

## 解説

# スポーツ科学における形態測定技術の活用法とその意義

香川雅春<sup>\*1,2,3</sup>

<sup>\*1</sup>国立保健医療科学院

<sup>\*2</sup>ATN Center for Metabolic Fitness, School of Human Movement studies, Queensland University of Technology

<sup>\*3</sup>Institute of Health and Biomedical Innovation, Queensland University of Technology

【連絡先】 香川 雅春 Institute of Health and Biomedical Innovation, 60 Musk Avenue, Kelvin Grove QLD 4059 Australia

## 要 旨

形態測定はヒトなど生物の身体的特徴(特定の部位のサイズや形状、プロポーション)を計測する技術である。形態測定は人間工学や健康科学をはじめとして幅広い専門領域で活用されており、主にスポーツ選手のパフォーマンスの向上を目的としているスポーツ科学でもその利便性のため選手の身体的特徴の把握を目的とした様々な用途に活用されている。形態測定から得られる情報は正しく判断し活用することでスポーツ選手の健康状態の管理やパフォーマンスの向上につながる事ができるため、スポーツの現場ではスポーツ栄養士をはじめとするサポートスタッフの多くが形態測定に関する技術や知識を共有することが大切である。現在健康・スポーツ科学の専門領域において国際基準とされている International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) 形態測定基準は世界の多くの国で使用されており、政府がスポーツ科学関係者に対して ISAK 基準に則った計測技術の習得を支援している国も存在する。日本では形態測定が関連するほぼ全ての専門領域において測定を適切に行える人材の育成が課題とされており、スポーツ科学の分野でも今後このような国際基準の認識が広まり人材の育成につながる事が期待される。

## 序文 — 形態測定の定義

形態とはヒトを含む生物や物質の持つ形状を指す言葉である。ヒトなど生物の形態を話す場合は全身および特定の部位のサイズや形状、プロポーションなどを指し、これら身体的特徴の計測手法を形態測定 (Anthropometry) という(身体計測や身体測定、形態計測ともいう)。形態測定には身長や体重といった基本的な項目から胸囲や腹囲といった周囲測定、また皮下脂肪厚(皮脂厚)や骨幅・骨長測定などが含まれる。形態測定は人間工学や人類学といったさまざまな学術分野で活用されており、栄養学や医学、公衆衛生学の専門領域ではヒトの発育状態の把握や肥満、メタボリックシンドロームの診断基準などの健康アセスメントに活用されている。このように形態測定から得た情報を様々な専門領域に応用することを Kinanthropometry と総称する。

### 1. スポーツ科学における形態測定

スポーツ科学とはスポーツパフォーマンスの向上を主に目的とした応用科学であり [1]、これは同じ応用科学でも運動を間接的に活用することで体力と健康の向上を促すことを目的としている運動生理学 (Exercise

Physiology) やヒトの運動機能を解剖学的、生理学的側面から理解することを目的としている運動学または身体運動学 (Kinesiology) とは区別される。スポーツ科学が目的としているパフォーマンスの向上は適切な 1) トレーニング、2) 栄養摂取や食生活、3) 指導や戦略、さらに 4) 怪我の予防やリハビリ法、5) 姿勢や行動の把握や 6) 競技に適した用具の検討(開発)といった様々な要素によって達成することができるため、スポーツ科学は生理学、心理学、バイオメカニクスや栄養学など多くの専門領域を包括する総称と捉えることが可能と考えられる。

現在スポーツ科学は世界的に発展を続けており、数多くの研究結果がトップレベルの現場スタッフや選手に活かされると同時に日常生活の中でスポーツを楽しむ際の安全性の向上に活用されている。このような分野においてヒトの身体的特徴を把握する手法である形態測定は様々な用途で活用することができるが、主な目的として次が挙げられる。

1. スポーツ選手の身体的特徴の把握
2. トレーニングが発育や健康に与える影響の把握
3. トレーニングによる形態の変化とパフォーマンス効果の把握

## 1.1 身体的特徴の把握

スポーツ競技の勝敗は心肺機能や俊敏性などの後天的な要素のほか、戦略や技術と言った要素にも影響をされるため競技結果の理由を簡単に説明することは難しい。しかし各スポーツでは頻繁に使用する身体部位や機能に違いがあるため手足の長さや体格、プロポーションといった先天的な身体的特徴を持つ選手ほどその競技において優位にあるといえる。例としてバスケットボールでは身長が高い選手、そして水泳やボート競技のように1ストロークの大きさが勝敗を分ける競技では身長に対しての腕の長さの比率が高いほうが有利になる。このような身体的特徴が競技結果へ影響を与えるため、トップレベルの選手になるほど選手間の体重や身長といったサイズやプロポーションに類似性がみられる [2-4]。また栄養状態の向上や競技人口の増加といった様々な理由により、バスケットボールや砲丸投げ、また相撲のように体のサイズが大きいほど有利になるスポーツではこの数十年の間に身長や体重の増加が報告され [4, 5]、逆に競馬や飛び込み、新体操のように選手が自身の身体機能以外の要素 (馬への負担や重力) を考慮しなくてはいけない競技ではたとえ競技人口が増えてもこの数十年間の平均的な身体計測値に大きな違いが見られないということが報告されている [2, 4, 6]。

特定のスポーツ競技で活躍するために求められるとされる身体的特徴と一般人口が持つ身体的特徴を示す正規分布が交わる面積をオーバーラッピングゾーン (The Overlapping Zone) と呼ぶが、このようにスポーツ競技のトップレベルではより特殊な形態を持つ傾向にあり、この数十年で身体的特徴の変化に変化がみられるスポーツ競技もあるため、そのようなスポーツにおいてはオーバーラッピングゾーンが減少すると報告されている [4]。このようなスポーツ競技における身体的特徴が持つ優位性を把握し、その特徴を持つ人材を早期に発掘し適切に育成する「タレント発掘」はトップレベルで活躍が期待できる選手の育成において効率的かつ効果的な手法と考えられており、その際に形態測定による身長や体重、上腕長や座高といった計測項目が活用されている。

この「タレント発掘」という概念は現在世界的に注目を浴びており、サッカーやラグビー、水球などで身体的特徴や生理学的運動機能のテスト結果がタレント発掘に有効であると報告されている [7-10]。この手法はオーストラリアやニュージーランドなど人口が比較的少なく、

多くの国に慣習的に見られていた偶然による有望な選手の出現を待つことができない国では特に重要視されている。オーストラリアではオリンピックや世界選手権などトップレベルで活躍できるスポーツ選手の育成を目的としたスポーツ科学の中心的機関として、オーストラリア国立スポーツ研究所 (Australian Institute of Sport: AIS) がスポーツ観光省スポーツ委員会の下部組織として 1981 年に発足している [11]。AIS では、選手のみならずトレーナーやコーチといったスタッフの育成がおこなわれているが、将来有望な選手の育成の一環として The National Talent Identification and Development program (NTID) と呼ばれるタレント発掘プログラムが行われている。AIS が設立されるきっかけとなったモントリオールオリンピックの結果 (金 0、銀 1、銅 4、合計メダル数 5 個、総合順位 32 位) と比べ、前回開催されたアテネオリンピックではオーストラリアは金メダル 17 個、銀メダル 16 個、銅メダル 16 個の合計 49 個のメダルを獲得した (表 1)。この 2 大会においてオーストラリアは総合順位でもアメリカ、中国、ロシアに続いて 4 位と確実に成果を挙げており、これは総人口約 2111 万人 (2007 年 10 月現在) の国家の成果

表 1. 日本とオーストラリアの夏季及び冬季オリンピックにおける総合順位とメダル獲得数

夏季オリンピック 開催地	オーストラリア 順位 (メダル数; 金 - 銀 - 銅)	日本 順位 (メダル数; 金 - 銀 - 銅)
1976-モントリオール	32 (0-1-4)	5 (9-8-10)
1980-モスクワ	15 (2-2-5)	— ※
1984-ロサンゼルス	14 (4-8-12)	7 (10-8-14)
1988-ソウル	15 (3-6-5)	14 (4-3-7)
1992-バルセロナ	10 (7-9-11)	17 (3-8-11)
1996-アトランタ	9 (9-9-23)	23 (3-6-5)
2000-シドニー	4 (16-25-17)	15 (5-8-5)
2004-アテネ	4 (17-16-16)	5 (16-9-12)
冬季オリンピック 開催地	順位 (メダル数; 金 - 銀 - 銅)	順位 (メダル数; 金 - 銀 - 銅)
1980-レークプラシッド	—	15 (0-1-0)
1984-サラエボ	—	14 (0-1-0)
1988-カルガリー	—	16 (0-0-1)
1992-アルベールヴィル	—	11 (1-2-4)
1994-リレハンメル	—	11 (1-2-2)
1998-長野	22 (0-0-1)	7 (5-1-4)
2002-ソルトレークシティ	15 (2-0-0)	21 (0-1-1)
2006-トリノ	17 (1-0-1)	18 (1-0-0)

※日本はモスクワオリンピックをボイコットしたため不参加。

としては抜きん出て優秀と言える。対して日本はアテネ大会以前の4大会において14-20位前後の成績を残しており、1992年のバルセロナ大会ではオーストラリアに総合順位で逆転されている。またAISはオーストラリアオリンピック委員会(The Australian Olympic Committee;AOC)と共同で、冬季オリンピック種目に特化したOlympic Winter Institute of Australia (OWIA)を長野オリンピック後の2001年に設立し、2002年のソルトレークオリンピックでは前回は大幅に上回る成果を挙げている(表1)。現在AISのような組織は世界中で発足しており、日本でもAISを参考にタレント発掘を含めた包括的なアプローチによる国際的なスポーツ競技力の向上を目的とした国立スポーツ科学センター(Japan Institute of Sports Science; JISS)が2001年に発足している[12]。

## 1.2 トレーニングが発育や健康に与える影響の把握

スポーツ競技において定期的なトレーニングは筋組織や骨強度の増加を促し身体機能を向上させると共に、技術や精神面を磨くために欠かせないものである。しかし過剰な負荷を与えることは筋組織や関節の負傷にもつながるため適切な指導が必要である。特に発育過程にある子供においては、過剰な負荷は骨端症や脊椎分離症を引き起こし長期的な発育への悪影響が懸念されるため適切なトレーニング指導は重要視されるべきである[13]。

トレーニングが健康に与える害と同様、スポーツの現場にいる関係者はトレーニングが発育に影響を及ぼす可能性についても認識する必要がある。従来新体操選手は一般的に同年代と比べ身長が低く、座高や下肢長などのプロポーションにも違いが報告されている[14, 15]。これらの身体的特徴の違いは先天的な特異性によるものが大きいとする研究結果[16, 17]がある一方、トレーニングが選手の発育を遅らせているとする研究も存在する[17, 18]。新体操競技に参加している期間中において選手の発育が遅れていても、選手は引退後に発育の遅れを取り戻せるとする研究もある[17-19]ため、トレーニングが引き起こす発育の遅れの長期的な身体や健康への影響について結論付けることは難しい。しかし新体操を含め表現美が採点に加わるスポーツ競技や、体重別種目のように食事制限が求められるスポー

ツ競技では心理的なストレスによる摂食障害の発症も認められ[20]、特に女子においてはThe female athlete triadと呼ばれる摂食障害、無月経、骨粗しょう症の3つの症状を同時に発症する危険がある[21, 22]。そのため発育期における過度なトレーニングによる筋組織等の負傷、および摂取エネルギー不足による発育低下が選手の長期的な身体機能や健康状態に与える影響について、選手の育成に携わる専門家は気を配る必要がある。

これら発育度や健康状態の調査には身長や体重、周径囲や体組成といった形態測定から得られる情報を活用できる。子供が対象の際にはこれらの情報に加え第二次性徴期の進行具合や心肺機能、心理面の変化といった幅広い事柄について定期的にモニターすることでトレーニングプログラムの適切性や怪我の予防について確認をすることができ、また推奨されている[13]。

## 1.3 トレーニングによる形態の変化とパフォーマンス効果の把握

定期的なトレーニングはスポーツ選手の筋組織を発達させ体組成に変化をおこすが、これまでの研究から様々なスポーツ競技において最大酸素摂取量(VO<sub>2</sub>max)やバランス能力といったパフォーマンスが体組成や形態と関連しているという報告も存在する[23-29]。また同じスポーツ競技でもプロとアマチュアといった違うレベルにおいて体格(ソマトタイプ)やパフォーマンスの違いが認められ[30-32]、サッカーやバスケットボールなどのチームスポーツにおいてはポジション間でも違いが報告されている[30, 33-36]。これらの報告は特定のスポーツ競技やポジションによって最も効率的なパフォーマンスを行うために必要な形態や体組成が違い、また適切なトレーニングがパフォーマンスの向上につながることを表している。そのため定期的な形態測定の実施はトレーニングプログラムが選手の体組成やパフォーマンスに与えている影響の把握やプログラムの適切性についての判断を可能とする。これは効率的に選手を育成するため、またトレーニングプログラムを組むスタッフの自己評価のためにも必要な確認作業と考えられる。

## 2. スポーツ現場において形態測定技術を持つことの重要性

スポーツ競技では選手が最高のパフォーマンスを行え

るようにコーチやトレーナー、スポーツドクターやカウ  
ンセラー、そしてスポーツ栄養士など数多くのサポート  
スタッフが関わり選手の体力やメンタル面の向上、維  
持そして戦術の確認を行う。このようなサポートチーム  
の一員として各スタッフはそれぞれの専門領域において  
責任を果たしつつ、お互いの分野について理解しあひ  
ながら情報交換を行う必要がある。そのような現場に  
おいて形態測定は栄養状態、発育度、トレーニングの  
有効性など多くのサポートスタッフの専門領域を把握す  
るために共有できる技術である。そのためここから得  
た情報をスタッフ同士が理解できるように専門領域が  
違っていても計測に対する理解と知識を共有すること  
が円滑な選手の育成や健康管理に活かせることができ  
る。たとえばスポーツ栄養士を例に挙げると、最も大  
切な役割は担当する選手が適切な栄養摂取を可能とす  
る食事管理を行い、運動選手としてベストのパフォー  
マンスを発揮できるようサポートすることである。しかし  
パフォーマンスはトレーニングプログラムと食事による体  
組成変化とエネルギーバランスによるものであり、また  
対象者が未成年の場合はその発育度も考慮しなくては  
ならない。そのためスポーツ栄養士はスポーツ競技選  
手の健康状態と適切な発育状態を確認するための栄養  
アセスメントが行えなくてはならず、その上でパフォー  
マンスのサポートができていのかを把握し他のサポート  
スタッフと話し合えなくてはならない。結果的にスポ  
ーツ栄養士はたとえ形態測定を行う機会がなく必要に迫  
られていなくても、体重や身長のほかアセスメントに必  
要な皮脂厚や周囲、骨幅などの測定項目や手法に対す  
る理解、さらにそこから得られる体脂肪率やプロポー  
ションといった情報に対する適切な処理と判断を行える  
知識を得ていることがサポートスタッフとして選手のサ  
ポートをより円滑にし、チームに貢献することができる。

上記の理由により、スポーツの現場において形態測  
定に関する技術と知識はチームスタッフ同士、または選  
手とのコミュニケーションを円滑に進めるため必要と考  
えられる。そのためスタッフや選手には適切な形態測定  
技術や関連知識を学ぶ機会が与えられるべきである。  
オーストラリアでは National Sports Science Quality  
Assurance Program (NSSQA) という AIS のスポーツ科  
学・医学・教育・技術部門の先導的役割を担っている  
プログラムが存在する。このプログラムは 1989 年に

The Laboratory Standard Assistance Scheme (LSAS) の  
名称でオーストラリア国内の各州レベル、国際レベル、  
そしてオリンピックレベルのスポーツ選手の状態を監督  
するために始められた。その主な役割として形態測定を  
含むオーストラリアで用いられる主要な健康やパフォー  
マンステストの質の維持および向上を掲げ、オーストラ  
リア選手のパフォーマンスレベルを一定の質に保つ支援  
を行っている [11]。各テストの品質管理作業は手法、測  
定機器の調節方法、スタッフの育成やレポートの作成方  
法など詳細にわたる。このような部署が存在し、オース  
トラリア各州に存在するスポーツ研究所および主要なス  
ポーツアカデミーと密なネットワークを維持することで国  
内における全ての選手の運動能力や健康状態の管理を  
統一し把握することが可能となっている。

### 3. 国際的な形態測定の手法 — ISAK 基準の 概要と日本の現状

形態測定は最も簡便な健康アセスメントの手法であ  
り、計測値から体密度や体脂肪率といった体組成値の  
算出をすることもできる。また精度は高いが費用がかか  
り持ち運びができない Computer Tomography (CT) 法  
や Magnetic Resonance Imaging (MRI) 法、Dual Energy  
X-ray Absorptiometry (DXA) 法と比べ、形態測定は経  
済的かつ携帯性に優れるためこれまでに広く世界中で活  
用されてきた手法である。しかし国際的な基準が制定さ  
れる以前から活用されてきたため、また形態測定は健康  
やスポーツ科学以外にも人間工学など違う専門領域でも  
活用されているため数多くの計測基準があり、選択した  
手法によって計測箇所や手順、さらに使用する道具が違  
う。使用する道具、特に皮脂厚の測定に使うキャリパー(皮  
脂厚計) は、その種類によって計測の際にかかるプレッ  
シャーが違うため [37]、違う道具で計測された数値をそ  
のまま単純に比較することができない。さらに形態測定  
は測定者の経験や技術がその測定誤差に与える影響が  
大きい [38] 測定者は計測した結果を適切に検討す  
るための技術と知識を持つことが求められる。

これまで健康やスポーツ科学の専門領域において  
世界中で使われている基準は数多くあり [39, 40]、日  
本では健康・栄養アセスメントのために日本人の新身  
体計測基準 (Japan Anthropometric Reference Data:  
JARD) [41] が 2002 年に発表されている。しかしこれ

ら健康・スポーツ科学の専門領域で現存する基準の中で国際的な計測基準として認識されているのは The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) によって 1996 年に制定された ISAK 基準である [42]。ISAK 基準はこれまで報告されていた測定基準の中から健康やスポーツパフォーマンスの把握に最も適していると判断された 37 項目を基本とし、これに各スポーツ競技において必要な測定項目を加え調査を行うことができるように制定されている。この ISAK 基準の概要はすでに日本でも紹介されている [43] が、この基準は測定項目、測定部位を判断する計測点 (Anatomical landmarks) や、使用する測定機器の詳細および計測手法について詳細に決められており、また求められる測定誤差についても明記されている。この基準の制定項目やその定義については継続的に議論がされており、最期の改訂は 2006 年に発表された。

この基準を発表した ISAK は国際的な形態測定技術の統一化と形態測定を使用する科学者をつなげる国際的なネットワークの構築を目的としており、また ISAK 基準を元に世界各地で適切な形態測定技術と関連知識を持つ形態測定技師の育成を目的とした The International Anthropometry Accreditation Scheme (IAAS) という国際認定プログラムを行っている。このプログラムは 1) 測定技師として必要な知識を伝える講義と 2) 正しい計測技術と測定誤差の理解に焦点を当てた実習で構成されており、4 年間有効な国際認定を得るためには認定コース最終日の実技試験に合格し、コース終了後 20 名の計測レポートの提出が義務付けられている。認定コースは、ISAK が制定している 4 段階の認定形態測定技師のうち最上級のレベルである Criterion (Level 4) がインストラクターレベルであるレベル 3 測定技師によって開催することができ、世界各地で年間約 30 回のペースで開催されている。レベル 4 を除く 3 つのレベルの認定コースがいつ・どこで開催されるかは ISAK のホームページ上 (ISAK Online: <http://www.isakonline.com/>) で確認することができる。オーストラリアでは AIS が NSSQA で正式採用しており、国レベルでスポーツ科学従事者の ISAK 認定コースへの参加を支援している。最近ではイギリスの British Olympic Association やイランにある National

Olympic and Paralympic Academy など、大学などの教育機関のほかスポーツと関わりの深い組織で ISAK 基準の講習会を開催している国も存在する。またここ数年はイランや韓国、インドなどアジア各国においても広く ISAK 基準が国際基準として広まっている。韓国では推奨されている文献がすでに韓国語に訳されて出版されているので ISAK 基準の浸透度は他のアジア諸国と比べて早いと思われる。

このような国際的な動きに対して日本では 2002 年からこれまで 6 年にわたり合計 13 回レベル 1 およびレベル 2 形態測定技師の認定コースが兵庫県、福島県と東京都で開催されている (図 1)。受講生は主にスポーツインストラクターや柔道整復、理学療法学科の学生やスポーツトレーナー、管理栄養士などで、2007 年 12 月現在までにして 160 名がレベル 1 もしくは 2 の認定ないしは認定資格を得ている。しかし諸外国と比べ日本では ISAK 基準および認定コースがまだ広く知られておらず、また日本では体組成や形態の調査にインピーダンス法や DXA 法、最近では 3 次元スキャナーのような短時間で行える体組成や形態の測定機器が使用されているため皮脂厚や骨幅、周囲計測といった伝統的な手法による形態測定を適切に行うことのできる人材が不足しており、若い人材の育成ができていない現状にある。しかし現在において 3 次元スキャナーはいまだ測定誤差が大きく伝統的な手法による形態測定数値と比較ができないとの報告が近年されており [44]、また携帯性がなくコストや被曝が伴う DXA 法や体脂肪率の算出に体水分の影響を大きく受け使用する方程式の適切性が求められるインピーダンス法と比べ、適切な技術さえあればトレーニングの現場で素早く計測を行うことが

図 1. 日本における ISAK 認定コースの実習風景



できる伝統的な手法による形態測定とそれを行える人材はタレント育成やトレーニング状況の把握が求められるスポーツ科学の分野ではいまだ不可欠である。そのため日本においても今後 ISAK 認定コースのように国際的に統一されたトレーニングプログラムに多くのスポーツ科学従事者が参加し、形態測定技術と知識を適切に身に付ける機会が得られることが期待される。また将来的に日本におけるスポーツ科学の中心的組織である JISS やそれを統括する文部科学省、また国民の健康管理を司る厚生労働省といった政府の省庁がこのような国際基準や認定制度について議論し、オーストラリアのように国がリーダーシップを取り適切な人材育成の支援を行うことを強く希望する。

#### 4. おわりに

形態測定はこれまでに幅広い専門領域で活用されてきたヒトの計測技術であり、スポーツ選手の運動や体調管理に携わる専門家に対しても必要な専門技術である。スポーツ科学では将来的に有望な選手の育成やトレーニングの健康への影響、そしてパフォーマンス効果を把握するためなどに形態測定を活用することができる。このような技術はスポーツ栄養士を含むスポーツ選手を支えるサポートスタッフの多くが共有すべきものであり、オリンピック選手など国際的に活躍する選手を育成するためには国家レベルでその支援がされるべきである。現在 ISAK 基準が世界的に健康・スポーツ科学領域における国際基準とされており、日本でもこの基準が今後広くこの分野を統括する省庁や組織、そして従事者に認識され、測定が適切に行える人材の育成に活用されることが期待される。

※本年度の東京での ISAK の形態計測講習会は2008年6月28日～7月2日に(独)国立健康・栄養研究所で行われます。詳しくは、(独)国立健康・栄養研究所のホームページ (<http://www.nih.go.jp/index-j.html>) でご案内します。

#### 参考文献

[1] Williams SJ, Kendall LR. A profile of sports science research (1983-2003). *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;10(4):193-200.  
 [2] Norton K, Olds T, Olive S, Craig N. Anthropometry and Sports Performance. In: Norton K, Olds T, eds.

*Anthropometrica*. Sydney: UNSW Press 1996:287-364.

[3] Kerr DA, Ross WD, Norton K, Hume P, Kagawa M, Ackland TR. Olympic lightweight and open rowers possess distinctive physical and proportionality characteristics. *Journal of Sports Sciences*. 2007;25(1):43-53.  
 [4] Norton K, Olds T. Morphological evolution of athletes over the 20th century. *Sports Medicine*. 2001;31(11):763-83.  
 [5] Olds T. The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century. *Journal of Sports Sciences*. 2001;19(4):253-62.  
 [6] Cuk I, Korencić T, Tomazo-Ravnik T, Pecek M, Bucar M, Hraski Z. Differences in morphologic characteristics between top level gymnasts of year 1933 and 2000. *Collegium Antropologicum*. 2007;31(2):613-9.  
 [7] Pienaar AE, Spamer MJ, Stevn HSJ. Identifying and developing rugby talent among 10-year-old boys: a practical model. *Journal of Sports Sciences*. 1998;16(8):691-9.  
 [8] Hoare DG, Warr CR. Talent identification and women's soccer: an Australian experience. *Journal of Sports Sciences*. 2000;18(9):751-8.  
 [9] Veale JP, Pearce AJ, Koehn S, Carlson JS. Performance and anthropometric characteristics of prospective elite junior Australian footballers: A case study in one junior team. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;doi:10.1016/j.jsams.2006.12.119.  
 [10] Falk B, Lidor R, Lander Y, Lang B. Talent identification and early development of elite water-polo players: a 2-year follow-up study. *Journal of Sports Sciences*. 2004;22(4):347-55.  
 [11] Australian Government. Australian Institute of Sport. [cited 2007 23 December]; Available from: <http://www.ais.org.au/>  
 [12] National Agency for the Advancement of Sports and Health. Japan Institute of Sports Science. 21 December 2007 [cited 2007 28 December]; Available from: <http://www.jiss.naash.go.jp/index.html>  
 [13] Committee on Sports Medicine and Fitness. Intensive training and sports specialization in young athletes. *Pediatrics*. 2000;106(1 Pt 1):154-7.  
 [14] Buckler JM, Brodie DA. Growth and maturity characteristics of schoolboy gymnasts. *Annals of Human Biology*. 1977;4(5):455-63.  
 [15] Georgopoulos NA, Theodoropoulou A, Leglise M, Vagenakis AG, Markou KB. Growth and skeletal maturation in male and female artistic gymnasts. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2004;89(9):4377-82.  
 [16] Theintz GE, Howald H, Weiss U, Sizonenko PC. Evidence for a reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *Journal of Pediatrics*. 1993;122(2):306-13.  
 [17] Bass S, Bradney M, Pearce G, Hendrich E, Inge K, Stuckey S, et al. Short stature and delayed puberty in gymnasts: influence of selection bias on leg length and the

- duration of training on trunk length. *Journal of Pediatrics*. 2000;136(2):149-55.
- [18] Daly RM, Caine D, Bass SL, Pieter W, Breoekhoff J. Growth of highly versus moderately trained competitive female artistic gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005;37(6):1053-60.
- [19] Georgopoulos N, Markou KB, Theodoropoulou A, Vagenakis GA, Mylonas P, Vagenakis AG. Growth, pubertal development, skeletal maturation and bone mass acquisition in athletes. *Hormones*. 2004;3(4):233-43.
- [20] Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clinical Journal of Sports Medicine*. 2004;14(1):25-32.
- [21] Bertelloni S, Ruggeri S, Baroncelli GI. Effects of sports training in adolescence on growth, puberty and bone health. *Gynecological Endocrinology*. 2006;22(11):605-12.
- [22] Kazis K, Igulesias E. The female athlete triad. *Adolescent Medicine*. 2003;14(1):87-95.
- [23] Rienz iE, Reilly T, Malkin C. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of Rugby Sevens players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1999;39(2):160-4.
- [24] Claessens AL, Lefevre J, Beunen G, Malina RM. The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1999;39(4):355-60.
- [25] Tuuri G, Loftin M, Oescher J. Association of swim distance and age with body composition in adult female swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002;34(12):2110-4.
- [26] Sööt T, Jürimäe T, Jürimäe J, Gapeyeva H, Pääsuke M. Relationship between leg bone mineral values and muscle strength in women with different physical activity. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2005;23(5):401-6.
- [27] Mendez-Villanueva A, Bishop D. Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Medicine*. 2005;35(1):55-70.
- [28] Legaz A, Eston R. Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *British Journal of Sports Medicine*. 2005;39(11):851-6.
- [29] Gabbett TJ. Performance changes following a field conditioning program in junior and senior rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006;20(1):215-21.
- [30] Babić Z, Misigoj-Duraković M, Matasić H, Jancić J. Croatian rugby project-Part I. Anthropometric characteristics, body composition and constitution. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2001;41(2):250-5.
- [31] Kalapotharakos VI, Strimpakos N, Vithoulka I, Karvounidis C, Diamantopoulos K, Kapreli E. Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2006;46(4):515-9.
- [32] Gil S, Ruiz F, Irazusta A, Gil J, Irazusta J. Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2007;47(1):25-32.
- [33] Ostojic SM, Mazic S, Dikic N. Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006;20(4):740-4.
- [34] Gualdi-Russo E, Zaccagni L. Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2001;41(2):256-62.
- [35] Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*. 2000;18(9):669-83.
- [36] Gil SM, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Irazusta J. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(2):438-45.
- [37] Schmidt PK, Carter JE. Static and dynamic differences among five types of skinfold calipers. *Hum Biol*. 1990;62(3):369-88.
- [38] Wang J, Thornton JC, Kolesnik S, Pierson Jr RN. Anthropometry in body composition. An overview. *Ann N Y Acad Sci*. 2000;904:317-26.
- [39] Behnke AR, Wilmore JH. Field methods. In: Behnke AR, Wilmore JH, eds. *Evaluation and regulation of body build and composition*. Englewood cliffs: Prentice-Hall Inc. 1974:38-52.
- [40] WHO. Recommended measurement protocols and derivation of indices. In: WHO, ed. *Physical status: The use and interpretation of anthropometry*. Geneva: WHO 1995:424-38.
- [41] JARD. 日本人の新身体計測基準値 JARD 2001. 栄養評価と治療. 2002;19(Suppl):8-41.
- [42] Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter JEL. International standards for anthropometric assessment (revised 2006). 2 ed: The International Society for the Advancement of Kinanthropometry 2006.
- [43] Kagawa M, Kerr DA, Marfell-Jones M, Fujiwara T. 形態測定法の国際基準化取り組みへの提案 -The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) の紹介を通して-. 理学療法. 2004;21(7):973-9.
- [44] Digital Human Research Centre. 人体寸法・形状データベースの信頼性検証・向上技術の研究開発. Tokyo: Digital Human Research Centre; 2007.