

การเปรียบเทียบการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนัก
วิ่งมือใหม่และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Comparing the occurrence of pelvic drop during moderate-intensity running in female
novice and recreational runners



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports Medicine

Common Course

FACULTY OF MEDICINE

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน ขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่และ นักวิ่งสันทนากการเพศหญิง
โดย	น.ส.หทัยภัทร ทิพยอุท
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์ภาสกร วัฒนธาดา

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุทธิพงศ์ วัชรสินธุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์ภาสกร วัฒนธาดา)

..... กรรมการ
(แพทย์หญิงจิมภพร วิฑูรพงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ชาญวิทย์ โคธีรานุรักษ์)

หทัยภัทร ทิพยบุตร : การเปรียบเทียบการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง. (Comparing the occurrence of pelvic drop during moderate-intensity running in female novice and recreational runners) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. นพ.ภาสกร วัฒนธาดา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้อายุระหว่าง 18 - 35 ปี เป็นนักวิ่งมือใหม่ (ประสบการณ์น้อยกว่า 1 ปี) 27 คน และนักวิ่งสันทนการ (ประสบการณ์ 2 - 4 ปี) 27 คน ซึ่งทั้งสองกลุ่มได้รับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) และวิ่งบนลู่วิ่ง 30 นาที ที่ระดับความหนักปานกลางที่อัตราเร็วที่เลือกเอง (นักวิ่งมือใหม่; 5.87 ± 0.62 กม./ชม. vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; 6.44 ± 0.58 กม./ชม.) โดยอยู่ในช่วงอัตราการเต้นหัวใจที่ 40 - 59% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองสูงสุด (heart rate reserve; HRR) ขณะทดสอบบนลู่วิ่ง 30 นาที นักวิ่งทั้งสองกลุ่มจะถูกบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ, การใช้ออกซิเจน, ค่าความรู้สึกเหนื่อย, ค่าความรู้สึกล้าของขา และวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle activity) จากสัญญาณไฟฟ้า (electromyography; EMG) ที่กล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ทุก ๆ 2 นาที พร้อมกับการบันทึกองศาของกระดูกเชิงกราน ทุก 1 นาที ข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง มีค่าเฉลี่ยของเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลาง 8.15 ± 5.07 และ 18.37 ± 6.70 นาที ตามลำดับ ($p < .01$) จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ($r=.56$), การใช้ออกซิเจน ($r=.47$), ค่าความรู้สึกเหนื่อย ($r=.47$) และค่าความรู้สึกล้าของขา ($r=.48$) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ ($p < .01$) และพบความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ($r=.44$), การใช้ออกซิเจน ($r=.41$), ค่าความรู้สึกเหนื่อย ($r=.39$) และค่าความรู้สึกล้าของขา ($r=.32$) ในกลุ่มนักวิ่งสันทนการ ($p < .01$) ข้อมูลไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้นกับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ในทั้งสองกลุ่ม เมื่อสิ้นสุดการทดสอบการวิ่งบนลู่วิ่ง 30 นาที กล้ามเนื้อ Gluteus medius 4 คน (15%) และ Gluteus maximus 7 คน (26%) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และเกิดความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius 8 คน (30%) และ Gluteus maximus 8 คน (30%) ในนักวิ่งสันทนการ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มนักวิ่งมือใหม่เกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานในเวลาทีเร็วกว่านักวิ่งสันทนการเพศหญิง และชี้ให้เห็นว่าสามารถนำตัวแปรต่าง ๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ, ค่าความรู้สึกเหนื่อย, ค่าความรู้สึกล้าของขา มาประเมินตนเองขณะวิ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการวิ่งโดยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5974107030 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORD: Pelvic Drop, Moderate-intensity Running, Gluteus Medius, Gluteus Maximus

Hathaipat Tippayut : Comparing the occurrence of pelvic drop during moderate-intensity running in female novice and recreational runners. Advisor: Assoc. Prof. SOMPOL SAGUANRUNGSIRIKUL, M.D.
Co-advisor: Asst. Prof. PASAKORN WATANTADA, M.D., Ph.D.

The purpose of this study was to examine the effect of moderate-intensity running on time to start pelvic drop in female novice and recreational runners. This study also investigated the relationship between the pelvic alignment with many variables, including heart rate (HR), oxygen uptake (VO_2 uptake), Rating of Perceived Exertion (RPE), Rating of Perceived Exertion for legs (RPE_{legs}), Gluteus medius, and Gluteus maximus fatigue. The participants aged between 18 and 35 years old were 27 novice runners (less than 1 year of running experience) and 27 recreational runners (2-4 years running experience). The participants in both groups performed the VO_{2max} test and ran at a self-selected speed (novice runners; 5.87 ± 0.62 km/h vs. recreational runners; 6.44 ± 0.58 km/h) on a treadmill for 30 minutes at moderate-intensity within the specified heart rate range of 40 - 59% heart rate reserve (HRR). HR, VO_2 uptake, RPE, RPE_{legs} , muscle activity (electromyography; EMG) of Gluteus medius and Gluteus maximus were collected every 2 minutes and the pelvic kinematic data were also recorded every minute during the 30-minute treadmill running test. The data were analyzed with a statistical significance level at p -value $< .05$. The results demonstrated that the time in starting pelvic drop was 8.15 ± 5.07 and 18.37 ± 6.70 minutes in female novice and recreational runner groups, respectively ($p < .01$). In the novice runner group, Pearson's Correlations showed the relationship between the pelvic alignment and HR ($r=.56$), VO_2 uptake ($r=.47$), RPE ($r=.47$) and RPE_{legs} ($r=.48$), ($p < .01$). In the recreational runner group, Pearson's Correlations also showed the relationship between the pelvic alignment and HR ($r=.44$), VO_2 uptake ($r=.41$), RPE ($r=.39$) and RPE_{legs} ($r=.32$), ($p < .01$). The results found no relationship between the pelvic alignment and Gluteus medius and Gluteus maximus muscle fatigue in both groups. At the end of the 30-minute treadmill running test, Gluteus medius and Gluteus maximus muscle fatigue were detected in 4 (15%) and 7 (26%) novice runners. Gluteus medius and Gluteus maximus muscle fatigue were detected in 8 (30%) and 8 (30%) recreational runners. According to the study, the occurrence of a pelvic drop in female novice runners was faster than female recreational runners. The study indicated that variables such as HR, RPE, and RPE_{legs} could be used to monitor themselves as a running guideline to reduce the risk of the occurrence of pelvic drop.

Field of Study: Sports Medicine

Student's Signature

Academic Year: 2019

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์ภาสกร วัชรธาดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม, รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์, รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ชาญวิทย์ โคธีรานุรักษ์ และแพทย์หญิงพิมพ์พร วิฑูรพงศ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และชี้แนะในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการศึกษาวิจัย, ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช (RA62/052) คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบคุณกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันตนาการเพศหญิงที่ให้ความร่วมมือในวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นางสาวนุชนาถ พรชัย เจ้าหน้าที่ในหลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา นายกิตติกร สีหาบุตร เจ้าหน้าที่ศูนย์การเดิน และการเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย รุ่นพี่ รุ่นน้อง เพื่อน ในคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่คอยช่วยเหลือในการประสานงาน เพื่อให้กระบวนการต่าง ๆ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคุณพ่อกนกพงษ์ ทิพยบุตร, คุณแม่จิตรกานต์ ทิพยบุตร, นางสาวชนกพิมพ์ ชูชาติพงษ์ และนางสาวปาณิสดา พิณจศักดิ์ที่เป็นกำลังใจสำคัญอย่างยิ่ง และให้การสนับสนุน ช่วยเหลือจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หทัยภัทร ทิพยบุตร

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
สารบัญคำย่อ.....	ฐ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Background and Rationale).....	1
1.2 คำถามการวิจัย (Research question).....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives).....	3
1.4 สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis).....	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย (Scope of research)	4
1.6 คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition).....	4
1.7 คำสำคัญ (Key words).....	5
1.8 ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย (Limitations).....	5
1.10 อุปสรรคและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น (Barriers and Solving strategies) 6	
1.11 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย (Conceptual framework).....	6

บทที่ 2	7
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ช่วงของการวิ่ง (Phase of running).....	7
2.2 กล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (Pelvic drop)	9
2.3 ช่วงการเกิด Peak pelvic drop.....	10
2.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment).....	12
2.5 การวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์ของภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (Kinematics of Pelvic drop).....	15
2.6 การวิเคราะห์ Median frequency	17
2.7 การวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อขณะวิ่ง.....	18
2.8 ปริมาณการใช้ออกซิเจนในร่างกาย (VO_2 uptake) และการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}).....	19
บทที่ 3	21
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย.....	21
ประชากรกลุ่มเป้าหมาย (Target population)	21
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (Study population)	21
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา (Sample).....	21
3.1 การคัดเลือกประชากรที่ใช้ในการศึกษา.....	21
3.2 การคำนวณขนาดตัวอย่าง.....	22
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย (Research instrument).....	24
3.4 สถานที่ทำการวิจัย	25
3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	26
ขั้นตอนการทดสอบ	27
การวัดความยาวของขาในท่านอน (Leg length discrepancy).....	27

การทดสอบ VO_{2max} (Modified Bruce protocol)	28
ตำแหน่งการติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode placement).....	30
ตำแหน่งการติด reflective marker 4 จุด.....	33
ขั้นตอนการวิ่ง (Running protocol)	34
ขั้นตอนการบันทึกและการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Kinematics).....	34
การประเมินความล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle Fatigue).....	36
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Analysis)	38
บทที่ 4	39
ผลการศึกษา.....	39
4.1 ลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย.....	40
4.2 อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการ เพศหญิง	42
4.3 การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่ง สันทนากการเพศหญิง.....	43
4.4 Median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนัก วิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง	44
4.5 Median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่ม นักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง	45
4.6 แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนัก วิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง	46
4.7 การเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง	47
4.8 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในกลุ่ม นักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง	48
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการ เต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง	50

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO ₂ uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง	52
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง.....	54
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE _{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง	56
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง	58
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง	60
บทที่ 5	62
อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	62
สรุปผลการวิจัย.....	68
ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ	68
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก แบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง.....	71
ภาคผนวก ข แบบบันทึกข้อมูล	73
ภาคผนวก ค ตารางข้อมูล ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) และค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE _{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการ.....	76
ภาคผนวก ง ตารางข้อมูล median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง	77
บรรณานุกรม.....	79
ประวัติผู้เขียน.....	85



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดง Stance phase(% of stride) ของการเดินและวิ่ง..... 8

ตารางที่ 2 แสดงการเพิ่มความเร็วและความชันในการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max})..... 29

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (Mean ± SD)..... 40

ตารางที่ 4 แสดงระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (Mean ± SD)..... 48

ตารางที่ 5 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (N=27) 50

ตารางที่ 6 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO₂ uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (N=27) 52

ตารางที่ 7 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (N=27)..... 54

ตารางที่ 8 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (N=27) 56

ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (N=27)..... 58

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง (N=27)
..... 60



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย	6
ภาพที่ 2 ช่วงของการวิ่ง (Phase of running)	7
ภาพที่ 3 เชิงกราน	9
ภาพที่ 4 กล้ามเนื้อที่ให้ความมั่นคงแก่กระดูกเชิงกราน	9
ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบของค่า pelvic drop ในกลุ่ม Strong Abductors และกลุ่ม Weak Abductors ขณะวิ่ง	10
ภาพที่ 6 Peak pelvic drop and percent stance.....	11
ภาพที่ 7 Basic patterns of running EMG โดยด้านขวาแสดงชื่อกล้ามเนื้อ และด้านล่างแสดง %of stride ซึ่ง GX คือกล้ามเนื้อ Gluteus Maximus และ GD คือ Gluteus Medius (17).....	12
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ดัดที่ข้อเข่า (Knee adduction moment; KAM) ต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน ($r = .88$)	13
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของค่า running economy ต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน	14
ภาพที่ 10 แสดงแกน X Y และ Z.....	16
ภาพที่ 11 มุมมองจากด้านหลัง (posterior view) ของการติด marker ในการทดสอบการวิ่ง (33) 17	
ภาพที่ 12 แผนภาพ spectrum ของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อขณะกล้ามเนื้อมีการหดตัวในแต่ละช่วง โดยดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อ (The muscle fatigue index) แสดงด้วย median frequency	18
ภาพที่ 13 ตัวอย่างกราฟ median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ต่อเวลาของนักวิ่ง 1 คน พบความสัมพันธ์ -2.07 โดยความสัมพันธ์เป็นลบแสดงถึงความล้าของกล้ามเนื้อ (20)	19
ภาพที่ 14 แสดงห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา	25
ภาพที่ 15 แสดงแผนผังวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล	26
ภาพที่ 16 แสดงการวัดความยาวของขาในท่านอน (Leg length discrepancy)	28
ภาพที่ 17 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max})	30

ภาพที่ 18 แสดงการติด Electrode ของกล้ามเนื้อ	30
ภาพที่ 19 การติด Electrode ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius	31
ภาพที่ 20 การติด Electrode ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus	32
ภาพที่ 21 ตำแหน่งการติด reflective marker	33
ภาพที่ 22 ตำแหน่งการติด reflective marker ก่อนการวิ่งที่ระดับความหนักปานกลาง	33
ภาพที่ 23 แกน X, Y และ Z และมุม θ ของ pelvic drop ข้างซ้ายเมื่อเทียบกับ Horizontal Line	35
ภาพที่ 24 แสดงการเปลี่ยนแปลงมุมของกระดูกเชิงกราน (Pelvic)	36
ภาพที่ 25 แสดงการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางด้วยโปรแกรม EMGworks Acquisition	37
ภาพที่ 26 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius วิเคราะห์จากกราฟ Median Frequency ต่อเวลา พบค่าความชันเท่ากับ -0.48 โดย ค่าลบของความชันของกราฟแสดงถึงความล้า.....	37
ภาพที่ 27 แสดงจำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก.....	39
ภาพที่ 28 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า VO_{2max} ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners) และนักวิ่งสันทนาการ (recreational runners).....	41
ภาพที่ 29 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการเต้นของหัวใจต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners).....	42
ภาพที่ 30 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการเต้นของหัวใจต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสันทนาการ (recreational runners).....	42
ภาพที่ 31 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners).....	43
ภาพที่ 32 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสันทนาการ (recreational runners).....	43
ภาพที่ 33 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners).....	44

ภาพที่ 34 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสันทนาการ (recreational runners)	44
ภาพที่ 35 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners).....	45
ภาพที่ 36 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสันทนาการ (recreational runners)	45
ภาพที่ 37 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners) และนักวิ่งสันทนาการเพศหญิง (recreational runners).....	48
ภาพที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง.....	51
ภาพที่ 39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสันทนาการเพศหญิง).....	51
ภาพที่ 40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO ₂ uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง	53
ภาพที่ 41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO ₂ uptake) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสันทนาการเพศหญิง)	53
ภาพที่ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง	55
ภาพที่ 43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสันทนาการเพศหญิง	55
ภาพที่ 44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (RPE _{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง	57
ภาพที่ 45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (RPE _{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสันทนาการเพศหญิง.....	57

ภาพที่ 46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับ
 ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง)..... 59

ภาพที่ 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับ
 ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง)..... 59

ภาพที่ 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับ
 ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง 61

ภาพที่ 49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 4° กับ
 ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง 61



สารบัญคำย่อ

คำย่อ	คำเต็ม	ความหมาย
BMI	Body Mass Index	ดัชนีมวลกาย
BP	Blood pressure	ความดันโลหิต
bpm	Beats per minute	ครั้งต่อนาที
HR	Heart rate	อัตราการเต้นของหัวใจ
HR _{rest}	Resting heart rate	อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก
HR _{max}	Maximal heart rate	อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด
HRR	Heart rate reserve	อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง
RPE	Rating of Perceived Exertion	ค่าความรู้สึกเหนื่อย
RPE _{legs}	Rating of Perceived Exertion for legs	ค่าความรู้สึกล้าของขา

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Background and Rationale)

ในปัจจุบันการออกกำลังกายได้รับความนิยมมากขึ้น โดยการวิ่งนั้นถือเป็นกิจกรรมที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับสองรองจากการเดิน (1) ซึ่งให้ประโยชน์ในแง่ของการช่วยป้องกันปัญหาสุขภาพเรื้อรัง เช่น โรคหลอดเลือดและหัวใจ (2, 3) โดย American College of Sports Medicine ได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ คือ ควรออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางเป็นเวลา 30- 60 นาที มากกว่าหรือเท่ากับ 5 วันต่อสัปดาห์ (4)

แต่มีการศึกษาที่พบว่า การวิ่งสามารถก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกายได้ ซึ่งค่าอุบัติการณ์ของการบาดเจ็บที่เป็นผลมาจากการวิ่งอยู่ในช่วง 11 - 85% หรือเกิดการบาดเจ็บ 2.5 - 38 ครั้งต่อ 1000 ชั่วโมงของการวิ่ง (5) จากหลายการศึกษา พบว่าปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในการวิ่ง ได้แก่ ค่าดัชนีมวลกาย(BMI) ที่เพิ่มขึ้น, มีประวัติการบาดเจ็บก่อนหน้า, การขาดการฝึกซ้อมวิ่งเป็นประจำ, ระดับความหนักในการวิ่งที่เพิ่มขึ้น, ความผิดพลาดที่เกิดจากการฝึก (training errors) และเพศสภาพ (5-8)

นอกจากปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ พบว่า เพศหญิงมีความเสี่ยงในการบาดเจ็บมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเพศชาย (7, 8) ตำแหน่งที่พบการบาดเจ็บนั้น คือบริเวณเข่า และขาส่วนล่าง (7, 8) มักจะถูกวินิจฉัยเป็น patellofemoral pain, iliotibial band syndrome, achilles tendon pathology, และ tibial หรือ fibular stress fractures เป็นต้น (9) และนอกจากปัจจัยข้างต้นที่ยังมีปัจจัยอื่นที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บที่เกิดจากการวิ่ง คือ ชีวกลศาสตร์การวิ่ง (running biomechanics) (10, 11) และการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) (12)

การเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานถือเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยง และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพก (hip abductors)(13) ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสี่ยงในการบาดเจ็บต่อรอยางค์ล่าง (lower extremity) (9, 14, 15) ซึ่งในกลุ่มนักวิ่งที่เริ่มต้นวิ่งนั้นมักพบการบาดเจ็บเนื่องมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพกซึ่งมีผลต่อภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานโดยเฉพาะในช่วงที่มีการลงน้ำหนักของขา (stance phase) จากตำแหน่งที่เริ่มมีการสัมผัสของเท้ากับพื้น (initial foot-ground contact) ไปจนถึงตำแหน่งที่เท้าพ้นจากพื้น (toe-off) (13, 16)

กล้ามเนื้ออกสะโพกโดยเฉพาะ gluteus medius มีหน้าที่หลักในการให้ความมั่นคงของสะโพกในขณะที่ยืน (17) ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้าพบว่า ในกลุ่มนักวิ่งที่มีกล้ามเนื้ออกสะโพกแข็งแรงนั้นมีภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 2.15° - 4° (13, 18, 19) แต่เมื่อทำการศึกษาในกลุ่มนักวิ่งสันทนาการ (recreational runner) พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมองศาของภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานอยู่ที่ 7.57° - 10.94° ขณะเริ่มวิ่ง และมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการวิ่งผ่านไป (20)

มีหลายการศึกษาที่ศึกษาความเสี่ยงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองศาภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่า เมื่อมีองศาของความเอียงของกระดูกเชิงกรานเปลี่ยนแปลงมากกว่า 4° ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ดัดที่ข้อเข่า (knee adduction moment; KAM) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่งผลให้มีแรงกระทำเพิ่มมากขึ้นต่อเข่าทางด้านใน (dynamic loading of the medial knee) (12) และทุก ๆ 1° ของการเปลี่ยนแปลงของภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานจะมีโอกาสเสี่ยงที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อน (Soft tissue injury) เช่น patellofemoral pain (PFP), iliotibial band syndrome (ITBS), medial tibial stress syndrome (MTSS) และ Achilles tendinopathy (AT) เพิ่มขึ้นถึง 80% หรือ 1.8 เท่า (12, 19) นอกจากนี้เมื่อมีแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีการใช้พลังงาน (metabolic energy demands) ที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิ่ง (running economy) นั้นลดลง (20) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่านักวิ่งกลุ่มที่มีประสบการณ์สูงจะมีอัตราการเกิดการบาดเจ็บที่น้อยกว่ากลุ่มนักวิ่งที่มีประสบการณ์การวิ่งน้อยกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่านักวิ่งมือใหม่ที่เพิ่งเริ่มต้นวิ่ง (novice runners) จะมีความเสี่ยงในการบาดเจ็บมากกว่ากลุ่มนักวิ่งสันทนาการ (recreational runner) (21)

อย่างไรก็ตามการศึกษาลงมือของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานในการวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในการศึกษานี้อาจเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันการบาดเจ็บ เนื่องจากผู้คนที่หันมาสนใจการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพด้วยการวิ่งมากขึ้น ทั้งนี้หากนักวิ่งมือใหม่เริ่มวิ่งอาจพบความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้จากการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานได้เนื่องจากนักวิ่งมือใหม่มักจะไม่ได้ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ระบุได้ชัดเจนว่าภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานจะเกิดขึ้นเมื่อทำการวิ่งที่ความหนักระดับปานกลางระยะเวลาเท่าใดในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนาการเพศหญิงเมื่อทำการวิ่งเป็นเวลา 30 นาที และนอกจากนี้เพื่อศึกษาว่าแนวการเอียงของ

กระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ, การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อรอบสะโพกหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางป้องกันโอกาส หรือความเสี่ยงที่จะได้รับการบาดเจ็บขณะวิ่ง และสามารถประเมินตัวเองขณะวิ่ง โดยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการบาดเจ็บหากมีการวิ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

ดังนั้นจุดประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาผลของการวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus เพื่อสามารถนำมาประเมินตนเองขณะวิ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการวิ่งโดยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน หรืออาจลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บจากการวิ่งเพื่อสุขภาพได้

1.2 คำถามการวิจัย (Research question)

คำถามหลัก ผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิงต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

คำถามรอง แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), Rating of Perceived Exertion (RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus หรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิงต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop)

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus

1.4 สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis)

1. ผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในเวลาที่เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งสันทนากการ

2. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus

1.5 ขอบเขตของการวิจัย (Scope of research)

การศึกษาวินิจฉัยครั้งนี้เป็นวิจัยแบบวิเคราะห์เชิงพรรณนา (analytical descriptive study) โดยได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (IRB No.687/61) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นอาสาสมัครกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง (ประสบการณ์น้อยกว่า 1 ปี) และนักวิ่งสันทนากการ (ประสบการณ์ 2-4 ปี) อายุระหว่าง 18-35 ปี ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก ด้วยความสมัครใจ และสามารถถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้

1.6 คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition)

Pelvic alignment หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของระดับเชิงกราน โดยลากเส้นระหว่าง posterior superior iliac spine (PSIS) ทั้งสองข้างเทียบกับ Horizontal Line

Pelvic drop หมายถึง กรณีที่มีแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) เพิ่มขึ้นมากกว่า 4° เมื่อเทียบกับแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะเริ่มต้นวิ่ง (12)

Muscle fatigue หมายถึง กล้ามเนื้อสูญเสียความสามารถในการสร้างแรง โดยในวิจัยนี้ใช้ median frequency ของกล้ามเนื้อเป็นตัวบ่งชี้ peripheral fatigue โดยการสร้างกราฟ median

frequency ต่อเวลา หากพบค่าความชัน (slope) หรือ rate of fatigue เป็นค่าลบจะแสดงถึงความล้า (20, 22, 23)

Rating of Perceived Exertion (RPE) หมายถึง การรับรู้ถึงความเหนื่อยของร่างกายโดยรวม (24, 25)

Rating of Perceived Exertion for legs (RPE_{legs}) หมายถึง การรับรู้ความรู้สึกไม่สบายของข้อต่อและกล้ามเนื้ออย่างค้ำ (26, 27)

1.7 คำสำคัญ (Key words)

Pelvic drop

Moderate-intensity Running

Gluteus medius

Gluteus maximus

1.8 ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย (Limitations)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิงต่อระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) อายุระหว่าง 18-35 ปี ที่มี BMI อยู่ในช่วง 18.5-24.9 kg/m² ซึ่งผลการศึกษาอาจไม่สามารถนำไปใช้ในกลุ่มนักวิ่งอื่น หรือช่วงอายุอื่น หรือ BMI ไม่อยู่ในช่วง 18.5-24.9 kg/m² ได้ และเนื่องจากไม่มี Force Plate ติดตั้งภายในลู่วิ่งกลที่ใช้ในการทดสอบ ทำให้ไม่สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ดัดที่ข้อเข่า (knee adduction moment; KAM) ขณะเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop)

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัย (Expected or Anticipated benefit gain)

1. เพื่อทราบระยะเวลาเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง
2. เพื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO₂ uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย

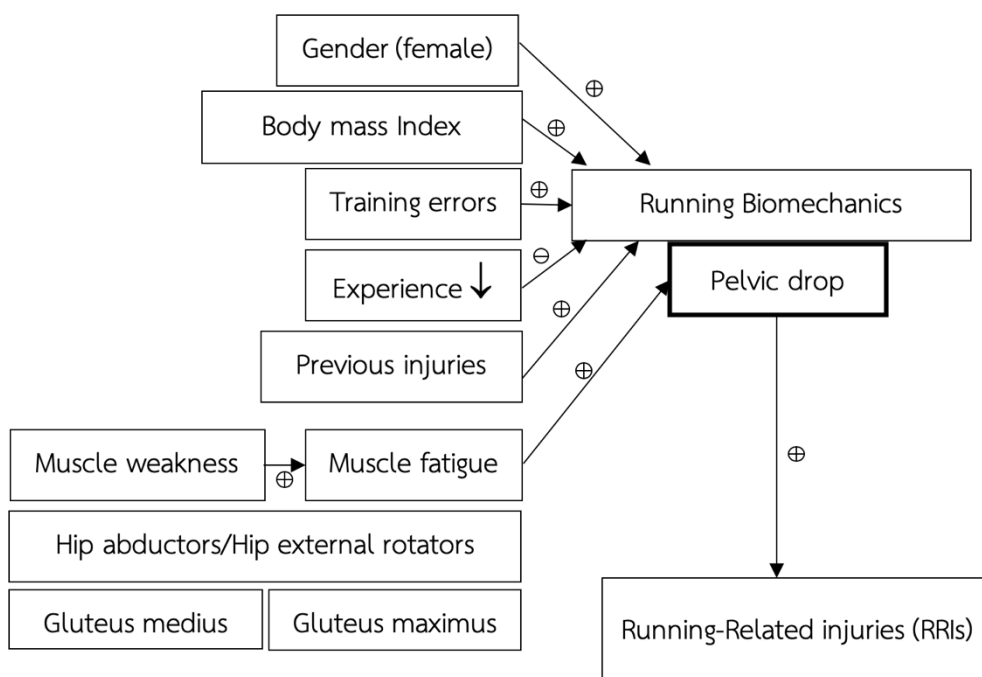
(Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus

3. เพื่อเป็นแนวทางในการวิ่งโดยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน

1.10 อุปสรรคและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น (Barriers and Solving strategies)

การบันทึกการเคลื่อนไหวขณะวิ่งไม่สามารถบันทึกความยาวต่อเนื่อง 30 นาที และไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันที (real time) จึงต้องทำการบันทึกเป็นช่วง ๆ แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ในแต่ละนาที

1.11 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย (Conceptual framework)



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

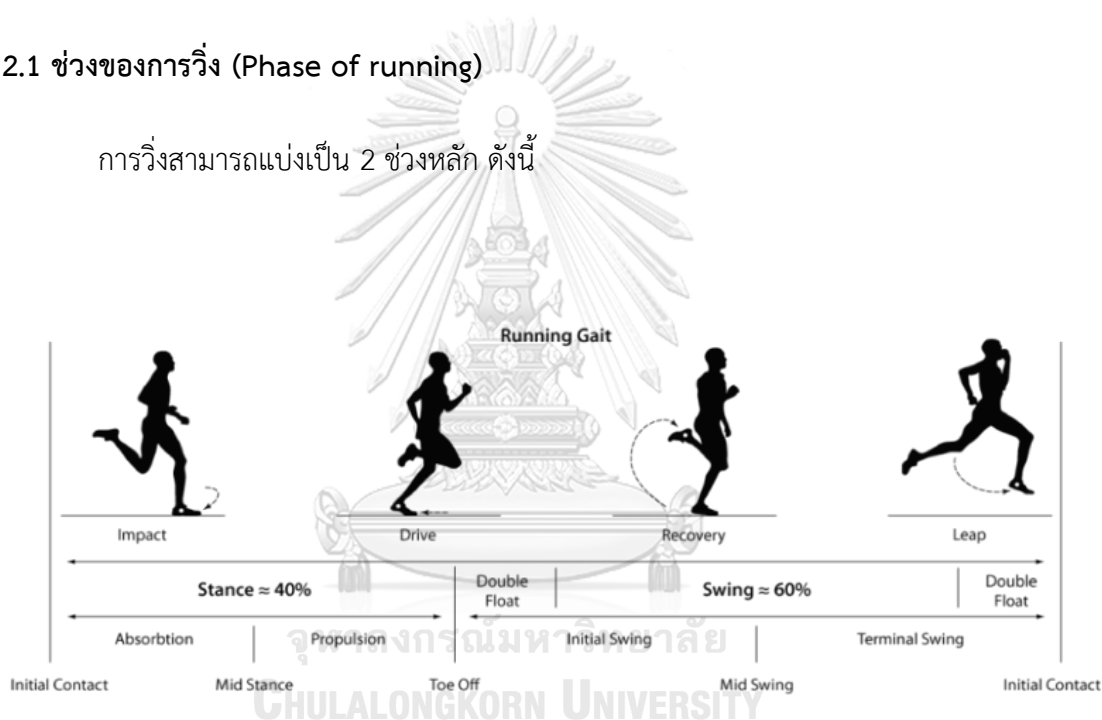
บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ได้รับความนิยมซึ่งเป็นกิจกรรมที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับสองรองจากการเดิน (1) ซึ่งให้ประโยชน์ด้านสุขภาพ ในแง่ช่วยป้องกันปัญหาสุขภาพเรื้อรัง เช่น โรคหลอดเลือดและหัวใจ (2, 3) โดย American College of Sports Medicine ได้แนะนำการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพไว้ว่าควรออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางเป็นเวลา 30-60 นาที มากกว่าหรือเท่ากับ 5 วันต่อสัปดาห์ (4)

2.1 ช่วงของการวิ่ง (Phase of running)

การวิ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงหลัก ดังนี้



ภาพที่ 2 ช่วงของการวิ่ง (Phase of running)

(ที่มา: <https://www.kintec.net/blog/the-run-centre-4-point-run-analysis/>)

ช่วง Stance Phase เป็นช่วงที่เท้าสัมผัสพื้นโดยคิดประมาณ 40% ของ 1 ช่วงการวิ่ง (เท้าข้างหนึ่งสัมผัสพื้นไปจนกระทั่งเท้าข้างเดิมเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแล้ววนกลับมาสัมผัสพื้นอีกครั้ง) (17) โดยขึ้นอยู่กับความเร็วในการวิ่ง ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้ stance phase จะเริ่มจาก Initial contact และสิ้นสุดที่ Toe Off โดยในช่วงนี้จะมีแรงมากระทำต่อร่างกายตามกฎของนิวตันข้อที่ 3 หรือเรียกว่าแรงปฏิกิริยาซึ่งในช่วง Stance phase ประกอบด้วย

Initial contact เป็นช่วงที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น

Midstance เป็นช่วงที่เท้าและขาข้างเดียวรับน้ำหนักทั้งลำตัว

Toe Off เป็นช่วงที่เท้าเริ่มพ้นจากพื้น

ช่วง Swing Phase เป็นช่วงที่เท้าไม่สัมผัสพื้น และมีการเหวี่ยงของขาโดยช่วงนี้จะมี Double Float หรือเท้าทั้งสองข้างไม่สัมผัสพื้น ซึ่งเป็นการใช้จำแนกการวิ่งกับการเดิน ซึ่งในช่วง Swing phase ประกอบด้วย

Initial Swing เป็นช่วงแรกที่เท้าพ้นจากพื้น หรือเรียกอีกอย่างว่าระยะเร่ง หรือ Acceleration phase

Mid Swing เป็นช่วงแกว่งขา ซึ่งมักจะตรงกับขาอีกข้างที่อยู่ในช่วง Midstance

Terminal Swing เป็นช่วงที่ขาอยู่ด้านหลังลำตัว และเป็นช่วงที่ลดอัตราเร่ง หรือ deceleration ในการแกว่งขาเพื่อเข้าสู่ Stance phase อีกครั้ง

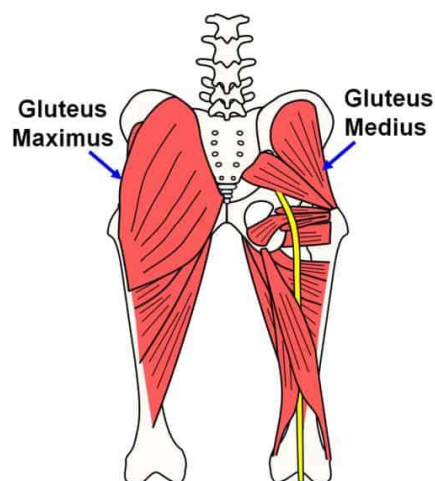
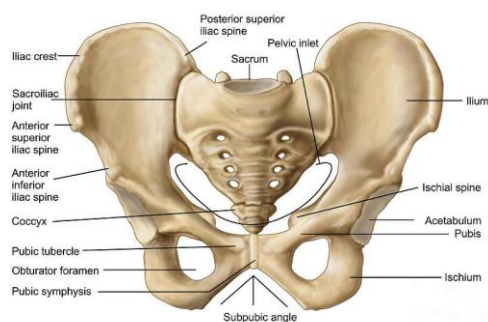
ตารางที่ 1 แสดง Stance phase(% of stride) ของการเดินและวิ่ง (17)

Speed		Stride time (s)				Stance (% of stride)			
m s ⁻¹	Norm.	Walk		Jog/run		Walk		Jog/run	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1.25	0.40	1.09	0.07	<i>0.83</i>	<i>0.06</i>	59.4	1.9	<i>57.4</i>	<i>1.1</i>
1.50	0.48	1.03	0.05	<i>0.82</i>	<i>0.10</i>	59.6	1.2	<i>56.8</i>	<i>1.7</i>
1.75	0.56	0.96	0.05	<i>0.79</i>	<i>0.06</i>	59.2	1.0	<i>51.5</i>	<i>8.2</i>
2.00	0.65	0.90	0.05	<i>0.76</i>	<i>0.05</i>	58.1	0.8	<i>46.0</i>	<i>8.7</i>
2.25	0.73	0.83	0.06	0.75	0.05	57.4	1.1	37.4	3.2
2.50	0.81			0.74	0.04			34.6	2.5
3.00	0.97			0.73	0.04			31.5	2.6
3.50	1.13			0.71	0.05			29.6	2.5
4.00	1.29			0.71	0.05			29.6	2.5
4.50	1.45			0.67	0.04			27.5	2.2

Normalised speed is calculated as $\hat{v} = v/\sqrt{gl}$, with l the average leg length of 0.99 m. Data for 'jogging' are italic. Note the large S.D. for relative stance in jogging at 1.75 and 2.0 m s⁻¹. In fact the range was between 32% and 60%.

2.2 กล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (Pelvic drop)

กล้ามเนื้อสะโพกถือเป็นกล้ามเนื้อสำคัญในการให้ความมั่นคงแก่กระดูกเชิงกรานโดยเฉพาะกลุ่มกล้ามเนื้อกางสะโพก (hip abductors) กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก (hip extensors) และหมุนสะโพกออกด้านนอก (hip external rotators)



ภาพที่ 3 เชิงกราน
(ที่มา:

<https://focusedcollection.com/1747135>

80/stock-photo-anatomy-human-pelvic-bone-labels.html)

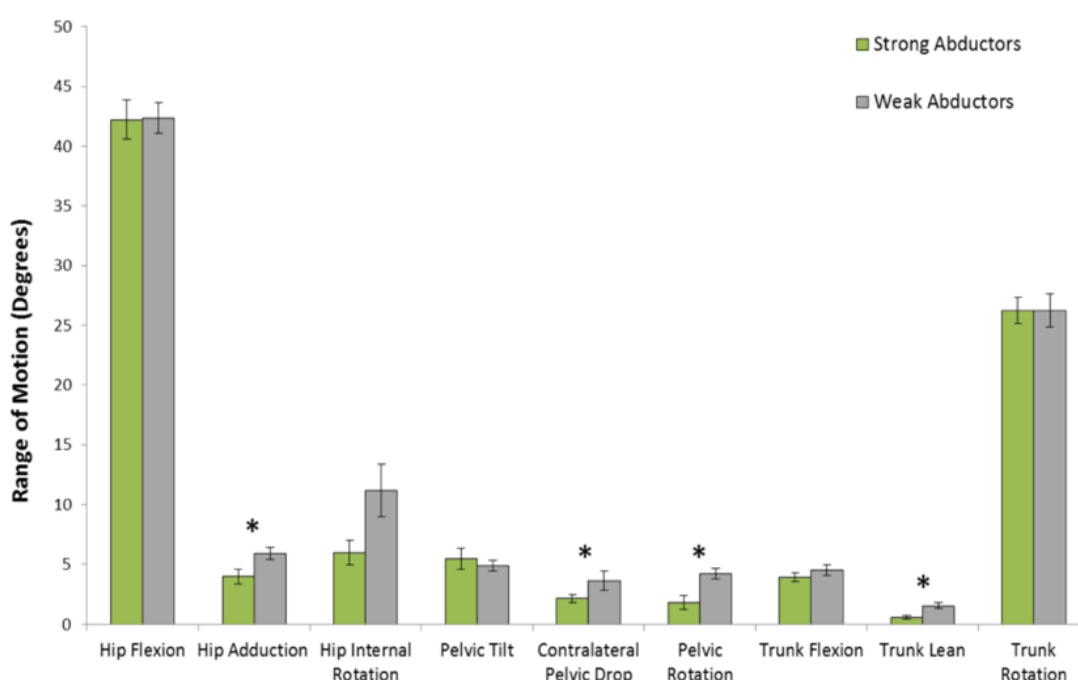
ภาพที่ 4 กล้ามเนื้อที่ให้ความมั่นคงแก่
กระดูกเชิงกราน

(ที่มา:

<https://www.nosecreekphysiotherapy.com/hip-abductors-the-muscles-that-stabilize-your-walk/>)

จากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาในอาสาสมัครกลุ่มนักวิ่งเพศชาย และเพศหญิง ซึ่งอาสาสมัครได้รับการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพก (hip abductors) แล้วแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่มจากค่าความแข็งแรง ซึ่งกลุ่มที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพกน้อยกว่าจะมีองศาการเปลี่ยนแปลงของระดับกระดูกเชิงกราน หรือเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานมากกว่ากลุ่มที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพกสูงในขณะวิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .03$) หรืออาจกล่าวได้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพก (Hip abductors) ที่ลดลงมีผลต่อการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) (13) ดังภาพที่ 5 และนอกจากกล้ามเนื้อกางสะโพก กลุ่มกล้ามเนื้อ

เหยียดสะโพก (hip extensors) และหมุนสะโพกออกด้านนอก(hip external rotators) ที่ไม่แข็งแรง โดยเฉพาะ Gluteus maximus ก็ส่งผลต่อภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานเช่นกัน ทั้งนี้หากมีกล้ามเนื้อเหล่านี้ที่ไม่แข็งแรงจะพื่อนำไปสู่การเกิดการบาดเจ็บที่เพิ่มขึ้นต่อรายงค์ล่าง (Lower extremity) (9, 14, 15) โดยเฉพาะในช่วงที่มีการลงน้ำหนักของขา (stance phase) จากตำแหน่งที่เริ่มมีการสัมผัสของเท้ากับพื้น (initial foot-ground contact) ไปจนถึงตำแหน่งที่เท้าพ้นจากพื้น (toe-off) (13, 16)

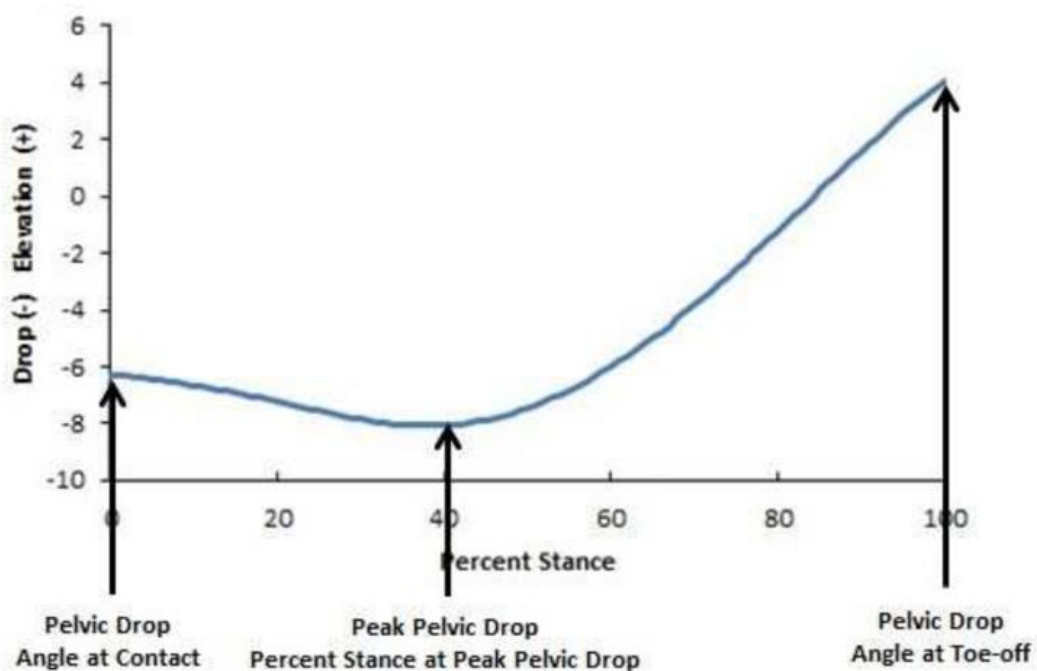


ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบของค่า pelvic drop ในกลุ่ม Strong Abductors และกลุ่ม Weak Abductors ขณะวิ่ง (13)

2.3 ช่วงการเกิด Peak pelvic drop

จากการศึกษาภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ขณะวิ่งในอาสาสมัครที่วิ่งเป็นประจำโดยวิ่งประมาณ 20 ไมล์/สัปดาห์ พบว่า Peak pelvic drop จะอยู่ประมาณช่วง 40 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเท้าสัมผัสพื้น (stance phase) ดังภาพที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อรายงค์ล่างโดยการเก็บข้อมูลโดย Electromyography (EMG) เพื่อดูการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscle activity) ซึ่งสัญญาณที่วัดได้จะทำให้ทราบถึงช่วงเวลาทีกล้ามเนื้อทำงานขณะวิ่งพบว่า ช่วง Stance phase กล้ามเนื้อกางสะโพก (hip abductors) โดยเฉพาะ Gluteus medius มี

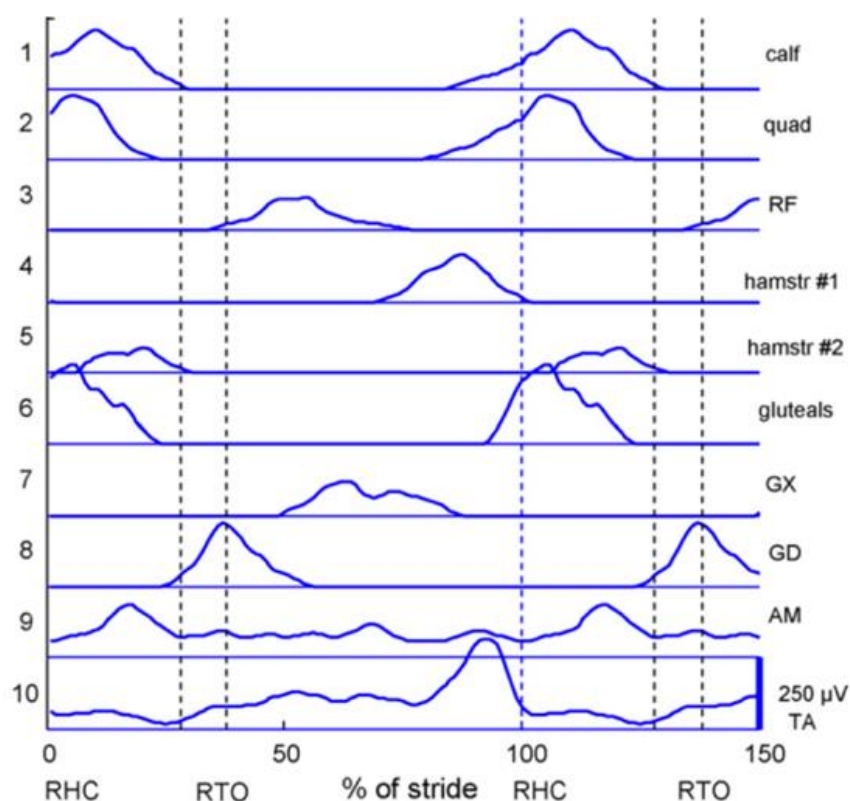
การทำงานมากที่สุด (17) ซึ่งสอดคล้องกับกายวิภาคศาสตร์ที่กล้ามเนื้อสะโพกเป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญในการให้ความมั่นคงแก่เชิงกราน ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 Peak pelvic drop and percent stance (13)

แกน X คือ Percent Stance ในช่วง Stance phase ขณะวิ่ง

แกน Y คือ องศาของ Pelvic ค่าบวก คือ องศา pelvic elevation ค่าลบ คือ องศา pelvic drop



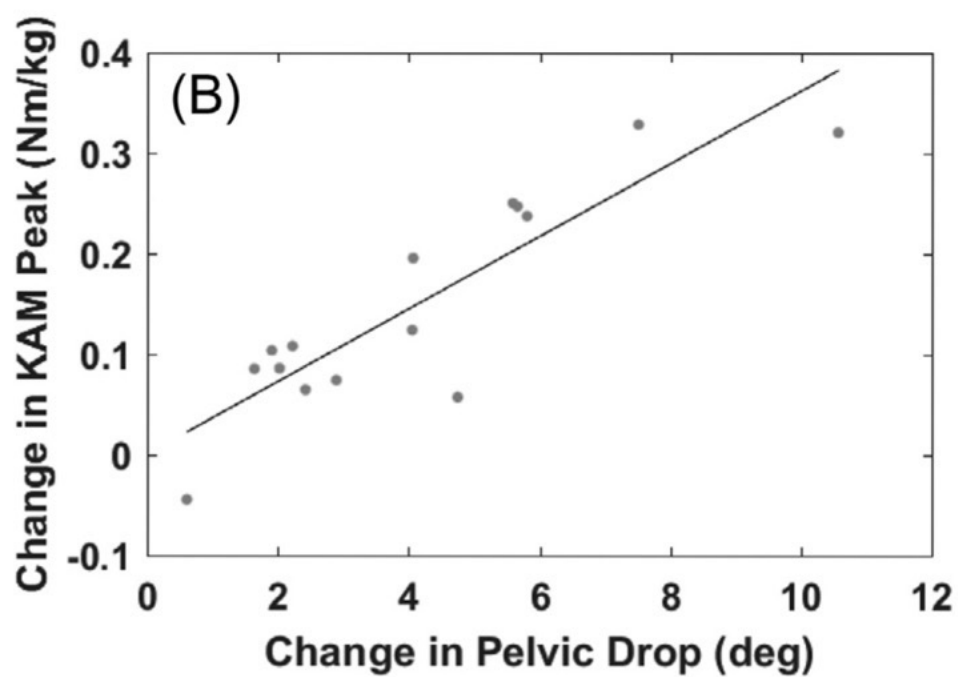
ภาพที่ 7 Basic patterns of running EMG โดยด้านขวาแสดงชื่อกล้ามเนื้อ และด้านล่างแสดง %of stride ซึ่ง GX คือกล้ามเนื้อ Gluteus Maximus และ GD คือ Gluteus Medius (17)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

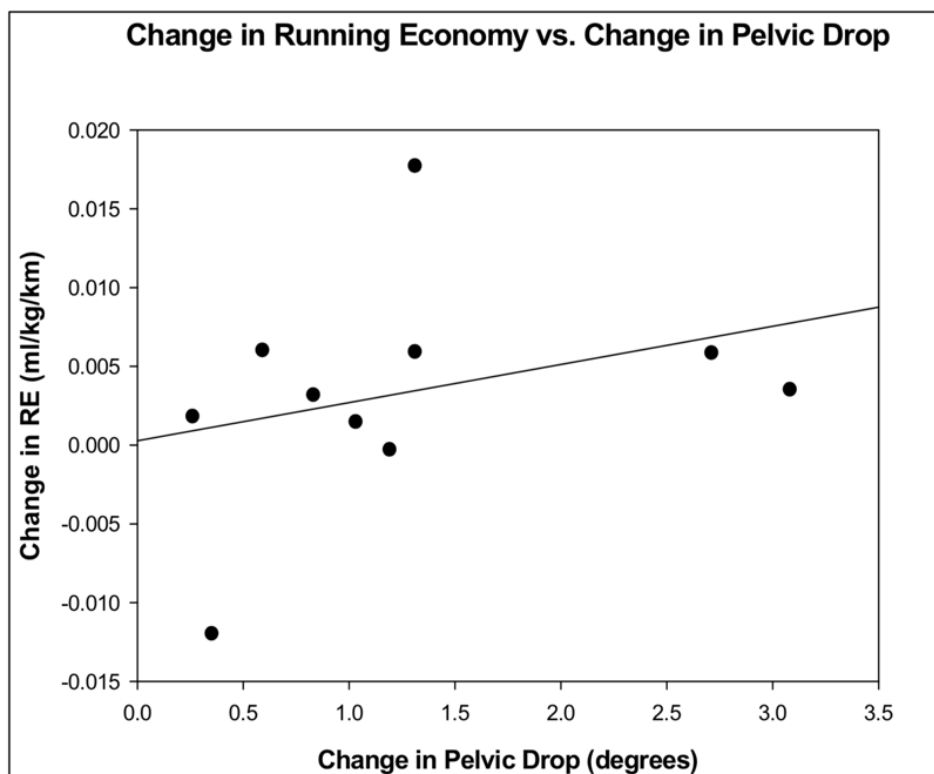
2.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment)

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อองศาของ Pelvic drop เพิ่มขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงไป 4° ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ดัดที่ข้อเข่า (Knee adduction moment; KAM) ดังภาพที่ 8 (12) ส่งผลให้เพิ่มความเจ็บบริเวณเข่ามากขึ้นเนื่องจากมีแรงมากระทำเพิ่มมากขึ้นต่อเข่าทางด้านใน (dynamic loading of the medial knee) ในขาข้างที่มีการลงน้ำหนัก(28) และพบว่าทุก ๆ การเพิ่มขึ้น 1° ของการเปลี่ยนแปลงของภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานจะมีโอกาสเสี่ยงที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นถึง 80% โดยเป็นตัวแปรสำคัญที่มีความสัมพันธ์มากกับการบาดเจ็บที่เกิดจากการวิ่ง (19) นอกจากนี้เมื่อมีภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) เพิ่มขึ้นมากขึ้นขณะที่ระยะเวลาในการวิ่งผ่านไปจะส่งผลให้มีการใช้พลังงาน (metabolic energy demands) ที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งส่งผล

ต่อประสิทธิภาพในการวิ่ง (running economy) นั้นลดลง ดังภาพที่ 9 และภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานมีความสัมพันธ์กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius(20)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์คดที่ข้อเข่า (Knee adduction moment; KAM) ต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน ($r = .88$) (12)



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของค่า running economy ต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (20)

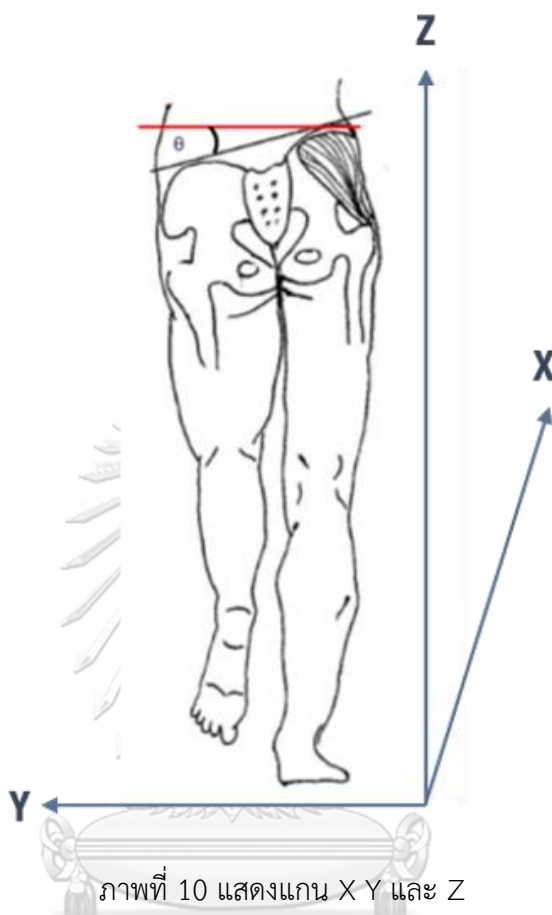
อย่างไรก็ตามจากการศึกษาหลายการศึกษาข้างต้น ยังไม่มีการศึกษาที่ระบุได้ชัดเจนว่าภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) เกิดขึ้นเมื่อทำการวิ่งที่ความหนักระดับปานกลางในระยะเวลานานเท่าใด และนอกจากนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus เพื่อเป็นแนวทางในการวิ่งโดยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน ซึ่งอาจลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บจากการวิ่ง

2.5 การวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์ของภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (Kinematics of Pelvic drop)

Kinematics (จลนศาสตร์) เป็นการศึกษาสภาพ, เส้นทางการเคลื่อนที่, มุม โดยไม่พิจารณาถึงแรงที่กระทำ ในการวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์นั้น โดยการบันทึกข้อมูลนั้นสามารถทำได้ทั้ง Simple 2D video analysis และ 3D motion capture (29, 30)

Simple 2D video analysis เป็นการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ (2-dimensional) โดยใช้กล้องวิดีโอ ซึ่งเป็นวิธีตัวเลือกที่มีค่าใช้จ่ายไม่สูง และพกพาสะดวก ในส่วนของระบบ 3D motion capture เป็นการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ (3-dimensional) ด้วยกล้อง High-speed with infrared light ring โดยสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้งแบบ 2D motion analysis และ 3D motion analysis ซึ่งถือเป็น gold standard สำหรับการบันทึก และวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ โดยส่วนใหญ่มักใช้ในงานวิจัย หรืองานวิจัยทางคลินิกเพื่อความแม่นยำของข้อมูล (29, 31)

ในการศึกษาก่อนหน้าการวิเคราะห์ภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานนั้นใช้ระบบ 3D motion capture ในการบันทึกข้อมูล (12, 32) โดยการวิเคราะห์ภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน หรือ Pelvic Drop นั้น จากการติด reflective marker ที่ posterior superior iliac spine (PSIS) แล้ววิเคราะห์มุมในระนาบ Frontal Plane หรือระนาบ Y-Z (12) เมื่อแกน X คือ แกนทางด้านหน้า/ด้านหลัง (Anteroposterior) แกน Y คือ แกนทางด้านใน/ทางด้านข้าง (Mediolateral) และแกน Z คือ แกนบน/ล่าง (Superoinferior) ดังภาพที่ 10 และ 11



ภาพที่ 10 แสดงแกน X Y และ Z

โดย แกน X คือ แกนทางด้านหน้า/ด้านหลัง (Anteroposterior)

แกน Y คือ แกนทางด้านใน/ทางด้านข้าง (Mediolateral)

แกน Z คือ แกนบน/ล่าง (Superoinferior)

(ที่มา: <https://damienhowellpt.com/back-pain-dilemma-keep-on-walking/pelvic-drop/>)



ภาพที่ 11 มุมมองจากด้านหลัง (posterior view) ของการติด marker ในการทดสอบการวิ่ง (33)

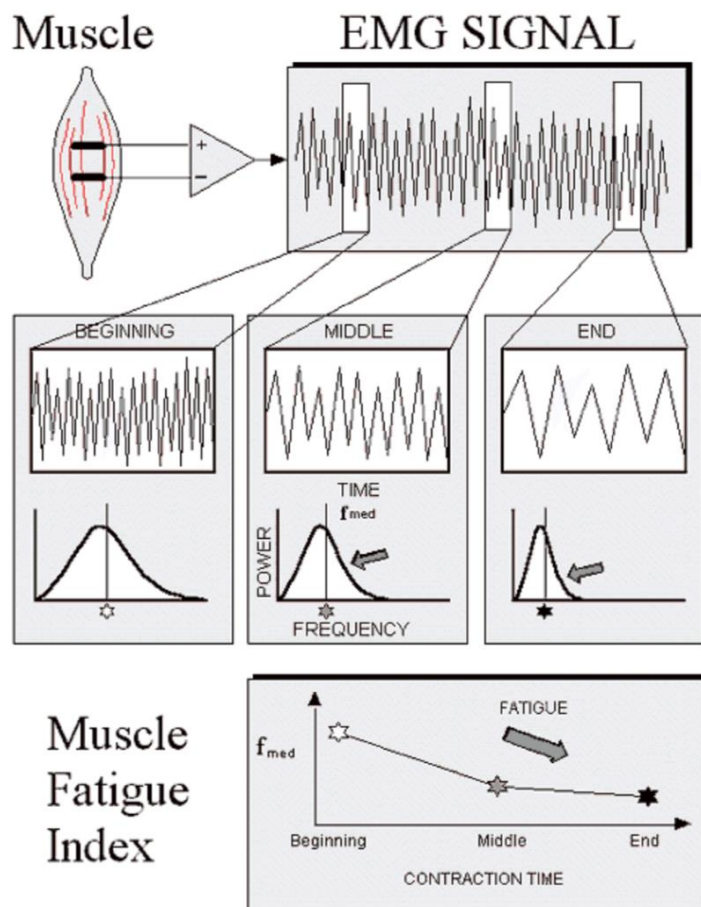
2.6 การวิเคราะห์ Median frequency

สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อสามารถวัดได้โดย 2 วิธี คือ ตัวรับสัญญาณชนิดเข็ม (needle electromyography) และตัวรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว (surface electromyography) โดยอาศัยหลักการจากกล้ามเนื้อที่มีการหดตัว (muscle contraction) เมื่อมีการนำกระแสประสาทมาถึงกล้ามเนื้อแล้วเกิดกระบวนการทางไฟฟ้าที่ทำให้เกิด action potential การหดตัวของกล้ามเนื้อจึงเกิดขึ้น แต่โดยปกติมักจะใช้วิธีวัดด้วยตัวรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ซึ่งจากค่าสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อสามารถบ่งบอกความล้าของกล้ามเนื้อได้ โดยใช้ median frequency (22)

โดยคำนวณจากสมการ

$$\sum_{j=1}^{MDF} P_j = \sum_{j=MDF}^M P_j = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M P_j$$

โดยจากสมการนั้น จะได้ค่าจุดศูนย์กลางของ power spectrum ของสัญญาณ โดยความถี่กลาง (median frequency; MDF) ซึ่งมีหน่วย Hz เป็นค่าความถี่ที่แบ่งแยก power spectrum เป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ดังภาพที่ 12

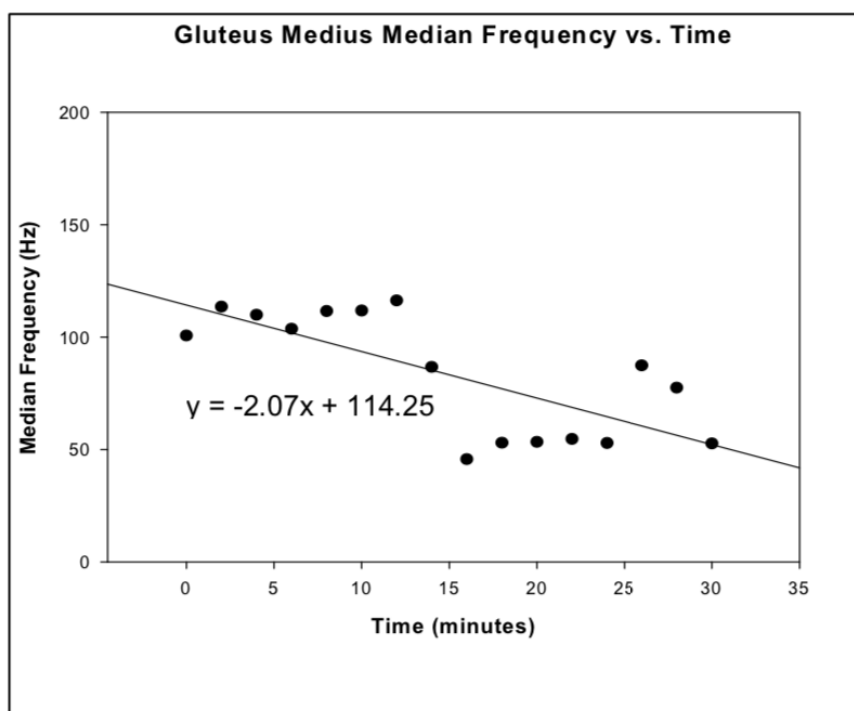


ภาพที่ 12 แผนภาพ spectrum ของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อขณะกล้ามเนื้อมีการหดตัวในแต่ละช่วง โดยดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อ (The muscle fatigue index) แสดงด้วย median frequency (34)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.7 การวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อขณะวิ่ง

จากการศึกษาก่อนหน้าที่ศึกษาในกลุ่มนักวิ่งโดยติดตัวรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว (surface electromyography) เพื่อใช้การบ่งชี้ความล้าของกล้ามเนื้อขณะวิ่งด้วยของ rate of fatigue จากความชัน (the slope of regression line) ของกราฟ median frequency ต่อเวลา หากค่าเป็นลบ จะแสดงถึงความล้าของกล้ามเนื้อ (20, 23, 35) มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ต่อนาที (Hz/min) ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวอย่างกราฟ median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ต่อเวลาของนักวิ่ง 1 คน พบความชัน -2.07 โดยความชันเป็นลบแสดงถึงความล้าของกล้ามเนื้อ (20)

2.8 ปริมาณการใช้ออกซิเจนในร่างกาย (VO_2 uptake) และการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดใน การใช้ออกซิเจน (VO_{2max})

การวัดการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) มีวิธีวัดด้วยกันหลายวิธี เช่น การวัดลมหายใจแบบ Douglas bag, breath by breath โดยใช้เพื่อวัดการแลกเปลี่ยนแก๊ส (respiratory gas exchange) ซึ่งวิธีวัดแบบ breath by breath นั้นถือเป็นวิธีวัดแบบ Gold Standard ซึ่งมีความแม่นยำ (accurately) และมีความแม่นยำเมื่อวัดซ้ำ (reproducibly)(36) ในทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย (exercise physiology) มักใช้เพื่อดูค่าการใช้ออกซิเจน (oxygen consumption/uptake; VO_2), การผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide production; VCO_2), ความหนักในการออกกำลังกาย (exercise intensity), ปริมาณพลังงานที่ใช้ (energy expenditure) และการทดสอบสมรรถภาพในนักกีฬาโดยการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) ปกติในท่านั่ง ร่างกายมีการใช้ออกซิเจนประมาณ 3.5 mL/kg/min หรือ $200\text{-}300 \text{ mL/min}$ หรือมีค่าเท่ากับ 1

MET (Metabolic equivalent) และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความหนักของกิจกรรม หรือการออกกำลังกาย(37)

การทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน หรืออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เป็นการประเมินสมรรถภาพร่างกาย (Physical fitness test) หรือ เป็นการประเมิน Aerobic power วิธีทางตรง (direct method) อย่างหนึ่งที่นิยมทดสอบในนักกีฬา และใช้ในงานวิจัย ซึ่งอาศัยการทำงานสัมพันธ์กันระหว่าง ระบบหัวใจ, หลอดเลือด, ระบบหายใจ และระบบกล้ามเนื้อ เพื่อประเมินหาค่าระดับความฟิตของร่างกาย โดยมีการออกกำลังกายในระดับที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถที่จะทดสอบต่อได้ (exhaustion) ประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจนนั้นจะแตกต่างกันตามเพศ อายุ สัดส่วนร่างกาย และการฝึกฝน คนที่มีความแข็งแรงของระบบไหลเวียนเลือด หัวใจ และระบบหายใจดี จะมีค่า VO_{2max} สูง เพราะความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกายได้ดี (38, 39)



บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรกลุ่มเป้าหมาย (Target population)

อาสาสมัครเป็นนักวิ่งที่วิ่งเป็นประจำ อายุระหว่าง 18-35 ปี วิ่งอย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (Study population)

เป็นอาสาสมัครกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง (ประสบการณ์น้อยกว่า 1 ปี) และนักวิ่งสมัครใจ (ประสบการณ์ 2-4 ปี) อายุระหว่าง 18-35 ปี ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา (Sample)

เป็นอาสาสมัครกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง (ประสบการณ์น้อยกว่า 1 ปี) และนักวิ่งสมัครใจ (ประสบการณ์ 2-4 ปี) อายุระหว่าง 18-35 ปี ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก

3.1 การคัดเลือกประชากรที่ใช้ในการศึกษา

เกณฑ์การคัดเลือกประชากรเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

กลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ประสบการณ์น้อยกว่า 1 ปี และวิ่งอย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์
2. มีดัชนีมวลกาย (Body mass Index; BMI) 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร² (kg/m²) (40)
3. มีสุขภาพดี แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีประวัติ cardiopulmonary problems และ neuromuscular impairment

กลุ่มนักวิ่งสันหนนาการเพศหญิง

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งสันหนนาการเพศหญิง ประสบการณ์มากกว่า 2 ปีแต่ไม่เกิน 4 ปี ที่วิ่งอย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์ และวิ่งมากกว่า 8 กิโลเมตร/สัปดาห์
2. มีดัชนีมวลกาย (Body mass Index; BMI) 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร² (kg/m²) (40)
3. มีสุขภาพดี แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีประวัติ cardiopulmonary problems และ neuromuscular impairment

เกณฑ์การคัดประชากรออกจากการศึกษา (Exclusion criteria)

1. มีประวัติการบาดเจ็บรยางค์ล่างและหลังส่วนล่างในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา
2. มีประวัติความผิดปกติรยางค์ล่างหรือได้รับการผ่าตัดรยางค์ล่าง
3. ขาสองข้างมีความยาวต่างกันมากกว่า 5 มิลลิเมตรโดยใช้เกณฑ์ The true leg length และ The apparent leg length

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีเลือกตามความสะดวก (convenient sampling) ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าและออก โดยสมัครใจของอาสาสมัคร ซึ่งใช้วิธีตอบแบบสอบถาม และสัมภาษณ์

3.2 การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การคำนวณขนาดของกลุ่มประชากรตัวอย่าง มาจากการทดลองแบบศึกษานำร่อง (Pilot Study) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันหนนาการเพศหญิงต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่จำนวน 5 คน และนักวิ่งสันหนนาการเพศหญิงจำนวน 4 คน โดยทั้ง 9 คน เป็นนิสิตที่วิ่งเป็นประจำที่ยินยอม และสมัครใจในการเข้าร่วมการศึกษานำร่อง โดยทั้งสองกลุ่มวิ่งที่อัตราเร็วที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเลือก (self-selected speed) ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถปรับเพิ่ม-ลด อัตราเร็วในการวิ่งได้ เพื่อจำลองอัตราเร็วในการวิ่งที่ใช้ออกกำลังกายจริง โดยอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงระดับความหนักที่ระดับปานกลาง หรือ 40 – 59% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองสูงสุด (heart rate reserve; HRR) ซึ่งค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาที่เกิด ภาวะ

เอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ คือ 4 ± 2.12 นาที และกลุ่มนักวิ่ง
 สันทนาการเพศหญิง 14.25 ± 4.72 นาที เมื่อได้ผลออกมาคำนวณตามสูตร ดังนี้

กำหนด $\alpha = 0.05$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.05/2} = 1.96 \text{ (two tail)}$$

$$\beta = 0.10$$

$$Z_{\beta} = Z_{0.10} = 1.28$$

เมื่อ S_1^2 = ค่าความแปรปรวนของข้อมูลระยะเวลาที่เกิด pelvic drop เพิ่มขึ้นมากกว่า 4 องศา
 ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่

S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของข้อมูลระยะเวลาที่เกิด pelvic drop เพิ่มขึ้นมากกว่า 4 องศา
 ในกลุ่มนักวิ่งสันทนาการ

d = ผลต่างของค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 กลุ่ม (Difference of mean)

$$\text{สูตร } n/\text{group} = (s_1^2 + s_2^2) \left(\frac{Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}}{d} \right)^2$$

$$\text{แทนค่า } n/\text{group} = (4.49 + 22.25) \left(\frac{1.96 + 1.28}{4 - 14.25} \right)^2$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 CHULALONGKORN UNIVERSITY

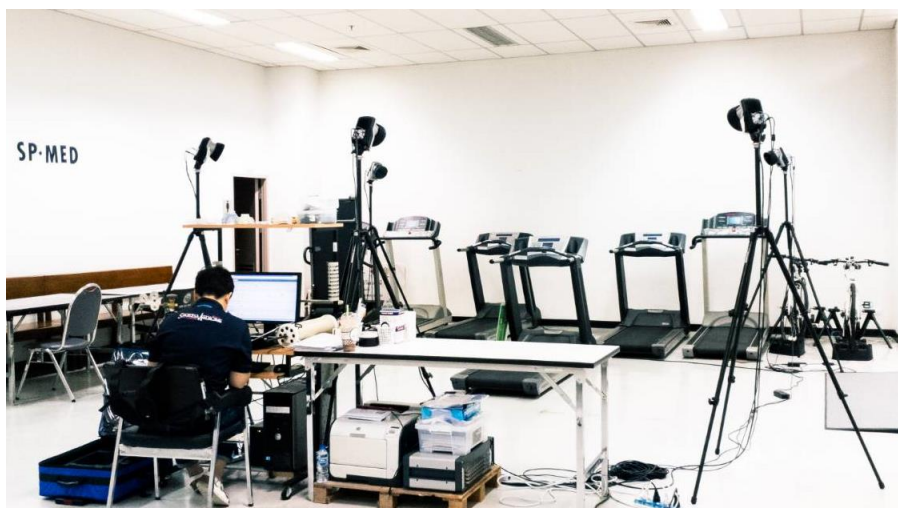
จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 27 คน แต่เพื่อป้องกันผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัย
 จึงมีการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าศึกษามากกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณ 10% ดังนั้น
 จำนวนของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม คือ 30 คน (หรือตัวอย่างกลุ่มทั้งหมด 60 คน)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย (Research instrument)

1. เอกสารข้อมูลรายละเอียดวิจัย, แบบบันทึกข้อมูล และแบบสอบถาม (ภาคผนวก)
2. Surface electromyography (software EMGworks Acquisition และ EMGworks Analysis version 4.5.3; Delsys, USA)
3. Qualisys motion capture system (คอมพิวเตอร์, Reflective markers, กล้อง Qualisys Camera Oqus 500 รุ่น 5-series จำนวน 5 ตัว และsoftware qualisys motion capture system version 2.7; Qualisys AB, Sweden)
4. Bioelectrical Impedance Analysis (รุ่น InBody230; Model MW160, Korea)
5. เครื่องวัดความดันโลหิต (OMRON HEM – 7130, OMRON Healthcare Co., Ltd., Japan)
6. ชุดวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Polar T31, Sweden)
7. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer system) พร้อมอุปกรณ์ (software version 5.3.0; Oxycon mobile, Jaeger Germany)
8. ลู่วิ่งกล (Treadmill) (Nautilus T518LC, USA)
9. RPE Borgscale (6 – 20 scale)
10. สายวัดมาตรฐานสำหรับวัดความยาวขา (หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร)

3.4 สถานที่ทำการวิจัย

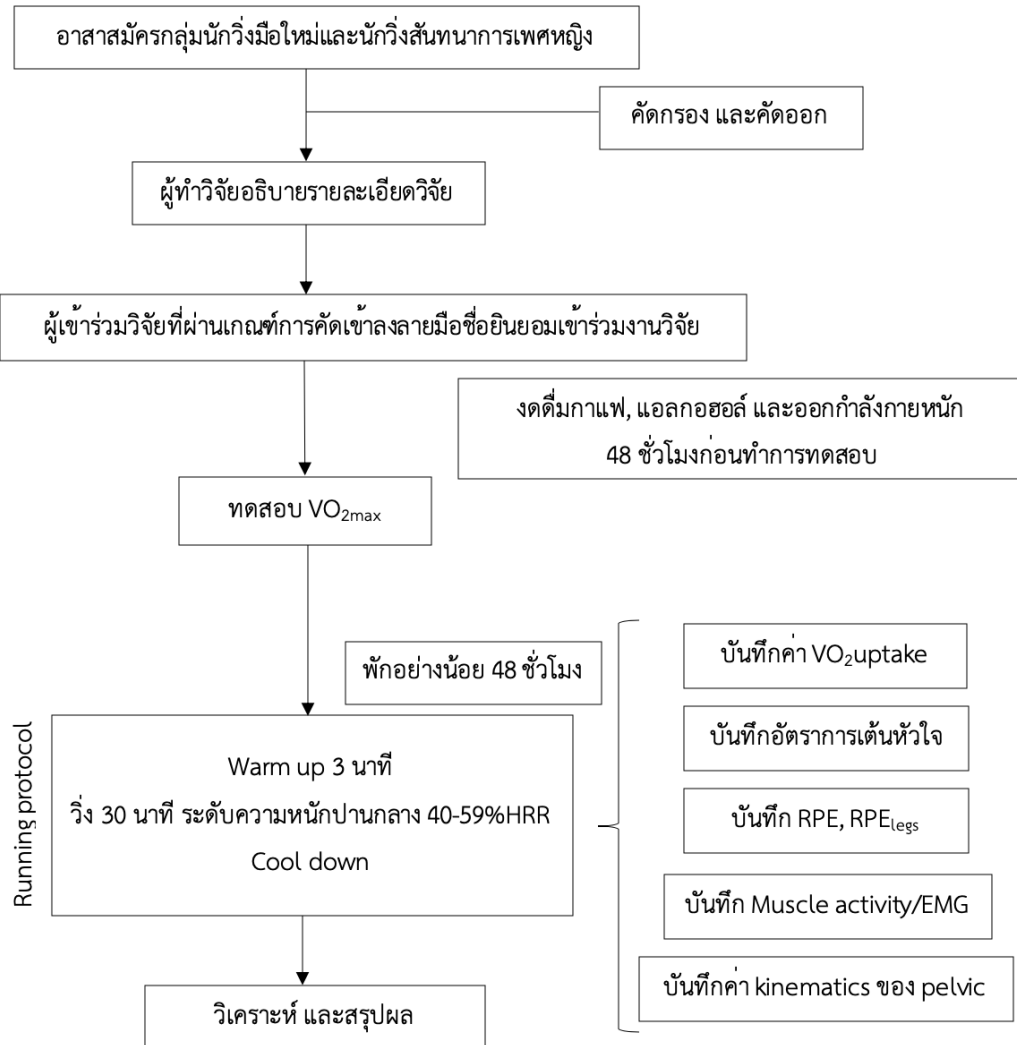
ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 14 แสดงห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

แผนผังวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 15 แสดงแผนผังวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล

หมายเหตุ ผู้เข้าร่วมวิจัยควรรับประทานอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ VO_{2max} และ Running protocol

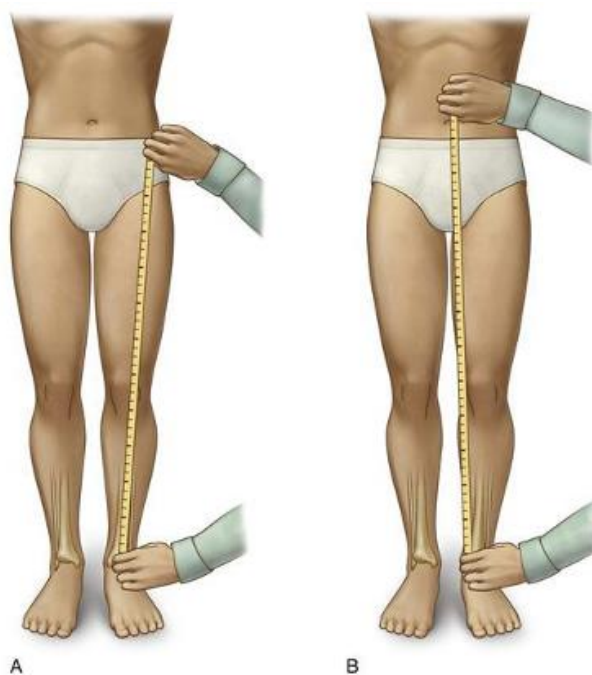
ขั้นตอนการทดสอบ

ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจะได้รับข้อมูล รายละเอียด และจุดประสงค์ของงานวิจัย โดยผู้เข้าร่วมวิจัย สามารถสอบถามข้อมูลจากผู้ทำวิจัยได้ พร้อมลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย โดยผู้ทำวิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการขอความยินยอม และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกรอกข้อมูลจากแบบสอบถาม จากนั้นประเมินร่างกายเบื้องต้น ณ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจะถูกขอร่องให้ งดดื่มกาแฟ , แอลกอฮอล์ และออกกำลังกายหนักอย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) และงดรับประทานอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ VO_{2max} และ Running protocol

การวัดความยาวขาในท่านอน (Leg length discrepancy)

ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย จัดตำแหน่งของร่างกายและขาอยู่ในแนวเดียวกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการวัดความยาวขาด้วย 2 วิธี (41)

1. การวัดความยาวขา The true leg length โดยวัดระยะจากตำแหน่ง anterior superior iliac spine (ASIS) ไปยัง medial malleolus วัดซ้ำ 2 ครั้งหาค่าเฉลี่ย ดังภาพที่ 16A
2. การวัดความยาวขา The apparent leg length โดยวัดระยะจากตำแหน่ง umbilicus ไปยัง medial malleolus วัดซ้ำ 2 ครั้งหาค่าเฉลี่ย ดังภาพที่ 16B



ภาพที่ 16 แสดงการวัดความยาวของขาในท่านอน (Leg length discrepancy)

A The true leg length

B The apparent leg length

(ที่มา: <https://boneandspine.com/true-and-apparent-leg-length/>)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบ VO_{2max} (Modified Bruce protocol)

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกายก่อนการทดสอบ ซึ่งทดสอบโดยการวิ่งบนลู่วิ่งกล (Treadmill) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะมีอุปกรณ์มาติดตั้งเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า VO_{2max} เพื่อประเมินหาค่าระดับความฟิตของร่างกาย โดยร่างกายมีการออกกำลังในระดับที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยผู้ทำวิจัยจะเป็นผู้เพิ่มความเร็วและความชันบนลู่วิ่งจนถึงระดับที่ร่างกายของผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถที่จะทดสอบต่อได้ (exhaustion) ทั้งนี้การทดสอบจะสิ้นสุดลงเมื่อผ่านเกณฑ์ 3 ใน 4 ข้อ (38) ดังต่อไปนี้

1. เกิด plateau ใน oxygen uptake เมื่อเพิ่มความหนักของการวิ่ง

2. respiratory exchanged ratio (RER) มากกว่า 1.15
3. อัตราการเต้นของหัวใจขณะทดสอบเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Age predicted $HR_{max} \pm 5\%$)
4. ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) เท่ากับ 19 หรือ 20

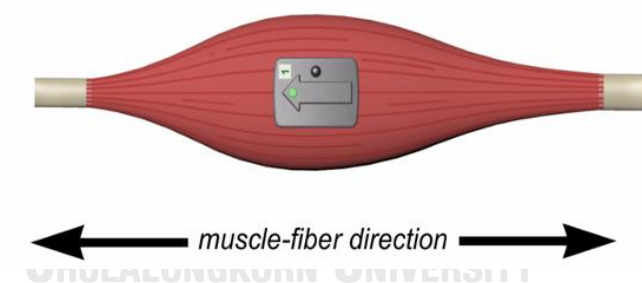
ตารางที่ 2 แสดงการเพิ่มความเร็วและความชันในการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) (42)

	Minute	Grade	Speed	
		%	Km/h	MPH
1	0-3	10	2.7	1.7
2	3-6	12	4	2.5
3	6-9	14	5.4	3.4
4	9-12	15	6.7	4.2
5	12-15	15	8	5
6	15-18	15	8.8	5.5
7	18-21	15	9.6	6



ภาพที่ 17 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max})

ตำแหน่งการติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode placement)



ภาพที่ 18 แสดงการติด Electrode ของกล้ามเนื้อ

(ที่มา: TRIGNO Wireless System User's Guide) (43)

ก่อนการติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode placement) (Delsys, USA) จะต้องใช้แอลกอฮอล์เช็ดบริเวณผิวหนังที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อที่จะวัดคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อที่จะใช้วัดคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ประกอบด้วย

Gluteus medius

Gluteus maximus

กล้ามเนื้อ Gluteus medius ติด Surface electrode บริเวณ 1 ใน 3 ระหว่าง Iliac crest กับ Greater trochanter tubercle และจะติด Surface electrode ตามลายกล้ามเนื้อ ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การติด Electrode ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius

(ที่มา: <https://westcoastsci.com/general-blog/2018/6/15/what-exactly-are-the-glut-muscles>)

กล้ามเนื้อ **Gluteus maximus** ติด Surface electrode บริเวณกึ่งกลางระหว่าง Greater trochanter tubercle กับ Sacral vertebrae และจะติด Surface electrode เฉียงขึ้นตามลายกล้ามเนื้อ ดังภาพที่ 20



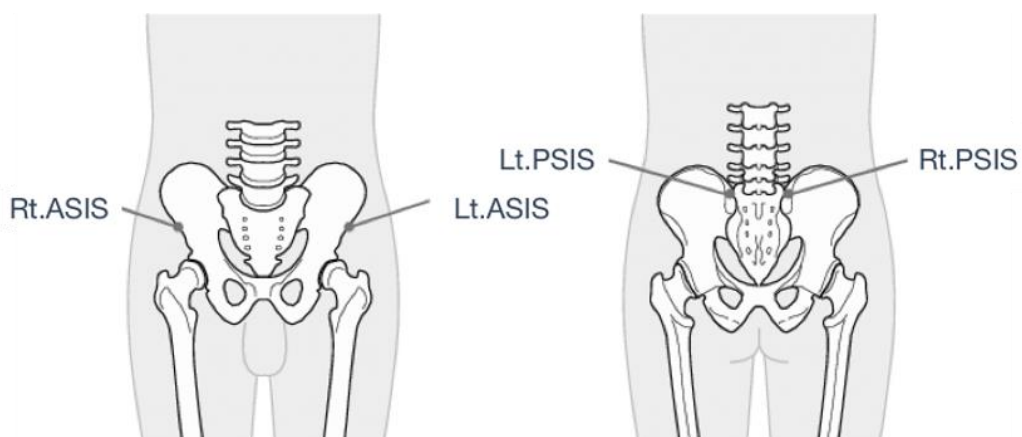
ภาพที่ 20 การติด Electrode ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus
(ที่มา: [https://westcoastsci.com/general-blog/2018/6/15/what-exactly-are-the-glut-](https://westcoastsci.com/general-blog/2018/6/15/what-exactly-are-the-glut-muscles)
muscles)

ตำแหน่งการติด reflective marker 4 จุด

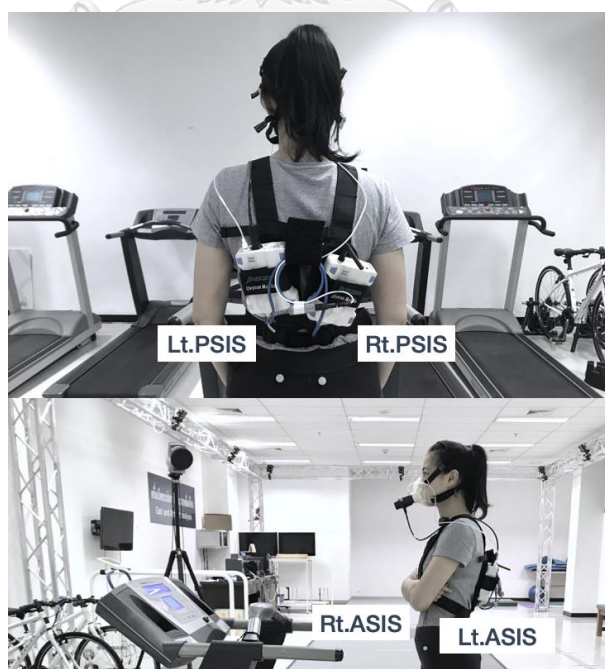
กระดูกเชิงกรานด้านหน้า (Anterior superior iliac spine) 2 ข้าง

กระดูกเชิงกรานด้านหลัง (Posterior superior iliac spine) 2 ข้าง

โดยใช้ reflective marker ขนาด 15.9 mm Sphere base $\frac{3}{4}$ " Flexible ดังภาพที่ 21 และ 22



ภาพที่ 21 ตำแหน่งการติด reflective marker (44)



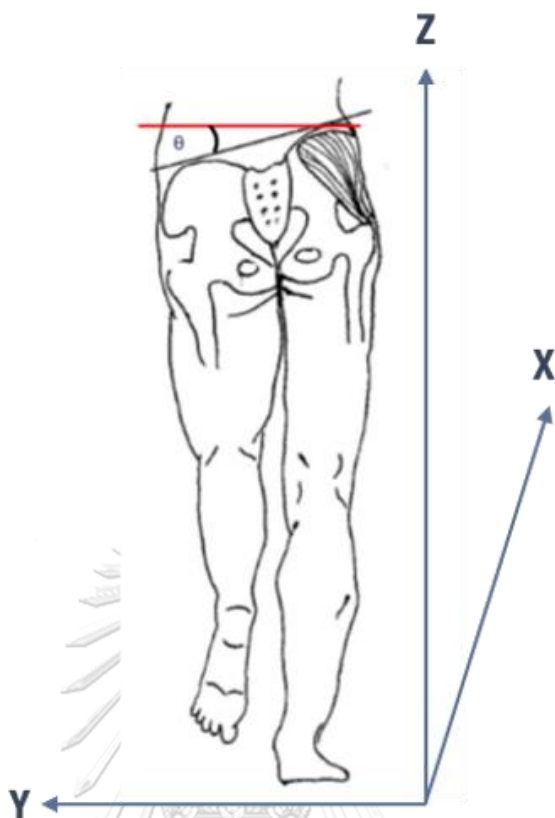
ภาพที่ 22 ตำแหน่งการติด reflective marker ก่อนการวิ่งที่ระดับความหนักปานกลาง

ขั้นตอนการวิ่ง (Running protocol)

1. ผู้วิจัยทำการติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode placement) (Delsys, USA) และ reflective markers
2. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่สายคาตอดวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และสวมหน้ากากเพื่อวัดค่า VO_2 ด้วยเครื่อง gas analyzer
3. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 3 นาทีบนลู่วิ่ง แล้วทำการวิ่งที่อัตราเร็วที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเลือก (self-selected speed)
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถปรับเพิ่ม - ลด อัตราเร็วในการวิ่งได้โดยให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงระดับความหนักที่ระดับปานกลาง หรือ 40 – 59% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองสูงสุด (heart rate reserve; HRR) จากสูตร $[(HR_{max} - HR_{rest}) \% intensity] + HR_{rest}$
5. ในขณะที่ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งผู้ทำวิจัยจะบันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle activity) โดย EMG, อัตราเร็วในการวิ่ง, อัตราการเต้นของหัวใจ, VO_2 uptake และสอบถาม RPE_{overall}, RPE_{legs} ทุก ๆ 2 นาที
6. เมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยวิ่งบนลู่วิ่งครบ 30 นาที ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการ cool down บนลู่วิ่งเป็นเวลา 5 นาที ถือเป็นการสิ้นสุด

ขั้นตอนการบันทึกและการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Kinematics)

การบันทึกการเคลื่อนไหวใช้โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys motion capture system ในการบันทึกการเคลื่อนไหวขณะวิ่งที่ 100 Hz (100 frames/sec) และวิเคราะห์องศาของ pelvic ที่ทำมุมในระนาบ Y-Z โดยจะเก็บข้อมูลตลอดช่วงการวิ่ง และนำข้อมูล 10 วินาทีแรกของแต่ละนาทีมาคำนวณองศาของ pelvic drop โดยค่าเฉลี่ยของ pelvic drop คัดจาก peak pelvic drop 10 วินาทีแรกในแต่ละนาที ซึ่งองศา pelvic drop ที่เปลี่ยนไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยองศา pelvic drop นาทีที่ 0 ในแต่ละข้าง โดยหากข้างใดข้างหนึ่งเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานเพิ่มขึ้นมากกว่า 4° ถือว่าเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน ณ นาทีที่วิเคราะห์



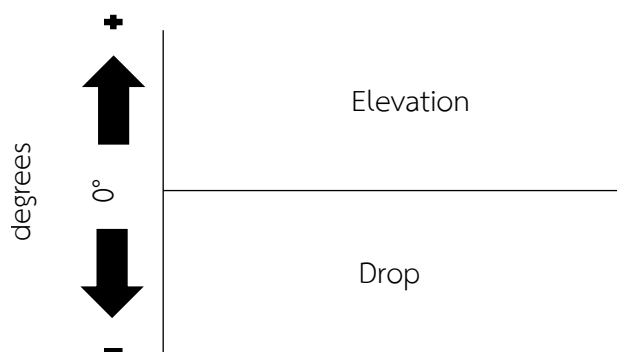
ภาพที่ 23 แกน X, Y และ Z และมุม θ ของ pelvic drop ช้างซ้ายเมื่อเทียบกับ Horizontal Line

โดยกำหนด แกน X คือ แกนทางด้านหน้า/ด้านหลัง (Anteroposterior)

แกน Y คือ แกนทางด้านใน/ทางด้านข้าง (Mediolateral)

แกน Z คือ แกนบน/ล่าง (Superoinferior)

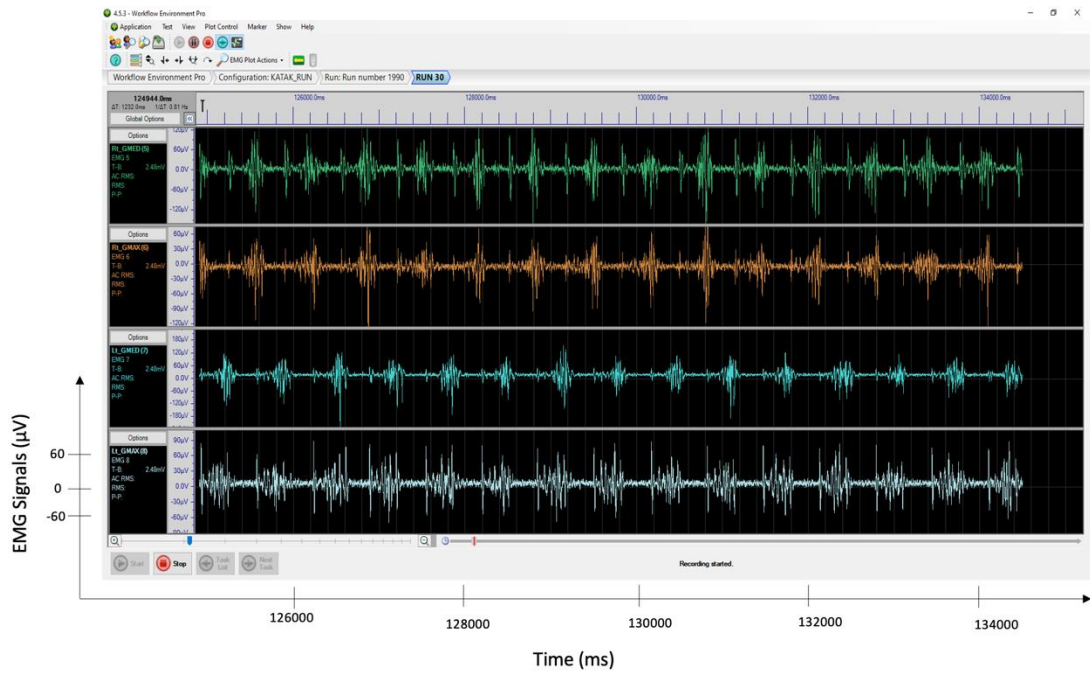
(ที่มา: <https://damienhowellpt.com/back-pain-dilemma-keep-on-walking/pelvic-drop/>)



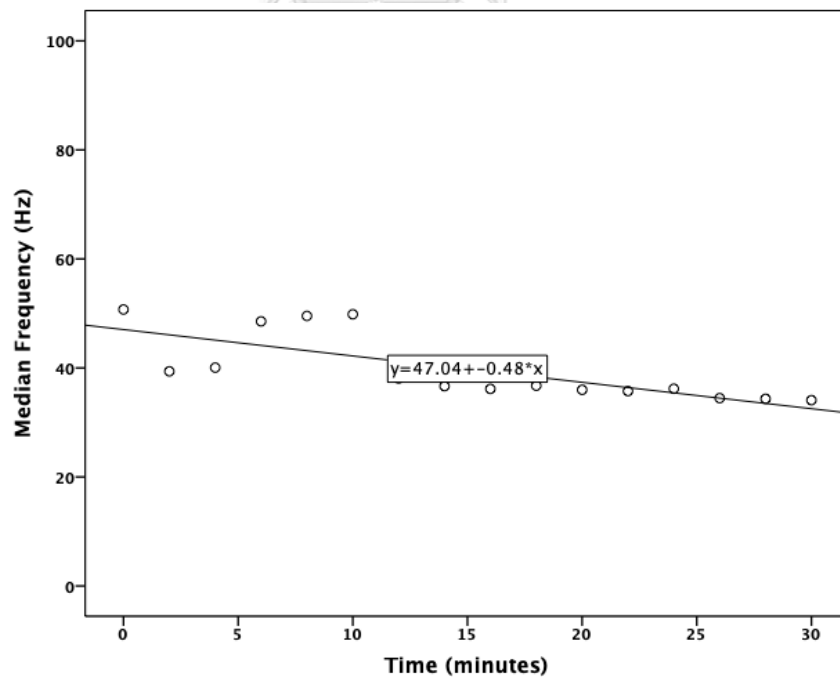
ภาพที่ 24 แสดงการเปลี่ยนแปลงมุมของกระดูกเชิงกราน (Pelvic) (45)

การประเมินความล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle Fatigue)

การประเมินความล้าของกล้ามเนื้อจากการวิ่งด้วย EMG โดยทำการบันทึก muscle activity ด้วยเครื่อง Surface electromyography (Delsys, USA) และโปรแกรม EMGworks Acquisition version 4.5.3 ซึ่งเก็บข้อมูล Raw EMG sampling frequency 1,000 Hz แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม EMGworks Analysis ฟิเตอร์โดยใช้ Butterworth Filters ช่วง 20-200 Hz และนำไปวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อในพารามิเตอร์ Median Frequency โดยใช้ EMG power spectrum ในช่วง 10 วินาทีแรกในแต่ละนาที (10-second running block) หลังจากนั้นนำข้อมูลมาสร้างกราฟ Median Frequency ต่อเวลา ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 25 แสดงการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อข้อมือที่ระดับความหนักปานกลางด้วยโปรแกรม EMGworks Acquisition



ภาพที่ 26 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius วิเคราะห์จากกราฟ Median Frequency ต่อเวลา พบค่าความชันเท่ากับ -0.48 โดย ค่าลบของความชันของกราฟแสดงถึงความล้า

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Analysis)

1. แสดงผลข้อมูลอายุ, น้ำหนัก, ส่วนสูง, BMI, The true leg length, The apparent leg length, ประสบการณ์การวิ่ง, Mileage และ VO_{2max} นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ SD)

2. แสดงระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

3. ใช้ unpaired t test เปรียบเทียบระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ระหว่างกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสมัครเล่น

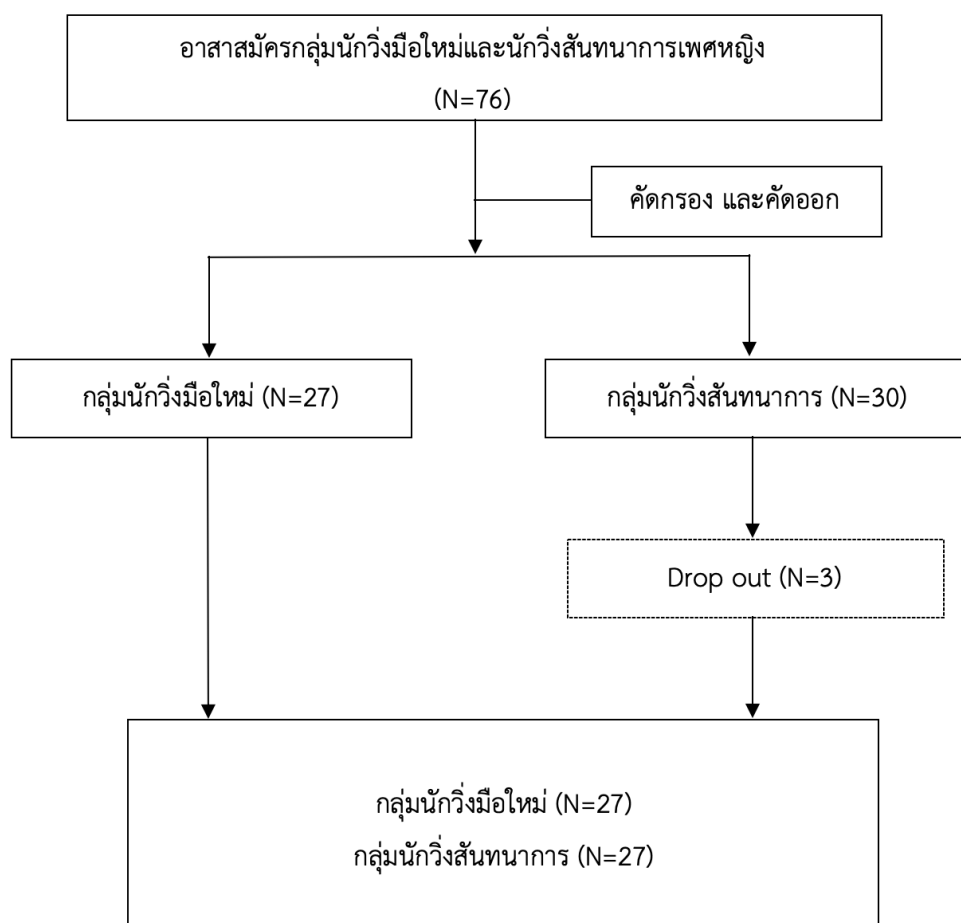
4. ใช้ Pearson's Correlations (R) หาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับตัวแปรอื่น ๆ (อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus)

5. ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ 95 % ของความเชื่อมั่น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีจำนวนผู้เข้าร่วมคัดกรองทั้งสิ้นเข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 76 คน และได้ทำการประเมินตามเกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) และเกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) จนได้ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสิ้น 57 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง ซึ่งมีจำนวนของผู้เข้าร่วมวิจัยขอลถอนตัวระหว่างการทำวิจัย (drop out) ทั้งหมด 3 คน เนื่องจากไม่สามารถมาทดสอบในครั้งที่ 2 ได้ เพราะได้รับการบาดเจ็บ และประสบอุบัติเหตุ แสดงดังภาพที่ 26



ภาพที่ 27 แสดงจำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้า

4.1 ลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

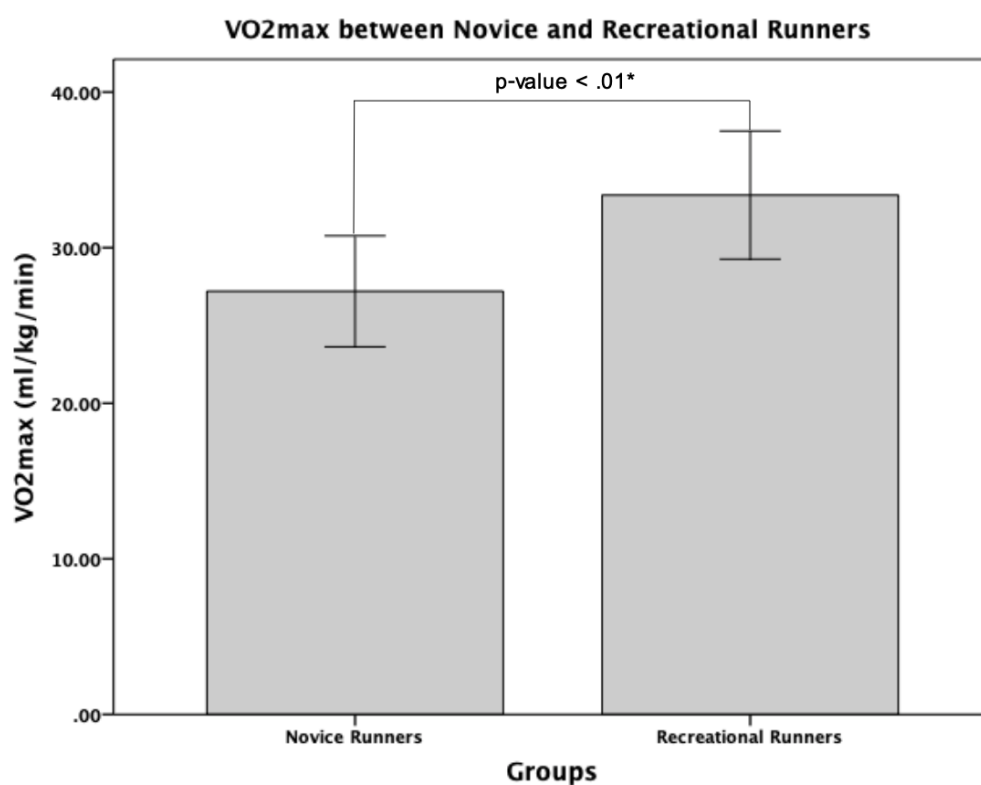
ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (Mean \pm SD)

	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	กลุ่มนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง (N = 27)	p-value
อายุ (ปี)	28.63 \pm 4.16	30.59 \pm 2.93	.05
น้ำหนัก (กก.)	53.12 \pm 6.14	52.20 \pm 5.22	.56
ส่วนสูง (ซม.)	158.78 \pm 5.72	160.67 \pm 5.70	.23
BMI (กก./ม. ²)	21.03 \pm 1.74	20.19 \pm 1.29	.05
The true leg length (ซม.)	81.24 \pm 3.46	81.96 \pm 3.38	.44
The apparent leg length (ซม.)	89.30 \pm 3.22	90.44 \pm 4.10	.26
ประสบการณ์การวิ่ง (เดือน)	7.67 \pm 3.92	31.93 \pm 8.50	<.01*
Mileage (กม./สัปดาห์)	14.57 \pm 9.69	37.44 \pm 17.55	<.01*
VO _{2max} (มล./กก./นาที)	27.19 \pm 3.57	33.38 \pm 4.12	<.01*

* statistical significance at p-value < .05

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง BMI ความยาวขา True leg length และ The apparent leg length ของกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มนักวิ่งมือใหม่มีค่าเฉลี่ยของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง BMI ความยาวขา True leg length และ The apparent leg length เฉลี่ยเท่ากับ 28.63 \pm 4.16 ปี 53.12 \pm 6.14 กก. 158.78 \pm 5.72 ซม. 21.03 \pm 1.74 กก./ม.² 81.24 \pm 3.46 ซม. และ 89.30 \pm 3.22 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มนักวิ่งสันทนากการมีค่าเฉลี่ยของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง BMI ความยาวขา True leg length และ The apparent leg length เฉลี่ยเท่ากับ 30.59 \pm 2.93 ปี 52.20 \pm 5.22 กก. 160.67 \pm 5.70 ซม. และ 20.19 \pm 1.29 กก./ม.² 81.96 \pm 3.38 ซม. และ 90.44 \pm 4.10 ซม. ตามลำดับ และพบว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการ มีค่าเฉลี่ยของ ประสบการณ์การวิ่ง เท่ากับ 7.67 \pm 3.92 เดือน และ 31.93 \pm 8.50 เดือน Mileage (กม./สัปดาห์) 14.57 \pm 9.69 และ 37.44 \pm 17.55 และ VO_{2max} เท่ากับ 27.19 \pm 3.57 และ 33.38 \pm 4.12 มล./กก./นาที ตามลำดับ

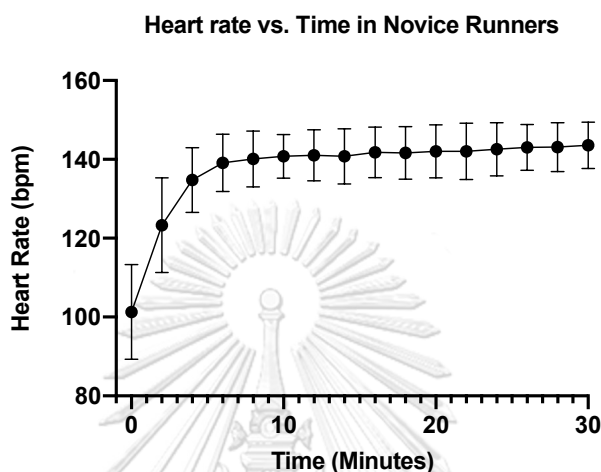
ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสมัครเล่น พบว่ามีค่าเฉลี่ยของ ประสิทธิภาพการวิ่ง ระยะทางที่วิ่งต่อสัปดาห์ (Mileage) และ VO_{2max} แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



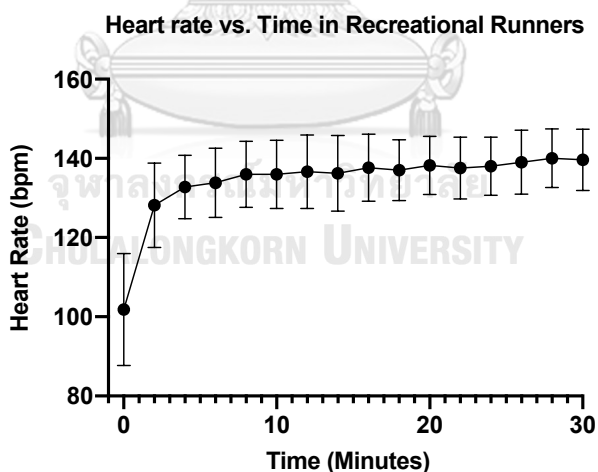
ภาพที่ 28 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า VO_{2max} ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners) และนักวิ่งสมัครเล่น (recreational runners)

4.2 อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่ง สันทนการเพศหญิง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาที พบว่ามีค่าคงที่เมื่อถึง steady state ดังภาพที่ 29 และ 30



ภาพที่ 29 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการเต้นของหัวใจต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners)

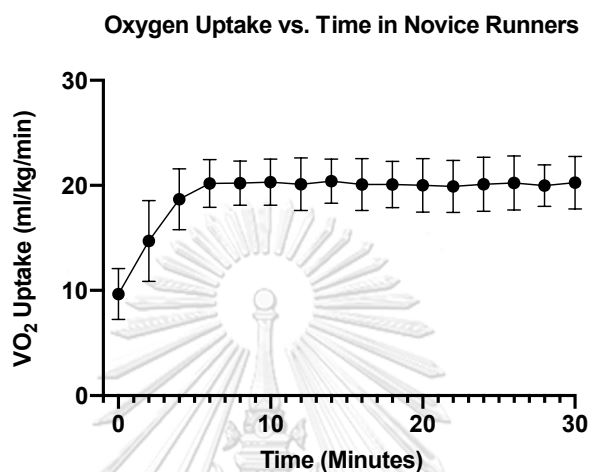


ภาพที่ 30 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการเต้นของหัวใจต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสันทนการ (recreational runners)

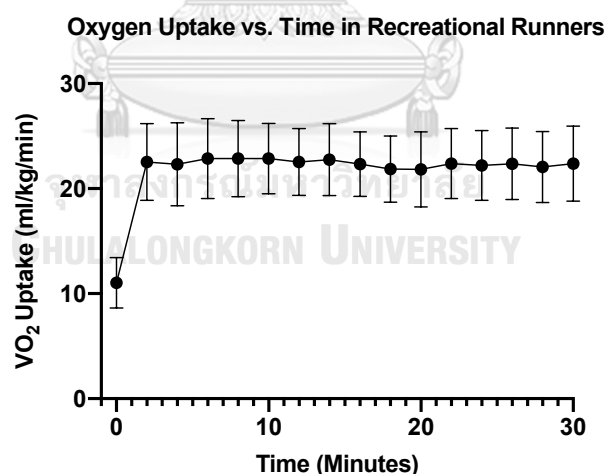
จากภาพที่ 29 และ 30 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่ง 30 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิงวิ่งอยู่ในช่วงระดับความหนักปานกลาง

4.3 การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการพิเศษหญิง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ออกซิเจนขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาที พบว่ามีค่าคงที่เมื่อถึง steady state ดังภาพที่ 31 และ 32



ภาพที่ 31 แสดงแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners)

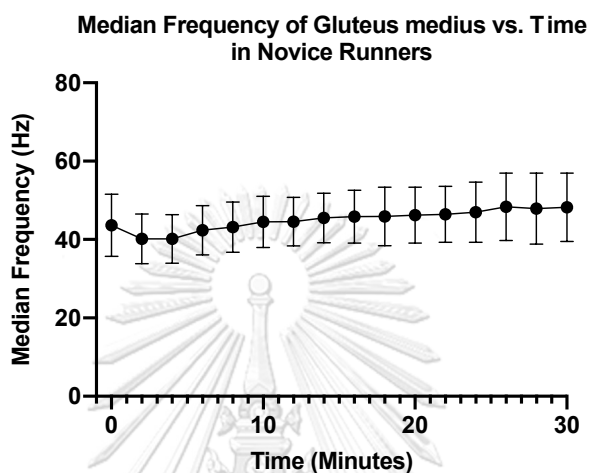


ภาพที่ 32 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสันทนากการ (recreational runners)

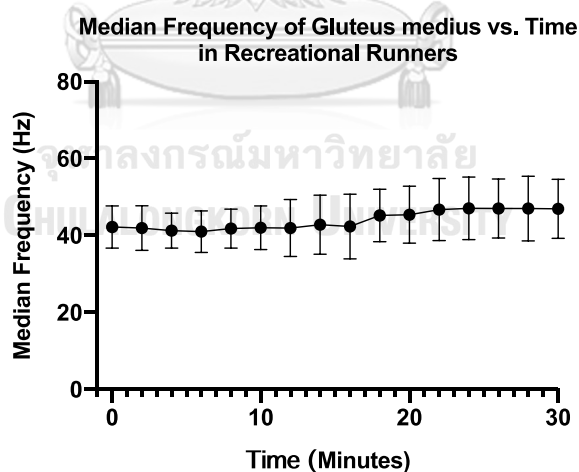
จากภาพที่ 31 และ 32 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่ง 30 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการพิเศษหญิงวิ่งอยู่ในช่วงระดับความหนักปานกลาง

4.4 Median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาที ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสมัครเล่น

จากการวิเคราะห์ข้อมูล Median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาที พบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ ดังภาพที่ 33 และ 34



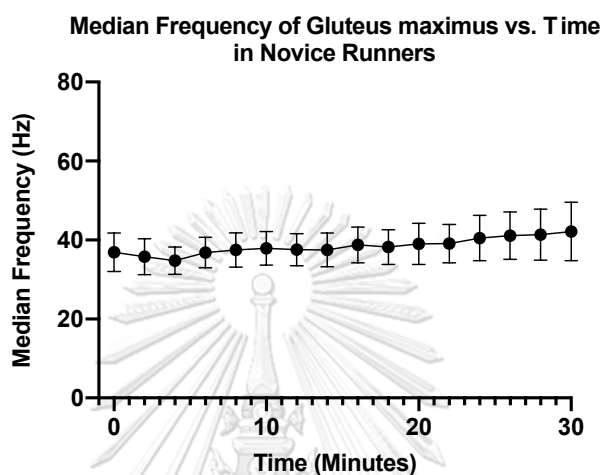
ภาพที่ 33 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners)



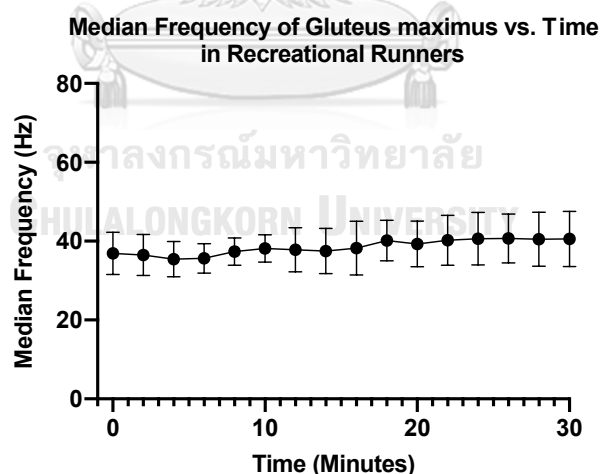
ภาพที่ 34 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่น (recreational runners)

4.5 Median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาทีใน กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสมัครเล่น

จากการวิเคราะห์ข้อมูล Median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ขณะวิ่ง
ระยะเวลา 30 นาที พบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ ดังภาพที่ 35 และ 36



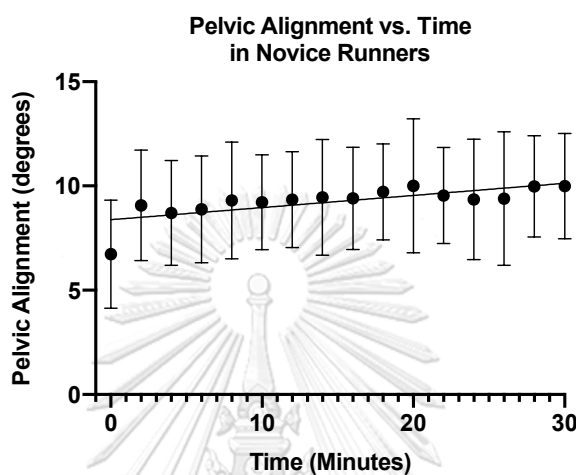
ภาพที่ 35 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ
Gluteus maximus ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners)



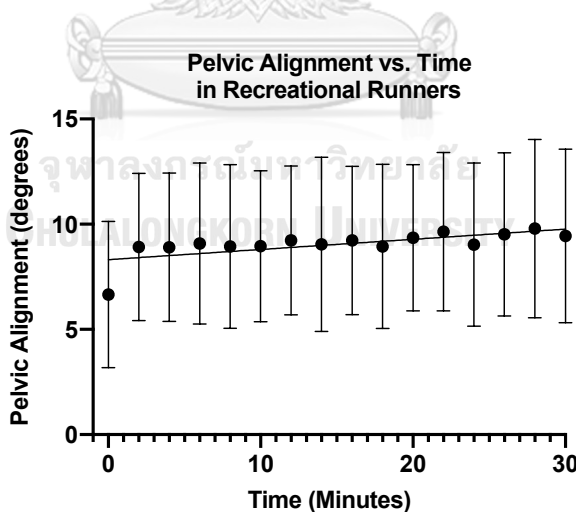
ภาพที่ 36 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ
Gluteus maximus ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่น (recreational runners)

4.6 แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาที ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสมัครเล่น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะวิ่งระยะเวลา 30 นาที พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังภาพที่ 37 และ 38



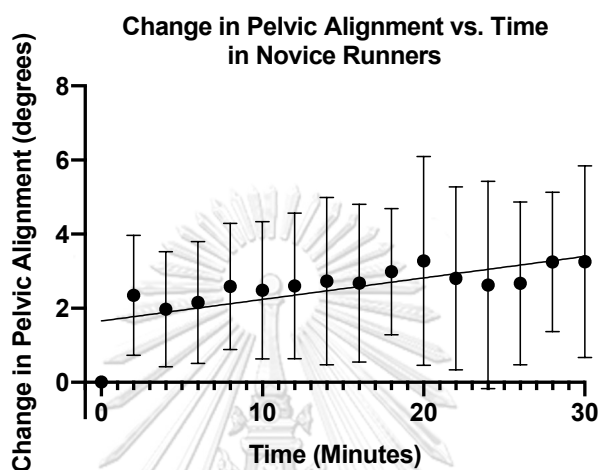
ภาพที่ 37 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน ต่อเวลา
ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners)



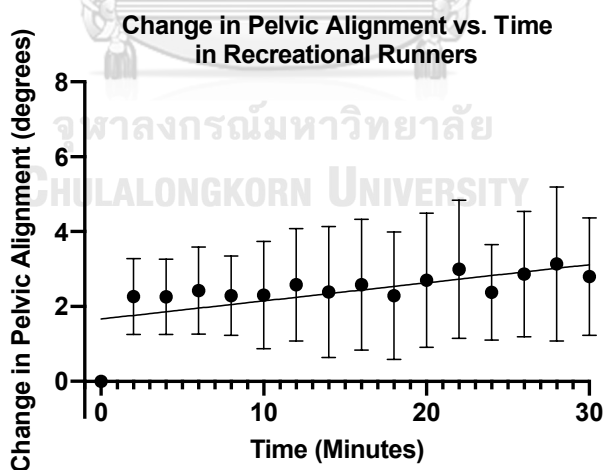
ภาพที่ 38 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน ต่อเวลา
ในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่น (recreational runners)

4.7 การเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ขณะวิ่ง ระยะเวลา 30 นาทีในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสมัครเล่น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะวิ่ง
ระยะเวลา 30 นาที พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังภาพที่ 39 และ 40



ภาพที่ 39 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูก
เชิงกราน ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners)



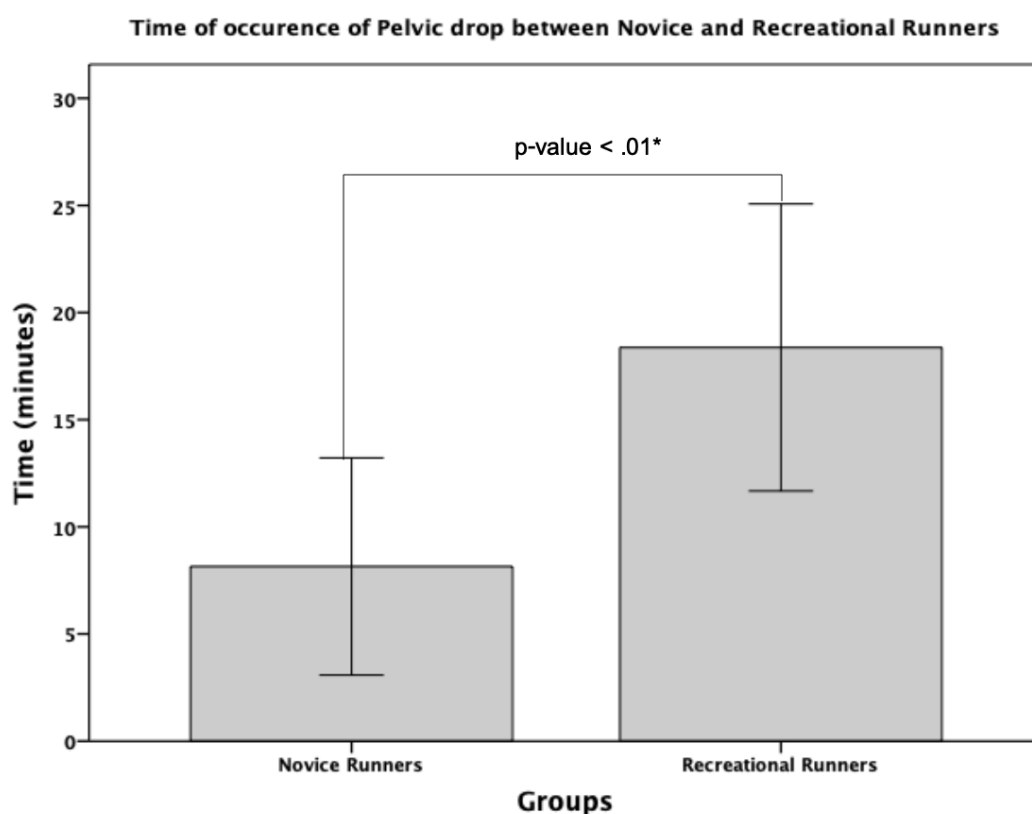
ภาพที่ 40 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงแนวการเอียงของกระดูก
เชิงกราน ต่อเวลาในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่น (recreational runners)

4.8 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง

ตารางที่ 4 แสดงระยะเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (Mean \pm SD)

	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	กลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (N = 27)	p-value
เวลา (นาที)	8.15 \pm 5.07	18.37 \pm 6.70	<.01*

* statistical significance at p-value < .05



ภาพที่ 41 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (novice runners) และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (recreational runners)

จากภาพที่ 40 พบว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง มีค่าเฉลี่ยของเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 4° ขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลาง 8.15 ± 5.07 และ 18.37 ± 6.70 นาทีตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 4° ขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่และนักวิ่งสันทนการเพศหญิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .01$)



4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง

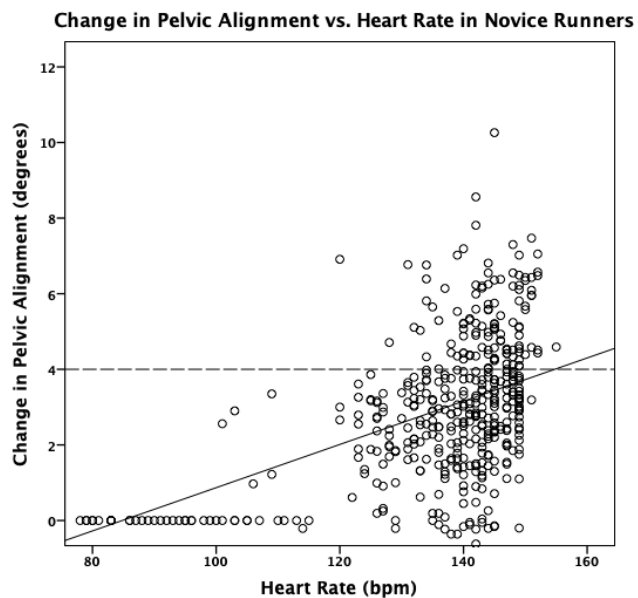
การทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27) และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (N = 27)

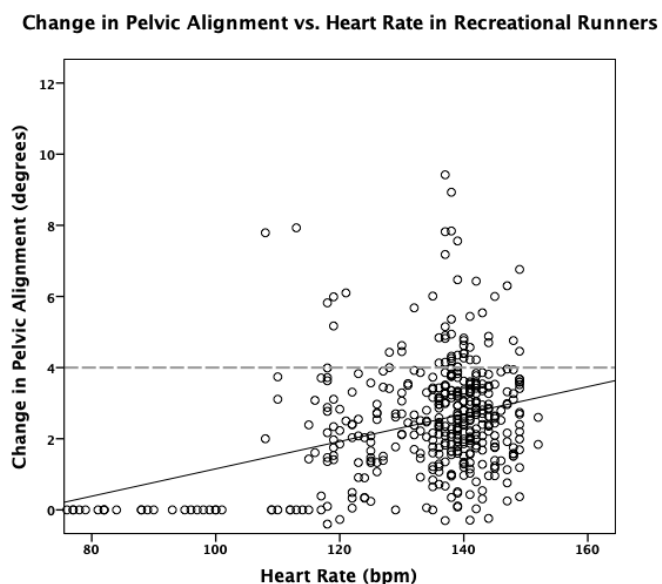
ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	p-value	กลุ่มนักวิ่งสันทนการ (N = 27)	p-value
อัตราการเต้นของหัวใจ	.56	< .01*	.44	< .01*

* statistical significance at p-value < .05

จาก แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง นักวิ่งมือใหม่ $r = .56$ ($p < .01$) และนักวิ่งสันทนการ $r = .44$ ($p < .01$) และเมื่อนำข้อมูลมาเขียน scatter plot ได้ผลดังภาพที่ 42 และ 43 ตามลำดับ



ภาพที่ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .56$



ภาพที่ 43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .44$

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง

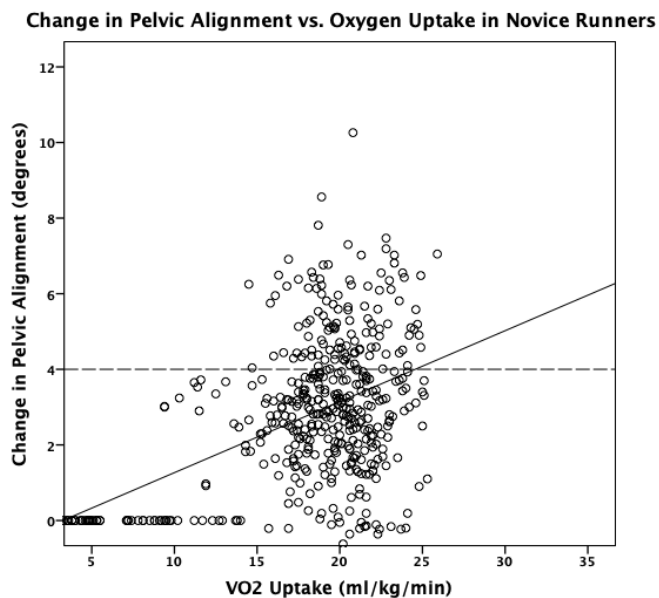
การทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ ($N = 27$) และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง ($N = 27$)

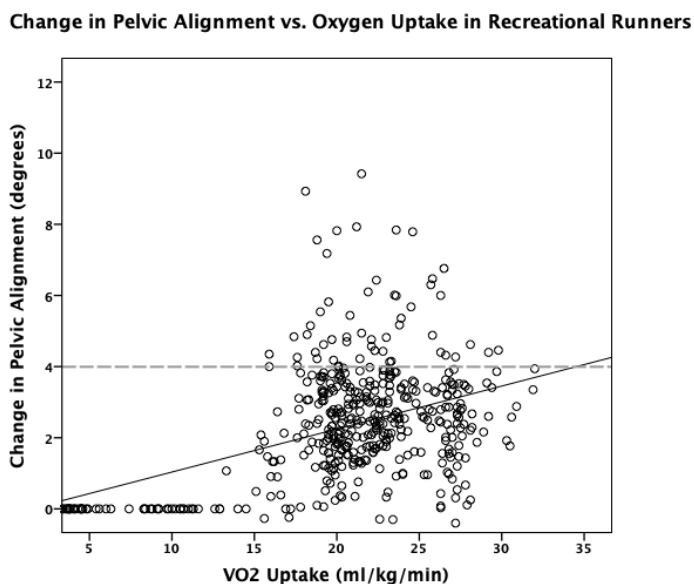
ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ ($N = 27$)	p-value	กลุ่มนักวิ่งสันทนการ	p-value
			($N = 27$)	
การใช้ออกซิเจน	.47	< .01*	.41	< .01*

* statistical significance at p-value < .05

แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง นักวิ่งมือใหม่ $r = .47$ ($p < .01$) และนักวิ่งสันทนการ $r = .41$ ($p < .01$) และเมื่อนำข้อมูลมาเขียน scatter plot ได้ผลดังภาพที่ 44 และ 45 ตามลำดับ



ภาพที่ 44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .47$



ภาพที่ 45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .41$

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันนาการเพศหญิง

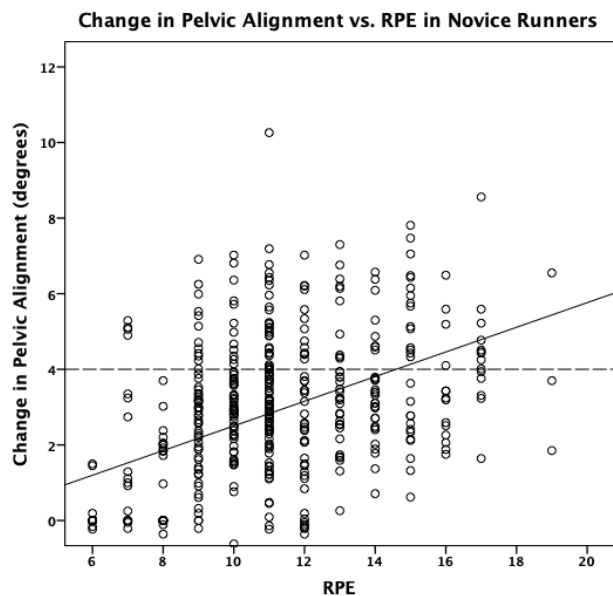
การทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันนาการเพศหญิง แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27) และนักวิ่งสันนาการเพศหญิง (N = 27)

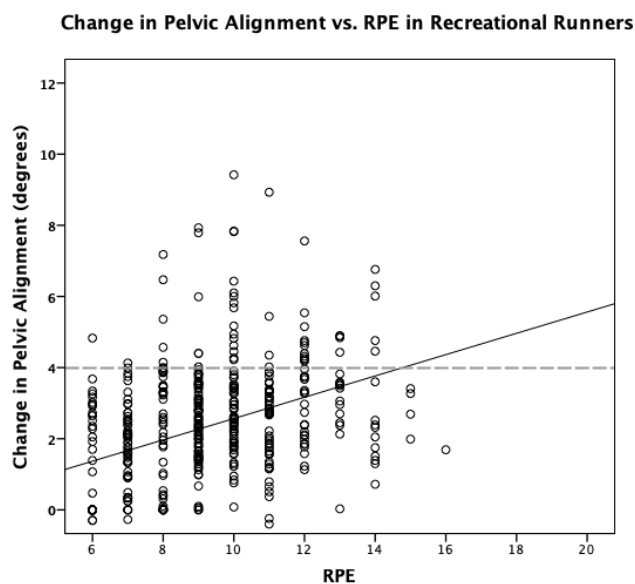
ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	p-value	กลุ่มนักวิ่งสันนาการ (N = 27)	p-value
ค่าความรู้สึกเหนื่อย	.47	< .01*	.39	< .01*

* statistical significance at p-value < .05

แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันนาการเพศหญิง นักวิ่งมือใหม่ $r = .47$ ($p < .01$) และนักวิ่งสันนาการเพศหญิง $r = .39$ ($p < .01$) และเมื่อนำข้อมูลมาเขียน scatter plot ได้ผลดังภาพที่ 46 และ 47 ตามลำดับ



ภาพที่ 46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .47$



ภาพที่ 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .39$

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการพิเศษหญิง

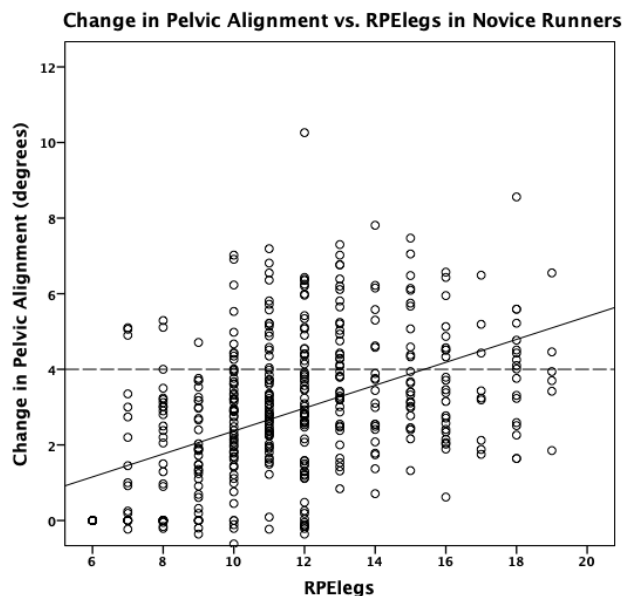
การทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการพิเศษหญิง แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27) และนักวิ่งสันทนการพิเศษหญิง (N = 27)

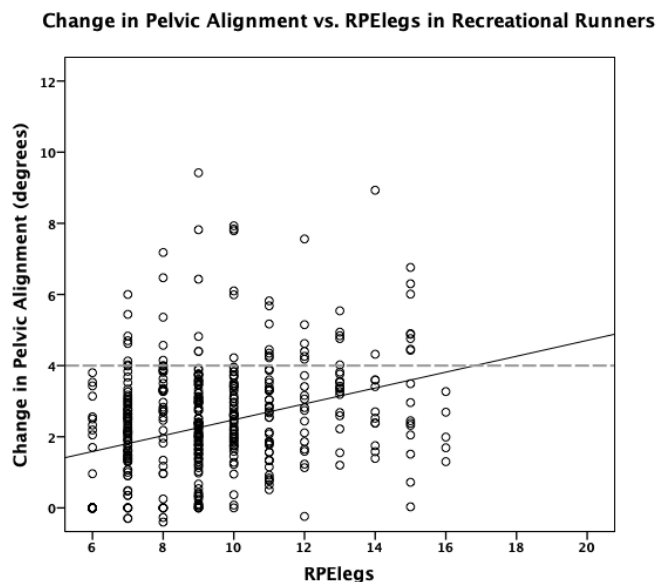
ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	p-value	กลุ่มนักวิ่งสันทนการ (N = 27)	p-value
ค่าความรู้สึกล้าของขา	.48	< .01*	.32	< .01*

* statistical significance at p-value < .05

แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) มีความสัมพันธ์กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการพิเศษหญิง นักวิ่งมือใหม่ $r = .48$ ($p < .01$) และนักวิ่งสันทนการ $r = .32$ ($p < .01$) และเมื่อนำข้อมูลมาเขียน scatter plot ได้ผลดังภาพที่ 48 และ 49 ตามลำดับ



ภาพที่ 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึก้าของขา (RPE_{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .48$



ภาพที่ 49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึก้าของขา (RPE_{legs}) ในกลุ่มนักวิ่งนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .32$

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง

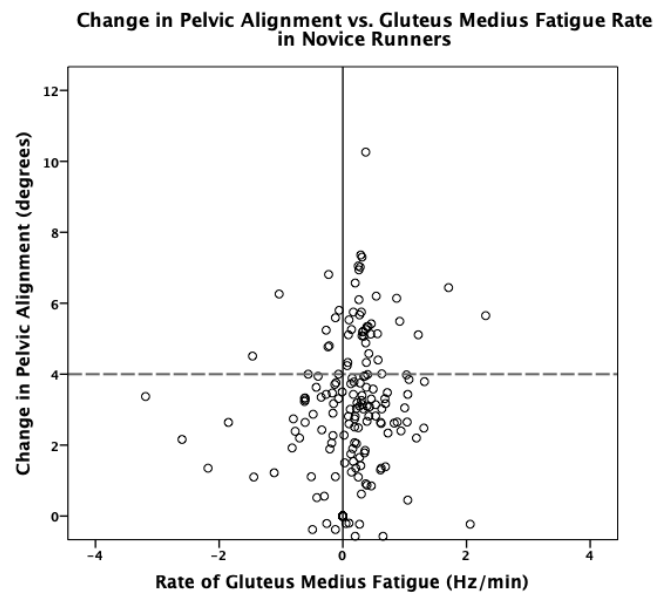
การทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N=27) และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (N=27)

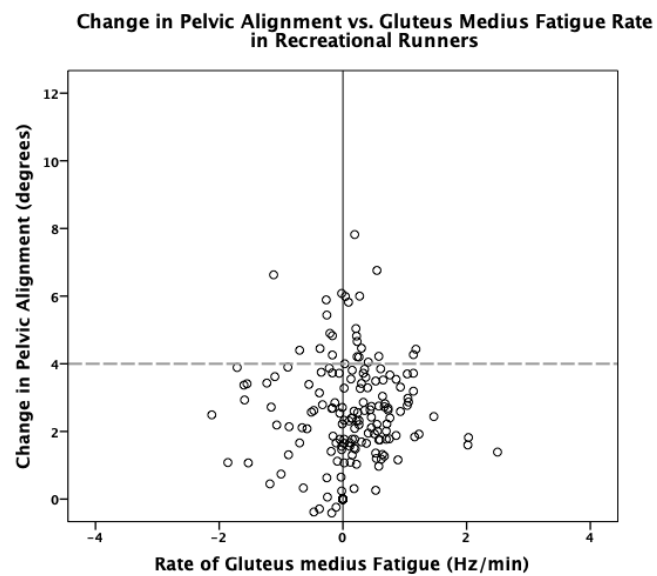
ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	p-value	กลุ่มนักวิ่งสันทนการ (N = 27)	p-value
ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius	.15	.04*	.05	.50

* statistical significance at p-value < .05

แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ไม่แสดงความสัมพันธ์กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง นักวิ่งมือใหม่ $r = .15$ ($p = .04$) และนักวิ่งสันทนการ $r = .05$ ($p = .50$) และเมื่อนำข้อมูลมาเขียน scatter plot ได้ผลดังภาพที่ 50 และ 51 ตามลำดับ



ภาพที่ 50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .15$



ภาพที่ 51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .05$

4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง

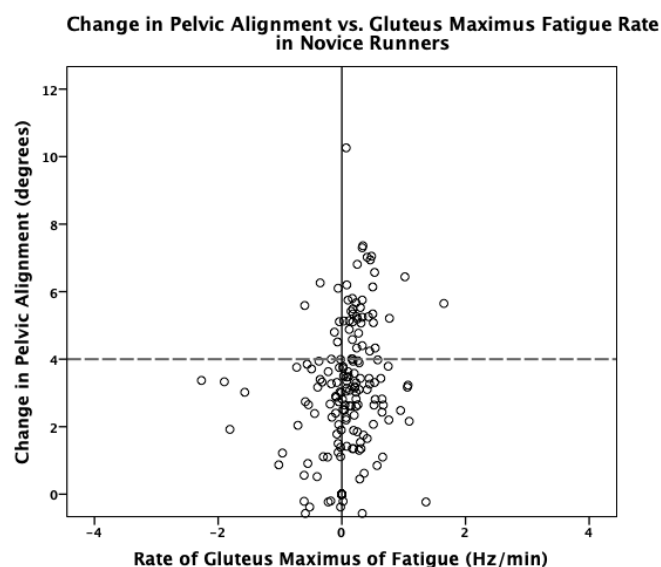
การทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27) และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (N = 27)

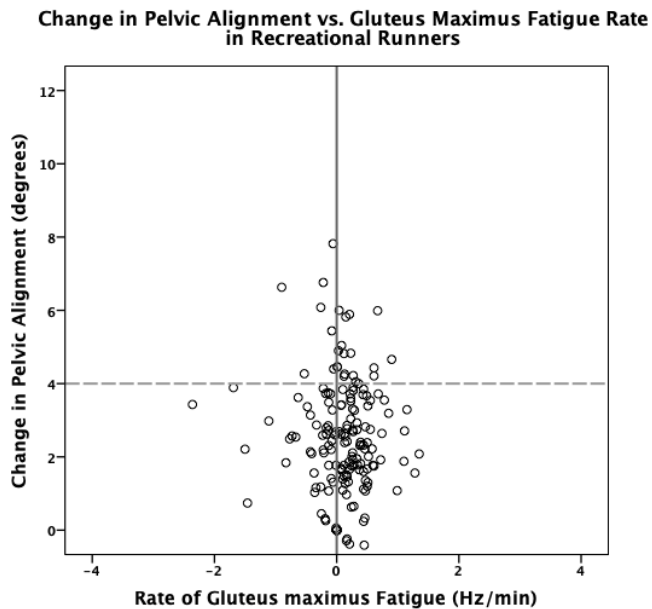
ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (N = 27)	p-value	กลุ่มนักวิ่งสันทนการ (N = 27)	p-value
ความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus	.21	< .01*	-.01	.88

* statistical significance at p-value < .05

แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ไม่แสดงความสัมพันธ์กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง นักวิ่งมือใหม่ $r = .21$ ($p < .01$) และนักวิ่งสันทนการ $r = .05$ ($p = .88$) และเมื่อนำข้อมูลมาเขียน scatter plot ได้ผลดังภาพที่ 52 และ 53 ตามลำดับ



ภาพที่ 52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = .21$



ภาพที่ 53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 4° กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) $r = -.01$

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นวิจัยแบบวิเคราะห์เชิงพรรณนา (analytical descriptive study) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิงต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus

โดยมีผลวิจัยดังนี้

1. ผลของการวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในเวลาที่เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งสันทนการ (นักวิ่งมือใหม่; 8.15 ± 5.07 นาที vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; 18.37 ± 6.70 นาที, $p < .01$)
2. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (นักวิ่งมือใหม่; $r = .56$, $p < .01$ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; $r = .44$, $p < .01$)
3. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (นักวิ่งมือใหม่; $r = .47$, $p < .01$ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; $r = .41$, $p < .01$)
4. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (นักวิ่งมือใหม่; $r = .47$, $p < .01$ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; $r = .39$, $p < .01$)

5. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (นักวิ่งมือใหม่; $r = .48, p < .01$ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; $r = .32, p < .01$)

6. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้น ไม่แสดงความสัมพันธ์กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (นักวิ่งมือใหม่; $r = .15, p = .04$ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; $r = .05, p = .50$)

7. แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้น ไม่แสดงความสัมพันธ์กับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนการเพศหญิง (นักวิ่งมือใหม่; $r = .21, p < .01$ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; $r = -.01, p = .88$)

อภิปรายผล

ผลของการวิ่งระดับความหนักปานกลางในนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนการเพศหญิง ต่อระยะเวลาการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน

จากผลวิจัยเมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไป ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย True leg length และ The apparent leg length ของนักวิ่งทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นประสบการณ์การวิ่ง (นักวิ่งมือใหม่; 7.67 ± 3.92 เดือน vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; 31.93 ± 8.50 เดือน, $p < .01$) และระยะทางที่วิ่งต่อสัปดาห์ (Mileage) (นักวิ่งมือใหม่; 14.57 ± 9.69 กม./สัปดาห์ vs. นักวิ่งสันทนการเพศหญิง; 37.44 ± 17.55 กม./สัปดาห์, $p < .01$) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากเกณฑ์การคัดเลือก ทั้งนี้เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มได้ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก และทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) ซึ่งแสดงถึงความสามารถโดยรวมของระบบหัวใจ ระบบไหลเวียน ระบบหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊ส และการทำงานของกล้ามเนื้อ ผลชี้ให้เห็นว่า กลุ่มของนักวิ่งสันทนการมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (นักวิ่งมือใหม่; 27.19 ± 3.57 มล./กก./นาที vs. นักวิ่งสันทนการ; $33.38 \pm$

4.12 มล./กก./นาที, $p < .01$) ซึ่งแสดงว่ากลุ่มนักวิ่งสันทนากการมีสมรรถภาพทางกายมากกว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่ โดยสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า VO_{2max} กับระยะทางในการฝึกมีความสัมพันธ์กัน (46)

เมื่อให้นักวิ่งทั้งสองกลุ่มวิ่งที่อัตราเร็วที่เลือกเองบนลู่วิ่งเป็นเวลา 30 นาทีเพื่อจำลองอัตราเร็วที่ใช้ออกกำลังกายจริง ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่วิ่งที่อัตราเร็วที่เลือกเองบนลู่วิ่ง (20, 32) พบว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่เกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ในเวลาที่เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งสันทนากการ (นักวิ่งมือใหม่; 8.15 ± 5.07 นาที vs. นักวิ่งสันทนากการเพศหญิง; 18.37 ± 6.70 นาที, $p < .01$) และเมื่อพิจารณาอัตราเร็วในการวิ่งพบว่า กลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนากการวิ่งอัตราเร็วเฉลี่ย 5.87 ± 0.62 กม./ชม. และ 6.44 ± 0.58 กม./ชม. ตามลำดับ ($p < .01$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักวิ่งมือใหม่นั้นวิ่งที่อัตราเร็วที่น้อยกว่าแต่พบการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานในเวลาเร็วกว่า ซึ่งน่าจะเกิดจากสมรรถภาพร่างกายที่ไม่ดีเท่านักวิ่งสันทนากการ และผลในการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้าที่ศึกษาในกลุ่มนักวิ่งสันทนากการทั้งเพศหญิง 12 คนและชาย 9 คน (อายุ; 25.19 ± 3.83 ปี, น้ำหนัก; 70.63 ± 12.29 กก., ส่วนสูง; 173.39 ± 10.24 ซม., Mileage; 33.26 ± 18.70 กม./สัปดาห์) โดยวิ่งด้วยอัตราเร็วที่เลือกเอง (self-selected speed) บนลู่วิ่ง (วิ่งอัตราเร็วเฉลี่ย 10.74 ± 1.06 กม./ชม.) เป็นเวลา 30 นาที แล้วพบภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) 18.75 ± 7.25 นาที ทั้งนี้จะเห็นว่าอัตราเร็วในการวิ่งอาจสูงกว่าในงานวิจัยนี้ เนื่องจากในการศึกษาก่อนหน้าศึกษาทั้งในทั้งเพศหญิงและชาย และอาจมีสรีระของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ต่างกันในเรื่องของความสูง และความยาวขาของนักวิ่ง (20) าลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับอัตราการเต้นของหัวใจ, การใช้ออกซิเจน, ค่าความรู้สึกเหนื่อย, ค่าความรู้สึกล้าของขา และความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูงในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ ($r=.56$) และความสัมพันธ์ในระดับกลางในนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง ($r=.44$) เมื่อทั้งสองกลุ่มวิ่งที่ระดับความหนักปานกลาง (นักวิ่งมือใหม่; $56.86 \pm 1.95\%HRR$ (138 bpm) vs. นักวิ่งสันทนากการเพศหญิง; $57.24 \pm 3.45\%HRR$ (134 bpm)) จากค่า %HRR แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มนั้นวิ่งด้วยระดับความหนักปานกลาง (4)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับการใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake) พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับกลาง โดยเมื่อแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานเพิ่มขึ้น การใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ ($r=.47$) และนักวิ่งสันนาการเพศหญิง ($r=.41$) ในนักวิ่งที่วิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของค่า Running Economy ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบแนวโน้มในการใช้พลังงานมากขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้น (20) ทั้งนี้การใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจส่งผลกับประสิทธิภาพในการวิ่งโดยเฉพาะค่า Running Economy และอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิ่ง (running performance) ได้ (47) โดยค่าการเปลี่ยนแปลงของ Running Economy (RE) จะคำนวณจากการใช้ออกซิเจน และอัตราเร็วในการวิ่ง (กม./ชม.) จากสูตร RE (มล./กก./กม.) = VO_2 (มล./กก./นาที)/อัตราเร็วในการวิ่ง(กม./ชม.)/60(นาที/ชม.) (20) ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างประสบการณ์ในการวิ่ง และการฝึกฝน โดยกลุ่มที่ได้มีประสบการณ์วิ่ง และได้รับการฝึกมาอย่างดีจะมี Running Economy ที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก (39)

จากการวิเคราะห์ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) และค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ของการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 2 นาที พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) กับค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) และค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) โดยมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับกลางทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (RPE ; $r=.47$, RPE_{legs} ; $r=.48$) และนักวิ่งสันนาการเพศหญิง (RPE ; $r=.39$, RPE_{legs} ; $r=.32$) โดยเมื่อแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานเพิ่มขึ้น จะมีค่าความรู้สึกเหนื่อย และค่าความรู้สึกล้าของขาเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาข้อมูลแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับค่าความรู้สึกเหนื่อยในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เป็นรายบุคคล พบว่าขณะเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน มีค่าความรู้สึกเหนื่อย 8 (3 คน), 9 (7 คน), 10 (2 คน), 11 (10 คน), 13 (3 คน) และ 14 (2 คน) (ภาคผนวก ค) โดยพบว่าเมื่อค่าความรู้สึกเหนื่อยเพิ่มขึ้นถึง 11 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 80% (81%) และเมื่อถึงค่าความรู้สึกเหนื่อย 13 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 90% (93%)

เมื่อพิจารณาข้อมูลของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับค่าความรู้สึกล้ำของขาในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เป็นรายบุคคล พบว่าขณะเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน มีค่าความรู้สึกล้ำของขา 8 (3 คน), 9 (5 คน), 10 (5 คน), 11 (4 คน), 12 (5 คน), 13 (1 คน), 14 (1 คน) และ 15 (3 คน) (ภาคผนวก ค) โดยพบว่าเมื่อค่าความรู้สึกล้ำของขาเพิ่มขึ้นถึง 12 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 80% (81%) และเมื่อถึงค่าความรู้สึกล้ำของขา 14 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 90% (89%)

เมื่อพิจารณาข้อมูลของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับค่าความรู้สึกเหน้อยในกลุ่มนักวิ่งสันหนากการเป็นรายบุคคล พบว่าขณะเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน มีค่าความรู้สึกเหน้อย 6 (1 คน), 7 (5 คน), 8 (4 คน), 9 (4 คน), 10 (5 คน), 11 (3 คน), 12 (2 คน), 13 (2 คน) และ 14 (1 คน) (ภาคผนวก ค) โดยพบว่าเมื่อค่าความรู้สึกเหน้อยเพิ่มขึ้นถึง 11 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 80% (81%) และเมื่อถึงค่าความรู้สึกเหน้อย 13 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานเกือบทุกคน (96%)

เมื่อพิจารณาข้อมูลของแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับค่าความรู้สึกล้ำของขาในกลุ่มนักวิ่งสันหนากการเป็นรายบุคคล พบว่าขณะเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน มีค่าความรู้สึกล้ำของขา 8 (3 คน), 9 (5 คน), 10 (5 คน), 11 (4 คน), 12 (5 คน), 13 (1 คน), 14 (1 คน) และ 15 (3 คน) (ภาคผนวก ค) โดยพบว่าเมื่อค่าความรู้สึกล้ำของขา เพิ่มขึ้นถึง 12 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน 81% และเมื่อถึงค่าความรู้สึกล้ำของขา 13 มีการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานประมาณ 90% (93%)

จากการพิจารณาข้อมูลค่าความรู้สึกเหน้อย และความรู้สึกล้ำของขาเป็นรายบุคคลทั้ง 2 กลุ่มที่ 11, 12 (เริ่มรู้สึกเหน้อย/ล้ำ) จะเห็นได้ว่า พบภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานสูงขึ้น ทั้งนี้อาจต้องเริ่มระวัง หรือเริ่มรักษาระดับอัตราเร็วการวิ่งไว้ และวางแผนการวิ่งไม่ให้เหน้อยมากนัก เพื่อวิ่งจบระยะทางที่วางแผนไว้ และเมื่อพิจารณาข้อมูลค่าความรู้สึกเหน้อย และความรู้สึกล้ำของขาเป็นรายบุคคลทั้ง 2 กลุ่มที่ 13, 14 (ค่อนข้างเหน้อย/ล้ำ) อาจต้องพิจารณาคง หรือลดอัตราเร็ว เพื่อวางแผนให้วิ่งถึงระยะที่ต้องการ โดยไม่ให้ระดับค่าความรู้สึกเหน้อย และความรู้สึกล้ำของขาสูงขึ้นกว่านี้

ทั้งนี้จากข้อมูลพบว่าทั้งค่าความรู้สึกเหนื่อย (RPE) และค่าความรู้สึกล่าของขา (RPE_{legs}) เมื่อเพิ่มขึ้นจะทำให้โอกาสเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานสูงขึ้น แม้ว่าไม่ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความรู้สึกเหนื่อย และค่าความรู้สึกล่าของขาในการศึกษาก่อนหน้า มีการศึกษาที่พบว่า ค่าความรู้สึกเหนื่อยมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นหัวใจที่ค่อนข้างสูง ($r = .62 - .90$) ในระหว่างการออกกำลังกาย (25, 48) แม้ว่าค่าความรู้สึกเหนื่อย และค่าความรู้สึกล่าของขาเป็นการวัดเชิงอัตนัย หรือการวัดเชิงอัตวิสัย (Subjective measurements) อาจสามารถนำค่าความรู้สึกเหนื่อยและค่าความรู้สึกล่าของขาเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งในการประเมินตนเองขณะวิ่ง เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic drop) ได้

และจากการศึกษานี้พบว่า แนวการเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic alignment) ที่เพิ่มขึ้น ไม่แสดงความสัมพันธ์กับความล่าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลรายบุคคลเกิดความล่าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius 4 คน (15%) และ Gluteus maximus 7 คน (26%) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ (ภาคผนวก ง) และเกิดความล่าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius 8 คน (30%) และ Gluteus maximus 8 คน (30%) ในนักวิ่งสันทนากการ (ภาคผนวก ง) และเมื่อพิจารณาอัตราเร็วที่ใช้ในการวิ่ง ในนักวิ่งที่เกิดความล่าขึ้น พบว่า ความล่าจะเกิดขึ้นในกลุ่มนักวิ่งที่วิ่งด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่า แม้ว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (นักวิ่งมือใหม่; กลุ่มที่ไม่ล่า 5.69 ± 0.40 กม./ชม. vs. กลุ่มที่ล่า 6.41 ± 0.83 กม./ชม., $p=.06$ และนักวิ่งสันทนากการ; กลุ่มที่ไม่ล่า 6.41 ± 0.64 vs. กลุ่มที่ล่า 6.48 ± 0.51 กม./ชม., $p=.79$) และพบว่ามีการศึกษาในกลุ่มนักวิ่งสันทนากการทั้งเพศหญิง และชายจำนวน 21 คน วิ่ง 33.26 ± 18.70 กม./สัปดาห์ (งานวิจัยนี้นักวิ่งสันทนากการวิ่งเฉลี่ย 37.44 ± 17.55 กม./สัปดาห์) โดยให้วิ่งที่อัตราเร็วที่เลือกเอง (10.74 ± 1.06 กม./ชม.) ทั้งนี้พบว่ามีนักวิ่งที่เกิดความล่าขึ้นจากการวิเคราะห์ความล่าด้วยวิธีเดียวกัน (rate of fatigue) ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius จำนวน 6 คน หรือคิดเป็น 29 เปอร์เซ็นต์ (20) เพราะเนื่องจากเป็น protocol ที่จำกัดเวลา 30 นาที และนักวิ่งสันทนากการเป็นนักวิ่งที่มีประสบการณ์จึงสามารถประมาณอัตราเร็วในการวิ่งที่สบายจนจบระยะเวลาการวิ่ง 30 นาที

ในกิจกรรมที่มีความหนัก (high-intensity) หรือ dynamic activities ที่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน พบว่าทำให้อุณหภูมิของกล้ามเนื้อสูงขึ้น และจากการศึกษาจากการศึกษาที่กล้ามเนื้อ

vastus lateralis muscle (VL) พบว่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลกับ Mean frequency โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น $2.82 \pm 0.27 \text{ Hz/}^{\circ}\text{C}$ (49) ทั้งนี้อาจส่งผลให้การศึกษานี้ไม่แสดงกับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และกลุ่มนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง นอกจากนี้มีการศึกษาที่พบว่า median frequency เพิ่มขึ้นเมื่อมีการทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น (50, 51) โดยเฉพาะหากนักวิ่งมีการปรับเพิ่มอัตราเร็วในการวิ่งที่สูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้นขณะวิ่งที่ระดับความหนักปานกลางในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เกิดขึ้นในเวลาที่จะเร็วกว่ากลุ่มนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง และพบว่าแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR), การใช้ออกซิเจน (VO_2 uptake), ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) ทั้งในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่และนักวิ่งสันทนากการเพศหญิง แต่ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวการเอียงของกระดูกเชิงกรานกับความล้าของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ทั้งนี้อาจสามารถประเมินตัวเองขณะวิ่งจากค่า อัตราการเต้นของหัวใจ, ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE), ค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPE_{legs}) เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการบาดเจ็บหากมีการวิ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยเฉพาะกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ที่เพิ่งเริ่มต้นวิ่งหรือกลุ่มที่มีประสบการณ์วิ่งน้อย ในงานวิจัยนี้แนะนำให้ให้ ค่าความรู้สึกเหนื่อย และค่าความรู้สึกล้าของขา เป็นแนวทางในการวิ่ง เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประเมินตนเองได้ง่าย และไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริม

ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ งานวิจัยนี้ศึกษาในนักวิ่งเพศหญิง อายุ 18 - 35 ปี ดัชนีมวลกาย (Body mass Index; BMI) 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร² (kg/m^2) ดังนั้นผลอาจไม่สามารถอ้างอิงถึงเพศหญิงที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี และอายุมากกว่า 35 ปี หรือมีดัชนีมวลกายไม่อยู่ในช่วง 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร² (kg/m^2) ได้ และงานวิจัยนี้ศึกษาในเพศหญิงไม่สามารถใช้อ้างอิงในกลุ่มเพศชายได้ ทั้งนี้นักวิ่งเพศหญิงทั้งสองกลุ่มวิ่งด้วยอัตราเร็วที่เลือกเอง จำกัดเวลาในการวิ่งที่ 30 นาที อาจไม่สามารถทราบผลได้หากมีการวิ่งในระยะเวลาที่นานกว่า 30 นาที

งานวิจัยนี้ใช้ตัวรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว (surface electromyography) เพื่อบ่งชี้ความล้าของกล้ามเนื้ออาจมีปัจจัยเรื่องสัญญาณกวนขณะวิ่ง อาจเห็นความล้าของกล้ามเนื้อไม่ชัดเจน โดยหากใช้ตัวรับสัญญาณชนิดเข็ม (needle electromyography) อาจเห็นความล้าของกล้ามเนื้อได้ชัดเจนกว่า และหากต้องการศึกษาเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ดัดที่ข้อเข่า (knee adduction moment; KAM) ขณะเกิดภาวะเอียงของกระดูกเชิงกรานขณะวิ่งอาจต้องใช้ลู่วิ่งกล (treadmill) ที่มี Force Plate ติดตั้งภายในตัวเครื่อง



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก แบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ใน หน้าข้อความที่ตรงความเป็นจริงหรือเติมข้อความลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1. อายุ.....ปี
2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร BMI.....
กิโลกรัม/เมตร²
3. The true leg length
 ความยาวขาข้างขวา ครั้งที่ 1.....เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....เซนติเมตร
 ค่าเฉลี่ยความยาวขาข้างขวา.....เซนติเมตร
 ความยาวขาข้างซ้าย ครั้งที่ 1.....เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....เซนติเมตร
 ค่าเฉลี่ยความยาวขาข้างซ้าย.....เซนติเมตร
 The apparent leg length
 ความยาวขาข้างขวา ครั้งที่ 1.....เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....เซนติเมตร
 ค่าเฉลี่ยความยาวขาข้างขวา.....เซนติเมตร
 ความยาวขาข้างซ้าย ครั้งที่ 1.....เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....เซนติเมตร
 ค่าเฉลี่ยความยาวขาข้างซ้าย.....เซนติเมตร
4. ขาข้างที่ถนัด ซ้าย ขวา

ตอนที่ 2 ข้อมูลสุขภาพ

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี มี โปรดระบุ.....
2. ท่านมีประวัติความผิดปกติร่างกายค้ำหรือได้รับการผ่าตัดร่างกายค้ำหรือไม่

ไม่มี มี
3. ภายในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา ท่านมีประวัติการบาดเจ็บที่ข้อต่อหรือกล้ามเนื้อที่เกิดจากการวิ่งหรือไม่

ไม่มี มี
4. ภายในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา ท่านมีประวัติการบาดเจ็บที่หลังส่วนล่างหรือไม่

ไม่มี มี
5. ปัจจุบันท่านมีการบาดเจ็บที่ข้อต่อหรือกล้ามเนื้อที่เป็นอุปสรรคต่อการวิ่งหรือไม่

ไม่มี มี

ตอนที่ 3 ข้อมูลการวิ่ง

1. ในหนึ่งสัปดาห์ท่านวิ่งบ่อยครั้งแค่ไหน

.....วัน/สัปดาห์
2. ระยะทางที่วิ่งเฉลี่ยต่อสัปดาห์(กิโลเมตร).....
3. ระยะเวลาที่วิ่งนานที่สุดต่อสัปดาห์.....
4. ท่านเริ่มวิ่งอย่างจริงจังมานานกี่ปี

น้อยกว่า 1 ปี โปรดระบุ..... มากกว่า 2 ปี โปรดระบุ.....

ผลการคัดกรอง ผ่าน ไม่ผ่าน

ภาคผนวก ข แบบบันทึกข้อมูล

Bruce Protocol for Treadmill Testing

Participant ID _____ Sex _____ Age _____ years Date of test _____ Time _____

Date of birth _____ (d/m/y) BW _____ Kg Height _____ cm

Age predicted HR_{max} _____ Pre Exe HR _____

Pre Exe BP _____

Warm up 3 min (2.7 km/h grade 0%)

Stage	Minute	Grade	Speed		Mod.grade	Mod. Speed	HR	RER	RPE
		%	Km/h	MPH	%	Km/h	bpm		
1	0-3	10	2.7	1.7	10	2.7			
2	3-6	12	4	2.5	12	4			
3	6-9	14	5.4	3.4	14	5.4			
4	9-12	16	6.7	4.2	15	6.7			
5	12-15	18	8	5	15	8			
6	15-18	20	8.8	5.5	15	8.8			
7	18-21	22	9.6	6	15	9.6			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Summary result

RER _____

RPE_{overall} _____

HR_{max} _____

VO_{2max} (mL/Kg/min) _____

Note _____

Investigator _____

Treadmill Running Test

Participant ID _____ Age _____ years Age-predicted HR_{max} (220-age) _____ HR_{rest} _____ BP_{rest} _____

HRR [(Age predicted HR_{max} - HR_{rest}) % intensity40 - 59%] + HR_{rest} _____

Warm-up 3 mins

Min	Heart rate (bpm)	RPE _{overall}	RPE _{leg}	Speed
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Cool-down

Note _____

RPE/RPE_{legs}

6	รู้สึกสบาย (Very, very light)
7	
8	
9	ไม่เหนื่อย/ล้า (Very light)
10	
11	เริ่มรู้สึกเหนื่อย/ล้า (Fairly light)
12	
13	ค่อนข้างเหนื่อย/ล้า (Somewhat hard)
14	
15	เหนื่อย/ล้า (Hard)
16	
17	เหนื่อย/ล้ามาก (Very hard)
18	
19	เหนื่อย/ล้าที่สุด (Very, very hard)
20	

ภาคผนวก ค ตารางข้อมูล ค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) และค่าความรู้สึกล้าของขา (Rating of Perceived Exertion for legs; RPElegs) ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการ

Scale	นักวิ่งมือใหม่ (N=27)		นักวิ่งสันทนากการ (N=27)	
	RPE (คน)	RPE _{legs} (คน)	RPE (คน)	RPE _{legs} (คน)
6	-	-	1	1
7	-	-	5	5
8	3	3	4	3
9	7	5	4	7
10	2	5	5	2
11	10	4	3	4
12	-	5	2	1
13	3	1	2	2
14	2	1	1	1
15	-	3	-	1
16	-	-	-	-
17	-	-	-	-
18	-	-	-	-
19	-	-	-	-
20	-	-	-	-

ภาคผนวก ง ตารางข้อมูล median frequency ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ
กล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่ และนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง

Time Subject	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	SLOPE
1	52.37	42.6	40.92	42.15	41.06	43.03	50.75	56.41	62.21	67.63	65.78	64.51	64.24	66.36	67.04	64.24	0.96
2	53.02	42.85	46.09	59.64	62.98	65.48	54.07	50.23	50.44	51.63	48.74	49.11	48.38	49.07	50.03	48.43	-0.17
3	51.3	39.42	36.6	41.52	42.42	40.32	41.28	41.31	40.12	41.75	38.66	40.01	40.42	37.98	36.65	40.17	-0.16
4	27.02	24.45	27.46	42.81	41.8	43.96	43.08	45.44	48.29	47.7	49.41	49.57	52.06	49.45	51.91	50.89	0.83
5	48.84	41.99	43.2	43.68	44.09	45.86	47.75	48.46	50.63	50.63	50.63	51.02	52.99	52.45	52.41	50.89	0.33
6	54.12	48.29	46.77	45.74	44.15	45.59	46.88	50.57	47.39	44.11	43.71	43.26	51.65	52.76	52.63	52.4	0.09
7	32.59	36.02	37.26	40.12	42.06	45.5	44.94	45.53	46.09	43.35	43.7	42.25	49.23	49.92	50.96	51.54	0.51
8	48.27	47.61	48.7	49.19	52.58	54.29	57.63	57.24	57.94	51.01	53.5	50.44	51.59	51.25	52.42	51.62	0.09
9	32.53	32.67	28.37	36.16	36.74	34.76	35.83	33.45	35.06	35.02	36.93	38.25	39.94	38.65	38.84	34.7	0.21
10	40.04	37.61	37.59	35.86	38.32	39.37	45.12	46.52	45.91	47.98	46.15	49.21	50.94	54.26	53.31	51.93	0.60
11	32.89	30.19	36.06	37.39	37.45	42.22	41.84	43.14	45.79	43.19	42.75	44.12	41.45	40.3	40.53	41.36	0.29
12	41.57	40.99	40.12	40.12	40.12	39.25	44.2	44.28	43.1	44.48	45.22	45.27	43.16	45.19	49.88	0.24	0.24
13	55.3	53.02	51.5	53.65	52.93	53.5	48.03	48.09	49.82	55.75	58.37	59.16	56.27	60.54	60.8	67.8	0.37
14	50.67	39.29	41.24	40.84	42.44	45.37	46.25	47.81	48.06	48.68	50.07	50.29	51.53	51.25	52.12	46.23	0.37
15	49.54	52.29	52.43	40.81	38.16	45.05	47.09	47.41	48.89	45.79	48.37	49.99	49.04	53.83	55.35	57.5	0.25
16	41.32	39.99	41.93	42.44	43.66	45.27	46.21	45.75	44.93	45.99	50.13	46.63	47.7	46.24	49.25	49.28	0.28
17	36.44	42.02	36.53	41.84	41.84	41.84	39.91	42.51	40.86	40.09	40.19	39.95	42.53	39.91	39.77	0.04	0.04
18	38.52	34.39	35.36	37.32	38.15	41.42	33.65	38.78	36.9	39.14	40.24	43.7	40.99	41.55	41.43	40.56	0.20
19	40.21	37.86	38.6	42.63	42.43	42.88	44.68	44.54	47.12	44.34	43.9	46.2	46.2	47.65	46.83	46.45	0.28
20	49.22	39.35	37.32	38.93	41.45	40.19	40.2	42.23	44.34	43.91	49.34	46.77	49.38	51.42	51.9	50.02	0.38
21	43.43	40.88	41.22	42.86	42.38	44.3	44.99	48.29	46.71	47.17	46.7	45.75	46.34	45.78	45.38	44.72	0.15
22	34	33.87	32.75	30.17	31.94	32.35	33.29	34.35	36.49	35.25	36.63	40.76	39.54	38.89	42.78	43.81	0.37
23	38.81	36.49	36.4	34.31	37.19	39.03	38.5	37.97	37.17	37.33	38.48	38.42	43.76	42.58	41.43	46.63	0.25
24	43.8	42.01	42.64	46.63	46.89	47.32	42.33	45.32	44.3	53.74	50.59	51.25	50.47	52.6	55.84	55.36	0.42
25	49.86	45.84	48.06	48.98	50.12	47.39	50.5	50.76	43.14	41.91	39.99	38.14	36.93	59.14	29.94	32.01	-0.45
26	39.59	36.93	35.69	37.04	40.33	41.74	40.1	36.71	34.88	34.24	35.45	31.27	24.77	25.11	27.75	31.78	-0.42
27	52.68	44.78	43.83	50.7	51.95	54.19	58.06	58.06	58.06	58.06	56.29	58.79	58.27	60.1	60.3	59.93	0.45

ข้อมูล median frequency รายบุคคลของกล้ามเนื้อ Gluteus medius (10-second running block) ทุก 2 นาที และ ความชัน หรือ rate of fatigue จากกราฟ Median Frequency ต่อเวลาขณะวิ่ง 30 นาที ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง

Time Subject	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	SLOPE
1	43.86	42.11	39.68	32.13	34.75	34.51	35.94	36.60	32.42	34.04	33.22	33.57	33.78	36.35	34.42	37.34	-0.18
2	43.51	33.55	31.60	32.73	32.71	33.47	36.48	35.05	37.60	39.07	37.46	38.17	38.26	39.89	40.43	40.51	0.19
3	48.37	49.65	42.86	43.00	41.63	42.90	42.23	43.06	42.40	42.66	42.93	41.37	41.94	40.89	38.37	37.40	-0.25
4	45.92	46.22	43.19	41.22	42.29	40.33	45.67	44.42	45.59	45.16	47.27	46.16	50.83	49.88	47.01	50.06	0.22
5	36.99	38.40	39.55	40.57	41.17	42.88	43.04	43.06	42.67	39.79	39.91	41.16	43.37	42.91	40.95	41.57	0.10
6	45.68	47.73	48.75	53.63	51.41	52.21	53.74	56.59	56.86	57.11	56.24	57.40	47.68	47.88	46.55	45.40	-0.01
7	43.22	39.04	39.03	42.65	43.86	44.64	48.01	47.98	47.27	51.63	50.41	51.85	56.16	53.16	54.35	53.04	0.53
8	48.94	51.47	41.12	40.58	39.39	38.50	37.26	38.26	40.58	40.43	41.64	41.53	42.44	45.39	44.02	42.52	-0.06
9	43.74	46.53	42.80	36.01	33.56	31.29	33.69	34.75	30.56	33.19	34.20	33.85	35.12	32.12	34.55	34.20	-0.30
10	40.21	46.98	47.91	46.84	39.53	45.49	42.88	50.14	48.73	45.21	46.45	56.92	56.81	57.29	58.14	62.94	0.60
11	43.09	36.93	38.84	36.12	40.57	40.50	44.47	44.48	46.28	47.24	50.43	56.79	54.04	55.57	58.78	56.14	0.73
12	37.30	42.61	45.83	45.36	47.42	40.16	41.94	44.70	50.44	50.80	52.06	55.50	54.35	52.86	54.02	58.81	0.57
13	38.89	44.23	50.43	53.60	55.57	55.56	25.53	26.14	27.25	60.83	59.19	62.96	65.50	60.91	64.88	50.07	0.61
14	34.83	35.89	34.36	38.58	39.96	40.66	38.58	40.65	40.55	43.66	41.45	43.39	43.98	42.93	44.36	42.73	0.30
15	42.27	37.22	40.32	41.38	44.79	45.22	48.39	46.77	41.01	44.12	43.96	45.42	44.32	44.02	45.77	45.84	0.16
16	45.95	43.46	45.33	39.68	40.46	38.76	43.30	44.38	46.03	42.40	44.37	43.70	41.65	42.71	42.83	43.63	-0.01
17	47.46	46.98	43.80	42.58	42.50	43.34	42.70	44.17	42.50	39.29	37.84	39.28	44.61	45.73	44.59	50.32	-0.01
18	40.20	41.06	38.61	36.14	40.02	37.50	39.99	38.86	39.14	39.64	37.00	40.05	35.91	36.72	34.19	37.12	-0.11
19	38.52	40.96	41.10	38.84	40.20	38.37	40.78	40.45	41.78	42.99	41.58	42.66	42.04	43.01	43.15	44.76	0.16
20	37.76	36.63	40.23	42.20	39.53	37.43	22.65	23.00	22.27	44.66	45.80	47.16	48.62	46.02	48.63	48.06	0.44
21	29.96	35.02	37.15	37.24	40.05	43.46	40.27	43.32	41.46	41.77	41.42	40.53	42.02	42.15	42.24	42.53	0.28
22	45.34	44.75	40.67	41.15	43.45	52.39	56.50	56.47	58.68	59.65	64.25	62.06	64.51	64.66	64.94	64.22	0.90
23	52.88	52.91	46.93	46.73	47.65	46.71	49.07	51.25	49.94	48.77	51.59	49.12	53.80	53.70	53.45	53.01	0.13
24	44.28	32.67	36.67	40.16	41.78	40.63	39.78	39.19	39.44	43.22	42.35	42.24	42.36	42.83	42.57	42.37	0.15
25	39.75	40.50	44.13	47.24	48.65	48.65	50.50	50.32	53.61	52.56	51.96	53.58	51.60	54.56	54.08	50.44	0.41
26	30.87	31.59	33.27	34.69	38.45	40.23	45.19	45.52	45.52	45.42	44.41	46.09	45.10	45.02	43.17	42.88	0.46
27	49.81	47.32	41.50	36.61	38.60	39.90	44.30	46.55	33.80	46.68	48.16	50.55	51.61	50.07	49.24	50.66	0.28

ข้อมูล median frequency รายบุคคลของกล้ามเนื้อ Gluteus medius (10-second running block) ทุก 2 นาที และ ความชัน หรือ rate of fatigue จากกราฟ Median Frequency ต่อเวลาขณะวิ่ง 30 นาที ในกลุ่มนักวิ่งสันทนากการเทศหญิง

Time Subject	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	SLOPE	
1	31.89	29.29	31.54	34.64	37.12	40.76	40.68	43.21	45.39	46.28	45.73	46.41	46.50	44.75	44.54	46.50	0.57	
2	40.47	38.66	36.43	46.90	50.23	47.68	40.35	38.25	39.51	41.60	38.78	40.75	41.26	39.02	41.09	41.22	-0.06	
3	31.79	33.22	36.32	37.84	36.83	36.89	35.70	38.32	37.58	35.68	35.17	35.24	34.98	32.20	32.21	34.13	-0.05	
4	27.66	23.14	26.35	40.44	38.76	37.50	39.09	38.37	39.69	39.00	42.05	39.75	42.96	40.94	42.24	41.19	0.49	
5	39.66	35.42	33.84	34.01	31.53	32.69	36.22	34.22	37.06	37.06	37.06	37.06	42.37	43.12	42.01	45.20	0.30	
6	39.89	39.09	38.18	39.82	40.13	40.01	40.01	40.45	40.70	35.02	35.37	35.30	37.14	35.88	34.91	33.55	-0.20	
7	37.80	34.76	34.60	36.16	36.45	40.27	37.47	38.73	38.12	35.11	38.91	37.52	40.95	40.84	39.27	41.46	0.16	
8	35.16	36.83	36.79	38.40	42.52	40.34	42.36	42.07	44.11	36.20	36.37	35.28	39.30	35.47	35.89	37.32	-0.05	
9	38.01	35.54	35.52	34.05	35.30	40.30	37.38	37.84	40.36	37.33	37.71	38.65	34.49	36.01	39.15	35.07	0.02	
10	38.03	37.37	35.68	36.01	36.44	35.41	39.06	39.93	41.15	36.96	37.37	38.24	39.75	41.27	42.66	43.69	0.20	
11	33.89	33.80	32.03	34.91	31.98	34.05	34.88	34.94	36.52	38.48	37.02	37.01	37.58	36.01	38.61	38.14	0.19	
12	33.81	34.32	32.84	32.84	32.84	32.84	37.22	37.99	38.37	41.03	41.64	41.32	44.19	45.21	45.30	45.63	0.50	
13	45.30	42.65	37.27	38.13	40.47	37.86	36.57	36.70	38.34	40.50	43.40	44.39	43.25	44.73	44.46	59.69	0.32	
14	32.40	33.25	32.58	35.23	37.72	38.45	38.53	37.52	36.12	36.37	38.09	39.31	38.30	40.95	42.05	39.84	0.32	
15	37.66	41.68	37.28	41.24	36.86	42.97	38.69	38.50	42.69	39.84	40.09	40.43	39.63	44.34	50.56	47.76	0.26	
16	41.56	37.98	40.52	38.81	40.42	44.01	43.09	42.81	42.10	41.98	47.55	45.19	46.68	45.42	50.30	48.52	0.32	
17	33.66	37.45	34.01	33.79	33.79	33.79	33.79	33.79	33.79	33.79	33.58	33.55	33.45	32.28	35.85	33.22	34.52	-0.03
18	31.32	28.59	27.66	34.46	34.96	34.48	32.34	28.19	31.27	32.10	32.04	32.52	33.98	31.76	32.52	30.75	0.04	
19	35.98	37.30	37.39	38.38	37.16	39.54	43.81	42.21	45.61	42.91	43.73	44.39	45.40	44.99	47.32	47.07	0.38	
20	42.93	36.44	36.11	33.65	37.35	37.45	39.24	35.42	43.55	43.16	49.11	48.25	55.93	58.75	57.46	58.71	0.81	
21	41.14	37.53	35.83	35.92	37.66	37.28	37.81	40.53	41.33	40.71	41.36	42.09	46.52	46.14	45.04	45.61	0.32	
22	29.97	30.14	30.43	30.42	31.65	33.11	33.37	35.43	37.78	38.12	38.99	40.35	40.90	42.20	41.44	45.99	0.53	
23	32.63	33.61	33.09	34.50	37.19	38.35	34.15	34.82	35.27	38.02	36.95	37.75	42.60	43.62	43.80	43.94	0.37	
24	41.92	43.93	40.34	43.66	41.68	42.14	42.04	40.14	41.65	45.16	46.73	44.73	45.90	42.73	44.99	45.89	0.13	
25	45.58	40.55	33.28	35.95	39.75	36.41	34.14	34.89	29.45	29.11	28.93	29.89	29.15	47.19	29.50	30.96	-0.29	
26	32.47	33.23	32.99	31.35	30.66	26.90	24.39	24.58	27.50	28.40	27.62	28.37	30.81	29.07	31.42	31.31	-0.06	
27	43.23	40.35	39.93	42.82	45.03	41.65	42.29	42.29	42.29	41.87	42.69	41.39	41.26	44.53	44.24	0.04		

ข้อมูล median frequency รายบุคคลของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus (10-second running block) ทุก 2 นาที และ ความชัน หรือ rate of fatigue จากกราฟ Median Frequency ต่อเวลาขณะวิ่ง 30 นาที ในกลุ่มนักวิ่งมือใหม่เพศหญิง

Time Subject	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	SLOPE
1	37.66	38.35	36.71	35.42	37.40	36.94	39.86	40.55	38.40	40.52	40.91	42.54	42.77	44.56	42.44	43.89	0.26
2	42.24	31.34	31.35	29.30	30.61	29.81	32.09	31.34	32.19	32.71	32.40	35.43	35.27	33.86	36.81	36.12	0.08
3	38.76	33.83	36.34	36.09	44.94	41.13	38.79	37.19	44.31	37.11	38.04	37.58	36.89	36.92	37.61	38.76	-0.01
4	27.05	25.14	25.53	28.45	34.94	37.53	37.37	39.03	38.42	36.54	37.14	39.61	39.16	38.10	37.85	37.78	0.43
5	31.89	33.61	34.16	34.46	35.31	37.60	37.30	37.85	35.94	33.61	33.04	32.90	37.55	38.53	38.25	38.42	0.13
6	42.31	38.77	35.92	35.45	40.35	42.07	42.08	42.70	38.34	44.58	37.93	38.05	35.61	36.73	36.41	35.50	-0.11
7	33.12	34.58	31.31	32.70	35.36	35.23	35.42	35.39	36.43	36.19	37.89	40.11	39.06	41.33	39.67	40.75	0.29
8	35.37	33.89	33.06	32.78	32.75	33.82	30.32	30.32	36.23	32.23	31.71	28.04	30.15	32.55	30.89	32.25	-0.11
9	32.56	32.37	30.04	33.67	32.02	32.78	37.81	35.76	35.89	37.25	29.25	28.88	29.07	29.37	29.54	29.76	-0.12
10	37.65	44.60	42.29	40.25	38.45	38.25	38.01	41.20	44.78	45.45	43.71	45.95	47.20	45.37	45.94	47.20	0.26
11	35.82	33.17	32.32	32.39	36.78	36.04	41.06	42.97	42.53	43.04	42.35	44.52	45.96	44.43	45.98	44.71	0.48
12	35.29	40.07	38.02	39.19	40.87	42.37	42.62	40.15	33.04	37.98	34.22	39.09	36.15	35.57	33.94	32.30	-0.19
13	29.31	31.31	30.66	29.81	32.98	34.14	22.45	22.80	23.58	40.59	37.78	39.53	41.77	42.57	41.26	36.67	0.43
14	36.09	36.89	38.51	36.52	38.40	38.89	38.89	40.46	40.81	41.73	39.06	36.88	36.74	37.59	38.76	40.26	0.06
15	36.33	37.85	34.76	38.95	39.78	40.17	37.65	39.06	41.00	39.88	40.84	39.71	40.37	41.20	40.38	39.42	0.13
16	35.20	37.13	40.34	37.36	37.47	39.77	43.58	43.78	44.73	45.63	44.41	43.81	44.92	45.71	45.73	47.35	0.36
17	40.06	40.70	38.40	36.16	36.09	37.02	37.48	37.86	39.98	36.68	35.06	36.90	39.61	37.52	38.05	37.80	-0.04
18	37.32	36.83	34.75	34.59	36.68	36.58	38.82	37.76	41.07	40.95	40.43	40.67	37.98	41.83	37.75	39.19	0.15
19	37.70	38.58	36.37	39.02	41.01	40.45	44.53	45.24	44.75	44.78	47.47	48.25	48.80	49.89	53.02	50.76	0.52
20	38.27	36.05	34.80	38.96	43.33	41.07	24.25	22.04	16.84	53.43	56.47	59.48	61.83	60.51	65.07	65.42	1.14
21	35.95	37.80	35.68	32.53	41.21	39.53	41.09	40.17	41.04	38.40	37.39	38.22	38.83	36.54	39.01	37.51	0.05
22	54.35	51.68	44.49	42.66	40.66	42.43	41.97	42.45	43.11	42.06	41.42	42.65	44.23	40.90	40.86	45.24	-0.22
23	32.22	32.42	33.65	33.95	35.71	36.71	37.10	36.77	39.81	37.91	40.80	41.18	40.39	40.65	39.26	37.99	0.28
24	38.97	36.14	33.03	33.38	34.19	35.35	31.78	31.07	32.28	35.67	33.65	35.31	32.97	33.87	34.77	33.91	-0.06
25	36.24	35.38	36.28	40.47	37.11	44.64	44.68	36.93	42.81	48.71	45.14	48.16	48.14	46.74	41.00	41.09	0.31
26	31.52	31.74	31.39	35.47	35.86	36.69	39.42	38.24	33.52	34.52	34.99	37.02	39.32	40.13	39.17	40.57	0.25
27	46.55	45.27	45.86	42.10	38.47	42.98	44.51	43.45	49.93	46.65	47.09	45.99	47.06	45.66	44.02	44.50	0.06

ข้อมูล median frequency รายบุคคลของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus (10-second running block) ทุก 2 นาที และ ความชัน หรือ rate of fatigue จากกราฟ Median Frequency ต่อเวลาขณะวิ่ง 30 นาที ในกลุ่มนักวิ่งสมัครเล่นเพศหญิง

บรรณานุกรม

1. Watson KB, Frederick GM, Harris CD, Carlson SA, Fulton JE. US adults' participation in specific activities: Behavioral Risk Factor Surveillance System—2011. *Journal of Physical Activity and Health*. 2015;12(s1):S3-S10.
2. Cantwell JD. Cardiovascular aspects of running. *Clinics in sports medicine*. 1985;4(4):627-40.
3. Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116(9):1081.
4. Deborah Riebe JKE, Gary Liguori, Meir Magal, American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 10 ed: Wolters Kluwer; 2017.
5. Nielsen RO, Buist I, Sørensen H, Lind M, Rasmussen S. Training errors and running related injuries: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*. 2012;7(1):58.
6. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2015;45(7):1017-26.
7. Theisen D, Malisoux L, Genin J, Delattre N, Seil R, Urhausen A. Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. *Br J Sports Med*. 2013:bjsports-2013-092613.
8. Malisoux L, Chambon N, Delattre N, Gueguen N, Urhausen A, Theisen D. Injury risk in runners using standard or motion control shoes: a randomised controlled trial with participant and assessor blinding. *Br J Sports Med*. 2016:bjsports-2015-095031.
9. Niemuth PE, Johnson RJ, Myers MJ, Thieman TJ. Hip muscle weakness and overuse injuries in recreational runners. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2005;15(1):14-21.
10. Pohl MB, Mullineaux DR, Milner CE, Hamill J, Davis IS. Biomechanical predictors

of retrospective tibial stress fractures in runners. *Journal of biomechanics*. 2008;41(6):1160-5.

11. Becker J, James S, Wayner R, Osternig L, Chou L-S. Biomechanical factors associated with Achilles tendinopathy and medial tibial stress syndrome in runners. *The American journal of sports medicine*. 2017;45(11):2614-21.
12. Dunphy C, Casey S, Lomond A, Rutherford D. Contralateral pelvic drop during gait increases knee adduction moments of asymptomatic individuals. *Human movement science*. 2016;49:27-35.
13. Hannigan J. *The Relationship Between Hip Strength and Hip, Pelvis, and Trunk Kinematics in Healthy Runners*. 2014.
14. Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2003;33(11):671-6.
15. Prins MR, Van Der Wurff P. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. *Australian journal of physiotherapy*. 2009;55(1):9-15.
16. Ferber R, Noehren B, Hamill J, Davis I. Competitive female runners with a history of iliotibial band syndrome demonstrate atypical hip and knee kinematics. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2010;40(2):52-8.
17. Gazendam MG, Hof AL. Averaged EMG profiles in jogging and running at different speeds. *Gait & posture*. 2007;25(4):604-14.
18. Willy RW, Manal KT, Witvrouw EE, Davis IS. Are mechanics different between male and female runners with patellofemoral pain? *Medicine and science in sports and exercise*. 2012;44(11):2165.
19. Bramah C, Preece SJ, Gill N, Herrington L. Is there a pathological gait associated with common soft tissue running injuries? *The American journal of sports medicine*. 2018:0363546518793657.
20. Burnet EN. *Frontal Plane Pelvic Drop in Runners: Causes and Clinical Implications*. 2008.
21. Linton L, Valentin S. Running with injury: A study of UK novice and recreational runners and factors associated with running related injury. *Journal of science and*

medicine in sport. 2018;21(12):1221-5.

22. Phinyomark A, Thongpanja S, Hu H, Phukpattaranont P, Limsakul C. The usefulness of mean and median frequencies in electromyography analysis. Computational intelligence in electromyography analysis-A perspective on current applications and future challenges: InTech; 2012.
23. Brown AM, Zifchock RA, Lenhoff M, Song J, Hillstrom HJ. Hip muscle response to a fatiguing run in females with iliotibial band syndrome. Human movement science. 2019;64:181-90.
24. Lopes-Silva JP, Lima-Silva AE, Bertuzzi R, Silva-Cavalcante MD. Influence of music on performance and psychophysiological responses during moderate-intensity exercise preceded by fatigue. Physiology & behavior. 2015;139:274-80.
25. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales: Human kinetics; 1998.
26. Garnacho-Castaño M, Domínguez R, Maté-Muñoz J. Understanding the meaning of lactate threshold in resistance exercises. International journal of sports medicine. 2015;36(05):371-7.
27. Easton C, Turner S, Pitsiladis YP. Creatine and glycerol hyperhydration in trained subjects before exercise in the heat. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2007;17(1):70-91.
28. Thorp L, Wimmer M, Foucher K, Sumner D, Shakoor N, Block J. The biomechanical effects of focused muscle training on medial knee loads in OA of the knee: a pilot, proof of concept study. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2010;10(2):166-73.
29. Schurr SA, Marshall AN, Resch JE, Saliba SA. Two-dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assessment. International journal of sports physical therapy. 2017;12(2):163.
30. Souza RB. An evidence-based videotaped running biomechanics analysis. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics. 2016;27(1):217-36.
31. Sorenson B, Kernozek TW, Willson JD, Ragan R, Hove J. Two-and three-dimensional relationships between knee and hip kinematic motion analysis: single-leg drop-jump landings. Journal of sport rehabilitation. 2015;24(4):363-72.
32. Burnet EN, Pidcoe PE. Isometric gluteus medius muscle torque and frontal plane

- pelvic motion during running. *Journal of sports science & medicine*. 2009;8(2):284.
33. Greenberg ET, Greenberg S, Brown-Budde K. Biomechanics and gait analysis for stress fractures. *Stress Fractures in Athletes*: Springer; 2015. p. 33-50.
34. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*. 1997;13(2):135-63.
35. Jacobs C, Uhl TL, Seeley M, Sterling W, Goodrich L. Strength and fatigability of the dominant and nondominant hip abductors. *Journal of athletic training*. 2005;40(3):203.
36. Reybrouck T, Deroost F, Van Der Hauwaert LG. Evaluation of breath-by-breath measurement of respiratory gas exchange in pediatric exercise testing. *Chest*. 1992;102(1):147-52.
37. Carter J, Jeukendrup AE. Validity and reliability of three commercially available breath-by-breath respiratory systems. *European journal of applied physiology*. 2002;86(5):435-41.
38. Hebestreit H, Arets HG, Aurora P, Boas S, Cerny F, Hulzebos EH, et al. Statement on exercise testing in cystic fibrosis. *Respiration*. 2015;90(4):332-51.
39. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000;32(1):70-84.
40. Organization WH. Bmi standards for Asia 2018 [Available from: <http://www.assessmentpsychology.com/icbmi.htm>].
41. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. *Clinical orthopaedics and related research*. 2008;466(12):2910-22.
42. Lundgaard E, Wouda M, Strøm V. A comparative study of two protocols for treadmill walking exercise testing in ambulating subjects with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2017;55(10):935-9.
43. Delsys. TRIGNO Wireless System User's Guide 2018 [cited 2018 31 October]. Available from: https://delsys.com/Attachments_pdf/download/users-guides/trigno-wireless-systems.pdf.
44. Choi YI, Roh JS. Kinematic Analysis of Lower Extremity Joint Movements during Sidestep at Different Sidestep Speeds. *The Korean Journal of Sports Medicine*.

2016;34(1):57-64.

45. Chan ZY, Zhang JH, Au IP, An WW, Shum GL, Ng GY, et al. Gait retraining for the reduction of injury occurrence in novice distance runners: 1-year follow-up of a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*. 2018;46(2):388-95.

46. Foster C. V O₂ max and training indices as determinants of competitive running performance. *Journal of Sports Sciences*. 1983;1(1):13-22.

47. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of physiology*. 2008;586(1):35-44.

48. Ritchie C. Rating of perceived exertion (RPE). *Journal of physiotherapy*. 2012;58(1):62.

49. MADIGAN M, PIDCOE P. A muscle temperature compensation technique for EMG fatigue measures. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002;34(5):780-4.

50. Hsu W-C, Tseng L-W, Chen F-C, Wang L-C, Yang W-W, Lin Y-J, et al. Effects of compression garments on surface EMG and physiological responses during and after distance running. *Journal of Sport and Health Science*. 2017.

51. Chai G, Wang Y, Wu J, Yang H, Tang Z, Zhang L, editors. Study on the Recognition of Exercise Intensity and Fatigue on Runners Based on Subjective and Objective Information. *Healthcare*; 2019: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	หทัยภัทร ทิพย์ทธ
วัน เดือน ปี เกิด	07 พฤษภาคม 2537
สถานที่เกิด	ตรัง
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬาและสุขภาพ)
ที่อยู่ปัจจุบัน	106/52-53 หมู่ 8 ตำบลชะมาย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY