

令和元年6月20日現在

機関番号：14403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16526

研究課題名(和文)片側前腕欠損者による左右同時ストロークの水泳技能向上を目的とした指導方法の提案

研究課題名(英文) Proposal of a coaching method for improving swimming skills of simultaneous stroke by unilateral forearm amputee swimmer

研究代表者

谷川 哲朗(tanigawa, tetsuro)

大阪教育大学・教育学部・講師

研究者番号：90615452

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：片側前腕欠損者がバタフライのような左右同時ストロークを実施する際には、まっすぐに泳ぐために、体幹部の筋力を調整しながら、健側の先端と患側の先端のストロークの深さを同程度にし、健側のキックを小さくする傾向がみられた。スキルを向上させるために、ストロークを変化させるための指導の即時性は認められなかった。一方、キック動作の振幅が左右で大きく異なったため、ストロークのスキル向上には、キックに着目すると良い可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在まで、国内での障がい者水泳競技に関する研究は皆無であったが、障がい者が感じる特有の動作感覚、実験データを蓄積し、データに基づいた指導を行うことができた。これは、パラリンピックでメダル獲得を目指す選手の指導の手がかりとなると考えられる。また、これから泳法を学ぶ片側前腕欠損選手のモデルケースとなるため、障がい者スポーツの指導方法確立にも貢献できた。

研究成果の概要(英文)：When unilateral forearm deficits perform simultaneous strokes on the left and right, they are careful to swim straight. There are three ways to do this. 1. Adjust the strength of the body trunk. 2. The tip on the healthy side and the tip on the affected side stroke the same depth. 3. Make Ken's kick smaller. The immediacy of the instruction for changing the stroke was not recognized as a method to improve the skills. On the other hand, since the amplitude of the kicking motion is largely different on the left and right, it may be better to focus on the kick to improve the stroke skill.

研究分野：障がい者スポーツ

キーワード：障害者スポーツ 水泳 片側前腕欠損 両手同時ストローク バタフライ 平泳ぎ 泳動作 指導

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

長野パラリンピックの開催が1991年に決定して以降、日本における障がい者スポーツの選手強化が本格的に始まった(藤田, 2008)。このことから、近年の障がい者スポーツは、「福祉の一環」という考え方からオリンピック競技のように「競技力向上」を目指す動向がみられる。我々は、現在まで継続的に、一般社団法人日本身体障がい者水泳連盟が定めた強化指定選手を対象に、観覧席からレースを撮影し、その映像から水泳技能を評価する「レース分析」を行ってきた(生田ら, 2008; 2009)。また、インチョン2014アジアパラリンピック日本水泳選手団のコーチとして、レース分析結果をもとに泳法指導を行う等、障がい者スポーツの競技力向上に従事してきた。しかし、レース分析のみでは、水泳技能を詳細に分析することができず、多種多様な障がいに対応した泳法指導法が確立されていない。国内での障がい者の水泳技能に関する研究は、片側前腕欠損選手のクロール動作を定量化した報告(小竹ら, 2004)のみであり、障がい者水泳競技のスポーツ科学的な知見は国内では、ほぼ皆無である。

片側前腕欠損者の患側は、手部および前腕部が欠損しているため、健側よりも水を押す抗力が弱く、1ストロークに要する所要時間が短い。Lee et al. (2014)は、片側前腕欠損者の健側のストロークと健常者の利き腕のストロークの推進力に違いがみられないことを示した。つまり、片側前腕欠損者は、健側と患側の機能が大きく異なるにも関わらず、左右の動作を変えながらストロークを行い、推進していると考えられる。これは、片側前腕欠損の障がいを持っている泳者にしか体感することができない運動感覚であり、高い水泳技能を要するものである。その運動感覚に関する主観的データを蓄積することは、泳法指導の確立に大きく貢献できると考えられる。一方、片側前腕欠損の障がいを持つ水泳選手を対象とした研究は、左右交互にストロークを行うクロール泳(図1)を中心に報告されている(Lecrivain, 2008; 2010)が、左右同時にストロークを行うバタフライ(図2)に関する研究はない。片腕前腕欠損の左右同時ストロークのメカニズムの詳細は不明である。また、これらの研究で明らかにされた知見は、指導現場で活用されておらず、検証も行われていない現状がある。

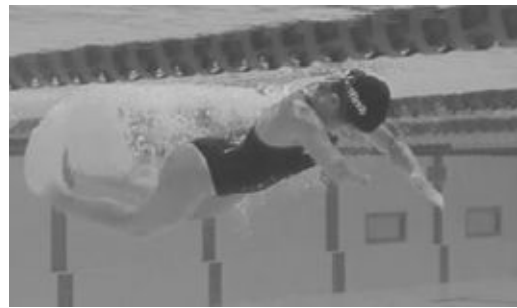


図1.片側前腕欠損者の左右交互ストローク 図2. 片側前腕欠損者の左右同時ストローク

2. 研究の目的

本研究では、片側前腕欠損者による左右同時ストロークのスキル向上のための指導法を提案することを上位目的とし、その目的を達成するために必要な次に示す3つの課題を解決することを下位目的に設定し、実験を行った。

目的1. 片側前腕欠損者特有の主観的データの蓄積

片側前腕欠損者の水泳技能の指導は、健常者を対象にした泳法指導を模倣しながら、片側前腕欠損者の運動感覚や経験に頼りながら行われてきたが、その主観的データは蓄積されていない。健常者では感じる事ができない、片側前腕欠損者特有の運動感覚を整理し、蓄積する必要がある。そこで実験1では、片腕欠損選手に対して、泳法習得時の運動感覚や経験に関する半構造化インタビューを実施し、左右同時ストロークを行う際に感じる課題を泳力レベル別に整理し、関係を明らかにすることを目的とした。

目的2. 片側前腕欠損者を対象とした左右同時ストロークメカニズムを解明

バタフライは、左右同時にストロークを行わなければならない(Swimming Rules and Regulations 2014-2017; ルール番号 3.5.2)。そのため、バタフライでは、クロールで行われている「患側を進行方向に伸ばし、その位置で維持する時間を健側よりも長くする」という工夫(Osborough et al., 2010)ができない。左右同時ストロークのメカニズムは不明である。そこで実験2では、片腕前腕欠損者は、患側または健側のストロークを調節して左右同時にストロークをしていると考えられる。そのストロークと健常者のストロークを比較し、片側前腕欠損者が行うストロークの軌跡の違いを明らかにすることを目的とした。

目的3. 片側前腕欠損者を対象とした指導方法論の提案

片側前腕欠損者の指導方法は健常者の指導法を模倣しているのみであり、不明である。指導方法を確立するためには、主観的データおよび客観的データをもとに指導法の仮説を立て、指導

法を実際に検証する必要がある。そこで実験 3 では、片側前腕欠損者がバタフライを泳ぐ際の工夫として、「健側および患側ともに後方へのストロークを短くさせ、長くグライドして泳ぐ」という工夫の有効性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

実験 1

対象は、片側前腕欠損の障害を持つ女子水泳選手 5 名とした。そのうち 1 名は、パラリンピック日本代表選手であった。対象者は、25m バタフライおよび平泳ぎを十分な休息を取りながら 4 本ずつ実施した。1 本目は可能な限り遅い速度で泳ぎ、4 本目が最大努力泳となるように、2 本目および 3 本目の速度を除々に速くするように教示した。その様子を対象者の進行方向前方および側方から水中カメラで撮影した。その映像を確認しながら、バタフライ泳特有の難しさおよび工夫している点について、半構造化インタビュー調査を実施した。なお、質問項目は、「(1) バタフライや平泳ぎの難しいところは何ですか。(2) 泳ぎを改善するために、工夫をしている点は何ですか。(3) キックのみやストロークのみを行う時の難しさは何ですか。(4) 速く泳ぐ時とゆっくり泳ぐ時との難しさの違いはありますか。あれば、どのように違いますか。(5) レースで疲労した時に、何か泳ぎが難しくなりますか。(6) 映像とのギャップはありますか。あれば、それは何ですか。」の 6 項目に設定した。分析は、対象者が回答した内容について KJ 法 A 型を参考に、対象者の言葉をコード化し、カテゴリ別に類型化した。

実験 2

対象は、日本身体障がい者水泳連盟が強化・育成選手に指定し、先天的に右側前腕欠損の障害を持つ女子競泳選手 1 名とした。対象者はパラリンピック出場経験を有する。運動試技は、15m バタフライに設定し、可能な限り遅く泳ぐ試技と最大努力で泳ぐ試技の 2 条件で測定を行った。分析方法は、健側の手首と患側の先端の変位を Dynamic Time Warping 法を用いて、ユークリッド距離により健側と患側の動作がどの程度類似しているか比較した。

実験 3

対象は、バタフライを専門としない片側前腕欠損の障害を持つ女子水泳選手 1 名とした。指導者は、障がい者水泳の指導歴 10 年の経験を有するコーチ 1 名であった。練習は 25m を 8 回、十分に休憩を行いながら実施した。練習内容は、健側のみでストローク 2 回とバタフライ 2 回の 4 本を 2 セット実施した。技術指導は、「健側は肩よりも後方にストロークをしないように、ストロークをしたらすぐにリカバリーをしてください」と指導した。運動試技は、15m バタフライに設定し、可能な限り遅く泳ぐ試技を練習の前後に行った。分析方法は、実験 2 と同様に行った。

4. 研究成果

1) 片側前腕欠損者特有の主観的データ

バタフライおよび平泳ぎの共通する難しさとして、「進む方向」、「体幹」および「周辺スキル」が抽出された。具体的には、「ビート板を持たずにキックすると患側方向に進みやすい」、「体幹の筋力も均等に発揮しにくい」ことが特徴として挙げられた。このことから、片腕前腕欠損者は患側が健側よりも部分的に抵抗を受けると考えられる。さらに、体幹の筋力も均等に発揮しにくいことが本研究において示されたことから、片側前腕欠損者はまっすぐに推進するために、体幹の筋群で姿勢を補正しようとしていると考えられる。

バタフライでは、「姿勢」、「ストローク」、「キック」、「うねり動作」、「キックとストロークのタイミング」が抽出された。バタフライの特徴として、キックは「体全体が患側に姿勢が傾きやすい」、「健側のキックの振幅が小さくなりやすい」ことが挙げられ、スイムでは「健側の振幅が大きくなりやすい」ことが挙げられた。健側の振幅が大きくなりやすいと示されていることから、片側前腕欠損の障害によりキック動作が難しくなることが明らかとなった。これは、片側前腕欠損者に泳法指導をする上で興味深いポイントである。片側前腕欠損の障害を持つ選手がバタフライを泳ぐ際には、キック動作にも着目する必要がある。

平泳ぎは、「姿勢」、「ストローク」、「キック」、「うねり動作」が抽出された。平泳ぎの特徴として、「健側よりも患側が水面上にあがりやすい」、「疲労するとうねり動作が小さくなり、呼吸しにくい」ことが挙げられた。患側は水の抗力を得にくいと考えられるが、健側よりも患側が水面上にあがりやすいことが報告された。片側前腕欠損者は、呼吸を確保するために、患側を力強くストロークしていると考えられる。また、水泳の指導書（高橋，2006）によると、「平泳ぎは、フラット泳法とウェーブ泳法の 2 つに大別され、フラット泳法は腕のかきによる推進力が大きく、上下動の少ない泳法であり、ウェーブ泳法は上体の上下作用を利用して重心を移動させて推進力を得るのが特徴である」と記載されている。本研究の結果、疲労するとうねり動作が小さくなり、呼吸しにくいことが示された。これらのことから、片腕前腕欠損者は、腕で十分な抗力が得られないため、うねり動作を大きくして、呼吸を確保していると考えられた。

実験 1 の結果により、片側前腕欠損選手がバタフライを泳ぐ際には、キック動作に大きな影響を受けることが明らかとなった。障害者を対象とする場合、障害部位とは別の部分で動作が調整される可能性があるため、今後の分析を行う際には、動作全体に着目する必要があると考

えられた。

2) 片側前腕欠損者を対象とした左右同時ストロークメカニズムを解明

実験1から得られた研究成果から、ストロークだけでなく、キック動作にも着目した。健側の主部と患側の断端部の鉛直方向の動作をユークリッド距離で比較した。その結果、最大努力泳の試技は、可能な限り遅く泳ぐ試技よりも、変位が類似していることが示された(最大努力泳: 2.36 (図3), 可能な限り遅く泳ぐ試技: 3.61 (図4))。両試技の結果から、泳速度にかかわらず、健側の手首と患側の肘は同程度の深さでストロークしている傾向が示された。片側前腕欠損者の腕は健側と患側で必ず健側の長さの方が長くなる。それにもかかわらず、同程度の深度でストロークを行うのは、左右に傾かないために行っていると考えられる。その場合、健側のストロークは健常者のストロークとは大きく異なっていることが予想されるため、今後は健常者とのストロークの違いを明らかにすることで、片側前腕欠損者の特徴が明らかとなる可能性がある。

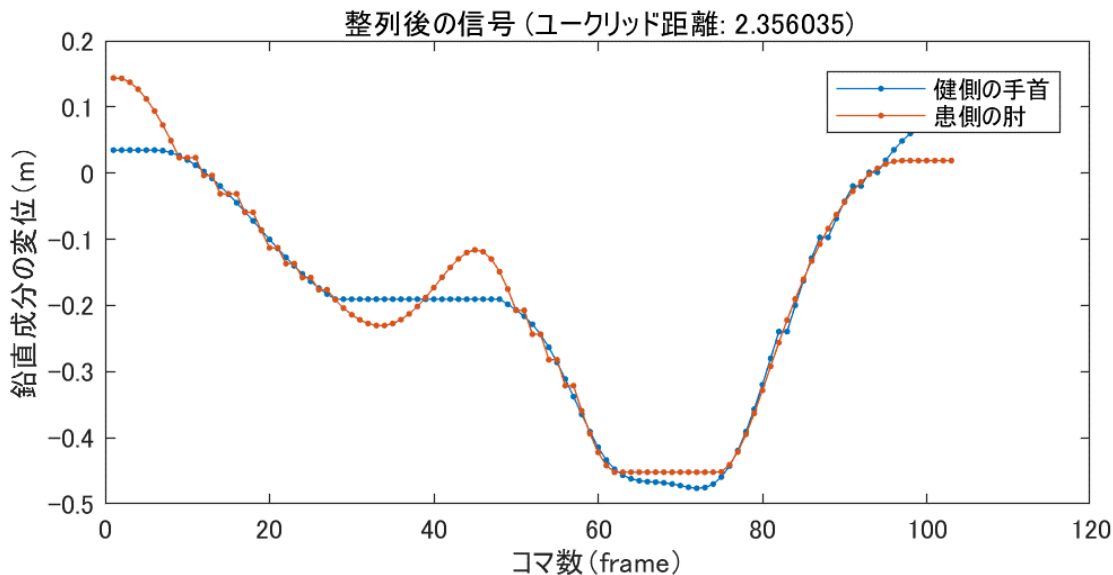


図3. 最大努力泳時における健側の手首および患側の肘の鉛直成分の変位

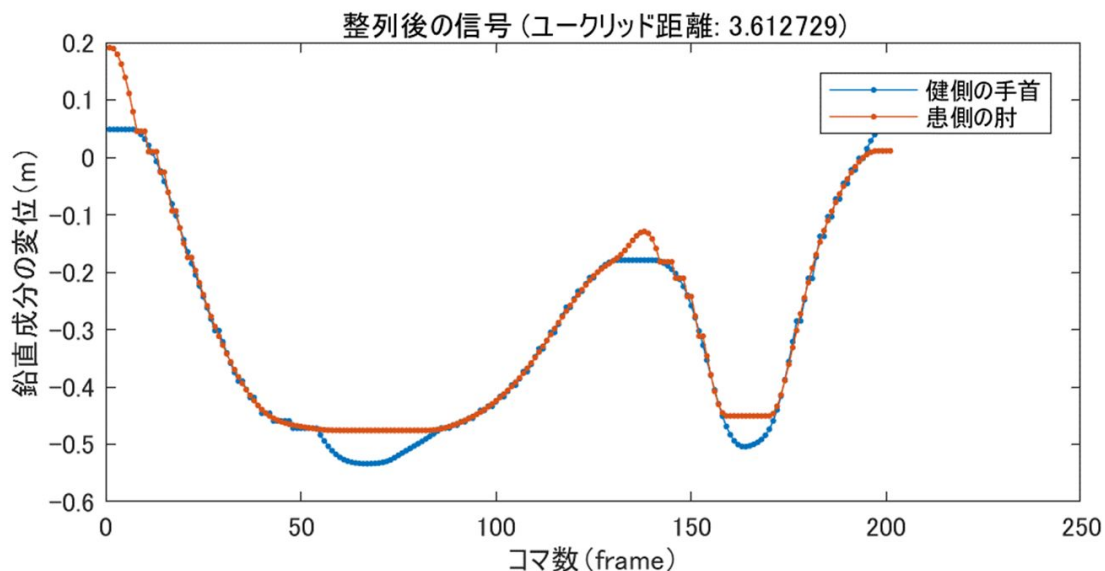


図4. 可能な限り遅く泳ぐ試技における健側の手首および患側の肘の鉛直成分の変位

また、最大努力時の方が左右のストロークが類似している傾向が示されたことから、片側前腕欠損者は、可能な限りゆっくり泳ぐ方が同時にストロークをすることが難しいと推察される。速度を遅くして泳ぐ場合、速度向上の要因となる筋力を発揮させてストロークを行うことやストロークのピッチ数を高めることができない。左右のバランスを調整することが難しくなるため、ストロークする位置を変えることで、左右の姿勢の傾きを小さくしたかもしれない。

一方、外果の鉛直成分の変位について、最大努力泳の試技についても健側と患側の類似しておらず(4.87)、健側におけるキックの振幅は患側よりも小さい傾向が示された。実験1の結果より、片側前腕欠損者は、「健側のキックの振幅が小さくなりやすい」ことが挙げられている。その理由として、健側のキックの振幅を大きくした場合、患側のストロークで水を押す抗力が

得られないために、患側に傾いてしまうのではないかと考えられる。あえて、健側の振幅を小さくすることで、身体が左右に傾かないように調節している可能性がある。

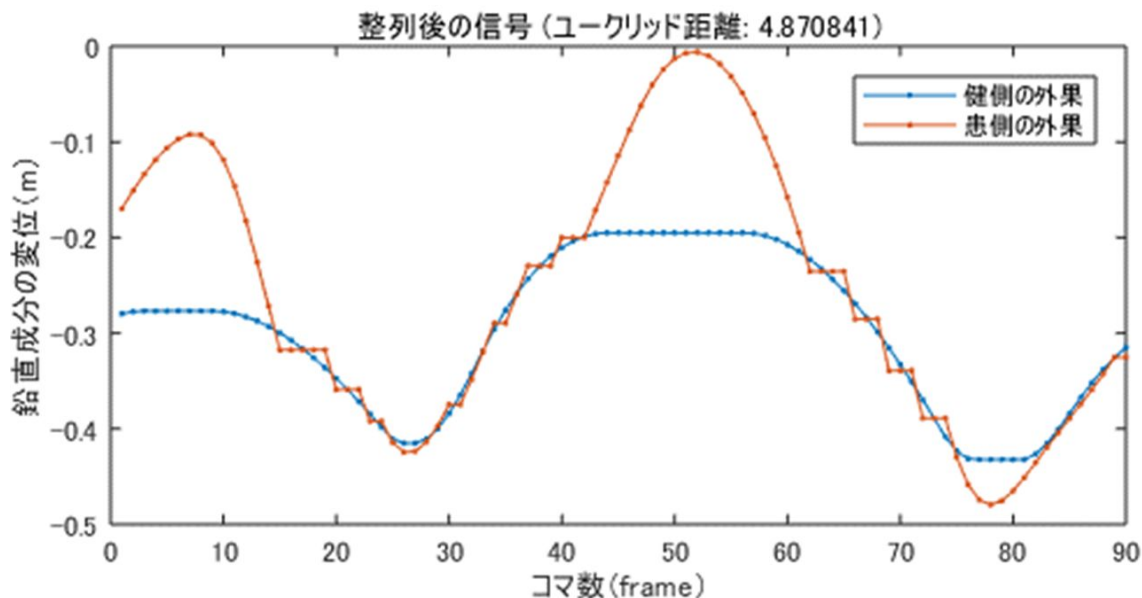


図 5. 最大努力泳における外果の鉛直成分の変位

実験 3

実験 2 において、可能な限りゆっくり泳ぐ方が難しい傾向が示されたため、最大下で泳ぐように対象者に教示した。実験 2 と同様に、健側の手首と患側の先端の変位を Dynamic Time Warping 法を用いて、ユークリッド距離により健側と患側の動作がどの程度類似しているか比較した。しかしながら、指導の前後でユークリッド距離はほとんど変わらない傾向であった(指導前 1.9704, 指導後 1.9703)。さらに、1 ストロークに要する所要時間(ピッチ)に差は認められなかった(2.31 秒)が、練習後において、健側の指先が着水してからストロークを開始するまでの時間が遅い傾向であった(練習前: 1.89 秒, 練習後 1.96 秒)。さらに、ストロークの最下点から手部の出水までは健側の手と患側の先端が同時に動く傾向であった。このことから、健側のストロークが変わるように指導者が指示したものの、実際には患側のストローク開始のタイミングを遅くすることで、左右同時にストロークを行った傾向が明らかとなった。しかし、バタフライは、左右同時にストロークを行わなければならない(Swimming Rules and Regulations 2014-2017; ルール番号 3.5.2)というルールがあるため、レース等では行えない方法である。このことから、「健側は、肩よりも後方にストロークをしないように、ストロークをしたらすぐにリカバリーをしてください」という指導方法の即時性は認められなかったと考えられる。

本研究では、片側前腕欠損者による左右同時ストロークのスキル向上のための指導法を提案することを上位目的として研究を行った。バタフライでまっすぐに泳ぐためには、体幹部の筋力を調整しながら、健側の先端と患側の先端のストロークの深さを同程度にし、健側のキックを小さくすることで左右に調整している傾向がみられた。片側前腕欠損者の左右同時ストロークのスキルを向上させるためには、ストロークを変化させる指導の即時性は認められなかった。しかし、ストロークよりもキックの振幅動作が左右で大きく異なるため、ストロークのスキル向上には、キックに着目すると良い可能性がある。

引用・先行研究

- 1) 藤田紀昭. (2008). 障害者 (アダプテッド) スポーツの世界: アダプテッド・スポーツとは何か. 角川学芸出版.
- 2) 生田泰志, 寺田雅裕, 谷川哲朗, 岸本太一, 鈴木淳也, 他 3 名 (2009) 「2008 年度レース分析プロジェクト-北京パラリンピック日本代表水泳選手を対象として-」, 『平成 20 年度日本パラリンピック委員会強化事業, 動作解析報告書』, 41-87.
- 3) 生田泰志, 寺田雅裕, 谷川哲朗, 岸本太一, 鈴木淳也, 他 3 名 (2008) 「JPC 科学支援プロジェクト研究報告 2007 年度レース分析プロジェクト-国際大会強化指定選手を対象として-」 『財団法人日本障害者スポーツ協会』, 41-87.
- 4) International Paralympic Committee (2015): Swimming Rules and Regulations 2014-2017, URL (取得日: 2019 年 6 月 19 日)
https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/151109162936023_2015_02+IPC+Swimming+Rules+and+Regulations_V3.pdf
- 5) 川喜田二郎(1967)発想法-KJ 法の展開と応用. 中央公論社.

- 6) 小竹智子, 桜井誠一, 高橋豪仁, 岡村泰斗, & 若吉浩二. (2004). 身体障害者水泳選手の泳動作分析による運動学的考察: 片前腕切断者・片上腕切断者を対象に. 奈良教育大学紀要. 自然科学, 53(2), 31-39.
- 7) Lecrivain, G., Payton, C., Slaouti, A., & Kennedy, I. (2010). Effect of body roll amplitude and arm rotation speed on propulsion of arm amputee swimmers. Journal of biomechanics, 43(6), 1111-1117.
- 8) Lecrivain, G., Slaouti, A., Payton, C., & Kennedy, I. (2008). Using reverse engineering and computational fluid dynamics to investigate a lower arm amputee swimmer's performance. Journal of biomechanics, 41(13), 2855-2859.
- 9) Lee, C. J., Sanders, R. H., & Payton, C. J. (2014). Changes in force production and stroke parameters of trained able-bodied and unilateral arm-amputee female swimmers during a 30 s tethered front-crawl swim. Journal of sports sciences, 32(18), 1704-1711.
- 10) Osborough, C. D., Payton, C. J., & Daly, D. J. (2010). Influence of swimming speed on inter-arm coordination in competitive unilateral arm amputee front crawl swimmers. Human movement science, 29(6), 921-931.
- 11) 高橋繁浩 (2006): 泳法理論と実際, 財団法人日本水泳連盟, 水泳教師教本. 大修館書店, 23-45.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

谷川哲朗, 生田泰志, 野村美咲, 片側前腕欠損者を対象としたバタフライおよび平泳ぎの内省調査, アダプテッド体育・スポーツ学研究, 査読なし, 3(1)19-22, 2018 年

〔学会発表〕(計 2 件)

谷川哲朗, 熊本和正, 片岡裕恵, 立正伸, 生田泰志, 寺田雅裕, 桜井誠一, 片側前腕欠損者におけるバタフライの動作特性, 日本コーチング学会第 29 回学会大会, 2019 年

谷川哲朗, 生田泰志, 野村美咲, 片側前腕欠損者を対象としたバタフライおよび平泳ぎの内省調査, 日本体育学会第 68 回大会, 2017 年

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。