

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25750308

研究課題名(和文) 中上級者の水泳飛込事故を入水前に回避する

研究課題名(英文) The prevention of crash accident to bottom for competitive swimming start.

研究代表者

武田 剛 (Takeda, Tsuyoshi)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・助教

研究者番号：20508840

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、競泳中上級者のプール底への衝突事故を防ぐための姿勢制御メカニズムの解明を目的とした。競泳男子選手13名を対象に水上と水中の運動情報を収集し、スタート台からの離台時(跳び出し時)と入水時の胴体の角度と頭部の水中での最深点との関係を検討した。その結果、いずれの時点ともに頭部の最深点との有意な相関関係は認められず、競泳中上級者は入水後の姿勢変化の影響がプール底への接近に強く影響を受けていることが示唆された。この結果、中上級者の競泳の飛び込み指導の際には、入水前の陸上での動きのみでは十分に事故回避の安全指導は難しく、水中での動きも評価することの重要性が示された。

研究成果の概要(英文)：Competitive swimming start needs sufficient water depth in order to avoid the head crash accident to pool bottom for competitive swimmers. The purpose of this study was to investigate the relationship between the depth of swimmer's head in water and posture above water for prevention of crash accident in swimming start. Thirteen male competitive swimmers participated in this study. Kinematic data of the swimmers during swimming start were obtained by motion analysis. The correlation between the deepest point of swimmer's head in water and the trunk angle (at take-off and at water entry) were investigated. There was no significant correlation in any variables. This result suggests that motion in water after water entry strongly affects the depth of swimmer's head. It is difficult to avoid the head crash accident by monitor only motion above water before water entry in competitive swimming start.

研究分野：水泳競技方法論

キーワード：安全スポーツ指導 水泳指導 飛び込み 競泳

1. 研究開始当初の背景

競泳における飛び込みは水面から高さ約 50~75cm のスタート台から指先入水を行うため、プール底への頭部衝突リスクが高い。また頭部のプール底への衝突は生死にかかわる重篤な症状に至るケースが多い。したがって学習指導要領も水泳スタートは高等学校からの指導を想定したものになっている。日本水泳連盟は、スタート台からの安全なスタートが実施できるプールの水深 1.35m 以上とガイドライン (2005 年) を示している。しかしながら、競泳選手の多くが練習拠点とするプールは日本国内においては管理運営上の問題から、十分な水深を確保できていない。これは、水深が深いプールの建設には多額の費用が必要となる点や、またプールに使用する水の量も多くなるため、建設費用だけでなく、施設の維持管理に必要なランニングコストも高額になる点が理由として挙げられる。1.35m 以下の水深のプールのスタート台からスタート練習を行う現状がある。さらに、2008 年には従来のスタート台よりも高さのある新型スタート台が導入された。スタート台の高さの増加は、落下するエネルギー (位置エネルギー) の増大を意味するために、飛び込みによるプール底衝突事故の危険性が増加する。

合屋ほか (1994) は初心者を対象とした指導マニュアル作成を実施し、安全指導に多大な貢献をしている。しかしながら、実際の学校体育の水泳授業においては、専門的な水泳指導技能を有する教員以外が指導にあたる事も少なくない。また競泳のスタート (飛び込み) 技術は、安全管理の面で指導機会が少なくなることや、指導内容から除外されることもあるようである。

一方で Cornett et al. (2010) は競泳選手の年齢増加に伴う入水事故リスクの増加を報告している。水泳連盟の公認大会における競泳競技は背泳ぎを除く種目においては水面から高さのあるスタート台から飛び込みが実施される。したがって、競技会への出場機会がある中上級者 (競技者) は、スタート台からの飛び込み練習の必要性が高まる。また、中上級者であるが故に自身の飛び込み技術を過信するあまりに、水深の予測を誤るといった不慮の入水事故リスクも大きい。中上級の学童から成人を対象とした飛び込み安全指導対策の充実も図られるべきである。

2. 研究の目的

本研究では、上記の研究背景を受けて、競泳中上級者 (競泳選手) を対象とし、競泳スタートの入水時の姿勢制御メカニズムの解明を目指し、入水後の頭部の最深点と入水前の体幹の角度との関係を明らかにすることを目的とした。

我々の先行研究における競泳スタートの入水時点の鉛直下向き速度は約 4~5 m/s である (未発表データ)。したがって、推進が

1.0~1.3m の浅い水深のプールでは、泳者が入水後の姿勢変化によって最深点を調整できる余地は比較的少なく、入水前の姿勢によって入水後の最深点が決まると仮説を立て、泳者のスタート台からの離台時 (飛び出し時) の姿勢と最深点、そして入水直前の姿勢と最深点との関連を検討する事とした。

3. 研究の方法

(1) 実験参加者

本研究の参加者は成人男子競泳選手 13 名であった。被験者の平均身長は 177.9 ± 6.4 cm、平均体重は 73.5 ± 4.2 kg であった。参加者の競技レベルは関東大学選手権出場レベルから日本選手権入賞レベルであり、自由形種目での競技会への出場経験をもつ競泳選手が本研究に参加した。

(2) 実験試技

日本水泳連盟が公認する競技用プール (50m x 7レーン、水深 1.3~3.8m) においてスタート台から 25m クロール全力泳を 3 回実施してもらった。25m の通過時間が最も速い試技を分析対象とした。実験に先立って約 30 分のウォーミングアップを処方した。

参加者には動作分析上の目印として、阿江 (1996) が報告した身体部分慣性係数 (BSP パラメーター) を用いて身体重心を推定するために必要な各部位に、自発光型 LED マーカー (煌、株式会社ノビテック) を泳者の左側面に、医療用防水フィルム (テガダームロール、3M) と両面テープによって貼り付けた。



図 1. 本研究で使用した LED マーカーとその貼付方法の写真

(3) データ収集

本研究の運動データは、赤外線式のモーションキャプチャシステムを用いて半自動的に収集する予定であった。しかしながら、プール環境下のモーションキャプチャシステムを用いた運動情報収集は、水面の光乱反射が分析点識別の大きな障害となった。したがって、LED マーカーを用いた光学式カメラによる 2 次元画像分析を用いて運動情報を収集した。

カメラから得られた映像から手動デジタイズによって運動情報を収集した。耳珠点と大転子によるセグメントの絶対角度（体幹角度）を泳者の足がスタート台から離れる瞬間（飛び出し時）と、泳者の指先が水面に触れる瞬間（入水時）について求めた。なお、このセグメントにおいて耳珠点が大転子よりも上向きになる角度が正、下向きになる角度を負と定義した。加えて、泳者の頭部が最も深くなる水深（最深点）を求めた。

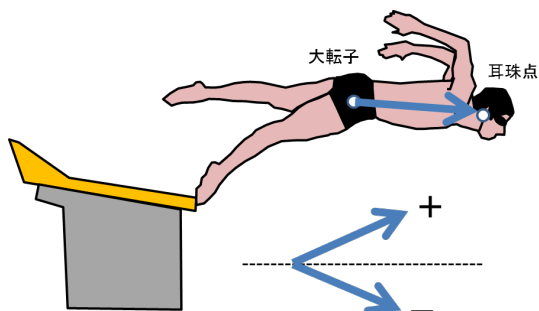


図 2 . 本研究における体幹角度の定義図

(5) データ分析

プール底への衝突リスクを評価する変数として最深点を採用し、飛び出し時と入水時の体幹角度との相関関係を検討した。なお、統計分析における有意水準は $P < 0.05$ とした。

4 . 研究成果

(1) 中上級者の水面への頭部衝突のリスク

本研究の参加者の頭部の最深点の平均値は、 $-0.78 \pm 0.15\text{m}$ であった。この内最も深い位置を示した参加者の最深点は -1.13m であった。日本国内における既存の水泳プールの水深は $1.0 \sim 1.2\text{m}$ である。中上級者であってもプール水深を誤認識している競泳選手が水深 1.0m のプールにおいてスタート台から飛び込みを行った際には頭部の衝突のリスクが高いことがよくわかる。本研究の実験は水深 3.8m の屋内プールで実施をしたが、仮に最深点が 1.3m の値を示した参加者が水深を誤認識し、 1.0m のプールで競泳の飛び込みを行った場合には、頭部をプール底へ衝突させていることになる。これ以外の被験者においても、 1.0m 水深のプールでの飛び込みを想定すると、本研究の多くの参加者が頭部とプール底との距離が近く、頭部がプール底と「すれすれ」の状態で飛び込みを行っている状況が理解できる。このことから競泳のスタート技術（飛び込み技術）は、潜在的に重篤な事故を引き起こす危険性が中上級者であっても高いことがわかる。

(2) 相関分析の結果

体幹角度と最深点との相関関係は、飛び出し時 ($r = 0.04$) と入水時 ($r = -0.02$) のいずれにおいても有意な関係は認められなかつ

た。

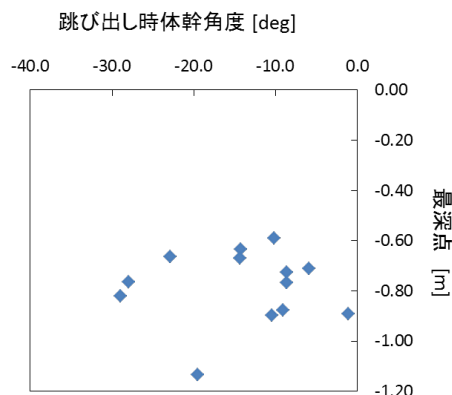


図 3 . 飛び出し時の体幹角度と最深点の関係 ($n=13$)

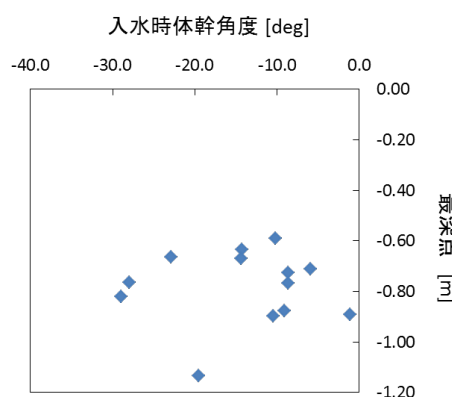


図 4 . 入水時の体幹角度と最深点との関係 ($n=13$)

(3) 最深点に関わる要因

本研究において、プール底の衝突リスクは入水前の姿勢が強く影響すると予測し、飛び出し時と入水時の体幹角度に着目した。体幹の質量は身体全体で最も大きく、慣性モーメントが大きい部位が入水姿勢を代表する変数として適切であると判断したからである。また、指導現場においても指導者が目で確認しやすいという点を考慮して体幹角度に着目した。これらの変数は、いずれも最深点との間の相関関係を認めない結果となった。

この結果は、研究当初の予測とは大きく異なる結果となった。またこの結果は、最深点は入水後の姿勢変化の影響を強く受ける結果を示唆していると考えられる。初級者や初心者は入水後の姿勢変化を十分に制御できない点から、入水前の姿勢を指導することによるプール底への衝突回避の飛び込み指導法が成果を挙げてきた（合屋ほか 1994）。しかしながら、スタート技術に一定水準で熟達する中上級者は入水前の姿勢はある一定の収束し、入水後の動きによって最深点を変化させていることになる。したがって、中上級者がプール底衝突を回避するためには、入水

後の動きに着目する必要性があると言える。力学的なメカニズムの観点からは、入水前の姿勢は、その後の最深点に大きく影響すると説明ができる。しかしながら、実際の競泳選手が示したデータを見ると、最深点のばらつきは他の要因によって説明される結果となった。

本研究は今後のスタート安全指導の研究において入水後の水中動作に着目する必要性を示した点で成果があった。今後は入水後の水中での泳者の動きを分析する必要がある。現場における指導者も、スタート指導の際には選手の水の中動作に細かく注意を向ける必要がある。プールサイドにおける水上観察だけでなく、実際に指導者が入水し、入水後の姿勢変化を注意深く観察することや、水中カメラ等を用いた即時フィードバックが必要となる。

<引用文献>

阿江通良ほか(1992)日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定・バイオメカニズム11(バイオメカニズム学会編),pp.22-33. 東京大学出版会

Cornett et al.(2010) Racing start safety: Head depth and head speed during competitive start into a water depth of 1.22m. International Journal of Aquatic Research and Education. 4:365-378.

合屋十四秋ほか(1994)人体およびダミーによる水泳飛び込み事故発生メカニズムの解明と指導マニュアルの作成・平成4・5年度 科学研究費補助金(総合A)研究成果報告書。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

武田 剛(TAKEDA, Tsuyoshi)

順天堂大学スポーツ健康科学部 スポーツ科学科 助教

研究者番号: 20508840