สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานโครงการวิจัยประเภททุนอุดหนุนการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ฉบับสมบูรณ์

โครงการ การออกแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด

#b00255919
22 ม.ค. 2562
381461
เริ่มบริการ
11 ต.ค. 2562

โดย
นายแพทย์ปราการ ทัตติยกุล
นายแพทย์กิตติ อรุณจรัสธรรม
นายแพทย์พร้อมพงศ์ อนุชิตชาญชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา อรุณจรัสธรรม
และ

นางสาวชมพูนุท สมตัว

กรกฎาคม 2561

รายงานโครงการวิจัยประเภททุนอุดหนุนการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ฉบับสมบูรณ์

โครงการ **การออกแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด**

Design of insert umbilical catheter manikin

คณะผู้วิจัย สังกัด

1.	นายแพทย์ปราการ ทัตติยกุล	มหาวิทยาลัยบูรพา
2.	นายแพทย์กิตติ อรุณจรัสธรรม	มหาวิทยาลัยบูรพา
3.	นายแพทย์พร้อมพงศ์ อนุชิตชาญชัย	มหาวิทยาลัยบูรพา
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัญญา อรุณจรัสธรรม	มหาวิทยาลัยมหิดล
5.	นางสาวชมพูนุท สมตัว	มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนสำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนของบุคคลต่างๆ มากมาย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้ทำโครงการการออกแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดในครั้งนี้ นอกจากนั้นข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยของโครงการนี้ นายแพทย์กิตติ อรุณจรัสธรรม, นายแพทย์พร้อมพงศ์ อนุชิตชาญชัย, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา อรุณจรัสธรรม และนางสาวชมพูนุท สมตัว ที่คอยสนับสนุนการทำงานและยืนเคียงข้างในการช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะดำเนินโครงการวิจัยอย่างเต็มกำลัง ข้าพเจ้าขอให้คุณงามความดีที่ท่านทั้งหลายปฏิบัติดีต่อข้าพเจ้าในครั้งนี้ จงดลบันดาลให้ทุกท่านประสบแต่ความสำเร็จและมีความสุขในหน้าที่การงานตลอดไป

นายแพทย์ปราการ ทัตติยกุล

หัวหน้าโครงการ

บทคัดย่อ

กุมารแพทย์สาขาทารกแรกเกิดและปริกำเนิดมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับผู้ป่วยทารกแรกเกิดในประเทศไทย ดังนั้นการรักษาผู้ป่วยทารกแรกเกิดและหัตถการเกี่ยวกับทารกแรกเกิดจำนวนมากจำเป็นต้องกระทำโดยกุมารแพทย์หรือแพทย์ทั่วไป ซึ่งหัตถการการใส่สายสวนสะดือนั้นเป็นหัตถการที่ทำเมื่อจำเป็นซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อมีภาวะวิกฤตเกิดขึ้นกับผู้ป่วย โดยมากมักจะไม่สามารถเตรียมการล่วงหน้าได้และมักเกิดขึ้นในยามวิกาล ดังนั้นหากกุมารแพทย์และแพทย์ทั่วไปสามารถทำหัตถการดังกล่าวได้อย่างเชี่ยวชาญก็จะช่วยลดความเสี่ยงต่อชีวิตและการเกิดภาวะแทรกซ้อนของผู้ป่วยทารกแรกเกิดในพื้นที่ที่ขาดแคลนกุมารแพทย์สาขาทารกแรกเกิดและปริกำเนิด จึงมีความจำเป็นที่แพทย์ทั่วไปจะต้องทำหัตถการนี้ได้ ดังนั้นทางสถาบันผลิตแพทย์จึงจำเป็นต้องหันมาสนใจหุ่นฝึกทำหัตถการเพื่อนำมาทดแทนหรือเพิ่มเติมให้นักศึกษาแพทย์ได้ฝึกหัดเพิ่มขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด ผลที่ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสามารถออกแบบและสร้างหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดได้หลากหลายรูปแบบและใช้ฝึกทำหัตถการเพื่อเพิ่มความชำนาญให้แก่แพทย์และนักศึกษาแพทย์ได้

คำสำคัญ: คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ, หุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือ, กุมารแพทย์

ABSTRACT

The numbers of pediatrician are less than the newborns in Thailand. Therefore, many newborn are treated by a pediatrician or a general physician. The operation of the umbilical catheter is a procedure performed in a crisis patient, which often not possible to prepare and occurs at the moment. If pediatrician or general physicians are able to perform the procedures, they will reduce the risk of life and complications of newborn patients in areas where lack of the pediatrician and it is very important to let the general physician can do this procedure. Therefore, the medical institution needs to turn its attention to train the medical student to practice the operation of the umbilical catheter.

This study presents the use of computer aided design (CAD) for the design and construction of the umbilical catheter manikin in newborns. The results clearly demonstrate the ability to design and create training exercises for umbilical catheter manikin in newborns and to practice the technique to increase the expertise of physicians and medical students.

Keyword: Computer Aided Design, Umbilical Catheter Manikin, Pediatrician

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		(1)
สารบัญภาพ		(X)
1.	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	3
	1.3 สมมุติฐาน	3
	1.4 วัสดุและอุปกรณ์	4
	1.5 วิธีการ	4
	1.6 สถานที่และระยะเวลาทำโครงการ	4
	1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
	1.8 แหล่งทุนสนับสนุน	4
2.	การตรวจเอกสาร	5
	2.1 Surgical Skills Laboratories	5
	2.2 Cadaver Models and Synthetic Bones	6
	2.3 Software tools	7
	2.4 Haptics	9
	2.5 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design)	10
	2.6 Silicone	12
3.	อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	16
4.	ผลการทดลอง	19
5.	วิเคราะห์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	21
	5.1 ผลการออกแบบและสร้างชิ้นงานต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด	21
	5.2 ข้อเสนอแนะ	21
6.	เอกสารอ้างอิง	22

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	ภาพหน้าตัด umbilical cord	2
2	ภาพ Umbilical Cord จริงที่มี Umbilical Arteries วนรอบ Umbilical Vein	2
3	การทำหัตถการ Umbilical Vascular Catheterization	3
4	ภาพหุ่นจำลองฝึกหัดใส่ Umbilical Catheterization	3
5	แสดงการยึดตรึงกระดูกในหุ่นจำลองกระดูกหักที่สร้างจากกระดูกสังเคราะห์ในห้องฝึกหัตถการ	6
6	แสดงโปรแกรมเสมือนจริงในการฝึกยึดตรึงกระดูกสะโพกหักที่ใช้คอมพิวเตอร์สร้างขึ้น: (a) แสดงมุมมองในห้องผ่าตัด, (b) ภาพที่ผ่าตัดเสร็จแล้วและลบภาพเนื้อเยื่อรอบกระดูกออก และ (c) ภาพของกระดูกในโปรแกรมเสมือนจริงที่ผ่าตัดเสร็จแล้ว	8
7	แสดงภาพการวางแผนก่อนการผ่าตัดของกระดูกเบ้าสะโพกหักโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์: (a) ภาพ x-ray AP view แสดงถึงการหักของเบ้าสะโพกขวาที่ร้าวไปถึงด้านหลัง, (b) ภาพที่โปรแกรมสร้างขึ้นจากข้อมูล CT scan โดยลบกระดูกต้นขาออก และจัดเรียงชิ้นกระดูกที่หักเข้ามารวมกัน มีการหมุนกระดูกเพื่อเปลี่ยนมุมมองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และ (c) การวางแผนก่อนผ่าตัดที่สมบูรณ์ มีการแยกสีของชิ้นกระดูกหักที่วางแผนไว้	9
8	แสดงคุณสมบัติ ZA 8 LT dilution with silicone oil 50 cPs	13
9	ท่อภายนอกของอุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการใส่สายสวนสะดือผู้ป่วยเด็กแรกเกิด	16
10	ท่อภายนอกของอุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการที่ถูกแยกออกเป็น 4 ส่วน	16
11	ฐานรองท่อภายนอก	17
12	ภาพหน้าตัด Umbilical Cord	17
13	ท่อเกลียวแบบที่ 1	18
14	ท่อเกลียวแบบที่ 2	18
15	ท่อซิลิโคนความยาว 30 เซนติเมตร	19
16	ท่อซิลิโคน 2 ขนาดแทน Umbilical Vein (ท่อใหญ่) และ Umbilical	19

Arteries (ท่อเล็ก)

17 ชิ้นงานด้านข้างของต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด 20

18 ชิ้นงานด้านหน้าของต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด 20

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาในเรื่องของการขาดแคลนแพทย์ในหลายพื้นที่ของประเทศ เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น ปัญหาการผลิตแพทย์ได้จำนวนน้อย, การกระจายทำงานของแพทย์ไม่สมดุลกับการขาดแคลน ทำให้มีโครงการผลิตแพทย์เพิ่มมากมาย ร่วมกับปัญหาการตระหนักถึงสิทธิส่วนบุคคลของผู้ป่วยในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปมาก ทำให้จำนวนผู้ป่วยที่จะให้นักศึกษาแพทย์ได้เรียนรู้การดูแลรักษา, การทำหัตถการต่างๆ มีจำนวนลดลง จึงเริ่มมีการสนใจหุ่นจำลองผู้ป่วยและหุ่นฝึกทำหัตถการต่างๆ ซึ่งในช่วง 10 ปีมานี้ ได้รับความสนใจในประเทศไทยมากขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยมีกุมารแพทย์สาขาทารกแรกเกิดและปริกำเนิดจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับผู้ป่วยทารกแรกเกิดที่มี ซึ่งในจังหวัดต่างๆ ส่วนใหญ่มีความขาดแคลนกุมารแพทย์เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการการรักษาผู้ป่วยทารกแรกเกิดและทำหัตถการเกี่ยวกับทารกแรกเกิดเป็นจำนวนมาก โดยจำเป็นต้องทำโดยกุมารแพทย์หรือแพทย์ทั่วไปที่มีความชำนาญ ซึ่งหัตถการการใส่สายสวนสะดือนั้นเป็นหัตถการที่ทำเมื่อมีความจำเป็นและมักจะเกิดขึ้นเมื่อมีภาวะวิกฤตขึ้นกับผู้ป่วย โดยมากมักจะไม่สามารถเตรียมการล่วงหน้าได้และมักเกิดขึ้นในยามวิกาล

ดังนั้นหากกุมารแพทย์และแพทย์ทั่วไปสามารถทำหัตถการดังกล่าวได้อย่างเชี่ยวชาญก็จะช่วยลดความเสี่ยงต่อชีวิตและการเกิดภาวะแทรกซ้อนของผู้ป่วยทารกแรกเกิดในพื้นที่ที่ขาดแคลนกุมารแพทย์สาขาทารกแรกเกิดและปริกำเนิดได้ อีกทั้งยังช่วยลดความแออัดในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ในการส่งผู้ป่วยกลุ่มนี้จำนวนมากเข้ารับการรักษา และลดภาระของผู้ปกครองในการเดินทางไกลเพื่อพาผู้ป่วยไปยังโรงพยาบาลอื่น แต่หากจำเป็นต้องส่งต่อผู้ป่วยก็จะยังสามารถให้การดูแลที่จำเป็นอื่นๆ ผ่านทางสายสวนสะดือก่อนได้ เพื่อลดภาระต่อร่างกายของผู้ป่วยก่อนถึงมือกุมารแพทย์สาขาทารกแรกเกิดและปริกำเนิด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่แพทย์ทั่วไปจะต้องทำหัตถการนี้ได้ แต่ในสถานการณ์ที่การผลิตแพทย์ปัจจุบันจะมีความยากลำบากในการฝึกหัดทำหัตถการต่างๆ กับผู้ป่วยมากขึ้น ดังนั้นทางสถาบันผลิตแพทย์จึงจำเป็นต้องหันมาสนใจหุ่นฝึกทำหัตถการเพื่อนำมาทดแทนหรือเพิ่มเติมให้นักศึกษาแพทย์ได้ฝึกหัดเพิ่มขึ้น

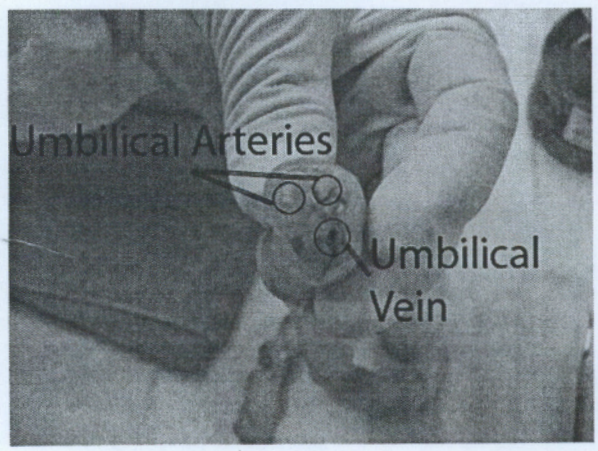
หุ่นฝึกหัดทำหัตถการรุ่นต่างๆ ที่มีใช้ในประเทศไทยนั้นแบ่งตามแหล่งผลิตได้ 2 แบบ

1. หุ่นจำลองที่มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ กลุ่มนี้มักมีการใช้เทคโนโลยีพัฒนาให้ใกล้เคียง

ผู้ป่วยจริงหรือสถานการณ์การเจ็บป่วยจริงมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นผลดีในการให้นักศึกษาแพทย์ได้ฝึกทำหัตถการ แต่มีข้อเสียที่มักมีราคาสูงและหากมีการชำรุดก็มักจะมีความล่าช้าในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ภายใน เพื่อให้กลับมาใช้งานได้ดังเดิม

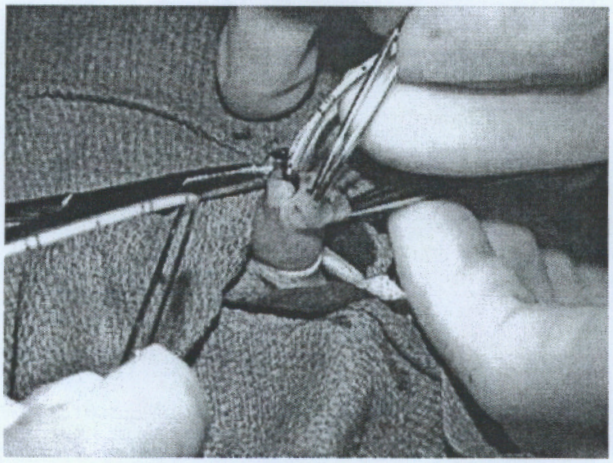
2. หุ่นจำลองที่มีการผลิตในประเทศไทย กลุ่มนี้มักมีปัญหาที่องค์ความรู้ในการผลิตนั้นยังไม่ทัดเทียมกับหุ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้การฝึกทำหัตถการบางอย่างนั้นไม่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงหรือบางครั้งมีความแตกต่างอย่างมาก แต่ก็มีข้อดีที่มักมีราคาน้อยกว่าหุ่นจำลองที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

ด้วยเหตุนี้จึงมีการพยายามผลิตและพัฒนาหุ่นจำลองเพื่อนำมาช่วยฝึกหัดทำหัตถการของนักศึกษาแพทย์เพื่อทดแทนจำนวนผู้ป่วยที่ยินยอมให้หัดทำหัตถการที่มีน้อย หรือหัตถการที่มีความเสี่ยงสูงให้นักศึกษาได้มีโอกาสเรียนรู้และฝึกทำหัตถการมากขึ้น



รูปที่ 1 ภาพหน้าตัด umbilical cord

รูปที่ 2 ภาพ Umbilical Cord จริงที่มี Umbilical Arteries วนรอบ Umbilical Vein



รูปที่ 3 การทำหัตถการ Umbilical Vascular Catheterization

รูปที่ 4 ภาพหุ่นจำลองฝึกหัดใส่ Umbilical Catheterization

1.2 วัตถุประสงค์

1. พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการใส่สายสวนสะดือผู้ป่วยเด็กแรกเกิด (umbilical catheter manikin)

2. นำอุปกรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับแนวทางฝึกเดิมที่มีอยู่ หรืออุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการชนิดนี้ที่มีอยู่ในประเทศไทยเพื่อพัฒนาให้มีความใกล้เคียงกับการทำหัตถการกับผู้ป่วยจริงให้มากที่สุด

1.3 สมมุติฐาน

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบในการฝึกหัดทำหัตถการใส่สายสวนสะดือเด็กแรกเกิด โดยให้รูปแบบของอุปกรณ์และการทำหัตถการใกล้เคียงกับการทำหัตถการในเด็กแรกเกิดจริง และใช้รูปแบบการทำหัตถการรักษาแบบเดียวกับที่ทำในผู้ป่วยจริงด้วยวัสดุที่ให้ความรู้สึกใกล้เคียงผู้ป่วยจริงจะช่วยเพิ่มศักยภาพของแพทย์ในการฝึกฝนและเพิ่มพูนทักษะ โดยได้รับประโยชน์จากการฝึกหัดเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับการฝึกหัดทำหัตถการกับผู้ป่วยจริง

1.4 วัสดุและอุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบพกพา
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโซลิดเวิร์ก

1.5 วิธีการ

1. เก็บข้อมูลหุ่นจำลองฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน
2. ออกแบบต้นแบบท่อในสายสะดือในหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ
3. ขึ้นรูปแม่พิมพ์ของโมเดล 3 มิติด้วยวิธีขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็ว
4. เทซิลิโคนขึ้นรูปต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด
5. ทดสอบโดยทำการสวนสายสะดือในหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด
6. จัดทำรายงาน

1.6 สถานที่และระยะเวลาทำโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด โดยท่อในสายสะดือสามารถขดได้หลายรูปแบบ

2. แพทย์ได้ฝึกทำการสวนสะดือในต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดที่มีรูปแบบที่หลากหลาย

1.8 แหล่งทุนสนับสนุน

ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทงบประมาณเงินรายได้ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

การตรวจเอกสาร

ปัจจุบันหลักสูตรการฝึกอบรมแพทย์ผ่าตัดเริ่มมีการหันพึ่งพาโปรแกรมเสมือนหรือหุ่นจำลองมากขึ้นเพื่อเสริมจากการสอนแบบดั้งเดิม โดยการฝึกแบบจำลองจะช่วยให้ผู้รับการฝึกหัดทักษะหัตถการได้ฝึกทำในสถานการณ์ที่มีความกดดันต่ำ โดยผู้ป่วยไม่ต้องรับความเสี่ยงและผู้ฝึกหัดสามารถเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนที่จะไปเกิดความผิดพลาดนั้นกับผู้ป่วยจริง [1] โดยมีงานวิจัยสนับสนุนมากมาย [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] และทักษะที่เรียนรู้ได้นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยจริงได้ [9] นอกจากนี้การฝึกกับโปรแกรมเสมือนหรือหุ่นจำลองยังช่วยย่นระยะเวลาในการฝึกให้ชำนาญ (learning curve) [10, 11] และช่วยให้ผลการรักษาผู้ป่วยดีขึ้น [12] ตัวอย่างเช่น รายงานการวิจัยชิ้นหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าแพทย์ประจำบ้านแผนกศัลยกรรมทั่วไปที่ได้รับการฝึกอบรมผ่าตัดไส้เลื่อนที่ขาหนีบผ่านกล้องด้วยโปรแกรมเสมือน เมื่อไปรักษาผู้ป่วยจริงมีความสามารถในการผ่าตัดสูงกว่า, ภาวะแทรกซ้อนในระหว่างผ่าตัดและหลังผ่าตัดน้อยกว่า และระยะเวลาการนอนในโรงพยาบาลของผู้ป่วยสั้นกว่าแพทย์ประจำบ้านแผนกศัลยกรรมทั่วไปที่ฝึกผ่าตัดไส้เลื่อนแบบเดียวกันด้วยวิธีฝึกอบรมแบบเดิม [12]

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาทางเลือกในการฝึกทักษะหัตถการทางออร์โธปิดิกส์ได้มีเพิ่มขึ้น ทั้งการฝึกกับร่างกายมนุษย์ (Cadaveric workshop), กระดูกจำลอง (Synthetic bones), โปรแกรมเสมือน (Software tools) และการฝึกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computerized simulators)

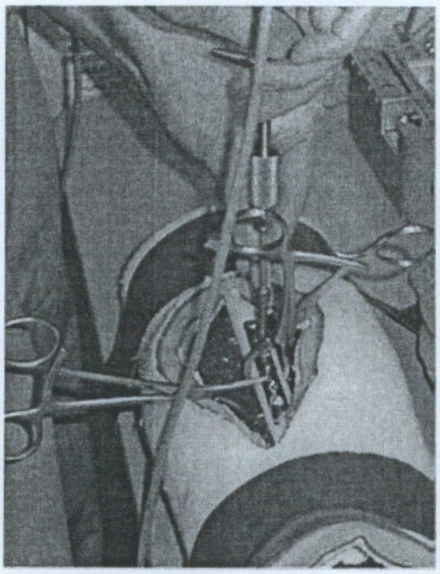
2.1 Surgical Skills Laboratories

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาโรงพยาบาลที่รับฝึกแพทย์ประจำบ้านหลายๆ แห่งในสหรัฐอเมริกามีความพยายามสร้างศูนย์ฝึกหัตถการผ่าตัดของตัวเองขึ้น เพื่อให้แพทย์ประจำบ้านได้ทำการฝึกหัตถการพื้นฐานในสถานที่ที่ไม่มีความเสี่ยงและความกดดันต่ำ เพื่อให้แพทย์ประจำบ้านคุ้นเคยกับเทคนิคการผ่าตัดต่างๆ ก่อนที่จำเข้าไปปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดหรือนำไปใช้กับผู้ป่วยจริง [13] จากรายงานวิจัยชิ้นนี้จะเห็นว่าทีมผู้วิจัยนำแพทย์ประจำบ้านปีแรกกลุ่มหนึ่งจำนวน 6 คน (n=6) ที่เข้ารับการฝึกในหลักสูตรพัฒนาทักษะการผ่าตัดเป็นเวลา 30 วัน เปรียบเทียบกับแพทย์ประจำบ้านอีกกลุ่มซึ่งมีจำนวน 16 คน (n=16) ที่เข้ารับการฝึกหัดทักษะการผ่าตัดด้วยวิธีปกติโดยใช้ the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) standard checklist and a global rating scale (GRS) พบว่าก่อนการฝึกอบรม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.442 and P = 0.507) โดยแพทย์ประจำบ้านกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกอบรมพิเศษได้เข้ารับการฝึกในครึ่งวันเช้า โดยฝึกเทคนิคพื้นฐานการยึดตรึงกระดูกที่หักด้วยวัสดุยึดตรึง, การใส่เฝือก และทำความคุ้นเคย

กับเครื่องผ่าตัดที่ซับซ้อน และครึ่งวันบ่ายทำงานทางการแพทย์ปกติ หลังจากครบ 1 เดือนพบว่ากลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกอบรมพิเศษมีคะแนนที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทั้ง OSATS checklist ($P < 0.01$) และ GRS ($P < 0.01$) แต่อย่างไรก็ดีผู้วิจัยเชื่อว่าผลของการวิจัยนี้ยังไม่สามารถสรุปลงไปได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีจำนวนการศึกษาที่น้อยและยังไม่ได้มีการศึกษาปรียบเทียบในการฝึกแบบระยะเวลายาวนาน

2.2 Cadaver Models and Synthetic Bones

การฝึกหัตถการกับร่างกายมนุษย์ (Cadaveric workshop) เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกหัตถการผ่าตัดตั้งแต่สมัยศตวรรษที่ 16 [14] และเป็นข้อบังคับของแพทย์ประจำบ้านก่อนที่จะนำไปใช้กับผู้ป่วยจริง [12] โดยประโยชน์หลักของการฝึกหัตถการด้วยวิธีนี้คือ ช่วยให้ผู้ฝึกได้สัมผัสกับของจริง สามารถช่วยจดจำลักษณะทางกายวิภาคและความถูกต้องของตำแหน่งและองศาของอวัยวะจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเป็นร่างกายที่ผ่านกระบวนการเก็บแบบสดหรือแบบดอง แต่มีข้อเสียคือเรื่องของค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง, ความลำบากในการจัดเก็บ, การนำมาใช้ซ้ำ และความเสี่ยงของการแพร่กระจายของโรคที่อาจติดต่อได้ ในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 จึงได้มีการนำกระดูกสังเคราะห์ (Synthetic bone) หรือพลาสติกมาใช้ทดแทนร่างกายมนุษย์เพื่อให้สามารถใช้ซ้ำได้ [13] วัสดุกลุ่มนี้สามารถดัดแปลงรูปร่างและขนาดได้เกือบทุกรูปแบบ ไม่มีความยากลำบากในเรื่องการจัดเก็บ และไม่จำเป็นต้องมีการประเมินจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมในการนำมาใช้ [14] มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก และสามารถทำซ้ำได้เรื่อยๆ แต่ข้อเสียคือมักไม่สามารถทำให้มีความถูกต้องทางกายวิภาคได้สมบูรณ์และขาดความสมจริงในเรื่องของการสัมผัสเนื่องจากเป็นวัสดุสังเคราะห์ [15] แต่แม้จะมีข้อเสียอยู่แต่วัสดุกลุ่มนี้ก็ยังมีความสำคัญในการฝึกแพทย์ประจำบ้าน ซึ่งหัตถการที่แพทย์ออร์โธปิดิกส์มักจะใช้การฝึกแบบนี้คือกลุ่มการผ่าตัดเพื่อยึดตรึงกระดูกที่หักดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากมีลักษณะทางกายวิภาคสอดคล้องกับร่างกายมนุษย์



รูปที่ 5 แสดงการยึดตรึงกระดูกในหุ่นจำลองกระดูกหักที่สร้างจากกระดูกสังเคราะห์ในห้องฝึกหัตถการ [16]

จากการศึกษาของ Leong *et al.*, [15] มีการนำกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 21 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามประสบการณ์ในการใช้อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกโดยให้ทุกคนทำหัตถการแบบเดียวกันคือ

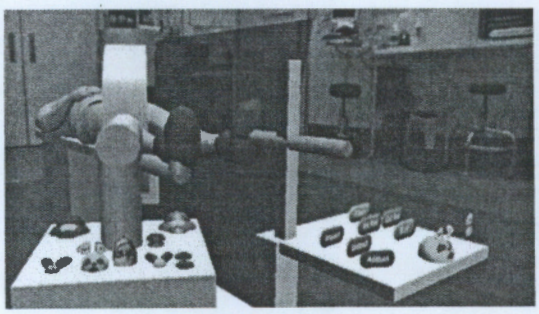
1. ใช้ dynamic compression plate ในกระดูกต้นขาสุกร
2. ใช้ unreamed tibial intramedullary nail ในกระดูกสังเคราะห์
3. ใช้ forearm external fixator ในกระดูกสังเคราะห์

จากนั้นทำการวัดผลด้วย OSATS, GRS โดยบันทึกวิดีโอขณะทำการผ่าตัดเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนและการเคลื่อนไหวมือของผู้ผ่าตัด พบว่าในหัตถการที่ 1 ผลที่ได้มีความแตกต่างกันตามระดับความชำนาญ กลุ่มอาสาสมัครที่มีประสบการณ์มากกว่าจะทำได้ดีกว่า แต่ในหัตถการที่ 2 และ 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผู้ผ่าตัดที่มีความชำนาญแตกต่างกัน แต่ผู้เขียนให้ความเห็นไว้ว่าการทำหัตถการที่ 1 ในสุกรนั้น มีราคาถูกและมีความแม่นยำในการประเมินความสามารถทางหัตถการกว่าหัตถการที่ 2 และ 3 ซึ่งมีความไวน้อยกว่า จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต [15]

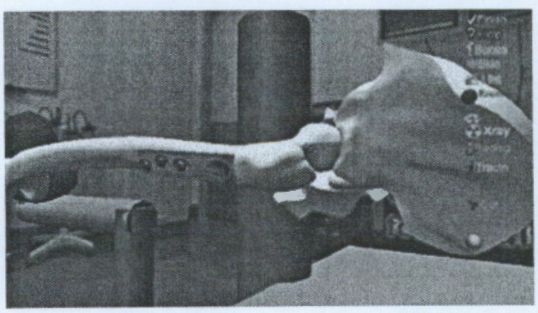
2.3 Software tools

การพัฒนาความสามารถในการผ่าตัดทางออร์โธปิดิกส์จำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในลักษณะกายวิภาคทางสามมิติ (3D anatomy) ของกระดูกและความสัมพันธ์กับโครงสร้างทางกาย

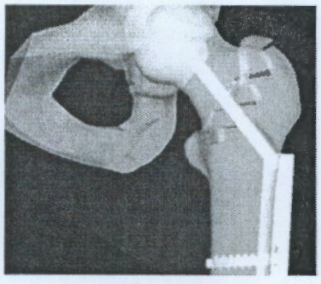
วิภาคอื่นๆ เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์และการถ่ายภาพในปัจจุบันทำให้มีการนำคอมพิวเตอร์และโปรแกรมจำลองมาช่วยในการพัฒนาความสามารถในการผ่าตัดทางออร์โธปิดิกส์ โดยโปรแกรมจำลองนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานทุกขั้นตอนของการผ่าตัดที่นำเสนอในสภาพสามมิติเสมือนจริง จากการศึกษาของ Blyth *et al.*, [17] ได้ทำการฝึกฝนการผ่าตัด, จัดและยึดตรึงกระดูกสะโพกที่หักด้วยภาพเสมือนจริง (Virtual reality) โดยโปรแกรมจำลองจะประมวลงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การวางตำแหน่งของเครื่อง C-arm, การดึงกระดูกที่หัก, การกรีดแผลผ่าตัดและการจัดวางแผ่นยึดตรึงกระดูกสะโพกที่หักดังแสดงในรูปที่ 6 จากอาสาสมัครจำนวน 10 คนให้ทำการผ่าตัดผู้ป่วยในโปรแกรมจำลอง 6 ราย จากการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมพบว่าผู้เข้าร่วมคิดว่ามีความสมจริง, ผสานกับภาพในห้องผ่าตัดได้ถูกต้อง และช่วยฝึกซ้อมการแก้ปัญหาที่พบระหว่างผ่าตัดได้เป็นอย่างดี



(a)



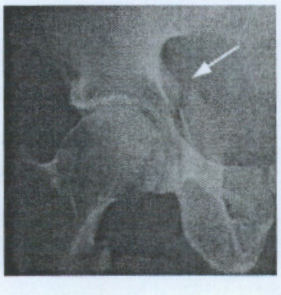
(b)



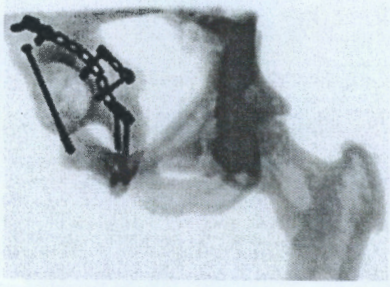
(c)

รูปที่ 6 แสดงโปรแกรมเสมือนจริงในการฝึกยึดตรึงกระดูกสะโพกหักที่ใช้คอมพิวเตอร์สร้างขึ้น: (a) แสดงมุมมองในห้องผ่าตัด, (b) ภาพที่ผ่าตัดเสร็จแล้วและลบภาพเนื้อเยื่อรอบกระดูกออก และ (c) ภาพของกระดูกในโปรแกรมเสมือนจริงที่ผ่าตัดเสร็จแล้ว [16]

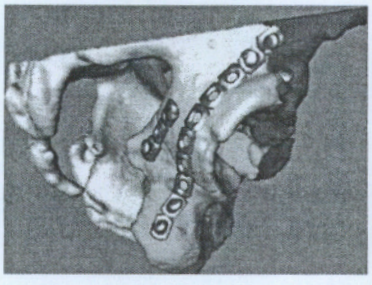
แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้มีการเปรียบเทียบกับแบบอื่นๆ และผลของการศึกษาขึ้นอยู่กับความรู้สึกหรือทัศนะของผู้เข้าร่วมการทดลอง ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของเครื่องมือในกลุ่มนี้คือการนำมาปรับใช้ในการวางแผนก่อนการผ่าตัด (Preoperative planning) มีการพัฒนาโปรแกรมจำลองเพื่อใช้ในการสร้างภาพสามมิติของกระดูกหักแบบซับซ้อนเช่น กระดูกเบ้าสะโพก หรือกระดูกเชิงกราน จากข้อมูล Computerized tomography (CT) scanner ซึ่งจะช่วยให้แพทย์ประจำบ้านหรือแพทย์ออร์โธปิดิกส์ที่มีประสบการณ์น้อยสามารถผ่าตัดผู้ป่วยที่มีความซับซ้อนได้แม่นยำขึ้นและสามารถวางแผนก่อนการผ่าตัดได้ดียิ่งขึ้น [18, 19] ดังแสดงในรูปที่ 7 ในขณะเดียวกันก็ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยที่มีการผ่าตัดเปลี่ยนข้อสะโพกเทียม, ข้อเข่าเทียม ซึ่งจะช่วยร่นระยะเวลาในการฝึกฝนการผ่าตัดให้ชำนาญ (learning curve) ของแพทย์ผู้ผ่าตัดอีกด้วย [20, 21] เทคโนโลยีในปัจจุบันยังสามารถช่วยให้แพทย์ผู้ผ่าตัดสามารถฝึกฝนเทคนิคการผ่าตัดด้านต่างๆ ซึ่งข้อมูลจาก CT scan ยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการขึ้นรูปวัตถุสามมิติแบบรวดเร็ว (Rapid prototyping) ในการผลิตหุ่นจำลองกระดูกหักแบบต่างๆ ด้วยแวกซ์หรือปูนพลาสเตอร์ได้อีกด้วย [22]



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 7 แสดงภาพการวางแผนก่อนการผ่าตัดของกระดูกเบ้าสะโพกหักโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์: (a) ภาพ x-ray AP view แสดงถึงการหักของเบ้าสะโพกขวาที่ร้าวไปถึงด้านหลัง, (b) ภาพที่โปรแกรมสร้างขึ้นจากข้อมูล CT scan โดยลบกระดูกต้นขาออก และจัดเรียงชิ้นกระดูกที่หักเข้ามารวมกัน มีการหมุนกระดูกเพื่อเปลี่ยนมุมมองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และ (c) การวางแผนก่อนผ่าตัดที่สมบูรณ์ มีการแยกสีของชิ้นกระดูกหักที่วางแผนไว้ [16]

2.4 Haptics

ปัญหาที่สำคัญของการจำลองสถานการณ์ในการฝึกทำหัตถการในอดีตนั้นคือการขาดความสมจริงในขั้นตอนการทำ แต่การพัฒนาของการจำลองทางคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนั้นก้าวหน้าไปถึงขั้นการตอบสนองต่อการกระทำของผู้ใช้ได้ใกล้เคียงของจริงเช่นความรู้สึกถึงการสั่นสะเทือนที่ส่วนปลายของกล้องผ่าตัด หรือการรู้สึกถึงแรงต้านเวลาเจาะผ่านผนังกระดูก การจำลองการสัมผัสให้ความรู้สึกตอบสนองอย่างต่อเนื่องตามการเคลื่อนไหวของมือผู้ผ่าตัดเช่น ความรู้สึกถึงแรงต้านของน้ำในข้อเวลา

ใช้กล้องส่องข้อในหุ่นจำลองที่มีโปรแกรมเสมือน หรือความรู้สึกตอบสนองที่มือในการใช้เครื่องเจาะ [23] ถึงแม้ว่าความรู้สึกตอบสนองทางกายภาพจะมีความสำคัญในการฝึกฝนของแพทย์ผู้ฝึกแต่ก็ยังไม่เคยมีการศึกษาถึงลักษณะและขอบเขตของการตอบสนองที่เหมาะสมสำหรับการฝึกฝนผ่าตัดเลย การเกิดขึ้นของโปรแกรมเสมือนจริง (Virtual reality) ในการจำลองสถานการณ์การผ่าตัด เพื่อให้สามารถใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ได้มีการพยายามรวบรวมลักษณะการตอบสนองที่ใกล้เคียงของจริงไว้ให้มากที่สุด ให้สมจริงมากที่สุด ในขณะที่กระดูกสังเคราะห์, ร่างกายมนุษย์ หรือสัตว์ สามารถให้ความรู้สึกใกล้เคียงของจริงได้มาก แต่โปรแกรมเสมือนจริงที่ใช้ฝึกผ่าตัดส่องกล้องในข้อก็ได้รวบรวมภาพสามมิติ และการตอบสนองที่ใกล้เคียงของจริงมากที่สุดไม่ว่าจะเป็นความรู้สึกตอนเจาะกระดูก, ตอนใส่น็อต อีกทั้งยังมีบางรายงานการศึกษาที่ช่วยสนับสนุน [24] Vankipuram *et al.*, [25] ได้พัฒนาหุ่นจำลองที่ให้ความรู้สึกสัมผัสที่เหมือนจริงในการเจาะกระดูก ซึ่งผู้เขียนแนะนำว่าการใช้งานร่วมกันระหว่างโปรแกรมเสมือนจริงกับกระดูกสังเคราะห์จะช่วยให้ผู้ฝึกผ่าตัดรู้สึกเหมือนได้ทำการผ่าตัดจริงมากขึ้น ช่วยเพิ่มการพัฒนาประสิทธิภาพการผ่าตัดของผู้ฝึก แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรมเสมือนจริงและหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดส่วนใหญ่ในปัจจุบันไม่มีความรู้สึกเสมือนจริงในการผ่าตัด โดยอุปกรณ์หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดนั้นจะเป็นสื่อกลางระหว่างอุปกรณ์ที่ทำการผ่าตัดกับมือของแพทย์ผู้ผ่าตัด การขาดการตอนสนองเสมือนจริงอาจนำมาสู่ความยากลำบากในการกะความแรงของการใช้เครื่องมือในการผ่าตัด ซึ่งอาจส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการผ่าตัดเพิ่มขึ้น และแพทย์ผู้ผ่าตัดต้องใช้เวลาในการปรับตัวเพื่อเรียนรู้แนวทางการผ่าตัดแบบนี้ [26] แต่แม้จะมีหลายความเห็นสนับสนุนข้อดีของการใช้โปรแกรมเสมือนจริงในการฝึก แต่ก็ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบที่ชัดเจนระหว่างการฝึกแบบใช้โปรแกรมเสมือนจริงกับการไม่ใช้โปรแกรม

จากหลายรายงานการศึกษาบ่งชี้ว่าการนำการฝึกด้วยอุปกรณ์หรือสถานการณ์ที่ไม่ใช่ของจริงมีประโยชน์ในการฝึกฝนและพัฒนาความสามารถของแพทย์ ทั้งในเรื่องของการทำซ้ำ, การช่วยลดความกดดันในการฝึก และความสะดวกในการเตรียมตัวฝึก แต่อย่างไรก็ดีการฝึกฝนด้วยสถานการณ์จริง, ผู้ป่วยจริงก็ยังคงมีความจำเป็นอยู่

2.5 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design)

ประวัติความเป็นมาคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเริ่มต้นขึ้นเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1950 ซึ่งได้มีการประยุคต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานวิศวกรรมและช่วยงานอุตสาหกรรม โดยเริ่มจาการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการคำนวณเป็นส่วนใหญ่ ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้มีขนาดเล็กลงและมีความสามารถสูงขึ้น จึงมีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานต่างๆ กว้างขวางขึ้นซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อประยุกต์ใช้งานต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์กราฟิก

(Computer Graphic) ซึ่งเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างภาพ สำหรับงานวิศวกรรมก็ได้คอมพิวเตอร์กราฟิกมาช่วยในการสร้างแบบเรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design) และพัฒนามาใช้คอมพิวเตอร์ช่วยผลิตด้วย โดยใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลิตสินค้าหรือผลิตชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเราเรียกว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing)

คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design; CAD) นอกจากจะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแล้วยังรวมไปถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการดัดแปลง, การวิเคราะห์และหาหนทางที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบ โดยระบบ CAD จะต้องมีทั้งส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยฮาร์ดแวร์ของ CAD นอกจากจะประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงแล้ว ยังต้องมีจอกราฟิกและอุปกรณ์รับข้อมูล เช่น เมาส์ ดิจิไทเซอร์ ฯลฯ ส่วนซอฟต์แวร์ของ CAD นั้นจะเป็นโปรแกรมสำหรับสร้างกราฟิกและโปรแกรมช่วยต่างๆ เช่น โปรแกรมวิเคราะห์ โครงสร้าง เช่น Finite Element Analysis; FEA โดยอาจเรียกส่วนนี้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม (Computer Aided Engineering) เทคโนโลยีของซอฟท์แวร์ CAD ได้ถูกพัฒนาเริ่มจากการเป็นซอฟท์แวร์ช่วยเขียนแบบ 2 มิติ(Drawing) เสมือนเป็นกระดานเขียนแบบอิเลคโทรนิค ซึ่งจะมีคำสั่งในการใช้งานซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกใช้คำสั่งโดยการใช้เมาส์เลือกที่เมนูบนจอภาพหรือการป้อนคำสั่งจากแป้นพิมพ์ ซอฟท์แวร์ CAD มีหลายกลุ่มคำสั่งได้แก่คำสั่งในการวาดองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ เส้นตรง (Line), ส่วนโค้ง (Arc), วงกลม (Circle), วงรี (Ellipse), รูปเหลี่ยม (Polygon) เช่น สามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม และยังมีคำสั่งในการช่วยวาดองค์ประกอบเพิ่มเติม เช่น การสะท้อนให้เกิดภาพ (Mirror), การสำเนาองค์ประกอบที่มีอยู่ (Copy) นอกจากนี้ยังมีคำสั่งในการแก้ไขสิ่งที่ได้วาดลงไปแล้วได้แก่ คำสั่งลบออก (Erase), ตัดบางส่วน (Trim), เคลื่อนย้าย (Move), หมุนภาพ (Rotate), การจัดองค์ประกอบต่างๆ จำแนกอยู่ในชั้นต่างๆ (Layer) เพื่อความสะดวกในการทำงานเสมือนมีแบบหลายๆ แผ่นมาซ้อนทับกันอยู่ คำสั่งดังกล่าวที่ซอฟท์แวร์ CAD 2 มิติมีให้นั้นจะทำให้ผู้ใช้สะดวกและประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายคือเขียนแบบให้เสร็จในคอมพิวเตอร์ จากนั้นค่อยพลอตออกทางเครื่องพลอต (Plotter) ทำให้ประหยัดกระดาษ, ประหยัดเวลาที่จะต้องเขียนแบบใหม่หมดหากเกิดข้อผิดพลาด, ไม่ต้องใช้ใบมีดขูดแบบเพื่อลบเส้นที่ผิดแต่ด้วยการใช้ซอฟท์แวร์ CAD ที่เป็น 2 มิตินี้ผู้ใช้ยังคงต้องใช้จินตนาการและประสบการณ์เพื่อวาดให้ได้แบบที่ถูกต้อง เช่น การวาดรูปด้านข้างของอาคารหรือของชิ้นส่วนที่มีความโค้งมน เหล่านี้อาจทำให้แบบที่ออกมามีความผิดพลาดไป ซอฟท์แวร์ CAD อีกประเภทหนึ่งซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาสูงขึ้นคือซอฟท์แวร์ CAD ที่มีการทำงานในระบบ 3 มิติ ซึ่งจะมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ

1. ออกแบบหรือสร้างแบบจำลอง ลักษณะ 3 มิติคือ มีขนาด ทั้งความกว้าง ความยาว และความสูง (หรือความหนา)

2. หมุนดูได้ทุกมุมมองที่ต้องการ
3. สร้างแบบ (Drawing) 2 มิติหลังจากการเสร็จสิ้นออกแบบเพื่อนำไปผลิต
4. แก้ไขได้ทันทีที่ต้องการ

2.6 Silicone

ซิลิโคนที่นำมาสร้างต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดจะมีต้องมีความยืดหยุ่นและสัมผัสคล้ายกับสายสะดือจริง เพื่อเวลาทำหัตถการใส่สายสวนสะดือแพทย์ผู้ฝึกหัดจะได้รับความรู้สึกที่สมจริง และเมื่อแพทย์ออกแรงมากเกินไปจะส่งผลให้สายสวนสะดือทะลุออกนอกต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการ โดยซิลิโคนที่นำมาใช้ในการสร้างต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการเป็นของ Zhermack ZA 8 LT โดยมี Technical Data Sheet ดังนี้

Description and Main Feature

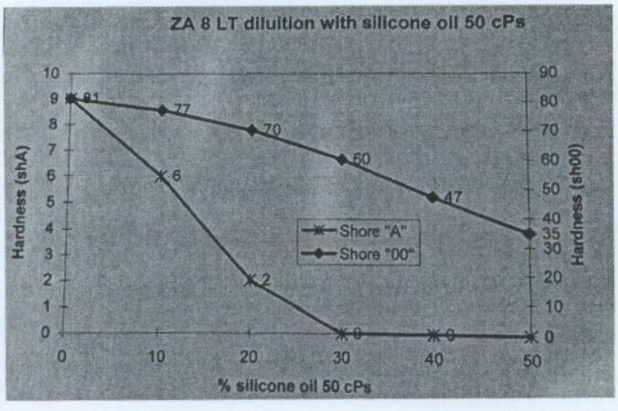
ZA 8 LT is a bi-component (base and catalyst) addition RTV silicone rubber that vulcanizes at room temperature. Indicated for the duplication of models with small recesses. The main property of the product to be vulcanized is its remarkable fluidity. The main properties of the vulcanized product are:

- High chemical resistance to the aggressive components of some types of resin
- Extremely high tear strength (this feature guarantees high resistance to wear and tear)
- High accuracy in reproducing very small detail
- High dimensional stability in time and indeformability
- Remarkable resistance to high temperatures and aging
- Excellent anti-stick effect

Main Fields of Application

- Mould-making and model-making (for its remarkable reproduction accuracy, high dimensional stability and high mechanical strength)
- Silk-screen printing on ceramic (for its remarkable reproduction accuracy, high mechanical strength and the excellent laser incision capacity)
- Pad printing (for its high mechanical strength and excellent ink transferring property)

In the pad printing field, the product is used by diluting it with oil having a viscosity of 50 cps to obtain the desired hardness.



รูปที่ 8 แสดงคุณสมบัติ ZA 8 LT dilution with silicone oil 50 cPs

Instruction for use

Take the two bi-component products supplied by Zhermack (base and catalyst) and shake before use. Weight an equal amount of catalyst and base (ex.

100 grams of catalyst and 100 grams of base; within 5% error range the end result is not altered). Once the product is weighed and it is assured that the base and catalyst are equal, the two components are inserted in a recipient and mixed thoroughly. It is important to check while mixing that no residue remains on the base and sides of recipient. Mix energetically until the color of the product is homogeneous. Once the product is mixed it is poured, preferably 30 cm above the recipient into the mould. The working time is approximately WT (แสดงในตารางที่ 1) from the beginning of the mixing at 23°c. It is advised to vacuum the mixture to prevent air pockets. If the quantity used is less than what is needed to complete the duplication, complete the hardening of the silicone and than proceed with the addition of the remaining silicone needed. The material attaches to the silicone without altering the final result.

The setting time (time the silicone needs to vulcanize) is about ST at 23°c. After the ST is complete, from the start of the mixing, we can separate the model from the mold. If necessary use compress air to facilitate this separation. It is important not to force this separation with sharp objects that can deform the final stamp. The silicone rubber is compatible with all gypsums, coating, polyurethane resins and acrylic resins.

Note: the working time and thus the setting time are reduced if the temperature exceeds 23°C (ex. If the temperature is 40°C, the working time is halved and the setting time is approximately halved). If the temperature is less than 23°C both the working time and setting time increase considerably. (ex. If the temperature is 4°C, the working time doubles and the setting time increases three times the minutes indicted at 23°C).

Important Recommendations

The exact proportions 1:1 must be respected to obtain the correct times and not to alter the final characteristics of the product. The surfaces with which the material enters in contact must be perfectly clean, free of grease and dry.

Chemical and Physical Properties

Vulcanized product

Mixing ratio	1 : 1
Viscosity of pre-catalyzation mixture	900 – 1,100 cP
Mixing time at 23°C (73°F)	1'
Working time at 23°C (73°F)	WT=15'-18'
Setting time at 23°C (73°F)	ST=120'
Shore A hardness after 24 hours	8 shA
Tensile strength	1.4 N/mm^2
Elongation at break	280%
Tear strength	3.0-3.5 N/mm
Reproduction of details	2 micron
Dimensional variation after 24 hours	-0.05%

Safety Data Sheets

The safety data sheets are available at Zhermack SpA. The preparation is not to be considered hazardous in accordance with directive 88/379/CEE and subsequent amendments.

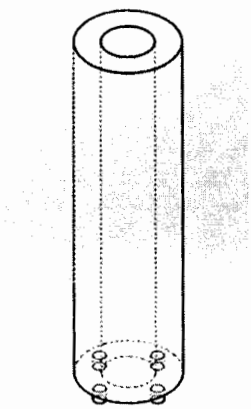
Shelf Life

The ZA 8 LT is guaranteed for a period of 18 months if stored correctly at a temperature of between 5° – 27°C (41°-80°F). Close the bottles after use, do not invert the caps or lids between the base and catalyst.

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

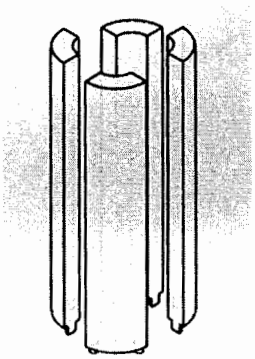
การออกแบบโมเดลสามมิติของอุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการใส่สายสวนสะดือผู้ป่วยเด็กแรกเกิดด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยแบ่งชิ้นงานออกเป็นส่วนๆ และมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ท่อภายนอก ผู้วิจัยได้สร้างท่อภายนอกแสดงในรูปที่ 9 โดยมีขนาดที่สอดคล้องกับสะดือเด็กแรก



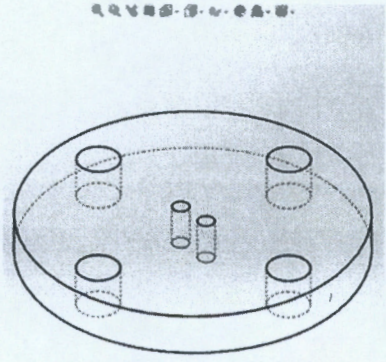
รูปที่ 9 ท่อภายนอกของอุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการใส่สายสวนสะดือผู้ป่วยเด็กแรกเกิด

เพื่อความสะดวกมรการถอดชิ้นงานทางผู้วิจัยจึงทำการแบ่งท่อภายนอกออกเป็น 4 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 10 เนื่องจากในการเทซิลิโคนลงไปในท่อถ้าท่อประกบติดกันเป็นชิ้นเดียวจะเกิดแรงเสียดทานเป็นจำนวนมากเมื่อทำการถอดชิ้นงาน อีกทั้งชิ้นงานดังกล่าวมีขนาดเล็ก จึงอาจทำให้ซิลิโคนที่เทอยู่ภายในเกิดการฉีกขาดจากการถอดชิ้นงานได้



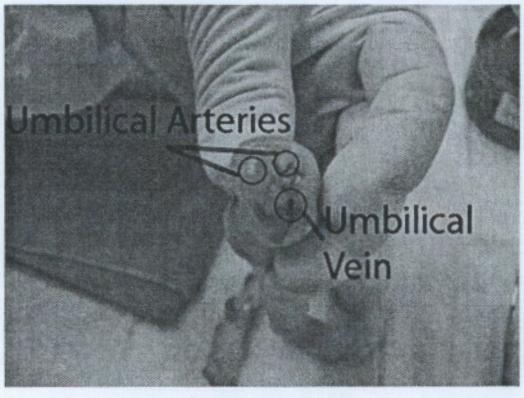
รูปที่ 10 ท่อภายนอกของอุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการที่ถูกแยกออกเป็น 4 ส่วน

2. ฐานรองท่อภายนอก เป็นฐานทรงกระบอกซึ่งมีรูอยู่ 4 รูเพื่อรับกับปลายท่อภายนอกดังแสดงในรูปที่ 11 เมื่อประกบกันสนิทจะป้องกันการไหลออกนอกแม่พิมพ์ของซิลิโคน



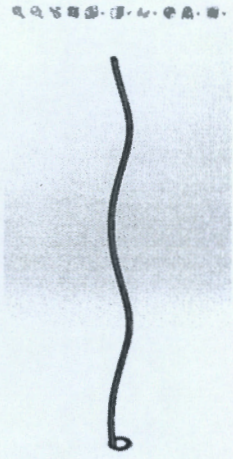
รูปที่ 11 ฐานรองท่อภายนอก

นอกจากนั้นที่ฐานรองท่อภายนอกยังมีรูอีก 2 รูเพื่อรองรับท่อเกลียวแทน Umbilical Arteries และ Umbilical Vein ในสายสะดือเด็กแรกเกิดดังแสดงในรูปที่ 12

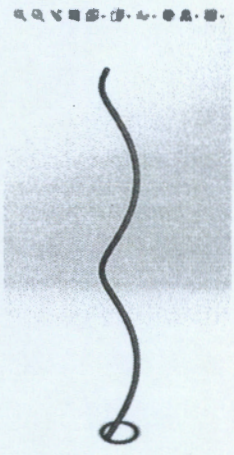


รูปที่ 12 ภาพหน้าตัด Umbilical Cord

3. ท่อเกลียวแทน Umbilical Arteries และ Umbilical Vein ในสายสะดือเด็กแรก โดยท่อเกลียวดังกล่าวจะประกอบด้วยท่อทั้งหมด 3 ท่อ มีขนาดที่เท่ากันแต่ระยะพิทช์, จำนวนรอบการหมุนไม่เท่ากันดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14 โดยผู้วิจัยสามารถเปลี่ยนขนาดดังกล่าวได้ด้วยโปรแกรม SolidWorks



รูปที่ 13 ท่อเกลียวแบบที่ 1

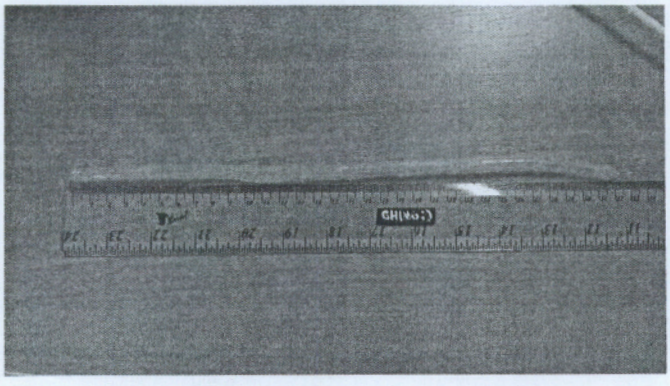


รูปที่ 14 ท่อเกลียวแบบที่ 2

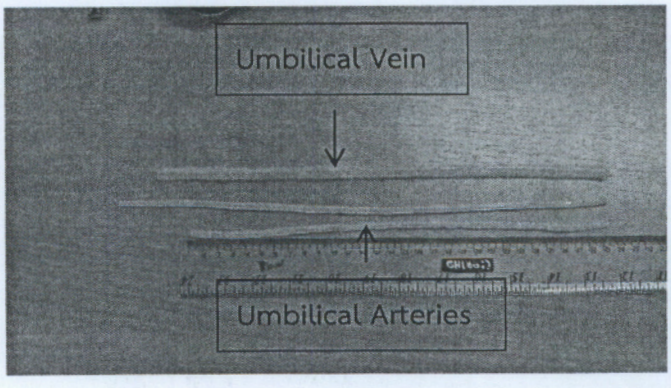
เมื่อได้ชิ้นส่วนครบตามแบบที่ต้องการก็จะนำไปขึ้นรูปต้นแบบด้วยเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว จากนั้นก็จะเทซิลิโคนลงในท่อ เมื่อทำการถอดชิ้นงานออกมาก็จะได้อุปกรณ์ฝึกหัดทำหัตถการใส่สายสวนสะดือผู้ป่วยเด็กแรกที่มีท่อภายในชิ้นงาน 3 ท่อ

ผลการทดลอง

ในเบื้องต้นทางผู้วิจัยได้ทดลองหล่อซิลิโคนขึ้นเป็นท่อกลวงเพื่อดูคุณสมบัติการยึดเกาะกับแม่พิมพ์ และการฉีกขาดขณะทำการถอดออกจากแม่พิมพ์ ผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจกล่าวคือชิ้นงานไม่เกิดการฉีกขาด ยืดหยุ่นได้ดี และทำการถอดออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย ชิ้นงานที่ทำการหล่อขึ้นรูปแสดงดังรูปที่ 15 และ 16



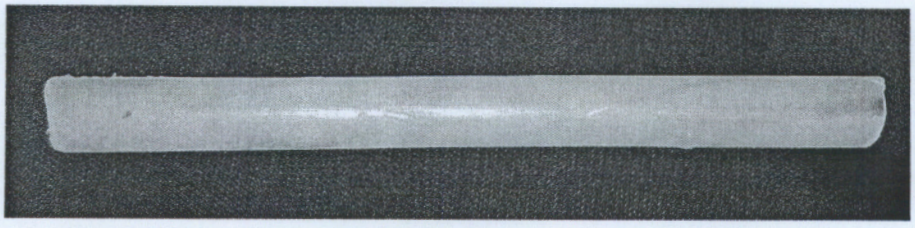
รูปที่ 15 ท่อซิลิโคนความยาว 30 เซนติเมตร



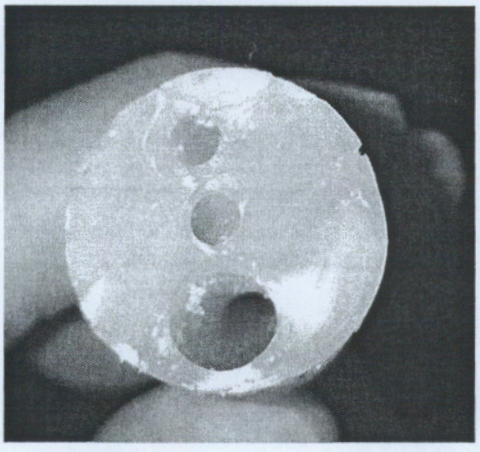
รูปที่ 16 ท่อซิลิโคน 2 ขนาดแทน Umbilical Vein (ท่อใหญ่) และ Umbilical Arteries (ท่อเล็ก)

เมื่อชิ้นงานทดลองการหล่อเป็นที่น่าพอใจทางผู้วิจัยจึงทำการหล่อชิ้นงานต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด โดยได้ชิ้นงานดังแสดงดังรูปที่ 17 เป็นท่อขนาดใหญ่และมีรูเล็กๆ

3 รูปอยู่ภายใน โดยมีรูที่ขนาดใหญ่ 1 รูแทน Umbilical Vein และรูที่มีขนาดเล็กกว่า 2 รูแทน Umbilical Arteries โดยรูทั้ง 2 นี้มีขนาดเท่ากัน ชิ้นงานต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดแสดงดังรูปที่ 17 และ 18



รูปที่ 17 ชิ้นงานด้านข้างของต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด



รูปที 18 ชิ้นงานด้านหน้าของต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด

จากการทกลองหล่อชิ้นงานต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดพบว่า ชิ้นงานมีขนาดและรูปร่างตามที่ออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ โดยผู้วิจัยสามารถเลือรูปแบบเกลียวหมุนและจำนวนรอบการหมุนของรูแทน Umbilical Vein และ Umbilical Arteries ได้ตามต้องการ ดังนั้นชิ้นงานที่ได้จะมีรูปแบบของรูภายในไม่เหมือนกัน ทำให้กุมารแพทย์และแพทย์ทั่วไปที่ต้องการฝึกฝนการทำหัตถการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เป็นการเพิ่มทักษะและความชำนาญ เมื่อพบผู้ป่วยที่จำเป็นต้องทำหัตถการทางสายสะดือก็จะสามารถให้การดูแลที่จำเป็นอื่นๆ ผ่านทางสายสวนสะดือก่อนได้ ช่วยให้ลดความสูญเสียได้

วิเคราะห์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการออกแบบและสร้างชิ้นงานต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด

งานวิจัยนี้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบในการออกแม่พิมพ์ชิ้นงานต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิด โดยสามารถออกแบบรูแทน Umbilical Vein และ Umbilical Arteries ได้หลากหลายรูปแบบ ทำให้กุมารแพทย์และแพทย์ทั่วไปสามารถฝึกทำหัตถการให้เกิดความชำนาญได้เป็นอย่างดี อีกทั้งซิลิโคนที่นำมาสร้างต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดก็ให้ความยืดหยุ่นเหมือนสายสายสะดือในเด็กแรกเกิด จึงสามารถนำมาให้นักศึกษาแพทย์หรือแพทย์ที่สนใจในการฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทดลองสร้างต้นแบบหุ่นฝึกทำหัตถการใส่สายสวนสะดือในเด็กแรกเกิดให้มีท่อแทน Umbilical Vein และ Umbilical Arteries ยื่นออกมาจากท่อใหญ่เพื่อนำไปจุ่มไว้ในถ้วยใส่น้ำและให้แพทย์ทำการดูดน้ำออกจากถ้วยผ่านทางสายสวนสะดือเพื่อฝึกความชำนาญ

เอกสารอ้างอิง

1. R. Sonnadara, S. McQueen, P. Mironova, O. Safir, M. Nousiainen, P. Ferguson, B. Alman, W. Kraemer, R. Reznick, "Reflections on current methods for evaluating skills during joint replacement surgery: a scoping review," *Bone Joint J*, vol. 95, pp. 1445–1449, 2013.
2. D. A. Cook, "Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis," *JAMA*, vol. 306(9), pp. 978-988, 2011.
3. D. A. Cook, R. Brydges, S. J. Hamstra, B. Zendejas, J. H. Szostek, A. T. Wang, P. J. Erwin, R. Hatala, "Comparative effectiveness of technology-enhanced simulation versus other instructional methods: a systematic review and meta-analysis," *Simul Healthc*, vol. 7(5), pp. 308–320, 2012.
4. K. S. Gurusamy, R. Aggarwal, L. Palanivelu, B. R. Davidson, "Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery," *Cochrane Database Syst Rev*, vol. 21, :CD006575, 2009.
5. R. R. Sonnadara, S. Garbedian, O. Safir, M. T. Nousiainen, B. Alman, P. Ferguson, W. Kraemer, R. Reznick, "Orthopaedic Boot Camp II: examining the retention rates of an intensive surgical skills course," *Surgery,* vol. 151(6), pp. 803–807, 2012.
6. R. R. Sonnadara, A. van Vliet, O. Safir, B. Alman, P. Ferguson, W. Kraemer, R. Reznick, "Orthopedic boot camp: examining the effectiveness of an intensive surgical skills course," *Surgery*, vol. 149(6), pp. 745–749, 2011.
7. L. P. Sturm, J. A. Windsor, P. H. Cosman, P. Cregan, P. J. Hewett and G. J. Maddern, "A systematic review of skills transfer after surgical simulation training," *Ann Surg* vol. 248(2), pp. 166–179, 2008.
8. L. M. Sutherland, P. F. Middleton, A. Anthony, J. Hamdorf, P. Cregan, D. Scott and G. J. Maddern, "Surgical simulation," *Ann Surg*, vol. 243(3), pp. 291–300, 2006.

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
Y91.53
ก529

9. S. R. Dawe, J. A. Windsor, J. A. Broeders, P. C. Cregan, P. J. Hewet and G. J. Maddern, "A systematic review of surgical skills transfer after simulation-based training: laparoscopic cholecystectomy and endoscopy," *Ann Surg*, vol. 259(2), pp. 236–248, 2014.

10. A. G. Gallagher, E. M. Ritter, H. Champion, G. Higgins, M. P. Fried, G. Moses, C. D. Smith and R. M. Satava, "Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training," *Ann Surg*, vol. 241(2), pp. 364-372, 2005.

11. R. R. Sonnadara, S. Garbedian, O. Safir, M. Nousiainen, B. Alman, P. Ferguson, W. Kraemer and R. Reznick, "Orthopaedic Boot Camp II: examining the retention rates of an intensive surgical skills course," *Surgery*, vol. 151(6), pp. 803–807, 2012.

12. B. Zevin, R. Aggarwal and T. P. Grantcharov, "Surgical Simulation in 2013: why is it still not the standard in surgical training?," *J Am Coll Surg*, vol. 218(2), pp. 294–301, 2014.

13. R. R. Sonnadara, A. Van Vliet, O. Safir, B. Alman, P. Ferguson, W. Kraemer and R. Reznick, "Orthopedic boot camp: Examining the effectiveness of an intensive surgical skills course," *Surgery*, vol. 149(6), pp. 745-749, 2011.

14. G. Ferrari, "Public anatomy lessons and the carnival: The anatomy theatre of Bologna," *Past & Present*, no. 117, pp. 50-106, 1987.

15. J. J. Leong, D. R. Leff, A. Das, R. Aggarwal, P. Reilly, H. D. Atkinson, R. J. Emery and A. W. Darzi, "Validation of orthopaedic bench models for trauma surgery," *J Bone Joint Surg Br*, vol. 90(7), pp. 958-965, 2008.

16. K. Atresok, J. D. Mabrey, L. M. Jazrawi and E. A. Egol, "Surgical simulation in orthopaedic skill training," *J Am Acad Orthop Surg*, vol. 20(7), pp. 410-422, 2012.

17. P. Blyth, N. S. Stott and I. A. Anderson, "A simulation-based training system for hip fracture fixation for use within the hospital environment," *Injury*, vol. 38(10), pp. 1197-1203, 2007.

381461

381461

18. M. Cimerman and A. Kristan, "Preoperative planning in pelvic and acetabular surgery: The value of advanced computerised planning modules," *Injury*, vol. 38(4), pp. 442-449, 2007.

19. K. Atesok and E. H. Schemitsch, "Computer assisted trauma surgery," *J Am Acad Orthop Surg*, vol. 18(5), pp. 247-258, 2010.

20. J. P. Cobb, V. Kannan, W. Dandachli, F. Iranpour, K. U. Brust and A. J. Hart, "Learning how to resurface cam-type femoral heads with acceptable accuracy and precision: The role of computed tomography-based navigation," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 90(suppl 3), pp. 57-64, 2008.

21. W. Gofton, A. Dubrowski, F. Tabloie and D. Backstein, "The effect of computer navigation on trainee learning of surgical skills," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 89(12), pp. 2819-2827, 2007.

22. G. A. Brown, K. Firoozbakhsh, T. A. DeCoster, J. R. Reyna Jr and M. Moneim M, "Rapid prototyping: The future of trauma surgery?," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 85(suppl 4), pp. 49-55, 2003.

23. A. D. McCarthy, L. Moody, A. R. Waterworth and D. R. Bickerstaff, "Passive haptics in a knee arthroscopy simulator: Is it valid for core skills training?," *Clin Orthop Relat Res*, vol. 442, pp. 13-20, 2006.

24. M. D. Tsai, M. S. Hsieh and C. H. Tsai, "Bone drilling haptic interaction for orthopedic surgical simulator," *Comput Biol Med*, vol. 37(12), pp. 1709-1718, 2007.

25. M. Vankipuram, K. Kahol, A. McLaren and S. Panchanathan, "A virtual reality simulator for orthopedic basic skills: A design and validation study," *J Biomed Inform*, vol. 43(5), pp. 661-668, 2010.

26. O. A. J. van der Meijden and M. P. Schijven, "The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: A current review," *Surg Endosc*, vol. 23(6), pp. 1180-1190, 2009.