

BI法の測定方法の違い(F-F法とH-F法)が計測値に与える影響

Comparison between two types of bioelectrical impedance analysis methods on athlete.

江川陽介¹⁾

1) 国士舘大学文学部教育学科

I. 緒言

Bioelectrical impedance (BI) 法は非侵襲的な測定方法であり、信頼性と妥当性が一定程度評価されていることと、短時間での測定が可能のため、一般的に広く使用されている(阪本ら、1993、曾根、2006)。BI法を用いた体脂肪測定器による計測値は、一般人のデータから得られた回帰式を用いて算出されており、一般人を対象とした場合にはBI法の誤差は小さい(村岡ら、1991、Demura et al. 2002、大河原ら、2003)。しかし、BI法による体脂肪率は、体内の水分量や水分分布の影響を強く受けるため、筋量の多いスポーツ選手の身体組成を的確に評価することは難しいと考えられている。

BI法の測定器には、電極をあてる場所により、両手測定(hand-hand:H-H)、両手両脚測定(hand-foot:H-F)、両脚測定(foot-foot:F-F)の3種類がある。H-H法とH-F法による体脂肪率の計測値を比較した研究では、両測定方法で得られた計測値がほぼ近似しており、どちらの測定方法で計測しても、大差がないことが報告されている(朝井ら、2000)。一方で、測定器の種類によっては計測値の誤差が大きいことから、BI法を用いた体脂肪率の測定は、同一機器を使用して、できる限り同一条件下で測定することが望ましいとされる。しかし、これだけたくさんの種類の体脂肪計が普及している今、測定方法による誤差がどのような条件で大きくなるのかを検討する意義は大きい。そこで本研究では、一般的に普及している特徴的な2種類のBI法(F-F法とH-F法)による測定

方法を用い、測定方法の違いによって計測値にどのような影響があるのかを検討した。

II.方法

対象は、一般的な体育系大学に通う男子大学生、および大学体育会に所属する男子大学生選手156名とした。被験者は過去3ヶ月以内に下肢および上肢に重篤な外傷や障害がなく、健康であった。被験者の身体特性をTable 1に示す。

測定には、BI法による体脂肪計を2種類用いた(4点接触型インピーダンス法を利用した体脂肪測定器と、8点接触型部位別多周波インピーダンス法を利用した高精度身体組成測定器)。測定項目は身長、体重、体脂肪率、腕部・脚部体水分量、除脂肪体重とした。いずれの被験者に対しても全研究の目的と意義、および危険性と権利を説明し、全ての被験者から測定に参加する同意を得て、測定を行った。測定は国士舘大学人を対象とした研究倫理委員会の示す指針に沿って行われた。

Table 1. 被験者の身体特性

	人数(人)	身長(cm)	体重(kg)
アメフト(LINE)	8	180.7 ± 3.0	98 ± 10.1
アメフト(LB)	5	171.6 ± 2.3	78.7 ± 4.2
アメフト(BK)	13	171.3 ± 4.8	69.6 ± 4.8
ラグビー(FW)	7	175.7 ± 6.8	81.5 ± 7.4
ラグビー(BK)	11	171.1 ± 4.5	74.2 ± 4.1
投擲	3	179.3 ± 3.2	84.4 ± 12.5
短距離	15	175.5 ± 4.7	68.5 ± 4.4
跳躍	4	176.5 ± 4.8	66.7 ± 3.4
中距離	7	172.4 ± 4.7	59 ± 5.1
長距離	28	171.5 ± 4.3	56.5 ± 4.8
水泳	8	173.6 ± 4.9	70.1 ± 5.9
サッカー	5	174.2 ± 3.7	67.3 ± 6.1
テニス	8	172.4 ± 4.4	63.7 ± 2.5
一般	34	172.8 ± 4.4	65.6 ± 7.0

1. 体脂肪率の測定

a) F-F法

電源を入れ、4点接触型インピーダンス法を利用した体脂肪計(TBF-300, TANITA社製; F-F 4極)の電極部分をアルコール綿で払拭した後、被験者に素足で体脂肪計の上に乗ってもらった。立位、静止の状態を約30秒間保ち、体脂肪計の測定終了の表示を確認した後、体脂肪計から降りてもらった。直後に表示された体脂肪率、脂肪量、除脂肪体重を記録した。

b) H-F法

電源を入れ、8点接触型部位別多周波インピーダンス法を利用した高精度身体組成測定器(In Body3.0, Biospace社製; H-F 8極)の電極部分をアルコール綿で払拭した後、被験者に素足で体脂肪計の上に乗ってもらった。上肢は下垂位で体側に下ろし、両方の手それぞれで指定された電極部分を軽く握ってもらった。そのまま正面を向いて力を抜いた状態で両脚に均等に体重が乗るように立ってもらった。静止の状態を約1分間保ち、体脂肪計の測定終了の表示を確認した後、体脂肪計から降りてもらった。

体脂肪計内に保存されているデータをCSV形式でUSBメモリに保存し、パーソナルコンピュータにて測定値を確認し、記録した。H-F法の体脂肪計で得られる測定値のうち、本研究では体脂肪率、脂肪量、除脂肪体重、腕部および脚部の体水分量、上肢・下肢の筋の発達状態(発達: developed, 普通: normal, 虚弱: undeveloped)を記録した。

2. 分析

得られた全てのデータを平均値と標準偏差で示した。BI法は体内水分量の分布によって測定値が変化しやすいため、まず除脂肪体重の絶対値および相対値を検討し、スポーツ選手がどのような身体組成の特徴を持っているのかを検討した。測定方法の違いによる体脂肪率、腕部と脚部の水分量の相関関係をグラフ化し、相関係数を求めた。また、測定方法による体脂肪率の比較を行った。

さらに、腕部と脚部の体水分量の相関が高い種目と低い種目に群分けし、測定方法による体脂肪率の差を検討した。腕部と脚部の筋の発達状況により、発達(Developed)、普通(Normal)、虚弱(Undeveloped)の3群に群わけし、測定方法による体脂肪率の差を検討した。2群間の比較には対応のあるT検定を、3群以上の比較には一元配置分散分析を用い、多重比較検定にはFisher's PLSD法を用いた。有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 除脂肪体重の絶対値および相対値

選手の除脂肪体重の絶対値および相対値をFigure 1に示す。LBMの絶対値は大きいのはアメリカンフットボールと投擲、ラグビー(FW)といった重量級選手であった。重量級選手はLBMの絶対値は大きいですが、LBMの相対値はそれほど大きくなかった。一方でラグビー(BK)、アメリカンフットボール(BK)、陸上短距離、跳躍、水泳、サッカー、テニスの選手は一般人と比較して除脂肪体重の絶対値と相対値が高く、陸上長距離、中距離の選手は一般人と比較して除脂肪体重の絶対値は低いが相対値は大きかった。

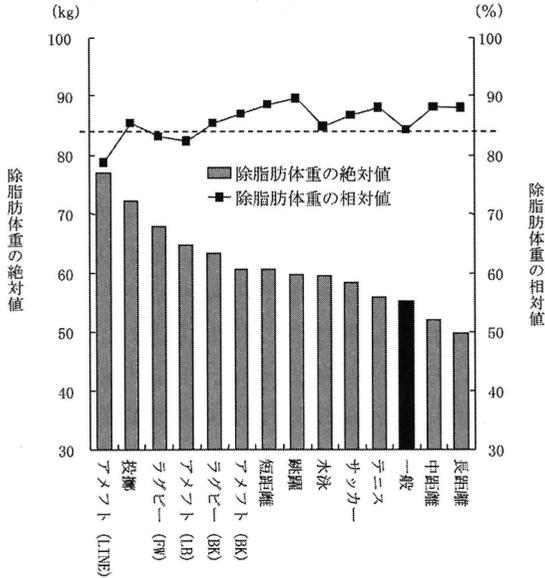


Figure 1. 除脂肪体重の絶対値および相対値

2.測定方法の違いによる体脂肪率

F-F法とH-F法の体脂肪率と、相関関係をFigure 2に示す。F-F法とH-F法による体脂肪率の相関はあるが($r=0.68$, $p<0.05$)、F-F法と比較してH-F法の体脂肪率が高かった。(F-F法: 11.7 ± 4.8 (%), H-F法: 14.0 ± 4.0 (%))。

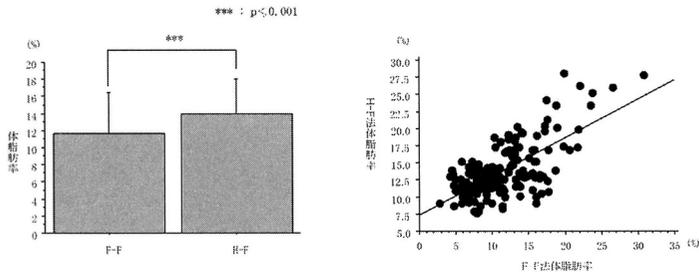


Figure 2. F-F法とH-F法の体脂肪率と、相関関係

3.腕部および脚部の体水分量の相関と体脂肪率の相関

体重あたりの腕部および脚部の体水分量の相関をFigure 3およびTable 2に示す。全体として相関はなかったが、種目別で検討すると、腕部と脚部の水分量の相関がある種目とない種目があった。投擲、アメリカンフットボール(LINE)、水泳選手および一般人は腕部と脚部の水分量の相関があった($r=0.52\sim0.77$)。また腕部と脚部の水分量の相関が高い種目は、2つの測定方法による体脂肪率の値の相関も高かった(0.88~0.99)。さらに、腕部と脚部の水分量の相関が高い種目は、両測定方法による体脂肪率に差がなく(F-F法： 16.3 ± 4.4 (%)、H-F法： 16.1 ± 5.0 (%))、相関がない種目は体脂肪率に差があり、H-F法の体脂肪率が高かった(F-F法： 9.3 ± 2.9 (%)、H-F法： 12.8 ± 2.7 (%)) (Figure 4)。

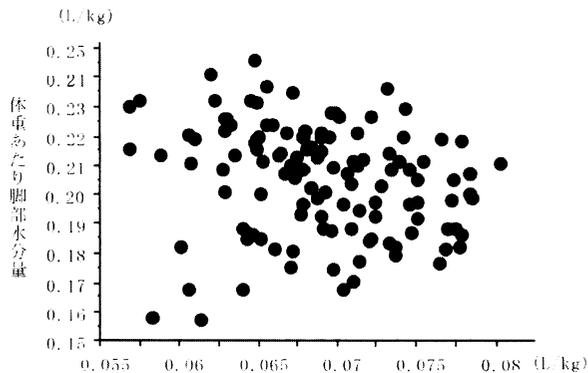


Figure 3. 腕部および脚部の体水分量の相関

Table 2. 種目ごとの腕部および脚部の体水分量の相関係数

種目	上・下肢体水分量相関	体脂肪相関
投擲	0.77	0.99
アメフト(LINE)	0.69	0.80
一般	0.59	0.80
水泳	0.52	0.81
短距離	0.24	0.31
陸上	0.24	0.15
中距離	0.15	0.32
ラグビー(BK)	0.14	0.09
アメフト(BK)	0.12	0.08
アメフト(LB)	0.06	0.13
ラグビー(FW)	0.05	0.19
サッカー	0.05	0.81
テニス	0.05	0.37
長距離	0.04	0.23

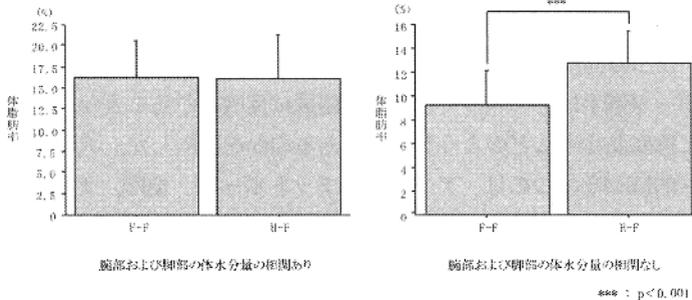


Figure 4. 腕部と脚部の水分量の相関とF-F法・H-F法による体脂肪率

4. 上肢・下肢の発達と測定法による体脂肪率の差

上肢・下肢の発達と測定法による体脂肪率の差をFigure 5に示す。上肢は発達 (Developed)、普通 (Normal)、虚弱 (Undeveloped) の3群に分けられたが、下肢は虚弱と判定される者はいなかった。下肢の筋の発達とF-F法およびH-F法で得られた体脂肪率は、下肢が発達している者は測定方法による誤差が小さかった(発達: 2.5 ± 2.5 (%), 普通: 4.6 ± 2.5 (%))。また、上肢が発達と判定されている者は、測定方法による誤差は小さく、上肢が虚弱であると判定された者は、測定方法による誤差が大きかった。特にF-F法で体脂肪率が低くなっていた(発達: 1.3 ± 2.5 (%), 普通: $4.2 \pm$

2.2(%)、虚弱：7.6±2.2(%)。

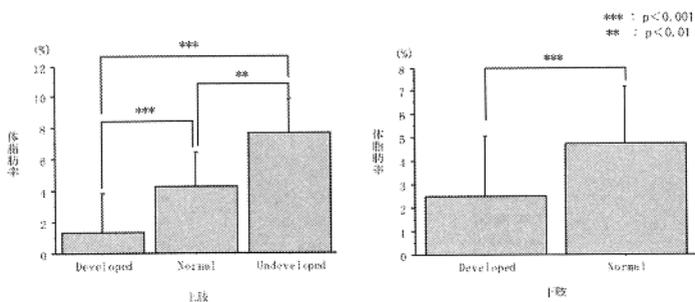


Figure 5. 上肢・下肢の発達と測定法による体脂肪率の差

IV. 考察

BI法は体内水分量によって測定値が変化する可能性がある。スポーツ選手はその競技特性が身体組成に反映されることから、特に除脂肪体重にどのような特徴があるのかを検討した。大きい絶対的LBMを持つのは、アメリカンフットボール、投擲、ラグビーと知った重量級選手をかかえる競技種目であり、中でもアメリカンフットボールのラインバックが最も絶対的LBMが大きかった。LBMが大きいことは、筋量が多いことを意味し、潜在的な筋力も大きい。筋力大きいことがパフォーマンスの向上につながるコンタクトスポーツや陸上投擲種目で絶対的LBMが大きくなったと考えられる。しかし、重量級選手は絶対的LBMは大きい、そのLBMはそれほど大きくなかった。一方で、短距離、跳躍のような身体重心の移動速度や高さを競う種目では、相対的LBMが大きい。筋力や筋パワーが必要にもかかわらず、絶対的LBMが大きい選手が存在しないことより、種目によって適切な絶対的LBMの範囲があることが考えられる。中距離、長距離ランナーを含め、絶対的LBMが大きいことがパフォーマンスに不利になる(体重が増えることがマイナス要因になる)種目では相対的LBMが大きいことが重要になると考えられる。

本研究では、まず、F-F法とH-F法の測定方法によって体脂肪率に差があることがわかった。しかし相関の分布を検討したところ、競技によって2つの方法の相関が強い者と、相関のない者の差が大きいが予想された。この要因を探るため、H-F法で測定された腕部および脚部の体水分量の分布と筋の発達具合との関連性を検討した。腕部および脚部の体水分量の相関が高い、すなわち上肢下肢の筋の発達のバランスが取れている者は両測定方法による体脂肪率の差が小さく、上肢下肢の筋の発達に差がある者は体脂肪率の差があった。このことより、上肢・下肢の筋バランスが良い、上肢・下肢共に筋が発達している者は、測定方法の違いによる体脂肪率の差は小さいが、上肢・下肢の筋の発達に差のある者では、測定方法の違いによる体脂肪率の差が大きいが示唆される。

さらに、どのような筋バランスが測定方法による体脂肪率の差を生むのかを検討するために、上肢と下肢それぞれの筋の発達の程度に分けて、2つの測定方法の測定値の差を検討した。下肢の筋の発達とF-F法およびH-F法で得られた体脂肪率の大きさは、下肢が発達している者は測定方法による誤差が小さかった。また、上肢が発達と判定されている者は、測定方法による誤差は小さく、上肢が虚弱であると判定された者は、測定方法による誤差が大きかった。特にF-F法で体脂肪率が低くなっていた。特に特徴的であったのは、上肢が虚弱であると判定された者の体脂肪率の差が6%以上もあったことである。重量級選手は上肢が発達か、上肢・下肢共に発達という者が多い。上肢が虚弱であると判定されるのはほとんどが中・長距離ランナーであった。先行研究では一般人を対象にBI法の妥当性が検討されているが(奥野ら、2000)、スポーツ選手の場合は特にその測定方法に注意が必要である。特に長距離選手の場合は、体脂肪率を気にする傾向が高いため、正確な体組成をの値を得るために、測定方法を的確に選択する必要があると思われる。重量級の選手や、上肢・下肢共にバランスよく筋が発達している者は、測定方法による体脂肪率の差がほとんどなかったため、市販の体脂肪測定器でも体組成の推定は可能であ

ると考えられる。

V. 結論

1. 8点接触型部位別多周波インピーダンス法を利用した高精度身体組成測定器と、4点接触型インピーダンス法を利用した体組成測定器を用いて、測定される体脂肪率の誤差を検討した。
2. 測定方法により、体脂肪率には差があった。
3. 上肢・下肢の筋の発達のバランスが取れている者は、測定方法による体脂肪率の誤差が小さかった。
4. 特に下肢と比較して上肢の筋量が少ない者は、測定方法による体脂肪率の誤差が大きかった。
5. 体脂肪率の誤差が大きい場合は、F-F法による測定器で体脂肪率が低くなった。

謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた皆様にこの機会を借りまして心から感謝いたします。

参考文献

朝井均、中司妙美、川口小夜子、青山佳世、杉村香、土谷麻衣子、堀内康生：身体組成評価における簡易式BIA法の両足法(TBF-401)と両手法(HBF-302)による計測値の比較検討. 大阪教育大学紀要、vol.49、pp185-193、2000.

大河原一憲、田中喜代次、中田由夫、李東俊、魏丞完、中塘二三生：単周波数および多周波数BI法における身体組成評価の比較検討. 体力科学、vol.52、pp443-454、2003.

奥野淳、中塘二三生、大蔵倫博、田中 喜代次：簡便法による体脂肪率の推定制度に関する検討：4種類のBI法及び皮脂厚法の比較. 体育学研究45、pp252-261、2000.

Demura S, Yamaji S, Goshi F, Nagasawa Y.: The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analyses methods. Comparison between before and after exercise with sweat loss, and after drinking. J Sports Med Phys Fitness. 2002 Mar;42(1):38-44.

Demura S, Yamaji S, Goshi F, Kobayashi H, Sato S, Nagasawa Y.: The validity and reliability of relative body fat estimates and the construction of new prediction equations for young Japanese adult males. J Sports Sci. 2002 Feb;20(2):153-64.

阪本要一、西澤美幸、佐藤富男、大野誠、池田 義雄：インピーダンス法による体脂肪の測定。健康医学、8 巻2号、pp38-41、1993.

曾根幸喜：体脂肪率測定法（空気置換法，多周波数インピーダンス法）の信頼性の検討。理学療法科学、vol.21(2)、pp157-161、2006.

村岡康博、小宮秀一：インピーダンス法による日本人の体水分量推定式。Ann Physiol Anthrop、10:pp203-210、1991.