

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก*

ธิดารัตน์ วะระรอง^ก ปร.ด. (การพยาบาล)

วิไลพร สิงหนัดกิจ^ข พย.ม. (การพยาบาลผู้ใหญ่)

กิตติพล ชิตสกุล^ค ปร.ด. (วิศวกรรมชีวการแพทย์)

ศุภกร สุวรรณ^ด วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ศิริพรรณ งามรพล^ข พย.ม. (การพยาบาลผู้ใหญ่)

นันทกา สวัสดิพานิช^ค พย.ด. (พยาบาลศาสตร์)

ศิริจิตร จันทร^ค ค.ม. (อุดมศึกษา)

บทคัดย่อขยาย :

การฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อเป็นทักษะพื้นฐานทางการพยาบาลที่สำคัญและต้องใช้ความระมัดระวังในการบริหารยาอย่างมาก ต้องใช้ความรู้ด้านกายวิภาคศาสตร์ในการเลือกตำแหน่งฉีดที่เหมาะสม รวมทั้งหลักการและเทคนิคการฉีดยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ซึ่งหากระบุตำแหน่งฉีดอย่างไม่ถูกต้องจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อเส้นประสาทเซียดิก (sciatic nerve) และหลอดเลือดบริเวณกล้ามเนื้อสะโพก การฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกสำหรับนักศึกษาพยาบาลให้เกิดความชำนาญ จึงมีความสำคัญต่อการให้การพยาบาลที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การฝึกแบบดั้งเดิมยังคงพึ่งพาหุ่นจำลองที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาแพง และมีจำนวนจำกัด ซึ่งอาจก่อให้เกิดข้อกังวลด้านจริยธรรม ความปลอดภัย และข้อจำกัดในการเข้าถึง โดยเฉพาะในสถานศึกษาพยาบาลที่ขาดแคลนหุ่นจำลองที่สมจริงและมีราคาเหมาะสมสำหรับฝึกการฉีดยากล้ามเนื้อบริเวณสะโพก จึงทำให้โอกาสในการฝึกปฏิบัติลดลง ส่งผลต่อความมั่นใจและประสิทธิภาพของนักศึกษาพยาบาล ดังนั้น การพัฒนาหุ่นจำลองที่มีความคงทน ราคาประหยัด และเหมือนจริงทางกายวิภาคศาสตร์ จึงมีความจำเป็น เพื่อยกระดับผลลัพธ์ในการเรียนรู้ของนักศึกษาพยาบาล วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองดังกล่าว

*ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาของสถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย และกองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^กอาจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ สถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย

^ขCorresponding author, อาจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ สถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย, E-mail:

wilaipom.s@stin.ac.th

^คผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^ดอาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^ขผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ สถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย

^คอดีตอาจารย์ สถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย

วันที่รับบทความ 5 พฤศจิกายน 2567 วันที่แก้ไขบทความ 25 มกราคม 2568 วันตอบรับบทความ 28 มกราคม 2568

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกใช้ระเบียบวิธีการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ศึกษาความต้องการในการพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 2) พัฒนาหุ่นจำลองโดยใช้วัสดุซิลิโคนชนิดนุ่มและแข็งผสมผสานกันเพื่อจำลองชั้นกล้ามเนื้อและกระดูก โดยอ้างอิงลักษณะทางกายวิภาค สามารถคลำปุ่มกระดูกที่สำคัญซึ่งใช้ในการกำหนดตำแหน่งการฉีดยาได้ และนำหุ่นต้นแบบให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความถูกต้องทางกายวิภาคและตำแหน่งที่เหมาะสมในการแทงเข็ม จากนั้นนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนเซ็นเซอร์ตรวจจับเข็มแบบโลหะ และส่วนประมวลผลและควบคุม 3) ประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองฯ กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วยนักศึกษาพยาบาล 30 คน และอาจารย์พยาบาล 5 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความถี่ และร้อยละ และ 4) ปรับปรุงและพัฒนาหุ่นจำลองฯ

ผลการวิจัยพบว่า หุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อบริเวณสะโพกที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิผลโดยรวมอยู่ในระดับสูง โดยด้านที่ได้รับคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ วิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และมีความคุ้มค่าในด้านราคา เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์ ขณะที่ 5 อันดับที่ได้คะแนนต่ำสุด ได้แก่ 1) มีความยืดหยุ่นสัมผัสแล้วให้ความรู้สึกเหมือนจริง 2) มีลักษณะภายนอกเหมือนของจริง 3) สามารถแสดงโครงสร้างภายนอกของสะโพกได้ 4) ขนาดและน้ำหนักเหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และ 5) สัญญาณเตือนมีความแม่นยำ หุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นสำหรับการฝึกฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อบริเวณสะโพก เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มพูนความรู้และทักษะของนักศึกษาพยาบาล อีกทั้งยังปลอดภัย สามารถฝึกซ้ำได้ และให้ประสบการณ์ที่ใกล้เคียงของจริง คะแนนความพึงพอใจในระดับสูงยังสะท้อนถึงคุณค่าของหุ่นในบริบทของการเรียนการสอนด้านการพยาบาล อีกทั้งยังมีความคุ้มค่าและสามารถผลิตซ้ำได้ง่าย จึงเหมาะกับสถาบันการศึกษาที่มีงบประมาณจำกัด ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอดและงานวิจัยในอนาคต ได้แก่ 1) การปรับปรุงคุณภาพหุ่นให้ดีขึ้น เช่น พัฒนามาวัสดุให้ยืดหยุ่นและเหมือนจริงมากขึ้น ปรับปรุงระบบเตือนให้แม่นยำและครอบคลุมมากขึ้น รวมถึงออกแบบหุ่นจำลองให้หลากหลายตามลักษณะของผู้รับบริการที่มีอายุหรือรูปร่างแตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความสมจริงในการฝึก และ 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับหุ่น เพื่อบันทึกการฝึกของผู้เรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีตรงกับเวลาจริง เพื่อประเมินทักษะและวางแผนการเรียนรู้เฉพาะบุคคล

คำสำคัญ : การฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก หุ่นจำลองทางการพยาบาล การวิจัยและพัฒนา

Development of a Training Manikin for Intramuscular Injection into the Gluteal Muscle*

Tidarat Vasaroangrong^a Ph.D. (Nursing)

Wilaiporn Singhatanadgid^b M.N.S. (Adult Nursing)

Kittiphol Chitsakul^c Ph.D. (Biomedical Engineering)

Supakorn Suwan^d D.Eng. (Electrical Engineering)

Siriphan Pamornphol^e M.N.S. (Adult Nursing)

Nantaga Sawasdiapanich^c Ph.D. (Nursing)

Sirijit Janthorn^f M.E.

Extended Abstract:

Administering intramuscular injections is an essential fundamental nursing skill that requires meticulous care in medication administration. Knowledge of anatomy is crucial in selecting appropriate injection sites, as well as understanding the principles and techniques of injection. Such knowledge is particularly important for administering intramuscular injections in the hip area, as an incorrect identification of the injection site poses a risk of damaging the sciatic nerve and blood vessels surrounding the hip muscles. Therefore, training nursing students in the skill of performing intramuscular injections in the hip is vital for safe and effective nursing care. However, traditional training still relies on imported, expensive simulation models that are limited in number. This may raise ethical concerns, safety issues, and accessibility limitations. These problems are especially significant in nursing schools that lack realistic and affordable simulation models for practicing hip muscle injections. As a result, nursing students have fewer opportunities for practical training, which can reduce their confidence and effectiveness. Consequently, there is a necessity to develop durable, cost-effective, and anatomically realistic simulation models to enhance the learning outcomes of nursing students. The main objectives of this study were 1) to develop a training manikin for intramuscular injection into the gluteal muscle and 2) to evaluate the effectiveness of the developed training manikin for intramuscular injection into the gluteal muscle.

The development of the training manikin uses the Research and Development (R&D) methodology, which is divided into four steps, including 1) identifying the requirements for

*Research funding from the Research and Development Fund of the Srisavarindhira Thai Red Cross Institute of Nursing and Research Fund, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

^aLecturer, School of Nursing, Srisavarindhira Thai Red Cross Institute of Nursing

^bCorresponding author, Lecturer, School of Nursing, Srisavarindhira Thai Red Cross Institute of Nursing, E-mail: wilaiporn.s@stin.ac.th

^cAssistant Professor, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

^dLecturer, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

^eAssistant Professor, School of Nursing, Srisavarindhira Thai Red Cross Institute of Nursing

^fRetired Assistant Professor, School of Nursing, Srisavarindhira Thai Red Cross Institute of Nursing

Received November 5, 2024, Revised January 25, 2025, Accepted January 28, 2025

developing the hip intramuscular injection training manikin and reviewing relevant literature; 2) developing the training manikin using a combination of soft and firm silicone materials to simulate muscle and bone layers based on anatomical characteristics. The model enables palpation of key bony landmarks used to identify suitable injection sites. Experts evaluated the prototype for its anatomical accuracy and the suitability of needle insertion points. Subsequently, an electronic circuit was integrated into the model, consisting of two main components: a metal needle detection sensor and a processing and control unit; 3) evaluating the effectiveness of the manikin with a sample group consisting of 30 nursing students and 5 nursing instructors. The research instrument used was an evaluation form assessing the effectiveness of the intramuscular gluteal injection training manikin. Data were analyzed using descriptive statistics, including mean, standard deviation, frequency, and percentage; and 4) refining and improving the manikin.

The results indicated that the developed hip intramuscular injection training manikin achieved a high level of overall effectiveness. The top three highest-scoring aspects were ease of use, ability to support self-directed learning, and cost-effectiveness compared to its benefits. The five lowest-rated aspects were 1) the flexibility and realistic tactile sensation of the manikin, 2) the realistic appearance, 3) demonstration of the external hip structure, 4) portable design, and 5) the accuracy of feedback signals. The developed intramuscular injection model for the gluteal site was shown to be an effective educational tool. It not only enhanced the knowledge and skill level of nursing students but also offered a safe, repeatable, and realistic method for practice. The high satisfaction scores further validate the model's utility in nursing education. Moreover, its cost-effectiveness and ease of production make it accessible to various educational institutions, especially those with limited resources. Further recommendations for future development and research include 1) enhancing manikin quality: improvements should be made to increase the material's flexibility and make it more closely resemble human skin. Additionally, the alert system should be optimized for greater accuracy and expanded to provide broader coverage. Consideration could also be given to designing manikins that represent patients with varying ages and physical conditions to improve realism and diversity in training; and 2) the development of an application or computer program integrated with the manikin to record students' practice sessions and provide real-time feedback for skill assessment and personalized learning planning.

Keywords: Intramuscular injection, Nursing simulation, Research and development

Author's contributions:

TV: Conceptualization, methodology, tool validation, testing, data collection, data analysis, writing-original manuscript, writing-revision

WS: Conceptualization, methodology, testing, data collection, writing-revision, corresponding with editor-in-chief

KC: Methodology, design, and prototyping

SS: Methodology, design, and prototyping

SP: Conceptualization, testing, writing-revision

NS: Conceptualization, methodology, and writing-revision

SJ: Conceptualization and testing

ความสำคัญของปัญหา

การฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกเป็นทักษะพื้นฐานทางการพยาบาลที่สำคัญและต้องใช้ความระมัดระวังในการบริหารยาอย่างมาก¹ เป็นเหตุการณ์ที่มีความสำคัญต้องใช้ความรู้ด้านกายวิภาคศาสตร์และการตัดสินใจเลือกตำแหน่งฉีดที่เหมาะสม รวมทั้งหลักการและเทคนิคการฉีดยา² หากฉีดไม่ถูกต้องเช่นแทงเข็มฉีดยาผิดตำแหน่งหรือความลึกไม่เหมาะสม จะเกิดภาวะแทรกซ้อน ได้แก่ การออกฤทธิ์ของยาไม่มีประสิทธิภาพ³ มีอาการปวด เนื้อเยื่ออักเสบ เกิดพังผืดในชั้นกล้ามเนื้อหรือกล้ามเนื้อฉีกขาด อาจเป็นฝีหรือเกิดเนื้อเยื่อตาย มีเลือดคั่ง เส้นประสาทหรือเนื้อกระดูกถูกทำลาย ซึ่งอาจรุนแรงถึงภาวะเนื้อกระดูกตายจากการขาดเลือดเลี้ยงได้⁴ นักศึกษาพยาบาลจะได้เรียนรู้ทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกในรายวิชาการพยาบาลพื้นฐาน โดยในการฝึกปฏิบัติจะให้นักศึกษาจับคู่วัดตำแหน่งฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกกับเพื่อนนักศึกษา และการฝึกฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อโดยใช้หุ่นจำลอง และกับเพื่อนนักศึกษา ตามลำดับ จากประสบการณ์การสอนรายวิชาดังกล่าวของผู้วิจัย พบว่า นักศึกษาพยาบาลยังขาดทักษะในการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก เช่น ความแม่นยำในการระบุตำแหน่งที่ฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อสะโพก ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการฉีดยาผิดตำแหน่ง และอาจทำให้ผู้รับบริการเกิดภาวะแทรกซ้อนตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น^{4,5} นอกจากนี้ การฉีดยาที่ถูกเทคนิคมีผลต่อความสำเร็จในการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกและทำให้ยาออกฤทธิ์อย่างมีประสิทธิภาพ³ และพบว่าการฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อกับหุ่นจำลองจะช่วยเพิ่มความสำเร็จขึ้นเป็นร้อยละ 75³ ดังนั้นการใช้หุ่นจำลองเพื่อฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก เป็นกลยุทธ์ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพื่อฝึกทักษะการฉีดยาให้ถูกต้องตามหลักการและ เทคนิคเกิดความมั่นใจเมื่อต้องปฏิบัติทักษะนี้กับผู้ป่วยจริงในคลินิก

แม้ว่าในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตหุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกแล้ว แต่ส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้สถาบันการศึกษาพยาบาลมีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อและราคาค่อนข้างสูง⁶ มีจำนวนจำกัดไม่เพียงพอต่อการใช้งาน อีกทั้งหุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการพยาบาล มีผิวหนังภายนอกเป็นแผ่นซิลิโคนค่อนข้างบาง ไม่มีความคงทนต่อการใช้งาน เมื่อใช้งานหลายครั้งผิวหนังภายนอกเป็นรอยขีดและฉีกขาดได้ง่าย หากผิวหนังภายนอกชำรุด จำเป็นต้องซื้ออะไหล่ผิวหนังภายนอกมาเปลี่ยน โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณ ตัวละ 15,000 บาท นอกจากนี้หุ่นดังกล่าวไม่สามารถคลำปุ่มกระดูกเพื่อวัดตำแหน่งในการบริหารยาฉีดเข้ากล้ามเนื้อสะโพกได้ชัดเจน ทำให้นักศึกษาขาดโอกาสในการฝึกทักษะและเรียนรู้ด้วยตนเองนอกเวลาเรียนอย่างทั่วถึง ส่งผลต่อทักษะและความมั่นใจของนักศึกษาพยาบาล

จากการทบทวนวรรณกรรม เกี่ยวกับการพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อพบว่าในต่างประเทศมีการพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองสำหรับการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อเดลทอยด์โดยการใช้ฟองน้ำและหล่อหุ้มด้วยซิลิโคนสีเนื้อ ประกอบด้วยชั้นผิวหนัง ชั้นไขมัน และชั้นกล้ามเนื้อ ตามลำดับ และให้พยาบาลวิชาชีพทดลองใช้พบว่ามีความสมจริงมากกว่าหุ่นจำลองที่ใช้อยู่ แต่ควรพัฒนาเรื่องความหนาแน่นของผิวหนังแต่ละชั้น เนื่องจากมีความเหนียวมากกว่าผิวหนังของมนุษย์ และควรพัฒนาการขึ้นรูปให้ใกล้เคียงกับอวัยวะของมนุษย์² รวมทั้งพัฒนาให้สอดคล้องกับผู้ใช้งานตามเชื้อชาติด้วย จากการศึกษาได้นำชิ้นเนื้อจำลองให้พยาบาลชาวสิงคโปร์ใช้ พบว่าชิ้นเนื้อที่มีชั้นไขมันที่หนาเกินไป⁷ ซึ่งในประเทศไทยมีการพัฒนาหุ่นฝึกฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อเดลทอยด์โดยใช้ยางพาราแต่มีข้อจำกัดเรื่องความคงทนของผิวหนังภายนอก⁸ เช่นเดียวกับการพัฒนาหุ่นจำลองขาทารกแรกเกิดเพื่อฝึกฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อต้นขา และฝึกเจาะเลือดบริเวณสันเท้าโดยใช้ยางพาราและฟองน้ำ พบว่ายังมีความคงทนของผิวหนัง

ภายนอกค่อนข้างน้อย ฉีกขาดได้ง่าย⁹ ในขณะที่การพัฒนาหุ่นขาเทียมจำลองเพื่อฝึกจิตวักซันเข้าชั้นกล้ามเนื้อในเด็กทารกโดยใช้ซิลิโคนถึงสำเร็จรูปผสมสีใกล้เคียงสีผิวธรรมชาติ และฝังระบบเซ็นเซอร์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีความคงทนต่อการใช้งาน และไม่เกิดรอยพรุน หรือฉีกขาดได้ง่ายช่วยพัฒนาทักษะการจิตวักซันให้กับนักศึกษาพยาบาลได้¹⁰

จากข้อมูลและแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ทีมผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกและประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลอง เพื่อให้ได้หุ่นสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกสำหรับนักศึกษาพยาบาลที่มีความเสมือนจริงใกล้เคียงกับลักษณะทางกายวิภาคของผู้ใหญ่และมีความคงทนต่อการใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้ห้องปฏิบัติการพยาบาลมีหุ่นจำลองฝึกทักษะจำนวนเพียงพอสำหรับการเรียนรู้ที่มีต้นทุนต่ำ อันจะช่วยให้นักศึกษาพยาบาลปฏิบัติทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกได้ตามมาตรฐานวิชาชีพ เกิดคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้รับบริการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก
2. เพื่อประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

การสร้างและพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนาโดยบูรณาการแนวคิดทางกายวิภาคศาสตร์ร่วมกับหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์ เพื่อพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกที่มีประสิทธิภาพและมีความเสมือนจริง ดังนี้

การออกแบบหุ่นจำลองฝึกฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกโครงสร้างหลักกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อสะโพกโครงสร้างกระดูกสะโพก ปุ่มกระดูกที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความสำคัญในการเป็นจุดอ้างอิงในการวัดตำแหน่งฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก (gluteus muscle) 2 ตำแหน่ง คือ ventrogluteal site และ dorsogluteal site โดยการวัดตำแหน่งจะต้องระบุตำแหน่งของหัวกระดูกต้นขา (head of femur) ปุ่มกระดูกต้นขา (greater trochanter) ปุ่มกระดูกเชิงกรานด้านหน้า (anterior superior iliac spine) ปุ่มกระดูกเชิงกรานด้านหลัง (posterior superior iliac spine) ขอบของกระดูกเชิงกราน (iliac crest) และกระดูกก้นกบ (coccyx) ให้ถูกต้อง^{1,4} รวมทั้งตำแหน่งของเส้นประสาทเซียดิก (sciatic nerve) จากนั้นทีมผู้วิจัยได้นำหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์มาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย การเลือกวัสดุที่มีสมบัติคล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อธรรมชาติ ได้แก่ ความยืดหยุ่น สี และความเนียนเรียบ ตลอดจนการตรวจจับบนพื้นฐานทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยวางเซ็นเซอร์ในตำแหน่งของสรีรวิทยาที่เหมาะสม¹¹

การเลือกวัสดุสำหรับพัฒนาหุ่นฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกมีการเลือกโครงสร้างของวัสดุ (structural characteristics) สำหรับทำปุ่มกระดูกให้สอดคล้องกับสรีระของมนุษย์เพื่อใช้ในการวัดตำแหน่งการแทงเข็มฉีกเข้า และใช้วัสดุสำหรับทำผิวสัมผัสที่มีความยืดหยุ่น คงทน และไม่เกิดรอยขีดข่วนได้ง่ายคล้ายกับผิวหนังมนุษย์ ส่วนการตรวจวัดความแม่นยำเพื่อใช้ในการฝึกปฏิบัติกับหุ่นฝึกทักษะการฉีกเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ได้มีการติดตั้งเซ็นเซอร์และระบบสัญญาณเตือนและชี้วัดตามหลักวิศวกรรม ซึ่งเป็นตัวช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติได้รับข้อมูลย้อนกลับขณะปฏิบัติทันที เช่น มีสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อเกิดการปฏิบัติการแทงเข็มในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง ช่วยลดโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดในการทำหัตถการจริง ซึ่งจะส่งเสริมความมั่นใจของผู้ฝึกปฏิบัติในการฉีกเข้าชั้น

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกใช้ระเบียบวิธีการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 (Research: R1) ศึกษาความต้องการการพัฒนาหุ่นจำลองและทีมผู้วิจัยร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาหรือข้อจำกัดของการใช้งานหุ่นฝึกทักษะที่ใช้อยู่เดิมพบว่าหุ่นจำลองเดิมที่มีอยู่มีความคงทนของผิวหนังฉีกขาดและเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย คลำปุ่มกระดูกได้ไม่ชัดเจน สามารถตำแหน่งของการฉีดยาถูกตำแหน่งค่อนข้างแคบเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว มีข้อผิดพลาดในการแจ้งสัญญาณเตือนกรณีที่มีการฉีดยาผิดตำแหน่ง อีกทั้งราคาค่อนข้างสูง และนำเข้าจากต่างประเทศ ทบทวนแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ครอบคลุมลักษณะทางกายวิภาคบริเวณสะโพก ตำแหน่งของเส้นประสาทเซียดิก (sciatic

nerve) และปุ่มกระดูกที่สำคัญสำหรับการวัดตำแหน่งฉีดยา

ขั้นที่ 2 (Development: D1) พัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก เลือกวัสดุผิวสัมผัสโดยใช้การหล่อตัวอย่างชั้นซิลิโคนที่ผิวสัมผัสมีความยืดหยุ่น และคงทนไม่เกิดรอยขีดข่วนได้ง่ายจำนวน 4 ตัวอย่าง (Figure 1) ผู้วิจัยได้ใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 24 เพื่อทดสอบความคงทน พบว่า ชั้นซิลิโคนตัวอย่างที่ 4 มีความเหมาะสมต่อการนำไปขึ้นรูป และใช้กระดูกเชิงกรานจำลองของผู้ใหญ่ เป็นโครงสำหรับรองรับการขึ้นรูปด้วยดินน้ำมันปั้นเป็นช่วงสะโพก จากนั้นนำหุ่นปั้นดินน้ำมันขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้วยปูนปลาสเตอร์เพื่อใช้หล่อขึ้นรูปซิลิโคนแต่งสีและส่วนผสมปรับผิวสัมผัสให้เหมาะสมตามตัวอย่างชั้นซิลิโคนที่ทีมผู้วิจัยได้เลือกไว้ (Figure 2) และนำซิลิโคนที่ขึ้นรูปแล้ว มาหุ้มกระดูกเชิงกรานจำลองโดยผู้วิจัยได้ทดลองปรับเปลี่ยนความหนาของซิลิโคน และนำมาขึ้นรูป เพื่อให้สามารถคลำพบปุ่มกระดูกต้นขาด้านหน้า (anterior superior iliac spine) และปุ่มกระดูกก้นกบ (coccyx) ได้ (Figure 3)

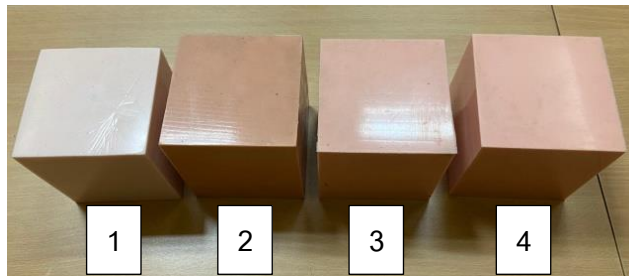


Figure 1 Examples of silicone tissue samples with varying flexibility and surface textures



Figure 2 Modeled structure of the gluteal muscle



Figure 3 Adjustable molding thickness to allow palpation of bony landmarks

จากนั้นนำโครงหุ่นจำลองกล้ามเนื้อสะโพกให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความถูกต้องของลักษณะทางกายวิภาคของโครงกล้ามเนื้อสะโพก และกำหนดตำแหน่งของการแทงเข็มฉีดยาที่ต้องการ (Figure 4) ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายวิภาคศาสตร์ 1 คน อาจารย์พยาบาลที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในการสอนทักษะพื้นฐานทางการพยาบาล 1 คน และอาจารย์ที่มีประสบการณ์ในการพัฒนานวัตกรรมทางการพยาบาล 1 คน เมื่อมีการตรวจสอบแล้วได้นำ

หุ่นดังกล่าวไปปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยสองส่วนหลัก (Figure 5) ได้แก่ ส่วนเซ็นเซอร์ตรวจจับเข็มแบบโลหะถูกติดตั้งในพื้นที่จำกัดและในตำแหน่งซึ่งกำหนดไว้ได้ผิวซิลิโคนสังเกตไม่ได้ด้วยสายตา และส่วนประมวลผลและควบคุม สร้างขึ้นจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ส่วนนี้จะถูกติดตั้งไว้ภายในตัวหุ่นฝึก และมีสวิตช์ติดตั้งภายนอกเพื่อใช้กด ในการเริ่มแต่ละรอบของการใช้งาน



Figure 4 Correct intramuscular injection sites

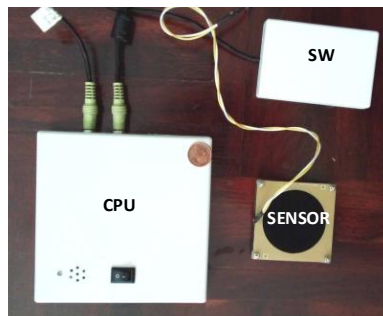


Figure 5 Components of the electronic system: sensor unit, central processing unit (CPU), and switch (SW)

ขั้นที่ 3 (Research: R2) ศึกษาประสิทธิภาพของหุ่นจำลอง ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างเครื่องมือการวิจัย ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักศึกษาพยาบาลที่ผ่านการเรียนวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐาน สถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย และอาจารย์ผู้สอนวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐาน

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 3 และ 4 ที่ผ่านการเรียนวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐานจำนวน 30 คน แบ่งเป็นชั้นปีที่ 3 จำนวน 15 คน ชั้นปีที่ 4 จำนวน 15 คน และเลือกตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก อาจารย์ผู้สอนวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐานจำนวน 5 คน โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างนี้ใช้เพื่อทดสอบการใช้หุ่นฝึกทักษะว่าสามารถใช้ปฏิบัติได้จริง (feasibility)¹²

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยมี 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ได้แก่ หุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อสะโพกที่พัฒนาขึ้นตามขั้นที่ 2 (D1)

2. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1) แบบประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบประเมินคุณภาพหุ่นจำลองของ อภิรตินันท์ศุภวัฒน์ และคณะ¹³ และเกณฑ์ประเมินคุณภาพหุ่นจำลอง ตามการประเมินคุณภาพสื่อการสอนของ สำนักคณะกรรมการการศึกษา¹⁴ มีข้อคำถามทั้งหมด 17 ข้อ ซึ่งประเมินเกี่ยวกับ โครงสร้างภายนอกของสะโพก ลักษณะภายนอกเหมือนของจริง มีสีผิวหนังเหมือนของจริง มีความยืดหยุ่นสัมผัสแล้วให้ความรู้สึกเหมือนจริง สะดวกในการนำมาใช้ฝึกปฏิบัติการฉีดยา ผิวหนังภายนอกมีการคงสภาพภายหลังการแทงเข็ม สัณฐานเตือนมีความชัดเจน สัณฐานเตือนมีความแม่นยำ คงทนต่อการใช้งาน ขนาด น้ำหนัก เหมาะสมสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย สามารถแทงเข็มฉีดยาได้ มีความคุ้มค่าในด้านราคาเมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์วิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ช่วยให้ท่านพัฒนาทักษะการวัดตำแหน่งฉีดยาได้ ช่วยให้ท่านเกิดความมั่นใจในการวัดตำแหน่งฉีดยาให้แก่ผู้รับบริการ ช่วยให้ท่านสามารถ

เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ภาพรวมความพึงพอใจต่อการใช้หุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

ลักษณะคำตอบเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยแปลผลดังนี้ คะแนน 4.51-5.00 หมายถึง ประสิทธิภาพมากที่สุด คะแนน 3.51-4.50 หมายถึง มีประสิทธิภาพมาก คะแนน 2.51-3.50 หมายถึง ประสิทธิภาพปานกลาง คะแนน 1.51-2.50 หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อย คะแนน 0.51-1.50 หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด และมีข้อคำถามปลายเปิด 1 ข้อ เพื่อให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ แบบประเมินประสิทธิผลของหุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (content validity index: CVI) เท่ากับ .92 และหาค่าความเชื่อมั่นโดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ราย ได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคเท่ากับ .85 และในการศึกษาครั้งนี้ได้เท่ากับ .86

2) แบบบันทึกการประเมินทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม ใช้สำหรับประเมินขั้นตอนการวัดตำแหน่งการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก และการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกของนักศึกษา¹ มีขั้นตอนการประเมินทั้งหมด 22 ข้อ ประกอบด้วย ขั้นตอนการวัดตำแหน่งการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก 12 ข้อ และขั้นตอนการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก 10 ข้อ ลักษณะคำตอบ 1 หมายถึง ปฏิบัติ และ 0 หมายถึง ไม่ปฏิบัติ/ปฏิบัติไม่ถูกต้อง แบบบันทึกการประเมินทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (content validity index: CVI) เท่ากับ 1 และหาค่าความเชื่อมั่นโดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน

10 ราย โดยใช้สูตร KR-20 ได้เท่ากับ .84 และในการศึกษาครั้งนี้ได้เท่ากับ .78

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาและรับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน สถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย เลขที่ COA No. 08/ 2023 ลงวันที่ 28 พฤศจิกายน 2566 กลุ่มตัวอย่างได้รับการชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย และการรวบรวมข้อมูล จากนั้นให้เปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัย การลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัยเป็นไปตามความสมัครใจ ไม่มีการบีบบังคับ และไม่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาหรือการทำงานและการประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สอน กลุ่มตัวอย่างมีสิทธิปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวหรือยุติการเข้าร่วมได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่ได้จะเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีการอ้างอิงตัวบุคคลและนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้เป็นการทดลองใช้หุ่นจำลองฝึกทักษะฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก โดยนักศึกษาพยาบาลที่ผ่านการเรียนในวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐาน จำนวน 30 คน และอาจารย์ผู้สอนวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐานจำนวน 5 คน เพื่อทดสอบการใช้หุ่นจำลองว่าสามารถใช้งานได้จริงมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มนักศึกษาพยาบาล ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการวิจัยและวิธีการใช้หุ่นจำลอง โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นให้นักศึกษาทดลองใช้หุ่นจำลองฝึกฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 3 นาที ท่างกัน

ครั้งละ 5-10 นาที ผู้วิจัยทำหน้าที่ประเมินความถูกต้องของการวัดตำแหน่งและขั้นตอนการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกในระหว่างที่นักศึกษาใช้หุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกโดยประเมินทักษะการปฏิบัติตามแบบบันทึกการประเมินทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก เพื่อให้มั่นใจว่านักศึกษาวัดตำแหน่งฉีดยาและฉีดยาได้ถูกต้องตามขั้นตอน หลังจากนั้นให้ตอบแบบประเมินประสิทธิผลหุ่นฝึกทักษะฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ใช้เวลาในการตอบประมาณ 30 นาที และนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะไปปรับปรุงคุณภาพต่อไป

กลุ่มอาจารย์ผู้สอน ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการวิจัยและวิธีการใช้หุ่นจำลอง โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นให้ทดลองใช้หุ่นฝึกฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 3 นาที ท่างกันครั้งละ 5-10 นาที และตอบแบบประเมินประสิทธิผลของหุ่นฝึกทักษะพื้นฐานทางการพยาบาล ใช้เวลาในการตอบประมาณ 30 นาที และนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะไปปรับปรุงคุณภาพต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คะแนนประสิทธิผลหุ่นจำลองฝึกทักษะฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกของนักศึกษาพยาบาลและอาจารย์ผู้สอน วิเคราะห์โดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลจากข้อคำถามปลายเปิด วิเคราะห์โดยการจัดหมวดหมู่ของคำตอบที่ได้

ขั้นที่ 4 (Development: D2) ปรับปรุงและพัฒนาหุ่นจำลอง ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของหุ่นฝึกทักษะฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อและข้อเสนอแนะปลายเปิดที่ได้จากนักศึกษาพยาบาลและอาจารย์ผู้สอนมาปรับปรุงแก้ไขหุ่นฝึกทักษะฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกเพื่อนำไปใช้จริงต่อไป

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

หุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก (Figure 6) ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือหุ่นกล้ามเนื้อสะโพก ที่มีการติดตั้งกระดูกเชิงกรานจำลองไว้ภายใน แล้วห่อหุ้มด้วยซิลิโคนผสมด้วยโพลีเอสเตอร์ ซึ่งกระดูกเชิงกรานจำลองจะทำให้ผู้ทดลองใช้สามารถคลำพบปุ่มกระดูกต้นขาด้านหน้า (anterior superior iliac spine) และปุ่มกระดูกก้นกบ (coccyx) ซึ่งมีส่วนช่วยในการกำหนดตำแหน่งการฉีดยา และส่วนที่สองชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ประมวลผลการฝึกฉีดยาของผู้ทดลองใช้งาน ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ ตรวจจับเข็มฉีดยาโลหะ ที่ถูกติดตั้งไว้ใต้ผิวซิลิโคน ทำหน้าที่ระบุความถูกต้องของตำแหน่งการวางเข็มได้ โดยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้า เมื่อแทงเข็มทะลุผ่านเซ็นเซอร์ มีส่วนประมวลผลและ ควบคุม (CPU) ทำหน้าที่ประมวลผลความต้องการของตำแหน่ง

ที่แทงเข็มฉีดยา และส่งสัญญาณไฟและ สัญญาณเสียงของตำแหน่งแทงเข็มฉีดยาที่ถูกต้อง มีสวิตช์ (switch) สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของหุ่นฝึกในแต่ละรอบ ซึ่งส่วนประมวลผลและควบคุม ติดตั้งทั้งภายใน และภายนอกตัวหุ่น โดยส่วนนี้ใช้หลักการป้อนกระแสไฟฟ้าคงที่ขนาด 1 มิลลิแอมป์ผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับเข็มฉีดยาโลหะ การเปลี่ยนแปลงความต้านทานของเซ็นเซอร์จากการแทงเข็มโลหะ ผ่านระหว่างชั้นโฟมนำไฟฟ้า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเซ็นเซอร์ซึ่งส่วนนี้จะคอยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้านี้ และประมวลผลความต้องการของตำแหน่งที่แทงเข็ม หากการแทงเข็มถูกต้องจะบ่งชี้เป็นเสียงที่ 1 ผ่านลำโพง (SPK) และหากผ่านไป ในเวลา 10 วินาที เมื่อเริ่มปฏิบัติการเข็มไม่อยู่ในตำแหน่งจะส่งเสียงที่ 2 พร้อมกับกระพริบไฟ (LED) เตือนให้รอเริ่มต้นรอบใหม่ เมื่อไฟเตือนสว่างคงที่จะเป็นการแจ้งเตือนให้ทราบว่าพร้อมเริ่มการทำงานรอบใหม่ เมื่อ สวิตช์ถูกกด



Figure 6 Gluteal injection training model with integrated electronic circuit, including sensor, processor, and switch

ส่วนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของหุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

ในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 3 จำนวน 15 คน และนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 4 จำนวน 15 คน และอาจารย์ผู้สอนรายวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐาน จำนวน 5 คน

ผลการประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก โดยนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล (Table 1) พบว่า คะแนนเฉลี่ยภาพรวม เท่ากับ 4.37 (SD = 0.38) คะแนนเฉลี่ยรายข้อ อยู่ระหว่าง 3.57-4.71 ผลการประเมินระดับประสิทธิผลที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ วิธีการใช้ไม่ยุ่งยาก

ซับซ้อน (Mean = 4.71, SD = 0.46) ช่วยให้ท่านสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Mean = 4.71, SD = 0.52) และ มีความคุ้มค่าในด้านราคาเมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์ (Mean = 4.63, SD = 0.55) ส่วนผลการประเมินระดับประสิทธิผลที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 5 ลำดับสุดท้าย ได้แก่ มีความยืดหยุ่นสัมผัสแล้วให้ความรู้สึก

เสมือนจริง (Mean = 3.57, SD = 0.85) มีลักษณะภายนอกเสมือนของจริง (Mean = 4.14, SD = 0.77) สามารถแสดงโครงสร้างภายนอกของสะโพกได้ (Mean = 4.17, SD = 0.71) ขนาดและน้ำหนักเหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย (Mean = 4.17, SD = 0.82) และสัญญาณเตือนมีความแม่นยำ (Mean = 4.17, SD = 0.99)

Table 1 Evaluation of the effectiveness of a gluteal intramuscular injection training manikin (N = 35)

Assessment items	Mean	SD	Effectiveness level
Demonstrates the external hip anatomy	4.17	0.71	high
Looks realistic in appearance	4.14	0.77	high
Lifelike skin tone	4.26	0.74	high
Realistic tactile feel	3.57	0.85	high
User-friendly for injection practice	4.46	0.51	high
Durable skin surface after injection	4.60	0.60	highest
Clear feedback signals	4.23	1.03	high
Accurate feedback signals	4.17	0.99	high
Durability	4.43	0.74	high
Portable design	4.17	0.82	high
Needle-puncturable	4.54	0.56	highest
Cost-effectiveness compared to its benefits	4.63	0.55	highest
Easy to use	4.71	0.46	highest
Enhance your injection site identification skills	4.54	0.56	highest
Boosts your confidence in patient injection site location	4.51	0.61	highest
Ability to support Self-directed learning	4.71	0.52	highest
Overall satisfaction with gluteal injection training manikin	4.46	0.61	high
Overall score	4.37	0.38	high

นอกจากนี้ยังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่ได้จากคำถามปลายเปิดเพื่อการพัฒนาหุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกนี้อีก 5 ประเด็น ได้แก่ 1) ผิวสัมผัสมีความยืดหยุ่นไม่เพียงพอ มีความหนาและแข็งกว่าผิวหนังคนจริง ทำให้กะน้ำหนักมือในการแทงเข็มฉีดยาค่อนข้างลำบาก 2) ปุ่มกระดุกคลำได้ไม่ชัดเจน 3) ความแม่นยำของเสียงสัญญาณเตือนและปรับตำแหน่งของสัญญาณเตือนให้กว้างขึ้น 4) ทำให้คนฝึกใหม่รู้สึกมั่นใจในการฉีดยา และ 5) วัสดุภายนอกอาจมีความยืดหยุ่นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

คิดเป็นร้อยละ 48.57, 45.71, 20.00, 5.71, และ 2.85 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตามลำดับ

อภิปรายผล

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกนี้ ทีมผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยวิเคราะห์ปัญหาของหุ่นฝึกเดิม ทบทวนกายวิภาคศาสตร์ของสะโพกเพื่อจำลองลักษณะโครงสร้างจริงของสะโพกโดยเฉพาะปุ่มกระดุกและเส้นประสาทเซียดิก (sciatic

การพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก

nerve) ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่ต้องใช้ความระมัดระวังในการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ทดสอบและเลือกตัวอย่างชิ้นซิลิโคนที่มีความยืดหยุ่นและคงทนในการใช้งานมากที่สุด โดยมีคุณสมบัติต่อการแทงเข็มโดยไม่เกิดรอยได้ง่ายเพื่อเพิ่มความคงทนของหุ่นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Micallef และคณะ^{2,7} ที่มีการนำซิลิโคนเป็นวัสดุหลักสำหรับการทำหุ่นจำลองการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก เนื่องจากมีความคงทนต่อการเกิดรอยฉีกขาดได้มากกว่ายางพารา^{8,9} จากนั้นนำตัวอย่างซิลิโคนนี้มาขึ้นรูปร่างโครงสร้างกล้ามเนื้อสะโพกพร้อมกระดูกเชิงกรานจำลองเพื่อให้สามารถฝึกการหาตำแหน่งฉีดยาได้ถูกต้อง และใส่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ปรับปรุงใหม่เพื่อให้สัญญาณเตือนมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ตอบสนองต่อข้อจำกัดของหุ่นฝึกเดิมที่มีปัญหาเรื่องการเตือนเมื่อฉีดยาผิดตำแหน่ง

ผลการประเมินประสิทธิผลหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกที่พัฒนาขึ้น พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก และพบว่าค่าเฉลี่ยของการประเมินประสิทธิผลสูงสุด 3 ลำดับแรกอยู่ในระดับมากที่สุด คือ 1) วิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน 2) ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน และ 3) ความคุ้มค่าในด้านราคาเมื่อเทียบกับประโยชน์ ทั้งนี้เนื่องจากทีมผู้วิจัยได้ร่วมกันพัฒนาหุ่นจำลองโดยใช้กระบวนการวิจัยและการพัฒนาในการวิเคราะห์สภาพปัญหาและข้อจำกัดของการใช้งานหุ่นฝึกทักษะที่ใช้อยู่เดิม และนำมาพัฒนาออกแบบวิธีการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน สามารถนำมาใช้ในการฝึกปฏิบัติได้จริงโดยไม่ยุ่งยาก ทนทานต่อการใช้งานได้ดี และเอื้อต่อการนำไปฝึกทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง เห็นได้จากผลการประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการวัดตำแหน่งการฉีดยาและเกิดความมั่นใจในการวัดตำแหน่งฉีดยาให้กับผู้รับบริการที่อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นมีระบบ

เซ็นเซอร์ที่ประมวลผลความถูกต้องของตำแหน่งที่แทงเข็ม ระบบดังกล่าวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยนักศึกษามีโอกาสได้ฝึกปฏิบัติทักษะเพิ่มมากขึ้น¹⁵ เพิ่มความเชื่อมั่นในการฝึกปฏิบัติการพยาบาลลดความเสี่ยงของนักศึกษาต่อการฝึกปฏิบัติงานที่ผิดพลาด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (cost per unit) ของการผลิตหุ่นจำลองนี้และวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (break-even point)¹⁶ พบว่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วยประมาณ 5,000 บาท โดยมีจุดคุ้มทุนประมาณ 40 ตัว ซึ่งราคาถูกกว่าการซื้อหุ่นฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกจากต่างประเทศประมาณ 10 เท่า⁶ และมีราคาถูกกว่าการจัดซื้ออะไหล่ผิวหนังภายนอกมาเปลี่ยนด้วย จะเห็นได้ว่าการพัฒนาหุ่นฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกมีความเหมาะสมและเป็นการลงทุนที่มีคุณค่าในการใช้งานสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการผลิตหุ่นจำลองการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อทั้งการใช้ซิลิโคน^{2,10} หรือยางพารา^{8,9} มีราคาประหยัดและมีความคุ้มค่าต่อการผลิตเพื่อนำมาให้นักศึกษาพยาบาลได้ฝึกฉีดยาก่อนปฏิบัติจริงกับผู้ป่วย

นอกจากนี้ผลการประเมินระดับประสิทธิผลที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 5 ประเด็น ได้แก่ 1) มีความยืดหยุ่นสัมผัสแล้วให้ความรู้สึกเสมือนจริง ข้อมูลสอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่าง ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมว่าผิวสัมผัสของหุ่นยังไม่ยืดหยุ่นเพียงพอ และมีความหนาและแข็งกว่าผิวหนังจริงของมนุษย์ ส่งผลให้ผู้ฝึกเกะกะน้ำหนักมือในการแทงเข็มยากขึ้น ดังนั้น ควรพิจารณาปรับปรุงวัสดุภายนอกให้มีความยืดหยุ่นและความหนาที่เหมาะสมกว่าเดิม เพื่อเพิ่มความสมจริงในการฝึกฝน 2) มีลักษณะภายนอกเสมือนของจริง และ 3) สามารถแสดงโครงสร้างภายนอกของสะโพกได้ สอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าปุ่มกระดูกบนหุ่นคลำได้ไม่ชัดเจน ซึ่งเป็นจุดสำคัญในการฝึกหาตำแหน่งฉีดยาให้ถูกต้อง ซึ่งการคลำหาปุ่มกระดูกไม่ชัดเจนอาจส่งผลให้ความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง

ฉีดยาลดลง ทีมผู้วิจัยจึงได้พิจารณาปรับปรุงการจำลองโครงสร้างกระดูกให้ชัดเจนยิ่งขึ้น 4) ขนาด น้ำหนักเหมาะสมสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากหุ่นฝึกทักษะมีขนาดเท่ากับสะโพกจริง ทำให้มีขนาดใหญ่และน้ำหนักของซิลิโคนที่ขึ้นรูปสะโพกส่งผลทำให้มีน้ำหนักมาก ดังนั้นทีมผู้วิจัยอาจพิจารณาเลือกวัสดุสำหรับขึ้นรูปที่มีน้ำหนักเบาเพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายขึ้นต่อไป ส่วนประเด็น 5) สัญญาณเตือนมีความแม่นยำสอดคล้องกับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับความแม่นยำของเสียงสัญญาณเตือนว่าควรปรับปรุงให้แม่นยำและชัดเจนยิ่งขึ้น รวมถึงขยายตำแหน่งของสัญญาณเตือนให้ครอบคลุมกว้างขึ้น ซึ่งจะสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ต่อไป นอกจากนี้มีประเด็นที่น่าสนใจคือความยืดหยุ่นของวัสดุภายนอกอาจลดลงเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ซึ่งอาจบ่งบอกถึงปัญหาความเสื่อมสภาพของวัสดุเมื่อใช้หุ่นในระยะยาว ควรมีการทดสอบเพิ่มเติมและปรับปรุงวัสดุเพื่อให้คงคุณภาพในการใช้งานระยะยาวได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

โดยสรุปผลการศึกษาการพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกนี้เป็นประโยชน์ในการฝึกปฏิบัติในการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกด้วยตนเอง ทำให้นักศึกษาพยาบาลมีทักษะและความมั่นใจในการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกเพิ่มขึ้นก่อนการปฏิบัติจริงกับผู้ป่วยบริการ ทั้งนี้อาจต้องมีการปรับปรุงโดยเน้นการเลือกวัสดุที่คงทนยืดหยุ่น น้ำหนักเบา รวมถึงการเพิ่มความชัดเจนของโครงสร้างปุ่มกระดูกและสัญญาณเตือน เพื่อให้ให้นักศึกษาสามารถใช้งานในการฝึกทักษะได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก มีคุณภาพโดยรวมในระดับมาก ด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ อาจารย์ผู้สอนควรนำ

หุ่นจำลองฝึกทักษะนี้ไปใช้เป็นสื่อการสอนในสถานการณ์จำลองซึ่งสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและฝึกซ้ำได้หลายครั้งอันจะส่งผลต่อความมั่นใจในทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกของผู้เรียน มีข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังนี้

1. การวิจัยและพัฒนาหุ่นจำลองให้มีคุณภาพมากขึ้น ได้แก่ การปรับปรุงวัสดุให้มีความยืดหยุ่นและใกล้เคียงกับผิวหนังจริง การพัฒนาระบบสัญญาณเตือนให้แม่นยำและครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างขึ้น หรือการออกแบบให้หุ่นมีลักษณะที่คล้ายกับผู้ป่วยในวัยหรือสภาพร่างกายที่ต่างกัน

2. การพัฒนาแอปพลิเคชันหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับหุ่นฝึกเพื่อบันทึกข้อมูลการฝึกและนำมาใช้ในการประเมินทักษะผู้ฝึกปฏิบัติได้แบบเรียลไทม์ (real time)

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาของสถาบันการพยาบาลศรีสวรินทิรา สภากาชาดไทย และกองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

1. Chayaput P. Administration of intramuscular injection: recommendations and cautions. Thailand Nursing and Midwifery Council Newsletter. 2019;21(6):8-10. (in Thai)
2. Micallef J, Arutiunian A, Dubrowski A. The development of an intramuscular injection simulation for nursing students. Cureus. 2020;12(12):e12366.
3. Soliman E, Ranjan S, Xu T, Gee C, Harker A, Barrera A, et al. A narrative review of the success of intramuscular gluteal injections and its impact in psychiatry. Biodes Manuf. 2018;1(3):161-70.

4. Pumduang A, editor. Fundamental of nursing: nursing practice. 5thed. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House; 2019. (in Thai)
5. Caliskan N, Gulnar E, Inal M, Erkmen SPK, Bayram SB, Ozveren H. Comparison of four dorsogluteal and ventrogluteal sites for safe intramuscular injection: a cross-sectional study. *IJCS*. 2023;16(2): 840–49.
6. Srisavarindhira Thai Red Cross Institute of Nursing. List of educational equipment in the nursing laboratory. n.p.; 2024. (in Thai)
7. Micallef J, Lin AC, Arutiunian A, Dubrowski A. Design of an intramuscular injection simulator: accommodating cultural differences. *Cureus*. 2021;13(10):e18980. doi: 10.7759/cureus.18980.
8. Chotiban P, Nawsuwan K, Nontaput T, Rodniam, J. Innovation of assisted models for practicing basic nursing skills. *Princess of Naradhiwas University Journal*. 2013;5(3):1–12. (in Thai)
9. Chamara C, Busamongkul P, Kosarat P, Paydee S. Development of the innovation's model for injection into muscles of the thigh and blood collection at the heel of neonatal on the satisfaction among nursing students [Internet]. 2019 [cited 2024 December 30]. Available form: https://nursemis2.ratchathani.ac.th/file_re/OjTvVcSWed43154.pdf
10. Rutchanagul P, Kaewwimol P. Developing a vaccination model for intramuscular injection and its effect upon performance skills and satisfaction of third-year nursing students. *Journal of Phrapokklao Nursing College*. 2022;33(2):221–32. (in Thai)
11. Madihally SV. Principles of biomedical engineering. Norwood: Artech House; 2010.
12. Hertzog MA. Considerations in determining sample size for pilot studies. *Res Nurs Health*. 2008;31(2):180–91.
13. Nantsupawat A, Viseskul N, Sawasdisingha P, Auephanwiriyaikul S, Yimyam S. The development of an intravenous injection arm model. *Nursing Journal CMU*. 2022;49(3):311–23. (in Thai)
14. Yimyam S. Developing stimulation model for training clinical skill of health science students. *Nursing Journal*. 2016;43(2):142–51. (in Thai)
15. Bannaasa B. Portable adult arm model for nursing students' venipuncture and peripheral intravenous cannulation practice. *Thai Journal of Nursing Council*. 2017;32(3):38–49. (in Thai)
16. Horngren CT, Datar SM, Rajan M. Cost accounting: a managerial emphasis. 17thed. Boston: Pearson; 2020.