

競泳キックスタートの飛び出し角度が空中局面のキネマティクスに与える影響

学籍番号 4124012

氏名 奥田 壮太

【目的】

本研究の目的は、競泳キックスタートにおける飛び出し角度の変化がスタートパフォーマンスに及ぼす力学的影響を明らかにすることである。飛び出し角度は速度成分、飛距離、入水姿勢など複数の要因を規定する重要変数であるにもかかわらず、キックスタートに関する体系的知見は十分でない。そこで本研究では、飛び出し角度を Low・Normal・High の3条件に操作し、2次元動作解析により速度・力積・身体角度の変化を検証した。さらに実測データを基にキネマティクス予測値計算をし、角度操作が速度、飛距離、入水角度に及ぼす影響を定量的に評価した。

【方法】

男子競泳者14名を対象に、キックスタートを3条件で各2試技ずつ実施した。試技は高速度カメラで矢状面から撮影し、Trackerにより離台前後10フレームをデジタル化して身体重心位置、水平・垂直速度、身体角度、標準化力積を算出した。さらに、実験データを用いた飛び出し角度が変化した場合のキネマティクス予測値計算をし、飛び出し角度の変化が速度成分、飛距離、入水角度に与える影響を解析した。

【結果】

重心距離を除くすべての指標で飛び出し角度条件の主効果が認められた。Low 条件では水平速度と合成速度が最大で、High 条件では垂直速度と標準化力積が最も大きかった。また、身体角度と飛び出し角度には強い正相関 ($r = .68-.95$)、身体角度と合成速度には負相関が認められ、前方倒し込み量が角度と速度生成を規定する主要因であることが示された。シミュレーションでは、浅い角度で速度が向上し、深い角度で飛距離が増加する明確なトレードオフが再現され、速度最大化角度と飛距離最大化角度が一致しないことが確認された。

【結論】

飛び出し角度は身体の前倒し込み量によって規定され、その変化は速度成分、飛距離、力積に系統的な影響を及ぼすことが明らかとなった。浅い角度は初期加速に有利で、深い角度は飛距離を伸ばすが、両者は一致せず力学的トレードオフが存在する。したがって、キックスタートにおける最適角度は単一値ではなく、速度獲得と飛距離確保を両立する角度帯として捉える必要がある。本研究は実測とキネマティクス予測値計算の双方から角度操作の特性を示し、個別化されたスタート技術の調整に有用な知見を提供する。

The effect of take-off angle on aerial phase kinematics during the swimming kick start

Student ID Number: 4124012

Name: OKUDA, Souta

[Purpose]

The purpose of this study was to clarify the mechanical effects of changes in take-off angle on start performance in the competitive swimming kick start. Although take-off angle is an important variable that determines multiple factors such as velocity components, flight distance, and body posture at water entry, systematic knowledge regarding the kick start remains limited. Therefore, the take-off angle was experimentally manipulated under three conditions (Low, Normal, and High), and changes in velocity, impulse, and body angle were examined using two-dimensional motion analysis. In addition, kinematic prediction values were calculated based on measured data to quantitatively evaluate the effects of angle manipulation on velocity, flight distance, and entry angle.

[Methods]

Fourteen male competitive swimmers performed the kick start under three take-off angle conditions (Low, Normal, and High), with two trials conducted for each condition. All trials were recorded from the sagittal plane using a high-speed camera, and the 10 frames before and after block take-off were digitized using Tracker software. Center of mass position, horizontal and vertical velocities, body angle, and normalized impulse were calculated. In addition, kinematic prediction values were calculated based on the experimental data to analyze the effects of changes in take-off angle on velocity components, flight distance, and entry angle.□

[Results]

Significant main effects of take-off angle condition were found for all variables except center of mass distance. The Low condition produced the greatest horizontal and resultant velocities, whereas the High condition showed the highest vertical velocity and normalized impulse. Body angle was strongly correlated with take-off angle ($r = .68-.95$) and negatively correlated with resultant velocity, indicating that forward body lean governs angle selection and velocity generation. Simulation results demonstrated a clear trade-off, with shallower angles enhancing velocity and steeper angles increasing flight distance, confirming that the angles maximizing velocity and flight distance do not coincide.

[Conclusion]

Take-off angle was primarily determined by the degree of forward body lean, and changes in take-off angle systematically influenced velocity components, flight distance, and impulse. Shallower angles favored initial acceleration, whereas steeper angles increased flight distance; however, these effects did not coincide, indicating the presence of a mechanical trade-off. Therefore, the optimal take-off angle in the kick start should not be considered a single value but rather an effective range that balances velocity generation and flight distance. By integrating experimental measurements with kinematic prediction calculations, this study provides practical insights for the individualized adjustment of kick start techniques.