験者との間に有意な差は認められなかった。このことから、フェンシング未経験者であっても、1.5年程度のトレーニングで、経験者と同程度の左右差が認められるようになることが明らかになった。さらに各筋における前脚/後脚比の縦断変化を経験者・未経験者間で比較した結果、大腿四頭筋及び内転筋においてのみ経験の有無による有意差が認められ、preから1年の期間では未経験者は経験者に比べて前後脚の差が著しく少ない結果となった。従って、フェンシングのトレーニング効果は、大腿四頭筋及び内転筋に顕著に現れることが考えられた。

#### 2) スピードスケート選手における発育発達曲線

##### ① 発育発達傾向の種目差及び性差

一般的にスピードスケートトレーニングは下肢筋群の選択的肥大と筋力及び筋パワーの発達をもたらす。しかしその適応の程度は専門種目によって異なり、短距離種目を専門とする選手と全距離を滑走する選手では筋量発達の部位差や筋力・筋パワーの明らかな違いが観察される。

そこで、スピードスケート選手を短距離及び全距離滑走選手に分けて発育発達曲線を作成し、さらに筋量及び筋パワーにおける発育発達速度の種目差及び性差を検討した。

主な結果としては、短距離選手と全距離滑走選手の大腿四頭筋及びハムストリングスの CST 及び MAnP の発達曲線に交互作用が認められ、16 歳以降の年齢で短距離選手が著しく高い値を示した。また、これらの発育極大年齢は、全距離滑走選手が短距離選手に比べて明らかに早い年齢で出現することが明らかになった。この結果は、ジュニアアスリートにおける長期間の専門的なスポーツ活動の相違が、筋形態や機能の発育量のみならず発育速度にも影響を及ぼすことを意味している。

さらに本研究では、身長、大腿四頭筋 CST、MAnP における発育極大年齢を男女間で比較した。その結果、男子は身長の発育極大年齢が 12.0 歳で認められ、その後 MAnP (13.0 歳)、CST (13.4 歳) の順で発育量のピークが出現した。一方、女子では発育極大年齢が身長は 9.8 歳、MAnP と CST がともに 11.8 歳で出現した。これらの結果を従来モデルの筋力発達ピーク年齢 (15 歳～18 歳、宮下 1984) と比較すると、近年のジュニアアスリートにおける筋量、筋パワーの発達は男子で 1.6 歳～2.0 歳、女子では 3.2 歳も早く訪れることが明らかになった。

## ② 筋パワーの発達と競技成績の関係

研究成果 2)-①で作成した専門競技別の発育発達曲線を基に、MAnP から競技成績を推定するための推定式を作成した。主な結果としては、男女の MAnP とスピードスケート短距離種目 (500m、1000m) の滑走タイムの関係における決定係数は累乗近似で最も高い値が認められ、 $R^2=0.779$  から  $R^2=0.807$  の範囲となり、すべての関係において 1%水準で有意な相関関係が認められた。従って、本研究で作成した推定式は高い精度と有意性を満たしていると判断することができた。

## ③ 体力トレーニングの最適時期の検討

発育発達・競技レベルに応じた体力の目標値を知るための資料や、身体発育の成熟度に応じてどのような時期に筋力・筋パワーを高めるトレーニングを開始するべきかについては、は国内外問わず明確な知見が乏しい。そこで研究成果 2)-②で作成した推定式を基に、ジュニアアスリートが筋パワーを高めるためのトレーニングを行うべき最適時期に関する検討を行った。

その結果、男女の MAnP と氷上滑走タイムの関係における相関係数は MAnP の大小によって変動することが明らかになった。そこで、男女別に相関係数が高まるパワー水準を明らかにしたところ、男子では 325W、女子は 281W を境に急激に増加した。つまり、筋パワーのような身体資源が競技能力にもたらす影響力は男子と女子で異なり、この水準以降では筋パワーの様な身体資源に依存して競技能力が高まることが明らかになった。本研究の成果としては、身長や体重、年齢以外の項目を用いて体力トレーニングの開始時期を示した初めての試みといえる。上記の内容をまとめ、国内学会誌に投稿した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

① 熊川大介, スキャモンの発育曲線とスポーツ指導, 子どもと発育発達, 査読無, 2015, 12 巻 4 号, 238-242

② 熊川大介, スピードスケート選手における体力トレーニングの最適時期の検討, 査読無, 2019, 31 巻 2 号, (投稿中)

[学会発表] (計 5 件)

① 熊川大介, 池田達昭, 平野裕一, ジュニアフェンシング選手における大腿部筋形態の縦断的発達特性, 日本体育学会第 66 回大会

② Kumagawa, D., Tsunoda, N.. Growth and development of thigh muscle thickness and anaerobic power generation capacity in short-distance and all-round junior speed skaters, ECSS 21th Annual Congress

③ Kumagawa, D., Tsunoda, N.. Gender related differences of growth and developmental trends of thigh muscle thickness, anaerobic power and skating performance in junior speed skaters, ECSS 22th Annual Congress

④ 熊川大介, 角田直也, ジュニアスピードスケート選手における最大無酸素パワーから滑走タイムを推定する, 第 30 回日本トレーニング科学会大会

⑤ 熊川大介, 氷上滑走スピードの発達と体力トレーニングの最適時期, 第 31 回日本トレーニ

ング科学会大会（招待講演）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※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。