

水中動作と陸上動作の関連性の考察 —ジャンプ動作を用いた介入研究—

東京 YMCA 社会体育・保育専門学校

奥玉 南

他 2 名

I. 序論

水泳において「けのび」は最も基本的かつ共通する動作である。あらゆる泳者の水泳能力(以下泳力)は、「けのび」で表される。先行研究では、小山田・合屋(2004)は、「初心者(未熟練者)は到達距離が短く、トップスイマーは到達距離が長かった。従って、泳ぎの速い者はけのび動作において長い距離を進むことができる。」と述べている。また、土居・小林(1985)は、「けのび」の技術は、自らの抵抗を皮膚感覚でとらえたり、抵抗を小さくするための姿勢の取り方、あるいは体のコントロールなど各種泳法の動作と大きく関連していると述べている。このことから、「けのび」到達距離の長短が泳者の泳力を判断すると言っても過言ではない。

「けのび」は一般的には、流線型の姿勢(以下ストリームライン)を作り、水中に水平の姿勢を保つことが重要であると考えられているが、実際には壁をしっかり蹴ることが重要であることが示唆されている(中島・高木,2017)。

「壁をしっかり蹴る」という動作を陸上で考えた時、陸上では身体は垂直ではあるが、ドロップジャンプが「けのび」の壁を蹴る動作と類似していると考えられる。

ドロップジャンプとはある高さの台上から跳び降りた後、すぐに最大跳躍を行わせる運動のことであり、飛び降りた直後に比較的短い踏切時間での跳躍が求められる運動である。この時、筋腱はゴムのように引き伸ばされた後に、その弾性要素を利用して短縮している1)とされ、筋腱の性質は **Stretch shortening cycle**(以下 **SSC**)と呼ばれている(深代,2000)。スポーツパフォーマンスを向上させるためには、下肢の **SSC** 運動の遂行能力を高めることが重要な一要因になることが指摘されている(図子・高松,1995)

このドロップジャンプは、陸上競技や球技スポーツにおいては、走行や跳躍時に足をばねのように一度曲げてから瞬時に地面を蹴り出すというような動作が当てはまる(佐久間,西村,大畑,市橋,2009)。

「けのび」とドロップジャンプは壁、床を強く蹴るという点で共通点があると考えられるが、奥玉ら(2023)の「けのび」と **DJ** の関係を明らかにした研究では、「『けのび』とドロップジャンプはそれぞれの能力の関係性は低いが、動作は類似している点があった。」と

述べ、さらに『けのび』と DJ の類似点であった足関節の動作である SSC 運動を用いた介入的な実験をすることで、DJ がけのびに及ぼす影響についても検討していきたい」という課題を残している。

このことは、DJ の継続的に練習をすることで、「けのび」にとって最も重要な壁をしっかりと蹴ることを習得する可能性があるかと予測される。

そこで本研究では、DJ を継続的に行った場合、水中動作の「けのび」にどのように影響があるか検討する事を目的とした。

II. 研究の方法

1. 対象者

対象者は、東京 YMCA 社会体育・保育専門学校社会体育課程男子学生 8 名(平均年齢 19.0 ± 0 歳)とした。対象者は、1 年間、水泳・水中運動の授業で水泳を練習しているがその泳力にはばらつきがあり、100m 個人メドレー平均 105.9 ± 25.6 秒、200m クロール泳平均 230.5 ± 56.6 秒であった。

本研究に参加するに先立って、対象者には実験の趣旨とその危険性を事前に説明し同意を得た。

2. 介入について

本研究は、介入の方法として DJ の継続的な練習を実施した。

- 1) 介入の前に「けのび」到達距離および DJ の測定を実施した。
- 2) 週 1 回、DJ 練習を実施した (計 3 回)
- 3) DJ 練習は、1 回の練習で 10 回実施した。
- 4) DJ 練習の 3 回目に DJ の測定をした。
- 5) 3 回の DJ 練習後(別日)に「けのび」到達距離の測定を実施した。

3. 測定および評価方法

1) 「けのび」の測定について

「けのび」の測定を行う際には、プール(縦 25m, 横 11m, 深さ 1.2m)を使用した。対象者に対しては最大努力で「けのび」動作を行って出来る限り遠くまで到達するよう指示した。この時「けのび」動作開始から推進が停止し足を付くまでの区間を陸上 1 台、水中 1 台、計 2 台のビデオカメラ(Xacti DMX-WH1E, SANYO 社製)を用いて撮影した。陸上カメラは、対象者が「けのび」動作を行うレーンの反対側のプールサイド上で、スタート地点から 7m 地点付近までを撮影可能な位置に設置し、到達距離を測定するのに用いた。一方水中カメラは、スタート地点から 1.25m 離れ、水底から 1.0m の地点に設置し、準備局面および壁蹴り後の動作を左側方から撮影し、水中動作を分析するのに用いた。なお対象者には画像分析用マーカーとして左大転子、試技は 2 回実施し、どちらか良い方の記録を用いた。その際対象者には「全力で到達距離が長い『けのび』を目指す」ことを指示した。

(1) 「けのび」到達距離

プールに 5m~15m まで 2m 毎に 5 点のキャリブレーションポイントを設け、キャリブレーション用のロープを張り、あらかじめ陸上カメラ映像の校正作業を行った。画像分析

ソフト（フォーアシスト社製 G-Dig）を用いて、「けのび」動作開始から推進が停止し足を付いた時の頭頂部の位置座標を取得し、スタート地点からの距離に換算した。

(2) 壁を蹴る瞬間の初速度（以下速度）

速度は、対象者が「けのび」動作行う地点で、対象者の矢状面方向にキャリブレーションフレーム（縦 0.8m，横 2.0m）を設置し、較正作業を行った後、画像分析ソフト（フォーアシスト社製 G-Dig）にて、身体各部位の二次元座標を取得し、大転子の位置座標を時間微分することによって速度を算出した。

2) ドロップジャンプ(以下, DJ)の測定について

台高 0.3 m からの DJ とし、腕の振り込みによる影響が無いように手を腰に当てた姿勢で行わせた。試技回数は、2~3 回行わせ、跳躍高が一番高かったものを分析した。被験者には、試技を行う際にできるだけ短い接地時間で高く跳び上がるように指示し、試技を正確に遂行できるようにするために、いずれの被験者にも事前に練習を行わせた。測定項目は、跳躍高、接地時間、滞空時間とした。分析はスマートフォンアプリケーション「My Jump2」を使用し、高速カメラでジャンプを撮影した映像からフレームを使って時間を算出した。滞空時間は、手作業で動画のフレームを選択することによって、被験者が地面を離れた第 1 フレーム(離地)と再び地面に接触した第 2 フレーム(着地)を選択することにより、その間の時間を測定した。接地時間も同様に、着地した瞬間から離地した瞬間に要した時間とした。跳躍高は $h = t^2 \times 1.22625$ または $h = (g \cdot t^2) / 8$ の式を用いて計算した。ここで h は重心の総変位(m)(跳躍高)であり、 t は総滞空時間(秒)、 g は重力加速度(9.81 m/s²)とした。また、RSI について Reactive strength index (RSI) は着地と踏み切りを伴う跳躍運動中の滞空時間あるいは跳躍高を接地時間で除した変数であり、競技パフォーマンスを推定するパラメータとして使用されている(Cronin, 2005)。

4. 統計処理

「けのび」の到達距離と速度は、DJ 練習の介入前後、DJ については、跳躍高・滞空時間・接地時間・RSI は練習前と 3 回目後における測定値の平均を t 検定を用いて有意差の検定を実施した。統計処理はマイクロソフト社エクセル 2021 を使用した。

Ⅲ. 結果

1. 介入前後の「けのび」到達距離および速度

1) 「けのび」到達距離(図 1,表 1)

「けのび」到達距離は, 介入前 $8.74 \pm 1.73\text{m}$, 介入後 $8.49 \pm 1.23\text{m}$ であった. 介入前後の平均値を t 検定で検定した結果, 両群に有意差は認めらなかった ($p=0.74$).

2) 速度(図 2,表 1)

速度は, 介入前 $2.65 \pm 0.41\text{m/秒}$, 介入後 $2.90 \pm 0.29\text{m/秒}$ であった. 介入前後の平均値を t 検定で検定した結果, 両群に有意差は認めらなかった ($p=0.09$).

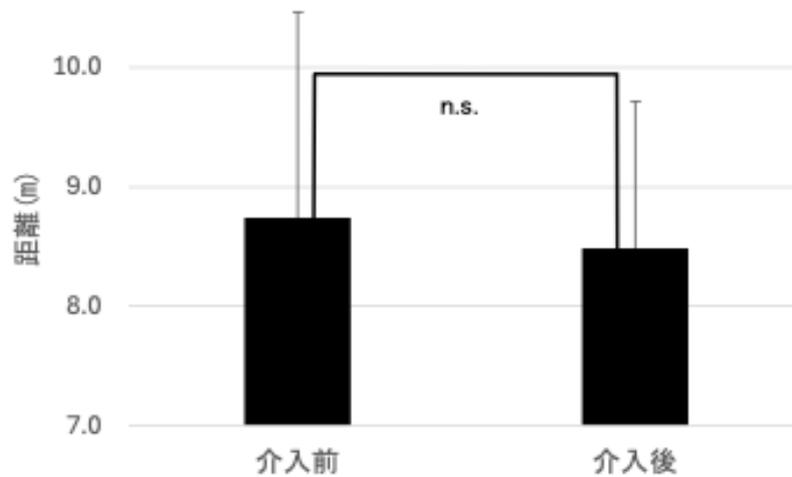


図 1 介入前後の「けのび」到達距離

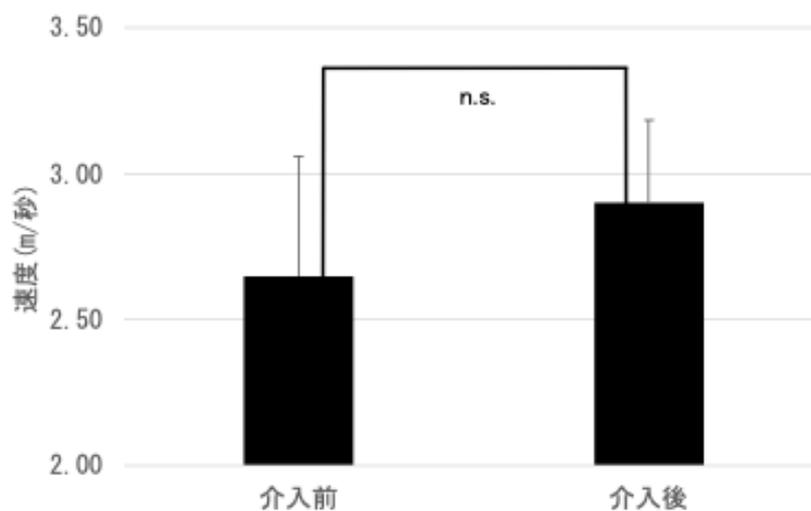


図 2 介入前後の速度

表 1 介入前後の「けのび」到達距離および速度の測定値と検定

けのび到達距離 (m)	平均	SD	t検定	
介入前	8.74 ±	1.73	$p=0.74$	n.s.
介入後	8.49 ±	1.23		
速度 (m/秒)	平均	SD	t検定	
介入前	2.65 ±	0.41	$p=0.09$	n.s.
介入後	2.90 ±	0.29		

2.DJ 測定値

1)DJ の各測定値(表 2)

DJ の練習後における練習前と 3 回目後の測定値を表 2 に示した。

表 2 DJ の格測定値

飛躍高 (cm)	平均	SD	t検定	
練習前	22.59	6.18	$p=0.18$	n.s.
3回目後	26.83	6.69		
滞空時間 (秒)	平均	SD	t検定	
練習前	0.426	0.060	$p=0.19$	n.s.
3回目後	0.465	0.061		
接地時間 (秒)	平均	SD	t検定	
練習前	0.235	0.013	$p=0.71$	n.s.
3回目後	0.240	0.030		

2)RSI(図 3,表 3)

DJ の測定値から算出した RSI の評価値は、練習前 1.82 ± 0.28 , 3 回目後 1.97 ± 0.43 であった。両者の平均を t 検定で検定した結果、両群に有意差は認めなかった ($p=0.37$)。

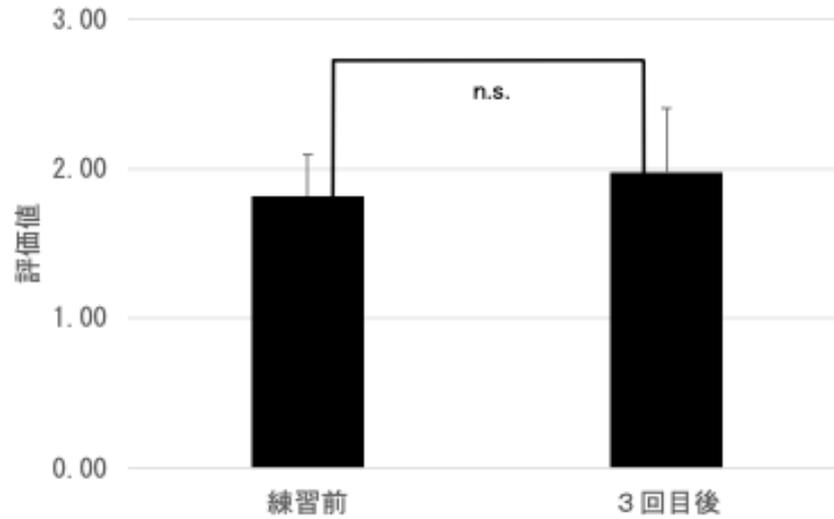


図 3 練習前と3回目後の RSI

表 3 練習前,3 回目後の RSI の評価値と検定

RSI	平均	SD	t検定	
練習前	1.82	± 0.28	$p=0.37$	n.s.
3 回目後	1.97	± 0.43		

IV. 考察

DJ の継続的な介入前後の「けのび」到達距離および速度に有意な差は認められなかった（図 1、2）。このことから DJ を継続的に介入しても、けのびのパフォーマンスには影響しない事が考えられる。奥玉ら(2023)の「けのび」と DJ の関係を明らかにした研究でも、けのびと DJ 間の能力の関係性は低いと述べていることから、今回の結果はその報告を裏付ける結果となった。

一方で、奥玉ら(2023)はけのびと DJ は「動作が類似していた」と報告している。本研究では被験者にけのびと DJ の動作の類似性については説明せず、DJ 実施の際の意識付けは「できるだけ短い接地時間で高く跳び上がる」ことのみであった。トレーニングの基本原則のひとつに「意識性の原則」がある。意識性の原則とはトレーニングの意義や内容を理解して行うことでありトレーニングの目標・手段等を自覚することトレーニング効果が得られることを意味している（高松，2019）。本研究では DJ の動作の実施をけのびのトレーニングとしての視点で被験者へ説明していない。このことから、けのびのトレーニングとして DJ を実施してないことが DJ がけのびに影響を与えなかった要因のひとつである事が予想される。

V. 結論

本研究では、DJ を継続的に行った場合、水中動作の「けのび」にどのように影響があるか検討する事を目的とした。対象者は、対象者は、東京 YMCA 社会体育・保育専門学校社会体育課程男子学生 8 名(平均年齢 19.0 ± 0 歳)とした。

結果は以下の通りとなった。

- ①DJ の継続的な介入前後の「けのび」到達距離および速度に有意な差は認められなかった。
- ②トレーニングの意識性の原則から、けのびのトレーニングとして DJ を実施していないことが、継続的な DJ 実施後のけのびに影響を与えなかった要因のひとつである事が予想される。

以上のことから、DJ を継続的に実施をさせた場合でも、けのびに影響を与える可能性は低い事が考えられる。但し、けのびと DJ の類似点を動作のトレーニングとして意識付けし、実施することでけのび動作習得に影響を与える可能性が示唆されるため、今後の課題としたい。

VII. 文献

土居陽治郎・小林一敏（1985）「けのび」のモデルによる解析．東京体育学研究，12：pp115-118.

合屋十四秋（2009）水泳の基本動作「けのび」の巧拙と習熟過程に関するバイオメカニクスの研究．広島大学博士学位論文．

中島きよ・高木英樹（2017）「けのび」動作における準備局面の姿勢変換に着目した指導法に関する実証的研究．体育学研究，62(2)：pp465-474.

小山田早織・合屋十四秋（2004）大学生男子トップスイマーの「けのび」動作と力発揮．愛知教育大学保健体育講座研究紀要，29：pp1-6.

奥玉南・中島きよ・渡邊夏海(2023) 水中動作と陸上動作の関連性の考察,令和5年度公益財団法人東京都私学財団私立学校研究助成事業，pp518-526

Cronin JB, Hansen KT(2005) Strength and power predictors of sports speed. J Strength Cond Res; 19: 349-357.

高松薫（2019）体力トレーニング論．大修館書店．P60

共同研究者

（代表）奥玉 南

中島 きよ

渡邊 夏海