

## 形態測定の意義とその活用について

—トレーニングの一環として形態測定を考える—

山下 篤央、右近 直子、森井 秀樹

形態測定とは、身体の全体の大きさやその成分と各部位の大きさ、長さを測定する要素の2つに分けることができる。本稿は、個々に実施されている形態測定の意義を追究し、その活用を考察する。それらは、健康やスポーツパフォーマンスの向上・維持を目標としたトレーニングの一部と捉え、情報として得た測定結果をどのように目標と関連づけるか、である。

キーワード：健康、スポーツパフォーマンス、トレーニング、形態測定

### 1. はじめに

一般の人々が健康向上や維持を目標とした身体運動をベースとしたトレーニングや、アスリートやチームの競技能力向上を狙うことを目標としたトレーニング（アスリートやチームにおけるトレーニングとは、スポーツパフォーマンスを向上、維持するための考え、計画、実行を意味する）を期間で捉えて計画的に構築するピリオダイゼーションにおいても、トレーニング実施前、実施中、実施後において、現状把握のため、個の身体的特徴（形態・体組成）を測定することが通例となっている。それぞれの時期において、つまり、現在の身体状態の情報を収集し、現状を把握すること、測定時点においての身体的特徴を理解・分析することにより、目標に応じたトレーニング計画の立案ができる。

また、形態測定は、上記のように健康向上・維持、スポーツパフォーマンスの向上・維持のみに活用されるだけではなく、医療分野（例えば、理学療法など）においても、リハビリテーション計画の立案のために必要な情報収集ツールとしても活用される。

本稿では、形態測定の意義とその活用を考察

し、形態測定が健康やスポーツパフォーマンス向上・維持を目標としたトレーニング計画の要素となることを確立する。

### 2. 形態測定とは

5世紀の古代ギリシャの医師、Hippocrates は、1つ身体は2つの基礎によって構成されるとした。1つは、habitus phthisicus、長く、細い身体とし、垂直方向への身体形態により構成、もう1つは、habitus apoplecticus、短く、太い身体で、水平面状の身体形態により構成されるとした<sup>1)</sup>。その後、形態測定は、体組成（Body Composition）として構成されるようになる。この構成には、身体の全体の大きさやその成分と各部位の大きさ、長さを測定する要素がある。身長、体重、それらに関連する体格指数（Body Mass Index：BMI）のような身体を包括的に測定した内容から、身体の各部位に焦点を当て、四肢の長さ（四肢長）や周径囲、筋の状態（萎縮、または、肥大）、骨・関節の形態（配列）などを測定する。それらの結果、現在の健康状態や栄養状態を推測し、障害予備群の判別に用いる。例えば、アスリートにとって重要視される除脂肪体重

(Lean Body Mass : LBM) の一部は、スポーツパフォーマンスに影響を及ぼす筋や骨となる。それは、体組成を構成する体重に占める脂肪の割合(体脂肪率:%fat)をもとに体脂肪量(Body Fat Mass : BFM)を体重から差し引いた量である。これは形態測定によって導かれた数値を用いた結果によるものである。

形態測定には、観察、面接、検査、測定、記録、統合、解釈の要素がある<sup>2)</sup>。最初の5項目は情報であり、残りの2項目は課報であると言える。情報とは、ある事柄についてのデータであり、単なる意味を持たない“知らせ”であり、記号や数値によって表す。課報とは、ある事柄について集められたデータをまとめ(統合)、それぞれのデータを関連づけ、意味のあるものに変化し、事柄を解釈することである。情報を課報に変化させるには、形態測定の意味を測定する側が理解し、測定を扱うことが求められる。

### 3. トレーニングの一環としての形態測定の目的

形態測定では、「なぜ、測定を行うのか?」が明確であることが前提となる。そして、形態測定は、トレーニングを効果的に進めるための現状分析であり、目標達成の一部機能となる。日本スポーツ協会が提唱する「スポーツパフォーマンス構造論」(図1)が形態測定の位置付けを理解するための参考となる<sup>3)</sup>。この論理は、あるスポーツパフォーマンスの構造を理解し、その向上や維持を目標とした設計図となる。

構造論の内に存在するトレーニングには様々な事柄が存在する。例えば、トレーニング目標論、トレーニング手段論、トレーニング方法論、トレーニング計画論、トレーニング実践論、試合行動論、そして、トレーニングアセスメント

論(図1)などである。このような事柄を散在させるのではなく、まとめるための目標を設定し、それを達成するための設計図となる構造モデルを明示することにより、トレーニング効果を推進する考えである。これは、スポーツパフォーマンスの向上や維持を目標とした考えであるが、健康向上や維持を目標として置き換えることも可能である。

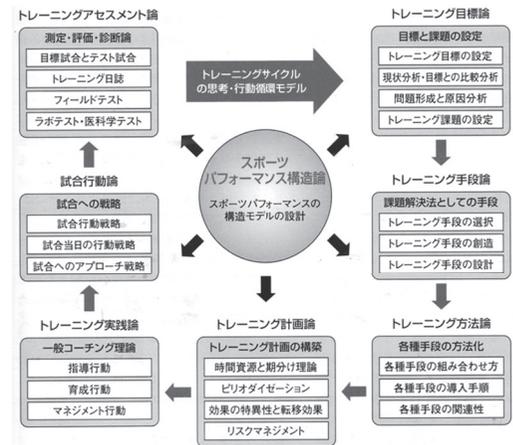


図1. スポーツパフォーマンス構造論<sup>3)</sup>  
(日本スポーツ協会 Reference Book p132 図2)

目標に応じてトレーニングを設定するトレーニング目標論(図1)では目標達成するための必要な要素を分析すること、つまり、ニーズの分析を実施する。ニーズの分析とは、4つの分析から構成される。生理学、バイオメカニクス、スポーツ医学、心理学の分析である。これら分析により、現状を把握し、目標を達成するための必要な要素、或いは、十分であるものを洗い出しトレーニングプログラムの作成に反映させる。ニーズの分析はトレーニング目標論の根底を担うものであり、形態測定は、ニーズの分析の一部となる。

スポーツパフォーマンス構造論も例外ではなく、目標を達成するためのスパイラル状に作る

れたPDCAに準じる。トレーニング目標論では、目標達成に応じたさまざまなトレーニング要素を目標化することであった。PDCAの観点から、設定した目標を計画化し、実践した後、計画・実践の測定や評価・診断を実施するセクションが必要となる。それは、トレーニングアセスメント論である(図1)。トレーニング目標論において測定した内容から実際のトレーニングでどのように変化したのか、変化しなかったのか、などを再度評価する機関となる。変化を求める要素、変化を求めない要素をもトレーニング目標論で明確にし、トレーニングアセスメント論のところで再評価をする。

#### 4. 形態を測る

身体そのものの形態を、身長、体重、それらに関連する体格指数(Body Mass Index: BMI)のような身体を包括的に測定、また、身体の各部位に焦点を当て、四肢の長さ(四肢長)や周径囲、筋の状態(萎縮、または、肥大)、骨・関節の形態(配列)などで測定する。

##### 4-1. 身長と体重を測定する意義とその活用

例えば、アスリートの身体の大きさを表す指標として、身長と体重がある。2020年におけるプロ野球選手の身長は、178cm～183cm(セ・リーグの平均身長:180.9cm、パ・リーグの平均身長:180.5cm)で、体重は、78.6kg～85.2kg(セ・リーグの平均体重:85.4kg、パ・リーグの平均体重:84.6kg)であり、メジャーリーグの選手の平均身長は、187.8cm、平均体重は、95.5kgのような報告がある<sup>4)</sup>。比較すると日米の身長と体重の差は、約10cmと約10kgとなる。これは、単に、日米のプロで活躍する野球選手の体格(身長と体重)の違いを示したものである。しかし、ある現象、つまり、バッティングの結果の1つ

の長打率に焦点を当てると、体重が重くなると長打率が高くなる傾向が示されている<sup>5)</sup>。長打率とは、1打席あたりの塁打数の平均値であり、この数値が大きくなればなるほど、長打を打つことができる選手であると言える。実際、この数値に出塁率を加えた数値(On-based Plus Slugging:OPS)により、選手の能力がどのようにゲームにおいて影響を及ぼすかを測る。このようなことから、体重の重さと関連する長打率は、単純に、除脂肪体重量(筋量)と関連性があることが示唆され、脂肪量は余分な体重として評価され、筋量がパフォーマンス発揮と関連していることから除脂肪体重に焦点が当てられる。つまり、この事例では、形態測定がスポーツパフォーマンスに活用されているケースである。

身長を測定する時期により、意義が異なる。Peak Height Velocity (PHV) というものがある(図2)。

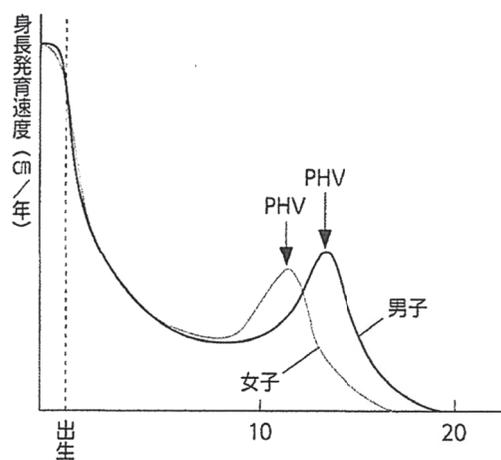


図2. PHVの年齢<sup>3)</sup>

(日本スポーツ協会 Reference Book p324 図1)

人が誕生してから成人に至るまでには2回の发育急進期がある。第1次急進期は誕生から乳児期であり、第2次は小学校高学年から中学生

にかけての時期である。身長発育速度ピーク年齢を PHV 年齢と呼ぶが、これは、平均的に女子では 10.6 歳、男子では 12.8 歳ごろに起こる。この時期における身長の大きさは、終末身長（成人）と高い相関関係あるという報告がある<sup>1, 6)</sup>。

体重の発育についても、PHV と関連し、体重測定の意味づけができる。体重とは、骨格、筋、脂肪、臓器や、血液、水分などの身体を構成する様々なものをまとめた数値である。この数値も、PHV 年齢と関連している。思春期に入り、急激な増加が見られる。例えば、PHV 年齢以前では、身長 1cm の伸びに対して、体重の増加は、男子で約 600g、女子では約 500g であるが、PHV 年齢のピーク時では、男子は約 800g、女子では約 700g となる。この時期の発達においての身長の変化に関連する体重の変化は、主に除脂肪体重の増加によるものである（身長の変化による体重の変化以外の体重の増加は脂肪量の増加による）。骨格や筋の発達には、性ホルモンとの関連性があり、男女とも 10 歳ぐらまでは、男性ホルモンと女性ホルモンの分泌量はほぼ同じであるが、思春期を迎えると、男女とも男性ホルモンの分泌量が女性ホルモンの分泌量を上回り、男子ではその分泌量の増加が著しい<sup>6)</sup>。このようにライフステージに応じての体重測定は、成長の度合いを判定できる指標として活用できる。

身長から見た体重の割合を体格指数 (BMI) という。BMI が示す指数は、体重 (kg) ÷ 身長 (m)<sup>2</sup> で求められる。BMI の判定基準は国によって異なり、WHO（世界保健機構）の基準では 30 以上を“Obese”（肥満）としている。日本肥満学会では、指標基準を 18.5 未満が「低体重（やせ）」、18.5 以上 25 未満が「普通体重」、25 以上が「肥満」とし、肥満はその指標の数値の大きさによって「肥満 1」から「肥満 4」に分けている<sup>7)</sup>。BMI

の数値が“22”になるとき体重が標準体重であり、最も病気になりにくい状態であるとされている。数値の上昇や下降は、“22”の基準から 20% の割合で区切った数値となる。“25”を超えると、日本では、肥満とし、脂質異常症、高血圧、糖尿病などの生活習慣病になるリスクが 2 倍に高まることで知られている。“30”を超えると肥満度 2、“35”以上では、肥満度 3 となる。つまり、BMI を表す数値が大きいくほど、肥満度を示す数値が大きくなり、生活習慣病になるリスクが高まる。それは、肥満と生活習慣病の発症には強い関係があり、従って、栄養状態や健康状態を判断する指標となる<sup>7, 8)</sup>。

先述したように日本と欧米の BMI の数値を比較した際、違いが見える。日本においては“25”から、欧米では“30”からが肥満として分類される。欧米において範疇に入らない「軽度肥満」が日本では大多数であり、肥満に関わる生活習慣病の発症率が高い事実がある。在米日本人における「軽度肥満」の状態では、2 型糖尿病の発症率が高い報告もある<sup>9, 10)</sup>。従って、日本では“25”から肥満として分類されるようになった。また、これらに関連し、BMI の数値は死亡リスクとも関連する報告もある（図 3）。

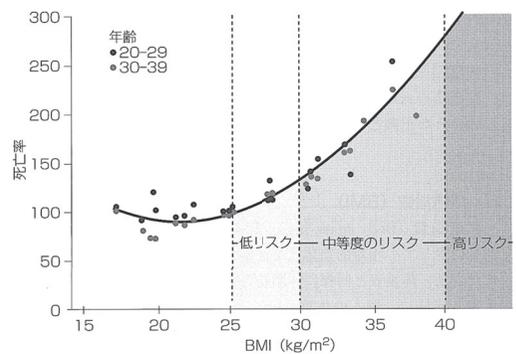


図 3. BMI と死亡の関係<sup>11)</sup>  
 (入門運動生理学. 勝田ら. p80 図 8.5)

以上は、BMI を基準とした分析の結果であるが、これは一側面の分析とも言える。それは、内臓脂肪の蓄積は必ずしも BMI と相関しない報告もあること、体重過多であると肥満度が高く算出されることが、BMI による栄養や健康状態を判断することに制限をかける。BMI の算出には、“体重”そのものに、除脂肪量と脂肪量が含まれている。その際、除脂肪体重の割合が大きく、その結果、体重過多になっても BMI の数値は大きくなり、BMI が高く算出され生活習慣病の発症予備群に分類される可能性がある。他に、低身長ほど痩せ型として、また、高身長ほど、肥満として算出される傾向がある。従って、BMI の数値には様々な要素を関連づけるべきであり、単純に、“BMI 数値大→高い肥満度→生活習慣病発症率上昇”ではないことがわかる。このような BMI の数値と肥満度の非関連性については一例ではあるが、これを意味のあるもの、課題に変化すべき必要があることが言える。

#### 4-2. 四肢の長さ（体肢長の測定）

四肢の長さの比率は、個人によって異なる。この違いは、アスレティックパフォーマンスに影響を与える。例えば、腕の長さは、投げる、打つなどに関わる“てこ”となり、アスリートの能力の一部となる。この長さの測定には、四肢の長さ（上肢長、下肢長、指極長）、周径囲（上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、頸囲、腹囲、殿囲）などがある。

四肢の長さの比率は、特に、身体の成長過程の指標となる。先述した身長と体重と同様に、PHV の時期が、四肢の高い成長率を示す。Malina と Bouchard<sup>12)</sup> によれば、骨の最大成長が起こる順序として、まず、脛骨が、そして、大腿骨の成長が起こり、その後、腓骨から上肢の骨の成長が起こると報告している。また、彼らは、思

春期前期においては、比較的“長い脚”を見ることがあるが、それは、下肢が上肢よりも成長する時期が早いことが理由であると示している。

上腕部や前腕部、または、大腿部や下腿部における周径の測定は、主に、筋の肥大、または、萎縮などに活用される。例えば、筋の肥大（筋横断面積）を目的としたトレーニング前と後の変化を測ることに活用される。言い換えれば、トレーニングプログラムが効果的であるか、否か、を測る指標ともなる。また、アスリートのメディカルチェック時においても活用される。例えば、シーズン前の四肢の周径を測定する。シーズン中に障害を負い競技から離れた場合、筋の萎縮が起こる。シーズン前の周径値は、競技復帰のためのリハビリテーションに活用でき、萎縮した筋をシーズン前の状態に戻すための指標となり、筋の肥大状態を確認できる。

男女におけるウエスト周径囲の大きい値と腰部痛発生に関連性があるとの報告がある<sup>13)</sup>。また、ウエスト周径囲は、殿部（ヒップ）の周径囲と関連づけられ用いられる。これは肥満体型を見出す。「洋梨型肥満」と「りんご型肥満」を、Waist-Hip Ratio としてウエストの周径の値とヒップの周径の値の比率を算出（ウエスト/ヒップ比）し、見分ける。この比率が大きいと腹部に脂肪が蓄積している「りんご型肥満」となり、さまざまな肥満に関連する疾病に罹りやすいとされている。この測定は、肥満と関連した冠動脈疾患の発症リスクの指標にもなり、それは、内臓脂肪の蓄積がウエストの周径値の増加に繋がり、それは、冠動脈疾患の発症リスクを高める。男性は、0.97～1.00 以上、女性では、0.85～0.90 以上がハイリスクにあるとされている<sup>13)</sup>。

## 5. 体組成の測定

体組成の測定は、エネルギー代謝に関連する生理学的な形態測定の分析となる。この形態測定には、体組成、つまり、身体密度、体脂肪率、脂肪量、除脂肪体重の算出から成り立つ。日本スポーツ協会<sup>3)</sup>では、上記測定を次のように定義する。

体組成とは、身体がどのような組織によって構成されているかを示すものであり、水分、ミネラル、タンパク質などで多くの要素によって構成されるものである。体組成の測定とその目的は、脂肪量に焦点を当て、肥満の判定をしやすくしているものと考えられる。

身体密度を測定することにより、体脂肪率を推定する。これは、体容積に対する体重の比率(g/mL)のことであり、脂肪量と除脂肪量の密度と関連していることから体脂肪率を推定することができる。従って、まず、身体密度を測定する必要があり、その方法として用いられているのが、水中体重秤量法、皮脂厚計法(キャリパーを用いた測定法)、インピーダンス法、超音波法、空気置換法などがある。

上記のような方法から得られた身体密度を用いて体脂肪率・脂肪量・除脂肪量を以下の式から求めることができる。

- ① 体脂肪量 = 体重 × 体脂肪率 / 100
- ② “①”の式から算出された体脂肪量を用いる。
- ③ 除脂肪量 = 全体重 - 体脂肪量

体組成の形態測定の目的は、体組成を構成する成分を測定し、脂肪量と除脂肪量を求めることにある。算出された脂肪量の値の大きさは、肥満との関係を示し、生活習慣病の発生に関連づけられる。また、除脂肪量の値においては、一般的に骨格筋の量として用いられることが多く、アスリートが発揮する筋力やパワーに関連

づけられる。

### 5-1. BIA法の活用の意義

BIA法(Bioelectrical Impedance Analysis:生体電気インピーダンス法)を用いて体組成を分析する代表的な体組成分析装置にInBody(株式会社インボディ)がある。この方法は、身体に微弱な電流を流し、その電気の流れやすさから体組成の構成を分析する。流された電気は脂肪を通過することなく、電解質を含む筋などの細胞組織では、電気は通過する。また、筋の断面積によっても電気の通過量が変化する。断面積が大きいと電気は流れやすくなる。また、異なった電流の周波数(低周波数:細胞外を通過、高周波数:細胞内を通過)を流すことにより、体の構成成分を分析する<sup>14)</sup>。InBodyでは、多周波数の微弱電流を用い、また、数箇所にあぶ電極を身体に設置し、身体全体に電気を流すことにより、詳細な体組成を導き出す。年齢・性別・人種によって異なる体成分を補正する統計処理が必要であった従来のBIA法であったが、InBodyでは統計補正を必要とすることなく測定できる。従って、年齢や人種に影響を受けず体成分を測ることができる<sup>15)</sup>。このような技術から、全身の筋量、脂肪量、基礎代謝、四肢左右上下の筋や脂肪量を測ることができるとともに、栄養状態(骨ミネラル量)も測定する。加えて、InBodyは、体脂肪量を測ることができ、BMI測定においても懸念要素であった体脂肪量とBMIの関係も解消される。

### 5-2. BIA法の活用

スポーツにおけるInBodyの活用事例として次のような分析がある<sup>16)</sup>。下半身の負傷経験のあるプロサッカー選手の約64%に筋力不均衡が見られたとの報告がある。下肢筋力のアンバ

ランスによる傷害発生機序と考えられる。また、トップレベルのバレーボール選手と一般女性におけるジャンプ能力と筋力（レッグプレス）・体成分の関係を比較した調査では、跳躍力と筋力は中程度の相関関係を示し、跳躍力と骨格筋量は正の相関、体脂肪率とは負の相関関係を示した。骨格筋量と体脂肪量は体成分であり、跳躍力を構成する成分とされ、このような体成分の関係性が高い跳躍力の予測要素となると報告されている。

陸上選手の体組成の分析から、体重及び体脂肪量の増加がパフォーマンスの低下を及ぼすと報告している。短距離走選手の敏捷テストの反応や短距離走において走時間が増加し、垂直跳びでは跳躍高が低下した。つまり、反応や瞬発力、筋パワーが低下していることが示唆される。

同時に異なった周波数の電流が流れることにより、スポーツ中の脱水状態を確認できる。レスリングを対象とした実験では、トレーニングによる脱水で体重の3.5%が減少し、水分補給後には元の体重に戻るといった報告がある。毎日のトレーニング前後にこの装置による測定はトレーニング後に起こる体成分の変化を示し、体成分をトレーニング前の状態に戻すための客観的指標ができ、アスリートの身体コンディションのモニタリングができる。実際、脱水によるトレーニング中の体重の変化はパフォーマンスに悪影響を及ぼす。

このような4事例からアスリートの体成分の分析を定期的にシーズン全般に実施することにより、アスリート身体状況の把握からのトレーニングプログラムの構築、その結果の検証、シーズン中の疲労度の分析から、傷害（障害）の予防につながる事がわかる。そして、実施しているスポーツ中の体成分の変化を確認することに活用することもできる。

また、BMIの値が標準範囲内であったとしても内臓脂肪量が多く“隠れ肥満”を調査した報告がある<sup>17)</sup>。女子学生対象にInBodyを用いて体脂肪率、BMI、内臓脂肪量を分析し、且つ、腹囲を測定した。その結果、隠れ肥満はBMI標準範囲内の29%に認められた。先述したようにこの装置はBMI測定の懸念要素である体脂肪量との関係を解消するものとなる。加えて、この報告では、被験者にアンケート調査も実施し、隠れ肥満の女子学生の多くは子どもの頃から運動量が少ないことを明らかにしている。このようなことから、この装置では健康状態を分析し、その結果を生活習慣病の予防にもつなげることができる。また、運動習慣を身につけることが予防対策になることがわかる。

## 6. まとめ

形態測定とは、主に2つの要素に分けることができる。それらには、身体の全体の大きさやその成分と各部位の大きさ、長さを測定する要素がある。個々の測定からは形態の事実が示される。しかし、それら事実を活用するためには、「なぜ、その測定を行うのか」や「なぜ、そのタイミングで行うのか」などの理由づけを明確にする必要がある。つまり、形態測定とは、健康・スポーツパフォーマンスの向上や維持を目標としたトレーニングの一部であり、目標を達成するための原素材とトレーニングによって変化した素材を検証するツールである。形態測定の結果は、情報そのものであり、目標があるからこそ情報が諜報に変化し、目標達成のための必要な要素となる。

### 引用・参考文献

- 1) Ackland, T. R., Elliot, B. C., J. Bloomfield. Applied Anatomy and Biomechanics in Sport 2nd edition. Human Kinetics. p.47, pp.87-89. 2009

- 2) 平山 昌男. 形態測定. 理学情報ジャーナル. 33 (1). pp.40-41. 1999
- 3) 公益財団法人 日本スポーツ協会. Reference Book. pp132-155,324 2021
- 4) 勝亦 陽一、押川 智貴、池田 達昭. 野球選手における身体形態の特性. ストレngth&コンディショニングジャーナル. 27 (4). pp.2-11. 2020
- 5) 筒井 大助、船渡 和男、高橋 流星. 野球競技におけるバッティング内容の比較とそれへの体格の影響. トレーニング科学. 23 (1). pp.45-54. 2011
- 6) 公益財団法人 日本スポーツ協会. 公認スポーツ指導者用テキスト 共通科目 I . pp128-131. 2019
- 7) 厚生労働省 e-ヘルスネット. <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/> (2022.10.10)
- 8) 日本肥満学会 HP. <http://www.jasso.or.jp/> (2022.10.10)
- 9) WHO が肥満の定義めぐり新勧告、アジアにおける低カットオフ値を容認. 日経メディカル. <https://medical.nikkeibp.co.jp/inc/all/hotnews/archives/285250.html>. (2004.1.13)
- 10) 松澤 佑次. 諸外国にはない肥満症という概念. 日本内科学会雑誌. 100 (4). pp.894-896. 2011
- 11) 勝田 茂、和田 正信、松永 智. 入門運動生理学. 杏林書院. 第3版. p80. 2012
- 12) Malina, F. and C. Bouchard. Growth, Maturation, and Physical Activity. Human Kinetics.1991
- 13) Reiman, M. P. and R. C. Manske. Functional Testing in Human Performance. Human Kinetics. pp.32-37. 2009
- 14) 体組成計の原理. タニタ HP. <https://www.tanita.co.jp/health/detail/37> (2022.10.15)
- 15) InBody の技術. InBody HP. <https://www.inbody.co.jp/inbody-technology/#toggle-id-1> (2022.10.15)
- 16) スポーツにおける InBody の活用. InBody Japan Inc. Rev.1.
- 17) 新堀 多賀子、初鹿 静江、高波 嘉一、明渡 陽子. 女子大生の「隠れ肥満」の実態調査とその背景因子の分析. 人間生活文化研究. 23. pp.147-151. 2013