

[原著論文：査読付]

競泳のスタートパフォーマンスとジャンプパフォーマンスとの関係

森 誠護¹⁾, 栗谷 健礼²⁾, 永田 聡典³⁾, 名頭 蘭 亮太¹⁾

Relationship between swimming start performance and jump performance

Seigo MORI¹⁾, Takenori AWATANI²⁾, Akinori NAGATA³⁾,
Ryota MYOTSUZONO¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationship between swimming kick start performance and jump performance. The subjects were 11 university male swimmers who started kicking on a daily basis. The start performance was measured by crawl swimming for 15 m. For the evaluation of the start performance, the operation from the start platform to the entry of water was recorded using a digital video camera. The calculation items were block time, kicking speed, and entry distance. The jump performance was evaluated by measuring squat jumps, vertical jumps, and vertical jumps. A linear position transducer was used to measure squat jump power and vertical jump. The squat jump was performed with a load of 30 kg (weights of 5 kg each on the left and right on a 20 kg shaft) without using arm swing or leg recoil. The vertical jump was measured 5 times by the counter movement jump using the recoil of the leg, and the average power, peak power, average velocity, and peak velocity were calculated. The measurement of the long jump jumped forward with recoil.

As a result, a significant negative correlation was found between the 10m time and the SQJ average power, SQJ peak power, CMJ average power, CMJ peak power, SLJ. A significant negative correlation was found between the 15m time and SQJ peak power, CMJ average power, CMJ peak power, SLJ. In addition, a significant positive correlation was found between kicking speed and the SQJ average power/body weight, SQJ average speed. A significant positive correlation was found between the entry distance and SQJ peak power, SQJ peak velocity.

From the above results, it was clarified that SQJ power contributes to kick start performance of swimming. When university male swimmer conducts SQJ training, not only peak power value and average power value but also the power value according to the weight of the athlete himself is important. In addition, in order to increase the power value, it is effective to carry out training while being aware of the lifting speed.

KEY WORDS : swimming start performance, squat jump, standing long jump

1) 九州共立大学スポーツ学部
2) 愛知淑徳大学健康医療科学部
3) 立正大学社会福祉学部

1) Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University
2) Faculty of Health and Medical Sciences, Aichi
Syukutoku University
3) Faculty of Social Welfare, Rissho University

1. 緒言

競泳のレースは、スタート局面・ターン局面・フィニッシュ局面・ストローク局面の4局面に分類される。日本水泳連盟科学委員会は国内主要大会においてレース分析を実施し、その資料を現場のコーチ及び選手に提供している。この中でもスタートシグナルから泳者の頭部が15m地点を通過するまでの区間を指すスタート局面は、短距離である50m種目で30%、100m種目で15%を占めている。そのためスタート局面におけるタイム短縮は、短距離種目のレースタイムを向上するために重要な要素である。

2010年以降の国際大会及び国内大会ではバックプレート付きのスタート台が導入されており、このバックプレートを用いたスタートはキックスタートと呼ばれている³⁾。このキックスタートに着目した研究はこれまでに多く報告されている。Honda et al.³⁾は、キックスタートの5m及び7.5m通過時間はバックプレートを用いずに行うトラックスタートと比べて有意に短いと報告している。またスタート台上の動作ではトラックスタートに比べてキックスタートは高い跳び出し水平速度を獲得できることが報告されている^{3), 8), 9), 19)}。これは競泳のスタートでは競泳競技規則(SW4.1.2)により、スタート時にスタート台前方に少なくとも片方の足を掛けることが定められており、もう片方の足をバックプレートに置き、より大きな力を後方へ作用することができるため、トラックスタートに比べて跳び出し水平速度が向上したものと考えられる。このように、より高い跳び出し水平速度を獲得するためには、後方へ作用する力、すなわち高い筋力発揮能力が必要とされる。なお、従来の足を揃えてスタート動作を行うクラブスタートでは、下肢の関節トルクの中でも膝関節伸展トルクが最も大きな値を示しているとの報告がある¹⁷⁾。

下肢のパワー発揮能力の測定手段として垂直跳びや立幅跳び、スクワットジャンプが一般的に用いられている。特に垂直跳びは、体力の指標を示すものとして重要な役割を果たしており、股関節の仕事量の増加により跳躍高が増加することが報告されている^{1), 11)}。立幅跳びは跳躍方向の制御に伴って技術的課題が複雑な跳動作⁶⁾であり、高い下肢筋力を有していることが立幅跳びの踏切動作中のパワー発揮に必ずしも反映されておらず、跳躍距離にも直結しないことが報告されている¹⁹⁾。通常、垂直跳びの跳躍高や立幅跳びの跳躍長を計測する際には、腕振り動作と下肢の反動動作を

用いることで跳躍高を増加させるが、競泳のキックスタート動作時には「take your make (s)」の合図で静止し、ピストルの合図で前方へ跳び出すため、この腕振り動作や下肢の反動動作を伴わない動作を行う。このためスクワットジャンプと呼ばれる動作を前方へ向けて行うことになる。このスクワットジャンプに関する先行研究において、原ら²⁾は、スクワットジャンプにおける股関節初期角度の違いがパフォーマンスに与える影響について検討しており、スクワットジャンプにおける跳躍高は動作初期の股関節角度を可能な限り小さくすることで上昇したと報告している。また、スクワットジャンプにおけるパワー発揮値は、ジャンプ高や陸上でのスプリントパフォーマンスと相関関係が認められている^{13), 14)}。これらのことから、スクワットジャンプは閉鎖性運動連鎖による下肢の総合的な筋パワー発揮能力の評価には適していると考えられている¹²⁾。

競泳選手を対象とした下肢筋力とキックスタートパフォーマンスの関連性について、水藤らは¹⁵⁾キックスタートパフォーマンスと脚筋力との関係について、前方脚の膝関節伸展等尺性筋力と5m通過時間及び身体重心水平速度の間に有意な相関関係が認められたものの、等速性筋力との関連性は見られていないと報告している。前述したように、競泳のスタート動作は膝関節のみの筋力発揮ではなく、股関節や足関節などを含めた複合的な筋パワー発揮となるため、スクワットジャンプのような動作と同様に下肢全体の筋パワー発揮との関係性を明らかにする必要がある。Keiner et al.⁵⁾は、下肢の筋力やジャンプパフォーマンスがクロール泳による100mレース中のスタートパフォーマンスに与える影響について検討しており、スタート後5mのタイムはスクワット1RM、体重1kgあたりのスクワット1RM、スクワットジャンプの跳躍高と有意な負の相関関係にあり、スタート後15mのタイムはスクワット1RM、体重1kgあたりのスクワット1RM、スクワットジャンプの跳躍高、カウンタームーブメントジャンプの跳躍高と有意な負の相関関係にあったと報告している。しかし、このKeiner et al.⁵⁾の研究におけるスタートパフォーマンスは、100mレース中の5m通過時間及び15m通過時間のみであり、スタート台上から入水するまでのスタート動作との関連性についてはまだ明らかにされていない。

そこで本研究では、競泳キックスタートパフォーマンスとジャンプパフォーマンスとの関係性について明らかにし、スタート局面のパフォーマンス向上に有効

Table.1 Characteristics of the subjects

Age	(years)	19.82 ± 1.47
Height	(cm)	170.54 ± 6.45
Body Weight	(kg)	64.91 ± 7.36
%Body Fat	(%)	12.26 ± 1.65
n=11		(Mean ± S.D)

なトレーニング方法の基礎資料を得ることを目的とした。

2. 方法

2-1. 被験者

本研究の被験者は、日本学生選手権出場レベルにある大学男子競泳選手11名（年齢：19.82±1.47歳，身長：170.54±6.45cm，体重：64.91±7.36kg，体脂肪率12.26±1.65%）を対象とした（Table.1）。なお，全被験者が日常的にキックスタートを行なっている。全被験者には事前に実験の趣旨と内容について説明し，書面にて参加の同意を得た。本実験は九州共立大学倫理委員会の承認（承認番号2016-01）を得て実施した。

2-2. スタートパフォーマンス測定

スタートパフォーマンスの測定は，公益財団法人日本水泳連盟公認屋内プール（25m×6レーン，水深1.35m）にて実施した。バックプレート付きのスタート台を用いてクロール泳による15m全力泳を計4本実施した。なお，その際のバックプレートの位置は被験者が日常的にスタートを実施している位置で行なった。スタートパフォーマンスを評価するため，スタート台上から入水するまでの動作をプール水上側方からデジタルビデオカメラ（EXILIM EX-ZR300，CASIO社製）を用いて撮影速度240fpsで撮影し，ブロックタイム，腰部の跳び出し速度，入水距離を計測した。視認性を高めるために，実験前には泳者の腰部にビニールテープを用いてマーキングを行なった。撮影された映像から，画像分析ソフト（G-dig，フォーアシスト社製）を用いて手動デジタイズを行ない，2次元DLT（Direct Linear Transformation）法にて2次元座標値を算出した。なお，腰部の跳び出し速度は泳者の前脚が台上から離れてから0.05秒後までの移動速度とした。また，ブロックタイムを算出するためにカメラ前部には

LEDランプを設置し，スタートシグナルと同時に点灯させた。10m及び15mの通過時間は，ストップウォッチを用いてスタート合図から被験者の頭部が10m及び15m通過するまでの時間を手動で計測した。

2-3. ジャンプ測定

陸上におけるジャンプパフォーマンスを評価するため，スクワットジャンプ，垂直跳び，立幅跳びを計測した。スクワットジャンプパワー及び垂直跳びの計測にはリニアポジショントランスデューサー（GymAware，Kinetic Performance社製）を用いた。本装置のワイヤーをスクワットジャンプ時はシャフト右端に，垂直跳び時は腰ベルトにそれぞれ装着した。スクワットジャンプ（以下，SQJとする）は，腕の振込みや脚の反動を用いずに30kgの負荷（20kgのシャフトに左右5kgずつのウエイトを装着）にて実施した。垂直跳びの計測は，脚の反動を用いるcounter movement jump（以下，CMJとする）にて最大努力で各5回実施し，平均パワー，ピークパワー，平均速度，ピーク速度を算出した。なお，分析には5回実施した中でピークパワーが最大値及び最小値を示した2試技を除く3試技の平均値を各被験者の代表値とした。

立幅跳び（以下，SLJとする）の計測は，助走をつけずに腕や体で反動をつけて前方へ跳躍し，踏切位置から着地時の踵までをメジャーにて計測をした。なお，計測は2回実施し，分析には平均値を各被験者の代表値とした。

2-4. 統計処理

本研究では，全ての値を平均値±標準偏差（Mean ± S.D）で示した。

各測定結果については，正規性を検定するため，Shapiro-Wilk検定を実施し，各測定値の正規性を確認した後，スタート測定とジャンプ測定との関係性を検討するため，ピアソンの相関分析を行なった。なお，

統計処理にはIBM SPSS Statistics 26を用い、有意水準は $p<0.05$ とした。

3. 結果

3-1. スタートパフォーマンス測定結果

Table.2にスタートパフォーマンス測定結果を、Table.3にスタートパフォーマンスにおける測定項目間の関係性をそれぞれ示した。本研究では、10m通過タイムと15m通過タイム ($r=0.855$, $p<0.01$) との間に有意な正の相関関係が、また15m通過タイムと入水距離 ($r=-0.654$, $p<0.05$) との間に有意な負の相関関係がそれぞれ認められた。

3-2. ジャンプ測定結果

Table.4にSQJ, CMJ, SLJの測定結果を示した。平均パワー、ピークパワー、平均パワー/体重、平均速度、ピーク速度の全ての変数間において、CMJの値がSQJの値よりも高い値を示していた。なお、SLJの平均値は 2.40 ± 0.12 mであった。

3-3. スタートパフォーマンスとジャンプ測定の関係

スタートパフォーマンスの測定結果とジャンプ測定結果との関係性を調べたところ、ブロックタイムは、CMJの平均パワー/体重 ($r=0.669$, $p<0.05$) との間のみ有意な正の相関関係が認められた。10m通過タイムは、SQJの平均パワー ($r=-0.653$, $p<0.05$) 及びピ

Table.2 Results of Start Performance

Block Time	(s)	0.71 ± 0.04
10m Time	(s)	3.86 ± 0.16
Start Performance 15m Time	(s)	6.42 ± 0.30
Velocity at take-off	(m/s)	5.07 ± 0.40
Flight Distance	(m)	2.98 ± 0.29

Table.3 Relationship between start performance measurement

	10m Time	15m Time	Velocity at take-off	Flight Distance
Block Time	-0.142	-0.135	0.224	0.096
10m Time		0.855**	0.106	-0.533
15m Time			-0.128	-0.654*
Velocity at take-off				0.498

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

Table.4 Results of SQJ, CMJ, SLJ

SQJ	Mean Power	(W)	1656.49 ± 199.24
	Peak Power	(W)	3618.12 ± 514.67
	Mean Power/BW	(W/kg)	25.59 ± 2.35
	Mean Velocity	(m/s)	1.22 ± 0.08
	Peak Velocity	(m/s)	2.39 ± 0.15
CMJ	Mean Power	(W)	2309.76 ± 380.21
	Peak Power	(W)	5140.87 ± 1437.70
	Mean Power/BW	(W/kg)	35.71 ± 5.67
	Mean Velocity	(m/s)	1.63 ± 0.14
	Peak Velocity	(m/s)	3.16 ± 0.27
SLJ		(m)	2.40 ± 0.12

Table.5 Relationship between start performance measurement

	SQJ					CMJ					SLJ
	Mean Power	Peak Power	Mean Power/BW	Mean Velocity	Peak Velocity	Mean Power	Peak Power	Mean Power/BW	Mean Velocity	Peak Velocity	
Block Time	-0.293	-0.061	-0.22	-0.261	-0.114	0.484	0.083	0.669*	0.471	0.33	0.123
10m Time	-0.653*	-0.827**	0.146	-0.036	-0.415	-0.714*	-0.648*	-0.179	-0.277	-0.196	-0.679*
15m Time	-0.519	-0.743**	-0.073	-0.202	-0.548	-0.703*	-0.648*	-0.404	-0.326	-0.359	-0.621*
Velocity at take-off	0.249	0.091	0.738**	0.684*	0.475	0.147	-0.240	0.410	0.189	-0.039	-0.376
Flight Distance	0.490	0.654*	0.209	0.295	0.672*	0.507	0.471	0.280	0.076	0.191	-0.002

**p<0.01, *p<0.05

ークパワー ($r=-0.827$, $p<0.01$), CMJの平均パワー ($r=-0.714$, $p<0.05$) 及びピークパワー ($r=-0.648$, $p<0.05$), SLJ ($r=-0.679$, $p<0.05$) との間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。15m通過タイムは, SQJのピークパワー ($r=-0.743$, $p<0.01$), CMJの平均パワー ($r=-0.703$, $p<0.05$) 及びピークパワー ($r=-0.648$, $p<0.05$), SLJ ($r=-0.621$, $p<0.05$) との間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。腰部の飛び出し速度は, SQJの平均パワー/体重 ($r=0.738$, $p<0.01$) 及び平均速度 ($r=0.684$, $p<0.05$) との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。入水距離は, SQJのピークパワー ($r=0.654$, $p<0.05$) 及びピーク速度 ($r=0.672$, $p<0.05$) との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。

4. 考察

スタート局面では高い飛び出し速度が必要となるため, スタート台へ大きな力積を加えることが必要となる。競泳のスタート動作は膝関節だけではなく, 股関節や足関節などを含めた複合的な筋パワー発揮となるため, SQJやCMJ, SLJのようなジャンプ動作による下肢全体の筋パワー発揮との関係性を明らかにする必要がある。Keiner et al.⁵⁾ は, スタート後5mのタイムはスクワット1RM, 体重1kgあたりのスクワット1RM, SQJの跳躍高と有意な負の相関関係にあり, スタート後15mのタイムはスクワット1RM, 体重1kgあたりのスクワット1RM, SQJの跳躍高, CMJの跳躍高と有意な負の相関関係にあったと報告している。本研究において10m通過タイムは, SQJの平均パワー及びピークパワー, CMJの平均パワー及びピークパワー, SLJとの間に有意な負の相関関係が認められた。また15m通過タイムは, SQJのピークパワー, CMJの平均パワー及びピークパワー, SLJとの間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。競泳のスタート局面は,

スタート台上でのブロック期, 空中でのフライト期, 完全入水までのエントリー期, ストロークを開始するまでのグライド期の4つに分けることができ, 本研究で算出したブロックタイム及び腰部の飛び出し速度はブロック期の評価, 入水角度及び入水距離はフライト期からエントリー期の評価, 10m通過タイムと15m通過タイムはスタート局面全体の評価となる。このため, 10m通過タイムではブロック期からグライド期初期の評価となり, 15m通過タイムではブロック期からグライド期までのスタート局面全体の評価となる。このことから, SQJの平均パワー及びピークパワー, CMJの平均パワー及びピークパワー, SLJのジャンプパフォーマンスを向上させることはクロール泳におけるスタート局面のパフォーマンスを向上するためには有効な手段であることがわかる。

スタート局面のブロック期において, キックスタートはバックプレートを使用しないトラックスタートに比べて高い飛び出し水平速度を獲得できることが報告されており^{3), 8), 9), 10)}, より高い飛び出し水平速度を獲得するためには, 後方への高い筋力発揮能力が必要となる。本研究における腰部の飛び出し速度はブロック期の評価であり, SQJの平均パワー/体重 ($r=0.738$, $p<0.01$) 及び平均速度 ($r=0.684$, $p<0.05$) との間に有意な正の相関関係が認められた。これは, ブロック期のパフォーマンスを向上させるためには, SQJのパワー絶対値を高めることよりも, 選手自身の体重に応じたパワーが必要となる。また, SQJの平均速度と腰部の飛び出し速度との間に有意な正の相関関係が認められたことから, SQJのパワーを向上させるためにはSQJの重量を増やすことよりも平均挙上速度を意識したトレーニングを実施することが必要である。

スタート局面のフライト期及びエントリー期の評価である入水距離ではSQJのピークパワー ($r=0.654$, $p<0.05$) 及びピーク速度 ($r=0.672$, $p<0.05$) との間に有意な正の相関関係が認められた。水藤ら¹⁶⁾ は,

入水距離について筋力あるいは筋パワーの影響が大きく関与することを示唆しており、村松ら⁷⁾の報告では垂直跳び高と入水距離の間には有意な正の相関関係が認められ、入水距離と15m通過タイムについても有意な負の相関関係が認められたと報告している。本研究においても入水距離と15m通過タイムの間には有意な負の相関関係が認められていることから、SQJのピークパワーを向上することで入水距離に貢献し、その結果として15m通過タイムに良い影響を及ぼすことが明らかとなった。また、このSQJのピークパワーを向上させるためには、ピーク速度を意識したトレーニングを実施することが必要である。

5. 結論

本研究では、競泳キックスタートパフォーマンスとジャンプパフォーマンスとの関係性について明らかにすることで、スタート局面のパフォーマンス向上に有効なトレーニング方法の基礎資料を得ることを目的とした。その結果、10m通過タイムはSQJ平均パワー、SQJピークパワー、CMJ平均パワー、CMJピークパワー、SLJとの間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められ、15m通過タイムはSQJピークパワー、CMJ平均パワー、CMJピークパワー、SLJとの間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。また腰部の跳び出し速度はSQJ平均パワー/体重、SQJ平均速度との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められ、入水距離はSQJピークパワー、SQJピーク速度との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。以上の結果から、SQJパワーは競泳のキックスタートパフォーマンスに貢献していることが明らかとなった。このことから大学生競泳選手がSQJトレーニングを実施する際には、ピークパワー値及び平均パワー値だけでなく選手自身の体重に応じたパワー値が重要となり、パワー値を高めるためには挙上速度を意識してトレーニングを実施することが有効である。

参考文献

- 1) Fukashiro, S. and Komi, P. V. (1987) : Joint moment and mechanical power flow of the lower limb during vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 15-21
- 2) 原樹子, 立正伸, 横澤俊治, 平野裕一 (2008) : スクワットジャンプの股関節初期角度の違いがパフォーマンスに与える影響. *Japanese Journal of Elite Sports Supports* 1, 21-31.
- 3) Honda KE., Sinclair PJ., Mason BR., Pease DL. (2010) : A biomechanical comparison of elite swimmers start performance using the traditional track start and the new kick start. *Biomechanics and medicine in swimming XI*. 94-96.
- 4) Ikeda, Y., Ichikawa, H., Nara, R., Baba, Y., Shimoyama, Y. (2016) : Does installation of the backstroke start device reduce 15-m start time in swimming? *Journal of Sports Sciences*. 35 (2) , 189-195.
- 5) Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., and Haff, G. Gregory. (2021) : The Influence of upper- and lower-body maximum strength on swim block start, turn, and overall swim performance in sprint swimming. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 35 (10) , 2839-2845.
- 6) 窪康之, 阿江通良 (2005) : 力学的エネルギーからみた立幅跳の踏切動作における技術トレーニングの効果. *バイオメカニクス研究* 9 (4) , 205-216
- 7) 村松愛梨奈, 浅井泰詞, 松田有司, 岩原文彦, 松井健. (2017) : 日本水泳連盟科学委員会報告平成27年度エリート小学生研修合宿(競泳)における科学サポート. *水泳水中運動科学*. 20 (1) , 5-9.
- 8) Nomura, T., Takeda, T., and Takagi, T. (2010) : Influences of the back plate on competitive swimming starting motion in particular projection skill. *XI International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings* 11, 135-137
- 9) Ozeki, K., Sakurai, S., Taguchi, M., and Takise, S. (2012) : Kicking the back plate of the starting block improves start phase performance in competitive Swimming. *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports*, 373-376
- 10) 尾関一将, 桜井伸二, 田口正公 (2014) : 競泳におけるキックスタートとトラックスタートの比較. *水泳水中運動科学*, 17 (1) , 4-11
- 11) 佐川和則, 禿正信, 松本晃雄. (1989) : 垂直跳びの反動動作が下肢関節の機械的仕事へ及ぼす影響. *Japanese Journal of Sports Science* 8, 635-640
- 12) 下河内洋平, 井川貴裕, 渡邊有実, 油谷浩之, 井口理, 内田靖之, 楠本繁生. (2013) : 大学女子ハンドボール選手における踏切脚と非踏切脚による

- リバウンドジャンプ遂行能力と両脚スクワット1RMおよびスクワットジャンプ最大パワー発揮能力との関係性の相違. トレーニング指導1 (1), 4-9.
- 13) Sleivert, G., and Taingahue, M. (2004) : The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology* 9, 146-52.
- 14) 菅野昌明, 濱田和樹, 長谷川裕. (2017) : ジャパントップリーグに所属するラグビー選手におけるスプリントスタート変数と筋機能の関係. トレーニング指導. 2 (1) , 11-17
- 15) 水藤弘吏, 尾関一将, 布目寛幸, 池上康男. (2015) : 競泳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.
- 16) 水藤弘吏, 高橋篤史, 村松愛梨奈, 森誠護, 松井健. (2014) : 日本水泳連盟科学委員会報告平成25年度競泳ナショナル強化選手合宿(鈴鹿)における科学サポート. *水泳水中運動科学*. 17 (1), 22-25.
- 17) 武田剛, 市川浩, 杉本誠治 (2007) : 競泳クラブスタートの跳び出し角度に与える動力学的要因. *バイオメカニクス研究*. 11 (3) , 183-197
- 18) Takeda, T., Sakai, S., Takagi, H., Okuno, K., Tsubakimoto, S. (2017) : Contribution of hand and foot force to take-off velocity for the kick-start in competitive swimming. *Journal of Sports Sciences*. 35 (6) , 565-571.
- 19) 横澤俊治, 熊川大介, 荒川裕志, 勝亦陽一, 赤木亮太 (2016) : 立幅跳踏切動作中の下肢関節パワーと等速性最大筋力との関係に関するバイオメカニクスの研究. *体育学研究*. 61, 173-184.

Received date 2021年11月26日

Accepted date 2022年1月17日