



การถ่ายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง
ด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ปัญญาประดิษฐ์

STROKE REHABILITATION
BASED ON INTELLIGENCE INTERACTION SYSTEM

พรพรหม พิเนตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

การถ่ายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง
ด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ปัญญาประดิษฐ์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

STROKE REHABILITATION
BASED ON INTELLIGENCE INTERACTION SYSTEM



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Information Technology)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การถ่ายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง
ด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ปัญญาประดิษฐ์
ของ
พรพรม พิเรนทร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก	 ประธาน
(อาจารย์ ดร.วีระ สอึ้ง)	(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒนา เอื้อทวิเกียรติ)
	 กรรมการ
	(อาจารย์ ดร.ศิริสรรพ เหล่าหะเกียรติ)

ชื่อเรื่อง	การทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ปัญญาประดิษฐ์
ผู้วิจัย	พรพรหม พิเรนทร
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. วีระ สอิ่ง

ปัจจุบันการพัฒนาระบบแนะนำและการประเมินของการทำกายภาพบำบัด (Rehabilitation) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) เป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะจากการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองของแต่ละประเทศในซีกโลกตะวันออก ที่มีมากถึงปีละ 300,000 ราย ทำให้ต้องมีการเพิ่มบุคลากรทางการแพทย์อย่างเช่นนักกายภาพบำบัด (Physical therapist) ในการรักษาและการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมากขึ้นตามไปด้วย เพื่อให้ครอบคลุมกับความต้องการของการรักษาและติดตามผลการรักษาของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้จำเป็นต้องพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยเหลือนักกายภาพบำบัดในการทำกายภาพบำบัดให้กับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในปัจจุบันและผู้ป่วยใหม่ที่กำลังเพิ่มขึ้นในอนาคต สำหรับงานวิจัยนี้จะคิดค้นและพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ที่งานวิจัยนี้จะพัฒนาขึ้นจะเป็นระบบปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยการนำกล้องที่สามารถตรวจจับวัตถุในรูปแบบสามมิติ (3D camera) มาใช้ในการตรวจจับท่าทางของการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย ด้วยการตรวจจับโครงสร้างร่างกาย (Skeleton detection) ของผู้ป่วย แล้วนำข้อมูลโครงสร้างร่างกายเปลี่ยนแปลงไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของท่าทางว่ามีความถูกต้องกับการทำกายภาพบำบัดในท่าที่กำหนดหรือไม่ มากไปกว่านั้นระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้ความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ ในการตรวจสอบความถูกต้องของการทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วย เพื่อแสดงให้เห็นผู้ป่วยสามารถทำการกายภาพบำบัดได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จะพัฒนาการทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีโอกาสที่เป็นโรคนี้ ในการแนะนำและประเมินการทำท่าทางของการทำกายภาพบำบัดเพื่อที่จะฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วยได้

คำสำคัญ : โรคหลอดเลือดสมอง, กายภาพบำบัด, ปัญญาประดิษฐ์

Title	STROKE REHABILITATION BASED ON INTELLIGENCE INTERACTION SYSTEM
Author	PORNPHOM PIRAINORN
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Vera Sa-ing , Ph.D.

Stroke rehabilitation is an important requirement of patient treatment after recovering from a stroke. However, a physical therapist can only observe one patient at a time. Moreover, it takes a lot of time to make suggestions and complete evaluations. As a result of this problem, this research is concerned with the development of new rehabilitation guidance systems to assist both physical therapists and medical doctors. The proposed intelligence interaction system is for the detection and monitoring of the rehabilitation of bed-ridden stroke patients. The proposed system uses a stroke patient by using a 3D camera, the Intel Realsense D415 placed at the end of the patient bed for extracting the patient from bed by measuring the distance between patient and bed. From the segmentation results of the patient, the proposed system evaluated the rehabilitation posture of the patient by detection of the simulated skeleton to calculate the changing degree of the shoulder joint, elbow joint, and wrist joint. In addition, the proposed system used capabilities of artificial intelligence to check the accuracy of physiotherapy patients and show them how to perform physical therapy correctly. Based on the results of the experiment, the proposed system represented effective monitoring and evaluation of stroke rehabilitation as it can accurately count the arm flexion gestures during therapy. Therefore, intelligence interaction systems can help physical therapists to monitor and evaluate the rehabilitation of strokes among bed-ridden patients.

Keyword : Stroke rehabilitation, Intelligence Interaction System

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก อาจารย์ ดร.วีระ สอึง อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการและข้อมูลสำหรับทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์นา เอื้อทวี เกียรติ และ อาจารย์ ดร.ศิริสรพ เหล่าหะเกียรติ ที่กรุณารับเป็นประธานและกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และให้คำแนะนำ คำติชมปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งข้อติชมเหล่านั้นผู้จัดทำได้นำมาปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้และเก็บไว้เป็นความรู้ในการศึกษาต่อไป

ขอขอบคุณอาจารย์และพนักงานประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกด้านเอกสาร ตลอดจนคำปรึกษาในขั้นตอนดำเนินการจนปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

พรพรม พิเรนทร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
1.5 แผนการดำเนินการวิจัย.....	2
1.6 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	4
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรคหลอดเลือดสมอง	4
2.1.1 หลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน (ischemic stroke)	4
2.1.2 หลอดเลือดสมองแตก (hemorrhagic stroke).....	4
2.2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการทำกายภาพบำบัด	4
2.2.1 เวชศาสตร์ฟื้นฟู (Rehabilitation)	4
2.2.2 ท่าทางการทำกายภาพบำบัด (Rehabilitate posture)	5
2.2.3 การบริหารส่วนแขน.....	5

2.3 เทคนิคการตรวจจับ (Detection).....	6
2.3.1 การตรวจจับโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ (Skeleton Detection)	6
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.5 สรุปงานวิจัยที่ศึกษา	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	19
3.1 การเชื่อมต่อกล้อง (Camera Connection).....	19
3.1.1 Intel Realsense	19
3.2 การตรวจจับโครงสร้างของผู้ป่วย (Detect Skeleton)	21
3.2.1 NuiTrack™ SDK	21
3.2.2 NuiTrack Skeleton System	21
3.2.3 การตรวจจับท่าทางมนุษย์ (Human Gesture Detection).....	23
3.3 การควบคุมโมเดล 3 มิติ (Control 3D Model)	26
3.4 การวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัด (Evaluate Rehab Gesture)	26
บทที่ 4 ผลการศึกษา	29
4.1 การทดลอง.....	30
4.1.1 การติดตั้งและเตรียมการทดลอง.....	30
4.1.2 การตรวจสอบท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรม.....	31
การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 1).....	32
การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 2).....	33
การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 3).....	34
การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 4)	35
การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 5)	36
การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 6)	37

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 7)	38
การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 8)	39
การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 9)	40
การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 10).....	41
การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 11).....	42
การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 12).....	43
4.2 ผลการทดลอง	44
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลงานวิจัย	46
5.2 อภิปรายผลของงานวิจัย	51
5.3 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก.....	55
ประวัติผู้เขียน.....	61

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	3
ตาราง 2 แสดงการทดสอบเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่แตกต่างผ่านกิจกรรมต่างๆ	7
ตาราง 3 แสดงการทดสอบผ่านกิจวัตรประจำวันต่างๆในแต่ละประเภท	9
ตาราง 4 แสดงสรุปกลไกสายรัดข้อมือในแง่ของความสะดวกในการใช้งาน	9
ตาราง 5 แสดงการดำเนินการเพื่อควบคุมมุมมอง 2 และ 3 มิติ.....	16
ตาราง 6 สรุปงานวิจัยที่ศึกษา	17
ตาราง 7 สรุปการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอ	44
ตาราง 8 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 1	47
ตาราง 9 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 2	47
ตาราง 10 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 3	47
ตาราง 11 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 4	48
ตาราง 12 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 5	48
ตาราง 13 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 6	49
ตาราง 14 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 7	49
ตาราง 15 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 8	49
ตาราง 16 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 9	50
ตาราง 17 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 10	50
ตาราง 18 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 11	51
ตาราง 19 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 12	51

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 การทำกายภาพบำบัดส่วนแขน (Flexion)	6
ภาพประกอบ 2 Skeleton Tracking	6
ภาพประกอบ 3 สายรัดข้อมือแปดตัวที่มีกลไกและการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ที่แตกต่างกัน.....	8
ภาพประกอบ 4 Oculus Rift	10
ภาพประกอบ 5 Myo Armband	10
ภาพประกอบ 6 VHand 3.0.....	11
ภาพประกอบ 7 แสดงโมเดลเลียนแบบการเคลื่อนไหวช่วงบนของผู้ป่วย.....	11
ภาพประกอบ 8 แสดงการโต้ตอบและทำกิจกรรมภายในเกม (Unity3D).....	12
ภาพประกอบ 9 การจัดการข้อมูลของคินเนคต์	13
ภาพประกอบ 10 การใช้โหนดจับไปที่ร่างกายโดยใช้สายรัด	14
ภาพประกอบ 11 Natural user interface or natural interaction (NUI).....	15
ภาพประกอบ 12 แสดงการแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 3 ส่วน	15
ภาพประกอบ 13 แสดงการทำมือในลักษณะที่แตกต่างกันเพื่อควบคุมเมาส์.....	16
ภาพประกอบ 14 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ	19
ภาพประกอบ 15 กล้องสามมิติ Intel Realsense D415.....	20
ภาพประกอบ 16 ผลลัพธ์ของการวัดระยะห่างจากกล้องสามมิติถึงผู้ป่วย	20
ภาพประกอบ 17 ภาพสองมิติที่แสดงการวัดลึกของวัตถุด้วยระดับสี	21
ภาพประกอบ 18 Nuitrack	21
ภาพประกอบ 19 แสดงโครงกระดูกของ Nuitrack	22
ภาพประกอบ 20 แสดง Modules ของ Nuitrack.....	22
ภาพประกอบ 21 แสดงการจดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ในรูปแบบเต็มตัว (Full Skeleton)	23

ภาพประกอบ 22 แสดงค่าของไฟล์ SimpleSkeletonAvatar ที่จัดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ในรูปแบบเต็มตัว (Full Skeleton).....	24
ภาพประกอบ 23 แสดงค่าของไฟล์ SimpleSkeletonAvatar ที่ถูกแก้ไขให้จัดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์เฉพาะส่วนของครึ่งช่วงตัวบนเท่านั้น.....	25
ภาพประกอบ 24 แสดงการตรวจจับเฉพาะช่วงครึ่งตัวบนของมนุษย์.....	25
ภาพประกอบ 25 แสดงการควบคุมโมเดล 3 มิติ	26
ภาพประกอบ 26 ตำแหน่งสำคัญของการทำกายภาพบำบัด.....	26
ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างของการทำกายภาพบำบัดในท่าอแขน	27
ภาพประกอบ 28 แสดงท่าข้อศอกเข้าและเหยียดออกด้วยแขนข้างซ้าย	29
ภาพประกอบ 29 แสดงท่าข้อศอกเข้าและเหยียดออกด้วยแขนข้างขวา	29
ภาพประกอบ 30 แสดงการติดตั้งกล้องเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลของอาสาสมัคร.....	30
ภาพประกอบ 31 แสดงการเก็บข้อมูลอาสาสมัครจากการอัดวิดีโอจริงและนำมาใช้ในการตรวจสอบความลึก	30
ภาพประกอบ 32 แสดงการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ระบบ Pose Tracking ตรวจพบ skeleton ได้.....	31
ภาพประกอบ 33 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 1	32
ภาพประกอบ 34 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 2	33
ภาพประกอบ 35 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 3	34
ภาพประกอบ 36 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 4	35
ภาพประกอบ 37 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 5	36
ภาพประกอบ 38 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 6	37
ภาพประกอบ 39 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 7	38
ภาพประกอบ 40 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 8	39
ภาพประกอบ 41 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 9	40
ภาพประกอบ 42 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 10	41

ภาพประกอบ 43 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิธีไอที 11	42
ภาพประกอบ 44 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิธีไอที 12	43



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ต้องการเข้ารับการฟื้นฟูร่างกาย ด้วยวิธีการทำกายภาพบำบัด จากนักกายภาพบำบัดที่จะต้องทำการสอนท่าทางในการออกกำลังกาย และติดตามผลการทำกายภาพบำบัดด้วยตัวเอง ที่มีข้อจำกัดของการทำกายภาพบำบัดได้ครั้งละหนึ่งคนเท่านั้น มากไปกว่านั้นยังต้องใช้เวลาในการสอนการทำท่าทางของการทำกายภาพบำบัดและติดตามพัฒนาการหลังจากการทำกายภาพบำบัดเป็นเวลานานอีกด้วย และนักกายภาพบำบัดจำนวนมาก ดังนั้น เพื่อให้ครอบคลุมกับความต้องการของการรักษาของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบ เพื่อช่วยเหลือในการทำกายภาพบำบัด ให้กับนักกายภาพบำบัด เพื่อแก้ไขปัญหา

1.2 วัตถุประสงค์

1. พัฒนาระบบที่ช่วยเหลือเพื่อแนะนำและประเมินการทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในส่วนด้านบนของร่างกาย จากท่าทางที่กำหนด
2. พัฒนาโปรแกรมแนะนำและสอนท่าทางของการบริหารร่างกาย เพื่อจะนำไปใช้สอนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในการทำกายภาพบำบัด
3. พัฒนาระบบเพื่อให้ครอบคลุมกับความต้องการในการรักษาของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก
4. พัฒนาโปรแกรมที่สามารถช่วยเหลือดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรวมไปถึงผู้สูงอายุที่มีโอกาสจะเกิดโรคนี้
5. พัฒนาระบบให้สามารถฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วย เพื่อติดตามและประเมินผลจากที่บ้านของผู้ป่วยได้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย (Pose Tracking) ในลักษณะที่กำหนด เพื่อการทำกายภาพบำบัดเบื้องต้นของผู้ป่วยที่นอนบนเตียง โดยท่าทางการทำกายภาพบำบัดคือ ท่าออกสอกเหยียดสอก ท่านี้ผู้ป่วยจะต้องงอข้อศอกจนทำให้ปลายนิ้วสามารถแตะที่บริเวณหัวไหล่ของผู้ป่วยได้ โดยพัฒนาระบบนี้

จากข้อมูลที่ได้จากกล้องสามมิติ (3D Camera) ที่มีความสามารถพิเศษในการคำนวณระยะห่างของผู้ป่วยกับกล้องได้ (Depth Measurement) และมีความสามารถในการตรวจสอบโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ (Skeleton Detection) ทำงานร่วมกับเซนเซอร์สามมิติ (3D Sensor) เพื่อระบุตำแหน่งของการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งจะเพิ่มความถูกต้องในการปฏิบัติในท่าทางที่กำหนดของการทำกายภาพบำบัดได้ (Piraintorn & Sa-ing, 2020)

โปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนไหวจะนำข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยจากการทดลองและเก็บข้อมูลมาใช้ในการสร้างเป็นรูปแบบของการเคลื่อนไหว (Movement Pattern) ของการทำกายภาพบำบัดในท่าทางต่าง ๆ โดยนำไปตรวจสอบกับข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยจริง (Real-time Pattern Matching) ในขณะที่กำลังทำกายภาพบำบัดจริงในท่าทางที่กำหนดไว้ เพื่อเป็นการตรวจนับการทำท่าทางที่กำหนดทั้งที่ทำถูกต้องและไม่ถูกต้อง และมากกว่านั้นยังสามารถติดตามและประเมินผลของการฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ให้เป็นไปตามที่แพทย์กำหนดให้มีการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ซึ่งจะส่งผลให้ผลลัพธ์ของการฟื้นฟูร่างกายที่ดีขึ้นสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ได้รับการบำบัดทางกายภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ระบบสามารถตรวจนับท่าทางการทำกายภาพที่กำหนดทั้งที่ทำถูกต้องและไม่ถูกต้องได้อย่างแม่นยำ
2. สามารถติดตามและประเมินผลของการฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ให้เป็นไปตามที่แพทย์กำหนด
3. ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพครอบคลุมกับความต้องการในการรักษาของผู้ป่วยที่มีเพิ่มขึ้น
4. สามารถทำการฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วย เพื่อติดตามและประเมินผลได้จากที่บ้านของผู้ป่วย

1.5 แผนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบ
4. ทดลองและปรับปรุงขั้นตอนวิธีเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น
5. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

1.6 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด 8 เดือน โดยแบ่งขั้นตอนและรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตาราง 1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัย	ระยะเวลาศึกษา (เดือน)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
ศึกษาวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย								
พัฒนาโปรแกรมต้นแบบ								
ทดลองและปรับปรุงประสิทธิภาพ								
วิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น								

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรคหลอดเลือดสมอง

โรคหลอดเลือดสมอง (stroke) เป็นสาเหตุสำคัญของความพิการในผู้สูงอายุที่มีผลกระทบต่อการรับรู้และทางทางการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย โดยภาวะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อสมองขาดเลือดไปเลี้ยงเนื่องจากหลอดเลือดตีบ หลอดเลือดอุดตัน หรือหลอดเลือดแตก ส่งผลให้เนื้อเยื่อในสมองถูกทำลายการจากขาดออกซิเจน การทำงานของสมองหยุดชะงัก การเปลี่ยนแปลงกล้ามเนื้อส่วนที่อ่อนแรงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเหลือการทำกายภาพบำบัดผู้ป่วย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้กล้ามเนื้อกลับมาทำงานได้อีกครั้ง (Alex, Chen, & Wünsche, 2017) ความผิดปกติของหลอดเลือดสมองที่ทำให้สมองขาดเลือด แบ่งได้เป็น 2 ประเภท (โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์, 2555)

2.1.1 หลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน (ischemic stroke)

เป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดสมอง พบได้ประมาณ 80% หลอดเลือดสมองอุดตันเกิดได้จากลิ่มเลือดที่เกิดขึ้นในบริเวณอื่นไหลไปตามกระแสเลือดจนไปอุดตันที่หลอดเลือดสมอง หรืออาจเกิดจากมีลิ่มเลือดก่อตัวในหลอดเลือดสมอง และขยายขนาดใหญ่ขึ้นจนอุดตันหลอดเลือดสมอง ส่วนสาเหตุของหลอดเลือดสมองตีบอาจเกิดจากการสะสมของไขมันในหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดตีบแคบ มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพในการลำเลียงเลือดลดลง

2.1.2 หลอดเลือดสมองแตก (hemorrhagic stroke)

พบได้ประมาณ 20% ของโรคหลอดเลือดสมอง เกิดจากหลอดเลือดมีความเปราะบางร่วมกับภาวะความดันโลหิตสูง ทำให้บริเวณที่เปราะบางนั้นโป่งพองและแตกออก หรืออาจเกิดจากหลอดเลือดเสียความยืดหยุ่นจากการสะสมของไขมันในหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดปริแตกได้ง่าย ซึ่งอันตรายมากเนื่องจากทำให้ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมองลดลงอย่างฉับพลันและทำให้เกิดเลือดออกในสมอง ส่งผลให้ผู้ป่วยเสียชีวิตในเวลาอันรวดเร็วได้

2.2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการทำกายภาพบำบัด

2.2.1 เวชศาสตร์ฟื้นฟู (Rehabilitation)

เป็นการบริการทางการแพทย์ชนิดหนึ่ง เพื่อตรวจวินิจฉัยโรค ประเมิน รักษา ฟื้นฟูสมรรถภาพ ด้วยวิธีการใช้ยา การทำหัตถการ การใช้เครื่องมือ การออกกำลังกายเฉพาะ การให้คำแนะนำทางการแพทย์ การใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือหรือทดแทน หรือวิธีการอื่นๆ อีกทั้งยังมุ่งส่งเสริม

สุขภาพ และป้องกันการเป็นไข้หรือภาวะแทรกซ้อนให้กับบุคคลทั่วไป และผู้ป่วยที่มีความพิการหรือสมรรถภาพเสื่อมถอย ทั้งทางร่างกาย ทางสติปัญญา ทางการเรียนรู้ ทางการสื่อความหมาย และทางจิตใจ โดยใช้บุคลากรที่เกี่ยวข้องจากหลายๆสาขา ร่วมกันให้การรักษาและฟื้นฟู เพื่อส่งเสริมศักยภาพที่เหลืออยู่ของผู้ป่วยนั้นๆ ให้สามารถดำรงชีวิตในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมได้ เพื่อให้เป็นภาระต่อครอบครัวและสังคมให้น้อยที่สุด (วิกิพีเดีย, 2558)

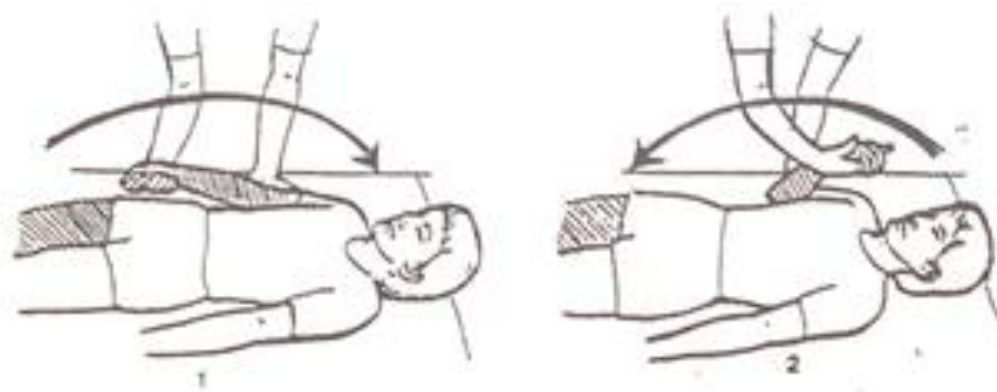
2.2.2 ทำทางการทำกายภาพบำบัด (Rehabilitate posture)

จากการสำรวจข้อมูลของคนไข้โรคหลอดเลือดสมอง ที่จะต้องได้รับการทำกายภาพบำบัด จากนักกายภาพบำบัด พบว่านักกายภาพมีการแบ่งส่วนของการทำกายภาพออกเป็น 3 ส่วน คือการทำกายภาพทั้งส่วนบนของร่างกาย เช่น การยกแขน การขยับข้อศอก การกางแขนหุบแขน หรือในส่วนของกรบริหารมือ เช่น การกางนิ้วและกำมือ การกระดกข้อมือขึ้นลง และการทำกายภาพในส่วนล่างของร่างกาย เช่น การกางขาและหุบขา การยกขาขึ้นลง การงอเข้าเข้าออก เป็นต้น

จากการทดสอบเบื้องต้นของระบบของกล้องสามมิติและลักษณะของหุ่นยนต์ที่จะนำอุปกรณ์เข้าไปติดตั้ง พบว่าผู้ป่วยที่นอนอยู่บนเตียง จะเป็นข้อจำกัดของการมองเห็นของหุ่นยนต์ เมื่อติดตั้งหุ่นยนต์ที่บริเวณปลายเท้าของผู้ป่วย จึงทำให้กล้องไม่สามารถครอบคลุมทุกบริเวณของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ ดังนั้นจากการติดตั้งหุ่นยนต์บริเวณปลายเท้าของผู้ป่วยและการมองเห็นของกล้องที่ติดตั้งในตัวหุ่นยนต์ จะสามารถทำการทดลองใช้ช่วยในการทำกายภาพบำบัดในส่วนบนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในส่วนบนของร่างกายเป็นหลัก โดยจะเน้นหลักไปในการทำกายภาพในส่วนบนของแขนทั้งสองข้าง และจะทำการทดลองในการทำกายภาพในท่าทางต่อไปนี้

2.2.3 การบริหารส่วนแขน

การงอข้อศอกเข้าและเหยียดออก โดยเริ่มต้นจากการวางแขนราบบนพื้นเตียง และให้ผู้ป่วยงอแขนของผู้ป่วยเข้าไปยังศรีษะ แล้วเหยียดแขนของผู้ป่วยออก โดยทำซ้ำไปเรื่อยตามจำนวนที่นักกายภาพกำหนด (ฉลวยศรีเมือง & ดอนจันทร์, 2562) ดังภาพประกอบที่ 1

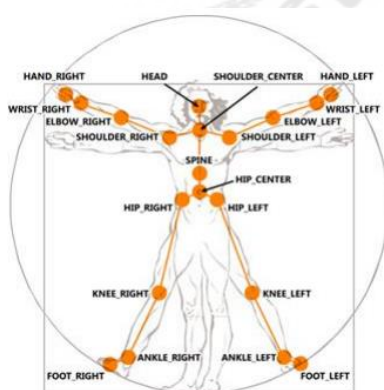


ภาพประกอบ 1 การทำกายภาพบำบัดส่วนแขน (Flexion)

2.3 เทคนิคการตรวจจับ (Detection)

2.3.1 การตรวจจับโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ (Skeleton Detection)

ทำให้สามารถติดตามโครงร่างกระดูกของมนุษย์หนึ่งหรือสอง คนที่กำลังเคลื่อนที่ได้ ทำให้สามารถพัฒนาระบบที่บังคับด้วยท่าทางได้ ซึ่งส่วนสำคัญในการทำ Skeleton Detection คือ NUI API ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่าง Sensors (Depth, RGB, IR) ของอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้หน้าที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การนำข้อมูลต่างๆ เช่น รูปภาพ ความถี่นัลของรูป ไปใช้ ต่อโดยข้อมูลเหล่านี้ เมื่อถูกประมวลผลแล้วสามารถนำไปใช้งานในรูปแบบ Skeleton Tracking (KinectAsia, 2555) ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบ 2 Skeleton Tracking

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมของงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาช่วยในการทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง รวมถึงการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยวิธีต่างๆ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.) บทความวิจัยเรื่อง A Review of Sensor Devices in Stroke Rehabilitation โดย Marylyn Alex, Chia-Yen Chen, Burkhard C. Wunsche (Alex et al., 2017)

งานวิจัยนี้ได้ทำการทบทวนอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพื่อศึกษาความเหมาะสมของเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่แตกต่างกันสำหรับประยุกต์ใช้กับเกมที่ช่วยในการทำกายภาพบำบัด โดยศึกษาจาก 8 ฐานข้อมูลและ 30 เรื่องที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 แสดงการทดสอบเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่แตกต่างผ่านกิจกรรมต่างๆ

Author	VR Game-Based Intervention				
	Sensor Device	Stroke Phase	Impairment	Game Type	Activity Type
Rand	PlayStation 2 EyeToy	Chronic, sub-acute, acute	UL	C	Hand coordination (Repelling, wiping)
Celinder	Nintendo Wiimote	Chronic, sub-acute	UL	C	Hand coordination (Throwing, catching)
Lee	Nintendo Wiimote	Sub-acute	UL, LL	C	Hand and body/leg coordination (Grasping, paddling, balancing)
Broeren	Phantom omni, camera	Chronic	UL	CB	Hand coordination (Pulling, picking and lifting, bouncing)
Lai	Kinect sensor (version NM)	NM	LL	CB	Body/leg coordination (Standing, bending knees (balance shift)
Shin	OpenNI sensor (PrimeSense)	Sub-acute, acute	UL	CB	Hand coordination (Targeting, Catching, Imitating postures)
Turkbey	Kinect sensor (Xbox 360)	Sub-acute	UL	CB	Hand coordination (Throwing, hitting)

Abbreviations: UL (Upper Limb), LL (Lower Limb), C (Commercial), CB (Custom-built), NM (Not mentioned)

สรุปผลที่ได้ Nintendo Wiimote เป็นอุปกรณ์ตรวจจับที่ได้รับความนิยมมากที่สุดที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้ในเกมเพื่อการทํากายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 40% ของการศึกษาพิจารณาเฉพาะผู้ป่วยชนิดเรื้อรังในขณะที 16.7% และ 13.3% มุ่งเน้นไปที่ผู้ป่วยชนิดเฉียบพลันและกึ่งเฉียบพลันตามลำดับ เซ็นเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทํากายภาพบำบัดจะต้องมีลักษณะ สวมใส่สบายหรือติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้, แม่นยำพอที่จะระบุความเคลื่อนไหวที่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วยและมีความแข็งแรงโดยคำนึงถึงลักษณะของผู้ป่วย

2.) บทควมวิจัยเรื่อง Enabling Stroke Rehabilitation in Home and Community Settings: A Wearable Sensor-Based Approach for Upper-Limb Motor Training โดย Sunghoon I. Lee et al. (Lee et al., 2018)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการติดตั้งและใช้งานเครื่องมือการทํากายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองภายในบ้านและชุมชน โดยทำการสวมใส่เซ็นเซอร์ไว้ที่บริเวณช่วงบนของผู้ป่วย เพื่อนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยให้ตรวจจับการเคลื่อนไหวช่วงบนผู้ป่วยขณะทำกิจกรรมประจำวัน สามารถให้ข้อเสนอแนะในเวลาที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ ทำการเก็บข้อมูล ดังตารางที่ 3 ด้วยสายรัดข้อมือแปดตัวที่มีกลไกและการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ที่แตกต่างกัน ดังภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบ 3 สายรัดข้อมือแปดตัวที่มีกลไกและการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ที่แตกต่างกัน

ตาราง 3 แสดงการทดสอบผ่านกิจวัตรประจำวันต่างๆในแต่ละประเภท

ADL Type	Tasks to perform
Unimanual (affected limb)	- Drinking from a can - Turning a key in a lock - Brushing hair
Bimanual	- Pick up a pen from tabletop, remove the cap, and place it back - Pick up a box from table and bring it to the knees - Folding a hand towel
Stabilization (with affected limb)	- Stabilize a bottle while opening it - Hold a plastic container while removing the lid - Cutting meat in half using cutlery
Passive	- Walking - Stand-to-sit transitions without using arm for bracing. - Ascending and descending stairs
Data collection: 20 stroke survivors (54.4 ± 10.1 years old; average and standard deviation), 10 aged-matched control subjects (53.8 ± 11.4 years old)	

สรุปสำหรับกลไกสายรัดข้อมือในแง่ของความง่ายในการใช้งานภายใต้ข้อจำกัดการเคลื่อนไหวเฉพาะช่วงบนของผู้ป่วย ดังตารางที่ 4 (ตัวเลขดังกล่าวแสดงถึงร้อยละของผู้ใช้งานจริง เช่น ผู้ป่วย, นักกายภาพบำบัด)

ตาราง 4 แสดงสรุปกลไกสายรัดข้อมือในแง่ของความง่ายในการใช้งาน

	Fitbit Flex	Slap Bracelet	Polar Loop	Moov Now
Patients	5.9%	52.9%	11.8%	0%
Therapists	0%	61.5%	23.1%	0%
	Jawbone Up	Apple Milanese Loop	Pebble Time Steel	Velcro
Patients	47.1%	11.8%	23.5%	11.8%
Therapists	92.3%	38.5%	0%	7.7%

การสำรวจเพื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความพึงพอใจในวิธีการนี้ 91.7% ของนักกายภาพบำบัดแสดงให้เห็นถึงความเต็มใจที่จะใช้งานและ 88.2% ของผู้รอดชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองระบุว่าพวกเขาจะใช้มันเช่นเดียวกันโดยผู้ป่วยที่มีความบกพร่องในระดับสูงถึงปานกลางจะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเทคโนโลยีดังกล่าว

3.) บทความวิจัยเรื่อง A Virtual Reality System for Post Stroke Recovery โดย Robert Gabriel Lupu, Florina Ungureanu, Andrei Stan (Lupu, Ungureanu, & Stan, 2016)

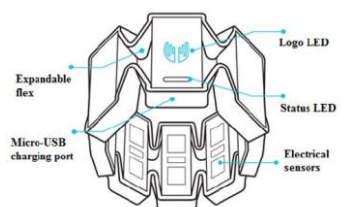
งานวิจัยนี้ได้ทำการนำระบบเสมือนจริงมาใช้ฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพื่อให้ผู้ป่วยมีส่วนร่วมกับการทำกายภาพ ลดความน่าเบื่อหน่าย ทำให้ผู้ป่วยมีการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น โดยการพัฒนาบบขึ้นมานั้น ได้มีการนำอุปกรณ์ Hardware ต่างๆเข้ามาช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์

- Oculus Rift อุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้ป่วยมีการโต้ตอบตามธรรมชาติกับสภาพแวดล้อมเสมือนที่ถูกสร้างขึ้น ดังภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบ 4 Oculus Rift

- Myo Armband ประกอบด้วย IMU ใช้สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบนและคลื่นไฟฟ้า มี EMG เป็น module ที่ตรวจจับศักย์ไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นโดยเซลล์กล้ามเนื้อที่ใช้งาน ดังภาพประกอบที่ 5



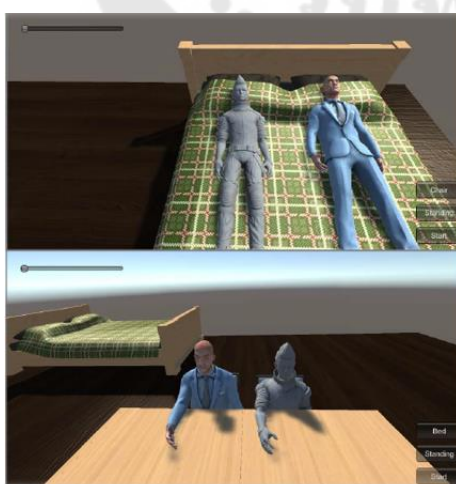
ภาพประกอบ 5 Myo Armband

- VHand 3.0 อุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือและดำเนินการติดตามการเคลื่อนไหวของนิ้วอย่างแม่นยำ ดังภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบ 6 VHand 3.0

สภาพแวดล้อมเสมือนจริงได้รับการพัฒนาใน Unity ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ประสิทธิภาพสูงสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันด้วยอินเทอร์เฟซสามมิติ เมื่อข้อมูลจาก Myo Armband และ Data Glove ได้รับการประมวลผลตามการออกกำลังกายที่เลือก ร่างจำลองของผู้ป่วยจะเลียนแบบการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยจริง ซอฟต์แวร์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยตามท่ากายภาพที่กำหนด ซึ่งเป็นท่าที่เกี่ยวข้องกับการงอและยืดสำหรับแขนส่วนบนและมือ โดยสองคลาสพิเศษ libmyo และ libVHand ได้ถูกนำมาใช้เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บจาก Myo Armband และ VHand เข้าถึง Unity ได้ ทำให้สามารถสร้างโมเดลเลียนแบบการเคลื่อนไหวช่วงบนของผู้ป่วยได้ ดังภาพประกอบที่ 7



- In VR environment the patient sees his both limbs.
- Based on data sent by the movement sensors, both limbs of the patient's avatar are identically moved and the patient has the illusion of controlling his weakened limb.

ภาพประกอบ 7 แสดงโมเดลเลียนแบบการเคลื่อนไหวช่วงบนของผู้ป่วย

สรุป Myo Armband และ VHand เป็นอุปกรณ์ต้นทุนต่ำที่มีความไวที่ดีในการจับสัญญาณที่แม่นยำที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของมือและแขน ระบบนำเสนอความเป็นไปได้ในการนำแอปพลิเคชันที่สร้างความบันเทิงมารวมกับการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอย่างจริงจัง โดยมี Oculus Rift เป็นองค์ประกอบหลักสำหรับการรวมสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเข้าด้วยกัน ซึ่งจากการทดสอบทางเทคนิคทั้งหมดระบบมีความน่าเชื่อถือที่จะใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์

4.) บทความวิจัยเรื่อง Development and Evaluation of Low Cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool Using the Microsoft Kinect Sensor โดย Belinda Lange, Chien-Yen Chang, Evan Suma, Bradley Newman, Albert Skip Rizzo, Mark Bolas (Lange et al., 2011)

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาและการประเมินความสมดุลของเกมนั้นต้นทุนต่ำที่ใช้เป็นเครื่องมือในการทำกายภาพบำบัดโดยใช้คินเนคต์เซ็นเซอร์ ซึ่งปัญหาบางอย่างที่พบในปัจจุบันคือค่าใช้จ่ายทางการแพทย์ที่เพิ่มขึ้นและตัวควบคุมตรวจจับการเคลื่อนไหวเช่น Nintendo Wiimote ไม่วางพอที่จะวัดประสิทธิภาพได้อย่างแม่นยำ จึงได้มีการพัฒนาระบบนี้ขึ้นโดยใช้คินเนคต์ที่มีกล้องตรวจจับความลึกอินฟราเรด (PrimeSense) เพื่อจับภาพผู้ใช้แบบเต็มตัวในรูปแบบ 3 มิติ สำหรับการโต้ตอบและทำกิจกรรมภายในเกม พัฒนาเกมโดยใช้ Unity3D ผู้เล่นจะต้องเดินทางผ่านเหมือนรวบรวมอัญมณีและวางไว้ในรถเข็น ซึ่งต้องใช้ทั้งความสามารถมาตรฐานและความสามารถส่วนบุคคล ดังภาพประกอบที่ 8



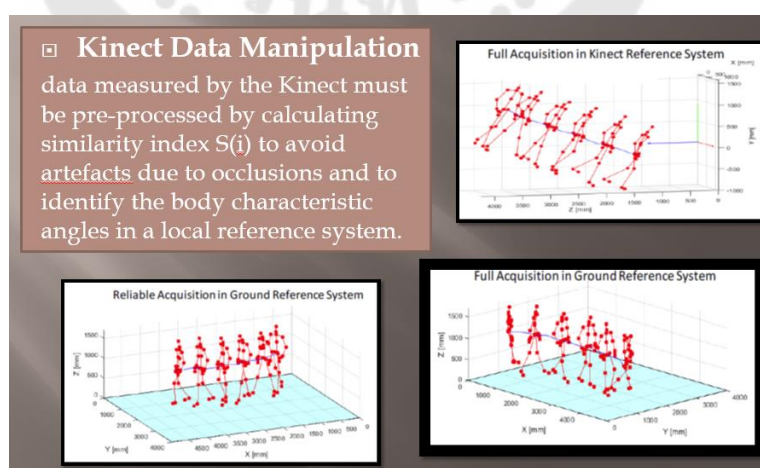
ภาพประกอบ 8 แสดงการโต้ตอบและทำกิจกรรมภายในเกม (Unity3D)

สำหรับการพัฒนาต้นแบบได้พัฒนาผ่านกลุ่มที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (แพทย์, นักวิจัย และผู้ป่วย) โดยสัมภาษณ์เพื่อให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเกมต้นแบบและทำการประเมินเกมต้นแบบ ด้วยกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ให้สัมภาษณ์หลังจากได้เล่นเกม เพื่อเป็นการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของเกม ผลที่ได้จากผู้เข้าร่วมทดสอบ 20 คน ผู้เข้าร่วม 8 คนไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของช่วงระยะ, การเคลื่อนไหวของร่างกายช่วงบนที่บกพร่องในขณะที่ยีก 12 คนต้องการความช่วยเหลือในการใช้งาน

ข้อสรุปที่ได้จากงานวิจัย คินเนคต์เป็นตัวเลือกที่มีต้นทุนต่ำและไม่จำเป็นต้องถือ อุปกรณ์เชื่อมต่อไว้ โดยได้รับข้อเสนอแนะจากแพทย์ว่าชอบที่จะเปลี่ยนมุมมองจากทั้งตัวผู้ป่วยมาเป็นเฉพาะส่วนมือเท่านั้นเพราะผู้ป่วยจะพึงพาการรับรู้ทางประสาทสัมผัสภายในมากขึ้นเพื่อให้ควบคุมการเคลื่อนไหวของพวกเขาได้

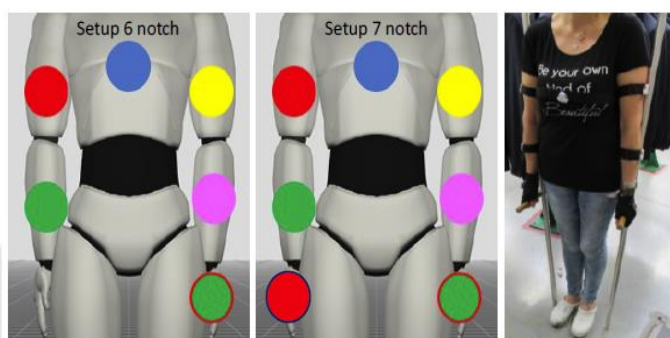
5.) บทความวิจัยเรื่อง Monitoring the human posture in industrial environment: a feasibility study โดย Marco Tarabini, Marco Marinoni, Matteo Mascetti, Pietro Marzaroli, Francesco Corti (Tarabini et al., 2018)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบท่าทางมนุษย์ในสภาพแวดล้อมทางอุตสาหกรรม โดยใช้กล้อง 3 มิติ (Microsoft Kinect V2) และระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่สวมใส่ได้ซึ่งใช้หน่วยวัดแรงเฉื่อยเพื่อระบุท่าทางของร่างกาย (Notch Wearable) การจัดการข้อมูลของคินเนคต์ ดังภาพประกอบที่ 9



ภาพประกอบ 9 การจัดการข้อมูลของคินเนคต์

ในส่วนระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่สวมใส่ได้ (Notch Wearable) ใช้โหนดต่าง ๆ ซึ่งรวมถึง accelerometers, gyroscopes และ magnetometers จับไปที่ร่างกายโดยใช้สายรัด มีความไม่แน่นอนในการวัดมุม แต่ในการทดสอบมีค่าความไม่ถูกต้องเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง สำหรับการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงนั้น จะให้คนงานแปดคนสวมเซ็นเซอร์หกหรือเจ็ดตัว เซสชันละ 15 นาที ดังภาพประกอบที่ 10



ภาพประกอบ 10 การใช้โหนดจับไปที่ร่างกายโดยใช้สายรัด

สรุปการศึกษานี้ใช้ระบบการมองเห็น (Kinect) ระบบที่สวมใส่ได้ (Notch) และการสอดแทรกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อประเมินช่วงการเคลื่อนที่ของข้อต่อของร่างกาย ในอนาคตจะมีการผสมผสานข้อมูลที่มากขึ้นและคิดค้นวิธีการที่ทำให้สามารถระบุโครงสร้างของมนุษย์ได้โดยใช้เพียงกล้องธรรมดาเท่านั้น

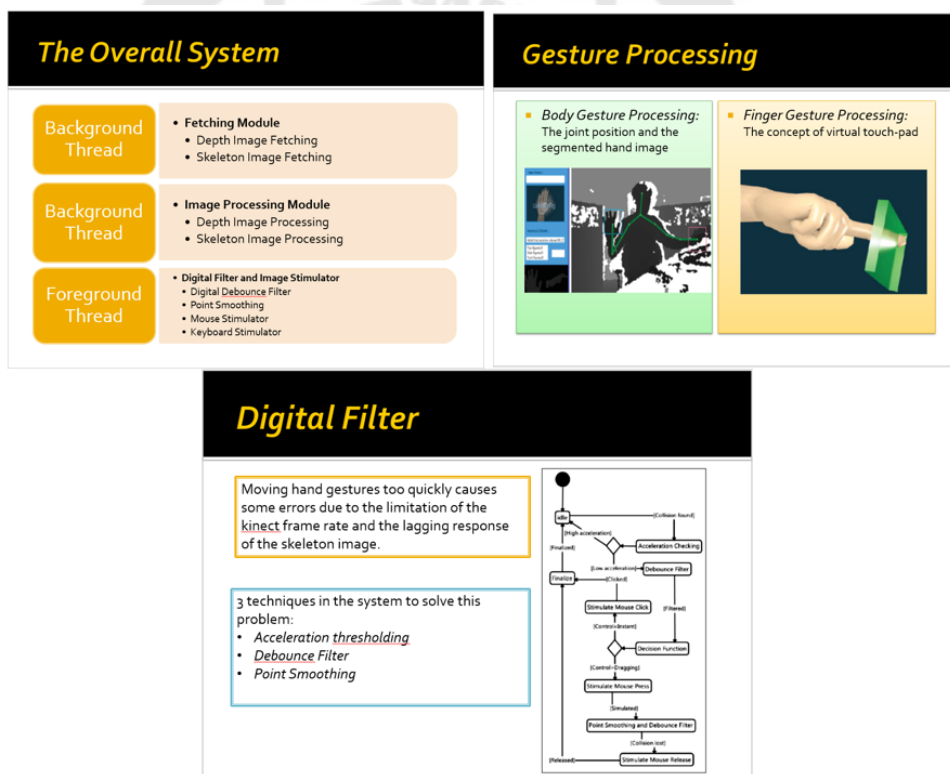
6.) บทความวิจัยเรื่อง Natural Interaction on 3D Medical Image Viewer Software โดย Apivan Tuntakurn, Saowapak S. Thongvigitmanee, Vera Sa-Ing, Stanislav S. Makhanov, Shoichi Hasegawa (Tuntakurn, Thongvigitmanee, Sa-Ing, Makhanov, & Hasegawa, 2012)

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่โต้ตอบตามธรรมชาติบนโปรแกรมดูรูปภาพ 3 มิติทางการแพทย์ โดยใช้อุปกรณ์ NUI ซึ่งเป็นอุปกรณ์สร้างปฏิสัมพันธ์ที่ไร้ขอบเขตระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร โดยการพูด การแสดงท่าทางของมนุษย์ เพื่อเชื่อมต่อกับคำสั่งต่างๆ เนื่องจากระบบ WIMP ไม่เหมาะสมกับห้องผ่าตัดที่ต้องมีการฆ่าเชื้อจึงต้องดำเนินการและควบคุมการโต้ตอบทางการแพทย์โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมสำหรับการควบคุมซอฟต์แวร์โปรแกรมดูภาพทางการแพทย์ 3 มิติ อุปกรณ์ NUI ดังภาพประกอบที่ 11



ภาพประกอบ 11 Natural user interface or natural interaction (NUI)

ซอฟต์แวร์นี้พัฒนาด้วย Microsoft Kinect sensor และการประมวลผลภาพเพื่อควบคุมเมาส์โดยเซ็นเซอร์ ได้มีการแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 3 ส่วน ดังภาพประกอบที่ 12



ภาพประกอบ 12 แสดงการแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 3 ส่วน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาระบบสำหรับเทคนิคการโต้ตอบกับเมาส์ การกระทำของมือในลักษณะที่แตกต่างกันจะเป็นสัญลักษณ์ในการควบคุมกิจกรรมของเมาส์โดยตรง ดังภาพประกอบที่ 13

Spatiotemporal Action	Result	Categorical Action	Result
	Move a cursor		Left mouse click
	Hold a left mouse button		Left mouse double click
	Hold a right mouse button		Right mouse click
	Hold a middle mouse button		
	Hold a Ctrl and a left mouse button		
	Do nothing		

ภาพประกอบ 13 แสดงการทำมือในลักษณะที่แตกต่างกันเพื่อควบคุมเมาส์

ซอฟต์แวร์ได้รับการออกแบบให้สามารถควบคุมได้ทั้งแบบ WIMP และ NUI การดำเนินการเพื่อควบคุมมุมมองทั้งสองมิติและสามมิตินั้นได้สรุปไว้ ดังตารางที่ 5

ตาราง 5 แสดงการดำเนินการเพื่อควบคุมมุมมอง 2 และ 3 มิติ

Action	Result
Holding a left mouse button	Controlling azimuth and elevation of a camera or selecting a plane
Holding a middle mouse button	Zooming in or out
Holding a right mouse button	Adjusting the focal point or panning an image
Holding a left mouse and the Ctrl button	Rolling of camera

สรุปผลที่ได้ ทั้ง 8 ฟังก์ชันสามารถควบคุมได้โดยใช้แค่มือเดียวและการรวมกันของท่าทางร่างกายกับท่าทางนิ้วมือเพื่อควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ นั้นไม่จำเป็นต้องแสดงอย่างชัดเจนเมื่อเปลี่ยนท่าทาง

2.5 สรุปงานวิจัยที่ศึกษา

ในการศึกษางานวิจัยนั้น ได้นำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีต่างๆเข้ามาช่วยในการทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 4 งานวิจัยมาสรุปและนำสิ่งที่ได้จากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของผู้วิจัยต่อไป ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 สรุปงานวิจัยที่ศึกษา

No.	Overall Literature Reviews					
	Title	Year	Country	Objective	Methodology	Result
1	A Review of Sensor Devices in Stroke Rehabilitation	2017	New Zealand	For on study has investigated the use and suitability of different sensor technologies for game-based interventions.	30 studies that met the inclusion criteria, Ask 2 Research Questions	An ideal sensor for rehabilitation purposes - comfortable to wear or mounted at a fixed position - be robust with regard to patient characteristics.
2	Enabling Stroke Rehabilitation in Home and Community Settings: A Wearable Sensor-Based Approach for Upper-Limb Motor Training	2018	USA	Detecting goal-directed upper limb movements during the performance of ADL, so that timely feedback can be provided to encourage the use of the affected limb.	Stakeholder Survey - Eight off-the-shelf wristbands presented to the stakeholders providing different donning/doffing mechanisms for self-application of the sensor.	Patients with mild-to-moderate upper-limb impairments would be the ideal candidates for such a technology.
3	A Virtual Reality System for Post Stroke Recovery	2016	Romania	Offer the possibility to integrate them both in different entertainment applications but also in serious games and stroke recovery systems.	- Develop software for rehabilitation by the use of the virtual reality.	The system fulfills all the technical test and it is reliable to be used in medial rehabilitation.
4	Development and Evaluation of Low Cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool Using the Microsoft Kinect Sensor	2011	UL	Develop commercial video game technology to provide full-body control of animated virtual characters	Uses an infrared depth-sensing camera to capture users' full body movement in 3D space for interaction within game activities	PrimeSense and Microsoft Kinect 3D depth sensing technology - Low-cost option - No need to hold an interface device

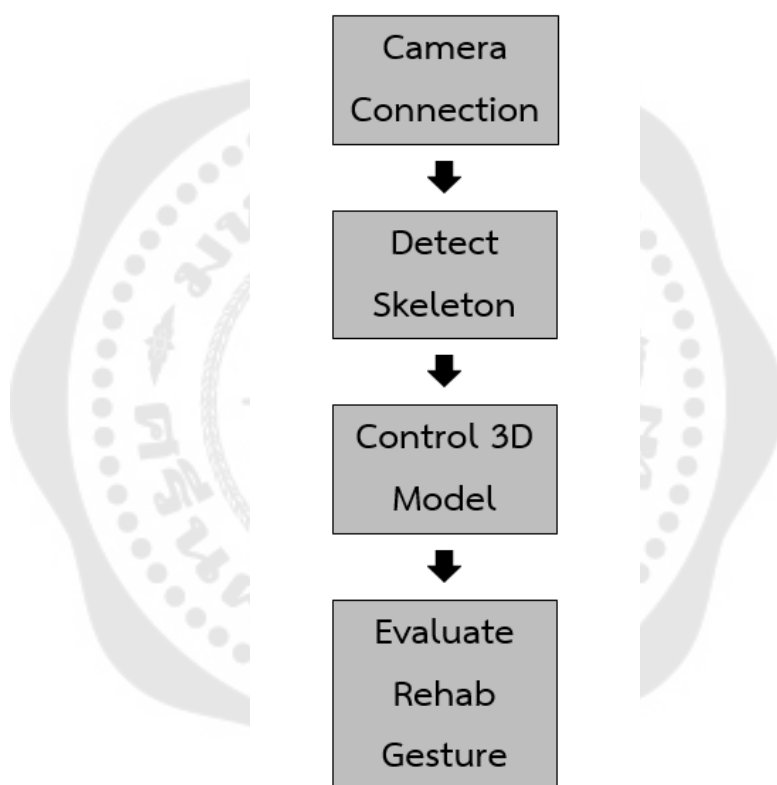
ส่วนที่ไฮไลต์คือสิ่งที่ได้จากงานวิจัยเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของผู้วิจัยต่อไป

จากการสรุปงานวิจัยที่ศึกษาดังตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่างานวิจัยแรกที่ศึกษาได้ข้อสรุปว่า เซ็นเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาช่วยในการกายภาพบำบัดจะต้องมีลักษณะ ติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจนและมีความแข็งแรงโดยคำนึงถึงลักษณะของผู้ป่วยที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนี้ตรงกับกล้อง Intel Realsense ที่นำมาใช้ในงานวิจัย งานวิจัยถัดมาที่ศึกษาได้ระบุว่า ผู้ป่วยที่มีความบกพร่องในระดับสูงถึงปานกลางจะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้เซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ช่วยในการทำกายภาพบำบัดที่บ้าน งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถทำกายภาพบำบัดที่บ้านได้เช่นเดียวกัน งานวิจัยที่สามที่ศึกษาก็ได้นำเสนอ วิธีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่สร้างความบันเทิงมารวมกับการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพื่อไม่ให้เกิดความน่าเบื่อขณะทำกายภาพ ผู้วิจัยจึงได้ทำการจำลองโมเดลของผู้ป่วยในรูปแบบ 3 มิติขึ้นและนำมาใช้กับงานวิจัย เพื่อให้การทำกายภาพบำบัดที่ดูน่าเบื่อมีความน่าสนใจมากขึ้น ส่วนงานวิจัยสุดท้ายในตารางแสดงให้เห็นว่า คินเนคต์เซ็นเซอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต้นทุนต่ำ สามารถโครงสร้างของมนุษย์ได้และยังไม่ต้องถืออุปกรณ์ขณะใช้งานอีกด้วย ซึ่งกล้อง Intel Realsense ที่ใช้ในงานวิจัยของผู้วิจัยนั้นก็มีความสมบัติแบบเดียวกันทั้งหมด แต่แตกต่างกันตรงที่กล้อง Intel Realsense มีระยะเวลาการทำงานของกล้องที่ใกล้กว่า การใช้กล้อง Intel Realsense ในงานวิจัยจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการใช้คินเนคต์เซ็นเซอร์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเพื่อใช้ในการสรุปผลของงานวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้มีการแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 4 ขั้นตอน ตามลำดับ คือ การเชื่อมต่อกล้อง, การตรวจจับโครงสร้างของผู้ป่วย, การควบคุมโมเดล 3 มิติ, การวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัด ดังภาพประกอบที่ 14

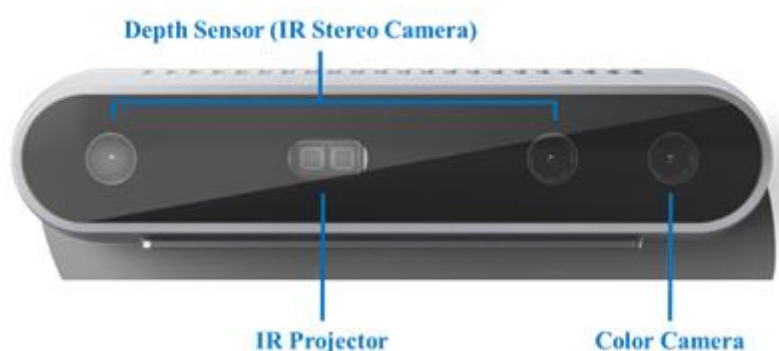


ภาพประกอบ 14 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

3.1 การเชื่อมต่อกล้อง (Camera Connection)

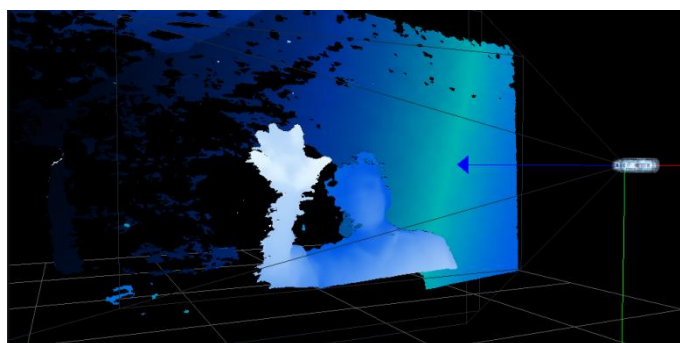
3.1.1 Intel Realsense

การพัฒนาระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนไข้โรคหลอดเลือดสมอง จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการตรวจสอบความลึกของแต่ละวัตถุที่ได้รับเข้ามา โดยงานวิจัยนี้เลือกที่จะใช้กล้องสามมิติ (3D Camera) ที่ชื่อว่า Intel Realsense รุ่น D415 (Carfagni et al., 2019) ดังภาพประกอบที่ 15

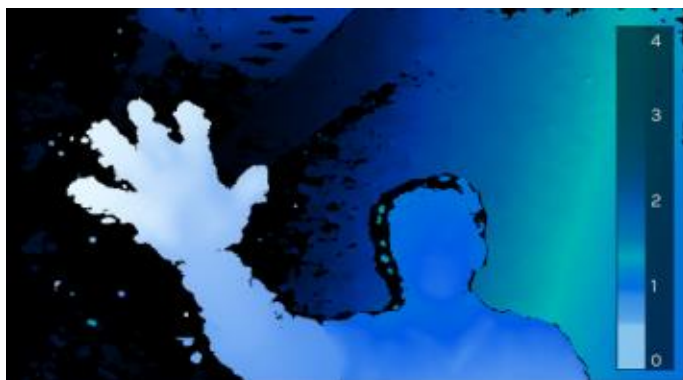


ภาพประกอบ 15 กล้องสามมิติ Intel Realsense D415

ซึ่งจะประกอบไปด้วยเซนเซอร์จำนวน 2 ตัว ที่ใช้ในการตรวจจับ Infrared ที่ถูกปล่อยออกมาจากกล้องสามมิตินี้ มากไปกว่านั้นกล้องนี้ยังมีความสามารถในการตรวจจับภาพสี ด้วยเซนเซอร์ที่สามารถเก็บภาพสีได้ เพื่อนำมาคำนวณหาระยะห่างของผู้ป่วยกับกล้องสามมิติได้ ดังภาพประกอบที่ 16 หรือที่เรียกว่าการวัดความลึก (Depth Measurement) ดังภาพประกอบที่ 17 ตามลำดับ โดยข้อกำหนดทางเทคนิคของกล้อง Intel RealSense รุ่น D415 นั้น มุมมองของเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัว (Depth และ RGB) จะอยู่ที่ 69.4×42.5 องศา บวกกลับไม่เกิน 3 องศา ซึ่งค่าความแปรปรวนจะเกิดจากระยะทางที่เพิ่มขึ้นของกล้อง เช่น ถ้าระยะห่างของกล้องอยู่ที่ 80 เซนติเมตร ความหนาแน่นของจุดในภาพที่กล้องสามารถจับได้จะเท่ากับ 1.337 แต่ถ้าระยะห่างของกล้องอยู่ที่ 1.5 เมตร ความหนาแน่นของจุดในภาพที่กล้องสามารถจับได้จะเท่ากับ 0.038 จะเห็นได้ว่าด้วยระยะทางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของจุดนั้นน้อยลง ซึ่งส่งผลให้ความแม่นยำในการตรวจจับของกล้องน้อยลงไปด้วย



ภาพประกอบ 16 ผลลัพธ์ของการวัดระยะห่างจากกล้องสามมิติถึงผู้ป่วย



ภาพประกอบ 17 ภาพสองมิติที่แสดงการวัดลึกของวัตถุด้วยระดับสี

3.2 การตรวจจับโครงสร้างของผู้ป่วย (Detect Skeleton)

3.2.1 NuiTrack™ SDK

เพื่อให้สามารถจดจำท่าทางของโครงสร้างกระดูกมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติได้ งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ตัว SDK ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวเข้ามาช่วย โดย SDK ตัวนี้สามารถเปิดใช้ NUI ได้บนหลายแพลตฟอร์มทั้ง Android, Windows และ Linux SDK นี้ชื่อว่า NuiTrack (NuiTrack, 2019b) ดังภาพประกอบที่ 18



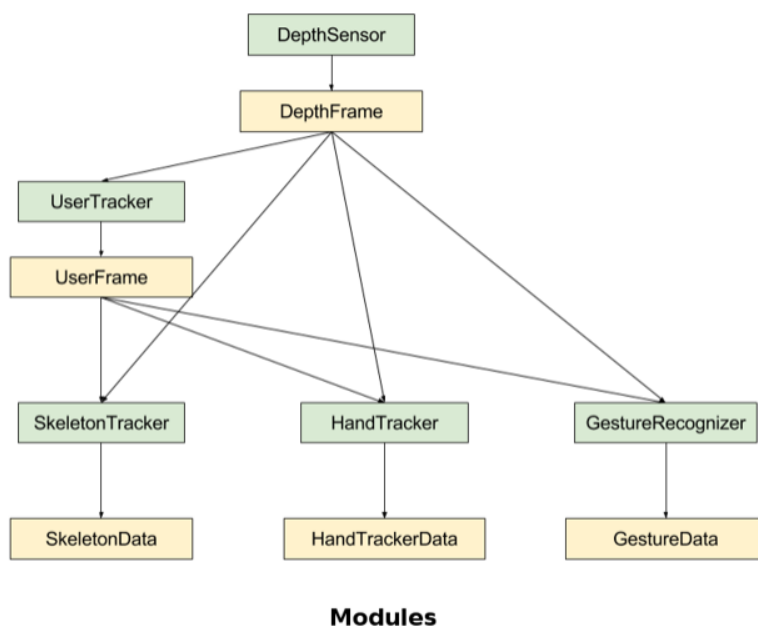
ภาพประกอบ 18 NuiTrack

3.2.2 NuiTrack Skeleton System

โครงกระดูกของ NuiTrack แต่ละอันมี 19 ข้อต่อ แต่ละข้อมีตำแหน่งและการวางแนวที่แตกต่างกันออกไป (NuiTrack, 2019a) ดังภาพประกอบที่ 19



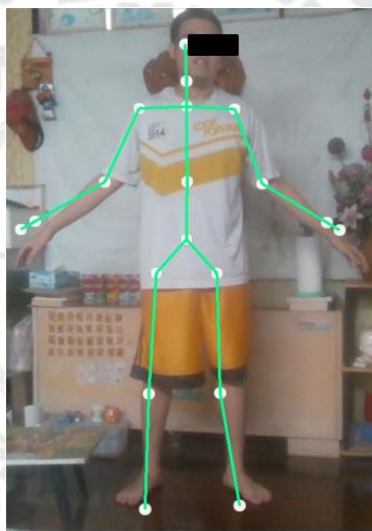
ภาพประกอบ 19 แสดงโครงกระดูกของ NuiTrack



ภาพประกอบ 20 แสดง Modules ของ NuiTrack

3.2.3 การตรวจจับท่าทางมนุษย์ (Human Gesture Detection)

ใช้หลักการเกี่ยวกับการจดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเครื่องมือจะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถจดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ในรูปแบบเต็มตัว (Full Skeleton) เท่านั้น ดังภาพประกอบที่ 21 แต่ก็ยังมีงานวิจัยอีกมากมายที่ได้นำเสนออัลกอริทึมที่ทำให้สามารถตรวจจับเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งในร่างกายมนุษย์ได้ งานวิจัยนี้จะทำการต่อยอดจากตัว Nuitrack ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีอยู่เดิม โดยแก้ไขค่าที่อยู่ในไฟล์ SimpleSkeletonAvatar ซึ่งเป็นไฟล์ที่ทำให้ Nuitrack สามารถตรวจจับโครงสร้างในรูปแบบเต็มตัวได้ ให้เหลือแค่การเชื่อมต่อ joint ต่างๆในส่วนของครึ่งช่วงตัวบนเท่านั้น ดังภาพประกอบที่ 22 และ 23 ตามลำดับ เพื่อให้สามารถตรวจจับได้เฉพาะช่วงครึ่งตัวบนของมนุษย์ ดังภาพประกอบที่ 24



ภาพประกอบ 21 แสดงการจดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ในรูปแบบเต็มตัว (Full Skeleton)

```

public class SimpleSkeletonAvatar : MonoBehaviour
{
    public bool autoProcessing = true;
    [SerializeField] GameObject jointPrefab = null, connectionPrefab = null;

    nuiTrack.JointType[] jointsInfo = new nuiTrack.JointType[]
    {
        nuiTrack.JointType.Head,
        nuiTrack.JointType.Neck,
        nuiTrack.JointType.LeftCollar,
        nuiTrack.JointType.Torso,
        nuiTrack.JointType.Waist,
        nuiTrack.JointType.LeftShoulder,
        nuiTrack.JointType.RightShoulder,
        nuiTrack.JointType.LeftElbow,
        nuiTrack.JointType.RightElbow,
        nuiTrack.JointType.LeftWrist,
        nuiTrack.JointType.RightWrist,
        nuiTrack.JointType.LeftHand,
        nuiTrack.JointType.RightHand,
        nuiTrack.JointType.LeftHip,
        nuiTrack.JointType.RightHip,
        nuiTrack.JointType.LeftKnee,
        nuiTrack.JointType.RightKnee,
        nuiTrack.JointType.LeftAnkle,
        nuiTrack.JointType.RightAnkle
    };

    nuiTrack.JointType[,] connectionsInfo = new nuiTrack.JointType[,]
    { //Right and left collars are currently located at the same point, that's why we use only 1 collar,
      //it's easy to add rightCollar, if it ever changes
      {nuiTrack.JointType.Neck, nuiTrack.JointType.Head},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.Neck},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.LeftShoulder},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.RightShoulder},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.Torso},
      {nuiTrack.JointType.Waist, nuiTrack.JointType.Torso},
      {nuiTrack.JointType.Waist, nuiTrack.JointType.LeftHip},
      {nuiTrack.JointType.Waist, nuiTrack.JointType.RightHip},
      {nuiTrack.JointType.LeftShoulder, nuiTrack.JointType.LeftElbow},
      {nuiTrack.JointType.LeftElbow, nuiTrack.JointType.LeftWrist},
      {nuiTrack.JointType.LeftWrist, nuiTrack.JointType.LeftHand},
      {nuiTrack.JointType.RightShoulder, nuiTrack.JointType.RightElbow},
      {nuiTrack.JointType.RightElbow, nuiTrack.JointType.RightWrist},
      {nuiTrack.JointType.RightWrist, nuiTrack.JointType.RightHand},
      {nuiTrack.JointType.LeftHip, nuiTrack.JointType.LeftKnee},
      {nuiTrack.JointType.LeftKnee, nuiTrack.JointType.LeftAnkle},
      {nuiTrack.JointType.RightHip, nuiTrack.JointType.RightKnee},
      {nuiTrack.JointType.RightKnee, nuiTrack.JointType.RightAnkle}
    };
}

```

ภาพประกอบ 22 แสดงค่าของไฟล์ SimpleSkeletonAvatar ที่จัดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ในรูปแบบเต็มตัว (Full Skeleton)

```

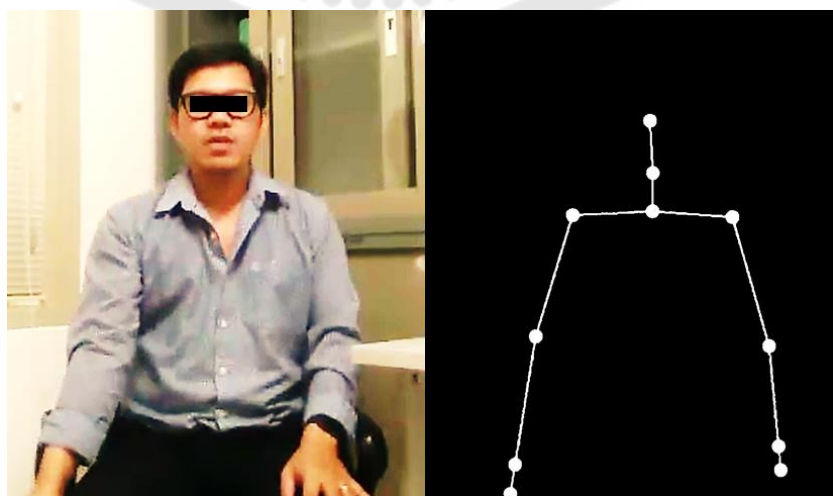
public class SimpleSkeletonAvatar : MonoBehaviour
{
    public bool autoProcessing = true;
    [SerializeField] GameObject jointPrefab = null, connectionPrefab = null;

    nuiTrack.JointType[] jointsInfo = new nuiTrack.JointType[]
    {
        nuiTrack.JointType.Head,
        nuiTrack.JointType.Neck,
        nuiTrack.JointType.LeftCollar,
        nuiTrack.JointType.LeftShoulder,
        nuiTrack.JointType.RightShoulder,
        nuiTrack.JointType.LeftElbow,
        nuiTrack.JointType.RightElbow,
        nuiTrack.JointType.LeftWrist,
        nuiTrack.JointType.RightWrist,
        nuiTrack.JointType.LeftHand,
        nuiTrack.JointType.RightHand,
    };

    nuiTrack.JointType[,] connectionsInfo = new nuiTrack.JointType[,]
    { //Right and left collars are currently located at the same point, that's why we use only 1 collar,
      //it's easy to add rightCollar, if it ever changes
      {nuiTrack.JointType.Neck,      nuiTrack.JointType.Head},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.Neck},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.LeftShoulder},
      {nuiTrack.JointType.LeftCollar, nuiTrack.JointType.RightShoulder},
      {nuiTrack.JointType.LeftShoulder, nuiTrack.JointType.LeftElbow},
      {nuiTrack.JointType.LeftElbow,    nuiTrack.JointType.LeftWrist},
      {nuiTrack.JointType.LeftWrist,    nuiTrack.JointType.LeftHand},
      {nuiTrack.JointType.RightShoulder, nuiTrack.JointType.RightElbow},
      {nuiTrack.JointType.RightElbow,   nuiTrack.JointType.RightWrist},
      {nuiTrack.JointType.RightWrist,   nuiTrack.JointType.RightHand},
    };
}

```

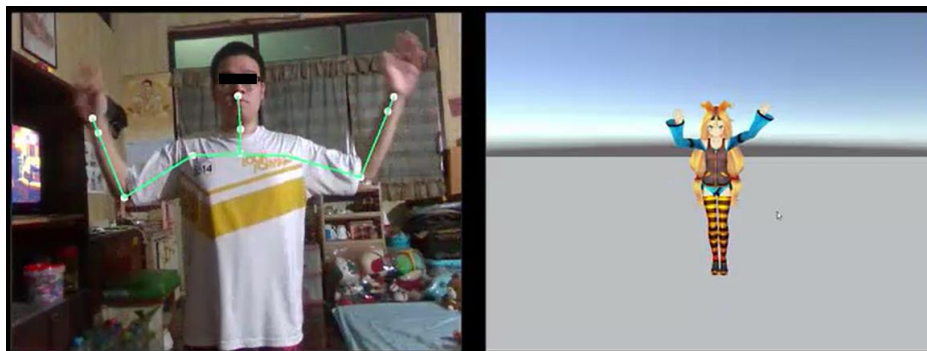
ภาพประกอบ 23 แสดงค่าของไฟล์ SimpleSkeletonAvatar ที่ถูกแก้ไขให้จดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์เฉพาะส่วนของครึ่งช่วงตัวบนเท่านั้น



ภาพประกอบ 24 แสดงการตรวจจับเฉพาะช่วงครึ่งตัวบนของมนุษย์

3.3 การควบคุมโมเดล 3 มิติ (Control 3D Model)

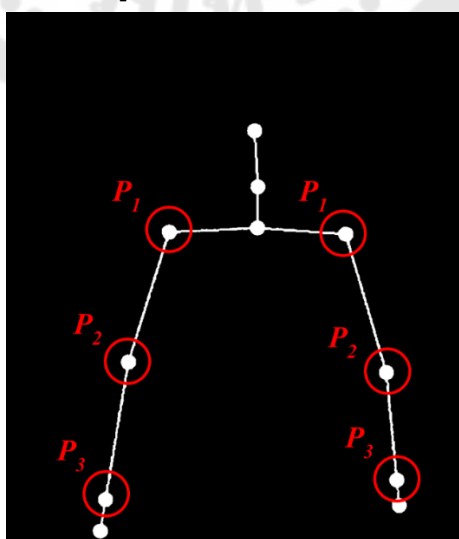
เมื่อพัฒนาวิธีการใหม่ที่ทำให้สามารถตรวจจับเฉพาะช่วงครึ่งตัวบนของมนุษย์ได้แล้ว จากนั้นจึงนำมาใช้ในการควบคุมโมเดล 3 มิติ ที่ได้มีการจำลองขึ้นมา ดังภาพประกอบที่ 25 และนำไปประยุกต์ใช้กับโมเดลที่เป็นของผู้ป่วยจริงๆต่อไป



ภาพประกอบ 25 แสดงการควบคุมโมเดล 3 มิติ

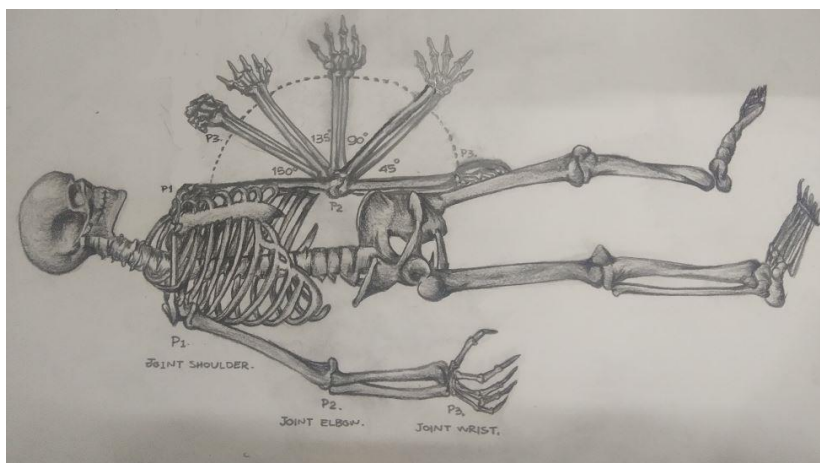
3.4 การวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัด (Evaluate Rehab Gesture)

งานวิจัยนี้จะเลือกตำแหน่งที่สำคัญ 3 ตำแหน่ง ซึ่งจะประกอบไปด้วย จุดที่หนึ่ง (P_1) คือ จุดหมุนของหัวไหล่ (Joint Shoulder) จุดที่สอง (P_2) คือจุดหมุนของข้อศอก (Joint Elbow) จุดที่สาม (P_3) คือจุดหมุนของข้อมือ (Joint Wrist) ดังภาพประกอบที่ 26 เพื่อที่จะนำจุดของโครงสร้างนี้ไปวิเคราะห์การท่ากายภาพบำบัดของผู้ป่วยต่อไป



ภาพประกอบ 26 ตำแหน่งสำคัญของการท่ากายภาพบำบัด

จากโครงสร้างที่ได้ข้างต้น งานวิจัยนี้จะนำมาวิเคราะห์ท่าทางของการทำกายภาพบำบัดในท่าทางการงอแขน (Flexion) จากโครงสร้างทางกายวิภาคของมนุษย์ดังภาพประกอบที่ 27



ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างของการทำกายภาพบำบัดในท่าอแขน

ตำแหน่งสำคัญทั้ง 3 ตำแหน่ง ที่คำนวณได้จากการคำนวณในระบบสามมิติ จะสามารถแสดงได้ในรูปแบบของระบบค่าที่เขียน (Cartesian coordinate system) ดังต่อไปนี้

$$P_1 = (x_1, y_1, z_1)$$

$$P_2 = (x_2, y_2, z_2)$$

$$P_3 = (x_3, y_3, z_3)$$

นำข้อมูลของทั้ง 3 ตำแหน่งนี้มาคำนวณหามุม (Angle) โดยเริ่มต้นจากการหาเวกเตอร์ของจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 และจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 ดังสมการต่อไปนี้

$$V_1 = \overrightarrow{P_1P_2} = [x_1 - x_2, y_1 - y_2, z_1 - z_2] \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$V_2 = \overrightarrow{P_2P_3} = [x_2 - x_3, y_2 - y_3, z_2 - z_3] \quad \text{สมการที่ 2}$$

ต่อไปนำผลลัพธ์ที่ได้ มาคำนวณหาขนาด (Magnitude) และค่าบรรทัดฐาน (Norm) ของทั้งสองสมการ ดังสมการต่อไปนี้

$$Mag_V_1 = \sqrt{V_{1,x}^2 + V_{1,y}^2 + V_{1,z}^2} \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$Norm_V_1 = \left[V_{1,x}/Mag_V_1, V_{1,y}/Mag_V_1, V_{1,z}/Mag_V_1 \right] \quad \text{สมการที่ 4}$$

$$Mag_V_2 = \sqrt{V_{2,x}^2 + V_{2,y}^2 + V_{2,z}^2} \quad \text{สมการที่ 5}$$

$$Norm_V_2 = \left[V_{2,x}/Mag_V_2, V_{2,y}/Mag_V_2, V_{2,z}/Mag_V_2 \right] \quad \text{สมการที่ 6}$$

จากการคำนวณทั้งหมด จะสามารถนำมาคำนวณหาผลลัพธ์ของมุมที่เกิดจากจุดที่สำคัญทั้ง 3 จุด โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

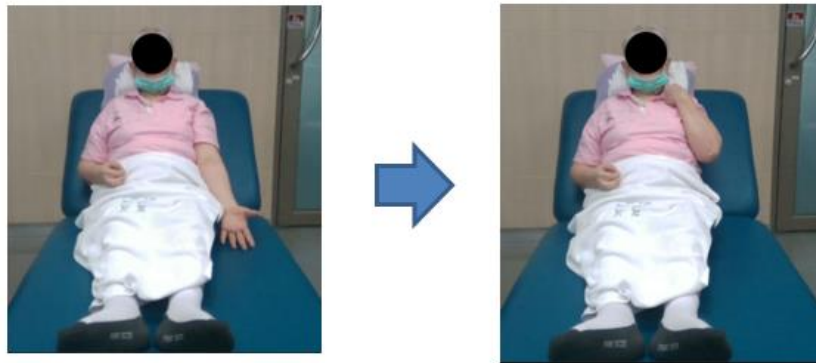
$$Angle = \cos^{-1}(Norm_V_{1,x} * Norm_V_{2,x} + Norm_V_{1,y} * Norm_V_{2,y} + Norm_V_{1,z} * Norm_V_{2,z}) \quad \text{สมการที่ 7}$$

จากผลลัพธ์ของมุมที่คำนวณได้ จะมีความสัมพันธ์กับท่าทางของการทำกายภาพบำบัดของท่าทางการงอแขน ดังภาพประกอบที่ 25 จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์มุมที่คำนวณได้จากมุมเริ่มต้นที่ 0 องศา ในขณะที่แขนเหยียดตรง และเมื่อมีการงอแขนเข้า มุมที่คำนวณได้จะเปลี่ยนแปลงไปจาก 45 องศา 90 องศา 135 องศา จนถึง 150 องศา ซึ่งถ้าผู้ป่วยทำท่ากายภาพบำบัดในท่าทางนี้แล้วได้ผลของการงอแขน เกิน 150 องศา งานวิจัยนี้จะประเมินว่าผู้ป่วยสามารถทำท่าทางนี้ได้ถูกต้อง แต่ถ้าผู้ทำกายภาพบำบัด งอแขนได้ไม่ถึง 150 องศา ระบบจะแสดงผลว่าการทำกายภาพยังไม่ถูกต้อง

บทที่ 4

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ใช้ในการทดลองกับอาสาสมัครโดยให้ความถูกต้องทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 95 ของการทดสอบทั้งหมดและได้ทำการเก็บข้อมูลของอาสาสมัครในรูปแบบวิดีโอ โดยแบ่งตามแขน แต่ละข้างที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดท่าอแขนทั้งแขนซ้ายและแขนขวา แยกเป็น 2 กรณี กรณีแรกคือท่าถูกต้องทั้งหมด 10 ครั้ง และอีกกรณีคือท่าถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง โดยเก็บข้อมูลการทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายทั้ง 2 กรณี กรณีละ 3 ชุด และการทำกายภาพบำบัดด้วยแขนขวาทั้ง 2 กรณี อีกกรณีละ 3 ชุด ดังภาพประกอบที่ 28 และ 29 ตามลำดับ ดังนั้นจะได้วิดีโอที่นำมาใช้ในการทดสอบทั้งหมดจำนวน 12 ชุด



Arm Flexion (Left)

ภาพประกอบ 28 แสดงท่าอข้อศอกเข้าและเหยียดออกด้วยแขนข้างซ้าย



Arm Flexion (Right)

ภาพประกอบ 29 แสดงท่าอข้อศอกเข้าและเหยียดออกด้วยแขนข้างขวา

4.1 การทดลอง

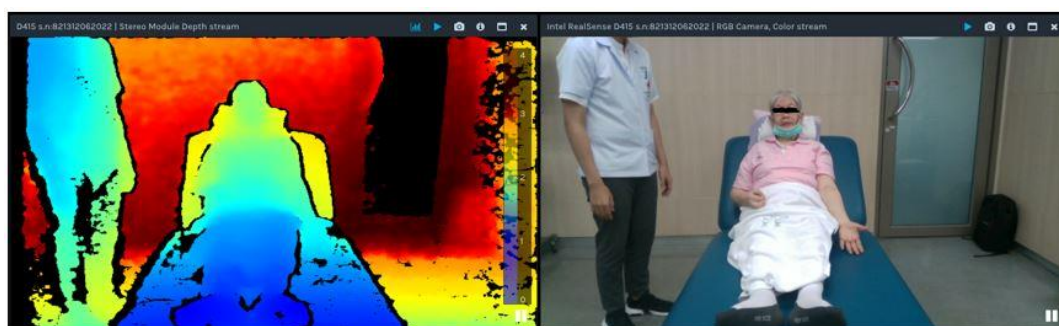
4.1.1 การติดตั้งและเตรียมการทดลอง

สำหรับการเตรียมการเพื่อเก็บข้อมูลของอาสาสมัครนั้น ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งกล้องไว้ที่บริเวณปลายเตียงของอาสาสมัคร โดยที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับอาสาสมัครจะอยู่ที่ประมาณ 2 เมตร ดังภาพประกอบที่ 30



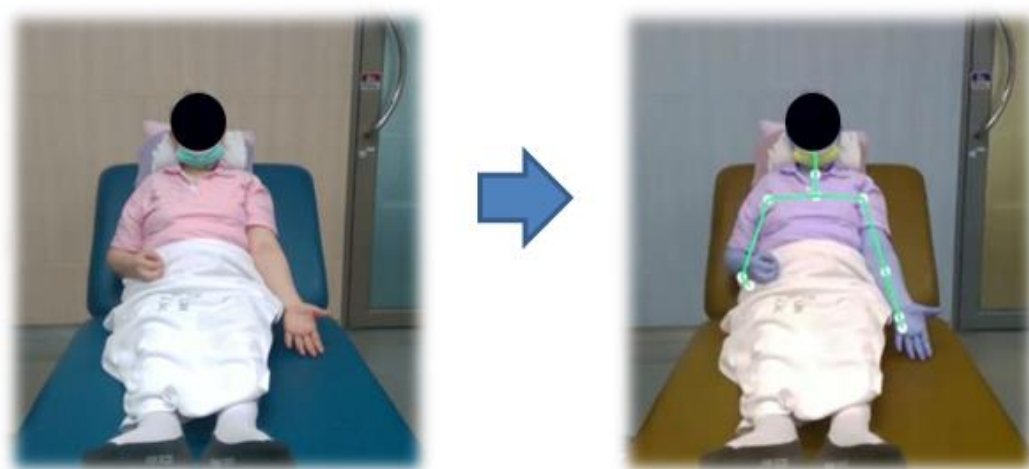
ภาพประกอบ 30 แสดงการติดตั้งกล้องเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลของอาสาสมัคร

จากการเก็บข้อมูลอาสาสมัครจากการอัดวิดีโอจริงและนำมาใช้ในการตรวจสอบความลึกจะเห็นได้ว่า ความลึกของอาสาสมัครกับเตียงอยู่ในระนาบเดียวกัน ดังภาพประกอบที่ 31 จึงทำให้ระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของอาสาสมัคร ไม่สามารถตรวจพบ skeleton ได้



ภาพประกอบ 31 แสดงการเก็บข้อมูลอาสาสมัครจากการอัดวิดีโอจริงและนำมาใช้ในการตรวจสอบความลึก

การแก้ไขปัญหาในเบื้องต้นเพื่อให้ระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของอาสาสมัคร สามารถตรวจพบ skeleton ได้ คือ การวางหมอนในลักษณะแนวตั้งไว้ที่บริเวณด้านหลังของอาสาสมัคร เพื่อเป็นการเพิ่มระยะห่างระหว่างอาสาสมัครกับเตียงให้มากขึ้น ดังภาพประกอบที่ 30 ทำให้ความลึกของอาสาสมัครกับเตียงไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน และทำการแก้ไขค่าที่อยู่ในไฟล์ nuitrack.config โดยตั้งค่า “Skeletonization.ActiveUsers” ให้เป็น 1 และเพิ่ม “BoxCutter”:{“x”：“0”,“y”：“0”,“z”：“0”,“width”：“1000”,“height”：“4000”,“depth”：“3000”,“alpha”：“0”,“beta”：“-1.5”}, ที่บรรทัดแรกในส่วนของ “Segmentation” ซึ่งการเพิ่มบรรทัดข้างต้น depth map จะถูกประมวลผลตามตำแหน่งค่าที่เราทำการกำหนดไว้เท่านั้น ส่วนพารามิเตอร์ alpha และ beta คือ มุมการหมุนของ BoxCutter เป็นเรเดียนตามแนวแกน x ของเซ็นเซอร์ โดยค่า x,y,z ที่เหมาะสมและทำให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้นั้น จะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละวิธีโอที่นำมาใช้ในการทดสอบ เช่น ดังภาพประกอบที่ 32 ค่าของบรรทัด BoxCutter จะอยู่ที่ {“x”：“23”,“y”：“23”,“z”：“55”,“width”：“1250”,“height”：“4000”,“depth”：“3000”,“alpha”：“0”,“beta”：“-1.5”}, เป็นต้น



ภาพประกอบ 32 แสดงการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ระบบ Pose Tracking ตรวจพบ skeleton ได้

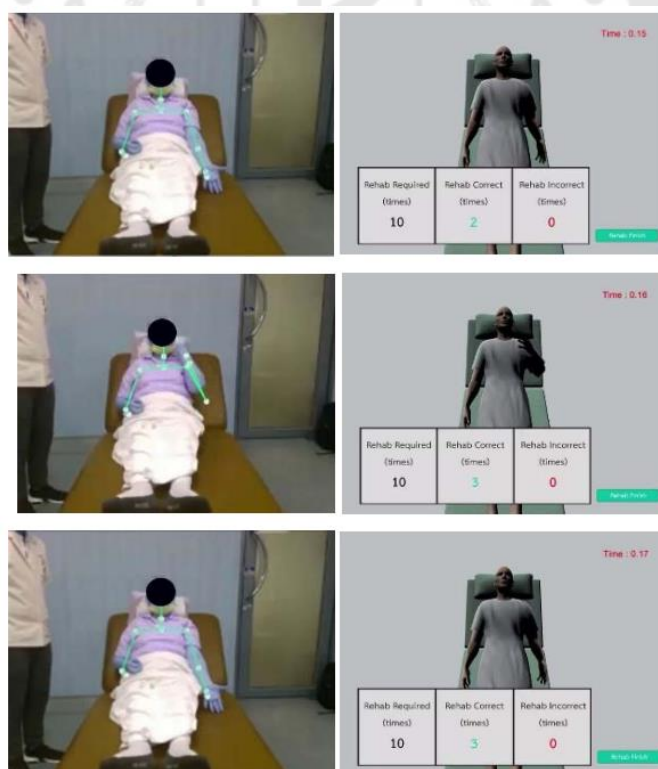
4.1.2 การตรวจสอบท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรม

หลังจากระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของอาสาสมัคร สามารถตรวจพบ skeleton ได้แล้ว จึงนำค่าของแต่ละจุดที่ได้มาใช้ในการควบคุมโมเดลที่มีการจำลองในลักษณะนอนอยู่บนเตียงผ่านโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยนำค่าของตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงไปของโมเดลมาวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดว่าทำท่าทางได้อย่างถูกต้องหรือไม่

จากการเก็บข้อมูลด้วยการอัดวิดีโอเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบจำนวน 12 ชุด โดยแบ่งตามแขนแต่ละข้างที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดท่าอแขนทั้งแขนซ้ายและแขนขวา แยกเป็น 2 กรณี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทำกายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 1)

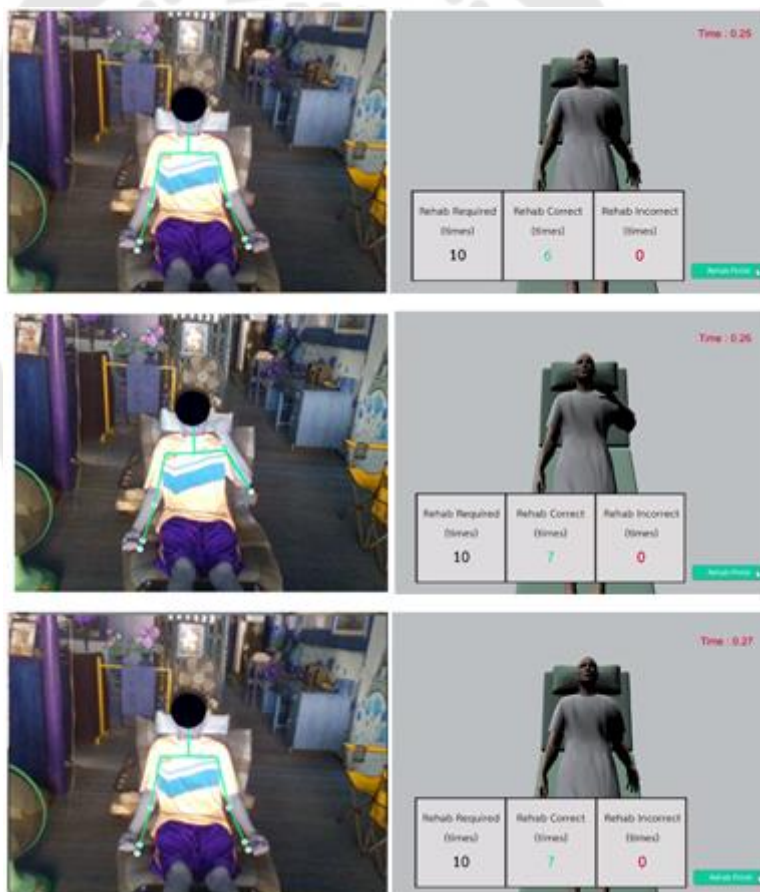
ทดสอบกับวิดีโอที่ 1 ที่ผู้ทดสอบทำการกายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 10 ครั้งด้วยแขนซ้าย โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 33 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "23", "y": "23", "z": "55", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้ง จาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 33 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 1

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 2)

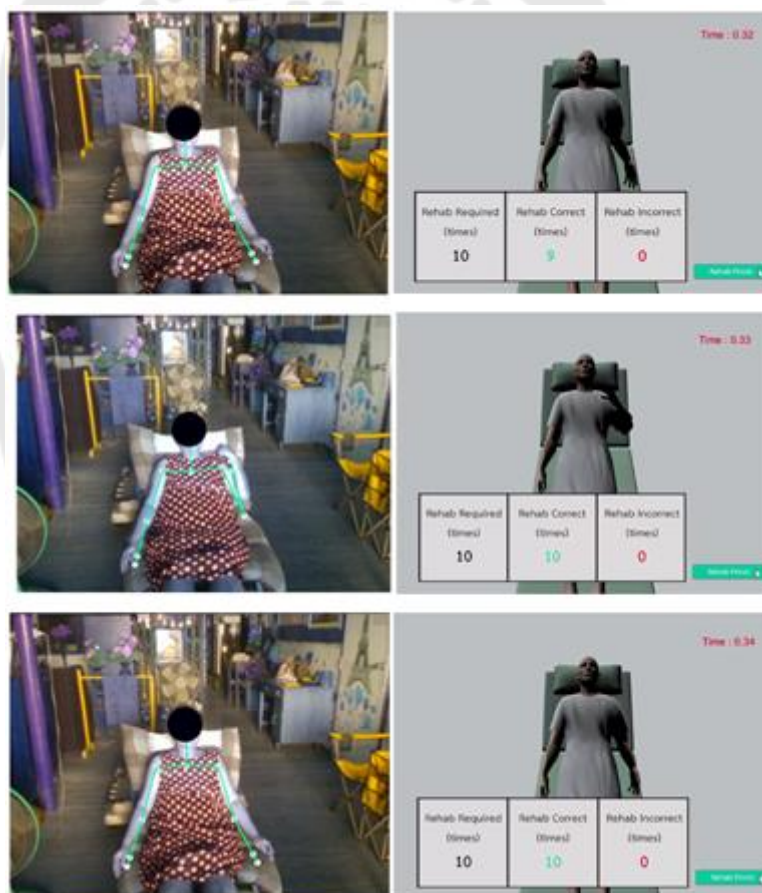
ทดสอบกับวิดีโอที่ 2 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 10 ครั้งด้วยแขนซ้าย โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 34 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "93", "y": "93", "z": "95", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้ง จาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 9 : 1 และ 8 : 2 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 34 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 2

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 3)

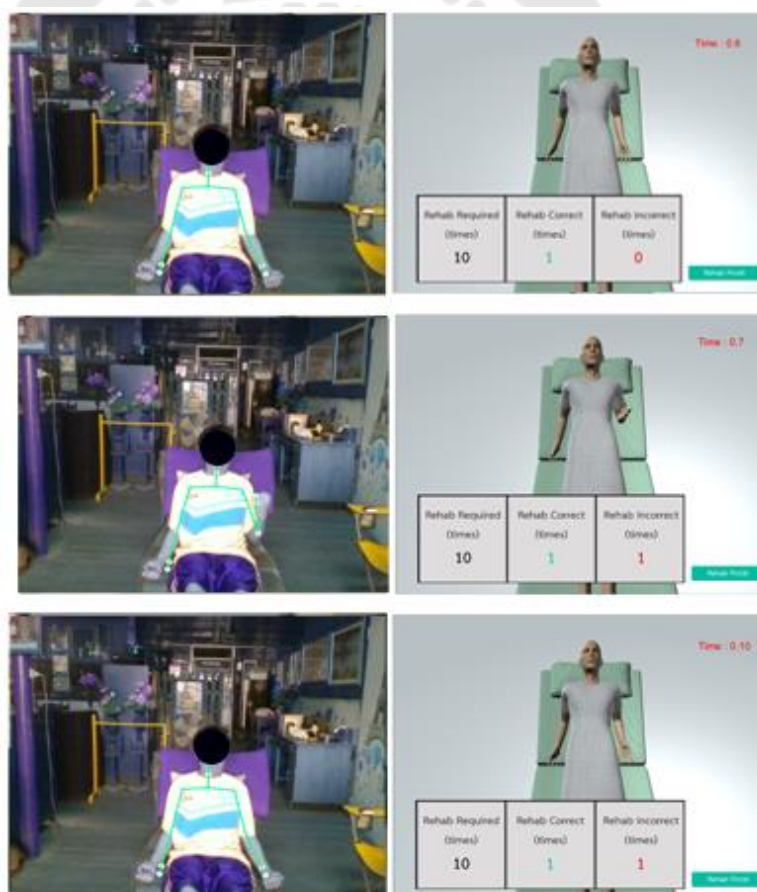
ทดสอบกับวิดีโอที่ 3 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 10 ครั้งด้วยแขนซ้าย โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 35 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "150", "y": "150", "z": "150", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้ง จาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 35 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 3

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 4)

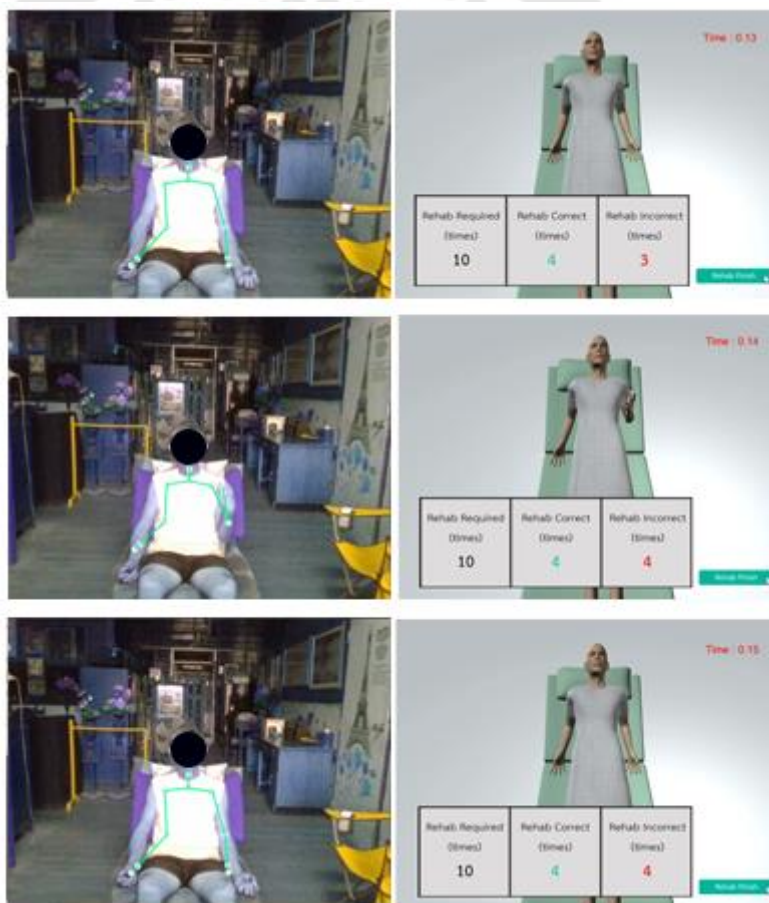
ทดสอบกับวิดีโอที่ 4 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 5 ครั้ง และผิด 5 ครั้งด้วยแขนซ้าย โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 36 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "115", "y": "115", "z": "115", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 36 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 4

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 5)

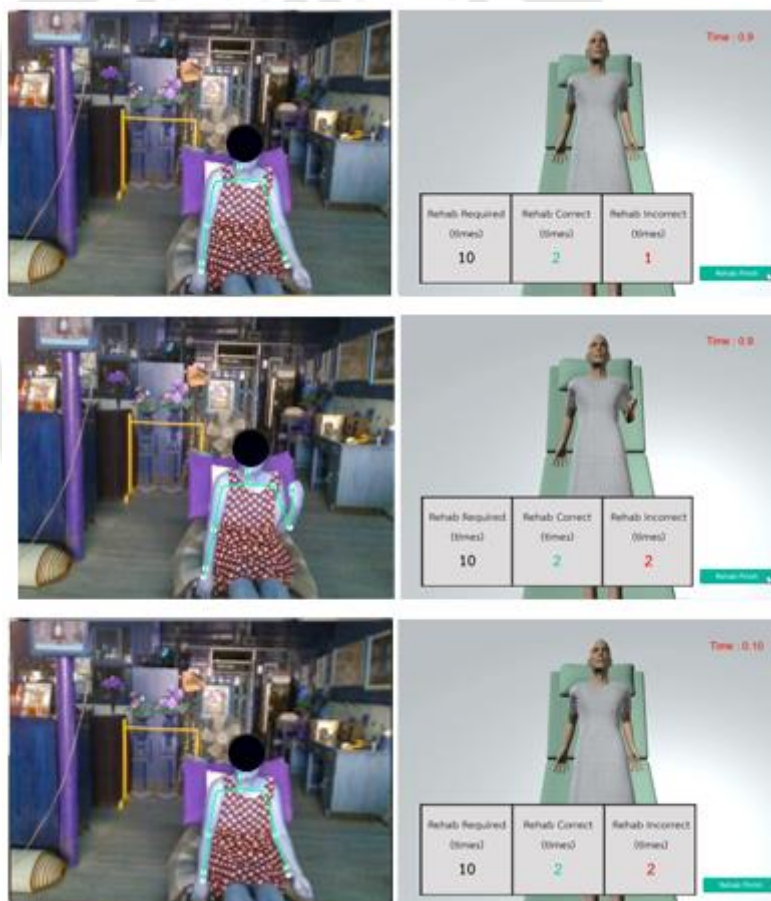
ทดสอบกับวิดีโอที่ 5 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 5 ครั้ง และผิด 5 ครั้งด้วยแขนซ้าย โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 37 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "115", "y": "115", "z": "115", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 37 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 5

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 6)

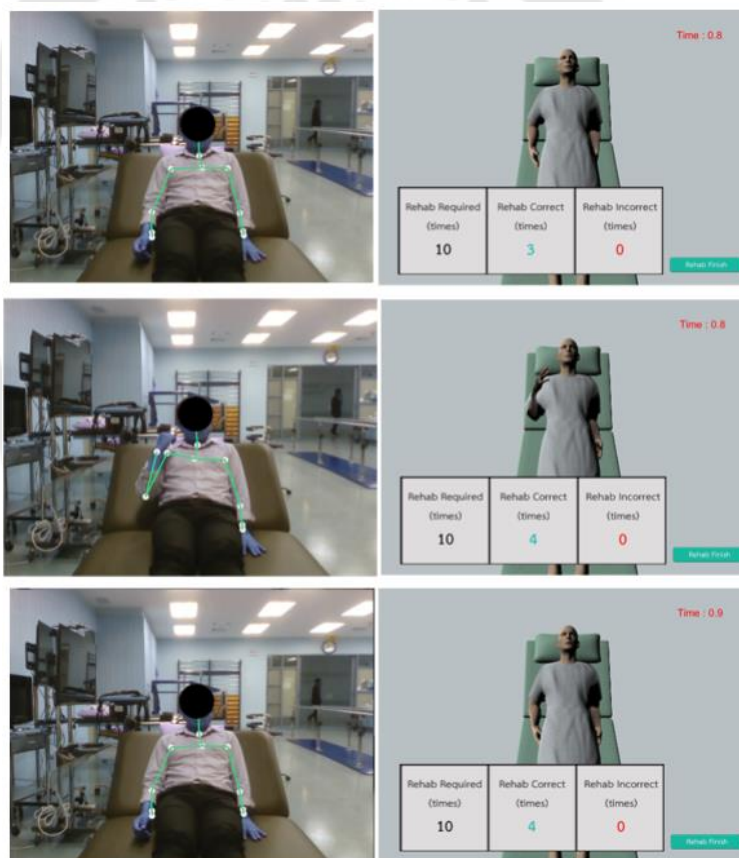
ทดสอบกับวิดีโอที่ 6 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดทางอแนได้อย่างถูกต้อง 5 ครั้ง และผิด 5 ครั้งด้วยแขนซ้าย โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 38 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "115", "y": "115", "z": "115", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 4 : 6 และ 6 : 4 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 38 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 6

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 7)

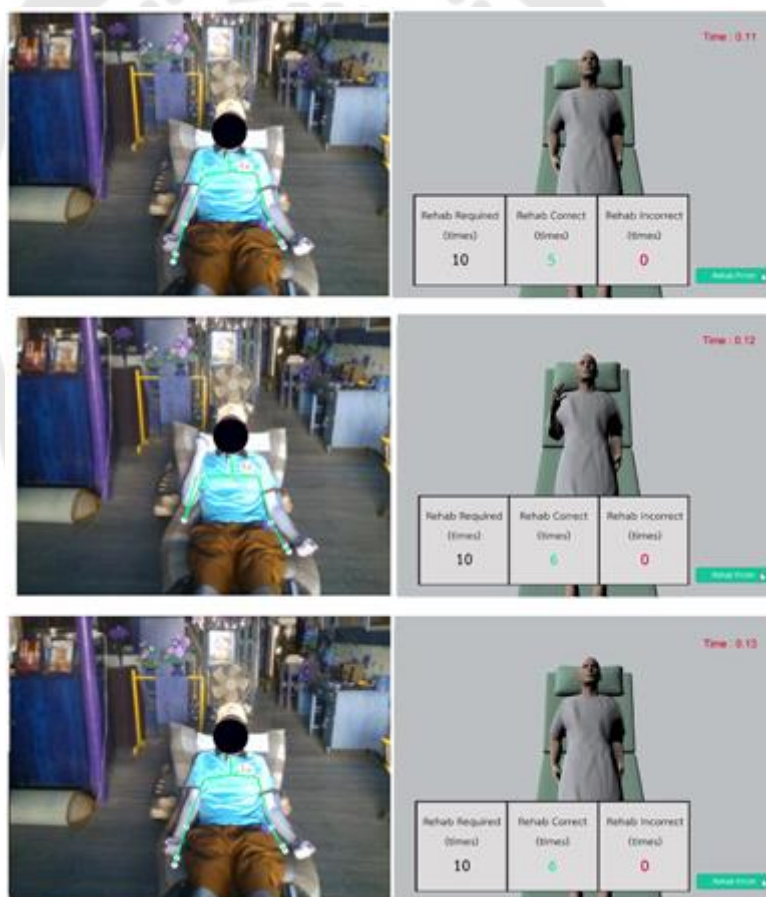
ทดสอบกับวิดีโอที่ 7 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าทางแขนได้อย่างถูกต้อง 10 ครั้งด้วยแขนขา โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 39 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "15", "y": "15", "z": "15", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้ง จาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 39 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 7

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 8)

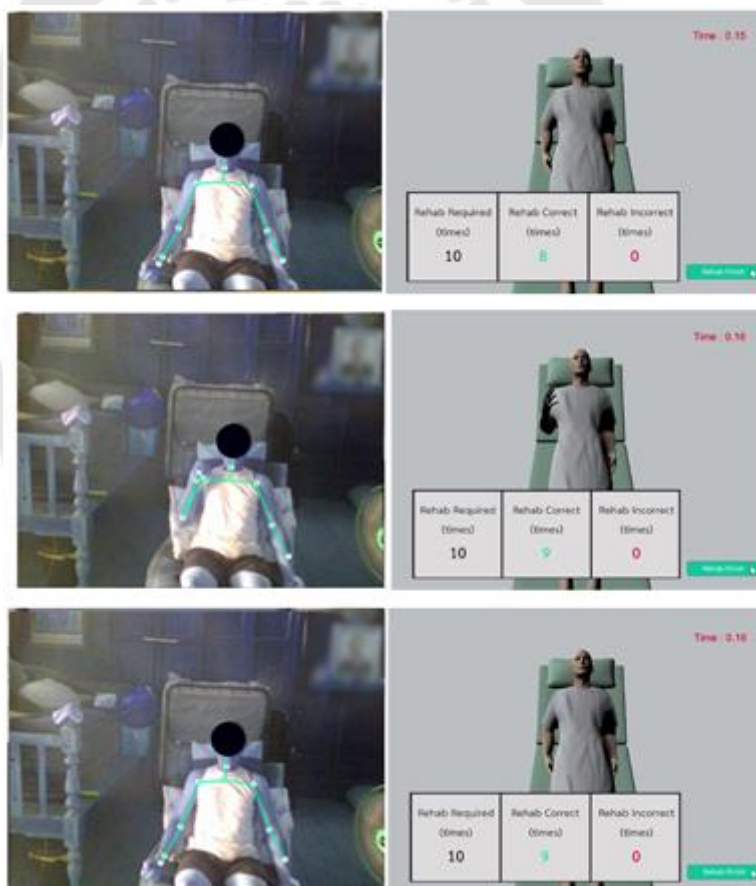
ทดสอบกับวิดีโอที่ 8 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 10 ครั้งด้วยแขนขา โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 40 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "120", "y": "120", "z": "120", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้ง จาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 40 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 8

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 10 ครั้ง (วิดีโอที่ 9)

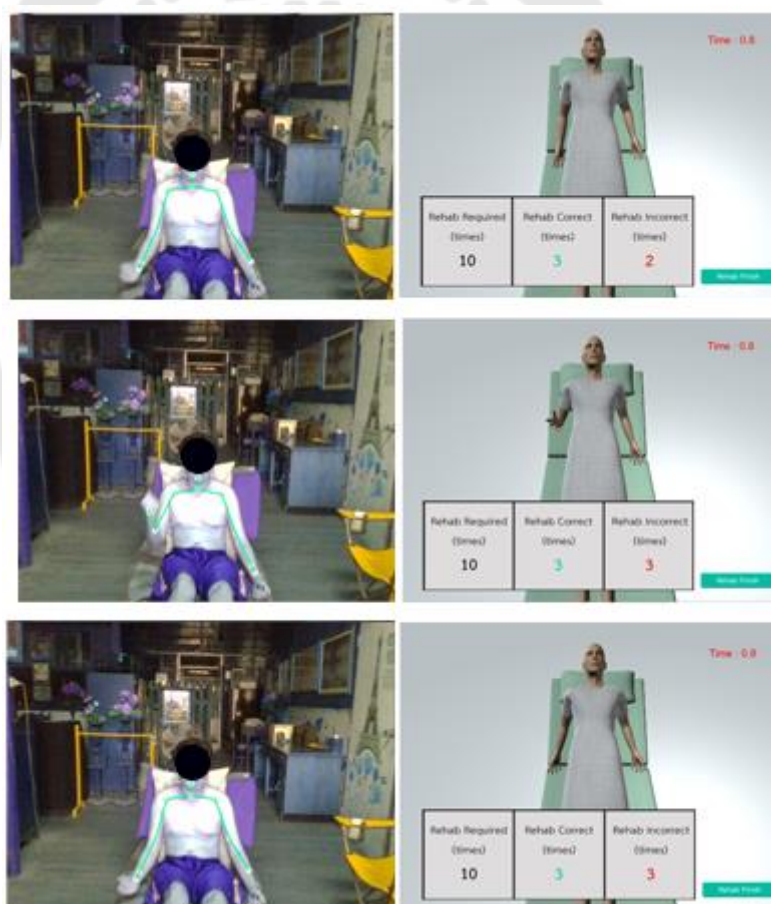
ทดสอบกับวิดีโอที่ 9 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง 10 ครั้งด้วยแขนขา โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 41 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "42", "y": "42", "z": "42", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้ง จาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 9 : 1 และ 8 : 2 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 41 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 9

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 10)

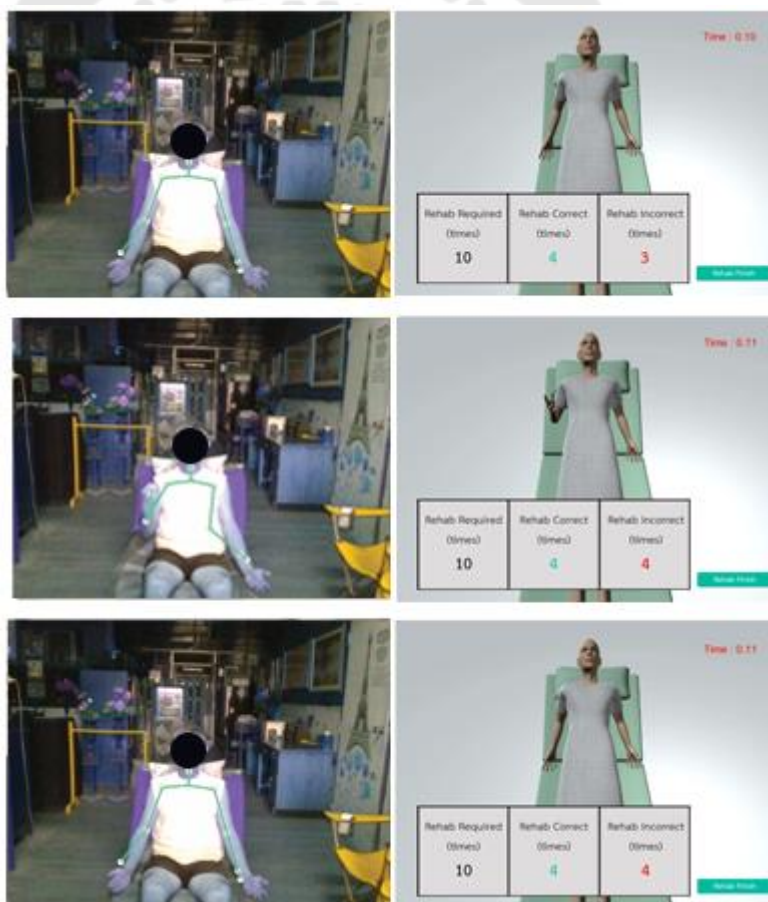
ทดสอบกับวิดีโอที่ 10 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าทางอเนกได้อย่างถูกต้อง 5 ครั้ง และผิด 5 ครั้งด้วยแขนขา โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 42 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "115", "y": "115", "z": "115", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 42 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 10

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 11)

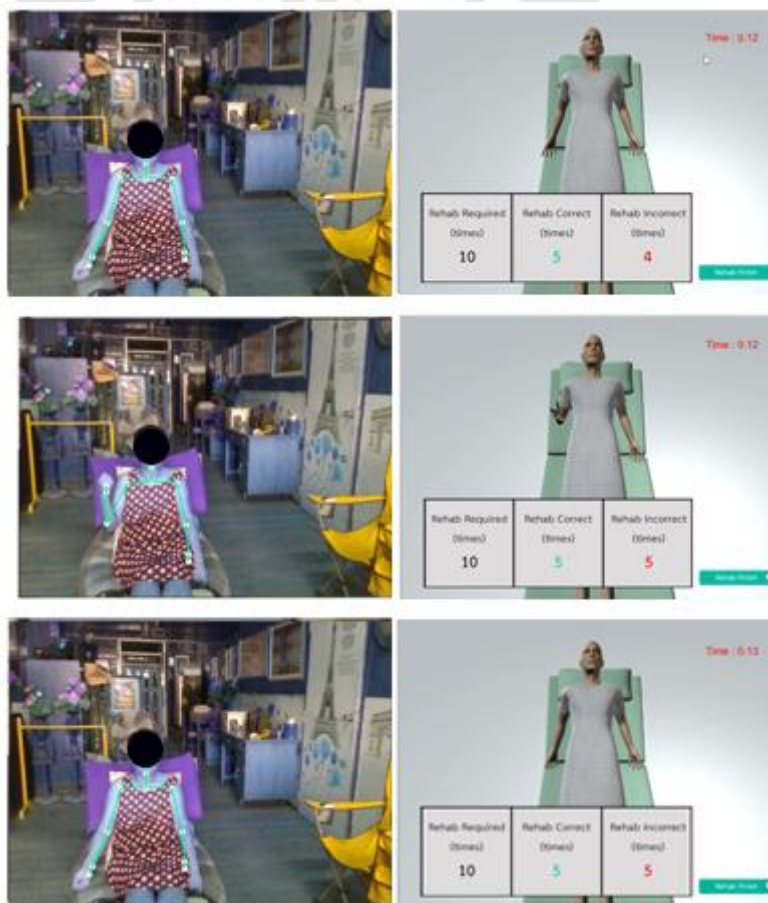
ทดสอบกับวิดีโอที่ 11 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดทางอเนนได้อย่างถูกต้อง 5 ครั้ง และผิด 5 ครั้งด้วยแขนขวา โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 43 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "115", "y": "115", "z": "115", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 43 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 11

การถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขาแบบถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง (วิดีโอที่ 12)

ทดสอบกับวิดีโอที่ 12 ที่ผู้ทดสอบทำการถ่ายภาพบำบัดท่าทางได้อย่างถูกต้อง 5 ครั้ง และผิด 5 ครั้งด้วยแขนขา โดยได้ทำการทดสอบกับวิดีโอทั้งหมด 3 ครั้ง ดังภาพประกอบที่ 44 สำหรับการทดสอบกับวิดีโอนี้จะต้องทำการกำหนดค่าของบรรทัด BoxCutter ให้เท่ากับ {"x": "115", "y": "115", "z": "115", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"}, เพื่อให้สามารถตรวจพบ skeleton ได้ จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าสามารถวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 4 : 6 และ 6 : 4 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 44 แสดงการวัดผลของท่าทางในการถ่ายภาพบำบัดด้วยวิดีโอที่ 12

4.2 ผลการทดลอง

ในการทดสอบการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านทางโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยได้มีการทดสอบกับวิดีโอที่ทำการเก็บข้อมูลมาทั้งหมด 12 ชุด (ทดสอบชุดละ 3 ครั้ง) และได้้นำผลการทดลองมาสรุป ดังตารางที่ 7

ตาราง 7 สรุปการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอ

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 1 (Left Arm) Correct 10 Incorrect 0	1	10	0
	2	8	2
	3	9	1
Flexion 2 (Left Arm) Correct 10 Incorrect 0	1	9	1
	2	10	0
	3	8	2
Flexion 3 (Left Arm) Correct 10 Incorrect 0	1	8	2
	2	9	1
	3	10	0
Flexion 4 (Left Arm) Correct 5 Incorrect 5	1	5	5
	2	6	4
	3	4	6
Flexion 5 (Left Arm) Correct 5 Incorrect 5	1	6	4
	2	4	6
	3	5	5
Flexion 6 (Left Arm) Correct 5 Incorrect 5	1	4	6
	2	5	5
	3	6	4
Flexion 7 (Right Arm) Correct 10 Incorrect 0	1	10	0
	2	8	2
	3	9	1

ตาราง 7 (ต่อ)

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 8 (Right Arm)	1	8	2
Correct 10	2	9	1
Incorrect 0	3	10	0
Flexion 9 (Right Arm)	1	9	1
Correct 10	2	10	0
Incorrect 0	3	8	2
Flexion 10 (Right Arm)	1	5	5
Correct 5	2	6	4
Incorrect 5	3	4	6
Flexion 11 (Right Arm)	1	6	4
Correct 5	2	5	5
Incorrect 5	3	4	6
Flexion 12 (Right Arm)	1	4	6
Correct 5	2	6	4
Incorrect 5	3	5	5

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การพัฒนาระบบแนะนำและการประเมินการถ่ายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองนี้เป็นระบบที่มีความสำคัญมากระบบหนึ่ง เพราะจากการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยภายในประเทศไทยที่มีถึงปีละ 300,000 ราย จึงทำให้ต้องเพิ่มการรักษาและการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมากขึ้นตามไปด้วย แต่ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ต้องการเข้ารับการฟื้นฟูร่างกายด้วยการถ่ายภาพบำบัด ด้วยการรับบริการจากนักกายภาพบำบัดที่จะต้องทำการสอนท่าทางในการออกกำลังกาย และติดตามผลการถ่ายภาพบำบัดด้วยตัวเองเป็นรายบุคคล ต้องใช้เวลาและนักกายภาพบำบัดจำนวนมาก เพื่อให้ครอบคลุมกับความต้องการของการรักษาของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบเพื่อช่วยเหลือการถ่ายภาพบำบัดและแก้ไขปัญหานี้ โดยมุ่งเน้นในเรื่องการฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วย เพื่อติดตามและประเมินผลได้จากที่บ้านของผู้ป่วยเอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอและพัฒนาระบบที่ช่วยในการถ่ายภาพบำบัดในรูปแบบใหม่ เพื่อตรวจจับท่าทางของผู้ป่วยโดยใช้กล้องสามมิติจาก Intel Realsense รุ่น D415 สำหรับการช่วยเหลือนักกายภาพบำบัดและแพทย์ผู้ทำการรักษา ด้วยวิธีการที่ใช้ในการตรวจจับท่าทางของผู้ป่วยเมื่อนอนอยู่บนเตียง โดยแบ่งตามแขนแต่ละข้างที่ใช้ในการถ่ายภาพบำบัดท่าอแขนทั้งแขนซ้ายและแขนขวา แยกเป็น 2 กรณี กรณีแรกคือท่าถูกต้องทั้งหมด 10 ครั้ง และอีกกรณีคือท่าถูกต้อง 5 ครั้ง ผิด 5 ครั้ง โดยเก็บข้อมูลการถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนซ้ายทั้ง 2 กรณี กรณีละ 3 ชุด และการถ่ายภาพบำบัดด้วยแขนขวาทั้ง 2 กรณี อีกกรณีละ 3 ชุด ได้วิดีโอที่นำมาใช้ในการทดสอบทั้งหมดจำนวน 12 ชุด จากผลการทดลองระบบแสดงให้เห็นถึงการประเมินผลการถ่ายภาพบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนับท่าทางในการทำกายภาพบำบัดท่าอแขนได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าจะมีบางส่วนที่ยังต้องปรับปรุงเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการถ่ายภาพบำบัดในท่าทางอื่นๆต่อไป โดยสามารถสรุปการทดลองของแต่ละวิดีโอได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 8 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 1

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 1 (Left Arm)	1	10	0
Correct 10	2	8	2
Incorrect 0	3	9	1

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอแรกจากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1

ตาราง 9 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 2

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 2 (Left Arm)	1	9	1
Correct 10	2	10	0
Incorrect 0	3	8	2

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 2 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 9 : 1 และ 8 : 2

ตาราง 10 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 3

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 3 (Left Arm)	1	8	2
Correct 10	2	9	1
Incorrect 0	3	10	0

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 3 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1

ตาราง 11 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 4

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 4 (Left Arm)	1	5	5
Correct 5	2	6	4
Incorrect 5	3	4	6

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 4 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6

ตาราง 12 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 5

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 5 (Left Arm)	1	6	4
Correct 5	2	4	6
Incorrect 5	3	5	5

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 5 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6

ตาราง 13 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 6

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 6 (Left Arm)	1	4	6
Correct 5	2	5	5
Incorrect 5	3	6	4

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 6 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 4 : 6 และ 6 : 4

ตาราง 14 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 7

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 7 (Right Arm)	1	10	0
Correct 10	2	8	2
Incorrect 0	3	9	1

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 7 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1

ตาราง 15 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 8

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 8 (Right Arm)	1	8	2
Correct 10	2	9	1
Incorrect 0	3	10	0

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 8 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 8 : 2 และ 9 : 1

ตาราง 16 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 9

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 9 (Right Arm)	1	9	1
Correct 10	2	10	0
Incorrect 0	3	8	2

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 9 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (10 : 0) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 9 : 1 และ 8 : 2

ตาราง 17 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 10

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 10 (Right Arm)	1	5	5
Correct 5	2	6	4
Incorrect 5	3	4	6

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 10 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งแรกของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6

ตาราง 18 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 11

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 11 (Right Arm)	1	6	4
Correct 5	2	5	5
Incorrect 5	3	4	6

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอที่ 11 จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สองของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 3 ผลการทดสอบอยู่ที่ 6 : 4 และ 4 : 6

ตาราง 19 แสดงการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมด้วยวิดีโอที่ 12

Video	Experiment	Correct	Incorrect
Flexion 12 (Right Arm)	1	4	6
Correct 5	2	6	4
Incorrect 5	3	5	5

ผลการทดลองสรุปได้ว่า วิดีโอสุดท้ายจากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำ (5 : 5) จำนวน 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ในครั้งที่สามของการทดสอบ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 1 กับ 2 ผลการทดสอบอยู่ที่ 4 : 6 และ 6 : 4

5.2 อภิปรายผลของงานวิจัย

การทดสอบการวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดผ่านทางโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้น โปรแกรมสามารถวัดผลของท่าทางในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำอย่างน้อย 1 ครั้งจาก 3 ครั้ง ที่ทำการทดสอบ ในทุกๆวิดีโอที่นำมาใช้ในการทดสอบทั้ง 12 วิดีโอ โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัดผลของท่าทางนั้น เกิดจากทำงานของ NuiTrack ที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมยังไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะตรวจจับโครงสร้างการเคลื่อนไหวได้ถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์

ระบบที่ได้มีการพัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ จากการทดลองพบว่ามีข้อจำกัดของระบบคือ จำเป็นต้องมีการกำหนดระยะห่างของพื้นที่ทำงานระหว่างกล้องและผู้ป่วยให้มากกว่า 80 เซนติเมตร เพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าการนำเสนอและพัฒนาระบบนี้จะสามารถช่วยในการติดตามและประเมินผลของการทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ให้เป็นไปตามที่นักกายภาพบำบัดและแพทย์กำหนด จึงได้มีข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบต่อไปเพื่อปรับปรุงให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ดังต่อไปนี้

1. การใช้เสียงเพื่อเป็นการแจ้งเตือนผู้ป่วยเมื่อมีการทำท่าทางการกายภาพบำบัดที่ไม่ถูกต้อง
2. การอัดวิดีโอการทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยจากทางด้านข้าง (Side View) อาจทำให้ระบบสามารถวัดผลของท่าทางการกายภาพบำบัดได้อย่างแม่นยำมากขึ้น กว่าการอัดวิดีโอการทำกายภาพบำบัดจากทางด้านหน้า (Front View)
3. การจะทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นจะต้องทำงานร่วมกับนักกายภาพบำบัดและแพทย์ เพื่อป้องกันการวัดผลของท่าทางการกายภาพบำบัดที่ผิดพลาดของโปรแกรม
4. ในอนาคตหากมีการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้อัลกอริทึมอื่นที่สามารถจดจำโครงสร้างของกระดูกมนุษย์ได้ แทน NuiTrack ที่ใช้อยู่เดิม อาจทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- Alex, M., Chen, C., & Wünsche, B. C. (2017, 4-6 Dec. 2017). *A review of sensor devices in stroke rehabilitation*. Paper presented at the 2017 International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ).
- Carfagni, M., Furferi, R., Governi, L., Santarelli, C., Servi, M., Uccheddu, F., & Volpe, Y. (2019). Metrological and Critical Characterization of the Intel D415 Stereo Depth Camera. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(3), 489.
- KinectAsia. (2555). เจาะลึกโครงสร้างของ Kinect สำหรับ Windows. Retrieved from <https://kinectasia.wordpress.com/2012/04/09/>
- Lange, B., Chang, C., Suma, E., Newman, B., Rizzo, A. S., & Bolas, M. (2011, 30 Aug.-3 Sept. 2011). *Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the microsoft kinect sensor*. Paper presented at the 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
- Lee, S. I., Adans-Dester, C. P., Grimaldi, M., Dowling, A. V., Horak, P. C., Black-Schaffer, R. M., . . . Gwin, J. T. (2018). Enabling Stroke Rehabilitation in Home and Community Settings: A Wearable Sensor-Based Approach for Upper-Limb Motor Training. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 6, 1-11.
- Lupu, R. G., Ungureanu, F., & Stan, A. (2016, 13-15 Oct. 2016). *A virtual reality system for post stroke recovery*. Paper presented at the 2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC).
- Nuitrack. (2019a). Nuitrack Skeleton System. Retrieved from http://download.3divi.com/Nuitrack/doc/Overview_page.html#skeleton_system
- Nuitrack. (2019b). What is Nuitrack™ SDK? Retrieved from http://download.3divi.com/Nuitrack/doc/Overview_page.html#what_is_sec
- Piraintorn, P., & Sa-ing, V. (2020, 24-27 June 2020). *Stroke Rehabilitation based on Intelligence Interaction System*. Paper presented at the 2020 17th International

Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, telecommunications and Information Technology (ECTI-CON).

Tarabini, M., Marinoni, M., Mascetti, M., Marzaroli, P., Corti, F., Giberti, H., . . . Mascagni, P. (2018, 12-14 March 2018). *Monitoring the human posture in industrial environment: A feasibility study*. Paper presented at the 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS).

Tuntakum, A., Thongvigitmanee, S. S., Sa-Ing, V., Makhanov, S. S., & Hasegawa, S. (2012, 5-7 Dec. 2012). *Natural interaction on 3D medical image viewer software*. Paper presented at the The 5th 2012 Biomedical Engineering International Conference.

โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์. (2555). โรคหลอดเลือดสมอง. Retrieved from

<https://www.bumrungrad.com/th/conditions/stroke>

ฉลวยศรีเมือง, จ., & ดอนน์, ร. (2562). ภาพกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกในระยะอ่อนแรง.

วิกิพีเดีย. (2558). เวชศาสตร์ฟื้นฟู. Retrieved from

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%8A%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%9F%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%9F%E0%B8%B9>



การตั้งค่าในไฟล์ nitrack.config เพื่อให้ระบบ Pose Tracking ตรวจพบ skeleton ได้

```
nitrack.config
15  "Skeletonization": {
16    "MaxDistance": 4000,
17    "AutoTracking": true,
18    "Type": "RegressionSkeletonization",
19    "ActiveUsers": 1,
20    "FeedbackThreshold": 0.1
21  },
22  "DepthProviderAdapter": {
23    "Library": ""
24  },
25  "HandTracker": {
26    "SkeletonSupport": true,
27    "HandMode": "grab3d",
28    "CoordsMode": "abs",
29    "TrainedClassifier": "handtracker/svm_grab.xml",
30    "HandPointerFrame": {
31      "DistanceBetweenFrames": 150.0,
32      "Width": 450.0,
33      "Height": 200.0
34    }
35  },
36  "Segmentation": {
37    "BoxCutter": {"x": "23", "y": "23", "z": "55", "width": "1250", "height": "4000", "depth": "3000", "alpha": "0", "beta": "-1.5"},
38    "skipFrames": 0,
39    "FloorMaxError": 100,
40    "Type": "experimental",
41    "ZPS": 575.816,
42    "median": 0,
43    "minHumanTTL": 0,
44    "Pixelization": 0,
45    "FloorDetector": "AdaptiveFloorDetector",
46    "MOTION_THRESHOLD": 1,
47    "Background": {
48      "BackgroundMode": "dynamic"
49    },
50    "MAX_DISTANCE": 7000,
51    "TOFHacks": false,
52    "ScaleFactor": 1.0,
53    "MIN_CHECK_DISTANCE": 500
54  },
```



การตีพิมพ์บทความวิจัยฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการระดับ นานาชาติ ที่มีผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงาน

2020 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)

Stroke Rehabilitation based on Intelligence Interaction System

Pomphom Piratoom
Department of Computer Science
Faculty of Science
Srinakharinwirot University
Bangkok, Thailand
pomphom.mojj@g.swu.ac.th

Vera Sa-ang
Department of Computer Science
Faculty of Science
Srinakharinwirot University
Bangkok, Thailand
vera@g.swu.ac.th

Abstract—Stroke rehabilitation is an important requirement of patient treatment after recovering from stroke disease. However, a physical therapist can only observe once a patient at a time. Moreover, it takes a lot of time to suggest and evaluate the correction. From this problem, this research will develop the new rehabilitation guidance systems that assist the physical therapist and medical doctor. The intelligence interaction system is proposed for detection and monitoring the rehabilitation of the stroke patient who stays on the bed. The proposed system detects a stroke patient by using a 3D camera, which is the Intel RealSense D415, to place at the end of the patient bed for extracting the patient from the bed by measuring the distance between the patient and bed. From the segmentation result of the patient, the proposed system evaluates the rehab posture of the patient by detection from the simulated skeleton to calculate from the changing degree of the shoulder joint, elbow joint, and wrist joint. In addition, the proposed system uses the capabilities of artificial intelligence to check the accuracy of physiotherapy patients and show to the patients how to perform physical therapy correctly. From the experiment results, the proposed system represents the effective monitoring and evaluation of the stroke rehabilitation that the program can accurately count the arm flexion gesture therapy. Therefore, the intelligence interaction system can usefully help the physical therapist to monitor and evaluate the rehabilitation of stroke on the bed.

Keywords—Stroke, Rehabilitation, Intelligence System

I. INTRODUCTION

Stroke disease is a leading cause of long-term disability in the elderly of Thailand. The new patients are nearly 250,000 suffer a stroke each year that is expected to rise in the coming years because of the prevalence of stroke increases with age [1]. After the treatment of stroke patients, it is very important to start the rehabilitation process in order to rehab the lost skills of Upper-limb paresis and finally to achieve complete recovery [2]. The rehabilitation of stroke patients is observed by the physical therapist to evaluate and monitor the assigned postures from the exercises. However, a physical therapist can only observe once a patient at a time. Moreover, it takes a lot of time to teach and evaluate the corrected. From this problem, there are many research to develop the rehabilitation guidance systems that assist the physical therapist and medical doctor [3]. From previous research, there are many research that proposed the conventional physical therapy boring so patients need the high motivation from specialists. Game-based Intervention can increase motivation and enjoyment, and thus achieve better rehabilitation outcomes. The using commercial games for stroke rehabilitation ideal sensors for rehabilitation purposes must be comfortable to wear or mounted at a fixed position, accurate enough to identify dangerous and compensatory movements, and robust with regard to patient characteristics [4].

Enabling stroke rehabilitation in the home and community is very important because it can help reduce travel time and the cost of patients. Physical therapy at home can be done by detecting goal-directed upper limb movements during the performance of Activities of Daily Living (ADL), so that timely feedback can be provided to encourage the use of the affected limb via wristbands providing different donning and doffing mechanisms for self-application of the sensors [5,6]. The using virtual reality system for post stroke recovery to offer the possibility to integrate them both in different entertainment applications but also in serious games and stroke recovery systems [7]. In many research, there are proposed the many devices to detect gestures for helping the medical doctor such as Natural user interface (NUI) that can detect finger and arm gestures [8].

This research proposed a new rehabilitation system to detect the patient's gesture based on using a three-dimensional camera [9] for helping the physical therapy and the medical doctor. From a patient on the bed, the physical therapy monitors and suggests the patient to rehab in the arm flexion posture. The importance of this posture requires that the patient must bend the elbow until the fingertip to touch the shoulder. The proposed system will detect the patient's motion by 3D camera and then evaluate the correct or incorrect of the patient's posture [10]. In addition, the proposed system increases the accuracy of the operation in the given manner of rehabilitation.

II. METHODOLOGY

This research proposed an Intelligence Interaction system that can detect and monitor the rehabilitation of the stroke patient. The Intelligence Interaction System (IIS) is the proposed method that monitors and evaluates the rehabilitation of the patient on the bed which consists of the four steps that consists of camera connection, skeleton detection, control of 3D models and evaluation of rehabilitation by gesture, respectively.

A. Camera Connection

For the development of a motion detection system for stroke patients, it is necessary to use a device capable of checking the depth of each object. This research chose to use a 3D camera named Intel RealSense D415[9]. It consists of two sensors used for infrared detection emitted by this 3D camera. Furthermore, this camera also has the ability to detect color images with a sensor that can capture color images in order to calculate the distance of the patient with a 3D camera. From Fig. 1, the first process of measuring and detecting is the set-up of cameras for recording the patient data from the hospital, as shown in Fig. 1 (a). The second process measures

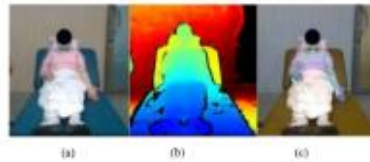


Fig. 1. The measurement and detection process of the Intelligence Interaction system consists of (a) Set-up camera for patient data collection, (b) Measurement result from the distance detection of Intel Real Sense 3D camera to patients and (c) Detection the skeleton of the upper body part

the distance between the camera and the patient by segmenting the different distances according to the color of the different colors as shown in Fig. 1 (b). The third process of the proposed method detects the simulated skeleton of the patient on the bed as shown in Fig. 1 (c).

B. Detect Skeleton

In order to be able to recognize the gestures of patients, this research has chosen the Nutrack SDK. Nutrack is a 3D skeleton tracking gesture recognition solution middleware enabling Natural User Interface (NUI) capabilities on Android, Windows and Linux platforms. Each Nutrack skeleton has 19 joints and each joint has position and orientation. [11]

Human gesture detection, based on the skeleton of human recognition by general tools, developed recognition of the full skeleton of the human body. In many types of research, algorithms have been proposed to detect parts of the human body.

C. Control 3D Model

Once the method has been developed that allows it to detect only the upper body, it is then used to control the simulated 3D model that will adapt to the real patient model.

D. Evaluate Rehab Gesture

This research will select 3 important positions which will consist of shoulder joint (P1), elbow joint (P2), and wrist joint (P3) in order to use the points of this structure to calculate the rehabilitating gestures of the patient.

All 3 important positions are calculated from the calculation in a three-dimensional system, which can be displayed in the form of Cartesian coordinate system,

$$\text{Shoulder point} = P_1 = (x_1, y_1, z_1). \quad (1)$$

$$\text{Elbow point} = P_2 = (x_2, y_2, z_2). \quad (2)$$

$$\text{Wrist point} = P_3 = (x_3, y_3, z_3). \quad (3)$$

Take the data of these 3 positions to calculate the angle, starting from finding the vector of point 1 to point 2 and point 2 to point 3, as follows,

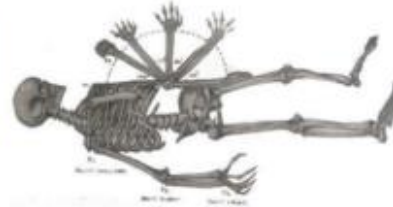


Fig. 2. The changing angle of the arm flexion rehabilitation

$$V_1 = \overrightarrow{P_1 P_2} = [x_1 - x_2, y_1 - y_2, z_1 - z_2], \quad (4)$$

$$V_2 = \overrightarrow{P_2 P_3} = [x_2 - x_3, y_2 - y_3, z_2 - z_3]. \quad (5)$$

Next, take the results to calculate the magnitude and norm values of both equations, as follows,

$$Mag_{V_1} = \sqrt{V_{1,x}^2 + V_{1,y}^2 + V_{1,z}^2}. \quad (6)$$

$$Norm_{V_1} = \left[\frac{V_{1,x}}{Mag_{V_1}}, \frac{V_{1,y}}{Mag_{V_1}}, \frac{V_{1,z}}{Mag_{V_1}} \right]. \quad (7)$$

$$Mag_{V_2} = \sqrt{V_{2,x}^2 + V_{2,y}^2 + V_{2,z}^2}. \quad (8)$$

$$Norm_{V_2} = \left[\frac{V_{2,x}}{Mag_{V_2}}, \frac{V_{2,y}}{Mag_{V_2}}, \frac{V_{2,z}}{Mag_{V_2}} \right]. \quad (9)$$

From all calculations will be able to calculate the angle and the results obtained from all 3 important points were

$$\begin{aligned} \text{Angle} = \cos^{-1} & (Norm_{V_{1,x}} * Norm_{V_{2,x}} \\ & + Norm_{V_{1,y}} * Norm_{V_{2,y}} \\ & + Norm_{V_{1,z}} * Norm_{V_{2,z}}). \end{aligned} \quad (10)$$

The intelligence interaction system detects the skeleton of the upper body part to evaluate the movement of rehab posture is related to Fig. 2. This figure represents the rehab movement of arm flexion that calculates the sequence of angles from 0 degree, which is the straight arm, to change to 5, 90, 135 to 150 degrees respectively. After the angle sequence, the angle of the arm flexion is more than 150 degrees that is the correction of the rehab arm flexion.

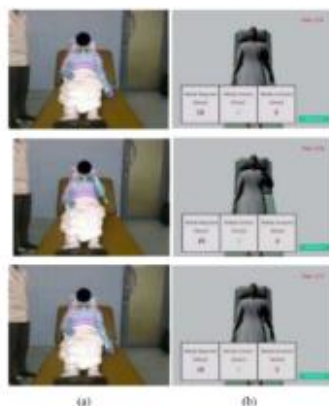


Fig. 3. The experiment results of arm flexion gesture represent (a) the skeleton detection of the patient on the bed and (b) the simulation model that shows the patient movement

III. EXPERIMENT RESULTS

A. Preparation Setup

For the preparation for data collection, the patient and the researcher set-up camera position is at the end of the bed. The distance between the camera and the patient is approximately 2 meters. In terms of collecting patient data from video recording, it can be seen that the depth of the patient in bed is on the same plane. Therefore, the patient motion posture detection system (Pose Tracking) cannot detect the skeleton.

A preliminary solution for the Pose Tracking system to detect the skeleton is to place a pillow in a vertical position behind the patient. In order to increase the distance between the patient, bed and configuration of the nitrack configuration file by set 'Skeletonization.ActiveUsers' to 1; and add 'BoxCutter' : {x:-0, y:-0, z:-0, width:-1000, height:-4000, depth:-3000, alpha:-0, beta:-1.5}, as the first line to the 'Segmentation' section. The Fig. 3 (a) represents the movement position of arm flexion gesture (a) is related to simulation 3D model (b) when patient arm flexion more than 150 degrees the number in the rehab correct is increased by taking arm flexion gesture to the number in the rehab required.

B. Evaluate Rehab Gesture

The pose tracking system is detected by the skeleton, the value of each point is used to control the model lying on the bed by changing the value to the position of the model to display and evaluate the rehabilitation gesture through the 3D model.

From collecting patient data from video recordings by having the patient make an arm flexion 10 times (left arm only)



Fig. 4. The evaluate summary of arm flexion rehabilitation.

as shown in Fig. 4. The experiments evaluate the arm flexion gesture by counting as shown in Fig. 3 (b). The experimental results are summarized as a table when the rehabilitation has been completed. The monitoring information consists of the defined number, the total number, the processing time, the correct number, the incorrect number and correct percentage. This research evaluates the performance and accuracy of the IIS by taking the results from the experiment with video recording compared with arm flexion gesture count by physical therapists who performed rehabilitation whether the accuracy is similar or not.

IV. CONCLUSION AND DISCUSSION

The proposed system of this research develops a new rehabilitation system to detect the patient gesture based on using the three-dimensional camera from Intel Realsense D415 for helping the physical therapy and the medical doctor. The proposed method detects the gestures of patients when lying in bed. From the experimental results, the proposed system represented the effective monitoring and evaluation of the stroke rehabilitation that the program can accurately count as arm flexion gesture therapy, although there are some parts that need to be improved for using other gestures. However, the proposed method has a limitation that is to set the workspace distance between the camera and the patient more than 80 centimeters. In addition, this research will alert by using a sound when the patient incorrectly takes the rehabilitation.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the Department of Computer Science at Srinakharinwirot University to support this research and the Graduate School of Srinakharinwirot University to provide the scholarship for publishing this article. In addition, we would like to thank the research fund of Robot-assist evaluation, caring and rehabilitation services for the elderly and post project from Chulalongkorn hospital and Spearhead program of National Science Technology and Innovation Policy Office.

REFERENCES

- [1] N. C. Surawadek, "Stroke epidemiology in Thailand," *Journal of stroke*, vol. 16, no. 1, 2014, pp. 1-7.
- [2] S. I. Lee et al., "Enabling Stroke Rehabilitation in Home and Community Settings: A Wearable Sensor-Based Approach for Upper-Limb Motor Training," in *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, vol. 6, 2018, pp. 1-11.
- [3] N. C. Surawadek, N. Pongvorn et al., "Stroke burden and stroke care system in asia," *Neurology India*, vol. 64, no. 7, 2016, pp. 46-51.
- [4] M. Alex, C. Chen and B. C. Winsche, "A review of sensor devices in stroke rehabilitation," 2017 International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ), Christchurch, 2017, pp. 1-6.
- [5] S. I. Lee et al., "Enabling Stroke Rehabilitation in Home and Community Settings: A Wearable Sensor-Based Approach for Upper-

- Limb Motor Training," in *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, vol. 6, 2018, pp. 1-11.
- [6] D. Banaganichit et al., "A Patient Monitoring System for Multiple IoT Rehabilitation Devices," 2019 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2019, pp. 834-837.
- [7] R. G. Lups, F. Ungureanu and A. Stas, "A virtual reality system for post stroke recovery," 2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), Sinaia, 2016, pp. 300-305.
- [8] A. Torzakum, S. S. Thongvattanasri, V. Sa-Ing, S. Hasegawa and S. S. Mahasarak, "Natural interactive 3D medical image viewer based on finger and arm gestures," The 6th 2013 Biomedical Engineering International Conference, Amphur Muang, 2013, pp. 1-5.
- [9] M. Carlini, R. Farfiri, L. Governi, C. Santarelli, M. Servi, F. Uechadda, and V. Volpe, "Metrological and critical characterization of the intel d415 stereo depth camera," *Sensors*, vol. 19, no. 3, 2019, p. 499.
- [10] R. Durle, A. Garjar, A. Joshi, and K. Nagre, "Human body skeleton detection and tracking," *International Journal of Technical Research and Applications-e-ISSN*, vol. 3, no. 8, 2015, pp. 2320-2363.
- [11] L. Ruomeng et al., "Constraint-Based Optimized Human Skeleton Extraction from Single-Depth Camera," *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 19, no. 11, 2019, pp. 2604-2624.

The 17th International Conference on
Electrical Engineering/Electronics,
Computer, Telecommunications and
Information Technology (ECTI-CON 2020)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายพรพรม พิเรนทร
วัน เดือน ปี เกิด 27 มีนาคม 2538
สถานที่เกิด นนทบุรี
วุฒิกการศึกษา พ.ศ. 2556
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการออกแบบ
จาก มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2561
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

