

< 研究論文 (査読あり) >

大学競泳選手における骨格筋量の特徴

— 専門種目, 利き腕・脚, キックスタート構え時の前脚後脚の選択に着目して —

Characteristics of skeletal muscle mass in collegiate swimmers: focusing on individual specialty stroke, dominant arm/leg, and selection of fore-leg and rear-leg on kick-start

西脇 怜奈¹⁾, 言上 智洋²⁾, 杉山 華彩³⁾, 麻見 直美⁴⁾, 山川 啓介⁵⁾, 仙石 泰雄⁶⁾
Rena NISHIWAKI, Tomohiro GONJO, Kaya SUGIYAMA, Naomi OMI,
Keisuke KOBAYASHI-YAMAKAWA, Yasuo SENGOKU

Abstract

The purpose of this study was to measure the lean mass (LM) of collegiate swimmers using DXA method, and to investigate whether the selection of the front-leg and rear-leg in a kick start stance is related to muscle mass. In addition, since it is expected that the swimmer's effective side is affected by the choice of fore-leg and rear-leg, the relationship between the dominant arm and the dominant leg and muscle mass was also examined. The subjects were 30 competitive collegiate swimmers, and LM measured using DXA method was used as an index of muscle mass. The subjects were also examined in terms of their specialty, dominant arm and leg, and fore-leg and rear-leg on the kick-start stance. Results showed that there were no significant differences in the percentage of each region's LM among the specialized disciplines (all $p \geq 0.05$). As the reason, it was speculated that the training in competitive swimming may be influenced to this result. No significant difference was observed between the dominant and non-dominant sides in the LM of the upper and lower limbs, but the LM of the dominant side of the arm and leg tended to be slightly higher than that of the non-dominant side ($p = 0.06$ and $p = 0.07$, respectively). Furthermore, there was no significant difference between the LM of the fore-leg and rear-leg on the kick-start stance, suggesting that the choice of fore-leg or rear-leg was not related to muscle mass. The selection of the fore-leg and the rear-leg with consideration of muscle mass may improve the muscle power exerted on the kick-start stance and lead to an improvement in the starting performance of the athletes.

Keywords: Body composition, Swimmer, Muscle balance, Kick start

I. 緒言

アスリートにとって、身体組成を管理することは、トレーニング状況の把握やコンディションを調整する上で重要である。身体組成を測定する方法として生体電気インピーダンス (BIA) 法, DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry) 法などがある。BIA法は、

身体に微弱な電流を流し、その際の電気抵抗値を計測することで身体組成を推定する方法である。この方法は、体水分の分布状況に大きな影響を受けるため、測定する時刻や被測定者の運動による発汗、食事状況によって測定値が大きく異なる場合がある。一方、DXA法は、2つの異なるX線を全身に照射させることで、X線の透過率の比から、骨塩量 (bone mineral content: BMC), 脂肪量 (fat mass: FM), 除脂肪量 (lean mass: LM) を定量することができる。この方法は体水分の分布状況の影響を受けにくい。八百ほか⁹⁾ はDXA法を用いてラグビー選手の身体組成を縦断的に測定し、ポジション別に身体組成推移の特徴を報告している。また、中尾ほか⁵⁾ は、DXA法を用いて大学女性ランナーの身体組成を3期分 (合宿前トレーニング

¹⁾ 日本女子体育大学 (助手)

²⁾ Bournemouth University (Lecturer)

³⁾ 筑波大学大学院 (院生)

⁴⁾ 筑波大学 (教授)

⁵⁾ 日本女子体育大学 (講師)

⁶⁾ 筑波大学 (准教授)

グ期、合宿期、合宿後トレーニング期)測定し、月経状態が身体組成に及ぼす影響について報告している。このように、近年ではDXA法を用いてアスリートの身体組成を測定し、身体組成の特徴やコンディショニングとの関連について研究されている。

DXA法によって測定される項目の一つであるLMは、筋量や臓器量などを含んだ重量であるが、四肢は大部分が筋であることから、四肢のLMは筋量の指標とされている。BIA法を用いて測定された競泳選手の筋量のバランスを分析とした研究として、須藤・山田⁷⁾は、200 mクロール泳の150–200 mの50 m区間の泳速度が向上する群と維持あるいは低下する群の上肢と下肢の筋量の左右差について調査し、200 mクロールの選手において、向上群(150–200 mの50 m区間で泳速度が向上した群)は、維持群(150–200 mの50 m区間で泳速度が維持もしくは低下した群)と比較して上肢の筋量の左右差が少なく、下肢の筋量の左右差に有意差は認められなかったと報告している。この研究ではクロール泳が対象となっているが、クロール以外の泳法を専門とする選手における筋バランスについては著者の知る限り報告されていない。水泳運動では上肢のストローク動作と下肢のキック動作から推進力を得ているが、その貢献度は泳法によって異なる。Deschodt et al.¹⁾は、スプリントクロール泳では、上肢の推進力への貢献度が約90%、下肢が残りの約10%であると報告している。一方、Ungerechts⁸⁾は、平泳ぎは他の3泳法と比較して上肢の推進力への貢献度が低く、下肢の貢献度が高いと報告している。このことから、他の泳法を専門とする対象者に比べて、平泳ぎを専門とする対象者の下肢筋量が多くなる可能性が考えられる。

また、競泳競技においては2010年からスタート台上後方にバックプレートが設置されたことで、ほぼ全ての選手が片脚を台の先端に置き、もう一方の脚をバックプレートに置いて構える方法であるキックスタートを用いるようになった。水藤ほか⁶⁾は、等尺性最大筋力においてキックスタート構え時の後脚よりも前脚の方が有意に高い値を示していたことから、選手自身が筋力の高い脚を前脚に選択していた可能性を示唆している。市橋²⁾は、筋力に影響する要因として、1) 筋断面積、2) 神経系による要因、3) 筋線維組成、4) 解剖学的要因、5) 関節の角度、6) 心理的境界の6つをあげている。甲斐ほか³⁾は、簡便に筋量を推定できるBIA法を用いて測定した筋量と上・下肢筋力に密接な関連性があったと報告していることから、筋断面積と関連する筋量は特に筋力に影響を与える要因であると考えられる。先行研究⁶⁾では、キックスタート時の前脚・後脚と筋力の関係を分析したが、泳者の筋量については測定しておらず、泳者の脚の筋量がキックスタートの前脚における高い等尺性最大筋力に関わっていたかは明らかとなっていない。そのため、キックスタートにおける前脚・後脚の選択と、下肢筋量の関係を明らかにすることは、キックスタートパフォーマンス向上のために必要な要因の解明に貢献す

ることができる可能性がある。

そこで本研究では、大学競泳選手を対象にDXA法を用いてLMの測定を行い、専門種目およびキックスタート構え時の前脚・後脚の選択が筋量に関係しているかを明らかにすることとした。また、前脚・後脚の選択には泳者の利き側の影響が含まれていることが予想されるため、利き腕・利き脚との筋量の関連についても調べることにした。

II. 方法

1. 対象者

本研究には、大学水泳部に所属する男性競泳選手17名(身長: 174.2 ± 5.3 cm, 体重: 72.5 ± 5.9 kg, BMI: 23.9 ± 1.3 kg/m²)と女性競泳選手13名(身長: 163.8 ± 4.8 cm, 体重: 56.0 ± 4.4 kg, BMI: 20.9 ± 1.3 kg/m²)が参加した。対象者には実験の目的、方法、リスク、安全対策について事前に説明を行い、書面にて参加の同意を得た上で実験を行った。

2. 身体組成測定

対象者の身体組成(BMC, FM, LM)は、Horizon X線骨密度測定装置(Hologic社製, 図1)を用い測定し、左腕、右腕、左脚、右脚のLMを分析に用いた。DXA法の測定は医師の測定指示のもと診療放射線技師により、X線管理責任者の管理下で行われ、測定は2018年7月の連続した2日間(24日、25日)で実施した。測定された左腕、右腕、左脚、右脚のLMの値は、性差による筋量の違いを考慮して身体全体の合算値に対する各部位の割合(%)を分析に用いた。



図1 Horizon X線骨密度測定装置(Hologic社製)

3. 専門種目における全身の筋量

対象者の専門種目は、バタフライ5名(男性4名, 女性1名), 背泳ぎ6名(男性3名, 女性3名), 平泳ぎ6名(男性4名, 女性2名), クロール(短距離)7名(男性3名, 女性4名), クロール(中距離)5名(男性2名, 女性3名), 個人メドレー1名(男性1名)であった。なお、個人メドレーを専門とする者は1名であった。

めこの分析から除外した。

4. 利き腕・利き脚とキックスタート構え時の前脚・後脚の調査

対象者の利き腕・利き脚の情報は、聞き取り調査により収集した。なお、本研究において利き腕はボールを投げる側の腕、利き脚は前方に倒れた際にとっさに出る側の脚とした。

キックスタート構え時の前脚・後脚の選択についての情報は、競技会時に撮影された映像から各対象者における前脚・後脚について調査を行った。なお、背泳ぎの選手は競技会時にキックスタートを行わないため、この分析から除外した。

5. 統計処理

各統計処理は、統計ソフトIBM SPSS Statistics 25.0を用いて行った。専門種目間の比較では、正規性の検定を行った後、一元配置分散分析を行った。また、利き腕と非利き腕の比較、利き脚と非利き脚の比較、キックスタート構え時の前脚と後脚の比較では、正規性の検定を行った後、対応のないt検定を行った。さらに、キックスタート構え時の前脚・後脚の選択と筋量の関係进行分析するためにフィッシャーの正確確率検定を行った。統計的有意水準は全て危険率5%未満とした。

III. 結果

対象者の専門種目と各部位のLMの割合の結果を表1に示した。一元配置分散分析の結果、LMの割合において専門種目間の有意な主効果は認められなかった (n.s)。

聞き取り調査の結果、利き腕について、利き腕が右の対象者が29名、左の対象者が1名であった。また、利き脚について、右の対象者が29名、左の対象者が1名であった。利き腕 (6.1 ± 0.5 %) と非利き腕 (5.9 ± 0.5 %) および利き脚 (17.4 ± 0.6 %) と非利き脚 (17.1 ± 0.6 %) のLMの比較を図2に示した。利き腕と非利き腕の間および利き脚と非利き脚の間に有意差は確認されなかった (それぞれ p = 0.06 および p = 0.07)。

キックスタート構え時の前脚について、右脚であった選手は9名、左脚であった選手は15名であった。前脚 (17.3 ± 0.6 %) と後脚 (17.4 ± 0.7 %) のLMの結果を図3に示した。前脚と後脚のLMの比較では、有

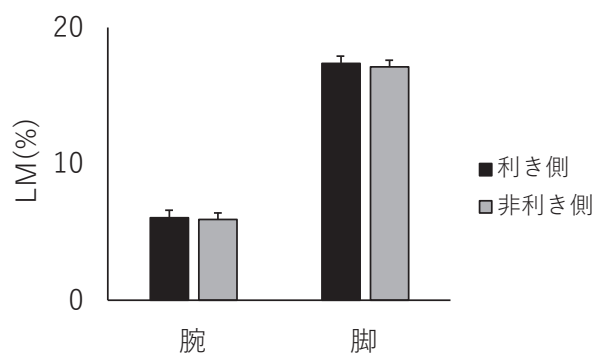


図2 利き腕と非利き腕および利き脚と非利き脚のLMの比較の結果

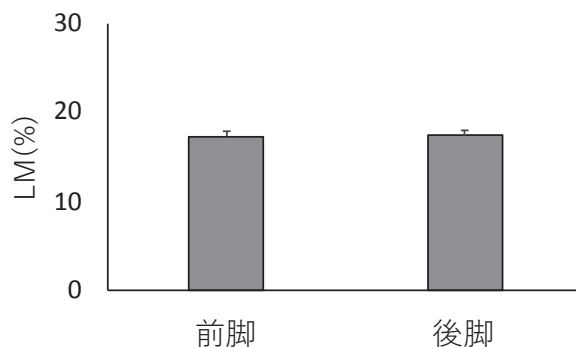


図3 キックスタート構え時の前脚と後脚のLMの割合の比較の結果

意差は認められなかった (p = 0.82)。キックスタート構え時の前脚と筋量が多い脚の人数を表2に示した。フィッシャーの正確確率検定の結果、キックスタート構え時の前脚の筋量が多いという傾向は見られなかった (p = 0.23)。

表2 キックスタート構え時の前脚と除脂肪量が多い脚の人数の結果

		キックスタート構え時の前脚	
		右	左
除脂肪量が多い脚	右	7	8
	左	2	7

IV. 考察

1. 専門種目と全身の筋量について

表1のように、専門種目ごとに全身の筋量に顕著な差は示されなかった。そのため、平泳ぎを専門とする対象者の下肢筋量が多くなるという仮説は棄却された。これは、競泳選手の水中トレーニングの内容が影

表1 各専門種目における各部位のLMの割合の結果

変数	単位	Butterfly	Backstroke	Breaststroke	Free style (sprint)	Free style (middle)	ANOVA 有意確率 (p)
左腕LM	%	75.7±2.4	5.5±0.5	5.9±0.4	5.9±0.4	6.0±0.3	0.18
右腕LM	%	6.4±0.5	5.9±0.5	6.3±0.4	6.0±0.4	6.1±0.5	0.54
左脚LM	%	17.1±0.5	16.8±0.4	17.3±0.5	17.3±0.8	17.3±0.3	0.58
右脚LM	%	17.2±0.4	17.4±0.3	17.4±0.9	17.5±0.5	17.6±0.5	0.92

響していると推察される。Maglischo⁴⁾は、24週間のシーズンを想定した場合、最初の8-12週間は専門とする泳法だけではなく、4泳法を含んだトレーニングをし、中間の6-10週間に専門とする種目のトレーニングをトレーニング総距離の60-70%にする必要があると述べている。実際、競泳選手は専門とする泳法のみでトレーニングを行うことはほとんどない。水中トレーニングは4泳法が含まれていることが多く、専門種目で泳ぐ際に使用する筋肉以外も使用している。そのため、専門種目は筋量に影響を与えなかったと考えられた。

2. 利き腕・非利き腕、利き脚・非利き脚の筋量

本研究では、腕と脚における利き側と非利き側の比較において有意差は示されなかった。しかしながら、本研究では有意ではないものの、利き腕及び利き脚のLMの平均値は非利き側と比べてわずかに高い値を示した。有意差が示されなかった理由として、左右を同時に動かす平泳ぎやバタフライが影響したと考えられた。左右を同時に動かす平泳ぎやバタフライは、左右同時に推進力を発揮しており、左右差が大きいと直進できない可能性がある。そのため、利き側と非利き側の筋量に有意差が示されなかったと考えられる。

3. キックスタート構え時の前脚後脚の選択と左右脚の筋量

本研究の結果から、キックスタート構え時の前脚と後脚の筋量に有意差は認められず、前脚・後脚の選択と筋量は関係がないことが示唆された。水藤ほか⁶⁾は、等尺性最大筋力においてキックスタート構え時の後脚よりも前脚の方が有意に高い値を示していたことを報告している。水藤ほか⁶⁾の報告および本研究の結果を踏まえ、キックスタート構え時の前脚と後脚には筋量には差がないものの筋力差は存在すると仮定すると、筋量よりも神経系などの筋量以外の要因が大きな影響を与えている可能性が考えられた。また、前脚と後脚の選択については選手やコーチの主観に委ねられていることが多いため、選手が筋量の違いに応じた選択ができていない可能性も考えられた。従って、選手によっては身体組成を考慮した前脚・後脚の選択をすることで、キックスタート構え時の筋力発揮が改善され、選手のスタートパフォーマンス向上につながるかもしれない。

V. まとめ

大学競泳選手を対象にDXA法を用いて身体組成測定を行い、専門種目、利き腕・利き脚およびキックスタート構え時の前脚・後脚の選択と筋量の関係について調査した結果、以下のような知見が得られた。

- 身体各部位の筋量において、専門種目間で有意な差は認められなかったことから、平泳ぎを専門とする選手と他種目を専門とする選手の下肢筋量に差がないことが示唆された。

- 腕および脚の筋量において、利き側と非利き側で有意差は確認されなかったが、腕と脚の利き側の筋量は非利き側と比べてわずかに高い傾向を示した。
- キックスタート構え時の前脚と後脚の筋量に有意差は認められず、前脚・後脚の選択と筋量の大きさは関係がないことが示唆された。

引用・参考文献

- 1) Deschodt, V. J., Arzac, L. M. and Rouard, A. H. (1999) Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 80(3): 192-199.
- 2) 市橋則明 (1997) 筋力トレーニングの基礎知識—筋力に影響する要因と筋力増加のメカニズム—。京都大学医療技術短期大学部紀要。別冊、健康人間学, 9: 33-39.
- 3) 甲斐義浩, 藤野英己, 村田伸, 竹井和人, 村田潤, 武田功 (2008) 身体組成と上・下肢筋力および四肢周径に関する研究。理学療法科学, 23(2): 241-244.
- 4) Maglischo, E.W. (2003) *Swimming fastest*. pp.406, Human kinetics.
- 5) 中尾喜久子, 鈴木尚人, 相澤勝治, 目崎登 (2003) 大学女子ランナーの月経状態と身体的コンディションの関連。城西大学研究年報自然科学編, (27): 95-99.
- 6) 水藤弘史, 尾関一将, 布目寛幸, 池上康男 (2015) 競泳のキックスタートパフォーマンスと等尺性・等速性脚筋力との関係。水泳水中運動科学, 18(1): 4-9.
- 7) 須藤明治, 山田健二 (2017) 上肢の筋バランスが200m 泳後半に及ぼす影響。体育・スポーツ科学研究, 17: 43-47.
- 8) Ungerechts, B.E. (1992) The interrelation of hydrodynamic forces and swimming speed in breaststroke. In: Maclaren, D., Reilly, T., and Lee, A. (eds.) *Swimming Science VI*. E & FN Spon, pp. 69-73.
- 9) 八百則和, 木村季由, 西村一帆, 宮崎誠司, 原将浩, 力丸静香, 丹羽美智子, 古泉佳代 (2017) ラグビー選手における大学1年次生のシーズン前からシーズン終盤までの身体組成の推移。東海大学スポーツ医科学雑誌, 29: 25-30.