

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่ามนุษย์จากการประมวลผลภาพ Kinematics Analysis of Human Knee Joint from Image Processing

ชญานันท์ วัชรพงศ์ศรี* ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ และ ดุสิต ภัทรนิธิคุณ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 *อีเมล: juksanee.v@chula.ac.th

Chanyaphan Virulsri*, Pairat Tangpornprasert, and Dusit Phattaranithikhun
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Pathumwan, Bangkok 10330, *E-mail: juksanee.v@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของร่างกายโดยเฉพาะข้อเข่าภายในประเทศมีค่อนข้างน้อยอีกทั้งข้อเข่าเป็นข้อต่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกายมนุษย์ และเป็นข้อต่อที่สำคัญในการเดินหรือเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่าของมนุษย์ เพื่อให้เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่และกลไกการทำงานต่าง ๆ ได้ การเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่านั้นอาจทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะสมและสะดวกที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้คือการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่าด้วยกล้องวิดีโอฟลูออโรสโคปที่มีลักษณะคล้ายตัวซี โดยที่ข้อเข่ามีเคลื่อนที่อยู่ในบริเวณช่องฉายรังสี ภาพวิดีโอที่ได้เป็นภาพฉายของกระดูกใน 2 มิติทางด้านข้าง ซึ่งวิธีการฉายรังสีนี้สามารถแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของการเก็บข้อมูลที่เกิดจากการเลื่อนของชั้นผิวหนังได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่ามนุษย์จากการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องฟลูออโรสโคป โดยจะใช้ภาพฉาย 2 มิติที่ได้จากกล้องฟลูออโรสโคป ไปทำการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมMATLAB แล้ววิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่าด้วยโปรแกรม Adams-LifeMOD จะได้ข้อมูลตำแหน่งของกระดูกที่เคลื่อนที่ไปในเวลาต่าง ๆ ช่วงของมุมในการงอเข้า ความเร็วเชิงมุม และความเร่งเชิงมุมในระหว่างการยืดและการงอเข้า จากงานวิจัยนี้ทำให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปใช้วิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นในข้อเข่าในระหว่างการเคลื่อนที่และใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบข้อเข่าเทียม ที่ให้การเคลื่อนที่ที่เป็นธรรมชาติได้ต่อไปในอนาคต

Abstract

There are few researches about kinematics analysis of human knee joint in Thailand. The knee joint is the largest joint of human and important for walking or movement activities in daily life. It is necessary to study and analyze the motion of human knee joint to understand the mechanism of the knee. There are many methods for motion capture, but the appropriate and convenient method for this research using C-arm video fluoroscopy. The acquired video

is a projection image of the dynamic X-rays in the sagittal plane. This method can avoid the problem of skin artifacts which is the major problem of conventional motion capture system. The objective of this research is to analyze kinematics of human knee joint by image processing. The 2D projection images from video fluoroscope processed by MATLAB. Use Adams-LifeMOD to find the position data of the bone with respect to time can be obtained. Then, range of motion, angular velocity and acceleration of knee during flexion/extension were computed. These results provide necessary data for force analysis in human knee joint and the knee prosthesis designs in the future.

1. บทนำ

จากสถิติผู้ป่วยโรคกระดูกและข้อในไทยของมูลนิธิโรคข้อ พบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้เป็นโรคข้อเสื่อมกว่า 6 ล้านคน และมีโรคข้ออักเสบ รูมาตอยด์ และโรคเกาต์ รวมกันเกือบ 7 ล้านคน โรคข้อเสื่อมจะพบมากในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป มากถึงร้อยละ 50 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี [1] ซึ่งการศึกษาวิจัยด้านกลไกการเคลื่อนที่ของข้อเข่าเป็นส่วนสำคัญที่จะใช้ในการออกแบบข้อเข่าเทียม เพื่อนำไปรักษาผู้ป่วยข้างต้น การเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่าในปัจจุบันสามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การติดอุปกรณ์อ้างอิงตำแหน่งการเคลื่อนที่ไว้บนผิวหนังหรือฝังลงในร่างกายแล้วใช้กล้องตรวจจับการเคลื่อนที่, การใช้เครื่องมือวัดการเคลื่อนที่โดยตรงเช่น เครื่องวัดมุม, การฉายรังสีทั้งแบบอยู่นิ่งและแบบเคลื่อนที่, การนำภาพตัดขวางมาประกอบกันเป็นแบบจำลอง ในแต่ละวิธีนั้นก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป [2], [3] สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้การฉายรังสีด้วยฟลูออโรสโคป เนื่องจากการใช้กล้องวิดีโอฟลูออโรสโคปจะได้ข้อมูลตำแหน่งการเคลื่อนที่เทียบกับเวลา และได้ข้อมูลที่แม่นยำเนื่องจากไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการเลื่อนของชั้นผิวหนัง [4] อีกทั้งเมื่อได้ข้อมูลจากกล้องวิดีโอฟลูออโรสโคปมาแล้วจะต้องนำไปประมวลผลและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ซึ่งโปรแกรม Adams-LifeMOD [5]

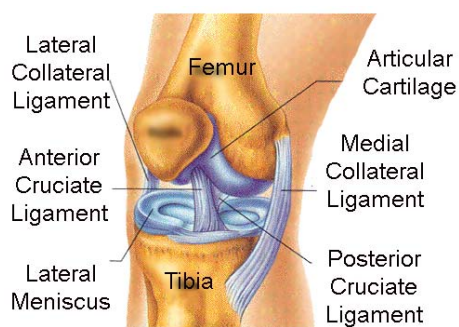
2. กายวิภาคของข้อเข่า (Anatomy)

ข้อเข่าของมนุษย์เป็นส่วนที่รับและส่งผ่านน้ำหนักของร่างกาย ท่อนบนตั้งแต่ต้นขาขึ้นไปลงสู่เท้า และยังช่วยให้สามารถเคลื่อนไหวที่ร่างกายไปยังที่ต่างๆได้ ข้อเข่าถือว่าเป็นข้อต่อที่ซับซ้อนมากในร่างกาย เนื่องจากสามารถเคลื่อนไหว บิด และงอได้ ประกอบด้วยกระดูกแข็ง คือ กระดูกต้นขา (Femur) กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และกระดูกลูกสะบ้า (Patella) กระดูกอ่อน (Meniscus) ที่อยู่ระหว่างกระดูกแข็งดังกล่าว และมีเส้นเอ็นที่ยึดกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งจำนวน 2 คู่ คือ เอ็นไขว้หน้าและหลัง (ACL&PCL) และเอ็นยึดด้านข้างในและนอก (MCL&LCL) และเส้นเอ็นที่ยึดกระดูกลูกสะบ้ากับกระดูกต้นขา (Patella Tendon) [6] โดยมีลักษณะดังรูปที่ 1

การเคลื่อนไหวที่มีการสัมผัสกันระหว่างกระดูก 2 ส่วน ส่วนแรกคือ กระดูกต้นขาสัมผัสกับกระดูกอ่อนที่อยู่บนกระดูกหน้าแข้ง และส่วนที่สอง คือกระดูกต้นขาสัมผัสกับกระดูกลูกสะบ้า การเคลื่อนที่หลักของข้อเข่าคือ การยืดและงอในแนว Sagittal Plane ในลักษณะบานพับ และยังมีการเคลื่อนไหวของกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งทางด้านหน้าและหลังในระนาบการงอ และมีการหมุนเข้าด้านในของกระดูกหน้าแข้งรอบแกนตั้ง (Transverse Plane) เล็กน้อย ส่วนที่บริเวณปลายล่างของกระดูกต้นขาเรียกว่าคอนไดล์ (Condyle) มีลักษณะเป็นส่วนโค้งงอ 2 ส่วน มีร่องตรงกลางเป็นแนวให้กระดูกลูกสะบ้าเคลื่อนที่ไปมาบริเวณด้านหน้าระหว่างร่องนี้ กระดูกลูกสะบ้ามีหน้าที่คล้ายจุดหมุนในการเพิ่มแรงดึงจาก Patella Tendon ให้มากขึ้น เส้นเอ็น MCL อยู่ด้านในของข้อเข่า ส่วน LCL อยู่ด้านนอกของข้อเข่า ซึ่งเส้นเอ็นสองเส้นข้างต้นมีหน้าที่ในการยึดกระดูกทั้งสองไม่ให้บิดออกทางด้านข้างในแนว Frontal Plane ส่วน ACL และ PCL จะไขว้กันอยู่ตรงกลางป้องกันไม่ให้กระดูกหน้าแข้งเคลื่อนหลุดไปจากตำแหน่งข้อเข่าทางด้านหน้าและหลังตามลำดับ [7]

3. การเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่และการประมวลผลภาพ

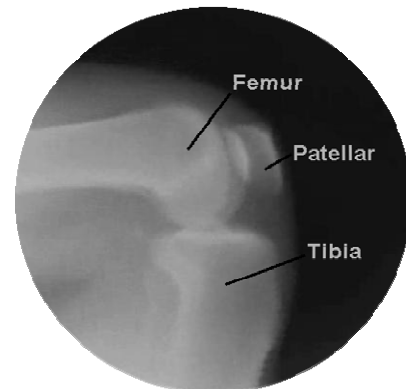
3.1 การหาข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่า สามารถทำได้หลายวิธีดังที่ได้กล่าวไปในบทนำบางส่วนแล้วนั้น เนื่องจากการติดอุปกรณ์ที่ภายนอกร่างกาย จะมีปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหวของชิ้นผิวหนังสูง หรือถ้าหากติดไว้ข้างในร่างกายก็จะต้องผ่าตัดเพื่อฝังลงไป ดังนั้นวิธีที่สะดวกและเหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยนี้คือ การใช้วิดีโอฟลูออโรสโคปบันทึกการเคลื่อนที่ซึ่งจะได้การเคลื่อนที่ของกระดูกโดยตรง ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำสูง อีกทั้งการบันทึกในรูปแบบวิดีโอ



รูปที่ 1 แสดงการวางตัวของกระดูกและเส้นเอ็นในข้อเข่า



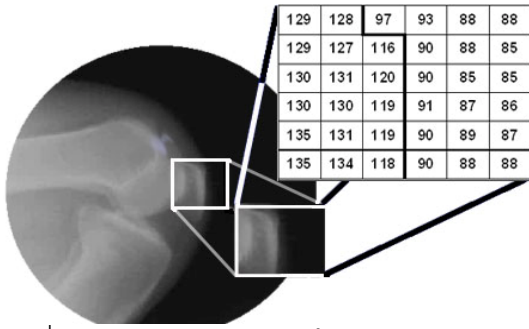
รูปที่ 2 เครื่องฟลูออโรสโคปที่นำมาใช้ในการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3 ภาพของข้อเข่าที่ได้จากกล้องวิดีโอฟลูออโรสโคป

ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ทางคิเนมาติกส์ได้ และสะดวกต่อการวิจัยเนื่องจากการเป็นการนำอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาใช้ในการวิจัย และได้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ที่สนับสนุนกับการนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adams-LifeMOD กล้องที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่านี้เป็นกล้องที่ติดอยู่ที่เครื่องฟลูออโรสโคป ดังรูปที่ 2 บันทึกภาพในอัตรา 25 ภาพต่อวินาที บริเวณที่ใช้บันทึกภาพเป็นลักษณะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร โดยให้บริเวณข้อเข่าของผู้ทดลองอยู่ตรงกลางระหว่างตัวชี้ ภาพที่ได้เป็นภาพใน 2 มิติตามแนวตั้ง (Sagittal Plane) ลักษณะภาพวิดีโอเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) คือมีค่าระดับความเข้มแสงอยู่ในช่วง 0-255 ดังรูปที่ 3 เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่เป็นเวลาทั้งสิ้น 9.6 วินาที เริ่มต้นจากข้อเข่าที่มุม 120 องศาแล้วยืดออกจนสุดและงอกลับมาอีกประมาณ 30 องศา

3.2 นำภาพวิดีโอไปประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB ที่มีชุดคำสั่งและฟังก์ชันสำเร็จรูปในการทำการประมวลผลภาพ นำมาช่วยในการระบุและหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกระดูก เริ่มจากการแยกภาพวิดีโอออกมาวิเคราะห์ทีละภาพ ด้วยรูปแบบการเก็บข้อมูลรูปภาพในลักษณะเมทริกซ์โดยแบ่งภาพออกเป็น pixel [8] ดังรูปที่ 4 ทำให้สามารถอ้างอิงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกระดูกในเวลาต่างๆได้สะดวก โดยจะพยายามสร้างอัลกอริทึมเพื่อระบุพิกัดของกระดูกทั้ง Femur และ Tibia ณ pixel ใดๆจากภาพ จากนั้นบันทึกค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ที่ได้ลงในตาราง ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 4 แสดงการเก็บข้อมูลรูปภาพในรูปแบบของเมทริกซ์ โดยใช้ตัวเลข 0-255 แทนระดับความเข้มแสงในภาพ

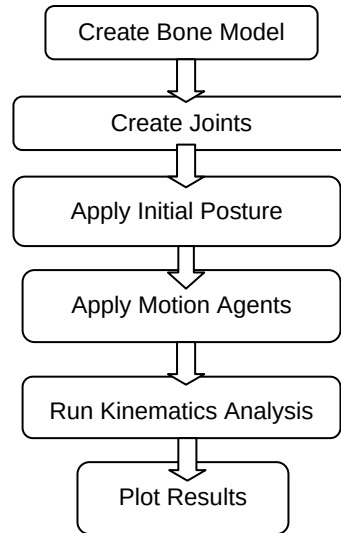
ตารางที่ 1 แสดงค่าเวลา หมายเลขของ Marker และตำแหน่งของ Marker ในแกน x-y (ข้อมูลตัวอย่างเพียงบางส่วน)

Time(s)	Marker	x	y	Time(s)	Marker	x	y
0.0	1	301	166	1.0	1	295	190
0.0	2	183	177	1.0	2	175	199
0.0	3	294	294	1.0	3	306	328
0.0	4	227	394	1.0	4	241	429
0.2	1	293	163	1.2	1	295	156
0.2	2	174	178	1.2	2	174	201
0.2	3	287	303	1.2	3	305	333
0.2	4	220	405	1.2	4	249	440
0.4	1	293	170	1.4	1	293	180
0.4	2	175	184	1.4	2	171	191
0.4	3	292	310	1.4	3	323	322
0.4	4	216	407	1.4	4	268	427
0.6	1	291	175	1.6	1	292	175
0.6	2	170	187	1.6	2	172	185
0.6	3	294	309	1.6	3	334	315
0.6	4	225	406	1.6	4	291	428
0.8	1	293	184	1.8	1	292	180
0.8	2	173	190	1.8	2	173	194
0.8	3	295	315	1.8	3	350	325
0.8	4	232	409	1.8	4	325	443

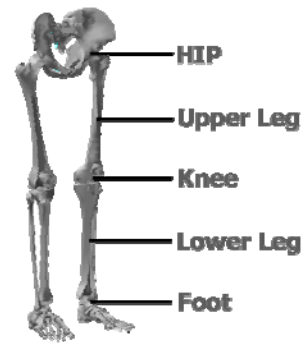
4. การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่า

โปรแกรม Adams-LifeMOD มีลำดับการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5 เริ่มจากการสร้างแบบจำลองของกระดูกส่วนที่จะวิเคราะห์หาการเคลื่อนที่ สร้างข้อต่อระหว่างกระดูกส่วนต่าง ๆ และกำหนดท่าทางเริ่มต้นในการวิเคราะห์ นำข้อมูลตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้จากโปรแกรม MATLAB ใส่ให้กับแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองเคลื่อนที่ไปตามที่กำหนด จากนั้นให้โปรแกรม Adams จำลองการเคลื่อนที่และวิเคราะห์หาการเคลื่อนที่ของข้อเข่า และในขั้นตอนสุดท้ายคือการสร้างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ตามลำดับ โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 การสร้างแบบจำลองของกระดูก เริ่มจากนำกระดูกส่วนต่าง ๆ คือกระดูกสะโพก ต้นขา หน้าแข้ง และเท้า จากฐานข้อมูลของ LifeMOD (anthropometric database) สำหรับแบบจำลองนี้เป็นชายอายุ 40 ปี



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงลำดับและขั้นตอนการจำลอง



รูปที่ 6 แสดงส่วนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น



รูปที่ 7 แสดงข้อต่อที่สร้างขึ้นและเส้นบอกแนวแกนของแบบจำลอง

สูง 170 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 จากนั้นพยายามปรับขนาดความยาวและความกว้างของแบบจำลองให้เท่ากับขนาดกระดูกจริง และลดรูปแบบจำลองลงให้เหลือเพียงส่วนที่จะนำมาวิเคราะห์เท่านั้น

4.2 การสร้างข้อต่อ กำหนดข้อต่อระหว่างกระดูก 2 ท่อนที่มีการสัมผัสกัน (รูปทรงกลม) คือ กระดูกสะโพกและกระดูกต้นขา (ข้อสะโพก) กระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง (ข้อเข่า) กระดูกหน้าแข้งและกระดูกเท้า (ข้อเท้า) ดังรูป ที่ 7 กำหนดให้ข้อเข่าเป็นข้อต่อแบบหมุนได้เฉพาะในแนว Sagittal (รอบแกนสีแดง) และสามารถเลื่อนตำแหน่งในทิศทาง x-y

ได้อย่างอิสระ กระดูกส่วนของสะโพกให้อยู่หนึ่งไม่มีการเคลื่อนที่ และให้ข้อเท้าเป็นแบบ Fixed-Joint เคลื่อนที่สัมผัสกับกระดูกหน้าแข้ง

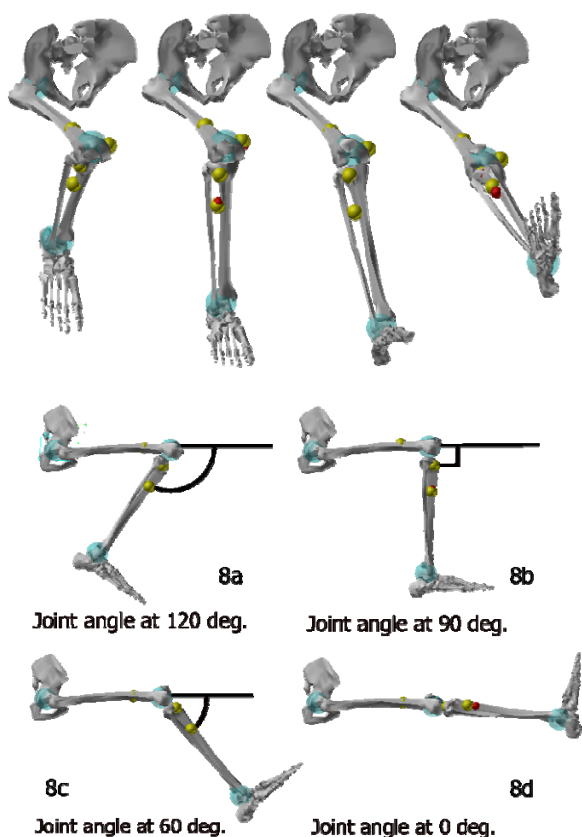
4.3 การกำหนดท่าทางเริ่มต้น กำหนดให้ท่าทางเริ่มต้นให้เหมือนกับท่าทางจากวิดีโอฟลูออโรสโคป คือมุมของสะโพกอยู่ที่ 90 องศา และข้อเข่าของข้อเข่าอยู่ที่ 120 องศา และให้มุมของข้อเท้าคงที่ที่ 90 องศา

4.4 กำหนดการเคลื่อนที่ให้กับกระดูก นำข้อมูลการเคลื่อนที่ของกระดูกที่ได้จาก MATLAB มาสร้างเส้นโค้งใน 2 มิติ ที่กำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้งและกระดูกต้นขา ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยกำหนดจุดเริ่มต้น(origin) ไว้ที่กึ่งกลางของกระดูกสะโพก

4.5 วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่า วิเคราะห์ผลโดยให้โปรแกรม Adams วิเคราะห์และคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ช่วงมุมในการงอเข่า ความเร็วและความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุมในการงอเข่า

4.6 การสร้างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ นำผลจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ที่สร้างกราฟแสดงผล เลือกโหมดรูปแบบการแสดงผลของการจำลองไดนามิกส์ โดยจัดแสดงผลในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว(Animation) พร้อมกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ เทียบกับเวลา

เมื่อสร้างและจำลองการเคลื่อนที่สำเร็จตามขั้นตอนข้างต้นแล้ว จะได้แบบจำลองดังรูปที่ 8



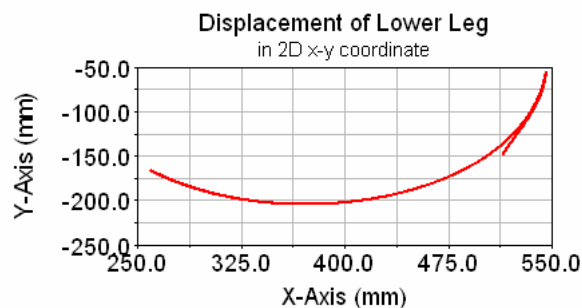
รูปที่ 8 แสดงแบบจำลองขณะที่ข้อเข่าทำมุมต่างๆ กัน

5. ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่

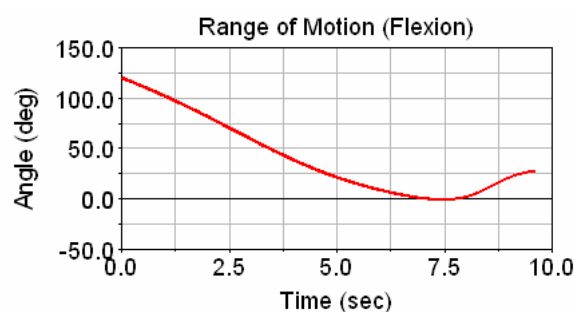
ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนที่สามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนย่อยด้วยกัน ส่วนแรกคือตำแหน่งการเคลื่อนที่ การเลื่อนตำแหน่งของกระดูกไปยังทิศทางต่างๆ ช่วงของการเคลื่อนที่ และมุมองศาของเข่าในระหว่างการเคลื่อนที่ ส่วนที่สองคือความเร็วในการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม และส่วนสุดท้ายคือความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุม ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของกระดูกเพียง 2 ส่วน คือกระดูกต้นขากับกระดูกหน้าแข้ง กระดูกต้นขามีการเคลื่อนที่ต่ำลงเล็กน้อยในระหว่างการยืดและเคลื่อนที่ขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการงอขา เส้นกราฟจึงมีความใกล้เคียงกับเส้นตรงมาก ส่วนกระดูกหน้าแข้งมีการเคลื่อนที่เห็นได้ชัดเจนโดยสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

จากรูปที่ 9 กระดูกหน้าแข้งมีแนวโน้มเป็นเส้นโค้งรัศมีไม่คงที่ จุดศูนย์กลางมวลของกระดูกเลื่อนลงไปต่ำสุดที่ระยะ -205 มิลลิเมตรในขณะที่ยังมีมุมองศา 40 องศา ดังรูปที่ 9 เส้นโค้งดังกล่าวเกิดขึ้นจากผลของการแกว่งโดยจุดศูนย์กลางการหมุนที่เปลี่ยนแปลงไปและหน้าสัมผัสระหว่างกระดูกมีการเลื่อนไถลด้วย การเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้งจึงเกิดเป็นเส้นโค้งรัศมีไม่คงที่ดังกล่าว

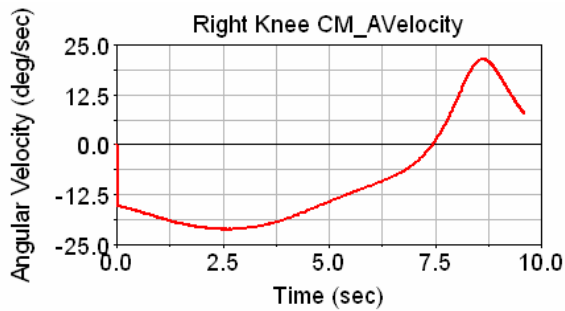
จากจุดที่เริ่มต้นวิเคราะห์คือที่มุมองศา 120 องศา ดังรูปที่ 8a พบว่าข้อเข่าในแบบจำลองสามารถยืดตรงออกไปได้จนกระทั่งถึง 0 องศาซึ่งเป็นเส้นตรง เมื่อเวลา 7.5 วินาที ดังรูปที่ 10 โดยช่วงเวลาในการยืดและงอเข่านี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่กระทำอยู่ด้วยการยืดขาตรงในระหว่างการเดินปกติจะยืดไปจนเหลือมุมองศาประมาณ 5 องศา แต่จากผลการจำลองการเคลื่อนที่ที่ได้เป็นเส้นตรงนี้อาจเนื่องมาจากต้นแบบของแบบจำลองพยายามเหยียดขาให้ตรงหรืออาจมีแรงจากภายนอกมาดึงให้ขายืดออกไป



รูปที่ 9 เส้นทางการเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้งใน Sagittal Plane



รูปที่ 10 ช่วงมุมระหว่างกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง



รูปที่ 11 อัตราเร็วเชิงมุมของกระดูกหน้าแข้ง

จากรูปที่ 11 ที่ช่วงใกล้จะยืดขาตรงนั้นอัตราเร็วเชิงมุมของกระดูกหน้าแข้งมีค่าน้อย แสดงว่าช่วงที่เข้ามีมุมงอเล็กน้อยหรือใกล้จะเหยียดตรงแบบจำลองมีอัตราเร็วเชิงมุมของการยืดขาน้อย คือสามารถเหยียดขาตรงได้ข้านั้นเอง โดยที่แบบจำลองนี้จะสามารถยืดขาได้เร็วที่สุด 21.5 องศาต่อวินาที ในช่วงที่เข้าทำมุมงอเป็นมุมประมาณ 70 องศา และมีอัตราเร็วเชิงมุมเฉลี่ย 14.8 องศาต่อวินาที ทั้งนี้อัตราเร็วในการงอจะขึ้นอยู่กับขนาดของกล้ามเนื้อของแต่ละคนด้วย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่าเพียงช่วงสั้นๆคือช่วงการยืดขาและการงอเข่าอีกเพียงเล็กน้อยเนื่องจากการนำภาพวิดีโอฟลูออโรสโคปของคนที่มาใช้ในการศึกษานั้นยังมีข้อมูลอยู่ค่อนข้างน้อยและข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลคนไข้ ในอนาคตหากสามารถรวบรวมข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่าในกิจกรรมต่าง ๆ ได้มากขึ้นจะได้ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อเข่าที่มากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามความถูกต้องของผลการวิเคราะห์นี้ขึ้นอยู่กับความใกล้เคียงกันระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับความจริงเป็นสำคัญ กล่าวคือยังสามารถสร้างแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากได้เท่าไรก็จะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและมั่นใจได้มากขึ้นเท่านั้น สำหรับข้อมูลที่ได้จากบทความนี้สามารถนำไปเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาและใช้ในการออกแบบข้อเข่าเทียมในอนาคตได้

ในการพัฒนางานวิจัยในอนาคตจะทำการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ใน 3 มิติ เพื่อให้ได้ผลการเคลื่อนที่ที่มีความถูกต้องมากที่สุด จะทำการสร้างอัลกอริทึมที่สามารถระบุตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกระดูกได้สะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นจะทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ที่ซับซ้อนมากขึ้นนอกเหนือไปจากการงอเข่าเพียงอย่างเดียว และจะวิเคราะห์ไดนามิกส์ของข้อเข่าให้ได้ค่าแรงในระหว่างการเคลื่อนที่เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดภายในข้อเข่าในลำดับต่อไป

6. สรุป

จากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ที่ข้อเข่าสามารถสรุปได้ว่าการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ด้วยกล้องวิดีโอฟลูออโรสโคปแล้วนำไปประมวลผลภาพสามารถหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของข้อเข่าได้อย่างแม่นยำ และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และจำลองการเคลื่อนที่ของข้อเข่าด้วยโปรแกรม Adams-LifeMOD สามารถหาข้อมูลการเคลื่อนที่ของข้อเข่าที่แม่นยำและละเอียดเพียงพอ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้นี้ไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบข้อเข่าเทียมได้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนเงินวิจัยในการซื้อโปรแกรม Adams-LifeMOD มาช่วยในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิทยบริการ, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2549. http://elib.fda.moph.go.th/library/default.asp?page=news_detail&id=5779
- [2] Alberto Leardini, Lorenzo Chiari. 2004. Human movement analysis using stereo-photogrammetry Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. Gait & Posture, Vol.21, pp. 212-225
- [3] Andrea Giovanni Cutti, Gabriele Paolini and Macro Troncosi. 2005. Soft tissue artifact assessment in humeral axial rotation. J. Gait and Poster , Vol 21, pp.341-349.
- [4] Monika Silvia Zihlmann, Hans Gerber, Alex Stacoff, Kathrin Burckhardt. 2005. Three-dimensional kinematics and kinetics of total knee arthroplasty during level walking using single plane video-fluoroscopy and force plates: A pilot study. Gait & Posture, Vol.24, pp. 475-481.
- [5] LifeMOD™, Biomechanics Research Group, Inc. "Software Features," July 2007, <http://www.lifemodeler.com>.
- [6] W. Norman Scott, "The Knee," Mosby Year Book, Inc., 1994.
- [7] Margareta Nordin. Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. 3rd Edition. United States of America. Lippincott Williams & Wilkins Company. 2001.
- [8] ลัญฉกร วุฒิสัทกุลกิจและคณะ, "การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น," สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.