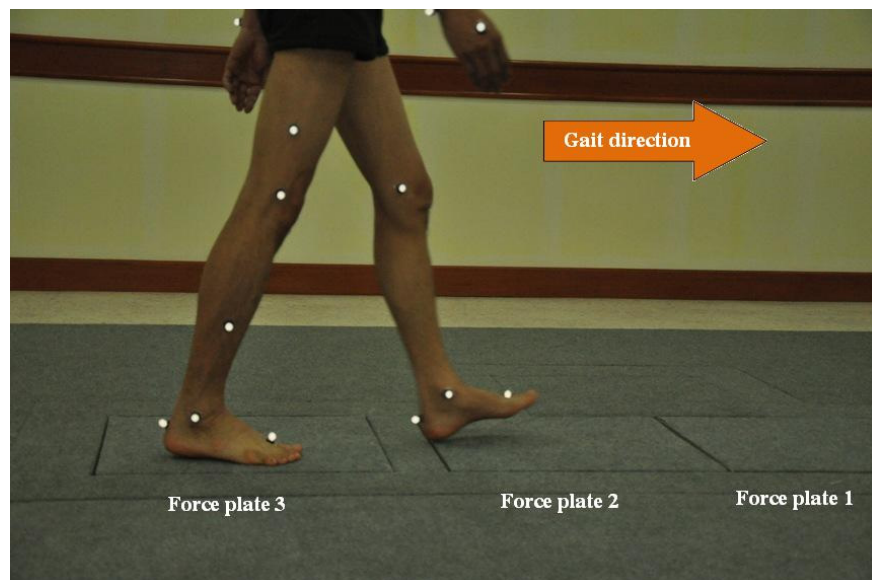


บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในบทที่ 4 ประกอบไปด้วยผลการทดลองทั้งหมด 2 ส่วนคือผลการเก็บข้อมูลการเดินจากห้องปฏิบัติการ Gait analysis ซึ่งจะประกอบไปด้วยการเดินด้วยเท้าเปล่า, การเดินด้วยรองเท้าปกติ, การเดินด้วยอุปกรณ์ช่วยเดิน Compliant wedge 2°, การเดินด้วยอุปกรณ์ช่วยเดิน Compliant wedge 4° และการเดินด้วยอุปกรณ์ช่วยเดิน Compliant wedge 6° ตามลำดับ และในส่วนที่สองเป็นการแสดงผลการคำนวณค่า KAM ที่ได้จากแบบจำลองการเดินด้วยโปรแกรม Adams life module รวมไปถึงการปรับแต่งค่าเพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

4.1 ผลการเก็บข้อมูลการเดินจากห้องปฏิบัติการ Gait analysis

การเก็บข้อมูลการเดินจะทำการเก็บข้อมูลในลักษณะการเดินต่างๆกันดังนี้คือ เท้าเปล่า, รองเท้าหุ้มส้นปกติและรองเท้าที่ติดตั้ง Compliant wedge ที่มีมุมแตกต่างกัน (2°, 4° และ 6°) โดยในแต่ละการทดลองจะเก็บข้อมูลการเดินที่เป็น Successful trial ทั้งหมด 3 ชุดที่มีทิศทางในการเดินเหมือนกันซึ่งจะกำหนดให้เดินจากทางซ้ายของห้องไปยังทางขวาของห้อง ซึ่งในการเดินจะผู้ร่วมทดสอบจะเดินผ่าน Force plate 3, 2 และ 1 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.1 นอกจากนี้จะกำหนดให้ผู้ร่วมทดสอบเดินด้วยความเร็วปกติของผู้ร่วมทดสอบเอง สำหรับรายละเอียดข้อมูลที่เก็บได้จะแสดงในตารางที่ 4.1

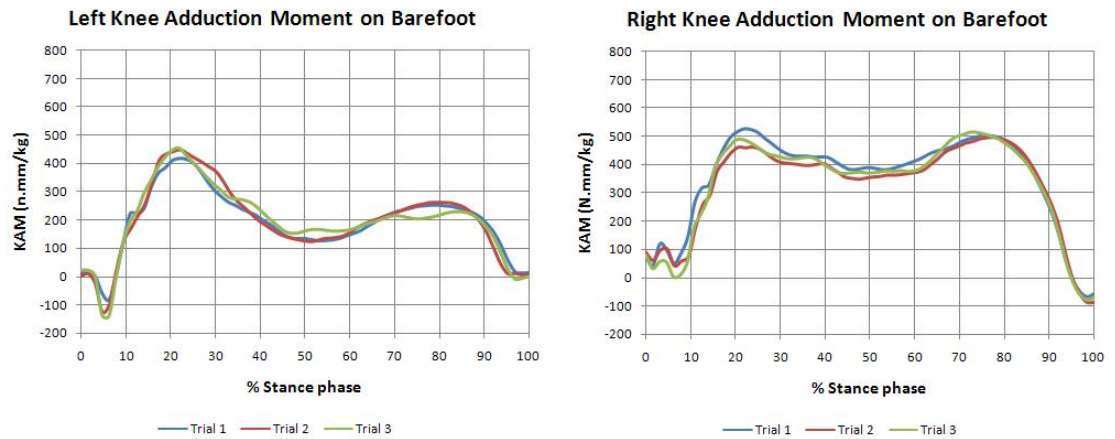


รูปที่ 4.1 แสดงทิศทางในการเดินสำหรับเก็บข้อมูลการเดินในห้องปฏิบัติการ Gait analysis

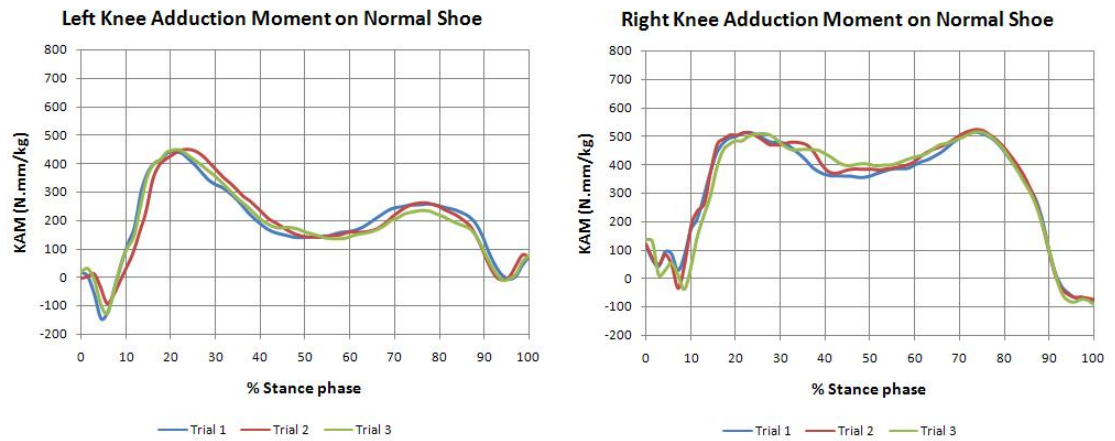
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดการเก็บข้อมูลการเดินของผู้ร่วมทดสอบ

การทดลอง	Trial	เวลาในการเดิน (s)	ความเร็วในการเดิน (m/s)	เท้าข้างที่สัมผัสกับ Force plate		
				Force plate 1	Force plate 2	Force plate 3
Barefoot	1	7.26	1.14	ขวา	ซ้าย	ขวา
	2	7.60	1.09	ขวา	ซ้าย	ขวา
	3	7.56	1.10	ขวา	ซ้าย	ขวา
Normal shoe	1	7.50	1.11	ขวา	ซ้าย	ขวา
	2	7.53	1.10	ขวา	ซ้าย	ขวา
	3	7.55	1.10	ขวา	ซ้าย	ขวา
Compliant wedge 2°	1	7.36	1.13	ขวา	ซ้าย	ขวา
	2	7.59	1.09	ขวา	ซ้าย	ขวา
	3	7.50	1.11	ขวา	ซ้าย	ขวา
Compliant wedge 4°	1	7.47	1.11	ขวา	ซ้าย	ขวา
	2	7.57	1.10	ขวา	ซ้าย	ขวา
	3	7.36	1.13	ขวา	ซ้าย	ขวา
Compliant wedge 6°	1	7.51	1.11	ขวา	ซ้าย	ขวา
	2	7.79	1.07	ขวา	ซ้าย	ขวา
	3	7.66	1.08	ขวา	ซ้าย	ขวา

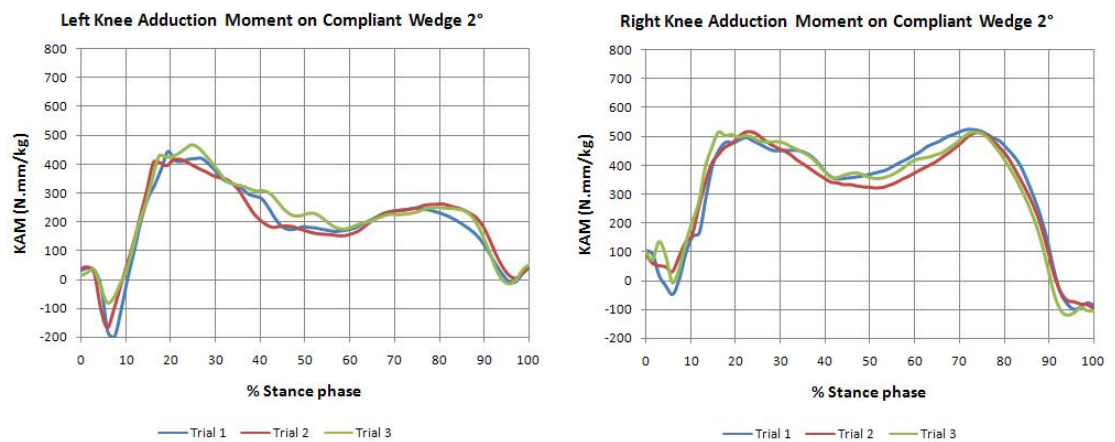
จากตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการเดินในแต่ละรอบของการทดลองซึ่งหากทราบเวลาที่ใช้ในการเดินในแต่ละรอบก็จะสามารถทำให้สามารถคำนวณหาความเร็วในการเดินในแต่ละรอบได้ด้วย โดยระยะทางในการเดินในแต่ละรอบเท่ากับ 8.30 m. ซึ่งจากข้อมูลที่ได้พบว่าความเร็วเฉลี่ยในการเดินเท่ากับ 1.10 ± 0.02 m/s สำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการเดินจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือข้อมูล Kinematics ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกาย โดยที่ข้อมูล Kinematics นี้จะถูกนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองการเดิน ในขณะที่ข้อมูลอีกส่วนคือข้อมูล Kinetics ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแรงที่เกิดขึ้นขณะเดิน โดยที่ KAM เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษาสำหรับในงานวิจัยนี้ จากผลการทดสอบการเดินที่เลือกทั้ง 3 ชุดสามารถแสดงผลของ KAM ได้ดังนี้คือ



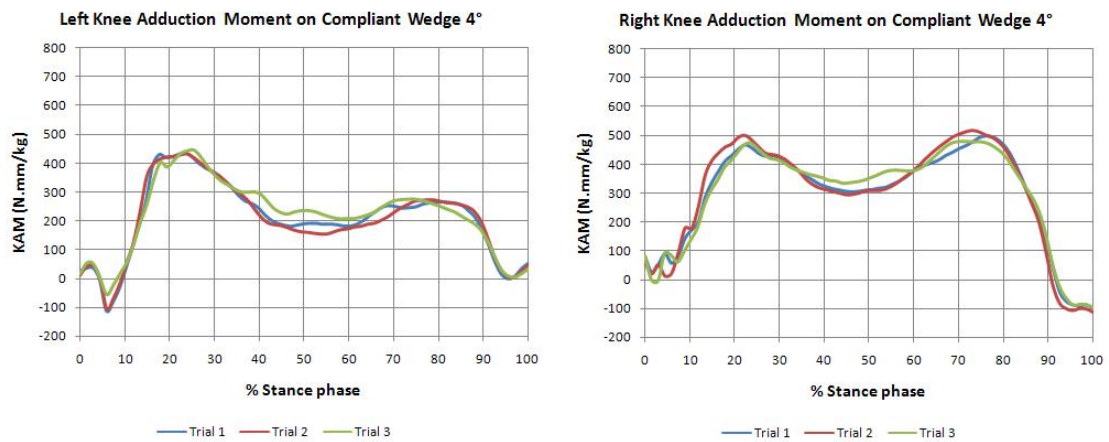
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟ KAM ที่วัดได้จากการเดินด้วยเท้าเปล่า



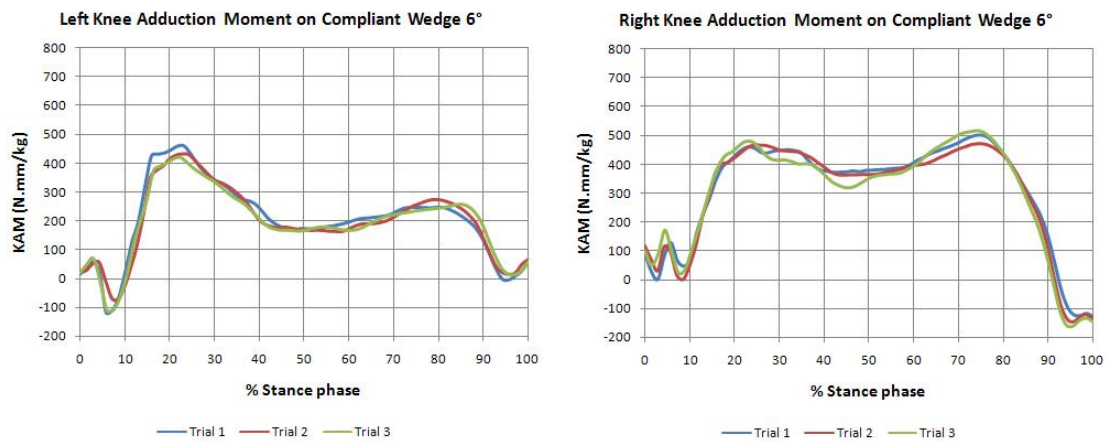
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟ KAM ที่วัดได้จากการเดินด้วยรองเท้าหุ้มส้นปกติ



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟ KAM ที่วัดได้จากการเดินด้วย Compliant wedge 2°



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟ KAM ที่วัดได้จากการเดินด้วย Compliant wedge 4°



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟ KAM ที่วัดได้จากการเดินด้วย Compliant wedge 6°

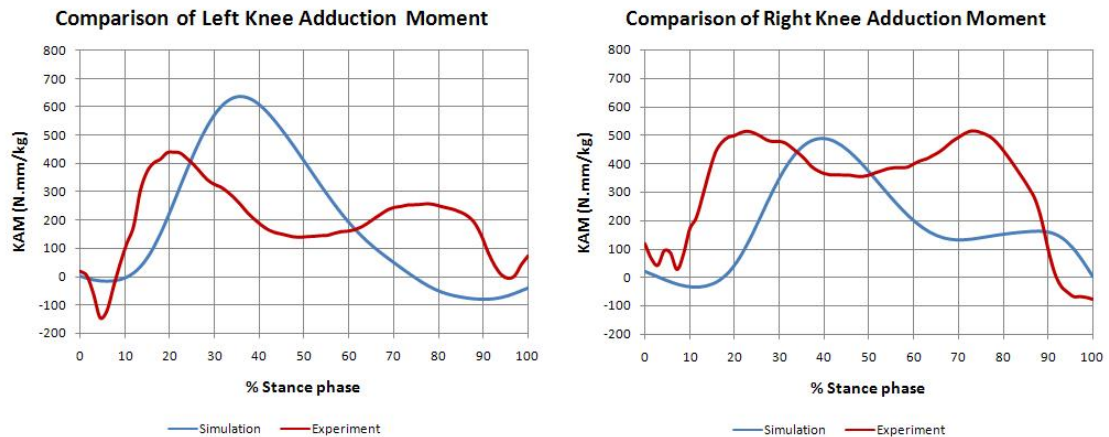
4.2 ผลการเดินที่ได้จากแบบจำลองการเดินด้วยโปรแกรม Adams life module

แบบจำลองการเดินที่สร้างด้วยโปรแกรม Adams life module โดยอาศัยข้อมูลการเดินของคนซึ่งข้อมูลการเดินนี้จะอยู่ในรูปของการเคลื่อนที่ของ Marker ที่ถูกติดตั้งไว้บนร่างกายซึ่งเมื่อนำมาประกอบเข้ากับแบบจำลองก็จะทำให้แบบจำลองที่สร้างสามารถเคลื่อนไหวได้เหมือนกับการเดินจริง

4.2.1 การปรับแต่งค่าตัวแปรสำหรับแบบจำลองการเดิน

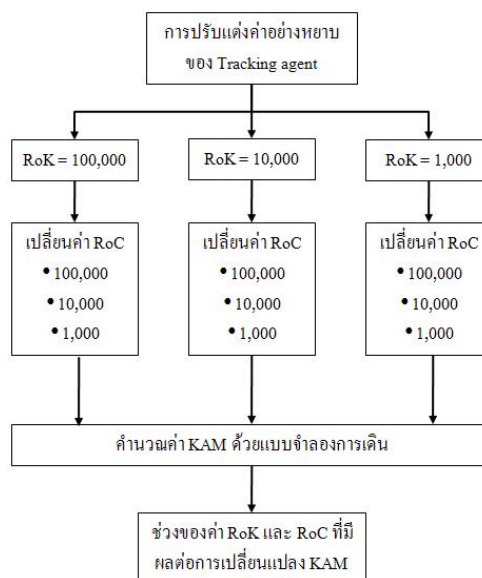
ในการทดลองนี้จะแบ่งการปรับแต่งค่าตัวแปรของ Tracking agent ออกเป็น 2 ส่วนคือ การปรับแต่งอย่างหยาบและการปรับแต่งอย่างละเอียด สำหรับตัวแปรของ Tracking agent ที่จะทำการปรับในที่นี้จะประกอบไปด้วย RoK และ RoC โดยจากรูปที่ 4.12 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าของ KAM ที่คำนวณได้จากแบบจำลองการเดินโดยใช้ค่าตัวแปรตามที่ตัวอย่างแนะนำสำหรับการสร้างแบบจำลองการเดิน

[25, 26] และค่าเฉลี่ยของ KAM ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ Gait analysis ซึ่งจะพบว่าค่า KAM ที่ได้มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยค่าเฉลี่ย KAM จากแบบจำลองการเดินจะใช้ค่าเริ่มต้นของตัวแปร RoK และ RoC เท่ากับ 1,000,000

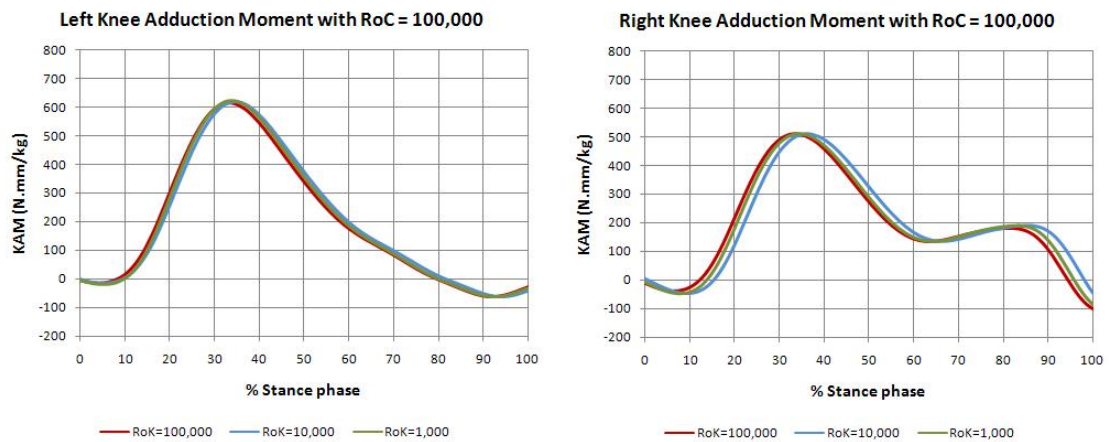


รูปที่ 4.7 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า KAM ระหว่างผลที่ได้จาก Simulation และ Experiment

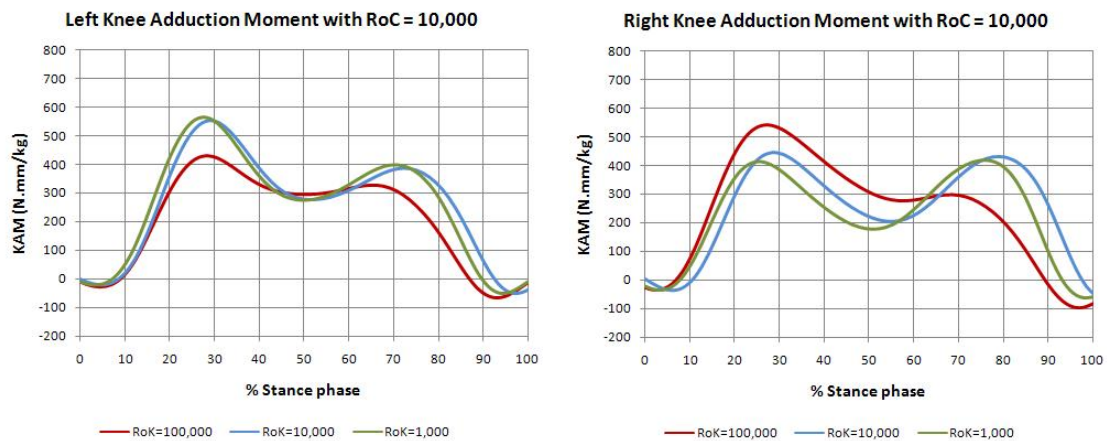
จากรูปที่ 4.7 พบว่าหากใช้ค่าตัวแปร RoK และ RoC ตามที่ตัวอย่างแนะนำคือ 1,000,000 จะทำให้แบบจำลองคำนวณค่า KAM ได้มีความแตกต่างจากผลการทดลองค่อนข้างมาก ดังนั้นสำหรับการปรับแต่งค่าตัวแปรในขั้นตอนแรกจะกำหนดให้ค่า RoK และ RoC มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 100,000 จากนั้นจะลดลงเป็น 10,000 และ 1,000 ตามลำดับโดยขั้นตอนในการปรับแต่งตัวแปรจะแสดงตามไดอแกรมซึ่งแสดงในรูปที่ 4.8



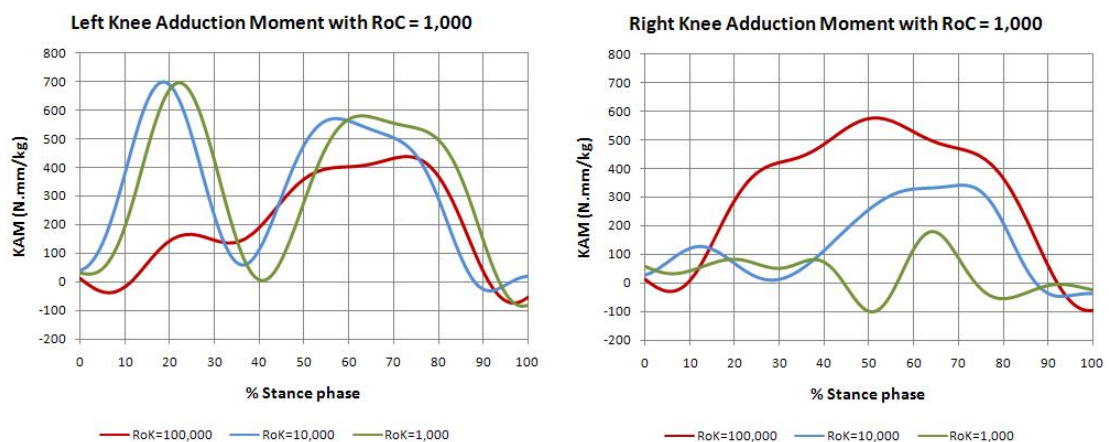
รูปที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการปรับค่าตัวแปร RoK และ RoC ในขั้นแรก



รูปที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณค่า KAM โดยกำหนดให้ค่า RoC = 100,000



รูปที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณค่า KAM โดยกำหนดให้ค่า RoC = 10,000



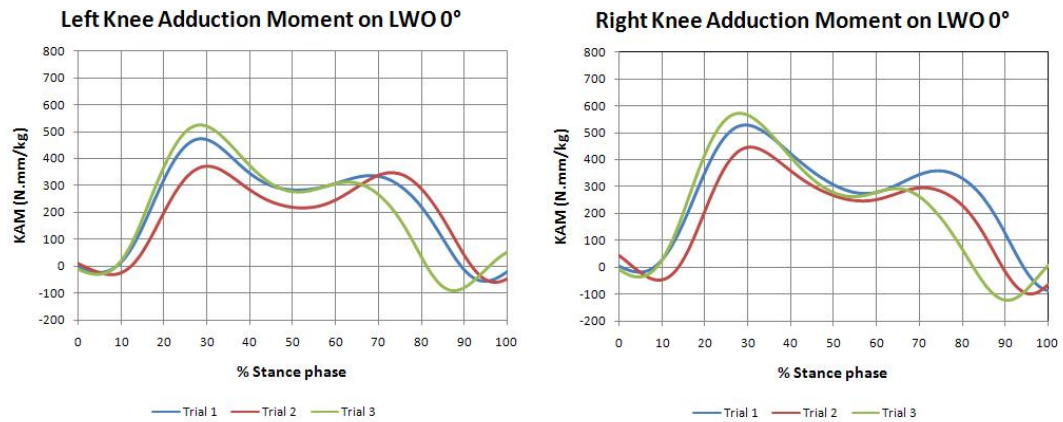
รูปที่ 4.11 แสดงผลการคำนวณค่า KAM โดยกำหนดให้ค่า RoC = 1,000

จากผลการคำนวณในขั้นแรกของการปรับแต่งพบว่าในช่วงของค่า RoC เท่ากับ 10,000 จะทำให้แบบจำลองสามารถคำนวณค่า KAM ได้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองมากที่สุด ซึ่งจากรูปที่ 4.10 จะสังเกตเห็นว่าในช่วงของค่า RoK เท่ากับ 1,000 ถึง 10,000 ค่าของ KAM ที่คำนวณได้จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมีความใกล้เคียงกับค่า KAM ที่วัดได้จากการทดลอง ดังนั้นในขั้นต่อไปของการปรับแต่งค่าจะทำการปรับค่าอย่างละเอียดอีกครั้งโดยจะกำหนดให้ค่า RoC คงที่เท่ากับ 10,000 จากนั้นจะเปลี่ยนค่า RoK จาก 1,000 ถึง 10,000 โดยจะเพิ่มค่า RoK ขึ้นครั้งละ 1,000 จากนั้นจะเลือกค่า RoK ที่ทำให้แบบจำลองสามารถคำนวณค่าของ Peak KAM ได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากที่สุด โดยจากข้อมูลที่ได้ในตารางที่ 4.2 พบว่าที่ค่า RoK เท่ากับ 60,000 และ RoC เท่ากับ 10,000 จะทำให้แบบจำลองที่สร้างสามารถคำนวณค่า KAM ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ 17.88%

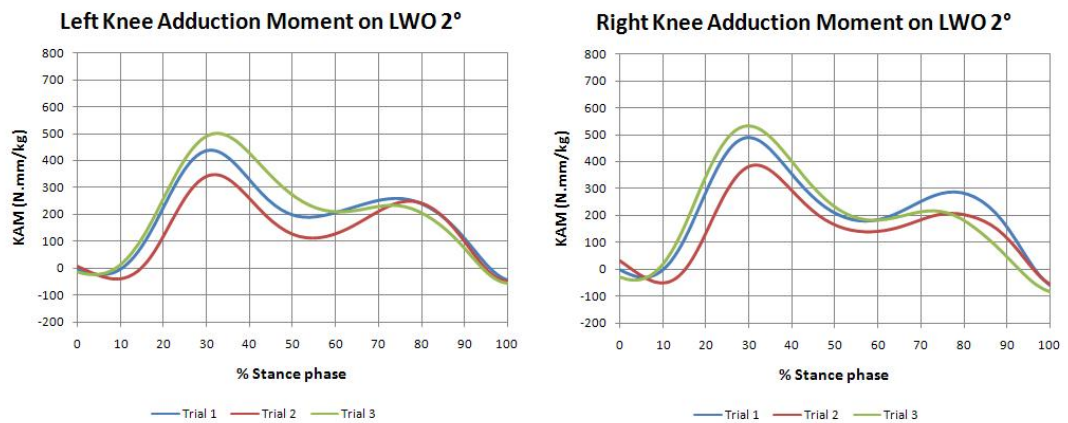
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนค่าตัวแปร RoK ในช่วง 10,000 ถึง 1,000

RoC	RoK	1 st peak LKAM error (%)	2 nd peak LKAM error (%)	1 st peak RKAM error (%)	2 nd peak RKAM error (%)	Mean error (%)
10,000	10,000	26.36	51.17	-13.86	-16.70	27.02
	20,000	22.64	45.06	-8.96	-16.57	23.31
	30,000	19.67	40.43	-4.21	-19.37	20.92
	40,000	14.05	36.03	-1.59	-23.32	18.75
	50,000	11.00	33.47	1.28	-26.94	18.17
	60,000	7.69	31.04	2.06	-30.75	17.88
	70,000	4.16	29.80	3.50	-34.13	17.90
	80,000	1.94	29.68	4.62	-37.66	18.47
	90,000	-0.38	28.35	5.28	-39.83	18.46
	100,000	-2.21	27.50	5.17	-42.16	19.26

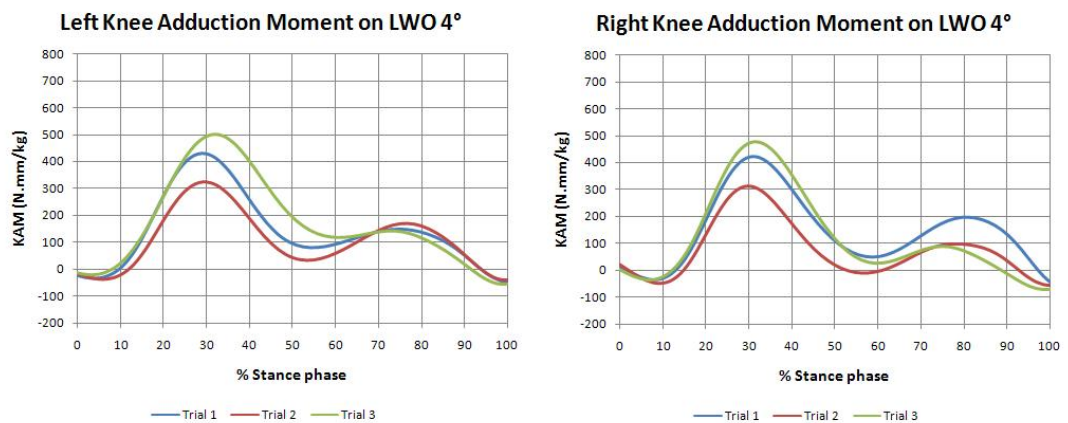
4.2.2 ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองการเดินโดยการเปลี่ยนมุม LWO



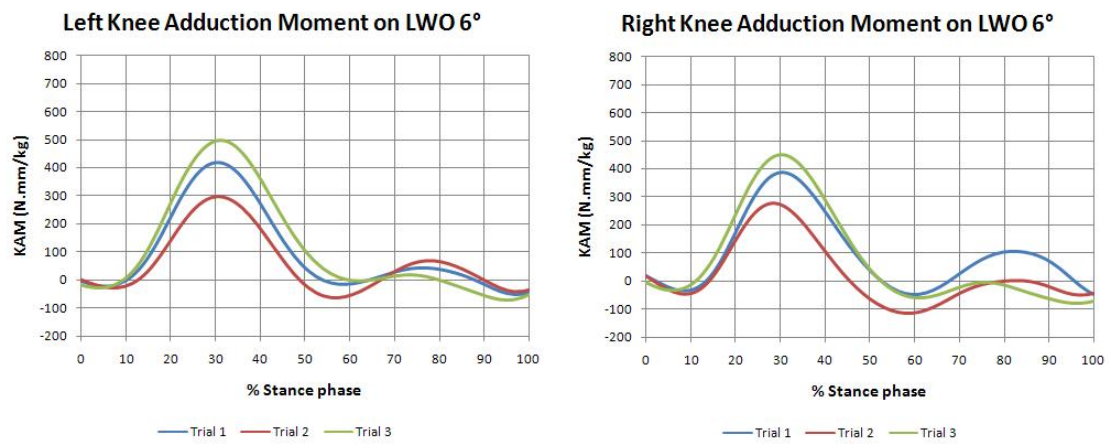
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟ KAM ที่คำนวณได้จากข้อมูลการเดินด้วย LWO 0°



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟ KAM ที่คำนวณได้จากข้อมูลการเดินด้วย LWO 2°



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟ KAM ที่คำนวณได้จากข้อมูลการเดินด้วย LWO 4°



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟ KAM ที่คำนวณได้จากข้อมูลการเดินด้วย LWO 6°