# บทนำ

# (Introduction)

## 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรม ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำการเกษตร อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่ามาตรฐานการรักษาพยาบาลของไทยกลับก้าวหน้าทัดเทียมนานาอารยประเทศ ดังจะพบว่าประชาชนชั้นนำของชาติใกล้เคียงต่างเข้ามารับการรักษาพยาบาลในประเทศไทยแทบทั้งสิ้น ทั้งนี้เพราะวิสัยทัศน์และการตะหนักดีถึงความสำคัญของการรักษาพยาบาลของท่านผู้นำในอดีตเสมอมา เนื่องจากการรักษาพยาบาลเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของประชาชนชาวไทย

อย่างไรก็ตามเหตุการณ์ดังกล่าวอาจจะไม่เป็นจริงในอนาคต เนื่องด้วยเทคโนโลยีทางการแพทย์ได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการรักษาพยาบาลที่ใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสูง

การตรวจวินิจฉัยและการผ่าตัดแบบทำลายเนื้อเยื่อน้อย (Minimally invasive surgery) ซึ่งใช้และทำงานโดยระบบคอมพิวเตอร์ (Computer aided surgery) ทำให้การผ่าตัดมีความจำเพาะแม่นยำ และมีภาวะแทรกซ้อนน้อย อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์เหล่านี้มักมีราคาแพง การดูแลรักษายากและมีอายุใช้งานสั้น จึงมีความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องพัฒนางานวิจัยด้านวิศวกรรมชีวะการแพทย์ (Biomedical engineering) ให้ใกล้เคียงหรือทัดเทียมกับนานาอารยประเทศ เพื่อคงมาตรฐานการรักษาพยาบาลตามขั้นสูงของประชาชนชาวไทยต่อไป

หุ่นยนต์ผ่าตัด Da Vinci ซึ่งผ่านการรับรองจากคณะกรรมการอาหารและยา ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้ใช้ทำการผ่าตัดในมนุษย์ได้ ตั้งปี พ.ศ. 2543 ถือเป็นหุ่นยนต์ผ่าตัดที่ใช้งานได้จริงในปัจจุบัน[1] อย่างไรก็ตามข้อเสียของหุ่นยนต์ตัวนี้ ก็คือ มีราคาแพง และใช้เวลาในการติดตั้งนาน[2]. นอกจากนี้ยังไม่มีระบบส่งข้อมูลผิวสัมผัสย้อนกลับ จึงขาดความรู้สึกสัมผัส (tactile sensation) หุ่นยนต์จึงอาจทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อขณะผ่าตัดได้[3]

ปัจจุบันห้องทดลองทั่วโลกต่างกำลังพัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์ขนาดเล็ก อาทิ เช่น หุ่นยนต์ช่วยเคลื่อนข้อเข่าและหัวไหล่ในผู้ป่วยที่ต้องการทำกายภาพบำบัด[4] หุ่นยนต์ควบคุมระบบน้ำในการตรวจสอบความไวของการให้เคมีบำบัดในผู้ป่วยมะเร็งเต้านม[5] หุ่นยนต์ SpineAssist ช่วยให้แพทย์สามารถฝังสกรูเข้ากระดูดสันหลังส่วนเอวได้แม่นยำขึ้น

(implantation of lumbar pedicle screws) [6] นอกจากนี้ยังมีหุ่นยนต์ผ่าตัดขนาดเล็กอีกหลายตัวที่ได้ทดลองผ่าตัดในสัตว์[7] รวมถึงได้ลองทำการผ่าตัดใส้ติ่งและถุงน้ำดีในมนุษย์[8-10]

การผ่าตัดมดลูก จัดเป็นการผ่าตัดทางนรีเวชกรรมที่พบบ่อยที่สุด ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบอัตราการผ่าตัดมดลูกโดยเฉลี่ย 600,000 รายต่อปี [11] การผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดจัดเป็นการผ่าตัดมดลูกผ่านช่องทางธรรมชาติซึ่งมีความเจ็บปวดน้อย และกลับบ้านได้เร็วกว่าการผ่าตัดมดลูกวิธีอื่นๆ[12] อย่างไรก็ตามเพื่อให้การผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดประสบความสำเร็จด้วยดี แพทย์รุ่นใหม่จำเป็นต้องได้การฝึกฝนจากแพทย์อาวุโสเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อน จึงจะสามารถมีความชำนาญพอที่จะทำการผ่าตัดโดยปราศจากผลข้างเคียง

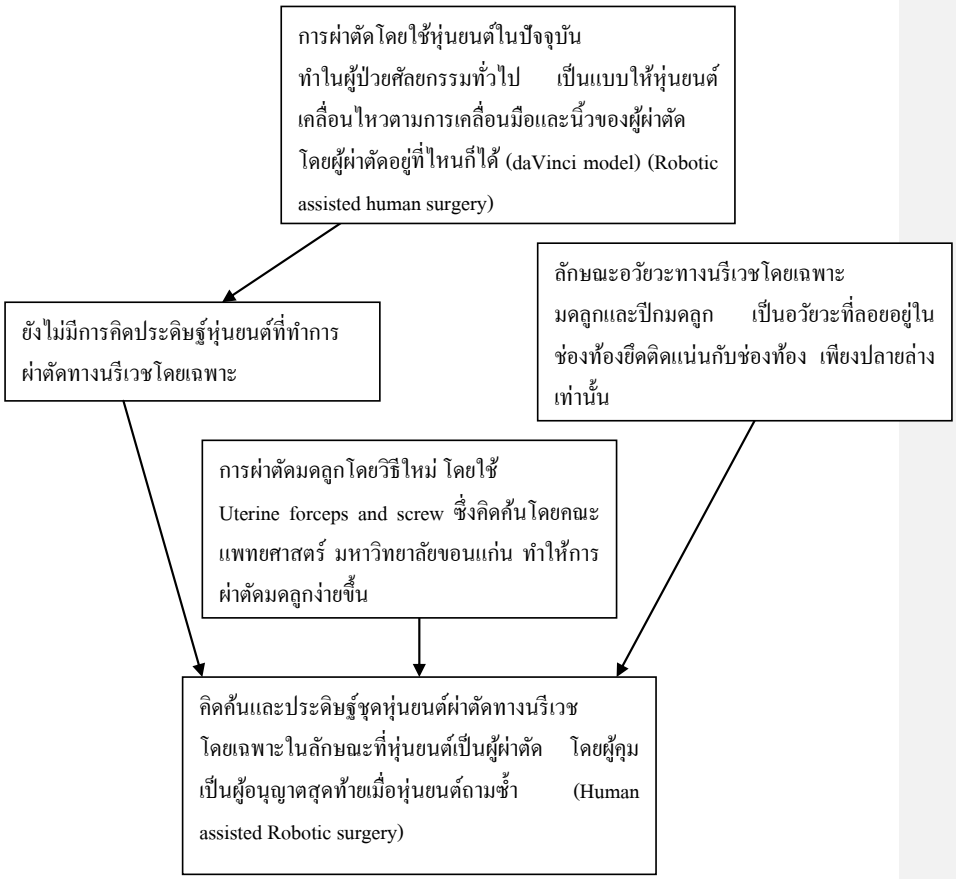
หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตหุ่นยนต์ต้นแบบ และทดสอบการทำงานเบื้องต้น ซึ่งในที่สุดจะช่วยให้นรีแพทย์รุ่นใหม่สามารถทำหัตถการผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดได้ง่าย รวดเร็ว และปลอดภัย เทียบเท่ากับแพทย์ที่มีความชำนาญ

**2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

2.1 เพื่อประดิษฐ์หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดต้นแบบ ในการผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดตามวิธีการผ่าตัดที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

2.2 เพื่อทำการศึกษาและทดสอบหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดต้นแบบ ในหุ่นจำลองคล้ายมดลูกมนุษย์

**3. สมมติฐานของการวิจัย**



**4. ขอบเขตของการวิจัย**

ทำการประดิษฐ์หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดต้นแบบ และทำการทดลองในหุ่นจำลอง

**5. นิยามศัพท์เฉพาะ**

ชีวะวิศวกรรมทางการแพทย์, หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัด, การผ่าตัดโดยการช่วยของคอมพิวเตอร์,การผ่าตัดผ่านกล้องทางนรีเวช

Biomedical engineering, Robotic surgery, Computer aided surgery, Gynecologic laparoscopic surgery

**6. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

6.1 ผลที่ได้จากการวิจัยจะทำการตีพิมพ์เผยแพร่ให้แพทย์ วิศวกรและผู้เกี่ยวข้องทราบในวารสารระดับชาติ และนานาชาติ

6.2 จะได้จดสิทธิบัตรในประเทศ

6.3 จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์และต่อยอดในการประดิษฐ์ต่อไป

# วิธีดำเนินการวิจัย

## (Materials & Method)

**1. แนวคิด และกระบวนการทำงาน (**Design concept and procedure)

กลุ่มหุ่นยนต์ผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอด ประกอบไปด้วยหุ่นยนต์ขนาดเล็กจำนวน 3 ตัว ทำงานประสานกันตามลำดับ ประกอบด้วย หุ่นยนต์ตัดเอ็นยึดมดลูกและหลอดเลือดมดลูก, หุ่นยนต์ตัดแบ่งมดลูก และหุ่นยนต์เย็บยอดช่องคลอด โดยมีลำตัวร่วมกันและเคลื่อนไหวผ่านลวดสลิงที่ควบคุมจากภายนอก

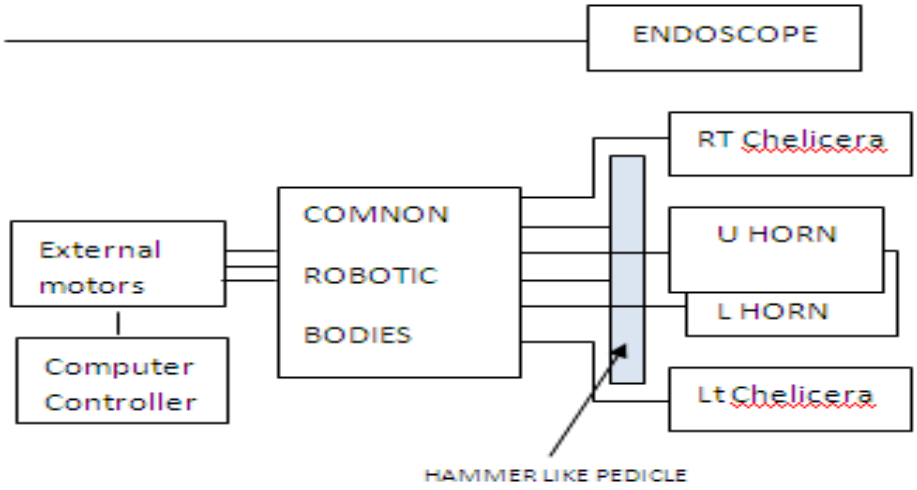



**Fig.1.** Diagram showed a compound vaginal hysterectomy robot

**หุ่นยนต์ตัดเอ็นยึดมดลูก และหลอดเลือดมดลูก (Ligaments and vessels cutting robot)**

จัดเป็นหุ่นยนต์ตัวแรกของกลุ่ม มีแขนสองข้างยื่นออกมาคล้ายก้ามของแมลงป่อง มีการเคลื่อนที่ในลักษณะหนีบและคลาย สำหรับหนีบเอ็นยึดมดลูกและหลอดเลือดมดลูกทั้งสองข้าง จากนั้นทำการตัด เพื่อให้มดลูกหลุดออกจากจุดยึดเกาะบริเวณด้านข้างของอุ้งเชิงกราน ควบคุม การเคลื่อนที่นี้ ควบคุมด้วยมอเตอร์ภายนอกร่างกาย และส่งแรงผ่านลวดสลิง

**Fig.2.** The right and left chelicerae of the scorpion- like robot were able to grip and manipulate the ligaments and vessels at parametrium. (black arrow)

**หุ่นยนต์ตัดแบ่งมดลูก (Uterine Bisecting Robot)**

เป็นหุ่นยนต์ผ่าตัดที่มีเขาและกรามปากสำหรับคีบ คล้ายแมลงด้วง (A Dynastes Hercules-like robot) มีหน้าที่ตัดมดลูกภายหลังจากหุ่นยนต์ตัวแรกตัดเอ็นยึดมดลูกออกหมดแล้ว โดยเขาด้านบนและกรามปากล่างจะหนีบและคลาย เพื่อทำการจับยึดและตัดแบ่งมดลูก(ในกรณีที่มดลูกมีขนาดโต)ออกเป็นสองส่วน โดยใช้กลไกใบเลื่อยซึ่งซ่อนอยู่ภายในร่องขนาดเล็กตามแนวยาว ซึ่งกลไกการส่งกำลังสำหรับการจับยึดและการเลื่อยมดลูกถูกส่งจากมอเตอร์ภายนอกผ่านลวดสลิง โดยจะทำการเลื่อยมดลูกออกเป็นสองส่วน ให้มีขนาดเล็กพอที่จะดึงออกผ่านช่องคลอดได้

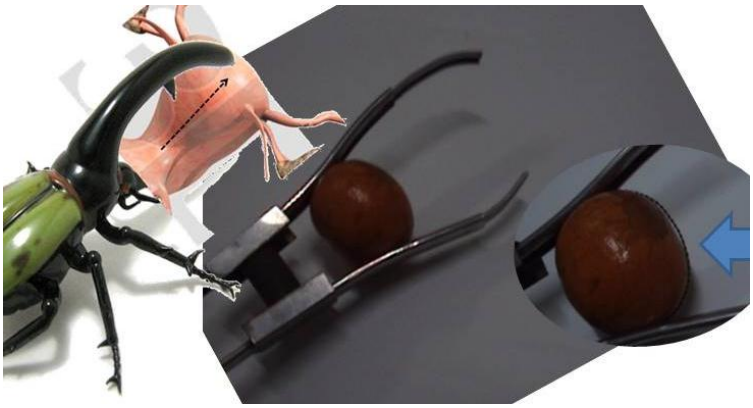


**Fig.3.** A Dynastes Hercules-like robot was designed to manipulate and cut the uterus simultaneously with the work of the first robot. During the large uterine operation this robot can bisect the uterus using a cutting saw inside the sulcus. (arrow)

**หุ่นยนต์เย็บยอดช่องคลอด (Vaginal cuff sealing robot)**

เป็นหุ่นยนต์หัวค้อน 2 ชิ้นประกบกัน จะทำการเย็บยอดช่องคลอดโดยอัตโนมัติภายหลังสั่งการ ซึ่งคณะผู้วิจัยมีแผนการจะประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบหุ่นยนต์เย็บยอดช่องคลอด ต่อไป

Comment [KKU1]:

**Fig.4.** Vaginal cuff sealing robot.

**2. การทดลอง (Experiments)**

การทดลองจัดทำที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2554 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดตัวที่ 1 และ 2

**2.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัดเอ็นยึดมดลูกและหลอดเลือดมดลูก (The mechanical test of the ligaments and vessels cutting robot)**

การทดสอบจัดทำโดยให้หุ่นยนต์ หนีบเนื้อสุกรชำแหละ ขนาด 5x5x0.5 ซม.3 เป็นเวลา 3 นาที เปรียบเทียบกับการหนีบด้วย Heaney clamps ซึ่งเป็นตัวหนีบที่ใช้ตามปกติในการผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอด จากนั้นวัดความลึกของเนื้อที่ยุบลงเปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง ซึ่งจากตารางที่ 1 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในผลการทดลอง

**Table 1.** The gripping test compared between the robotic chelicerae and traditional Heaney clamps

| **Gripping test of tissue collapse(mm)** | | |
|---|---|---|
| ***The robotic chelicerae*** | ***Traditional Heaney clamps*** | ***p.*** |
| 2 | 3 | |
| 3 | 3 | |
| 3 | 3 | |
| 3 | 2 | |
| 2 | 2 | |
| 3 | 3 | > .o5 |
| 3 | 3 | |
| 3 | 3 | |
| 3 | 3 | |
| 2 | 3 | |
| 2 | 2 | |

No statistical difference by Wilcoxon Signed Rank test*

**2.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หุ่นยนต์ตัดแบ่งมดลูก (The mechanical test of the uterine bisecting robot)**

ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัดแบ่งมดลูก จัดทำโดยให้หุ่นยนต์เลื่อยตัดผลไม้แอปเปิล ซึ่งจากการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง พบว่าหุ่นยนต์สามารถทำการตัดแบ่งผลไม้สำเร็จ 1 ครั้ง และสามารถตัดแบ่งเพียงบางส่วนอีก 2 ครั้ง สาเหตุเนื่องจากการไม่เสถียรของการเคลื่อนของใบเลื่อย และความนิ่งของการยึดตึงผลแอปเปิลในระหว่างการเลื่อยตัด

## อภิปราย/วิจารณ์ (Discussion)

ปัจจุบันเทคโนโลยีหุ่นยนต์ผ่าตัดและอุปกรณ์ทางการแพทย์อัตโนมัติอื่นๆ ได้ถูกนำมาใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งขั้นตอนการพัฒนาหุ่นยนต์ผ่าตัดสามารถแบ่งได้เป็น 3 ยุค คือ

**ยุคที่ 1 ยุคหุ่นยนต์ช่วยแพทย์ผ่าตัด "Robot assisted human surgeries"** หุ่นยนต์ผ่าตัดต้นแบบในยุคนี้ คือ หุ่นยนต์ผ่าตัด DaVinci จัดเป็นหุ่นยนต์ตัวแรกที่มีจำหน่ายและพบว่ามีประโยชน์พอสมควรในการช่วยแพทย์ผ่าตัด หุ่นยนต์ชนิดนี้ในรุ่นต่อๆ ไป (ซึ่งปัจจุบันยังอยู่ในห้องทดลองหุ่นยนต์ผ่าตัด) จะมีขนาดเล็กลงและมีระยะเวลาการติดตั้งหุ่นยนต์กับคนไข้สั้นลง อย่างไรก็ตามหุ่นยนต์ยังคงลักษณะเฉพาะของมัน คือ ต้องการแพทย์เป็นผู้ผ่าตัดผ่านหุ่นยนต์ควบคุม(Master robot) ดังนั้น จำเป็นที่แพทย์ต้องฝึกหัดในการควบคุมหุ่นยนต์และปัจจุบันหุ่นยนต์ดังกล่าวยังคงมีราคาและค่าบำรุงรักษาแพงมาก

**ยุคที่ 2 ยุคแพทย์ช่วยหุ่นยนต์ผ่าตัด "Human assisted robotic surgery"** กระบวนการผ่าตัดในยุคนี้ต้องได้รับการปรับปรุงให้ง่าย เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงาน ได้ ภายใต้การควบคุมโดยแพทย์ ซึ่งหุ่นยนต์ผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดซึ่งประดิษฐ์โดยกลุ่มผู้วิจัย จัดเป็นหุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็ก และคิดค้นมาเพื่อเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบของหุ่นยนต์ผ่าตัดในยุคนี้ แพทย์สามารถควบคุมการผ่าตัดโดยเพียงอนุญาตให้หุ่นยนต์ทำการผ่าตัดตามขั้นตอนที่ได้โปรแกรมไว้ ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าภายหลังประสบผลสำเร็จหุ่นยนต์จะช่วยให้นรีแพทย์รุ่นใหม่ สามารถทำการผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดได้กล่าวคือ ดังเช่นแพทย์ผู้มีประสบการณ์ ง่าย รวดเร็ว (อาจใช้เวลาที่น้อยกว่า 30 นาทีต่อราย) และมีภาวะแทรกซ้อนน้อย

**ยุคที่ 3 ยุคหุ่นยนต์ผ่าตัดอย่างแท้จริง "Real robotic surgery"** ในยุคนี้ หุ่นยนต์สามารถทำการผ่าตัดง่ายๆ ด้วยตนเอง หรืออาจได้รับการแนะนำจากศัลยแพทย์เพียงบางส่วน ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวจะมีแนวโน้ม ดังนี้ 1) หุ่นยนต์จะมีขนาดเล็กลง มีการเคลื่อนไหวและประมวลภาพเสมือนจริง[13, 14] 2) หุ่นยนต์ทำงานโดยอัตโนมัติ[15] และ 3) การผ่าตัดไม่จำเป็นต้องใช้ห้องผ่าตัดและสามารถควบคุมการผ่าตัดได้จากระยะไกล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเบื้องต้น เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประดิษฐ์หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอด ทำการประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบและทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในเบื้องต้น ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัดเอ็นยึดมดลูกและหลอดเลือดมดลูก ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่การทดสอบหุ่นยนต์ตัดแบ่งมดลูก ยังต้องมีการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบและทำการทดลองต่อไป

## ข้อสรุปและเสนอแนะ

รายงานการวิจัยนี้ ได้ทำการทดสอบหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดต้นแบบจำนวน 2 ตัว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้ทำการผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดเลียนแบบการผ่าตัดมดลูกทางช่องคลอดตามปกติ ซึ่งผลการทดลองพบว่าในกระบวนการจับหนีบเนื้อเยื่อ หุ่นยนต์ให้ผลการทำงานไม่ต่างจากวิธีการตามปกติ อย่างไรก็ตามในกระบวนการตัดแบ่งมดลูก หุ่นยนต์จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงและประเมินผลใหม่ในอนาคต คณะผู้วิจัยจะได้ทำการประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบตัวที่ 3 ปรับปรุง และเชื่อมต่อหุ่นยนต์ตัวที่ 1 และ 2 จากนั้นศึกษาการทำงานและจัดทำระบบควบคุม ในท้ายที่สุดคณะผู้วิจัยหวังว่าจะสามารถทำการจัดสร้างหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดมดลูกทางช้องคลอดที่มีขนาดเล็ก และสามารถทำงานกึ่งอัตโนมัติได้จริงในที่สุด

## เอกสารอ้างอิง (Reference)


1. A. Ayav, L. Bresler, L. Brunaud *et al.*, “Early results of one-year robotic surgery using the Da Vinci system to perform advanced laparoscopic procedures,” J Gastrointest Surg, vol. 8, no. 6, pp. 720-6 (2004).
2. G. Turchetti, I. Palla, F. Pierotti et al., “Economic evaluation of da Vinci-assisted robotic surgery: a systematic review,” Surg Endosc, vol. 26, no. 3, pp. 598-606(2012).
3. M. Tavakoli, A. Aziminejad, R. V. Patel et al., “Methods and mechanisms for contact feedback in a robot-assisted minimally invasive environment,” Surg Endosc, vol. 20, no. 10, pp. 1570-9(2006).
4. A. Wilkening, D. Baiden, and O. Ivlev, “Assistive control of motion therapy devices based on pneumatic soft-actuators with rotary elastic chambers,” IEEE Int Conf Rehabil Robot, vol. 2011, pp. 1-6 (2012).
5. R. Kleinhans, M. Brischwein, P. Wang et al., “Sensor-based cell and tissue screening for personalized cancer chemotherapy,” Med Biol Eng Comput, vol.50 , pp.117–126 (2012).
6. W. Sukovich, S. Brink-Danan, and M. Hardenbrook, “Miniature robotic guidance for pedicle screw placement in posterior spinal fusion: early clinical experience with the SpineAssist,” Int J Med Robot, vol. 2, no. 2, pp. 114-22 ( 2006).
7. A. C. Lehman, N. A. Wood, S. Farritor et al., “Dexterous miniature robot for advanced minimally invasive surgery,” Surg Endosc, vol. 25, no. 1, pp. 119-23(2012).
8. A. N. Kalloo, V. K. Singh, S. B. Jagannath et al., “Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity,” Gastrointest Endosc, vol. 60, no. 1, pp. 114-7(2004).
9. E. Lima, T. Henriques-Coelho, C. Rolanda et al., “Transvesical thoracoscopy: a natural orifice translumenal endoscopic approach for thoracic surgery,” Surg Endosc, vol. 21, no. 6, pp. 854-8(2007).
10. J. D. Raman, R. A. Bergs, R. Fernandez et al., “Complete transvaginal NOTES nephrectomy using magnetically anchored instrumentation,” J Endourol, vol. 23, no. 3, pp. 367-71(2009).

11. J. M. Wu, M. E. Wechter, E. J. Geller et al., “Hysterectomy rates in the United States, 2003,” Obstet Gynecol, vol. 110, no. 5, pp. 1091-5(2007).
12. S. Jahan, T. R. Das, N. Mahmud et al., “A comparative study among laparoscopically assisted vaginal hysterectomy, vaginal hysterectomy and abdominal hysterectomy: experience in a tertiary care hospital in Bangladesh,” J Obstet Gynaecol, vol. 31, no. 3, pp. 254-7(2012).
13. J. Marescaux, and L. Solerc, “Image-guided robotic surgery,” Semin Laparosc Surg, vol. 11, no. 2, pp. 113-22(2004).
14. S. Nishihara, N. Sugano, T. Nishii et al., “Clinical accuracy evaluation of femoral canal preparation using the ROBODOC system,” J Orthop Sci, vol. 9, no. 5, pp. 452-61(2004).
15. A. Menciassi, M. Quirini, and P. Dario, “Microrobotics for future gastrointestinal endoscopy,” Minim Invasive Ther Allied Technol, vol. 16, no. 2, pp. 91-100(2007)

# ภาคผนวก

# ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นายโกวิท คำพิทักษ์
2. วัน เดือน ปีเกิด 1 เมษายน 2506
3. ตำแหน่ง/สังกัด
   ภาควิชาสูติศาสตร์และนรีเวชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน สาขาสูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา สาขาเวชศาสตร์การเจริญพันธุ์ สาขาเวชศาสตร์ครอบครัว
5. ตำแหน่งทางวิชาการ
   รองศาสตราจารย์ ในสาขาวิชาสูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา วันที่ได้รับการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง วันที่ 13 ตุลาคม 2548
6. สถานที่ติดต่อ พร้อมเบอร์โทรศัพท์
   ภาควิชาสูติศาสตร์และนรีเวชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
   โทร. 0-4336-3029-30, 0-4320-2489 โทรสาร 0-4334-8395 มือถือ 0-8059-40231