

競泳選手におけるスタビライゼーショントレーニング中の 体幹筋活動と競技力の関係

寺本 圭輔* 片岡 佑衣** 村松 愛梨奈*** 家崎 仁成****

*愛知教育大学保健体育講座 **愛知教育大学大学院 ***鈴鹿工業高等専門学校
****紀北健康センター

Relationship Between Trunk Muscle Activity and Competitive Ability During Stabilization Training in Swimmers

Keisuke TERAMOTO*, Yui KATAOKA**, Erina MURAMATSU***
and Kiminari IEZAKI****

**Department of Health and Physical Education, Aichi University of Education*

***Graduate Student, Aichi University of Education*

****National Institute of Technology, Suzuka College*

*****Kihoku Kenkou Center*

1. 緒言

体幹部の筋は、身体全質量に対して約40~50%を占め、内臓を支える機能とともに運動時のバランスをとるために、骨格筋を随意で動かす際の最初に動かす筋肉である。そのため、体幹深層筋活動を活発にすることにより身体の安定性を増加させることが報告されており (Stanton et al., 2008), 体幹部の安定が日常生活の基本動作や歩行、様々な場面で重要とされる (阿江, 1996, Baumgartner et al., 1998, Midorikawa, 2007)。競技スポーツ場面においても、これらの筋を働かせることにより動作精度の向上をもたらす、運動能力の向上と怪我の予防に繋がると考えられる。そのため、近年は、若年期から多くのスポーツ種目において、陸上での腹筋や背筋など体幹の補強運動がトレーニングの一環として取り入れられており、体幹部の安定性の増大を目的とした一過性の体幹スタビライゼーショントレーニングが運動能力の向上と筋バランスの調整への効果があること、リバウンドジャンプの跳躍高が即時的に増加することが報告されている。また、体幹部筋量と上体起こし、20mシャトルラン、50m走および立ち幅跳びの間には有意な相関関係があるなど、体幹部のスタビライゼーショントレーニングが運動能力向上につながる事が多くの先行研究により示唆されている (Oliver and Brezzo, 2009, Durall et al., 2009, 柳谷ほか, 2009, 宮下ほか, 2012, 横田ほか, 2013, Matthew et al., 2015, Imai et al., 2016)。

一方、陸上運動と異なる環境で行う水泳では、固定された支持点がない状態で運動を行わなければならない。そのため、水中で水平姿勢を保持しながら上肢および下肢を動かして推進力を得る競泳では、体幹部を固定させ、姿勢を安定させることが必要となる。体幹部の安定には、腹部筋群、横隔膜および骨盤底筋の協働的収縮をコントロールして、腹腔内圧を上昇させることが必要であると報告されている (森山ほか, 2016)。Matthew ほか (2015) は、体幹部の安定性が 50mクロール泳に有益な効果をもたらすことを示しており、Iizuka ほか (2016) は、体幹スタビライゼーショントレーニングによりスタートからの 5m 到達時間の減少と 5m 地点の泳速度の増加、さらに、トレーニング介入後、スタート時から 5m 地点の速度減少率が減少した結果より、競泳中におけるパフォーマンス向上の可能性を示唆している。また、障害についても、北村ほか (2016) は、腰痛を有する競泳選手は腰部多裂筋の筋量が減少し、内腹斜筋の筋量の左右のアンバランスが生じており、これらの体幹筋の筋量の違いが競泳選手の腰痛発症に繋がっている可能性を示唆している。

つまり、体幹部の不安定性は水泳中の身体のブレを生み、身体抵抗が大きくなることによりパフォーマンスの低下に繋がる。そして、怪我を生じやすくする。そのため、競泳選手は日常的に体幹スタビライゼーショントレーニングを取り入れているが、それが水泳中における体幹安定性のターゲットとなる筋が刺激されて

いるのか、協働的収縮のトレーニング効果が得られているかは明らかにされてなく、トレーニング中の筋活動が適切に行われているかどうか競泳の競技レベル差に繋がっている可能性も考えられる。

そこで、本研究は、競泳選手が日常実施している体幹スタビライゼーショントレーニング時の筋活動を評価し、体幹筋活動のコントロールにおける競技レベル差を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 被験者

被験者は、大学水泳競技部に所属し、日本学生選手権へ出場経験がある女子7名（Athlete群）と水泳経験はあるが過去に全国大会への出場経験がない女子学生6名（Non-athlete群）を対象とした。表1に被験者の身体特性を示している。全ての被験者には、研究参加にあたり、研究の趣旨、研究方法、リスクを十分に説明した上で、研究参加の同意が得られた者のみを対象とした。

2.2 表面筋電図

表面筋電図の測定には、多チャンネルテレメーターシステム WEB-7000（日本光電(株)社製）を用い、被検筋に電極を貼付し測定した。電極貼付にあたり、皮膚の接触抵抗を減らして電極の粘着をよくするために、貼付箇所の皮膚のアルコール脱脂を行い、皮膚前処理剤スキンピュア（日本光電(株)社製）を用いて角質の除去し、専用の両面粘着テープにより貼付けた。表面筋電図の導出には、バイオリピーター、受信機を経由し、受信した信号を専用ソフトにより分析をした。

筋電位測定の対象筋は、腹部では外腹斜筋、腹直筋、腹横筋の3ヶ所、背部では脊柱起立筋、大臀筋、半腱様筋の3ヶ所とした。なお、全ての電極は右半身に設置した。

表面筋電図測定で得られる波形を他者や異なる試行間で筋活動を比較するため、徒手筋力検査法（MMT）による等尺性収縮の最大随意収縮を行った際の筋活動（Maximum MMT）と毎回の試行における筋活動との比較をすることとした。本研究では、それぞれの試行における筋活動が100%MMTと比較した際の割合（%MMT）を用いて、被験者間および試行間の比較を行った。

2.3 徒手筋力検査法（100%MMT）の計測

体幹部の屈曲（腹直筋; Rectus abdominis muscle, 外腹斜筋; Obliquus externus abdominis muscle, 腹横筋; Transversus abdominis muscle）および背屈（脊柱起立筋; Erector spinae muscle, 半腱様筋; Semitendinosus muscle, 大臀筋; Gluteus maximus muscle）の MMT 計測をするために以下の動作を行わせ、その最大収縮時の筋電図計測をし、これを100%とした。体幹部の屈曲動作では、

1) ～3) の動作を行わせた。

1) 腹直筋は、仰臥位の被験者に両手で頭部後面を把持させ、肩甲骨下角がベッドから離床するまで体幹を屈曲保持させた。

2) 外腹斜筋は、仰臥位の被験者に両手で頭部後面を把持させ、体幹回旋と反対側の肩甲骨下角がベッドから離床するまで体幹部を回旋させた（体幹を捻る）。

3) 腹横筋は、仰臥位の被験者に両手で頭部後面を把持させ、外腹斜筋の反対で、体幹回旋側の肩甲骨下角がマットから離床するまで体幹部を回旋させた。

体幹部の背屈動作では、4) ～6) の動作を行わせた。

4) 脊柱起立筋は、伏臥位の被験者に両手で頭部後面を把持させ、臍がベッドから離床するまで、体幹を伸展させ（腰を反る）、最終肢位で保持させた。

5) 半腱様筋は、伏臥位の被験者に膝伸展で股関節の伸展を保持させた後（脚の挙上）、最終肢位を保持させ、験者の最大抵抗に負けないよう、その肢位を保持させた。

6) 大臀筋は、伏臥位の被験者に膝屈曲で股関節の伸展を保持させた後、終了肢位を保持させ、験者の最大抵抗に負けないよう、その肢位を保持させた。

2.4 体幹スタビライゼーショントレーニングの課題

スタビライゼーショントレーニングとして水泳選手が一般的に実施している次の2つの動作中の筋電図計測を実施した。

1) ヒップリフト課題

被験者が同様の姿勢に統一されるよう、動作の絵（図1）と説明「仰向けになり、両腕を身体の横におき、膝と足首を90度にしてください。肩-腰-膝を一直線にしてください。」の資料を提示した。動作が取れない場合は験者が補助を行い、数回の試技を実施した。統一された動作後、その状態で20秒間保持し、10秒～15秒の5秒間の体幹筋活動を記録した。なお、対象筋は腹横筋、脊柱起立筋、半腱様筋、大臀筋とした。

2) プランク課題

動作の絵（図2）と説明「うつ伏せになり、前腕とつま先で身体を支持してください。頭-肩-腰-膝-かかとを一直線にしてください。」の資料を提示した。その後は、ヒップリフトと同様に実施した。なお、対象筋は、腹横筋、脊柱起立筋、腹直筋、外腹斜筋とした。



Figure 1. Illustration of Hip-lift



Figure 2. Illustration of Plank

2.5 統計処理

統計処理には IBM SPSS Statistics21 を用い、各項目の結果は平均値と標準偏差を示し、一対の標本による t 検定を用いて比較した。なお、有意水準は 5% とした。

3. 結果

表1にはヒップリフト課題における Athlete 群と Non-athlete 群を比較した結果を示している。腹横筋では Athlete 群が 108.6±67.3%，Non-athlete 群が 43.1±26.9% であり、両群間には有意な差 ($p<0.05$) がみられた。一方、脊柱起立筋は Athlete 群が 54.6±22.0%，Non-athlete 群が 58.1±8.7% であり、半腱様筋は 34.6±12.3%，31.6±6.6%，大臀筋は 25.4±13.7%，31.7±17.1% であり、いずれも両群間には有意な差はみられなかった。

また、表1にプランク課題における Athlete 群と Non-athlete 群を比較した結果を示している。腹横筋では Athlete 群が 66.1±47.6%，Non-athlete 群が 60.1±17.9%，脊柱起立筋は 11.0±11.3%，11.9±6.3%，腹直筋は 53.6±10.1%，60.5±19.0%，外腹斜筋は 75.9±33.1%，

61.5±18.7% であり、いずれも両群間には有意差はみられなかった。

4. 考察

本研究は、運動中支持点がなく、体幹部の安定が競技結果に反映される可能性が大きい競泳選手を対象に、競泳のトレーニング、ウォーミングアップとして一般的に多く行われている2つの体幹スタビライゼーショントレーニング課題中の体幹筋活動を測定し、競技レベル差が生じるかを検討することを目的とし、実施した。

水中は陸上と比較して約 800 倍の密度を有するため、泳者はいかに抵抗を減らして、なおかつ出力するかが競技結果に反映される。そのため、競技場面ではスタートおよびターン後に水中で上肢を挙上したストリームライン姿勢をとり、また、泳中に水平でストリームラインに近い姿勢でストロークすることが求められ、この姿勢は水中抵抗を減らし、泳速度を高めるために競泳全種目の最も基礎的な動作である。これには、腰椎前弯を小さく保持し、身体ができるだけ一直線に近い姿勢をとることが良く、腰椎前弯を減少させるためには腹横筋などの体幹深部筋を働かせ、腰椎のアライメントを中間位（骨盤後傾）に導く必要がある (Bugdug, 1997, Lyttle et al., 2001, Havriluk et al., 2005, 金岡, 2011)。このことについて、小林ほか (2013) は、水中におけるストリームライン姿勢中、腰椎前弯増強が小さい群では大きい群と比較して内腹斜筋/腹横筋の筋活動量を増加させ、腰椎前弯増強を抑制している可能性を示唆している。また、陸上における立位でのストリームライン姿勢

Table 1. Comparison of subjects' characteristics and muscular activity

		Athlete	Non-athlete	difference
n		7	6	
Height, cm		159.8 +/-6.8	158.4 +/-4.2	n.s.
Weight, kg		53.05 +/-6.78	53.05 +/-4.8	n.s.
Body Mass Index, kg/m ²		20.72 +/-1.89	21.11 +/-1.68	n.s.
Muscular activity (%MMT), %				
Hip-Lift	Transversus abdominis muscle	108.6 +/-67.3	43.1 +/-26.9	$p<0.05$
	Erector spinae muscle	54.6 +/-22.0	58.1 +/-8.7	n.s.
	Semitendinosus muscle	34.6 +/-12.3	31.6 +/-6.6	n.s.
	Gluteus maximus muscle	25.4 +/-13.7	31.7 +/-17.1	n.s.
Plank	Transversus abdominis muscle	66.1 +/-47.6	60.1 +/-17.9	n.s.
	Erector spinae muscle	11.0 +/-11.3	11.9 +/-6.3	n.s.
	Rectus abdominis muscle	53.6 +/-10.1	60.5 +/-19.0	n.s.
	Obliquus externus abdominis muscle	75.9 +/-33.1	61.5 +/-18.7	n.s.

Mean+/-SD

Muscular activity: Maintain posture/Maximum MMT

の評価では、一般大学生が腰椎が反ったアライメントの姿勢であったのに対して競泳選手は胸椎後弯の減少、腰椎前弯の減少および骨盤前傾の減少が起こり、脊柱がより真っ直ぐなアライメントを示し、これには腹横筋の筋活動の高まりによって仙骨がより中間位に近い姿勢に導いていたと報告されている。さらに、競泳選手において立位でのストリームライン姿勢時に腰椎前弯の変化量が小さい選手では胸椎後弯の変化量が大きく、胸椎の伸展運動量が大きいことが示され、上肢を中心に動作し（プル動作）力を生み出す競泳では、重要なポイントとなることが明らかにされている。

本研究では、仰臥姿勢のヒップリフト課題と伏臥姿勢のプランク課題それぞれの動作中における筋活動の競技レベル差について着目したが、ヒップリフト課題中の腹横筋のみに有意な差が示された。一般的にヒップリフトやブリッジのような仰臥姿勢による骨盤挙上動作では広背筋などの背中の筋活動が優位になりやすい。言い換えれば、腹横筋の低活動による腹圧の低下が起こりやすい姿勢である。本研究において、ヒップリフト課題中に筋活動測定を行った腹直筋および外腹斜筋はアウター筋（体幹浅部）、腹横筋はインナー筋（体幹深部）と分けられる。アウター筋は大きな力を発揮する筋である一方、インナー筋は細かな動きのコントロールや背骨の一つ一つの安定性を高めるための筋であるとされる（三富と金岡, 2018）。インナー筋である腹横筋が他の筋に先立って収縮して脊柱の安定性を高めることで、筋力発揮を効率的に引き起こし、運動パフォーマンスの向上や障害予防に繋がるとされる（三富と金岡, 2018）。

本研究において、ヒップリフト課題中の腹横筋の筋活動に競技レベル差が示されたことは、Athlete 群は身体が不安定である水泳中に腹横筋によって姿勢の安定性を保持し、四肢の大きな出力を導くことに貢献している可能性が考えられる。Non-athlete 群がヒップリフト時に同じ形を取っているにも関わらず、腹横筋活動が低かった理由には、腹横筋活動は低く、大半の者が半腱様筋、脊柱起立筋を使って腰を挙上していたと考えられる。一方、プランク課題時の腹横筋に差が見られなかったのは、伏臥姿勢で脊柱を引き上げる姿勢のため、筋収縮を意識しやすい可能性があったと推察される。

以上のことから、身体の安定を保持するために重要となる腹横筋活動には競技レベル差がみられ、日常的に実施する体幹スタビライゼーショントレーニングの重要性と適切な筋収縮による姿勢保持の必要性が示される結果となった。しかしながら、本研究は、陸上のドライトレーニング時の筋活動を評価したに過ぎず、実際の水中での運動中に今回評価した筋がどのように貢献したかは不明である。ただ、腹横筋活動が水中の姿勢保持と泳運動にとって重要であることは先行研究からも明確であり、体幹スタビライゼーショントレーニング

時に適切に筋活動をコントロールすることは、水中トレーニングにおいても有効な筋活動につながる可能性が大きい。

今後、水泳中にターゲットとなる筋活動を導く手立てを探るためにも、動作に貢献するであろう様々な筋について測定を行い、どのように鍛えれば身体が浮上し、身体のブレを軽減できるかを多面的に検討する必要があると考える。

本研究は、平成 28 年度愛知教育大学教育学部保健体育選修卒業論文（提出者：石井杏華）の内容を再検討し、データの再分析等を行って執筆されたものである。

5. 参考文献

- 1) 阿江通良. 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. *Jpn J Sports Sci* 15, 155-162, 1996.
- 2) Baumgartner RN, Ross R, Heymsfield SB. Does adipose tissue influence bioelectric impedance in obese men and women? *J Appl Physiol* 84, 257-262, 1998.
- 3) Midorikawa T, Kondo M, Beekley MD, Koizumi K, Abe T. High REE in Sumo wrestlers attributed to large organ-tissue mass. *Med Sci Sports Exerc* 39, 688-693, 2007.
- 4) Oliver GD, Di Brezzo R. Functional balance exercises in collegiate women athletes. *J Strength Cond Res* 23(7), 2124-2129, 2009.
- 5) Durall CJ, Udermann BE, Johansen DR, et al.. The effects of preseason trunk muscle exercises on low back pain occurrence in women collegiate gymnasts. *J Strength Cond Res* 23(7), 86-92, 2009.
- 6) Matthew W, Angela EH, Kevin G, et al.. Isolated core exercises improves sprint performance in national-level junior swimmers. *Int J Sports Physiol Perf*, 10, 204-210, 2015.
- 7) 宮下智, 和田良広, 鈴木正則. 効果的な体幹筋トレーニング方法の検討—異なる運動における腹横筋と内腹斜筋の収縮厚から—。日本橋学館大学紀要 11, 41-51, 2012.
- 8) Stanton T, Kawchuk G. The effect of abdominal stabilization contractions on posteroanterior spinal stiffness. *Spine*, 33(6), 694-701, 2008.
- 9) 柳谷登志雄, 安藤達雄. BIOMECHANICS STABILIZATION OFFICAL BOOK. 日本スタビライゼーション協会（編）, 2009.
- 10) Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, et al.. Immediate effects of different trunk exercise program on jump performance. *Int J Sport Med*, 37(3), 197-201, 2016.
- 11) 横田智久, 野口雄慶. 生体インピーダンス法による体脂肪率および体幹部筋肉量推定値と体力・運動能力との関係, 266-271, 2013.

- 12) 森山進一郎, 金沢翔一, 北川幸夫, 柴田義晴. 競技経験のない一般女子学生のクロール泳における異なる速度による腹腔内圧および体幹筋活動の変化. 体力測定評価研究 15, 43-49, 2016.
- 13) Iizuka S, Imai A, Koizumi K, Okuno K, Kanaoka K. Immediate effects of deep trunk muscle training on swimming start performance. *Int J Sports Physical Reha* 11, 1048-1053, 2016.
- 14) 北村岳斗, 正木光裕, 近藤勇太, ほか. 競泳選手における腰痛と背部筋の筋および筋硬度との関連. *理学療法学 Suppl* 2015(0), 0077, 2016.
- 15) Bugdug N. *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum*, 3rd ed, Churchill Livingstone, Edinburgh 123-124, 1997.
- 16) 金岡浩治. コンディショニングの概要 体幹. *コンディショニング技術ガイド*. 臨床スポーツ医学編集委員会 (編), 文光堂, 東京, 2011.
- 17) Havriluk R. Performance level differences in swimming: a meta-analysis of passive drag force. *Res Q Exerc Sport* 76(2), 112-118, 2005.
- 18) Lyttle A, Benjanuvatra N, Blanksloy B, et al.. Body form influences on the drag experienced by junior swimmers. *International Research in Sports Biomechanics*. Routledge Publishing, London, 310-317, 2002.
- 19) 鈴木雄太, 浦辺幸夫, 前田慶明, 笹代純平, 森田美穂. ストリームライン姿勢での上肢挙上角度と脊柱アライメントの関係—大学競泳選手と一般大学生での比較—. *理学療法科学* 31(2), 209-212, 2016.
- 20) 小林啓介, 竹村雅裕, 金岡恒治, 高木英樹, 仙石泰雄, 宮川俊平. 水中ストリームライン姿勢時の腰椎アライメントと体幹筋群の筋活動. *体力科学* 62(6), 633-634, 2013.
- 21) 三富陽輔, 金岡恒次. トレーナーワークショップ. *月刊水泳* 4, 51, 2018.

(2018年9月25日受理)