

Original article

ANTHROPOMETRY ON KINEMATICS AND TEMPORAL VARIABLES DURING BUTTERFLY TO BACKSTROKE TURNING IN THAI NATIONAL SWIMMERS: A PRELIMINARY STUDY

Parunchaya JAMKRAJANG¹, Weerawat LIMROONGREUNGRAT¹, Thitiphan SRISOMPHAN¹,
Boonvichit WARISUT¹, Phornpot CHAINOK², Supaporn THAWORNWAT³ and Taspol KEERASOMBOON^{1,*}

¹ College of Sports Science and Technology, Mahidol University, THAILAND

² Faculty of Sport Science, Burapha University, THAILAND

³ Sports Authority of Thailand, THAILAND

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the anthropometry using the Ape index on push-off velocity, time on the wall, and center of mass trajectory in the vertical direction during the butterfly to backstroke turning. The study involved 8 Thai national swimmers, with an average age of 19.3 ± 4.4 years, weight of 64.2 ± 9.8 kilograms, and height of 173 ± 7.9 centimeters. Anthropometric measurements were taken, including weight, height, and arm span. The participants were then divided into two groups based on their arm span-to-height ratio, with one group having an Ape index greater than 1 ($\text{Arm Span/Height} > 1$) and the other group having an Ape index less than 1 ($\text{Arm Span/Height} < 1$). Before starting the experiment, the participants in both groups were attached to the reflective marker on the Sacrum, then performed butterfly to backstroke turning for 3 trials. 20 cameras of 3-dimensional twin motion capture system were used to record. For statistical analysis, the Independence t-test was used to find the difference in biomechanical variables between two groups. The significant level was set at $p\text{-value} < 0.05$.

The research found no significant difference in push-off velocity, time on the wall between the two groups ($p\text{-value} > 0.05$). Furthermore, when comparing the center of mass trajectory in the vertical direction, both groups had similar patterns. However, the reasons for these findings need to be clarified as other factors may be affecting the transition, such as individual turning techniques. In conclusion, body proportions using the Ape index did not affect time on the wall, push-off velocity, and center of mass trajectory in the vertical direction during the butterfly to backstroke turning for the swimmers in both groups.

(Journal of Sports Science and Technology 2023; 23(2):8-19)

(Received: 14 April 2023, Revised: 13 July 2023, Accepted: 17 July 2023)

KEYWORDS: Turning performance/ Anthropometry/ Center of mass/ Time on the wall/ Push-off velocity

*Corresponding Author: Taspol KEERASOMBOON

College of Sports Science and Technology, Mahidol University, THAILAND

Email: taspol_spmed@yahoo.com

นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษาสัดส่วนของร่างกายกับตัวแปรทางจลนศาสตร์และเวลาในการกลับตัวแบบ Open turn ในท่าผีเสื้อไป

ท่ากรรเชียงของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย (การศึกษาเบื้องต้น)

ปริญญญา แจ่มกระจ่าง¹ วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์¹ จิตติพันธุ์ ศรีสมพันธุ์¹ บุญวิจิตร วาริสุทธิ¹ พรพจน์ ไชยนอก²ศุภาพร ถาวรวัฒน์³ และทัศนพล ศิริสมบุญ¹¹วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล²คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา³ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของร่างกายต่อความเร็วขณะถีบตัว เวลาในการสัมผัสผนัง วิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายในแนวตั้งขณะทำการกลับตัวในการกลับตัวแบบ Open turn ในท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันในระดับชาติหรือระดับนานาชาติ จำนวน 8 คน อายุ 19.3 ± 4.4 ปี น้ำหนัก 64.2 ± 9.8 กิโลกรัม ส่วนสูง 173 ± 7.9 เซนติเมตร ทำการวัดองค์ประกอบของร่างกาย จากนั้นผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีอัตราส่วนความยาวแขนต่อความสูง มากกว่า 1 และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีอัตราส่วนความยาวแขนต่อส่วนสูง น้อยกว่า 1 ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 2 กลุ่มทำการติดมาร์คเกอร์สะท้อนแสง (reflective markers) ที่กระดูกกระเบนเหน็บ (sacrum) จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบการว่ายน้ำกลับตัว ท่าผีเสื้อไปกรรเชียงทดสอบ 3 ครั้ง กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ ประกอบด้วย กล้องบนบก จำนวน 10 ตัวและกล้องใต้น้ำ จำนวน 10 ตัว ใช้ในการบันทึกการเคลื่อนไหวขณะกลับตัว การวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรทางจลนศาสตร์ระหว่างกลุ่มใช้สถิติ Independence t - test โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติ $p \text{ value} < 0.05$

ผลการวิจัยพบว่า เวลาในการสัมผัสผนังและความเร็วในการถีบตัวออกจากผนัง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \text{ value} > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวตั้งของนักกีฬาทั้งสองกลุ่มมีทิศทางไปในรูปแบบใกล้เคียงกัน สรุปผลการวิจัย สัดส่วนของร่างกายโดยใช้ดัชนี Ape index ไม่ส่งผลต่อเวลาในการกลับตัว ความเร็วเริ่มต้นในการถีบตัวออกจากผนัง และตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวตั้งของนักกีฬาทั้งสองกลุ่ม

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2566; 23(2):8-19)

คำสำคัญ: ความสามารถในการกลับตัว/ จุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย/ สัดส่วนของร่างกาย/เวลาในการสัมผัสผนัง/
ความเร็วในการออกตัว

บทนำ

กีฬาว่ายน้ำเป็นหนึ่งในกีฬาที่ได้รับความนิยมสูงสุดในทุกช่วงอายุและมีการจัดแข่งขันอย่างต่อเนื่องอีกทั้งการแข่งขันว่ายน้ำยังมีการแข่งขันอีกหลายรายการและหลายระยะ เช่น ฟรีสไตล์ กรรเชียง กบ ผีเสื้อ เดี่ยวผสมและทีมผสม เป็นต้น การเคลื่อนไหวของนักว่ายน้ำทุกช่วงการเคลื่อนไหวมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการแข่งขันว่ายน้ำตัดสินแพ้ชนะแค่เสี้ยววินาทีโดยเฉพาะการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น ถ้านักว่ายน้ำมีการเคลื่อนไหวที่ไม่มีประสิทธิภาพจะส่งผลทำให้เกิดแรงต้านน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วในการว่ายน้ำลดลงอย่างมาก¹⁻³ งานศึกษาที่ผ่านมาทำการศึกษากวาระวิเคราะห์เทคนิคในการว่ายน้ำและผลจากการฝึก (Race analysis & Training) เช่น การวิเคราะห์ตัวแปรทางจลนศาสตร์ (Kinematics) และ ไคเนติกส์ (Kinetics) รวมทั้งการวิเคราะห์จุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass: CoM) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการว่ายน้ำ⁴⁻⁸ แต่อย่างไรก็ตามไม่เพียงแต่เทคนิคในการว่ายน้ำที่มีความสำคัญ ความสามารถในการกลับตัวก็มีความสำคัญมากเช่นกันโดยเฉพาะการแข่งขันรายการเดี่ยวผสมซึ่งมีการกลับตัวหลากหลายรูปแบบ^{6,9}

ความสามารถในการกลับตัวของนักกีฬาว่ายน้ำมีความสำคัญเนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการแข่งขันว่ายน้ำ¹⁰ งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการกลับตัวส่งผลต่อเวลาว่ายน้ำในการแข่งขันว่ายน้ำถึง 21% ในระยะ 200 เมตรขึ้นไป ยิ่งไปกว่านั้นยิ่งการแข่งขันในระยะที่เพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการกลับตัวยิ่งส่งผลเพิ่มมากขึ้น¹¹ คำจำกัดความของเวลาการกลับตัวในการว่ายน้ำ คือ เวลาจากศีรษะของนักกีฬาผ่านเส้น 5 เมตร เข้าสู่ผืนน้ำและกลับไปที่เส้นจุด 10 เมตรในเส้นทางเดิม^{11,12} การกลับตัวมีเฟสการเคลื่อนที่ คือ approach, rotation, wall-contact, glide และ stroke preparation phases¹⁰ รูปแบบการกลับตัวที่นักกีฬาใช้ในการแข่งขันตามกติกาของสหพันธ์ว่ายน้ำระหว่างประเทศ (Fédération Internationale de Natation: FINA) ประกอบด้วยรูปแบบการกลับตัวหลักๆ 2 ประเภท ได้แก่ การกลับตัวแบบ Flip หรือ Somersault turn และการกลับตัวแบบ Open turn รูปแบบการกลับตัวแบบ Flip หรือ Somersault turn นักกีฬาจะใช้ในการกลับตัวเมื่อทำการแข่งขันในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ท่ากรรเชียง และการแข่งขันในรายการเดี่ยวผสมเมื่อนักกีฬากลับตัวจากท่ากรรเชียงไปท่ากบ ส่วนการกลับตัวแบบ Open turn นักกีฬาจะใช้ในการกลับตัวเมื่อทำการแข่งขันในการว่ายน้ำท่ากบ ท่าผีเสื้อ และการแข่งขันในรายการเดี่ยวผสมเมื่อนักกีฬากลับตัวจากท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง ท่ากรรเชียงไปท่ากบ และท่ากบไปท่าฟรีสไตล์¹⁰ เนื่องจากหลักฐานการศึกษาก่อนหน้านี้ในการกลับตัวแบบ Open-turn ยังมีจำกัด งานศึกษานี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการกลับตัวแบบ open-turn ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจาก Somersault turn โดยมีการสัมผัสผืนน้ำสองครั้ง ครั้งแรกเมื่อสัมผัสผืนน้ำและครั้งที่สองเท้าสัมผัสผืนน้ำ^{10,11} งานศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการเปรียบเทียบการกลับแบบ Somersault turn กับ Open-turn ต่อพารามิเตอร์ทางชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำระดับเก่ง พบว่ามีความแตกต่างกัน¹⁵ งานศึกษาก่อนหน้านี้ได้แสดงให้เห็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการกลับตัว เช่น turn start distance^{12,13}, pivot time¹⁴, peak force^{12,15}, impulse¹⁵, push-off velocity¹⁴, breakout distance^{12,14} and speed at stroke resumption¹⁴ แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์การกลับตัวแบบ Open-turn พบว่า Push-off velocity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการบ่งชี้ความสามารถในการกลับตัว¹⁴ โดย Push-off velocity ส่งผลต่อการเพิ่มความเร็วในการ gliding ซึ่งงานก่อนหน้านี้พบว่ามีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกลับตัวแบบ open-turn มากที่สุด¹⁶ อย่างไรก็ตามตัวแปรหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการกลับตัวแบบ open-turn ยังไม่ชัดเจน อาจมีตัวแปรอื่นที่ส่งผลต่อส่งผล เช่น สัดส่วนของร่างกายที่ต่างกัน

สัดส่วนของร่างกาย (anthropometry) เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักว่ายน้ำวัยหนุ่มสาว ยกตัวอย่างเช่น ความยาวช่วงแขน (arm span) ส่งผลต่อความสามารถของ

นักกีฬาทำให้เกิดการได้เปรียบในการว่ายน้ำ¹⁷ อย่างไรก็ตามมีงานศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าขนาดของมือและเท้ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อความสามารถของนักกีฬา¹⁸ Lavoie & Montpetit และคณะได้ศึกษาค่าดัชนี Ape index ซึ่งสามารถคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างความยาวช่วงแขน (arm span) ต่อส่วนสูง (height) และแสดงให้เห็นว่าค่าดัชนี Ape index มากกว่า 1.0 จะส่งผลทำให้เกิดการได้เปรียบในการว่ายน้ำในแง่ของ hydrodynamic¹⁸⁻²⁰ แต่อย่างไรก็ตามงานศึกษาที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาสัดส่วนของร่างกายต่อเทคนิคการว่ายน้ำแต่ยังไม่มีการศึกษาถึงผลของการกลับตัว

จากความสำคัญของการวิเคราะห์ความสามารถในการกลับตัวของนักกีฬาวว่ายน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาวว่ายน้ำอีกทั้งดัชนี Ape index ที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อการกลับตัว ดังนั้นงานวิจัยจึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบดัชนี Ape index มากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ต่อตัวแปรทางจลนศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการกลับตัวแบบ Open turn ในท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง เช่น Push-off velocity, เวลาในการสัมผัสผนังและวิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายในแนวตั้งขณะทำการกลับตัว

วิธีการดำเนินงานวิจัย

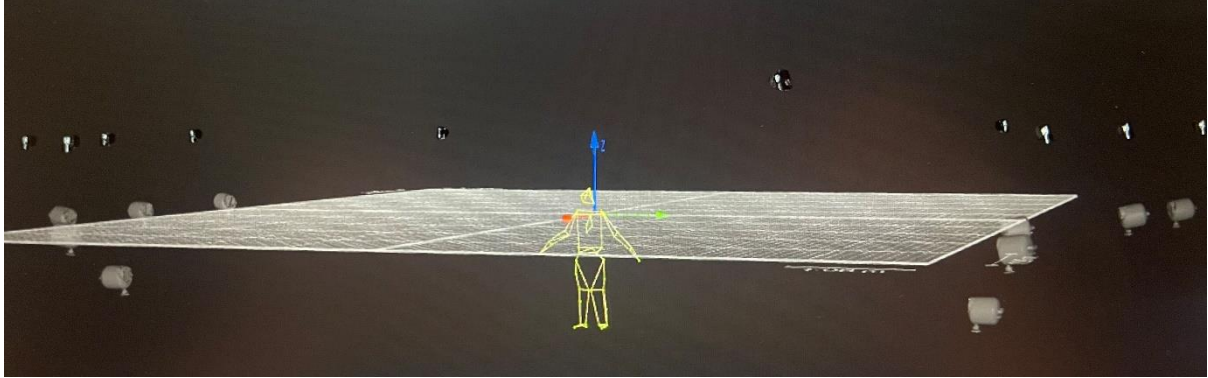
กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬาวว่ายน้ำทีมชาติไทยที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันในระดับชาติหรือระดับนานาชาติ จำนวน 8 คน (เพศชาย 5 คน เพศหญิง 3 คน) อายุ 19.3 ± 4.4 ปี น้ำหนัก 64.2 ± 9.8 กิโลกรัม ส่วนสูง 173 ± 7.9 เซนติเมตร เข้าร่วมงานวิจัยโดยความสมัครใจและไม่มีอาการบาดเจ็บหนักที่เป็นอุปสรรคต่อการเก็บข้อมูล เกณฑ์การคัดออกจากการทำวิจัยหากมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ 1) มีอาการบาดเจ็บและไม่สามารถฝึกซ้อมตามโปรแกรมที่ผู้ฝึกสอนกำหนดได้ 2) ปฏิเสธเข้าร่วมโครงการหรือเข้าร่วมโครงการโดยไม่สมัครใจ 3) นักกีฬาไม่สามารถเข้าร่วมการเก็บข้อมูลได้จนครบการเก็บข้อมูลทั้งหมด การศึกษาได้ปฏิบัติตาม the Declaration of Helsinki และคณะกรรมการจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์

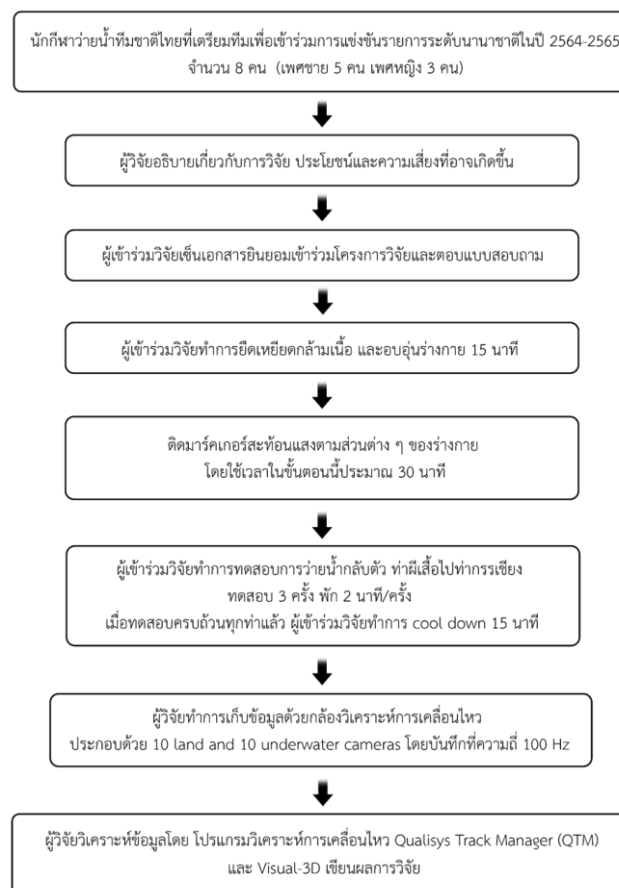
วิธีการดำเนินงานวิจัย

รูปแบบการศึกษา between-subjects design ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมงานวิจัย 1 ครั้ง โดยก่อนทำการทดลองจะมีการวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometry) ดังต่อไปนี้ วัดน้ำหนักโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ TANITA ส่วนสูง วัดโดยเครื่องวัดส่วนสูงแบบแขน ความยาวช่วงแขน (arm span) ความยาวขา (leg length) เพื่อนำมาคำนวณ Ape Index ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความยาวช่วงแขน (arm span) ต่อความสูง (height) จากนั้นผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ซึ่งมีอัตราส่วนความยาวแขนต่อส่วนสูง Ape index มากกว่า 1 (Group Arm Span/Height >1) และมีอัตราส่วนความยาวแขนต่อส่วนสูง Ape index น้อยกว่า 1 (Group Arm Span/Height <1) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 2 กลุ่มทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 15 นาที จากนั้นทำการติดมาร์คเกอร์สะท้อนแสง (reflective markers) ที่กระดูกกระเบนเหน็บ (sacrum) โดยใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 30 นาที ในขั้นตอนการทดลอง ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบการว่ายน้ำกลับตัว ท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียงซึ่งเป็นการกลับตัวแบบ open-turn โดยเริ่มทำการว่ายน้ำในระยะ 5 เมตรห่างจากขอบสระ ทดสอบ 3 ครั้ง ขณะกลับตัวทำการเก็บข้อมูลด้วยกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวประกอบด้วยกล้องบนบกจำนวน 10 ตัวและกล้องใต้น้ำจำนวน 10 ตัว (Qualisys a dual - media twin motion capture system, Gothenburg, Sweden) โดยบันทึกการเคลื่อนไหวที่ความถี่ 100 Hz เมื่อทดสอบครบถ้วนทุกท่าแล้วผู้เข้าร่วมวิจัยทำการ cool down 15 นาที จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวดังรูปที่ 1 และ

แผนผังขั้นตอนการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2 เพื่อวิเคราะห์หาเวลาในการสัมผัสผนังซึ่งหาจากเวลาในจังหวะที่มีมือแตะผนังจนเท้าถีบออก และ วิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายในแนวตั้งขณะทำการกลับตัวรวมทั้ง Push-off velocity ซึ่งหาจากจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายในระนาบหน้าและหลัง (anteroposterior plane) ^{14, 16}



รูปที่ 1 แสดงรูปจากโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Visual3D program)



รูปที่ 2 แผนผังขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การประมวลผลข้อมูล

โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys Track Manager (QTM) (Qualisys, Gothenburg, Sweden) ถูกใช้ในการดิจิทัลตำแหน่งของจุดมาร์คเกอร์สะท้อนแสงที่ติด ตาม Anatomical landmark เพื่อนำมาคำนวณตัวแปรทาง จลนศาสตร์และเวลา ประกอบด้วย เวลาในการกลับตัว ความเร็วเริ่มต้นในการถีบตัวออกจากผนัง และตำแหน่ง จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล Visual3D v6 (Visual3D, C - motion, USA)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษานี้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Jamovi สถิติเชิงพรรณนาถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะ ทั่วไป Shapiro - Wilk test ถูกใช้เพื่อศึกษาความเป็นปกติของการกระจายและทำการทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวน (homogeneity of variances) สถิติ Independence t - test ใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรทาง จลนศาสตร์และเวลาระหว่างกลุ่ม โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติ $p \text{ value} < 0.05$

ผลการวิจัย

ข้อมูลสัดส่วนความยาวของร่างกายของนักกีฬา (Anthropometric data)

ข้อมูลสัดส่วนความยาวของร่างกายของนักกีฬาดังตารางที่ 1 ซึ่งแบ่งเป็น

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 เพศชาย จำนวน 4 คนซึ่งมีอัตราส่วนความยาวแขนต่อความสูง Ape index มากกว่า 1 (Group Arm Span/Height >1) เฉลี่ย 1.04 ± 0.01 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก = 71.4 ± 5.0 กก มีค่าเฉลี่ยส่วนสูง = 179.3 ± 4.1 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวช่วงแขน = 187.0 ± 6.5 ซม ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย = 22.2 ± 0.9 กก/ตร.ม ค่าเฉลี่ยความยาวแขนซ้าย = 82.8 ± 2.2 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวแขนขวา = 83.0 ± 1.4 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวขาซ้าย = 85.0 ± 1.7 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวขาขวา = 86.1 ± 1.0 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวเท้าซ้าย = 26.3 ± 0.7 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวเท้าขวา = 26.2 ± 0.5 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างเท้าซ้าย = 9.7 ± 0.8 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างเท้าขวา = 9.7 ± 0.7 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างข้อเท้าซ้าย = 7.2 ± 0.4 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างข้อเท้าขวา = 6.9 ± 0.2 ซม

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เพศหญิง 3 คน เพศชาย 1 คน จำนวนทั้งหมด 4 คน ซึ่งมีอัตราส่วนความยาวแขนต่อความสูง Ape index น้อยกว่า 1 (Group Arm Span/Height <1) เฉลี่ย 0.99 ± 0.01 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก = 57.1 ± 7.9 กก มีค่าเฉลี่ยส่วนสูง = 167.8 ± 4.3 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวช่วงแขน = 165.8 ± 4.9 ซม ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย = 20.2 ± 1.7 กก/ตร.ม ค่าเฉลี่ยความยาวแขนซ้าย = 72.6 ± 2.5 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวแขนขวา = 73.9 ± 2.5 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวขาซ้าย = 76.6 ± 2.8 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวขาขวา = 76.6 ± 1.9 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวเท้าซ้าย = 24.0 ± 1.1 ซม ค่าเฉลี่ยความยาวเท้าขวา = 24.0 ± 1.0 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างเท้าซ้าย = 9.4 ± 0.5 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างเท้าขวา = 9.6 ± 0.6 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างข้อเท้าซ้าย = 6.6 ± 0.6 ซม ค่าเฉลี่ยความกว้างข้อเท้าขวา = 6.6 ± 0.6 ซม

เมื่อทำการเปรียบเทียบความยาวแขน ความยาวขา และความยาวเท้าระหว่างสองกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \text{ value} < 0.05$) ของความยาวแขนขวา ($p \text{ value} = 0.002$) ความยาวแขนซ้าย ($p \text{ value} = 0.002$) ความยาวขาขวา ($p \text{ value} < 0.001$), ความยาวขาซ้าย ($p \text{ value} = 0.004$) ความยาวเท้าขวา ($p \text{ value} = 0.014$) ความยาวเท้าซ้าย ($p \text{ value} = 0.023$)

เวลาในการกลับตัว (Turning time)

กลุ่มตัวอย่างที่ Ape index มากกว่า 1 (Group Arm Span/Height >1) มีเวลาในการกลับตัวเฉลี่ย 1.45 ± 0.05 วินาที และกลุ่มตัวอย่างที่ Ape index น้อยกว่า 1 (Group Arm Span/Height <1) มีเวลาในการกลับตัวเฉลี่ย 1.51 ± 0.11 วินาที เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการกลับตัวทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value > 0.05)

ความเร็วต้นของจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายขณะถีบออกจากผนัง

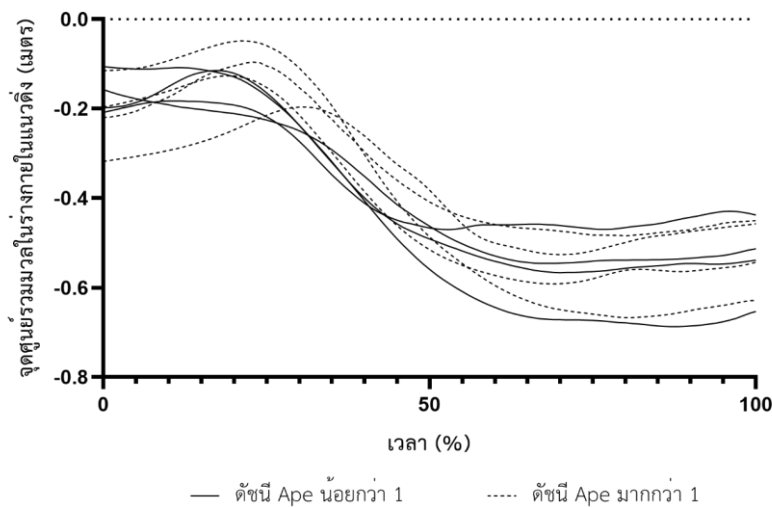
กลุ่มตัวอย่างที่ Ape index มากกว่า 1 (Group Arm Span/Height >1) มีความเร็วต้นของจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายขณะถีบออกจากผนัง 2.61 ± 0.40 เมตรต่อวินาที และกลุ่มตัวอย่างที่ Ape index น้อยกว่า 1 (Group Arm Span/Height <1) มีความเร็วต้นของจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายขณะถีบออกจากผนัง 2.58 ± 0.22 วินาที เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการกลับตัวทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value > 0.05)

วิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายในแนวตั้งขณะทำการกลับตัว

วิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายในแนวตั้งขณะทำการกลับตัว ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 1 ข้อมูลสัดส่วนความยาวของร่างกายของนักกีฬา (Anthropometric data)

คนที่	เพศ	น้ำหนัก (กก.)	ความสูง (ซม.)	ความยาวช่วง แขน (ซม.)	ดัชนี Ape	ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	ความยาวแขน (ซม.)		ความยาวขา (ซม.)		ความยาวเท้า (ซม.)		ความกว้างไหล่ (ซม.)		ความกว้างข้อ เท้า (ซม.)	
							ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
1	ชาย	70.4	175	174.1	0.99	23.0	76.8	77.9	79.3	78	25.9	25.6	9.5	10.5	7.4	7.5
2	หญิง	54.9	167	164.8	0.99	19.7	71.4	73.6	79.3	78.4	23.4	23.7	10.1	9.9	6.2	6.1
3	หญิง	50	164	163.0	0.99	18.6	71.5	72.8	74.9	76.3	23.4	24	8.6	9	5.9	6.2
4	หญิง	53	165	161.4	0.98	19.5	70.6	71.1	72.9	73.5	23.3	22.9	9.2	9.1	6.7	6.5
5	ชาย	68	177	182.6	1.03	21.7	81.3	81.8	87.8	87.7	25.2	25.4	10.3	10.7	7.9	6.8
6	ชาย	65	175	181.7	1.04	21.2	81.7	82.2	83.4	85.4	26.3	26.4	8.4	8.7	7	7.2
7	ชาย	75.6	179	185.7	1.04	23.6	81.5	82.6	84.5	86.1	27.1	26.9	9.6	9.7	6.9	6.8
8	ชาย	77	186	198.0	1.06	22.3	86.6	85.4	84.2	85.2	26.4	26.3	10.5	9.8	7.1	6.9



รูปที่ 3 วิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายในแนวดิ่งขณะทำการกลับตัว (COM trajectory in vertical direction during turning)

อภิปรายผล

งานวิจัยมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบดัชนี Ape index มากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ต่อตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการกลับตัวแบบ Open turn ในท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง เช่น Push-off velocity เวลาในการสัมผัสผิวน้ำและวิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายในแนวดิ่งในการกลับตัวแบบ Open turn ในท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง (butterfly to Backstroke) และ จากข้อมูลสัดส่วนร่างกายพบว่าสัดส่วนของร่างกายมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มโดยกลุ่มซึ่งมี Ape index มากกว่า 1 (Group Arm Span/Height >1) พบว่ามีความยาวช่วงแขน ความยาวขา และความยาวเท้ามากกว่ากลุ่มที่มี Ape index น้อยกว่า 1 (Group Arm Span/Height <1) งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง Arm span ส่วนสูง ความยาวของร่างกายส่วนบนและล่าง โดยพบว่านักกีฬาที่มีส่วนสูงมากที่สุด จะมี arm span ที่มากกว่ารวมทั้งพื้นที่ผิว งานศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่า arm span/height index มากกว่า 1 ทำให้เกิดข้อได้เปรียบทางด้าน hydrodynamic ในการว่ายน้ำโดยนักว่ายน้ำที่มีร่างกายยาวกว่าจะมี upper limbs cycles ที่น้อยกว่าในระยะทางที่เท่ากัน^{17, 21}

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษากลับตัวจากผีเสื้อไปกรรเชียงซึ่งเป็นการกลับตัวแบบ Open-turn ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าในการกลับรูปแบบนี้ push-off velocity เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการกลับตัว¹⁴ โดย push-off velocity ส่งผลทำให้ความเร็วในการ gilding เพิ่มขึ้นซึ่งงานก่อนหน้านี้พบว่ามีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกลับตัวแบบ open-turn อย่างมาก¹⁶ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับ push-off velocity ไม่พบความแตกต่างกัน โดยยังไม่สามารถสรุปได้เนื่องจากงานศึกษานี้เป็นงานศึกษาแรกที่ทำการศึกษาลงของค่าดัชนี Ape index ที่มากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ต่อ push-off velocity ในการกลับตัวท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง (Butterfly to Backstroke) งานศึกษานี้ได้แนะนำว่าอาจจะมีการวิจัยอื่นที่ส่งผลต่อการกลับตัว เช่น เทคนิคการกลับ โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ระบุว่าในกรณีที่เท้าถีบผิวน้ำก่อนที่แขนจะสัมผัสจะทำให้เกิดความเร็วในการออกตัวสูงสุดในขณะเดียวกันถ้าแขนสัมผัสผิวน้ำก่อนที่เท้าจะถีบผิวน้ำจะทำให้ความเร็วในการถีบผิวน้ำลดลง¹⁴

เมื่อทำการเปรียบเทียบ Ape index ที่น้อยกว่าหรือน้อยกว่า 1 ต่อเวลาในการสัมผัสผิวน้ำพบว่าไม่ต่างกัน Andrew D. Lytle และคณะได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการถีบตัวออกของการกลับตัวแบบ flip turn พบว่ามี

ความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเร็วสุดท้ายในการถีบตัวออกซึ่งยังใช้เวลาในการถีบตัวออกนานมากขึ้น ความเร็วสุดท้ายในการถีบตัวยิ่งมากขึ้น¹⁷ แต่อย่างไรก็ตามงานศึกษาของ Blanksby A และคณะได้พบว่าเวลาในการสัมผัสผืนน้ำในการกลับตัวแบบ open-turn ไม่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกลับตัวอย่างมีนัยสำคัญ¹²

เมื่อเปรียบเทียบการรักษาคูณย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งของนักกีฬาทั้งสองกลุ่มมีทิศทางไปในรูปแบบใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษานี้พบว่าช่วงเฟสการกลับตัว rotation ค่าดัชนี Ape Index ที่มากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ไม่ส่งผลต่อการรักษาคูณย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง โดยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในการกลับตัวจากผืนน้ำไปกระดานซึ่งกล่าวถึงความสัมพันธ์ความยาวช่วงแขน ความสูงกับประสิทธิภาพในการกลับตัวในช่วงเฟสการกลับ rotation อย่างไรก็ตามงานศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาเกี่ยวกับการกลับตัวแสดงให้เห็นว่ามีปัจจัยหลายอย่างส่งผลต่อการกลับตัว เช่น งานศึกษาก่อนหน้า ได้ระบุว่า impulse เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถในการกลับตัวในท่าฟรีสไตล์หรือ tumble turn โดยหาจากผลคูณของแรงกับเวลา โดย impulse ซึ่งเกิดจากแรงถีบที่ผืนน้ำ¹⁵ สำหรับตัวแปรที่อาจจะส่งผลต่อความสามารถในการกลับตัว เช่น เวลาในการสัมผัสผืนน้ำ มุมของการเข้าแต่อย่างไรก็ตามงานศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าตัวแปรทั้งสองไม่ส่งผลต่อความสามารถในการกลับตัวอย่างมีนัยสำคัญในการกลับแบบ open-turn¹⁴

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะการวิจัย

เนื่องจากการศึกษาการกลับตัวในรายการเดี่ยวผสม (individual medley) ในนักกีฬาทีมชาติ โดยใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเชิง 3 มิติครั้งแรกในประเทศไทย ทำให้มีทั้งปัญหาและอุปสรรคหลายประการด้วยกัน ได้แก่

1. เนื่องจากสระว่ายน้ำเป็นสระแบบเปิดไม่มีหลังคาจึงทำให้ไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศได้ จึงมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ฝนตกและลมแรง และสะท้อนบนผิวน้ำทำให้เกิด Ghost marker ซึ่งเป็นอุปสรรคในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล
2. เนื่องจากการเคลื่อนไหวในน้ำทำให้เกิดคลื่นไปกระทบกับกล้องได้นำส่งผลให้เกิดการสั่นของกล้องอาจส่งผลให้ค่าที่ทำการ calibrate ไว้มีการคาดเคลื่อนเล็กน้อย
3. เนื่องจากการเก็บข้อมูลอยู่ได้น้ำมีความท้าทายในเรื่องของการเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการติดมาร์กเกอร์สะท้อนแสง จึงต้องมีการเปลี่ยนเทปขาวจากการที่มาร์กเกอร์สะท้อนแสงหลุดขณะที่นักกีฬาเคลื่อนไหวได้น้ำ

งานศึกษาในอนาคต

งานศึกษานี้เก็บกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อยซึ่งถ้าเก็บกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นอาจจะเห็นความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม นอกจากนั้นการศึกษากลับตัวในการแข่งขันเดี่ยวผสมในท่าอื่น เช่น ท่ากบไปฟรีสไตล์ และอื่นๆ ยังเป็นที่สนใจที่จะทำการศึกษาต่อไป

ประโยชน์และการนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

งานศึกษานี้ได้แสดงถึงสัดส่วนของร่างกายต่อการกลับตัวซึ่งผลการศึกษานี้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาการคัดเลือกนักกีฬาและการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาวัยน้ำรายบุคคลและเพื่อเป็นการดำเนินงานเชิงรุกด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬาสำหรับใช้ในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาวัยน้ำทีมชาติไทย ตามพันธกิจของฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทยและสมาคมกีฬาวัยน้ำแห่งประเทศไทย ตลอดจนเป็นโอกาสในการพัฒนา

ทักษะการเก็บข้อมูลในกิจกรรมที่มีความท้าทายสูงด้วยเครื่องมือเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อส่งเสริมและยกระดับการวิจัยทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬาในประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

จากผลงานวิจัยของนักว่ายน้ำสองกลุ่มที่มีอัตราส่วนความยาวแขนต่อความสูง Ape index มากกว่า 1 (Group Arm Span/Height >1) และมีอัตราส่วนความยาวแขนต่อความสูง Ape index น้อยกว่า 1 (Group Arm Span/Height <1) พบว่า ค่า Ape index ที่มากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ไม่ส่งผลต่อ Push-off velocity เวลาในการสัมผัสผนังและวิธีการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดศูนย์รวมมวลของร่างกายในแนวตั้งในการกลับตัวท่าผีเสื้อไปท่ากรรเชียง (Butterfly to Backstroke) ซึ่งพารามิเตอร์เป็นพารามิเตอร์ที่มีความเกี่ยวข้องความสามารถในการกลับตัว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยและคณะขอขอบคุณฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทยที่สนับสนุนทุนวิจัยและอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิตที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลและขอบคุณนักศึกษาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดลที่ช่วยเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Mullen JG. Swimming Science: Optimum performance in the water: Ivy Press; 2018.
2. Arellano Colomina R, Sánchez Molina JA, Navarro Valdivieso F, Morales Ortiz E, López Contreras G. Swimming Science I. 2007.
3. Maglischo EW. Swimming fastest: Human kinetics; 2003.
4. Barbosa TM, Bragada JA, Reis VM, Marinho DA, Carvalho C, Silva AJ. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. J Sci Med Sport. 2010;13(2):262-9.
5. Barbosa TM, Marinho DA, Costa MJ, Silva AJJBia. Biomechanics of competitive swimming strokes. 2011:367-88.
6. Born DP, Romann M, Stöggl T. Start Fast, Swim Faster, Turn Fastest: Section Analyses and Normative Data for Individual Medley. J Sports Sci Med. 2022;21(2):233-44.
7. Martens J, Figueiredo P, Daly D. Electromyography in the four competitive swimming strokes: A systematic review. J Electromyogr Kinesiol. 2015;25(2):273-91.
8. Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Lätt E, Purge P, Leppik A, et al. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. Pediatr Exerc Sci. 2007;19(1):70-81.
9. Chainok P, Machado L, de Jesus K, Abrales JA, Borgonovo-Santos M, Fernandes RJ, et al. Backstroke to Breaststroke Turning Performance in Age-Group Swimmers: Hydrodynamic Characteristics and Pull-Out Strategy. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(4).

10. Slawson S, Conway P, Justham L, Le Sage T, West A. Dynamic signature for tumble turn performance in swimming. *Procedia Eng.* 2010;2(2):3391-6.
11. Chakravorti N, Slawson SE, Cossor J, Conway PP, West AA. Swimming Turn Technique Optimisation by Real-Time Measurement of Foot Pressure and Position. *Procedia Eng.* 2012;34:586-91.
12. Blanksby B, Gathercole DG, Marshall RN. Force plate and video analysis of the tumble turn by age-group swimmers. *J Swim Res.* 1996;11(Fall):40-5.
13. Puel F, Morlier J, Avalos M, Mesnard M, Cid M, Hellard P. 3D kinematic and dynamic analysis of the front crawl tumble turn in elite male swimmers. *J Biomech.* 2012;45(3):510-5.
14. Blanksby B, Simpson J, Elliott B, McElroy K. Biomechanical Factors Influencing Breaststroke Turns by Age-Group Swimmers. *J Appl Biomech.* 1998;14:180-9.
15. Araujo L, Pereira S, Gatti R, Freitas E, Jacomel G, Roesler H, et al. Analysis of the lateral push-off in the freestyle flip turn. *J Sports Sci.* 2010;28(11):1175-81.
16. Nicol E, Ball K, Tor E. The biomechanics of freestyle and butterfly turn technique in elite swimmers. *Sports Biomech.* 2019.
17. Lätt E, Jürimäe J, Mäestu J, Purge P, Rämson R, Haljaste K, et al. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *J Sports Sci Med.* 2010;9(3):398-404.
18. Alves M, Carvalho DD, Fernandes RJ, Vilas-Boas JP. How Anthropometrics of Young and Adolescent Swimmers Influence Stroking Parameters and Performance? A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(5).
19. Lavoie JM, Montpetit RR. Applied physiology of swimming. *Sports Med (Auckland, NZ).* 1986;3(3):165-89.
20. Şenel Ö, Baykal C. The relationship between stroke-rate, stroke-length and some anthropometric features in 11 - 12 year old swimmers 11 – 12 yaş yüzücülerde kulaç oranı ve kulaç uzunluğunun bazı antropometrik özelliklerle ilişkisi. *J Hum Sci.* 2017;14:4077.
21. Alves M, Carvalho DD, Fernandes RJ, Vilas-Boas JP. How anthropometrics of young and adolescent swimmers influence stroking parameters and performance? A systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Feb 22;19(5):2543