

ความพึงพอใจการใช้ถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็นที่ใช้ในการแข่งขันซึ่งสร้างจาก
การพิมพ์ 3 มิติ สำหรับนักกีฬาพิการทีมชาติไทย ประเภท T54
Satisfaction of Using 3D Printing Wheelchair Racing
Gloves for Class T54 Thai National Athletics

ไชยพิพัฒน์ ปกป้อง¹
Chaipipat Pokpong¹

Received: 01/03/2022

Revised: 20/04/2022

Accepted: 27/05/2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็นที่ใช้ในการแข่งขันซึ่งสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ โดยนักกีฬาคณะพิการทีมชาติไทยที่ลงแข่งขันบุคคลชายประเภท T54 เป็นผู้ให้ข้อมูลมีจำนวนทั้งหมด 2 คนที่ถูกคัดเลือกแบบเจาะจงคุณสมบัติ งานวิจัยนี้ได้ประเมินความพึงพอใจในถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านการผลิต 2) ด้านการใช้งาน และ 3) ด้านการซ่อมบำรุงและดูแลรักษา สำหรับการเก็บข้อมูลเบื้องต้นได้ใช้การตอบแบบสอบถาม การสัมภาษณ์เชิงลึก รวมทั้งการสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อเพื่อใช้ทดสอบภายใต้สถานการณ์จริงในมหกรรมการแข่งขันพาราลิมปิก ณ กรุงโตเกียวประเทศญี่ปุ่น ในปี 2021 ผลการวิจัย พบว่า ด้านการผลิตถุงมือบังคับล้อแบบผู้ใช้มีส่วนร่วมในการพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีระบบดิจิทัลและการพิมพ์ 3 มิติมีความแม่นยำในการสร้างรูปทรง ขนาด ควบคุมน้ำหนัก กำหนดพื้นผิวสัมผัส และสามารถผลิตซ้ำได้ ด้านการใช้งานในการแข่งขันพบว่าถุงมือที่ผลิตด้วยการพิมพ์ 3 มิติ มีสถิติการทำความเร็วได้ดีกว่าถุงมือแบบเก่าที่ปั่นด้วยมือ 4 รายการจากการแข่งขันที่เก็บข้อมูลทั้งหมด 6 รายการ ซึ่งมีระยะทางในการแข่งขัน 800 เมตร 1,500 เมตร และ 5,000 เมตร นอกจากนี้ด้านการใช้งานนักกีฬามีความพึงพอใจต่อการซ่อมแซมบำรุงดูแลรักษาถุงมือบังคับล้อที่พิมพ์ด้วยระบบ 3 มิติในระดับดีมาก เนื่องจากพื้นผิวมีความเรียบสม่ำเสมอทำให้ทำความสะอาดได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว อีกทั้งยังคงทนต่อความร้อนจากสภาพภูมิอากาศได้มากกว่า 60 องศาเซลเซียส โดยไม่เปลี่ยนรูปทรงหรือบิดงอเสียหายจนใช้การไม่ได้ องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปพัฒนาปรับปรุงถุงมือบังคับล้อให้มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของนักกีฬาคณะพิการเพื่อใช้ในการแข่งขันได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็น กีฬาคณะพิการ นักกีฬาคณะพิการ การพิมพ์ 3 มิติ การผลิตถุงมือบังคับล้อเข็น

Abstract

The objective of this research examined the user satisfaction from using three-dimensional printing wheelchair racing gloves for two disabled male class T54 of Thai national athletes. The sampling population of this research was selected by purposive sampling methods to evaluate user satisfaction in 3 significant parts as following 1) production, 2) usage, and 3) maintenance. There were several tools and methodologies

¹ ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Department of Industrial Design, School of Architecture Art, and Design, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล: chaipipat.po@kmitl.ac.th

to collect relevant information using questionnaires, in-depth interviewing, and prototype testing in Tokyo Paralympic Games 2021. This research shows that the participatory user production of wheelchair racing gloves from digital technology and 3-dimensional printing has a precise form, size, weight, surface texture, and re-production. Using 3D printing wheelchair gloves helps disabled athletes reduce time records in 800, 1,500, and 5,000 meters from 4 of 6 races. Moreover, the athletes were most satisfied with repairing and three-dimensional printing wheelchair racing gloves for the ease of surface cleaning and deformation resistance of more than 60 Celsius. The knowledge from this research can be made for better response to user requirements and improvement of wheelchair gloves performance.

Keywords: Wheelchair Racing Gloves, Para-Sports, Disabled Athletics, 3D Printing, Production of Wheelchair Racing Gloves

1. บทนำ

เก้าอี้ล้อเข็นที่ใช้ในการแข่งขันได้นำมาใช้ในการแข่งขันครั้งแรกในกีฬาพาราลิมปิกเกมส์ที่กรุงโตเกียวประเทศญี่ปุ่น เมื่อปีคริสตศักราช 1964 ต่อมาการแข่งขันกีฬาประเภทนี้ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการจัดการแข่งขัน พาราลิมปิกในทุก 4 ปี ในปีคริสตศักราช 1968 ที่ประเทศอิสราเอล ในปีคริสตศักราช 1972 ที่เมืองไฮเดลแบร์ก ประเทศ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ช่วงเวลาดังกล่าวได้มีนาย ยูจีน โรเบิร์ต (Eugene Roberts) ได้คิดค้นเก้าอี้ล้อเข็นที่มีความ แตกต่างจากเก้าอี้ล้อเข็นที่เป็นแบบมาตรฐานทั่วไป โดยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคใหม่และการออกแบบล้อหลังที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และอุปกรณ์พิเศษที่เพิ่มศักยภาพของนักกีฬาทำให้มีการเพิ่มระยะการแข่งขันไปถึง 1500 เมตร ในการแข่งขันประเภท ลู่ (Athletics World Para, 2018) ในปีคริสตศักราช 1985 เก้าอี้ล้อเข็นได้ถูกปรับเปลี่ยนรูปแบบจนแทบจะไม่เหมือนเก้าอี้ ล้อเข็นสำหรับการใช้งานทั่วไป จนกระทั่งในปีคริสตศักราช 1987 เก้าอี้ล้อเข็นในรูปแบบ 3 ล้อได้ถูกพัฒนาขึ้นในการแข่งขันมา จนถึงปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นไปที่การลดน้ำหนักของตัวเก้าอี้ล้อเข็น และการนั่งปรับเปลี่ยนมาเป็นท่าคุกเข่าแทนการนั่งราบ ซึ่ง เป็นท่าที่มีประสิทธิภาพในการทำความเร็วสูงสุดจนถึงปัจจุบัน ในปีคริสตศักราช 2000 เริ่มมีการนำเอาวัสดุคาร์บอนไฟเบอร์ มาใช้ในการทำเก้าอี้ล้อเข็น ประวัติ วัชรินทร์ (การสื่อสารส่วนบุคคล [สัมภาษณ์], 10 ตุลาคม 2563) โดยมีการถ่ายทอด เทคโนโลยีจากการออกแบบและผลิตโครงสร้างรถจักรยานสำหรับการแข่งขัน (Dunford, 2017) รวมไปถึงเทคโนโลยีที่ใช้ใน การออกแบบและการสร้างรถแข่งสูตร 1 หรือ รถแข่งฟอร์มูลาวัน (Formula One) ซึ่งนำมาพัฒนาเป็นเก้าอี้ล้อเข็นที่ทำให้ นักกีฬาสสามารถทำความเร็วได้สูงสุดถึง 33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถลดน้ำหนักตัวเก้าอี้ล้อเข็นจาก 10 กิโลกรัมไปเป็น 6 กิโลกรัม อำไพ เสือเหลือง (การสื่อสารส่วนบุคคล [สัมภาษณ์], 15 กันยายน 2564)

ถุงมือบังคับล้อในงานวิจัยนี้ หมายถึง อุปกรณ์ที่นักกีฬาเก้าอี้ล้อเข็นใช้เพื่อการแข่งขัน โดยสวมใส่ที่ฝ่ามือทั้งสองข้าง เพื่อช่วยผลักดันให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า อีกทั้งยังสามารถป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจากการเสียดสี การกระแทกระหว่าง ฝ่ามือและส่วนล้อของรถเข็น ถุงมือบังคับล้อไม่มีจุดกำเนิดที่แน่ชัดว่าผู้ใดเป็นคนคิดริเริ่มใช้เป็นครั้งแรก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ นักกีฬาแต่ละคนพัฒนาแบบจากความต้องการของตนเองโดยการประยุกต์ใช้จากวัสดุที่หาได้ใกล้ตัว ซึ่งแต่ละคนจะมีแนวทาง ในการใช้งานของตนเองที่ต่างกันไป ประวัติ วัชรินทร์ (การสื่อสารส่วนบุคคล [สัมภาษณ์], 10 ตุลาคม 2563) ดังนั้น รูปแบบ ถุงมือบังคับล้อจึงมีความหลากหลายทั้งในรูปแบบโครงสร้างและการใช้วัสดุ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสามารถแบ่งรูปแบบถุงมือ ออกเป็นสองประเภทคือถุงมือโครงสร้างอ่อน และถุงมือที่มีโครงสร้างแข็ง ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบพัฒนาและ ทดสอบถุงมือที่มีโครงสร้างแข็ง เนื่องจากมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากที่สุดในกลุ่มนักกีฬาทีมชาติไทย ภูธรศร คงรักษ์ (การ สื่อสารส่วนบุคคล [สัมภาษณ์], 10 ตุลาคม 2563)

นักกีฬาคณพิการ รุ่น T54 หมายถึง นักกีฬาในการแข่งขันกรีฑาประเภทลู่ ผู้มีความบกพร่องทางอวัยวะร่างกายตั้งแต่ช่วงเอวลงไปไม่สามารถใช้งานได้อย่างปกติ สำหรับร่างกายส่วนบนสามารถทำงานได้อย่างปกติเต็มประสิทธิภาพเหมือนบุคคลทั่วไป (Atheletics World Para, 2018)

อุปกรณ์กีฬาสำหรับคนพิการเป็นสิ่งที่ต้องออกแบบมาเป็นพิเศษมีความเฉพาะตัวให้เหมาะกับสภาพร่างกายของนักกีฬาแต่ละคน แก้อั้วเซ็นและถุงมือบังคับล้อสำหรับการแข่งขันกีฬาจึงมีความพิเศษแตกต่างจากการใช้งานธรรมดาทั่วไป ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอุปกรณ์กีฬาสำหรับคนพิการในประเทศไทยยังมีจำนวนน้อย อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐบาลและภาคเอกชนโดยเฉพาะในประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้ ประสบการณ์ในด้านกระบวนการออกแบบ การผลิต การจัดจำหน่าย และการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์กีฬาสำหรับผู้พิการ ส่งผลให้นักกีฬาคณพิการต้องดัดแปลงแก้อั้วเซ็น และถุงมือบังคับล้อเพื่อนำมาใช้ฝึกซ้อมและแข่งขันด้วยตนเองตามอัธยาศัยหรือนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง รวมทั้งการจัดหาอะไหล่ในการซ่อมแซมและการบำรุงรักษาค่อนข้างยากและมีราคาสูง ยิ่งไปกว่านั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกซ้อมและใช้ในการแข่งขันยังมีขนาดสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมต่อสรีระของคนไทย และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของนักกีฬาแต่ละคน รวมถึงการประสบปัญหาจากการกีดกันด้านเทคโนโลยีของประเทศคู่แข่ง ที่ผลิตอุปกรณ์กีฬาสำหรับคนพิการที่มีประสิทธิภาพมากกว่า (อำเภอเสื่อเหลือง, 2564) สำหรับถุงมือบังคับล้อถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญประการหนึ่งในการแข่งขันแก้อั้วเซ็น ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีความจำเป็นอย่างมากในการสร้างกระบวนการออกแบบ และสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อสำหรับการแข่งขันให้มีความเหมาะสมต่อนักกีฬา ซึ่งความพึงพอใจในงานวิจัยนี้ หมายถึง ทัศนคติเชิงบวกต่อการตอบสนองของความปรารถนา หรือความต้องการของนักกีฬาคณพิการ ซึ่งอาจเป็นความรู้สึทางใจที่เป็นนามธรรม (เกอร์สัน ริชาร์ด (ผู้แต่ง), พิพัฒน์ ก้องกิจกุล (ผู้แปล), 2546) หรือการตอบสนองทางกายภาพที่สัมผัสได้ อีกทั้งยังสามารถบ่งบอกถึงความรู้สึของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดความพึงพอใจ หรือไม่พึงพอใจ โดยเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์กับความคาดหวังของผู้ใช้ (ณัฐพัชร ล้อประดิษฐ์พงษ์, 2549) ด้วยการใช้วิทยาศาสตร์การกีฬา การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และระบบการผลิตด้วยการพิมพ์สามมิติให้เหมาะสมต่อการกายศาสตร์ของคนไทย เพื่อเป็นตัวอย่างในการแสดงให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยีในระบบการผลิตสามมิติของประเทศไทยซึ่งกำลังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาพิการไทยอย่างค่อยเป็นค่อยไป (คริสโตเฟอร์ บาร์เนท (ผู้แต่ง), เจน ชาญณรงค์ (ผู้แปล), 2558) อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนในการสร้างแรงบันดาลใจให้กับผู้พิการให้หันมาสนใจเล่นกีฬา และเพิ่มโอกาสในการเริ่มต้นทำธุรกิจการออกแบบพัฒนา การผลิต รวมถึงการจัดจำหน่าย และการซ่อมแซมบำรุงรักษาถุงมือบังคับล้อสำหรับแก้อั้วเซ็นในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อแก้อั้วเซ็นเพื่อการแข่งขันด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
- 2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพด้านการทำความเร็วของถุงมือบังคับล้อแก้อั้วเซ็นเพื่อการแข่งขัน
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจการผลิต การใช้งาน การดูแลรักษาและการซ่อมบำรุงถุงมือบังคับล้อแก้อั้วเซ็นเพื่อการแข่งขัน

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์และแนวคิดวิศวกรรมย้อนรอย

งานวิจัยนี้ใช้แนวคิดทางการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ และแนวคิดวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) เป็นกระบวนการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่แล้วโดยเพิ่มแนวคิด และวิสัยทัศน์ในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่าเดิม (ยะมะตะโซ, 2559) หรือปรับปรุงโดยจัดข้อผิดพลาดให้หมดไป หรือบรรเทาข้อเสียให้น้อยลง (มณฑล ศาสนนันท์, 2546) กระบวนการออกแบบพัฒนาภายใต้แนวคิดของวิศวกรรมย้อนรอยช่วยประหยัดเวลาและงบประมาณได้มากกว่าการเริ่มต้นกระบวนการออกแบบพัฒนาตั้งแต่แรก นักวิจัยได้ประยุกต์แนวคิด

วิศวกรรมย้อนรอยในการพัฒนาถุงมือบังคับด้วยการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการพิมพ์ 3 มิติ เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาคำการใช้งานที่ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของนักกีฬาคนพิการได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ การออกแบบสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อในงานวิจัยนี้ได้เป็นการออกแบบรูปทรง หรือวิธีการจับถือในรูปแบบใหม่ แต่เป็นการพัฒนาปรับปรุงรายละเอียดเพียงบางส่วน รวมถึงการผลิตถุงมือบังคับล้อแบบเดิมให้สามารถตอบสนองความต้องการและสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับนักกีฬาคนพิการได้มากยิ่งขึ้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประเมินประสิทธิภาพของถุงมือบังคับล้อได้โดยตรงจากสถิติเวลาในการแข่งขันจริงในระดับนานาชาติ ความแข็งแรงจากการกระแทกอย่างหนักหน่วงระหว่างการใช้งาน ความคงทนต่อสภาพอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสโดยไม่เปลี่ยนรูปทรง น้ำหนักของถุงมือบังคับล้อที่นักกีฬาค้นเคยมีน้ำหนักโดยรวมทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 150 กรัม ต่อหนึ่งข้าง

ต้นแบบถุงมือแบบพิมพ์ 3 มิติ สร้างจากวัสดุ HP 3D High Reusability PA 12 เป็นพลาสติกประเภทไนลอนที่มีคุณสมบัติที่มีจุดหลอมละลายสูง สามารถทนความร้อนได้ถึง 187 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าวัสดุพลาสติกโพลีเมอร์ (Polymorph Plastic) ที่มีจุดหลอมละลายอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติ PA 12 ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการพิมพ์ 3 มิติของถุงมือบังคับล้อ

HP 3D High Reusability PA 12		
คำอธิบาย	ค่า	หน่วย
จุดหลอมละลาย	187	°C
ความทนแรงดึง (Tensile Strength) แกน x แกน y แกน z	48	MPa
สภาพยืดหยุ่น (Tensile Modulus) แกน x แกน y	1700	MPa
สภาพยืดหยุ่น (Tensile Modulus) แกน z	1800	MPa
การยืดตัวที่จุดขาด แกน x แกน y (Elongation at Break)	20%	ร้อยละ
การยืดตัวที่จุดขาด แกน z (Elongation at Break)	15%	ร้อยละ
แรงดัดงอ Flexural Strength (@ 5%)	65	MPa
Z แรงดัดงอ Flexural Strength (@ 5%)	70	MPa

การพิมพ์แบบ 3 มิติจะทำการลดน้ำหนักของถุงมือบังคับล้อโดยหลีกเลี่ยงการพิมพ์แบบภายในต้น ซึ่งจะใช้เทคนิคการพิมพ์ภายในกลวงแบบมีโครงสร้าง (infill) งานวิจัยนี้ใช้โครงสร้างแบบรังผึ้งภายในถุงมือเพื่อลดน้ำหนักของถุงมือแต่ยังคงความแข็งแรงที่เพียงพอต่อการใช้งานแบบเดียวกันกับงานวิจัยของนายดิเรก โควิล (Covill, King, Townsend, Brickley and Drouet, 2020)

4. วิธีการวิจัย เครื่องมือวิจัย และระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการทำใบจริยธรรมในมนุษย์ก่อนเริ่มต้นกระบวนการเก็บข้อมูลในการวิจัย ที่มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็น โดยต้นแบบจะถูกสร้างจาก 2 วิธีการ คือ การปั้นขึ้นรูปพลาสติกโพลีเมอร์ด้วยมือ และการขึ้นรูปถุงมือด้วยการพิมพ์สามมิติด้วยวัสดุ PA12 จากนั้นนำไปให้นักกีฬาเก้าอี้ล้อเข็นทีมชาติไทยเพศชาย รุ่น T54 จำนวน 2 คน 2) การทดสอบการใช้งานในการแข่งขันมหกรรมกีฬาพาราลิมปิก 2021 ณ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น 3) การสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความพึงพอใจในการใช้งาน ซึ่งจะสอบถามทั้งหมด 3 ด้านด้วยกัน คือ 1) ความพึงพอใจในด้านการผลิต 2) ความพึงพอใจในด้านการใช้งาน และ 3) ความพึงพอใจในด้านการบำรุงรักษาซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ ดังรูปที่ 1

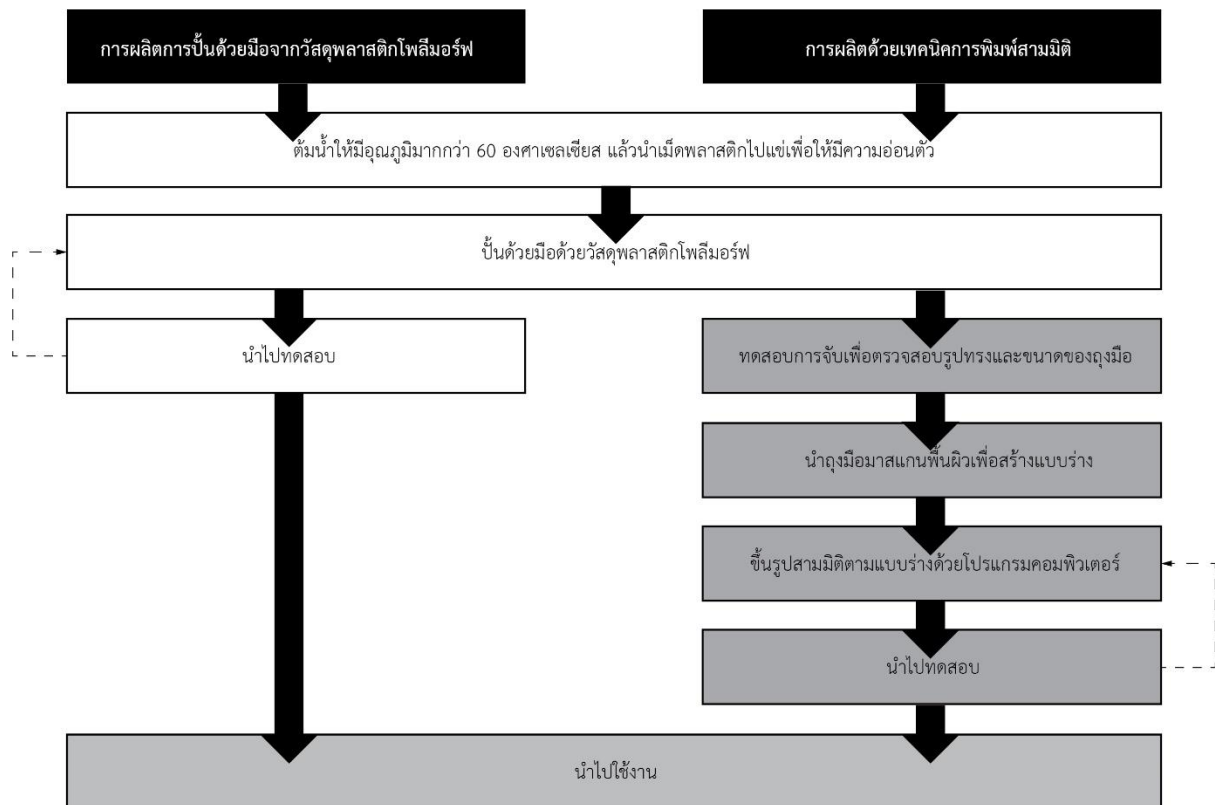


รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการผลิตขึ้นรูปเพื่อการพิมพ์ในระบบ 3 มิติ

การเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตขึ้นรูปเพื่อการพิมพ์ในระบบ 3 มิติ ใช้วิธีการทดลองสร้างต้นแบบ (Prototype) จากการทำแบบร่าง 2 มิติในเบื้องต้น แล้วจึงหาวัตถุดิบและอุปกรณ์ผลิตถังมือบังคับล้อประกอบไปด้วย เม็ดพลาสติกโพลีเมอร์ฟน้ำหนัก 500 กรัม ภาชนะสำหรับต้มน้ำ เต้าแก๊สหรือเตาไฟฟ้า กระดาษทรายหยาบเบอร์ 320 เบอร์ 400 เบอร์ 800 และเบอร์ 1000 กระบวนการผลิตเริ่มต้นด้วยการนำเม็ดพลาสติกโพลีเมอร์ฟ ต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เมื่อพลาสติกอ่อนตัวจึงนำมาปั้นขึ้นรูปด้วยมือเปล่าจนได้รูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำชิ้นงานไปแช่ในน้ำเย็น เพื่อให้พลาสติกคงรูปร่าง หลังจากนั้นจึงทำการตกแต่งผิวด้วยกระดาษทรายจากกระดาษทรายหยาบไปจนถึงกระดาษทรายเบอร์ละเอียดให้พื้นผิวชิ้นงานมีความเรียบเนียน และลบเหลี่ยมมุมที่อาจทำให้เกิดการเสียดสีกับผิวหนังบริเวณที่สัมผัสกับถังมือบังคับล้อ

ขั้นตอนต่อมาจึงนำชิ้นงานในสแกนพื้นผิวทั้งหมดเพื่อทำเป็นแบบร่าง 3 มิติด้วยเครื่องสแกนวัตถุ 3 มิติ รุ่น (EinScan Pro 2X Plus Handle 3D Scanner) เมื่อได้แบบร่างรูปทรงในระบบดิจิทัลเรียบร้อยแล้วจะทำการสร้างพื้นผิวของชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ใกล้เคียงกับแบบร่างในระบบดิจิทัลให้ใกล้เคียงมากที่สุด จากนั้นจะทำการปรับแต่งพื้นผิวให้มีความเรียบเนียน และทำการพิมพ์แบบ 3 มิติ ด้วยวัสดุ HP 3D high Reusability PA 12 จากเครื่องพิมพ์รุ่น HP Jet 3D 4200 printing Solution เพื่อทดสอบการจับ เมื่อเป็นที่พอใจของนักกีฬาแล้วจึงนำไปใช้ในการแข่งขันจริง การเก็บข้อมูลจะทำการประเมินจากระยะเวลาในการสร้างชิ้นงาน และการทำซ้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตถุงมือบังคับล้อแบบปั้นด้วยมือและการพิมพ์สามมิติ

การเก็บข้อมูลด้านการใช้งานถุงมือบังคับล้อ

เริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่การฝึกซ้อมจากการฝึกซ้อมที่สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 จังหวัดนครราชสีมา ที่มีผู้ใช้พื้นสนามมาตรฐานเป็นที่ยอมรับสนามการแข่งขันกีฬาคณพิการในระดับนานาชาติ ดังรูปที่ 3 การเก็บข้อมูลจากในสนามฝึกซ้อม จะทำการเก็บข้อมูลโดยให้นักกีฬาเป้าหมายทำการทดสอบพร้อมกัน โดยเริ่มทำการทดสอบการใช้งานของถุงมือพลาสติกโพลีมอร์ฟ (Polymorph) ตามระยะทาง 800 เมตร 1500 เมตร และ 5000 เมตร ตามลำดับ โดยกำหนดให้นักกีฬาแต่ละคนใช้เก้าอี้ล้อเข็นเพื่อการแข่งขันเหมือนกันทั้ง 3 ระยะทาง นักกีฬาสามารถพักได้ไม่ต่ำกว่า 30 นาทีก่อนที่จะเริ่มทดสอบในแต่ละครั้ง การทดสอบวันที่ 2 นักกีฬาเป้าหมายใช้ถุงมือบังคับล้อที่สร้างจากการพิมพ์ 3 มิติ โดยทำการทดสอบภายใต้เงื่อนไขเดียวกันกับวันทดสอบภาคสนามวันแรกจนครบการทดสอบทั้ง 3 ระยะทาง

การเก็บข้อมูล

การใช้งานจากการแข่งขันจริงจะทำการเก็บสถิติเวลาอย่างเป็นทางการ การแข่งขันเก้าอี้ล้อเข็นเพื่อการแข่งขันบุคคลชาย ประเภท T54 ในระยะทาง 800 เมตร 1500 เมตร และ 5000 เมตร โดยถุงมือบังคับล้อที่ใช้วัสดุพลาสติก โพลีมอร์ฟแบบปั้นด้วยมือของนักกีฬาทีมชาติคนที่ 1 จะใช้สถิติเวลาในการแข่งขันกีฬาพาราลิมปิก (Paralympic Games) ปีคริสต์ศักราช 2016 เมืองรีโอเดอจาเนโร ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐบราซิล ส่วนถุงมือบังคับล้อที่สร้างจากการพิมพ์ 3 มิติ ใช้สถิติจากการแข่งขันกีฬาพาราลิมปิก ปีคริสต์ศักราช 2021 กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ส่วนนักกีฬาทีมชาติคนที่ 2 ใช้สถิติในการแข่งขันกีฬาคณพิการชิงแชมป์โลกที่เมืองดูไบประเทศ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ (World Para-athletics Championships) ปีคริสต์ศักราช 2019 ในการบันทึกสถิติเวลาอย่างเป็นทางการในการแข่งขันจากการใช้ถุงมือบังคับล้อที่ใช้วัสดุพลาสติก โพลีมอร์ฟแบบปั้นด้วยมือ และใช้สถิติเวลาอย่างเป็นทางการในการแข่งขันกีฬาพาราลิมปิก ปีคริสต์ศักราช

2021 กรุงเทพมหานคร ประเทศญี่ปุ่นในการเก็บสถิติเวลาอย่างเป็นทางการในการแข่งขันจากการใช้ถุงมือบังคับล้อที่สร้างจากเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 3 แสดงการฝึกซ้อมที่สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 จังหวัดนครราชสีมา

การเก็บข้อมูลด้านการดูแลรักษาและการซ่อมบำรุง

การเก็บข้อมูลด้านการซ่อมบำรุงด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกถึงเทคนิควิธีการในการดูแลรักษาและการซ่อมแซม รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้ถุงมือบังคับล้อเกิดความเสียหาย โดยแบ่งการสัมภาษณ์เป็น 3 ประเด็น คือ 1) การทำความสะอาดพื้นผิว 2) ความคงทนในการเปลี่ยนรูปร่างของถุงมือบังคับล้อเมื่อถูกความร้อนจากสภาพแวดล้อม 3) การแก้ไขปัญหาเมื่อถุงมือบังคับล้อเกิดความเสียหาย การสอบถามจะเริ่มจากการใช้ถุงมือบังคับล้อแบบปั๊มด้วยวัสดุโพลีเมอร์ฟก่อนแล้วจึงเริ่มสอบถามการดูแลรักษาถุงมือบังคับล้อจากการพิมพ์ 3 มิติ จากนั้นให้นักกีฬาเป้าหมายประเมินความพึงพอใจ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ 1) พึงพอใจน้อยที่สุด 2) พึงพอใจน้อย 3) พึงพอใจมาก และ 4) พึงพอใจมากที่สุด พร้อมแสดงความคิดเห็นอธิบายเหตุผลเปรียบเทียบระหว่างการใช้ถุงมือบังคับล้อทั้ง 2 แบบ

5. ผลการวิจัยหรือการศึกษา

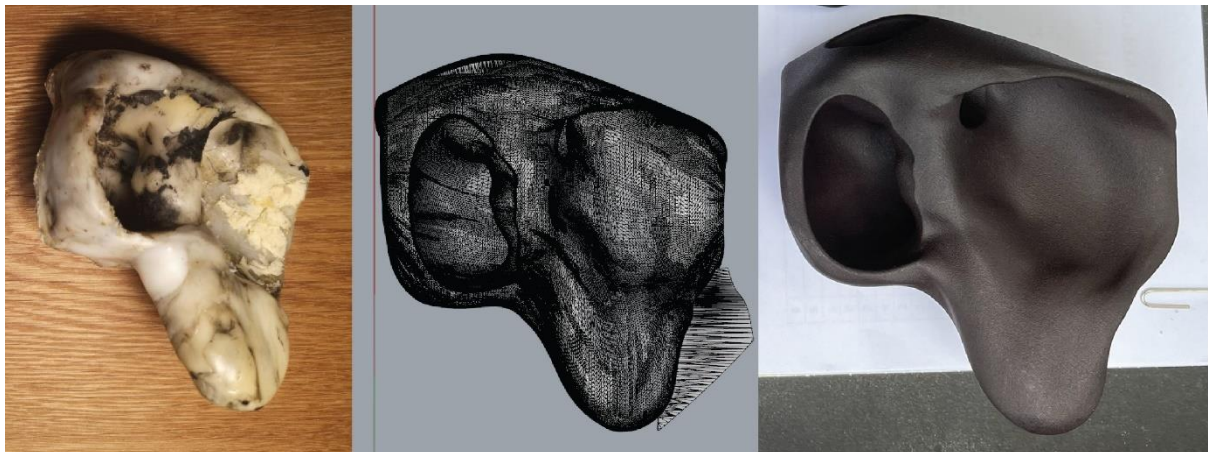
5.1 การสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อแบบพิมพ์ 3 มิติ

ขั้นตอนการสร้างถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็น เริ่มต้นด้วยการสร้างรูปทรง และการกำหนดขนาดต่อผู้ใช้ที่เหมาะสม ควรสร้างจากอวัยวะส่วนที่สัมผัสกับถุงมือโดยตรง เทคนิคการร่างภาพแบบ 2 มิติ ไม่สามารถถ่ายทอดรูปทรงของสรีระทางร่างกายได้เพียงพอเท่ากับการปั้นขึ้นรูป 3 มิติ ขนาดเท่าของจริง เมื่อได้รูปทรงและขนาดที่น่าพอใจแล้วนักกีฬายังต้องนำถุงมือที่ทำการปั้นขึ้นรูปไปใช้ทดสอบท่าทางในการฝึก และบังคับล้อกับเก้าอี้ล้อเข็น เพื่อปรับรูปทรงให้เหมาะสมกับการเคลื่อนไหวของอวัยวะร่างกายขณะใช้งาน นักกีฬาเก้าอี้ล้อเข็นมักใช้วัสดุเทอร์โมพลาสติกโพลีเมอร์ฟ (Polymorph) ในการปั้นขึ้นรูปด้วยมือ

พลาสติกโพลีเมอร์ฟเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวนํ้านม มีคุณสมบัติสามารถอ่อนตัวได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส นักกีฬามักใช้วิธีการต้มหรือแช่ลงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จนสีเม็ดพลาสติกเริ่มใสจึงนำขึ้นมานั้นขึ้นรูป ซึ่งนักกีฬาต้องใช้มือของตนเองเป็นต้นแบบในการปั้นขึ้นรูปเพื่อให้เกิดความกระชับและเข้ากับสรีระมือของตนเองมากที่สุด นักกีฬาต้องใช้ทักษะในการปั้นด้วยมือเพียงข้างเดียวในช่วงเริ่มต้น จากนั้นจึงสามารถใช้ทั้งสองมือในการตกแต่งรูปทรงจนตรงตามความต้องการ เมื่อปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวลง เนื้อวัสดุจะเริ่มแข็งตัวหรือหากนำไปแช่ในน้ำเย็นเนื้อพลาสติกจะแข็งตัวได้รวดเร็วขึ้น โดยสีของเนื้อพลาสติกก็จะกลับมาเป็นสีขาวนํ้านมอีก

ครั้ง หากต้องการให้ชิ้นงานมีสีที่แตกต่างจากสีขาว สามารถผสมสีลงไปในระหว่างขั้นตอนการปั้นหรือใส่สีเมื่อขณะชิ้นงานกำลังเย็นตัวลง จากนั้นจะมีการปิดผิวด้วยวัสดุเพื่อสร้างความผิวระหว่างถุงมือกับวงล้อ วัสดุโพลีเมอร์เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ไม่มีพิษต่อร่างกาย สามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติ เมื่อขึ้นรูปเสร็จข้างหนึ่งแล้วให้ทำการกระบวนการซ้ำอีกครั้งในการสร้างถุงมืออีกข้างที่เหลือ

ขั้นตอนต่อมา คือ การนำข้อมูลรูปทรงของถุงมือบังคับล้อเกาอี้ล้อเข็นเปลี่ยนเป็นข้อมูลทางดิจิทัลโดยการนำไปเข้าเครื่องสแกนวัตถุ 3 มิติ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เครื่องสแกนรูปร่าง 3 มิติ ยี่ห้อ EinScan รุ่น Pro 2X Plus ในการสร้างข้อมูลดิจิทัลเพื่อเป็นแบบร่างสำหรับการสร้างข้อมูลพื้นผิวในระบบดิจิทัล ขั้นตอนต่อมา คือ การสร้างพื้นผิวใหม่หรือซ่อมแซมปรับพื้นผิวจากการสแกนให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นเนื่องจากการสแกนในบริเวณซอกมุมเล็กในส่วนที่สแกนความสามารถเครื่องสแกนไม่สามารถเข้าถึงได้ อาจทำให้การเก็บข้อมูลทำได้ไม่สมบูรณ์ จึงต้องมีการจำลองแบบของถุงมือบังคับล้อชิ้นงานต้นฉบับในการทำซ้ำผลงานออกมาอีก 1 ชิ้นเพื่อนำมาผ่าออกให้เครื่องสแกนสามารถเก็บข้อมูลรายละเอียดพื้นผิวของงานได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้ต้นแบบที่มาจากกระบวนการปั้นมักมีโอกาสในการพบพื้นผิวที่ไม่เรียบเนียนได้ ดังนั้น การขึ้นรูปพื้นผิวใหม่จะทำให้ได้พื้นผิวที่มีความต่อเนื่องที่ดีกว่า เมื่อขึ้นรูปพื้นผิวเสร็จแล้วจึงทำการพิมพ์ 3 มิติด้วยวัสดุพลาสติก Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) เพื่อทำการทดสอบรูปร่าง ขนาดของถุงมือบังคับล้อ เมื่อนักกีฬาได้ทำการจับและทดลองใช้งานจนเป็นที่พอใจแล้วจึงทำการพิมพ์ชิ้นงานออกมาด้วยวัสดุ PA12 ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่าง คาร์บอนไฟเบอร์และไนลอน ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบาและเหนียวทนต่อแรงกระแทก ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงถุงมือบังคับล้อจากซ้ายไปขวา วัสดุโพลีเมอร์ การขึ้นรูปดิจิทัล และชิ้นงานการพิมพ์ 3 มิติ

การประเมินในขั้นตอนการผลิตจากระยะเวลาพบว่าการกระบวนการผลิตชิ้นแรกของถุงมือบังคับล้อจากการปั้นด้วยมือใช้ระยะเวลาเฉลี่ยที่ 72 ชั่วโมง (3 วัน) ส่วนการผลิตถุงมือบังคับล้อจากการพิมพ์ 3 มิติ ใช้เวลาเฉลี่ยที่ 120 ชั่วโมง (5 วัน) หากเป็นการผลิตซ้ำชิ้นที่ 2 ขึ้นไปการปั้นด้วยมือใช้เวลาเฉลี่ยในการผลิตที่ 72 ชั่วโมง ในขณะที่ การผลิตซ้ำของถุงมือบังคับล้อจากการพิมพ์ 3 มิติใช้เวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (1 วัน)

5.2 ผลทดสอบการใช้งานจริงในการแข่งขันระดับนานาชาติ ดังรูปที่ 5

ผลการทดสอบการใช้ถุงมือบังคับล้อเกาอี้ล้อเข็นด้วยการพิมพ์สามมิติในการแข่งขันจริงโดยการเปรียบเทียบกับสถิติเวลาในการใช้ถุงมือแบบปั้นด้วยมือพบว่า ในการแข่งขันระยะทาง 800 เมตร นักกีฬาคคนที่ 1 สามารถทำได้ 1 นาที 38 วินาที จากการใช้ถุงมือบังคับล้อแบบปั้นด้วยมือ และสามารถทำได้ 1 นาที 34 วินาที จากการใช้ถุงมือบังคับล้อแบบการพิมพ์สามมิติ นักกีฬาคคนที่ 2 สามารถทำได้ 1 นาที 34 วินาที จากการใช้ถุงมือบังคับล้อแบบปั้นด้วยมือ และสามารถทำได้ 1 นาที 35 วินาที จากการใช้ถุงมือบังคับล้อแบบการพิมพ์สามมิติ

ในการแข่งขันระยะทาง 1,500 เมตร นักกีฬาคนที่ 1 สามารถทำได้ 3 นาที จากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบปั่นด้วยมือ และสามารถทำได้ 2 นาที 55 วินาที จากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบการพิมพ์สามมิติ นักกีฬาคนที่ 2 สามารถทำได้ 2 นาที 55 วินาที จากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบปั่นด้วยมือ และสามารถทำได้ 2 นาที 50 วินาที จากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบการพิมพ์สามมิติ

ในการแข่งขันระยะทาง 5,000 เมตร นักกีฬาคนที่ 1 สามารถทำได้ 11 นาที 1 วินาที จากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบปั่นด้วยมือ และสามารถทำได้ 10 นาที 30 วินาที จากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบการพิมพ์สามมิติ นักกีฬาคนที่ 2 สามารถทำได้ 10 นาที 1 วินาทีจากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบปั่นด้วยมือ และสามารถทำได้ 10 นาที 30 วินาทีจากการใช้อุ้งมือบังคับล้อแบบการพิมพ์สามมิติ ดังตารางที่ 2



รูปที่ 5 แสดงการใช้งานขณะแข่งขันกีฬาพาราลิมปิก ปี 2021 ประเทศญี่ปุ่น
ที่มา: กองประชาสัมพันธ์ การกีฬาแห่งประเทศไทย (2564)

ตารางที่ 2 แสดงสถิติเวลาการใช้งานอุ้งมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็นในการฝึกซ้อม และการแข่งขันระดับนานาชาติ

ระยะทาง	วัสดุ	สถิตินักกีฬาคนที่ 1	สถิตินักกีฬาคนที่ 2
800	โพลีเมอร์ฟ	1:38.25	1:34.96
	การพิมพ์ 3 มิติ (PA 12)	1:34.58 เร็วกว่า (0:03.67)	1:35.86 ช้ากว่า (0:01:10)
1500	โพลีเมอร์ฟ	3:00.62	2:55.12
	การพิมพ์ 3 มิติ (PA 12)	2:55.12 เร็วกว่า (0:05.50)	2:50.68 เร็วกว่า (0:04:44)
5000	โพลีเมอร์ฟ	11:01.71	10:01.73
	การพิมพ์ 3 มิติ (PA 12)	10:30.59 เร็วกว่า (0:28.88)	10:30.37 ช้ากว่า (0:28:64)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บเป็นตัวเลขความแตกต่างจากการเปรียบเทียบสถิติเวลา ระหว่างการใช้อุ้งมือโพลีเมอร์ฟกับอุ้งมือการพิมพ์ 3 มิติ ในรูปแบบการทดสอบในระยะทางเดียวกัน

5.3 ความพึงพอใจในการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม

ผลจากการสำรวจความพึงพอใจในการบำรุงรักษาซ่อมแซมถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นด้วยการพิมพ์ในระบบ 3 มิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.3.1 การทำความสะอาดดูแลรักษาพื้นผิว นักศึกษาคนที่ 1 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยให้ข้อมูลว่าการทำความสะอาดพื้นผิวของถุงมือพิมพ์ 3 มิติทำได้ง่าย มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนเท่ากับการทำความสะอาดถุงมือที่ปั้นด้วยมือ เนื่องจากถุงมือที่ปั้นด้วยมือจะมีพื้นผิวที่มีความเรียบไม่สม่ำเสมอ มีหลุมบ่อ หรือร่องรอยต่อของเนื้อวัสดุที่ปั้น ทำให้มีสิ่งสกปรกเข้าไปติดค้างสะสมต้องใช้แปรงหรือวัตถุปลายแหลมเขี่ยสิ่งสกปรกออก ในขณะที่ถุงมือที่ผลิตด้วยการพิมพ์ 3 มิติสามารถทำความสะอาดได้ง่ายกว่ามากเพียงใช้ผ้าชุบน้ำสะอาดก็สามารถเช็ดคราบเหงื่อหรือสิ่งสกปรกออกได้ นักศึกษาคนที่ 2 มีความพึงพอใจในการทำความสะอาดดูแลรักษาพื้นผิวในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกันกับนักศึกษาคนที่ 1 โดยให้ข้อมูลว่า ถุงมือที่ผลิตด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ สามารถทำความสะอาดได้รวดเร็วไม่ต้องนำไปแช่น้ำหรือขัดด้วยแปรงก็สามารถทำความสะอาดได้หมดจด เพียงแค่เช็ดถูบริเวณที่มีคราบสกปรกก็เพียงพอแล้ว

5.3.2 การรักษารูปทรงโดยไม่เปลี่ยนรูป นักศึกษาคนที่ 1 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยให้ข้อมูลว่า ถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นผลิตด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติมีความคงตัวของชิ้นงานขึ้นอยู่กับการใช้วัสดุ หากเลือกใช้วัสดุ HP 3D High Reusability PA 12 ถุงมือจะมีความคงตัวสูงมาก และไม่เปลี่ยนรูปแม้อยู่ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิห้องสูงถึง 95 องศาเซลเซียส แตกต่างจากถุงมือที่ปั้นด้วยมือที่ทำจากวัสดุโพลีเมอร์ ที่มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิห้องที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ถุงมือเสียรูปทรงซึ่งมีลักษณะคล้ายเทียนไขละลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บไว้ในรถยนต์ที่จอดไว้กลางแจ้งอาจทำให้ถุงมือเสียหายจนใช้การไม่ได้ นักศึกษาคนที่ 2 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเช่นกัน เนื่องจากถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นผลิตด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติมีความคงทนต่ออุณหภูมิสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าถุงมือที่ปั้นด้วยมือที่ทำด้วยวัสดุโพลีเมอร์ หากมีการเลือกใช้วัสดุได้เหมาะสมต่อการใช้งานที่มีการกระแทกอยู่ตลอดเวลา มีการบิดตัวน้อยขณะการใช้งานและการเก็บรักษา โดยไม่ต้องกังวลเรื่องอุณหภูมิที่จะทำให้ถุงมือเกิดการเปลี่ยนรูปหรือมีอาการบิดตัว

5.3.3 การซ่อมแซมให้ถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นมีสภาพความพร้อมใช้งาน นักศึกษาคนที่ 1 มีความพึงพอใจในระดับน้อย โดยให้ข้อมูลว่า ถึงแม้ว่าการซ่อมแซมถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นผลิตด้วยการพิมพ์ 3 มิติจะไม่สามารถซ่อมแซมส่วนที่พังเสียหายแตกหักขนาดใหญ่ได้ด้วยตัวนักกีฬาเอง นักกีฬาสามารถทดแทนการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการผลิตขึ้นมาใหม่ทั้งชิ้นได้อย่างรวดเร็วได้โดยมีรูปทรงและคุณสมบัติที่เหมือนเดิมทุกประการ นักศึกษาคนที่ 2 มีความพึงพอใจในระดับมาก ให้ข้อมูลว่าการซ่อมแซมถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นผลิตด้วยการพิมพ์ 3 มิตินั้นมีความทนทานในการใช้งานมากแทบไม่ต้องดูแลรักษามากเป็นพิเศษ ถึงแม้จะมีการแตกหักพังเสียหายนักกีฬาสามารถสร้างชิ้นงานขึ้นมาทดแทนใหม่ได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถสร้างชิ้นงานสำรองไว้เมื่อชิ้นงานเดิมเกิดพังเสียหายก็จะสามารถใช้ชิ้นงานสำรองทดแทนได้อย่างต่อเนื่องทำให้ไม่มีความกังวลในการซ่อมแซมส่วนที่เสียหายใด ๆ

6. การอภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 อภิปรายผล

6.1.1 การสร้างต้นแบบถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็น

การขึ้นรูป

การสร้างถุงมือบังคับล้อยี่ห้ออัสโล่เซ็นเพื่อการแข่งขันด้วยการพิมพ์ 3 มิติยังต้องพึ่งพาเทคนิคการสร้างรูปทรงด้วยการปั้นขึ้นรูปด้วยมือ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถสร้างรูปทรงให้เข้ารูป และมีขนาดที่เหมาะสมกับมือได้ดี ซึ่งการทำแบบร่าง 2 มิติ ไม่สามารถถ่ายทอดรูปทรงของสรีระทางร่างกายได้อย่างเหมาะสม การขึ้นรูปด้วยการปั้นด้วยมือมีข้อจำกัดในด้านทักษะการขึ้นรูปทรง และตกแต่งผิวชิ้นงานของผู้ปั้นซึ่งมีโอกาสทำให้รูปทรง ขนาด และน้ำหนักของถุงมือข้างซ้ายและข้างขวาอาจไม่เท่ากัน ในขณะที่การผลิตโดยใช้เทคนิคการพิมพ์สามมิติสามารถลดปัญหาเหล่านี้ได้โดยการปั้นถุงมือเพียง

ข้างเดียวแล้วทำการสะท้อนกลับ (Mirror) ขึ้นงานในคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้รูปทรง ขนาด และน้ำหนักที่เท่ากันทั้งสองข้างได้อย่างรวดเร็ว

การออกแบบโครงสร้างภายในถุงมือบังคับข้อ

นายดีเรค คอวิลล์ (Derek Covill) ได้ทำการออกแบบพัฒนาถุงมือบังคับข้อด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ ด้วยการขึ้นรูปถุงมือด้วยเทคนิคการปั้นด้วยมือ และมีการสร้างถุงมือบังคับข้อในรูปแบบดิจิทัลที่มีการออกแบบโครงสร้างภายในถุงมือบังคับข้อใหม่ให้มีลักษณะโครงร่างตาข่ายสี่เหลี่ยมภายในเพื่อให้ถุงมือนี้น้ำหนักเบา แต่ยังคงมีความแข็งแรงทางโครงสร้างที่สามารถรองรับการกระแทกขณะใช้งานได้เทียบเท่าถุงมือบังคับข้อแบบต้น (Covill, King, Townsend, Brickley and Drouet, 2020) แต่งานวิจัยชิ้นนี้ยังมิได้ทำการศึกษาโครงสร้างภายในถุงมือ เนื่องจากวัสดุ PA 12 ที่ใช้สามารถกำหนดความหนาของผนังให้น้ำหนักโดยรวมของถุงมือบังคับข้อได้ตามความต้องการของนักกีฬาและความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานในการแข่งขัน จึงไม่ต้องการเสริมโครงสร้างภายในเพื่อเสริมความแข็งแรงของถุงมือบังคับข้อ

ปัญหาพื้นผิวของถุงมือบังคับข้อไม่เรียบสม่ำเสมอ

พื้นผิวถุงมือไม่เรียบสม่ำเสมอ เกิดจากขนาดมวลของก้อนวัสดุถุงมือบังคับข้อมีไม่เท่ากัน เมื่อพลาสติกโพลีเมอร์ได้รับอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสจะส่งผลให้เม็ดพลาสติกมีความอ่อนตัวลงจนมีความหนืด เมื่อขึ้นรูปด้วยมือตามรูปทรงที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว ขึ้นงานมีการเย็นตัวที่ไม่เท่ากันตามมวลความหนาของวัสดุ วัสดุมวลก้อนใหญ่ที่มีความหนาจะเย็นตัวช้ากว่าวัสดุก้อนเล็กที่มีความบาง ส่งผลให้การขึ้นรูปพื้นผิวของชิ้นงานที่ไม่มีความต่อเนื่องเป็นหลุมเป็นบ่อหรือเป็นร่องที่เกิดจากการเย็นตัวไม่เท่ากันของวัสดุ การสร้างถุงมือบังคับข้อแล้วเชื่อมเพื่อการแข่งขันด้วยการพิมพ์สามมิติสามารถสร้างพื้นผิวสัมผัสได้ตามความต้องการของนักกีฬา เพราะการพิมพ์ในระบบสามมิติสามารถกำหนดค่าความหนาหรือละเอียดของพื้นผิวได้ อีกทั้งยังสามารถสร้างพื้นผิวที่มีความต่อเนื่องที่สามารถปรับแต่งจนเรียบเนียนได้ดีกว่าการขึ้นรูปทรงชิ้นงานด้วยมือ

การควบคุมน้ำหนักของถุงมือบังคับข้อ

การผลิตแบบการพิมพ์ 3 มิติสามารถควบคุมและปรับน้ำหนักของถุงมือบังคับข้อเนื่องจากการขึ้นรูปทรงของถุงมือบังคับข้อในระบบดิจิทัล ทำให้สามารถใช้โปรแกรมคำนวณค่าน้ำหนักโดยรวมได้ก่อนทำการพิมพ์ชิ้นงาน ส่งผลให้นักออกแบบหรือผู้ผลิตสามารถประมาณการค่าน้ำหนักโดยรวมของถุงมือบังคับข้อได้ อย่างไรก็ตามการประมาณค่าน้ำหนักยังสามารถทำให้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นายวิลมอท และนาย วอตส์ที่กล่าวว่าถึงถุงมือบังคับข้อที่มีน้ำหนักเบาสามารถทำได้เร็วกว่า (Willmott & Watts, 2021) อีกทั้งยังสามารถปรับแต่งค่าน้ำหนักได้โดยไม่เสียรูปทรงของถุงมือภายนอกโดยการกำหนดความหนาผนังของชิ้นงานให้มีความหนาบางไม่เท่ากัน ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงจุดรับแรงกระแทกด้วย หากผนังมีความบางเกินไปอาจจะทำให้เกิดความเสียหายแตกหักระหว่างการใช้งานได้

6.1.2 การทดสอบการใช้งานในการแข่งขัน

ผลจากการใช้งานของถุงมือบังคับข้อที่ทำจากการพิมพ์ในระบบ 3 มิติ พบว่านักกีฬาคนที่ 1 สามารถใช้เวลาได้เร็วกว่าการใช้ถุงมือแบบปั้นมือในทุกๆระยะที่ทำการเก็บข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้ การแข่งขันระยะ 800 เมตร สามารถใช้เวลาได้เร็วกว่า 0.4 วินาที ในการแข่งขันระยะ 1500 เมตร สามารถใช้เวลาได้เร็วกว่า 0.5 วินาที และ ในการแข่งขันระยะ 5000 เมตร สามารถใช้เวลาได้เร็วกว่า 31 วินาที เป็นที่น่าสังเกตว่าหากระยะทางยาวขึ้น การทำเวลาจะมีผลต่างที่มากขึ้นตามไปด้วย นักกีฬาคนที่ 2 ใช้ถุงมือบังคับข้อที่ทำจากการพิมพ์ในระบบ 3 มิติ จากการแข่งขันสามารถทำความเร็วได้ดีกว่าถุงมือปั้นด้วยมือในระยะ 1500 เมตรเพียงระยะเดียว โดยสามารถใช้เวลาได้เร็วกว่า 0.5 วินาที โดยนักกีฬาที่ 2 สามารถทำได้ในระยะทาง 800 เมตร จากการใช้ถุงมือบังคับข้อจากการพิมพ์ 3 มิติ มากกว่าการใช้ถุงมือแบบปั้นอยู่เพียง 0.1 วินาที และ ใช้เวลาในระยะ ทาง 5000 เมตรจากการใช้ถุงมือบังคับข้อจากการพิมพ์ 3 มิติ มากกว่าการใช้ถุงมือแบบปั้นถึง 31 วินาที

สถิติเวลาในการแข่งขันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ในขณะแข่งขันที่นักกีฬาดำเนินความเร็วของคู่แข่ง และพลกำลังของตัวเองว่าสามารถชิงจังหวะในการเร่งความเร็วเพื่อเข้าเส้นชัยและตำแหน่งในการวิ่ง เนื่องจากในบางครั้งนักกีฬาอาจถูกบัง

ทางจนไม่สามารถเร่งความเร็วขึ้นแข่งขันหน้าได้หากอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นสถิติในการแข่งขันในแต่ละครั้งอาจไม่ได้เป็นสถิติที่เร็วที่สุดของนักกีฬา

6.1.3 การซ่อมแซมบำรุงรักษา

ผลจากการสำรวจความเห็นในการซ่อมแซมบำรุงรักษา พบว่าความเรียบสม่ำเสมอของพื้นผิวถุงมือบังคับล้อทำให้การทำความสะอาดทำได้ง่าย ไม่มีสิ่งสกปรกติดค้างตามซอกมุมทั้งภายในและภายนอกของถุงมือ อีกทั้งยังสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิห้อง สามารถเลือกใช้วัสดุในการนำมาเป็นโครงสร้างหลักของตัวถุงมือบังคับล้อ ที่มีความแข็งแรง และการคงสภาพรูปทรงของถุงมือเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 187 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้ การซ่อมแซมชิ้นงานเมื่อเกิดความเสียหายจากการใช้งานยังมีข้อจำกัดที่นักกีฬายังไม่สามารถซ่อมแซมส่วนเสียหายขนาดใหญ่ได้ด้วยตนเอง นักกีฬาสามารถผลิตถุงมือบังคับล้อซ้ำขึ้นมาใหม่โดยมีรูปร่างลักษณะรวมถึงคุณสมบัติทางวัสดุที่เหมือนเดิมได้ทุกประการ ซึ่งเป็นผลทำให้นักกีฬาสามารถสร้างถุงมือสำรองไว้ใช้ได้โดยไม่ต้องเริ่มสร้างความคุ้นเคยกับถุงมือคู่มือใหม่ทั้งในเรื่องรูปร่าง ขนาด และน้ำหนักให้มีคุณสมบัติเหมือนถุงมือเดิมที่พังเสียหาย อย่างไรก็ตามการสร้างถุงมือบังคับล้อใหม่เพื่อทดแทนของที่พังเสียหายมีความสะดวกรวดเร็วกว่าการซ่อมแซมการแตกหักเสียหายในจุดที่แตกกร้าวทำให้ปัญหาด้านความพึงพอใจในการซ่อมแซมลดน้อยลง

6.2 สรุปผล

การสร้างถุงมือบังคับล้อที่ผลิตจากเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ เป็นการผสมผสานการสร้างถุงมือแบบการปั้นด้วยมือในระยะเริ่มต้นคือการกำหนดขนาด และสร้างรูปทรงจากส่วนอวัยวะที่เกี่ยวข้องสัมผัสกับถุงมือโดยตรงเพื่อให้ได้รูปทรง และขนาดที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามกระบวนการทางดิจิทัลจะเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสร้างหลังจากมีการขึ้นรูปทรงของถุงมือขั้นแรกเสร็จเรียบร้อยแล้ว การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสร้างชิ้นงานจะสามารถควบคุมการสร้างรูปทรง แบบกลับด้านซ้าย-ขวา การสร้างพื้นผิวให้มีความเรียบต่อเนื่อง การกำหนดความละเอียดของผิวสัมผัส และการควบคุมน้ำหนักของถุงมือได้เป็นอย่างดี การควบคุมตัวแปรเหล่านี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพให้ถุงมือบังคับล้อสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้แก่ นักกีฬาได้ดียิ่งขึ้น จากสถิติในการแข่งขันในระดับนานาชาติที่นักกีฬาสามารถใช้เวลาได้ดีกว่าสถิติการแข่งขันเมื่อใช้ถุงมือบังคับล้อแบบการใช้มือปั้นถึง 4 รายการการแข่งขัน จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 6 รายการการแข่งขัน ซึ่งนอกจากนักกีฬาคนพิการทีมชาติไทยมีความพึงพอใจอย่างมากในประสิทธิภาพของถุงมือบังคับล้อที่สร้างจากการพิมพ์สามมิติแล้ว ยังรวมถึงมีความพึงพอใจในเกณฑ์ที่มีความแตกต่างกันแต่สามารถยอมรับได้จากการดูแลรักษาซ่อมแซมให้ถุงมืออยู่ในสภาพพร้อมใช้งานในการแข่งขันต่อไป

ข้อดีข้อเสียของการใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติในการสร้างถุงมือบังคับล้อ

การผลิตถุงมือบังคับล้อขึ้นเพื่อการแข่งขันด้วยการพิมพ์ 3 มิติ ในขั้นแรกมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนและมีขั้นตอนมากกว่าการปั้นขึ้นรูปด้วยมือ แต่เมื่อได้ชิ้นงานขึ้นแรกเรียบร้อยแล้ว จะสามารถปรับแต่งแก้ไขและทำซ้ำได้รวดเร็วกว่าการปั้นด้วยมือเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามการผลิตด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ ต้องอาศัยทักษะความชำนาญในการขึ้นรูปชิ้นงานในระบบดิจิทัลให้มีความใกล้เคียงกับแบบร่างที่ได้ทำการสแกนมาจากถุงมือที่ปั้นด้วยมือ อีกทั้งการพิมพ์ชิ้นงานในระบบ 3 มิติ ยังต้องคำนึงถึงเทคโนโลยีรวมไปถึงต้องมีวัสดุและอุปกรณ์เฉพาะทางในการผลิตที่สามารถหาได้ภายในประเทศ ซึ่งการเลือกกระบวนการสร้างถุงมือในแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียในแต่ละกระบวนการผลิตที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นนักกีฬาจึงต้องพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมให้รอบคอบก่อนตัดสินใจดำเนินการผลิตชิ้นงาน

6.3 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยสำรวจความพึงพอใจครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตถุงมือบังคับล้อเก้าอี้ล้อเข็นเพื่อการแข่งขันทันทีที่สามารถเชื่อมโยงกระบวนการผลิตในระบบดิจิทัล และการพิมพ์ในระบบ 3 มิติให้สอดคล้องกับความต้องการของนักกีฬาคนพิการอันเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้กับการพัฒนาศักยภาพด้านกีฬา รวมไปถึงเป็นการสร้างกระบวนการในการพัฒนา และผลิตอุปกรณ์กีฬาที่มีคุณภาพที่ดีให้กับนักกีฬาคนพิการเก้าอี้ล้อเข็นในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการเก็บข้อมูลจากนักกีฬาทีมชาติในงานวิจัยครั้งนี้ยังมีลักษณะที่ชี้เฉพาะเจาะจง ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่องานวิจัย เนื่องจากต้องการเก็บข้อมูลจากผู้ที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันในระดับสูงและมีการฝึกซ้อมรักษาร่างกายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลทำให้ผู้ที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มีจำนวนน้อยทำให้จำนวนการให้ข้อมูลยังไม่หลากหลาย ดังนั้นผลการสำรวจข้อมูลยังจำกัดอยู่ในวงแคบ หากนักวิจัยสามารถเก็บข้อมูลในการสำรวจความพึงพอใจได้จำนวนมากขึ้น อาจจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลลดน้อยลง

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- เกอร์สัน ริชาร์ด (ผู้แต่ง), พิพัฒน์ ก้องกิจกุล (ผู้แปล). (2546). *คู่มือปฏิบัติ วิธีวัดความพึงพอใจของลูกค้า*. กรุงเทพฯ: ปีโปรท์บุ๊คส์.
- คริสโตเฟอร์ บาร์เนท (ผู้แต่ง), เจน ชาญณรงค์ (ผู้แปล). (2558). *การพิมพ์ 3 มิติ เทคโนโลยีเปลี่ยนโลก*. กรุงเทพมหานคร: คิว ทู เอส จำกัด.
- ณัฐพัชร์ ล้อประดิษฐ์พงษ์. (2549). *คู่มือสำรวจความพึงพอใจลูกค้า*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.
- มณฑล ศาสนนันท์. (2546). *การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ยะมะดะโซ (2559). *Concept is everything*. (โยชิอุเกะ, แปล). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วีเลิร์น.
- กองประชาสัมพันธ์ การกีฬาแห่งประเทศไทย. (31 สิงหาคม 2564) ข่าวกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย 15 พฤศจิกายน 2564. เข้าถึงได้จาก: <https://www.sat.or.th/2021/ประวัติ-วะโฮรัมย์-และ-ญ>.
- Atheletics World Para. (2018). Rule and Regulations. *The World Para Athletics Classification Rules and Regulations*. Bonn, Germany.
- Chaune Dunford. (2017). *The Bicycle book, the definitive visual history*. London, Great Britain: Penguin Randon House Company.
- Derek Covill, Rob King , Joe Townsend , Gary Brickley, Jean-Marc Drouet. (2020). Development of Customised Wheelchair Racing Gloves Using Digital Fabrication Techniques. *the 13th conference of the International Sports Engineering Association, Online*. Tokyo: Tokyo Institute of Technology, Tokyo 152-8552, Japan.
- Willmott, J., and Watts, D. (2021). Optimized 3D printed wheelchair racing gloves. *Transactions on Additive Manufacturing Meets Medicine*. 3(1), 565. <https://doi.org/10.18416/AMMM.2021.2109565>