บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การเดินเป็นการเคลื่อนไหวของขาสลับกันในลักษณะของ open kinematic chain เมื่ออยู่ในช่วง swing และเข้าสู่ closed kinematic chain ในช่วง stance ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อย่อยทั้งสองข้อต่อของข้อเข่า (arthrokinematic) ที่มีความแตกต่างกันแต่สัมพันธ์กัน ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อรอบๆข้อเข่า โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ quadriceps (Koh et al 1992) และจากการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อ sutalar ของข้อเท้าขณะเดิน ที่ไปมีผลต่อข้อต่อ talocrural ที่มีส่วนปลายของกระดูก tibia ประกอบเป็นข้อต่ออยู่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระดูก tibia ที่ข้อเข่าได้ (Callaghan & Baltzopoulos 1992, Tiberio 1987) และมีผลต่อการเคลื่อนของกระดูก patella ด้วย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของกระดูก patella ที่เกิดขึ้นขณะเดิน โดยใช้การวัดมุม Q angleในทุกระยะของการเดินที่ต่อเนื่องกัน ด้วยการบันทึกภาพวิดีทัศน์ทางด้านหน้าและทางด้านข้าง ซึ่งเป็นการศึกษาภาพที่ได้ใน 2 มิติ คล้ายกับการศึกษาของ Kernosek & Greer ในปี 1993 แต่ตำแหน่งการวางกล้องวิดีทัศน์เพื่อบันทึกภาพและความเร็วของ treadmill ที่ใช้แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ คือ Kernosek & Greer ทำการศึกษาโดยวางกล้องวิดีทัศน์ทางด้านหน้าและด้านหลังของอาสาสมัคร รวมทั้งกำหนดความเร็วของ treadmill เท่ากับ 1.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเพื่อให้อาสาสมัครทุกคนเดินด้วยความเร็วเท่ากัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยวางกล้องทางด้านหน้าและด้านข้างของอาสาสมัคร เพื่อนำภาพมายืนยันว่าระยะต่างของการเดินที่เลือกมาศึกษานั้นเป็นระยะที่ถูกต้องจริงโดยใช้การเปรียบเทียบจากภาพทางด้านข้างก่อน และอาสาสมัครทุกคนในการศึกษาครั้งนี้ได้เดินบน treadmill ที่มีความเร็วเท่ากับความเร็วในการเดินปกติของอาสาสมัครเพื่อเป็นการศึกษาในขณะเดินที่ปกติของแต่ละคนมากที่สุด ข้อที่แตกต่างจากงานของ Kernosek & Greer อีกข้อ คือ Kernosek & Greer ทำการศึกษาค่า Q angle ขณะเดินเพียง 2 ระยะเท่านั้น คือระยะ HS กับ ระยะ MST โดยให้เหตุผลว่าเป็นระยะที่เห็นการเปลี่ยนแปลงของ Q angle ที่ชัดเจนที่สุด ซึ่งต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ ที่ทำการศึกษา Q angle ที่เปลี่ยนแปลงไปในทุกระยะของการเดิน ซึ่งจะทำให้ทราบว่า Q angle มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรและมีค่าเท่าไร

จากผลการศึกษาพบว่า Q angle ที่วัดได้จากท่ายืนโดยใช้ goniometer มีค่ามากกว่าค่า Q angle ที่วัดในท่าเดียวกันของ Insall ในปี 1976 ซึ่งอาจเกิดจากในการศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดท่ายืนให้กับอาสาสมัคร โดยให้เท้าวางราบบนเส้นที่กำหนด ปลายเท้าชี้ไปทางด้านหน้า กางขาออกเล็กน้อยให้เท่ากับความกว้างของช่วงไหล่ เพื่อให้ขาอยู่ใน neutral position มากที่สุด แต่ Insall ไม่ได้กำหนดท่าในการยืนก่อนทำการวัด ทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ เมื่อนำค่า Q angle ที่ได้ในระยะHS กับค่าที่ได้จากระยะ MST ไปเรียบเทียบกับของ Kernosek & Greer (1993) ก็พบว่าค่าที่ได้

มากกว่าอีกเช่นกัน ซึ่งอาจเกิดจาก การเดินบน treadmill ที่มีความเร็วเท่ากับความเร็วในการเดินตามปกติของอาสาสมัครแต่ละคน ทำให้สามารถเดินด้วยรูปแบบการเดินตามปกติ ไม่ถูกบังคับให้เดินด้วยความเร็วที่กำหนด ทำให้รูปแบบการเดินอาจเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ ค่า Q angle ที่ได้จึงต่างกัน

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบอีกว่า ค่า Q angle ที่ได้ในระยะ heel off ของช่วง stance มีค่าใกล้เคียงกับค่า Q angle ที่วัดได้จากวิธีปกติมากที่สุด ในขณะที่ค่าของระยะอื่นๆ มีความแตกต่างอย่างชัดเจน อาจเกิดจากในระยะ heel off กล้ามเนื้อ quadriceps ทำงานแบบ eccentric ซึ่งไปมีผลในการเลื่อนของกระดูก patella กลับลงมาสู่ตำแหน่งปกติ ซึ่งคล้ายกับการวัดในท่ายืนที่ไม่มีการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ quadriceps และเมื่อทำการเปรียบเทียบกันเอง ภายในระยะของแต่ละช่วงนั้น จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 พบว่า ในช่วง stance ค่า Q angle ที่ได้จากระยะ toe off จะได้ค่าที่แตกต่างจากระยะอื่นเกือบทุกระยะ ยกเว้นในระยะ foot flat เนื่องจากระยะ foot flat นี้ เข่าจะอยู่ในลักษณะงอเล็กน้อย เพื่อรอรับน้ำหนักตัว โดยการเกร็งของกล้ามเนื้อ quadriceps ซึ่งคล้ายกับในระยะ toe off ที่เข่างอเล็กน้อยเช่นกัน เพื่อให้นิ้วเท้าพ้นพื้น กล้ามเนื้อ quadricepsจะทำงานแบบ eccentric เช่นเดียวกับในระยะ heel off เพื่อเตรียมเข้าสู่ระยะ acceleration ต่อไป และเมื่อพิจารณาดูค่าความสัมพันธ์ที่ได้จะเห็นว่าค่า Q angle ที่ได้ในระยะ toe off ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะอื่นๆเช่นกัน

จากผลการวิจัย ทำให้ทราบอีกว่าค่า Q angle ของระยะ heel strike มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับ Q angle ระยะ mid stance และ Q angle ระยะ deceleration ซึ่งหมายถึง เมื่อ Q angle ในระยะ heel strike มีค่ามากขึ้น จะทำให้ 2 ค่านี้มากขึ้นด้วย เนื่องจากการเคลื่อนไหวของเข่าทั้ง 3 ระยะนี้คล้ายกัน คือ ข้อเข่าเหยียดตรง และกล้ามเนื้อ quadriceps ทำงานแบบ concentric ซึ่งไปดึงให้กระดูก patella ในทิศทาง superior gliding ร่วมกับ medial tilt และ rotation ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ค่า Q angle ที่ได้จากทั้ง 3 ระยะนี้จึงมีความสัมพันธ์กัน ส่วนในระยะที่มีการงอเข่า คือระยะ mid swing ค่า Q angle ที่ได้ มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า Q angle ในระยะ acceleration และค่า Q angle ในระยะ deceleration สำหรับความสัมพันธ์กับค่า Q angle ในระยะ acceleration นั้น สามารถอธิบายได้ว่า ทั้งสองระยะนี้มีการเคลื่อนที่ของกระดูก patella ในทิศทาง inferior gliding ร่วมกับ lateral shift และ lateral rotation กระดูก patella จะเคลื่อนที่ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เข้าสู่ในตำแหน่งของ patellar fossa ที่อยู่ระหว่าง condyle ของกระดูก femur ที่เลื่อนออกมาเมื่อเข่างอ แต่ความสัมพันธ์กับระยะ deceleration นั้น อาจสามารถอธิบายได้ว่า ในระยะนี้อาสาสมัครบางคนยังไม่เหยียดเข่าออก จนกว่าจะเข้าสู่ระยะ heel strike จึงทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์ของค่า Q angle ที่ได้

กับระยะ mid swing นอกจากนี้ ยังพบว่า ค่า Q angle ในระยะ deceleration มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระยะ heel strike ระยะ foot flat และระยะ mid stance อีกด้วย ทำให้ทราบได้ว่าเมื่อค่า Q angle ที่ได้จากระยะ deceleration เพิ่มขึ้น ค่า Q angle ของระยะ foot flat และ ระยะ mid stance ก็จะมากขึ้นด้วย

จากการที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ของ Q angle ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถอธิบายได้ว่า การเคลื่อนไหวของขาในช่วง stance เป็นการเคลื่อนไหวแบบ close kinematic chain ร่วมกับการลงน้ำหนักและถ่ายเทน้ำหนัก เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ต่อไป ซึ่งในการเคลื่อนไหวในช่วงนี้ กระดูก tibia มีการเคลื่อนไหวที่น้อย (Stiene et al 1996) เนื่องจากเท้าถูกยึดอยู่กับที่ กระดูก tibia จึงเหมือนถูกทำให้อยู่นิ่ง การเคลื่อนไหวของกระดูกที่ประกอบเป็นข้อเข่า จึงเกิดมากที่กระดูก femur และ กระดูก patella รวมทั้งมีการทำงานของกล้ามเนื้อ quadriceps เพื่อใช้ในการรับน้ำหนักและให้มีการเคลื่อนไหวของเข่าในการเดินด้วย โดยการทำงานของกล้ามเนื้อ quadriceps โดยเฉพาะ VM ซึ่งทำงานแบบ eccentric แต่ VL (vastus lateralis) และ RF (rectus femoris) จะทำงานแบบ concentric ในช่วง stance นี้เป็นการทำงานแบบ concentric เพื่อดึงให้ข้อเข่าเหยียด รับน้ำหนักตัว แรงดึงของกล้ามเนื้อจากการหดตัวแบบนี้จะไปทำให้กระดูก patella ถูกดึงขึ้นไปทางด้านบนตามแรงดึงของกล้ามเนื้อ ในขณะที่ส่วนปลายของกระดูก femur หมุนเข้าทางด้านในเพื่อให้รับกับส่วนบนของกระดูก tibia และกระดูก patella เพื่อรับน้ำหนักของร่างกาย ในขณะที่ช่วง swing ขาจะเคลื่อนไหวแบบ open kinematic chain โดยกระดูก tibia จะถูกกล้ามเนื้อ hamstrings ที่หดตัวแบบ concentric ดึงให้งอไปทางด้านหลัง เท้าลอยพ้นพื้น ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อ quadriceps ทำงานแบบ eccentric เพื่อช่วยชะลอ (break) ให้กระดูก patella ค่อยๆเคลื่อนตัวลงอย่างช้าๆ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบเรียบ อีกทั้งช่วยให้กระดูก patella เคลื่อนเข้าสู่ patellar fossa ได้อย่างเข้ากันสนิท (Dvir & Halperin 1992) ซึ่งการเคลื่อนไหวเหล่านี้ต้องสัมพันธ์กันหมด ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดง arthrokinematic ของกระดูก ข้อเข่าทั้ง 3 ชิ้น

Phase	Bone	Direction				
Stance (extend to flex)	Tibia Femur Patella	Posterior drawer Posterior roll Superior glide	External rotate Internal rotate Medial tilt	Abduction Adduction Medial rotate	Lateral shift - medial shift	Compression - distraction
Swing (flex to extend)	Tibia patella	Anterior drawer Inferior glide	Internal rotate Lateral shift	Adduction External rotate	Medial shift Lateral shift	Distraction compression

(Tiberio 1987, Koh et al 1992, Lafortune et al 1992, Morrish & Woledge 1997)

การเคลื่อนของกระดูก patella ที่แสดงในตารางที่ 12 นั้นเกิดจาก การทำงานของกล้ามเนื้อ vastus lateralis (VL) ที่ใหญ่และแข็งแรงที่สุดของกลุ่มกล้ามเนื้อ quadriceps และกล้ามเนื้อ vastus medialis (VM) โดยเฉพาะ oblique fiber จึงเรียกว่า vastus medialis oblique (VMO) ส่วนกล้ามเนื้อ vastus intermedius และ กล้ามเนื้อ rectus femoris ทำหน้าที่ช่วยเสริมความมั่นคงของข้อต่อ (stabilize) ขณะเคลื่อนไหว พร้อมกับช่วย break ให้การเคลื่อนไหวของเข่าเป็นไปอย่างราบเรียบมากขึ้น โดยการทำงานของ VL และ VMO นั้น ในระยะ heel strike กล้ามเนื้อ VL จะเริ่มทำงานแบบ concentric ร่วมกับ RF ก่อน ซึ่งจะดึงให้กระดูก patella เคลื่อน lateral shift ร่วมกับ medial rotation ซึ่ง VMO จะทำงานแบบ eccentric เพื่อช่วยให้ กระดูก patella จึงเคลื่อนไหวในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (Gerrad 1995) จนเข้าสู่ระยะ foot flat และ mid stance กล้ามเนื้อ VMO จะทำงานแบบ concentric เพื่อดึงให้กระดูก patella เคลื่อนในทิศทางกลับตามเข็มนาฬิกา ร่วมกับเกิด medial shift ให้กลับสู่ตำแหน่งเดิม ร่วมกับการทำงานของ retinaculum (พังผืดยึดรอบข้อเข่า) ที่เป็น dynamic stabilizer ของกระดูก patella ร่วมกับ VL ที่ทำงานแบบ eccentric เพื่อช่วย break ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

การที่กระดูก patella เคลื่อนไหวตามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เพื่อให้รับกับการเคลื่อนไหวของกระดูก tibia และ กระดูก femur ที่เปลี่ยนไป โดยเฉพาะการเคลื่อนที่ของกระดูก tibia ในช่วง stance ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของ subtalar joint ที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก supination (dorsiflexion + inversion + adduction) ไปสู่ท่า pronation (dorsiflexion + eversion + abduction) ทำให้กระดูก -

ข้อเท้า (talus) ที่เป็นส่วนประกอบของข้อเท้าซึ่งต่ออยู่กับกระดูก tibia (Tiberio 1987) โดยเมื่อเกิด pronation กระดูก tibia จะถูกดึงเข้าทางด้านในมากยิ่งขึ้น แต่ถูกยึดไว้ด้วย retinaculum ที่ข้อเข่า ทำให้เกิด adduction (valgus) มากขึ้น กระดูก patella ที่มี patellar tendon เกาะที่ tibial tubercle จะถูกดึงเข้าทางด้านในมากขึ้น จึงทำให้ตำแหน่งอ้างอิงที่ mid patella เคลื่อนเข้าไปทางด้านในด้วย จึงทำให้ค่า Q angle ที่วัดได้ในช่วง stance มีค่ามาก ส่วนในช่วง swing การเคลื่อนของกระดูก patella จะเคลื่อนย้อนกลับกับช่วง stance และมีการทำงานของกล้ามเนื้อ quadriceps แบบ eccentric ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้เมื่อ กระดูก patella เคลื่อนเข้าสู่ patellar fossa (groove) ร่วมกับมีการเคลื่อนของกระดูก tibia ในทิศทาง internal rotation ร่วมกับ medial shift จึงทำให้ตำแหน่งอ้างอิงทั้ง 3 ตำแหน่งเคลื่อนมาอยู่เกือบจะเป็นแนวเดียวกัน ทำให้ค่า Q angle ที่วัดได้ในช่วงนี้ มีค่าน้อยกว่าในช่วง stance (Lafortune et al 1992)

การศึกษาครั้งนี้เป็นครั้งแรกที่ได้ทำการศึกษาค่า Q angle ที่เปลี่ยนแปลงไปใน 1 รอบการเดินทั้งสองช่วง ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ ค่าที่ได้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการนำวิธีนี้ไปใช้วัดกับผู้ที่มีพยาธิสภาพที่ข้อต่อ patellofemoral โดยเฉพาะในกลุ่ม anterior knee pain ได้ ซึ่งค่า Q angle ที่จะได้จากผู้ที่มีพยาธิสภาพเหล่านี้ น่าจะมีค่าที่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจาก ผู้ที่มีความผิดปกติของข้อต่อ patellofemoral มักมีการเคลื่อนไหวของข้อต่อ tibiofemoral ที่ผิดปกติ (Moussa 1994) ซึ่งเกิดจากการทำงานที่ไม่สมดุลของกล้ามเนื้อ quadriceps โดยเฉพาะ กล้ามเนื้อ VMO กับกล้ามเนื้อ VL จึงทำให้กระดูก patella เคลื่อนไม่ตรงกับ patellar fossa พอดี จึงไปเสียดสีกับ condyle ของ femur ที่อยู่ทางด้านข้างของ fossa ด้วยโดยเฉพาะ medial facet ของกระดูก patella ทำให้เกิดอาการเจ็บเข่าทางด้านหน้าขึ้น (anterior knee pain) ซึ่งจะสามารถช่วยยืนยันว่ามีพยาธิสภาพที่ข้อต่อ patellofemoral หรือมีความเสี่ยงจริง โดยพิจารณาจากลักษณะและ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Q angle ใน 1 รอบการเดินที่ได้ เสริมกับการตรวจในท่ายืนปกติอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถนำความสัมพันธ์และความแตกต่างที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ไปใช้ร่วมกับการทำนายค่า Q angle ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ด้วย รวมทั้งสามารถนำค่า Q angle ที่ได้ในครั้งนี้ ไปใช้ในการประเมินผลการรักษาความผิดปกติของข้อต่อ patellofemoral ทั้งทางแพทย์และทางกายภาพบำบัด ในการเลือกอุปกรณ์เสริม เพื่อแก้ไขป้องกันการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติของกระดูก patella ด้วย

จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นว่า Q angle ในแต่ละระยะของการเดินมีค่าค่อนข้างมากและมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากการไม่จำกัดรูปแบบของการเดิน เนื่องจากการเคลื่อนไหวของขาที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อขณะเดิน และ positionของขาที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละระยะของการเดินนั้นไปมีผลต่อการเคลื่อนของกระดูก patella ด้วย ซึ่งผลที่ได้จากการศึกาาในครั้งนี้สามารถเชื่อถือได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของ Q angle ในแต่ละระยะของการเดินนั้นเกิดขึ้นในลักษณะดังกล่าวจริง เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทางสถิติแล้วว่า การวัดค่า Q angle ด้วย goniometer และการใช้ photostyler programme ไม่มีความแตกต่างกัน

เมื่อทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของ Q angle ในระยะต่างๆของการเดินกับปัจจัยอื่นๆที่คาดว่าจะมีผลต่อ Q angle ในขณะเดิน พบว่า ขนาดรูปร่าง (BMI) มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า Q angle ในระยะ HO คือ ผู้ที่มีขนาดรูปร่างใหญ่ค่า Q angle ในระยะ HO จะมีค่ามาก เนื่องจากผู้ที่มีรูปร่างใหญ่กล้ามเนื้อขาจะต้องทำงานหนักในการรับน้ำหนักและการคงท่า (hold) ของขาให้อยู่ในท่าเหยียด พร้อมๆกับออกแรงในการยกส้นเท้าขึ้นจากพื้น ทำให้เมื่อกล้ามเนื้อ quadriceps ทำงานมาก การเคลื่อนของกระดูก patella ออกทางด้านนอกก็มาก ค่า Q angle ในระยะนี้จึงมากขึ้น แต่ความยาวขากลับมีความสัมพันธ์ในทางลบกับค่า Q angle ในระยะ HS โดยผู้ที่มีความยาวขามาก Q angle ในระยะนี้จะมีค่าน้อยลง ซึ่งอาจเกิดจากการที่ส้นเท้าสัมผัสพื้นได้เร็วกว่าผู้ที่ขาสั้น กล้ามเนื้อขาจึงไม่ต้องทำงานในการ hold ให้ขาอยู่ในท่าเหยียดมากนัก กระดูก patella จึงถูกดึงให้เคลื่อนไปจากแนวเดิมน้อย ค่า Q angle จึงลดลง ส่วนความเร็วในการเดินนั้นมีความสัมพันธ์ในทางลบกับ Q angle ในระยะ MST คือผู้ที่เดินเร็วค่า Q angle ในระยะนี้จะมีค่าน้อยลง ซึ่งเกิดจากผลของการเปลี่ยนแปลง position ของข้อต่อ subtalar ที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก supination เป็น pronation เพื่อรับน้ำหนัก การเหนี่ยวนำให้กระดูก tibia เกิด abduction ก็จะลดลง ค่า Q angle ที่วัดได้ในระยะนี้จึงลดลงด้วย

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ Q angle ในครั้งนี้ ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีการศึกษาร่วมกับการศึกษารูปแบบการเดินของอาสาสมัครแต่ละคนด้วยว่ามีรูปแบบการเดินอย่างไร มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง Q angle ในแต่ละระยะอย่างไร รวมทั้งควรทำการศึกษาร่วมกับการใช้ภาพ 3 มิติ ที่จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อย่อยของข้อเข่าชัดเจนมากขึ้น เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยนำมาวิเคราะห์ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อ และ arthrokinematic ที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วย