

生体電気抵抗法による推定体水分量から 最大有酸素性パワーおよび最大無酸素性パワーを評価する

若山 章信

WAKAYAMA Akinobu

1. はじめに

近年、身体組成を分析する方法として、生体電気抵抗法(BIA法)が普及している。BIA法は、水分を多く含む除脂肪組織(主に骨・筋)は電気を通しやすく、脂肪組織は電気を通しづらことから、BI値が低いほど体水分量が多い、すなわち除脂肪量(LBM)が多いという理論からなる。

ところで、筋の最大張力は筋断面積に比例し、筋の収縮速度は筋長に比例する。したがって、力×速度で算出されるパワーは、筋断面積×筋長(=筋容積)に比例し、体水分量も筋容積に比例する。

そこで本研究では、1) 体水分量と最大有酸素性パワーおよび最大無酸素性パワーとの関連、2) 体水分量からみた最大有酸素性パワーと最大無酸素性パワーのパワーバランスの評価(筋線維組成:ST線維・FT線維に相当)について検討した。

2. 方法

被検者

2016・2017年度に、「体力評価の理論と実習」を履修した、本学学生65人のデータを使用した。なお、授業ガイダンスにおいて、実習内容やデータ公開について説明し、同意を得た。

形態・身体組成計測

身長、体重、右大腿最大囲、右大腿前部下脂肪厚およびBIA法による体脂肪率(%fat)、LBM、体水分量(左上肢・左右下肢・体幹)を測定した。また、大腿最大除脂肪面積(FFAT)を算出した。

最大有酸素性パワーの測定

トレッドミル走での漸増速度法により最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)を測定した。また、 $\dot{V}O_{2max}$ 出現時の二酸化炭素排出量($\dot{V}CO_2$)および呼吸交換比(RER: $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$)、最大換気量($\dot{V}E_{max}$)、最高心拍数(HRmax)を検討に用いた。

最大無酸素性パワーの測定

座位スクワット型の等速性脚伸展筋力測定器を用い、3つの速度(0.2 m/s, 0.7 m/s, 1.2 m/s)による脚伸展筋力を測定した。次に、速度と力との回帰直線から最大筋力(F_{max})、最大速度(V_{max})、最大パワー(P_{max})を推定した(図1: データは本被検者の平均値を使用)。

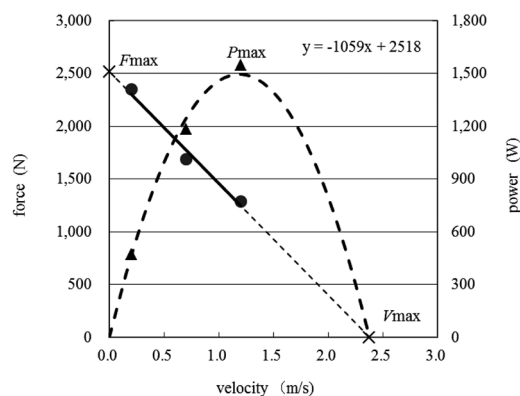


Figure 1. カー・速度関係と最大脚伸展パワーの推定法

データ処理・統計処理

データ処理では、まず総水分量と $\dot{V}O_{2max}$ との回帰分析から、総水分量から予測される $\dot{V}O_{2max}$ を算出し、実測値が予測値の $\pm 5\%$ 区間内の群(AG)、実

測値が予測値の+5%よりも上位の群 (HG) および実測値が予測値の-5%よりも下位の群 (LG) の3群に分けた。次に、3群間において、有酸素性パワーおよび無酸素性パワーに関わる指標について、一元配置分散分析を行った。有意差の認められた項目については、Fisher's protected LSDを、HGとLGの比較に用いた。また、脚水分量およびFFATと、無酸素性パワーに関わる指標について回帰分析を行った。危険率の有意水準は5%未満とした。

3. 結果

結果は平均値と標準偏差で示した。身長は 159.3 ± 5.1 cm, 体重は 56.5 ± 7.1 kg, %Fatは 25.1 ± 4.3 % (表1), 総水分量は 25.7 ± 2.9 lであった (表2)。 $\dot{V}O_2\max$ は 2.467 ± 0.404 l/minであった (表3)。 P_{\max} は 1552 ± 273 Wであった (表4)。

総水分量と最大酸素摂取量との関係

被検者全体での総水分量と $\dot{V}O_2\max$ との関係は、 $y = 0.106x - 0.266$ で示された。この式から予測される $\dot{V}O_2\max$ と実測値から、AG (20人), HG (22人) およびLG (23人)の3群に分けた (図2)。

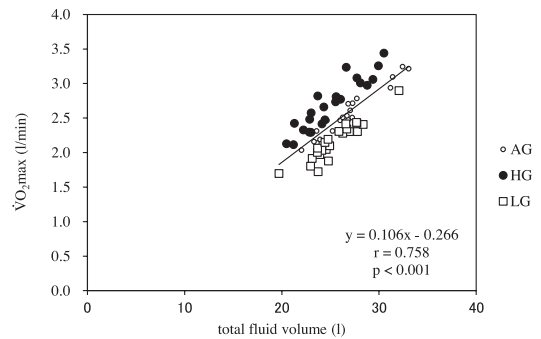


Figure 2. 総水分量と最大酸素摂取量との関係

Table 1. 被検者の身体特性

	height	weight	% fat	LBM	right thigh		
					girth	thickness	FF Area
mean	159.3	56.5	25.1	42.2	53.1	9.3	179.6
S.D.	5.1	7.1	4.3	4.5	4.6	3.7	33.7
	(cm)	(kg)	(%)	(kg)	(cm)	(mm)	(cm ²)

Table 2. 体水分量の平均値と標準偏差

	right arm	left arm	(both arm)	trunk	right leg	left leg	(both leg)	total
mean	1.5	1.4	(2.9)	13.3	4.8	4.7	(9.5)	25.7
S.D.	0.2	0.2	(0.5)	1.4	0.6	0.6	(1.1)	2.9
	(l)							

Table 3. 有酸素性パワーの測定結果

	$\dot{V}O_2\max$	$\dot{V}O_2\max/BW$	$\dot{V}CO_2$	RER	$\dot{V}E_{\max}$	HR _{max}
mean	2.467	44.1	2.905	1.18	97.7	197
S.D.	0.404	4.9	0.472	0.10	18.6	10
	(l/min)	(ml/min/kg)	(l/min)		(l/min)	(bpm)

Table 4. 無酸素性パワーの測定結果

	force			F_{\max}	F_{\max}/BW	V_{\max}	P_{\max}	P_{\max}/BW
	0.2m/s	0.7m/s	1.2m/s					
mean	2350	1688	1291	2516	44.7	2.53	1552	27.5
S.D.	485	276	215	522	8.2	0.52	273	3.8
	(N)			(N)	(N/kg)	(m/s)	(W)	(W/kg)

総水分量からみた最大酸素摂取量実測値の上位群・下位群の比較

表5に、3群それぞれの有酸素性パワーの測定結果と、検定結果を示した。総水分量からの $\dot{V}O_{2max}$ 予測値において、HGとLGの間に有意な差は認められなかったものの、 $\dot{V}O_{2max}$ 実測値においてHGはLGに比べ有意に高かった($p < 0.001$)。 $\dot{V}Emax$ においても同様の結果であった。 $\dot{V}CO_2$ においても、HGはLGに比べ有意に高かった($p < 0.001$)。しかし、RERにおいては、LGがHGに比べ有意に高い値を示した($p < 0.001$)。HRmaxに差はみられなかった。

表6に、3群それぞれの無酸素性パワーの測定結果と、分散分析の結果を示した。HGとLGの間には、すべての項目において有意な差は認められなかった。

FFAT・脚水分量と最大無酸素性パワー関連指標との関係

FFATと $Fmax$ の間には、0.1%水準の危険率($r = 0.469$)で有意な相関関係が認められた。同様に、脚水分量と $Fmax$ の関係においても0.1%水準の危険率($r = 0.510$)で有意な相関関係が認められた。脚水分量と $Vmax$ の間には、有意な相関関係は認められなかった。しかし、脚水分量は $Pmax$ との間に最も高

Table 5. 3群における最大有酸素性パワーの測定値と最大酸素摂取量推定値

group	predict $\dot{V}O_{2max}$	actual $\dot{V}O_{2max}$	percentage	$\dot{V}O_{2max}/BW$	$\dot{V}CO_2$	RER	$\dot{V}Emax$	HRmax
lower group (LG)	2.433	2.159	-11.4	39.9	2.642	1.23	88.8	196
	0.257	0.272	4.3	2.7	0.358	0.12	12.9	8
average group (AG)	2.583	2.568	-0.6	44.0	3.012	1.17	102.3	198
	0.330	0.350	3.2	2.4	0.486	0.07	24.2	11
higher group (HG)	2.398	2.698	12.5	48.6	3.083	1.14	102.7	196
	0.316	0.380	6.1	4.6	0.465	0.08	15.1	11
	(l/min)	(l/min)	(%)	(ml/min/kg)			(l/min)	(bpm)
results of one way ANOVA	2.180 ns	15.63 ***	140.8 ***	36.59 ***	6.515 **	4.693 *	4.404 *	0.176 ns
post hoc test (LG:HG)	-	5.446 ***	15.07 ***	7.718 ***	3.545 ***	2.793 **	3.304 **	-

The scores were F value and t value. significant level; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Table 6. 3群における最大無酸素性パワーの測定値

group	force			$Fmax$	$Fmax/BW$	$Vmax$	$Pmax$	$Pmax/BW$
	0.2m/s	0.7m/s	1.2m/s					
lower group (LG)	2338	1657	1271	2503	46.0	2.45	1510	27.8
	507	292	257	530	7.5	0.44	301	4.4
average group (AG)	2441	1751	1348	2612	44.6	2.56	1620	27.7
	469	223	164	513	8.7	0.52	187	3.3
higher group (HG)	2279	1664	1259	2442	43.3	2.58	1532	27.0
	485	303	206	531	8.6	0.60	305	3.7
			(N)	(N)	(N/kg)	(m/s)	(W)	(W/kg)
results of one way ANOVA	0.576 ns	0.727 ns	1.029 ns	0.552 ns	0.628 ns	0.7413 ns	0.397 ns	0.287 ns

The scores above were F value.

い相関関係を示し ($r = 0.650$), 0.1 %水準の危険率で有意であった (図3).

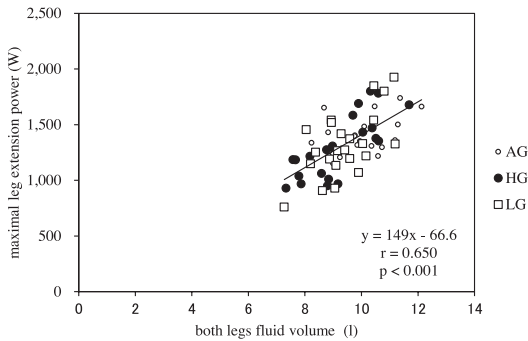


Figure 3. 脚水分量と最大脚伸展パワーとの関係

4. 考察

総水分量からの $\dot{V}O_2\max$ 予測値において, HGとLGの間に有意な差は認められなかったものの, 実測値である $\dot{V}O_2\max$ において, HGはLGに比べ有意に高かった. 宮村(1994)は, $\dot{V}E_{\max}$ は $\dot{V}O_2\max$ の制限因子とはならないと示唆している. そこで, RERに着目してみると, LGはHGに比して有意に高い値を示した. 無酸素性作業閾値(AT)の概念にしたがえば, LGでは漸増速度法での走運動終盤により高い乳酸産生(解糖系の動員)があり, 脚の筋線維組成においてFT線維が優位である可能性がある.

そこで, 無酸素性パワー関連の測定結果をみると, HGとLGの間に, すべての項目において有意な差は認められなかった. 同様に, 脚水分量と P_{\max} との散布図(図3)において, LGが回帰直線より上位にHGが下位に位置すると仮説を立てたが, その傾向はみられなかった. この理由として, 次の2点が考えられる. まず1つは, ヒトの筋線維比率(ST線維:FT線維)が6:4~4:6程度であること. 2つめは, 今回は最大無酸素性パワーの代表値として, 単発の脚伸展運動の瞬時値を用いたことである. 10秒から30秒程度の連続運動によるパワーを検討に加えれば, 解糖系の貢献からその結果は異なるものとなったかも知れない.

ところで, FFATおよび脚水分量と, 最大無酸素性

パワー関連指標と最も高い相関を示したのは, 脚水分量と P_{\max} であった. この結果は, 脚水分量から最大無酸素性パワー(瞬時値)を筋のpotentialとして評価することの有用性を示したといえる.

5. まとめ

本研究では, 女子体育大学生65人の生体電気抵抗法(BI法)による体水分量, 最大有酸素性パワー(最大酸素摂取量)および最大無酸素性パワー(最大脚伸展パワー)などを測定し, 以下の知見を得た.

総水分量は, 最大酸素摂取量と高い相関関係を示した. そこで, 総水分量からの予測値に基づいて, 実測最大酸素摂取量の上位群(+5%以上)と下位群(-5%以下)に分けた場合, 下位群では最大換気量が低く, 呼吸交換比が高かった.

上位群と下位群において最大脚伸展パワーを比較したところ, 有意な差は認められなかった. また, その上位群において脚水分量当たりの最大脚伸展パワーが低い, 下位群において脚水分量当たりの最大脚伸展パワーが高い, という筋線維組成に由来する傾向はみられなかった.

脚水分量は, 最大脚伸展筋力よりも最大脚伸展パワーと高い相関関係を示し, 筋のpotentialを評価する意味において, 体水分量から最大有酸素性パワーや最大無酸素性パワーを評価することの有用性が示された.

付記

本研究は, 平成27年度東京女子体育大学女子体育研究所, 奨励個人研究費による助成を得た. また, 東京女子体育大学・東京女子体育短期大学紀要第53号に投稿した内容の一部を発表したものである.