

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500761

研究課題名(和文) ウエイトリフティングにおける競技力と筋の分布および出力特性

研究課題名(英文) Muscle distribution, power output properties and performance in the weightlifting.

研究代表者

岡田 純一 (OKADA, JUNICHI)

早稲田大学・スポーツ科学大学院・教授

研究者番号：10277791

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はウエイトリフティングにおける競技力の差異に影響する筋量や筋出力に関する因子を明らかにすることを目的とした。競技力と身体組成、筋厚の関係を検討するため、超音波法による筋厚測定、さらに詳細に筋の分布および筋出力と競技力の関係を検討するため、筋断面積、単関節筋力および多関節パワーを評価した。の対象は高校選抜大会入賞者50名、は高校、大学および成年の国内トップ選手22名(男子13名、女子9名)であった。その結果、大腿後部および上肢の筋量が重要であることが確認されるとともに、挙上重量の高い選手において、股関節伸展筋群の単位断面積当たりの筋力が高い可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify a factor about muscle distribution and strength and power output properties which influenced the difference of the performance in the weightlifting. Fifty participants of the high school championships volunteered this study for the muscle thickness and body composition test. Another measurements were executed to get the detail information about muscle distribution, strength and power properties. Nine females and thirteen males top athletes took part in the MRI and several strength/power test. Some of them included Olympian and international level weightlifters. These results showed that elbow extensors, flexors and hamstrings were thicker in males compared with females. Higher muscle strength per unit of muscle cross sectional area in hip extension and knee flexion were observed in top males.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ウエイトリフティング 筋断面積 除脂肪体重 競技力

1. 研究開始当初の背景

ウエイトリフティング競技においては、スナッチおよびクリーン&ジャークの2種目による挙上重量の合計(トータル)によって順位が決定される。ウエイトリフティング選手を対象とした研究において、挙上動作のバイオメカニクス的研究、選手の形態および身体組成(体脂肪率、除脂肪体重、筋断面積)、あるいは筋力、パワー出力に関する検討など様々な側面から検討がなされている。

除脂肪体重は競技成績に関わる身体的因子として確認されており(加藤ら 1990、岡田ら 1995)、下肢の筋断面積あるいは筋量を評価した研究においても同様の結果が報告されている(金久ら 1989)。

しかし、競技は階級制(男子 8 階級、女子 7 階級)であり、一部の階級(男子 56kg 級および 105kg 超級、女子 48kg 級および 75kg 超級)を除き、各階級では女子 5-6kg、男子 6-11kg の範囲の体重の者が出場していることになる。したがって、同一階級内では、ほぼ同様な除脂肪体重あるいは筋量であるものの同士が争っていることになるが、当然ながら競技成績においては選手間に差が生まれている。

例えば、ジュニア世界選手権に出場する選手においては、技術的に他国と目立った遜色は無いにも関わらず、バーの挙上時に発揮されているパワーは同大会優勝者が 35%高値を記録している(Okada et al. 2008)。すなわち、一般的傾向として競技力(挙上重量)は除脂肪体重あるいは筋断面積と相関しているけれども、それだけでは実際の競技力を反映できていない。同程度の除脂肪体重(筋量)のものが争い、その中で挙上重量に差が生じている背景として、神経系の働きや筋断面積あたりの筋力、などがその因子として推察されるが、ウエイトリフティング選手を対象として、この点に焦点を当てた研究は報告されておらず、推測の域を出ていない。

一方、年代が異なる対象において、同じ体重であってもその挙上重量は異なっている。ジュニア期とシニア期の選手における挙上重量と除脂肪体重の関係において、それぞれにおいて相関関係が認められ、回帰式の傾きはほぼ同様であったが、切片が大きく異なっていた(岡田 1995)。つまり除脂肪体重の増大とともに挙上重量も増加しているけれども、ジュニア期からシニア期に移行する過程で単位体重あたりの出力が増大していくことが観察されている。

研究資料においてウエイトリフティング選手は、筋力・パワー系アスリートとして、あるいはレジスタンストレーニングを継続的に実施している鍛錬者として、その生理学的特性を評価され、他の対象者と比較されることが多い。一方、ウエイトリフティングの競技力向上に主眼においた研究の多くは、トレーニングおよび競技会における動作分析といったバイオメカニクス的研究が主であ

る。これまでに除脂肪体重を筋量の指標と捉え、シニア(オリンピック候補)およびジュニア(全国中学生大会入賞者)における除脂肪体重(LBM)と競技パフォーマンス(挙上重量:トータル)の関係が検討されている(岡田 1995)。ジュニアおよびシニアともに挙上重量と LBM は比例関係にあり、LBM を高めることは競技力向上の大きな要因である。しかし、シニアとジュニアの回帰直線の傾きは同様であったが、挙上重量の差は大きい。

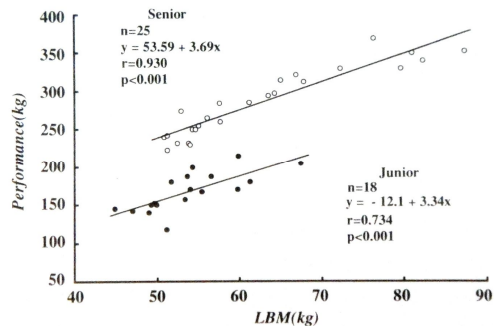


図 ジュニア、シニア選手の LBM と競技力 (岡田 1995)

一方、2006 年の国際大会に参加した日本選手とその世界大会優勝者の挙上動作を比較しても技術的に顕著な相違はなかったが、優勝者は日本選手の発揮パワーの最大値より 35%高値を示していた(Okada et al. 2008)。すなわち、体重や LBM が同程度でもジュニアとシニア、あるいは日本と世界を比較したとき、LBM では競技力の差を十分に説明できない現状がある。LBM は全身の筋量を把握する尺度として汎用性が高いが、ウエイトリフティングの動作分析から、股関節伸展運動の貢献が大きい(Baumann et al. 1988)ことも報告されているため、単に筋量

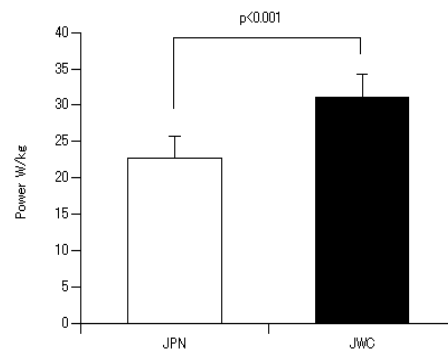


図 日本代表 JPN・世界優勝者 JWC における挙上時の発揮パワー (Okada 2008)

が多いというだけでなく、必要な部位の筋が発達しているといった筋の分布が体重に制限のあるなかで最高のパフォーマンスを引き出すために重要であろうと考えられる。我々が 2011 年の全日本優勝選手 MI と 3 大会連続金メダルを獲得した NS 選手について身体各部位の筋厚を比較したところ(図)、股関節伸展に貢献する下肢の後部や下背部の筋厚に差異があった。そのため筋厚分布を

評価することが重要であると考えられた。

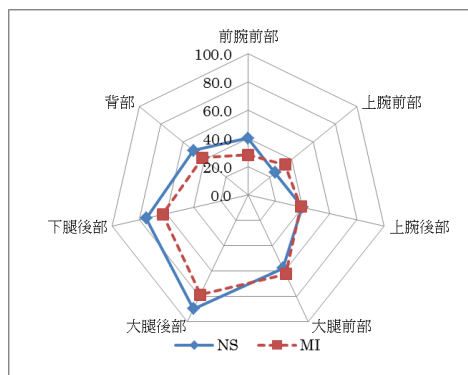


図 ソウルオリンピック 60kg 級金メダリスト (NS) と 2011 年全日本選手権 62kg 級優勝者 (MI) における身体各部の筋厚

筋出力特性に関して、単関節運動ではウエイトリフティング群 (WL) はボディビル群より低い筋力発揮レベルであったが、多関節運動では WL が優れていることが報告されている (船渡ら 1994)。また、単位断面積あたりの等尺性筋力は、サッカーやパワーリフティングにおいて高値を示し、筋力・パワー系アスリートを代表する短距離やウエイトリフティングは一般人と同様であった (金久 1986) ことから、特異性を考慮した評価が必要である。すなわちウエイトリフティング選手は実験的な単関節運動および等尺性筋活動はその競技内容と比べると「非特異的」である。日常のトレーニングで多用している競技動作に類似した動的な多関節運動によって筋出力を評価し、筋の量的指標との関係を検討することで、当該競技に即した情報が得られるであろう。

2. 研究の目的

本研究はウエイトリフティングにおける競技力の差異に影響する筋量や筋出力に関する因子を明らかにすることを目的とした。そのために、競技力と身体組成、筋厚の関係を検討するため、超音波法による筋厚測定を実施した (研究)。より詳細に筋の分布および筋出力と競技力の関係を検討するため、筋断面積、単関節筋力および多関節パワーを評価した (研究)。

3. 研究の方法

研究 【対象】2013 年 3 月に開催された全国高校選抜大会会場施設内に測定ブースを設け、指導者を通じて協力を依頼し、同意が得られた高校生ウエイトリフティング選手の測定を行った。このうち各階級で 8 位以内の者および高校ランキング上位者 (同大会には不参加) について分析対象とした。その結果、男子 31 名 (年齢 16.9 ± 0.2 歳、身長 167.3 ± 7.6 cm) および女子 19 名 (年齢 16.5 ± 0.5 歳、身長 156.7 ± 6.8 cm) が抽出された。【測定】体重、体脂肪率、除脂肪体重を評価するために、インピーダンス法 (Inbody 720; Biospace 社) を用いた。試合コスチュームな

ど軽装な状態で、足裏および手掌をアルコール綿などで洗浄した後に計測を行った。超音波画像診断装置 (SSD-900; Aloka 社) を用いた筋厚測定 (前腕部、上腕前部、上腕後部、腹部、下背部、大腿前部、大腿後部、下腿前部、下腿後部の計 9 カ所) を実施した。安部と福永 (1995) の方法に準拠し、安静立位において右側だけの測定を実施した。ゼリーを塗布した 5MHz のプローブを計測部位に当て、プローブの圧迫により筋の形に変形が生じないようにモニターで確認した。脂肪組織、筋組織および骨組織が鮮明に見える画像を得るために角度を調整しながら、計測のための画像を印画した。さらに、対象者の競技力について評価するために、競技 2 種目 (スナッチ、クリーン&ジャーク) およびトレーニング種目に関する 15 項目について質問紙による回答を得た。

研究 【対象】2014 年全日本ランキング 10 位以内の選手および高校選手権入賞選手など、国内のトップ選手 22 名 (女子 9 名、男子 13 名) が本研究に参加した。このうち 2 名は 2012 年ロンドンオリンピック参加選手、男子 4 名、女子 4 名が 2014 年全日本選手権優勝者であった。

【測定】体重、体脂肪率、除脂肪体重を評価するために、インピーダンス法 (Inbody 720; Biospace 社) を用いた。試合コスチュームなど軽装な状態で、足裏および手掌をアルコール綿などで洗浄した後に計測を行った。筋断面積を評価するため、MRI を用いた。スライス厚を 10mm、スライス間隔を 10mm とし、四肢および体幹の横断像を 512×512 、TR/TE; 500/13 で撮像した。上腕近位 60%、前腕近位 30%、大腿近位 50%、下腿近位 30% の位置にマーカーを貼付し、この位置を筋断面積の分析部位とした。体幹においては臍部の画像において腹直筋および背筋群を、坐骨結節下縁の画像から大殿筋の断面積を計測した。得られた画像ファイル (DICOM 形式) の分析には画像処理ソフトウェア (OsiriX MD) を用いて同一の検者が計測した。

単関節筋力として Biodex による等速性膝伸展・屈曲筋力および体幹伸展・屈曲筋力、等尺性肘伸展・屈曲筋力を測定した。等速性筋力測定における角速度は 180、60、30d/s とし、専用のアタッチメントを使用した。各角速度で伸展・屈曲を 3 回行いピークトルク値 (Nm) を分析に用いた。肘関節の測定においては関節角度を 90° とし、5 秒の等尺性最大努力中のピーク値 (Nm) を得た。

本研究のパワー測定には多用途パワー測定装置 (パワープロセッサー, VINE 社製) を用いた。競技に関連する動作 (特異動作) 中の発揮パワーを測定した。実際の動作により近づけるため、特注のアタッチメントを介しウエイトリフティング用のバー (女子 15kg, 男子 20kg) を連結し、被験者には、通常の競技会及びトレーニングと同じ器具を用いて動作を実施できる環境を整えた。このため実

験前にバネばかりを用いて、機器の較正を行うとともに、データ処理において力曲線にバーベルの重量を加算した。測定に際しては、0~4V から電圧負荷を2~4V ずつ増加させ、各負荷2回ずつ実施し、ピークパワーの低下を確認した上で終了した。各負荷の試行間隔はトレーニング時のセット間隔に基づいて2~3分とした。これら一連の試行で得られたパワーの最大値をその動作の最大パワー (Maximum Power; Pm) とし、その試行を分析対象として抽出した。測定した動きはウエイトリフティング競技種目であるスナッチおよびトレーニング種目として実施頻度が高く、脚筋力の指標ともなるバックスクワットを模した動作であった。バックスクワットはバーをハイパーポジション (Earle and Baechle 2008) で僧帽筋上に保持し、一般にハーフスクワットと定義される膝関節角度90度から Squat の特異動作を開始した。同様にスナッチの特異動作においては実際の競技動作時と同様に競技用のバーを握り、膝上にバーを構えるハングポジション (Earle and Baechle 2008) を開始姿勢とした。

【統計処理】各測定項目を平均値±標準偏差で表し、男女間の平均値の差の検定には対応のないt検定を、筋厚と競技力との関係については Pearson の相関分析を行った。これらの分析には SPSS Ver22 (IBM) を使用し、有意水準を5%未満とした。

4. 研究成果

【研究】対象選手の身体組成関連指標を表1-1に示した。体脂肪量以外の項目において、男子の方が有意に高値を示した。女子の平均体重は男子の82%であるのに対し、筋量

表1-1 身体組成

	女子			p<0.05	男子		
	n	Mean	SD		n	Mean	SD
体重(kg)	19	62.4	16.2		31	75.6	21.0
体脂肪量(kg)	19	16.0	9.7		31	13.6	10.1
体脂肪率(%)	19	24.2	7.0	p<0.001	31	16.1	7.6
除脂肪体重(kg)	19	46.4	7.4	p<0.001	31	62.0	11.9

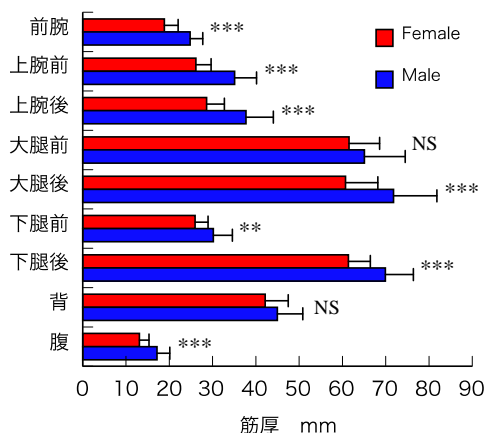


図1-1 高校選抜大会出場選手(男女)の筋厚
** p<0.01 *** p<0.001

の指標となる除脂肪体重においては74%となる。体脂肪率が高いことは女性の宿命ではあるけれども、全日本代表女子選手の縦断的データ(船渡1994)においては重量級の選手でも20%前後、軽量級の選手では9.2-14.7%であった。競技力に高い相関を持つ除脂肪体重を高めるとともに、体脂肪率の低下させることは、さらに高いレベルで競技力向上図る上で重要な課題といえよう。

超音波法を用いた筋厚について、絶対値で示す(図1-1)とともに、全身の質量に占める当該筋における筋量の割合を示す値として規格化するために体重の1/3乗で除した値を求め(池袋ら2011)、図1-2に示した。男女ともに大腿部および下腿後部の筋厚が高くなっている。男女の比較において、全体的に男子の筋厚が女子より有意に高い傾向が見られる中で、絶対値および相対値ともに背部と大腿前部には有意差が認められなかった。

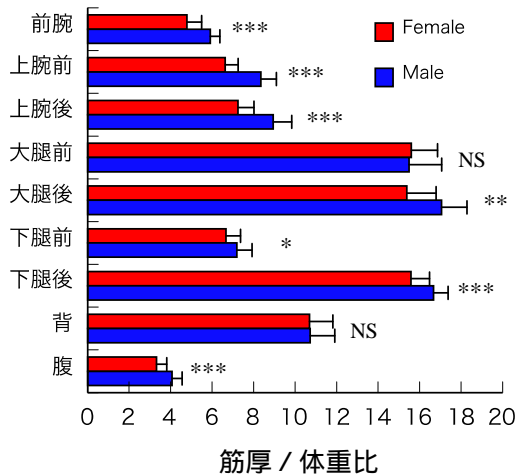


図1-2 高校選抜大会出場選手(男女)の筋厚/体重^{1/3}比

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表1-2に体重、除脂肪体重および筋厚/体重^{1/3}比と競技力(Total重量)との相関係数を示した。体重および除脂肪体重においては男女ともに有意な関係が認められた。筋厚について、上腕後部は男女ともに有意であった。

表1-2 競技力と体重および筋厚との関係

	女子		男子	
	相関係数	p	相関係数	p
体重	0.674	**	0.905	**
除脂肪体重	0.762	**	0.921	**
前腕	0.197		0.038	
上腕前	0.455		0.424	*
上腕後	0.514	*	0.552	**
大腿前	0.339		0.192	
大腿後	-0.071		0.491	**
下腿前	-0.24		0.179	
下腿後	-0.263		-0.117	
背	-0.056		0.139	
腹	0.094		0.419	*

他の部位では男子の傾向が異なり、男子では上腕前部、腹部、大腿後部においても有意な正の相関が見られた。ウエイトリフティングの競技力と体重や除脂肪体重が正の相関関係を有すること、その関係が競技レベルの高い集団ではより強く表れることは先行研究でも確認されている(図1)。本研究の高校男子は $r=0.92$ であり全日本クラスの選手で報告されている $r=0.93$ (図1)と同様な水準であるのに対し、女子の $r=0.76$ は男子中学生(図1)と同様である。すなわち、競技レベルあるいは鍛錬度という点で同じ全国大会に出場し入賞している選手であるけれども、男女に差があることが考えられた。したがって、女子はまだ鍛錬の途上段階でバラツキが大きく、男子の方がウエイトリフティングの競技特性をより反映しているといえよう。大腿後部の評価には半膜様筋および内転筋群が含まれている。ウエイトリフティングにおいては脚伸展以上に股関節伸展筋力の貢献が高いことが報告されている(Baumann, 1986)。その上で、上腕と大腿後部との間の相関が有意であったことは、バーベルの引き上げや頭上への挙上および高重量の支持における上肢ならびに股関節伸展筋群の重要性を示唆している。

【研究】

対象者はオリンピック選手を含む国内のトップ選手 22 名であった。身長、体重および除脂肪体重は男子が高かったが、体脂肪(kg、%)に有意差はなかった。男子でも重量級の体脂肪率が 30%以上であること、女子でも軽量級では 13~20%程度であったためと

表2-1 被験者の身体組成

		女子(n=9)		男子(n=13)	
		Mean	SD	Mean	SD
年齢	歳	22.1	2.8	21.8	3.4
身長	cm	157.3	5.8	168.1	10.2
体重	kg	67.2	17.7	88.3	29.3
LBM	kg	50.4	8.4	70.0	16.1
体脂肪量	kg	16.8	9.8	18.3	14.8
体脂肪率	%	23.4	7.1	18.3	8.9

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

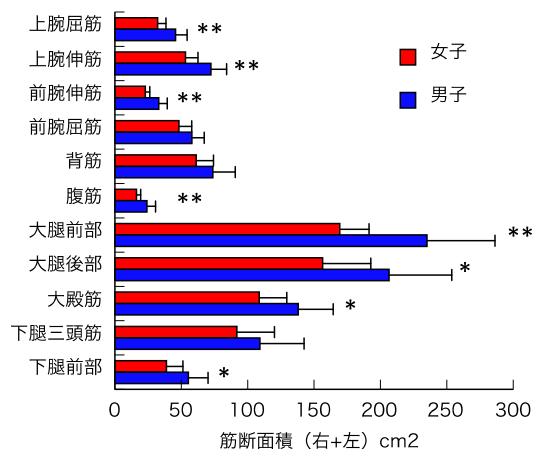


図2-1 トップ選手(男女)の筋断面積
* $p<0.05$ ** $p<0.01$

考えられた。

図2-1には四肢、体幹の筋断面積を左右それぞれの面積の和として示した。なお2名が諸事情によりMRI撮影ができなかったほか、重量級選手の上肢の撮影が困難だったため欠損している。平均値において筋断面積の大小の関係は男女同様であり、大腿前部が最高値であったが、個々に観察すると、大腿後部の方が大きい者もいた。

平均体重も男子が大きいため、絶対値ではほとんどの部位で男子が有意に高値であるが、背部および前腕屈筋においては差を認めなかった。これは男子に乏しいから差がない、のであろうか、女子の競技レベルが高いことがその一因であろうか。そこで、単位断面積あたりの筋力を算出し、男女で比較した(表2-2)。体幹伸展および膝屈曲において男子が

表2-2 上肢、下肢、体幹における単位断面積あたりの筋力

		n	Mean	SD	
肘伸展	F	9	2.652	0.477	
	Nm/cm² M	7	2.811	1.201	
肘屈曲	F	9	6.251	1.311	
	Nm/cm² M	7	5.478	0.605	
体幹伸展180d/s	F	9	3.535	1.201	
	Nm/cm² M	11	4.134	1.435	
体幹伸展60d/s	F	9	4.319	0.887	$p<0.05$
	Nm/cm² M	11	5.335	0.911	
体幹伸展30d/s	F	9	4.267	0.823	$p<0.05$
	Nm/cm² M	11	5.218	1.114	
体幹屈曲180d/s	F	9	7.353	3.162	
	Nm/cm² M	11	7.425	3.234	
体幹屈曲60d/s	F	9	7.986	1.844	
	Nm/cm² M	11	8.474	1.870	
体幹屈曲30d/s	F	9	8.543	2.236	
	Nm/cm² M	11	8.314	2.243	
膝伸展180d/s	F	9	1.291	0.159	
	Nm/cm² M	11	1.402	0.302	
膝伸展60d/s	F	9	1.886	0.350	
	Nm/cm² M	11	1.977	0.448	
膝伸展30d/s	F	9	1.976	0.388	
	Nm/cm² M	11	1.973	0.489	
膝屈曲180d/s	F	9	0.832	0.167	$p<0.05$
	Nm/cm² M	11	1.019	0.187	
膝屈曲60d/s	F	9	1.139	0.209	
	Nm/cm² M	11	1.260	0.273	
膝屈曲30d/s	F	9	1.250	0.240	
	Nm/cm² M	11	1.285	0.319	

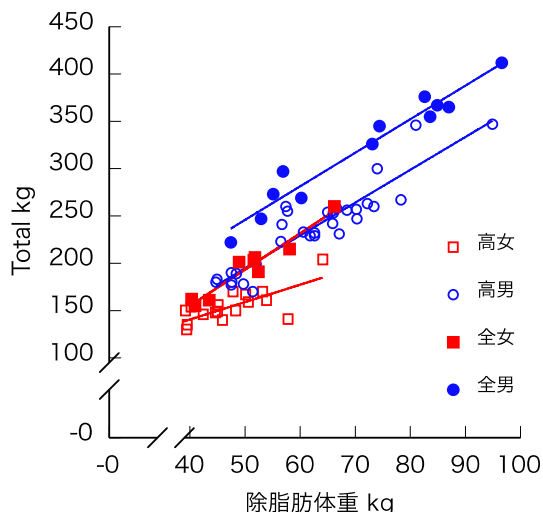
22~23%有意に高値($p<0.05$)を示していた。また、本研究に先立ち、ナショナルチーム男女と高校生について超音波法による筋厚を比較したパイロットスタディにおいても、ナショナル選手のハムストリングスおよび内転筋群の筋厚が高校生選手に比べて高い値を示していた。しかし、男子および女子において、大腿四頭筋の筋厚には、競技レベルによる相違は認められなかった。これらのことは、股関節伸展が重要とされるウエイトリフティングにおける身体後面の筋群の重要性

をさらに支持する結果であると推察される。

図には研究、で得られたデータをもとに競技力(Total)と除脂肪体重との関係を先行研究(岡田1995)と同様に作図した。

競技力と除脂肪体重の関係は既知の情報であるが、1990年当時のナショナルチーム、および中学生選手で見られた傾向が確認された。すなわち、回帰直線の傾きが同様に、競技レベルによって切片が異なっている。また、競技レベルの低い高校女子から段階的に上方へシフトしていくこと、高校男子とナショナル女子が同程度に位置していることが明らかとなった。また、同じ除脂肪体重でも競技力(記録)が異なることは、同様な筋量でもその出力が異なる可能性を示唆している。

一方、研究では体幹伸展および膝屈曲の単位断面積あたりの筋力において、トップ選手の男女差が認められた。この有意差は一部の角速度だけであること、同じ除脂肪体重の選手間の比較ではないためその解釈には慎重を期す必要がある。しかし、限定的ながらも、出力(競技力)の異なる要因の一端を示したと考えている。



図IV 除脂肪体重と競技力の関係

<引用文献>

安部孝, 福永哲夫(1995)日本人の体脂肪と筋肉分布. 杏林書院: 東京 pp91-108

Baumann W, Gross V, Quade K, Galbierz P, Schwirtz A (1988) The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 world championships. International Journal of Sports Biomechanics 4:68-89

Earle RW and Baechle TR (2008) Resistance training and spotting techniques. Baechle TR and Earle RW Ed. Essentials of strength training and conditioning 3rd. Humankinetics. pp.325-376

船渡和男, 近藤正勝, 石田良恵, 安部孝, 八田秀雄, 杉田正明, 難波謙二, 関口脩, 福永哲夫 (1994) 日本のエリートウエイトリ

フターの身体組成とその縦断的变化. 平成5年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 競技種目別競技力向上に関する研究第17報 pp.293-300

船渡和男, 大橋令子, 池川繁樹, 安部孝, 川上泰雄, 杉田正明 (1995) ウエイトリフターの筋の形態と機能の特異性~ボディビルダーとの比較から~. 平成6年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 競技種目別競技力向上に関する研究第18報 pp.299-303

池袋敏博, 久保啓太郎, 岡田純一, 矢田秀昭, 角田直也(2011) 重量挙げおよび陸上短距離選手における下肢筋群の筋厚と競技成績との関係. 体力科学, 60(4):401-411

金久博昭 (1989) 筋断面積からみた筋出力及びスポーツパフォーマンス. J J Sports Sci 3:54-61

金久博昭, 福永哲夫, 池川繁樹, 角田直也 (1986) スポーツ選手の単位筋断面積当たりの脚伸展力. J J Sports Sci 5:409-414

加藤令子, 岸田謙二, 船渡和男, 関口脩 (1990) 中学生ウエイトリフターの競技成績に及ぼす形態的および機能的要因. 平成元年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 競技種目別競技力向上に関する研究第13報 pp.357-363

岡田純一, 船渡和男 (1996) ジュニアおよびシニア・ウエイトリフターの競技成績と除脂肪体重およびパワー発揮能力の比較. 平成7年度日本オリンピック委員会スポーツ医科学研究報告 競技種目別競技力向上に関する研究第19報 pp.278-282

Okada J, Iijima K, Fukunaga T, Kikuchi T and Kato K (2008) Kinematic analysis of the snatch technique used by Japanese and international female weightlifters at the 2006 junior world championship. International Journal of Sport and Health Science 6:194-202

5. 主な発表論文等

6. 研究組織

(1)研究代表者

岡田 純一 (OKADA, Junichi)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号: 10277791

(2)研究分担者()研究者番号:

(3)連携研究者()研究者番号:

(4)研究協力者

久保 啓太郎 (KUBO, Keitaro)

平山 邦明 (HIRAYAMA Kuniaki)

新井 健一 (ARAI, Kenichi)