ผลของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์

นางสาวอรรัตน์ อนุมาตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effect of Ballet's Soft Shoes and hard shoes on Ground Reaction Force in Ballet's Grand Jete Jump

Miss Aurarat Anumart

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine
Faculty of Medicine
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์
โดย	นางสาวอรรัตน์ อนุมาตร
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ธันวา ตันสถิตย์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะแพทยศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ โศภณ นภาธร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ธันวา ตันสถิตย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์ ภาสกร วัธนธาดา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อรรัตน์ อนุมาตร : ผลของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์ (Effect of Ballet's Soft Shoes and hard shoes on Ground Reaction Force in Ballet's Grand Jete Jump) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. นพ. ธันวา ตันสถิตย์, 58 หน้า.

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแรงปฏิกิริยาจากพื้น ที่เกิดขึ้นรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มเปรียบเทียบกับรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง ในการลงสู่พื้นของท่ากระโดดกรองเจตเต้ ในนักบัลเล่ต์ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักบัลเล่ต์เพศหญิง อายุระหว่าง 18 – 26 ปี จำนวณ 62 คน ที่มีสุขภาพดีไม่มีการบาดเจ็บในช่วงรยางค์ล่าง ทำการทดลองโดยการกระโดดท่ากรองเจตเต้ ลงบนแผ่นวัดแรงอย่างเต็มความสามารถ โดยใส่รองเท้าบัลเล่ต์ 2 ชนิด เลือกรองเท้าที่สวมใส่ ก่อน – หลัง โดยการจับฉลาก ทำการกระโดดท่ากรองเจตเต้ 3 ครั้งในการสวมใส่รองเท้าแต่ละชนิด พักอย่างน้อย 5 ชั่วโมง ระหว่างการเปลี่ยนรองเท้า นำเสนอข้อมูลเป็น แรงปฏิกิริยาสูงสุด (N/kg) แรงปฏิกิริยาในข้อเท้า (N/kg) แรงปฏิกิริยาในข้อเข่า (N/kg) แรงปฏิกิริยาในข้อสะโพก (N/kg) ด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ค่าความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาของรองเท้าบัลเล่ต์ทั้ง 2 ชนิด โดยใช้สิถิติแบบ non-parametric โดยวิเคราะห์แบบ man-whitney u ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 95% ของความเชื่อมั่น ผลการวิจัยพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าฉลี่ยแรงปฏิกิริยาสูงสุด และแรงปฏิกิริยาในข้อเข่า ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มมีแรงปฏิกิริยามากกว่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง แรงปฏิกิริยาในข้อเท้า และข้อสะโพกไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การสวมใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งไม่ได้มีผลในการเพิ่มแรงปฏิกิริยาในขณะลงสู่พื้นของการกระโดด สามารถใช้เป็นคำแนะนำในการเลือกสวมใส่รองเท้าในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ โดยสามารถสวมใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งได้บ่อยขึ้น และใส่ได้เร็วขึ้นสำหรับนักบัลเล่ต์สมัครเล่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5474189030 : MAJOR SPORTS MEDICINE
KEYWORDS: GROUND REACTION FORCE / GRAND JETE / BALLET

AURARAT ANUMART: Effect of Ballet's Soft Shoes and hard shoes on Ground Reaction Force in Ballet's Grand Jete Jump. ADVISOR: ASSOC. PROF. TANVAA TANSATIT, M.D., 58 pp.

The aim of this study was determine the effect of ballet soft shoes and hard shoes on ground reaction force in ballerina , sixty-two healthy uninjured with lower extremity females dancers, ages between 18 – 26 years were selected by purposive sampling. Subject performs grand jete jump on force plate 3 times by wearing 2 type of shoes with maximum effort, wash out period at least 5 hours, selecting before – after shoes by drawing a lot. Peak ground reaction force (N/kg) ankle force (N/kg) knee force (N/kg) hip force (N/kg) were presented with mean and standard deviation. The differenced of ground reaction force between ballet's soft shoes and hard shoes were analyzed by non-parametric, man-whitney u with statistical significant level at 0.05. The results of this study showed that statistic significant were found in peak ground reaction force and peak knee force with more peak ground reaction force on ballet soft shoes than hard shoes and no statistic significant with ankle force and hip force were found.

This results indicated that wearing ballet's hard shoes did not provide more ground reaction force than ballet's soft shoes by landing on jump. Therefore for this results ballet's hard shoes is an appropiate shoes that we were recommended to use ballet's hard shoes for training and could be used for early training in nonprofessional ballet dancers.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

คำถามงานวิจัย (Research question) 2

วัตถุประสงค์งานวิจัย (Objective) 2

สมมติฐาน (Hypothesis) 2

กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework) 3

ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) 3

การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่จะใช้ในการวิจัย (Operational Definitions) 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

วิธีดำเนินงานวิจัย 4

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย 4

บทที่ 2 5

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ลักษณะของข้อต่างๆ 7

งานวิจัยที่เกี่ยวกับแรงปฏิกิริยา 13

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการบาดเจ็บของนักเต้น 15

ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บต่อช่วงรยางค์ล่าง 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ปัจจัยภายใน 17
ปัจจัยภายนอก 17
รองเท้าบัลเล่ต์ 18
ท่ากระโดด Grand jete 19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระโดด 20
บทที่ 3 22
วิธีดำเนินการวิจัย 22
ประชากร 22
เกณฑ์การคัดการเข้าร่วมงานวิจัย (Inclusion criteria) 22
เกณฑ์ในการคัดออกจากการวิจัย (Exclusion criteria) 22
การคำนวณขนาดตัวอย่าง 22
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง 23
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 23
วิธีดำเนินงานวิจัย 26
ขั้นตอนการทดสอบ 27
เครื่องมือการวัด (Measurement) 30
สถานที่ทำการวิจัย 30
การรวบรวมข้อมูล (Data collection) 30
การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) 33
บทที่ 4 36
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 36
บทที่ 5 39
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 39

หน้า

สรุปผลการวิจัย 39
อภิปรายผลการวิจัย 39
ข้อเสนอแนะ 43
รายการอ้างอิง 44
ภาคผนวก ก 47
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย 47
(Information sheet for research participant) 47
ภาคผนวก ข 53
ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย (Consent form) 53
ภาคผนวก ค 55
แบบสอบถามข้อมูลเพื่อการคัดกรองเบื้องต้น 55
ภาคผนวก ง 56
แบบบันทึกข้อมูลการวิจัย 56
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 การกระจายปริมาณมวล ละการกระจายมวลตามข้อมูลของ Dempster.....34
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$±SD)
แสดงคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....36
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน($\overline{X}$±SD) ของแรงปฏิกิริยาสูงสุด
ระหว่างรองเท้าหัวนิ่มและหัวแข็ง.....37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผ่นวัดแรงชนิดตัววัด 4 ตัว....5
รูปที่ 2.2 แรงที่กดลงบนแผ่นวันแรง....6
รูปที่ 2.3 แรงในสะโพก....7
รูปที่ 2.4 องค์ประกอบหัวเข่า....8
รูปที่ 2.5 ลักษณะหมอนรองข้อเข่า....9
รูปที่ 2.5 ลักษณะหมอนรองข้อเข่า....9
รูปที่ 2.7 ลักษณะแรงในข้อเข่า....10
รูปที่ 2.8 กระดูกที่เชื่อมต่อกันในข้อเท้า....11
รูปที่ 2.9 เอ็นในข้อเท้า....12
รูปที่ 2.10 กระดูกเท้า....12
รูปที่ 2.11 Plantar fascia....13
รูปที่ 2.12 รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม....18
รูปที่ 2.13 รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง....19
รูปที่ 2.14 ท่ากระโดดกรองเจตเต้....19
รูปที่ 3.1 แผ่นวัดแรง....24
รูปที่ 3.2 กล้อง Qualysis camera....24
รูปที่ 3.3 โปรแกรม visual-3D....25
รูปที่ 3.4 ห้องปฏิบัติการ....25
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการติดมาร์กเกอร์....31
รูปที่ 3.6 ขณะกระโดดท่ากรองเจตเต้....32
รูปที่ 3.7 ขณะลงสู่พื้น....32
รูปที่ 3.8 กราฟแรงปฏิกิริยาขณะลงสู่พื้น....33
รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะ center of gravity ขณะกระโดด....35
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็ง....37
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าข้อเข่าและข้อสะโพกในรองเท้าบัลเล่ต์
แบบหัวนิ่มและหัวแข็ง....38
รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและมุมข้อเท้า
ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม....41
รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าและมุมข้อเข่า
ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม....41
รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและมุมข้อเท้า
ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง....42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าและมุมข้อเข่า
ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง.....42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

บัลเล่ต์ เป็นการประเภทการเต้นชนิดหนึ่งที่รู้จักในชื่อที่เรียกว่าระบำปลายเท้า ซึ่งใช้การเคลื่อนไหวของร่างกายทุกส่วนผสมผสานกัน มีการควบคุมกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆเพื่อบังคับร่างกายให้เคลื่อนไหวได้อย่างอ่อนช้อยสวยงามแต่เปี่ยมไปด้วยพลังการเต้นจะใช้รยางค์ส่วนล่างลงไปเป็นหลัก ในการเต้นนั้น จะมีการเต้นบนการเขย่งปลายเท้า ทรงตัวบนปลายเท้า (fully point) เป็นการเคลื่อนไหวในทุกลักษณะ ทั้งการเดิน การวิ่ง การหมุน และการกระโดด ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเต้นโดยการมีการทำงานช่วงขาและเท้าเป็นหลักทั้งสิ้น นอกนั้นจะเป็นการเคลื่อนไหวของแขน คอ และหลังซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวแบบอิสระ

การบาดเจ็บที่พบในนักบัลเล่ต์นั้นส่วนมากเป็นการบาดเจ็บที่ช่วงรยางค์ล่าง[(1))] พบการบาดเจ็บที่ข้อเท้า เข่า การบาดเจ็บที่เอ็น ข้อต่อ การร้าวของกระดูก การบาดเจ็บที่พบได้บ่อยข้อเท้าแพลง และการบาดเจ็บชนิดแบบเรื้อรังเป็นการบาดเจ็บที่พบมากที่สุด[(2)]พบเนื่องจากการใช้งานซ้ำๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับแรงปฏิกิริยาจากพื้นจากการกระโดดที่มีแรงกระแทกมาก ยกตัวอย่างเช่น ท่า grande jete[(3, 4)] ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ

ในการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นของนักบัลเล่ต์สิ่งที่เป็นปัจจัยที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือการใช้รองเท้า ด้วยลักษณะของรองเท้าบัลเล่ต์นั้นไม่ได้เป็นรองเท้าที่มีโครงสร้างในการช่วยรองรับแรงกระแทกที่เกิดจากการเต้น[(7)] ลักษณะของรองเท้าแบบหัวแข็งที่บีบอัดเท้าทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวมีการผิดรูปร่างของกระดูก ทำให้มีอิสระน้อยลง อาจทำให้การเต้น หรือการลงสู่พื้นจากการกระโดดทำให้เกิดเทคนิคที่ผิดพลาดซึ่งก่อให้เกิดการบาดเจ็บขณะลงสู่พื้น กล่าวในอีกทางหนึ่งได้ว่า การกระโดดที่มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นมากควบคู่กับรองเท้าที่อาจก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกายที่มากขึ้น อาจเพิ่มความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมบัลเล่ต์

ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ของนักเต้นที่เข้าสู่สายอาชีพจะต้องมีการฝึกซ้อมกับรองเท้าแบบหัวแข็งมากขึ้น และบ่อยครั้งขึ้น ท่าในการฝึกซ้อมยากขึ้นตามลำดับ ยกตัวอย่างการกระโดดที่มีการใช้งานในการเต้นบัลเล่ต์บ่อยครั้ง เช่น ท่ากระโดดกรองเจตเต้ ในลำดับขั้นช่วงแรก ในการใช้เต้นทำการกระโดดน้อยครั้ง เมื่อมีการเลื่อนลำดับขั้นที่มากขึ้นจะมีการกระโดดที่ต่อเนื่องมากขึ้น พบมากขึ้น และการที่จะทำให้การกระโดดเป็นไปได้อย่างสวยงามสมบูรณ์แบบจะต้องมีการฝึกซ้อมแต่ละท่านั้นซ้ำๆ ทำให้นักบัลเล่ต์มีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ได้มากขึ้น

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับแรงปฏิกิริยาจากพื้นของการกระโดดท่ากรองเจตเต้ ซึ่งเป็นการกระโดดที่ลงสู่พื้นด้วยขาข้างเดียว เปรียบเทียบกับรองเท้าบัลเล่ต์ใน 2 ชนิด คือแบบรองเท้าหัวนิ่มและรองเท้าหัวแข็ง มีเพียงงานวิจัยที่กล่าวถึงแรงปฏิกิริยาจากพื้นของการกระโดดอะซอมเบล่

(assemble jump) คือเป็นท่ากระโดดแบบพื้นฐาน การลงสู่พื้นเป็นแบบลงด้วย 2 เท้า พบว่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในรองเท้าแบบหัวนิ่มนั้นมีค่ามากกว่าในรองเท้าแบบหัวแข็ง แต่โดยทั่วไปแล้วนักบัลเล่ต์จะมีการฝึกซ้อมบ่อยครั้งกับท่ากระโดดที่ไม่เป็นท่ากระโดดแบบพื้นฐาน เช่นท่ากรองเจตเต้ ซึ่งท่ากระโดดกรองเจตเต้นนั้นพบได้บ่อยในการเต้นบัลเล่ต์คลาสสิก ทั้งยังไม่มีการศึกษาที่จะเป็นคำแนะนำในการเลือกใส่รองเท้าบัลเล่ต์ให้เหมาะสมกับการฝึกซ้อม จากความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแรงปฏิกิริยาจากพื้นจากการกระโดดของบัลเล่ต์ในท่ากรองเจตเต้ เปรียบเทียบกันในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็ง โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางและคำแนะนำให้แก่ผู้ฝึกสอนและนักบัลเล่ต์ ในการเลือกใช้รองเท้าบัลเล่ต์ในการฝึกซ้อม เพื่อช่วยลดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บและช่วยให้การฝึกซ้อมมีประสิทธิภาพในแต่ละบุคคลต่อไป

คำถามงานวิจัย (Research question)

คำถามหลัก แรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกายจากการกระโดดของการเต้นบัลเล่ต์ท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump)โดยทดลองกับการใส่รองเท้าบัลเล่ต์ ในรองเท้าแบบหัวนิ่มนั้นจะมีแรงปฏิกิริยาจากพื้นแตกต่างกับรองเท้าแบบหัวแข็งหรือไม่

คำถามรอง แรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพกในการกระโดดของบัลเล่ต์ในท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump)มีความแตกต่างกันอย่างไรในรองเท้าแบบหัวนิ่ม และรองเท้าหัวแข็ง

วัตถุประสงค์งานวิจัย (Objective)

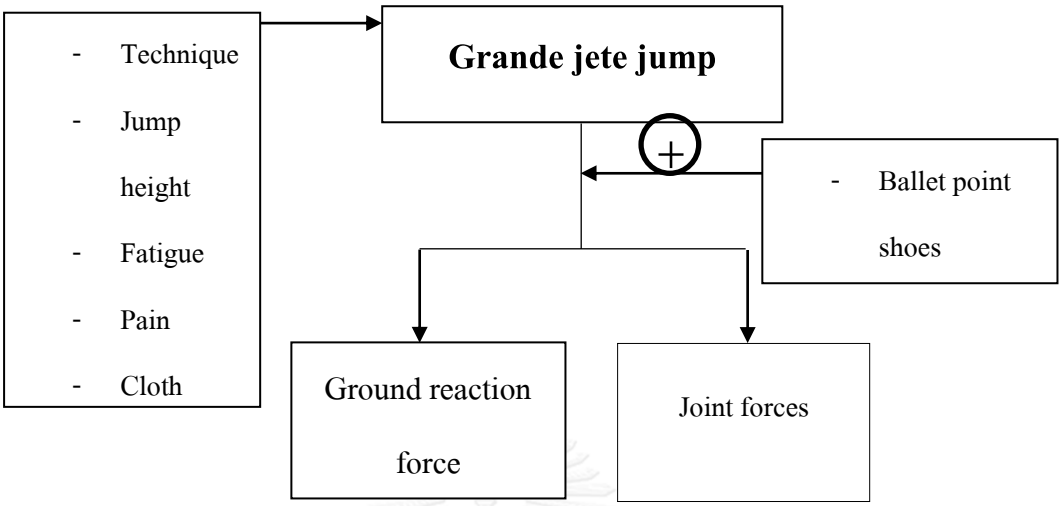
วัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อร่างกายขณะกระโดดท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump)ในการกระโดดของบัลเล่ต์โดยเปรียบเทียบจากการใส่รองเท้าบัลเล่ต์ที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์รอง เพื่อศึกษาที่ปฏิกิริยาที่กระทำต่อข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก ในการกระโดดท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump)ของการเต้นบัลเล่ต์ โดยเปรียบเทียบจากการใส่รองเท้าบัลเล่ต์ที่แตกต่างกัน

สมมติฐาน (Hypothesis)

แรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อร่างกายขณะการโดดท่า grand jete ของบัลเล่ต์ โดยการใส่รองเท้าแบบหัวนิ่มนั้น จะมีแรงที่กระทำมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่รองเท้าแบบหัวแข็ง

กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework)



ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption)

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนต้องมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความร่วมมืออย่างเต็มที และทราบถึงรายละเอียดของงานวิจัยครั้งนี้ก่อนสมัครใจยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่บริเวณหลังหรือช่วงรยางค์ส่วนล่าง ถ้าพบการบาดเจ็บทั้ง 2 อย่างนี้ หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง จะถูกคัดออกจากการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย

3. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนต้องปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนของงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน

4. ขณะที่ผู้ร่วมงานวิจัยอยู่ในขั้นตอนการเก็บข้อมูล ผู้ร่วมงานวิจัยสามารถยกเลิกการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย และออกจากงานวิจัยได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลแก่ผู้วิจัย ไม่ว่ากรณีใดๆ

5. เครื่องมือในใช้ในงานวิจัยเป็นเครื่องมือที่ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงและแม่นยำ (calibration) ตามมาตรฐานการทดสอบของเครื่องมือนั้นๆ และมีความปลอดภัยต่อผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่จะใช้ในการวิจัย (Operational Definitions)

Ground reaction force คือ แรงปฏิกิริยาเมื่อมีการกระทบของวัตถุ 2 วัตถุสู่พื้นและจะมีแรงที่กระทำสะท้อนกลับไปยังวัตถุชิ้นนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จะหมายถึงการที่เมื่อนักเต้นบัลเล่ต์กระโดดขึ้นแล้วลงสู่พื้น ขาข้างที่สัมผัสพื้นจะมีแรงกระทำที่สะท้อนมาจากพื้นกลับไปสู่ขาข้างที่สัมผัส แรงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าแรงปฏิกิริยา

Grand jete คือท่ากระโดดของบัลเล่ต์ที่เป็นการการะโดดสูงโดยจะใช้ขาข้างเดียวกระโดดแล้วลงสู่พื้นด้วยขาอีกขางหนึ่ง เริ่มจากก้าวเท้ามาเมื่อขาข้างแรกถีบตัวลอยสู่พื้น ขาอีกข้างจะถูกเตะ

ออกเหยียดตรงไปทางด้านหน้า เมื่อขาข้างที่กระโดดพ้นพื้นก็จะยกไปทางด้านหลัง แยกออกจากด้านหน้าค้างไว้ลอยสู่อากาศ แล้วขาข้างที่อยู่ด้านหน้าก็จะลดลงมาเพื่อลงสู่พื้น

Ballet คือการเต้นรำรูปแบบหนึ่งที่รู้จักกันในชื่อเรียก ระบำปลายเท้า เป็นการเต้นที่ใช้ทุกส่วนของร่างกายทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ต้องมีความแข็งแรงและอ่อนช้อย โดยหลักๆแล้วบัลเล่ต์จะถูกพบเห็นมากจากการขึ้นปลายเท้าโดยใช้รองเท้าหัวแข็ง แต่ในการฝึกซ้อมนักบัลเล่ต์จะใช้รองเท้า 2 ชนิดคือ รองเท้าแบบหัวนิ่ม และรองเท้าแบบหัวแข็ง การเต้นบัลเล่ต์จะมีท่าการเต้นที่หลากหลาย ทั้งการเดิน วิ่งบนปลายเท้า การะกระโดด หมุนตัว และการยกขาค้างสูง

Ballet shoes คือรองเท้าบัลเล่ต์ รองเท้าที่นักบัลเล่ต์ใช้สวมใส่ขณะฝึกซ้อม การสอบเลื่อนลำดับขั้น การแสดง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- Ballet soft shoes คือรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม
- Ballet hard shoes คือรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง หรือในบางชื่อเรียก ballet point shoes การที่มีหัวแข็งนั้นไว้สำหรับให้เท้าสามารถตั้งอยู่บนปลายเท้าได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงการศึกษาผลของรองเท้าบัลเลต์ 2 ชนิดในการกระโดดท่ากรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์ เพื่อเป็นคำแนะนำในการเลือกใช้รองเท้าบัลเล่ต์ในการฝึกซ้อมต่อไป
2. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ช่วงทดลองโดยใช้เครื่องมือวิจัย
2. ช่วงเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย

1. นำเสนอข้อมูลคุณลักษณะได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ประสบการณ์การเรียนบัลเล่ต์ ความถี่ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ ความถี่ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ จุดศูนย์กลางของร่างกายสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งจุดศูนย์กลางของร่างกายสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มนำเสนอเป็นจำนวน (n) โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ข้อมูลแรงปฏิกิริยาสูงสุด เปรียบเทียบในรองเท้าบัลเล่ต์ 2 ประเภท
3. วิเคราะห์แรงปฏิกิริยาในข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก เปรียบเทียบในรองเท้าบัลเล่ต์ 2 ประเภท

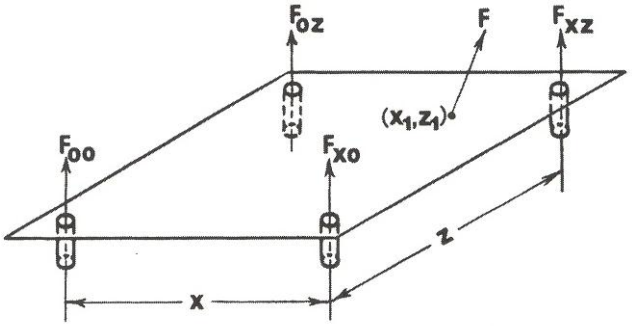
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ground reaction force เป็นแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อร่างกายจากพื้นขณะทำกิจกรรมต่างๆ เช่นการยืน การเดิน การวิ่ง โดยมีตัววัดเป็นแผ่นวัดแรง (Force plate)[5]เช่นเดียวกับกับที่ใช้วิเคราะห์ Gait and posture แผ่นวัดแรงเป็นเครื่องมือที่มีความไวต่อการสัมผัสแรงของน้ำหนักที่กดลงบนแผ่นวัดแรงแสดงผลเป็นทิศทางแรงตรงกันข้ามกับน้ำหนักที่กดลงไปบนแผ่นวัดแรง เครื่องมือที่ใช้วัดแรง (Force platforms) มี 2 ชนิด ชนิดที่ 1 Strain Gauge เช่น AMTI, Bertec ใช้หลักการตรวจวัดแรงตึงแปลผลเป็นแรงปฏิกิริยา ชนิดที่ 2 คือ Piezoelectric Quartz เช่น Kistler ใช้หลักการวัดพลังงานไฟฟ้า เปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยจุดตรงกลางที่เกิดแรงบนแผ่นวัดแรงเรียกว่า center of pressure (COP)[6]โดย cop จะเป็นจุดที่แผ่นวัดแรงจะแสดงตำแหน่งของแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นใต้เท้า โดยจะเฉลี่ยพื้นที่ที่กดลงบนแผ่นของเท้า เช่นในขณะที่เท้ากดลงบนแผ่นวัดแรง ช่วงเท้าจะมีตำแหน่งจมูกเท้าและส้นเท้า ตำแหน่งของ cop ที่จะแสดงผลของแรงจะเป็นช่วงกลางเท้า (arch)

แรงที่เกิดขึ้นในแผ่นวัดแรงมี 2 ชนิด โดยชนิดแรกเป็นแผ่นวัดแรงที่มีตัววัด 4 ตัวอยู่ตรงมุมของแผ่นวัดแรง cop จะถูกคำนวณจากตัววัดทั้ง 4 ตัว



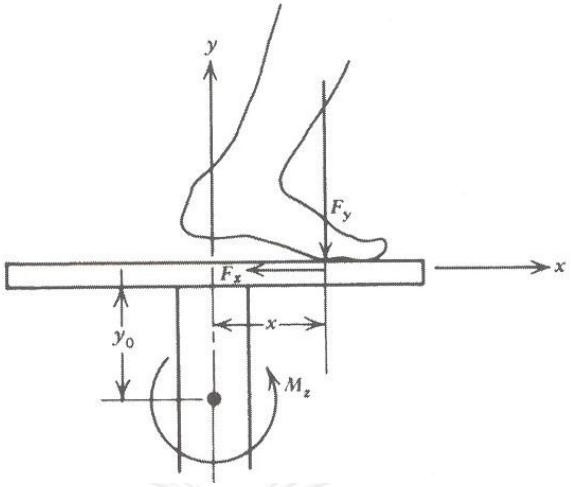
รูปที่ 2.1 แผ่นวัดแรงชนิดตัววัด 4 ตัว

สูตรคำนวณแรงจากรูปดังนี้

$$x = \frac{X}{2}\left[1 + \frac{(F_{X0} + F_{XZ}) - (F_{00} + F_{0Z})}{F_Y}\right]$$

$$z = \frac{Z}{2}\left[1 + \frac{(F_{0Z} + F_{XZ}) - (F_{00} + F_{X0})}{F_Y}\right]$$

แรงจากแผ่นวัดแรงชนิดที่ 2 จะมีเครื่องวัดเป็นหลักที่อยู่ใต้แผ่นรับแรง cop จะคำนวณโดยเครื่องมือที่อยู่ใต้แผ่นวัดนี้



รูปที่ 2.2 แรงที่กดลงบนแผ่นวันแรง

สูตรคำนวณแรงจากรูปดังนี้

$$M_z - F_y \cdot x + F_x \cdot y_0 = 0$$

$$x = \frac{F_x \cdot y_0 + M_z}{F_y}$$

F = แรงที่กระทำ (N)

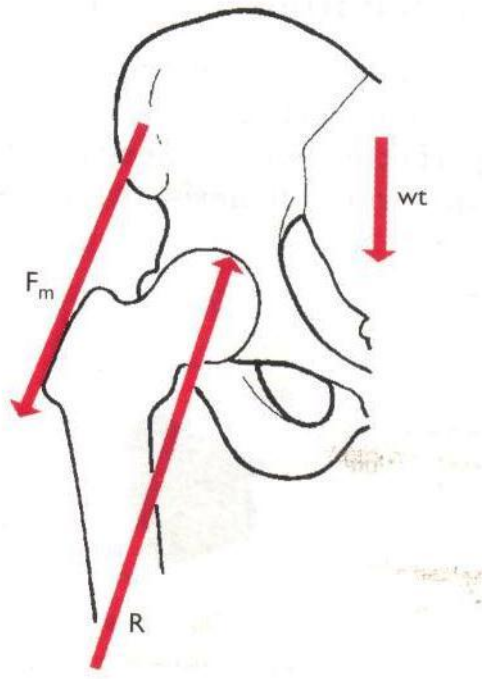
M =มวล (Kg)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่วงรยางค์ล่าง (Lower extremity) มีการรองรับแรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกาย โดยมีข้อเท้า ข้อเข่าและข้อสะโพกเป็นข้อต่อหลักที่มีการรับแรงกระแทกและส่งผ่านแรงมีการดูดซึมซับเพื่อปกป้องแรงที่มากระทำต่อร่างกายที่มากเกินไป

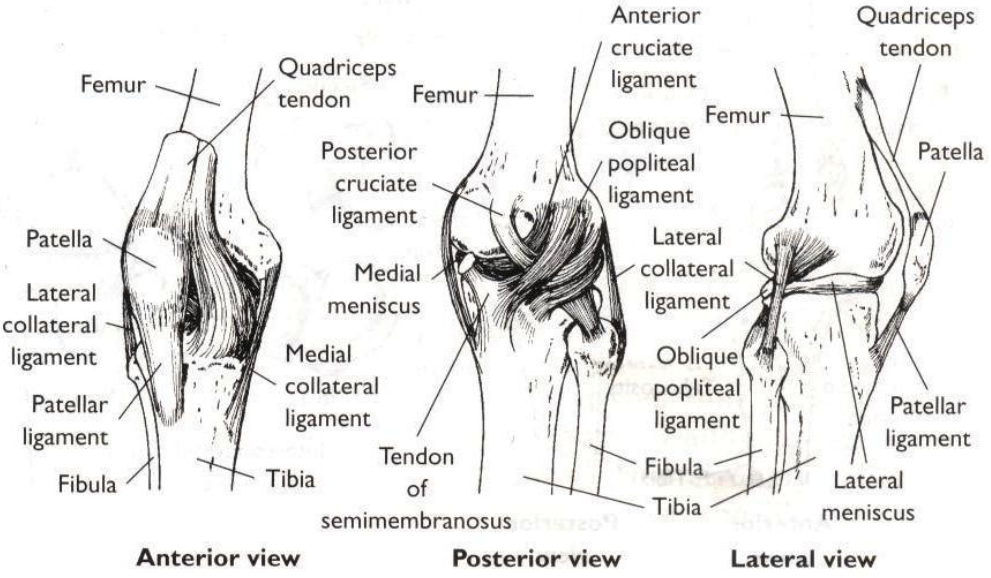
ลักษณะของข้อต่างๆ[7]

ข้อสะโพก (Hip)ข้อต่อสะโพกเป็นลักษณะ ball and socket joint โดยมีหัวกระดูก femur เป็นทรงกลม เข้ากับส่วนของ acetabulum ที่มีลักษณะเว้าเข้าไปด้านใน อยู่ในแนวหันออกด้านข้าง เยื้องมาทางด้านหน้าและคว่ำลง มีกระดูอ่อนค่อนข้างหนาปกคลุมรอบขอบของ acetabulum หรือเรียกว่า labrum เพื่อเพิ่มความมั่นคงให้ข้อต่อ มีเอ็นที่สำคัญคือ iliofemoral ligament หรือ Y ligament และ pubofemoral ligament ซึ่งปกคลุมข้อต่อทางด้านหน้า และโครงสร้างที่สำคัญทางด้านหลังคือ ischiofemoral ligament มีกระดูก femur เป็นกระดูกที่ใหญ่และแข็งแรงที่สุดในร่างกายเป็นตัวรองรับน้ำหนักหลัก โดยสะโพกเป็นข้อส่วนที่รับน้ำหนักมากที่สุดในร่างกาย ในขณะที่มีแรงจากน้ำหนักตัวกดลงจะมีแรงจากกระดูกขาดันขึ้นสวนทางกัน โดยจะมีน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักตัวกดลงอยู่บนสะโพกขณะยืน แรงที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อที่ทำการกดลงในข้อสะโพกนั้นมีปริมาณ 238% ของน้ำหนักตัว แรงกดในสะโพกขณะที่กำลังเดินอยู่ที่ 251% ของน้ำหนักตัว และในขณะขึ้นบันไดประมาณ 260% ของน้ำหนักตัว แรงที่กดลงในข้อสะโพกมีขนาดมากขึ้นเมื่อมีการสวมใส่ hard-soled shoes เมื่อเทียบกับ soft-soled shoes และเมื่อมีการเพิ่มความเร็วของการเดินแรงในสะโพกก็มากขึ้นตามไปด้วย แรงจากน้ำหนักตัวมีการส่งผ่านโดยกระดูกจากเท้าสู่สะโพก และตึงที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อก่อให้เกิดแรงกดขนาดใหญ่ในสะโพก



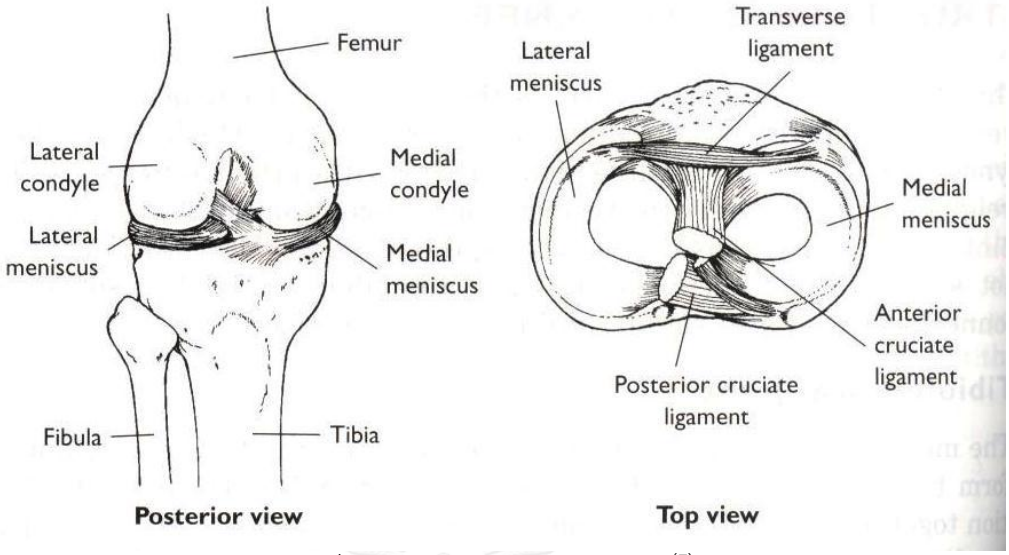
รูปที่ 2.3 แรงในสะโพก[7]

ข้อเข่า (Knee) หัวเข่าสามารถรองรับน้ำหนัก และใช้ในการช่วยการเคลื่อนไหวของร่างกายได้เป็นอย่างดี หัวเข่ามีลักษณะเป็น hinge joint เป็น synovial joint ขนาดใหญ่ มี 3 articalate ใน 1 capsule ข้อต่อที่รับน้ำหนักคือ condylar articulate ของ tibiofemoral joint และ patellofemoral joint โดย tibiofemoral joint เป็นเป็นคู่ของ condyloid articulate ระหว่าง medial condyles และ lateral condyles ของกระดูก tibial และกระดูก femer และ patellofemoral joint เป็นข้อต่อที่เชื่อมกันระหว่าง patella และกระดูก femer มีหมอนรองกระดูกข้อเข่า (menisci) อยู่ระหว่างกระดูก tibial และ femoral condyles หมอนรองกระดูกข้อเข่ามีหน้าที่รับแรง ลดแรงที่เกิดขึ้นใน tibial femoral joint



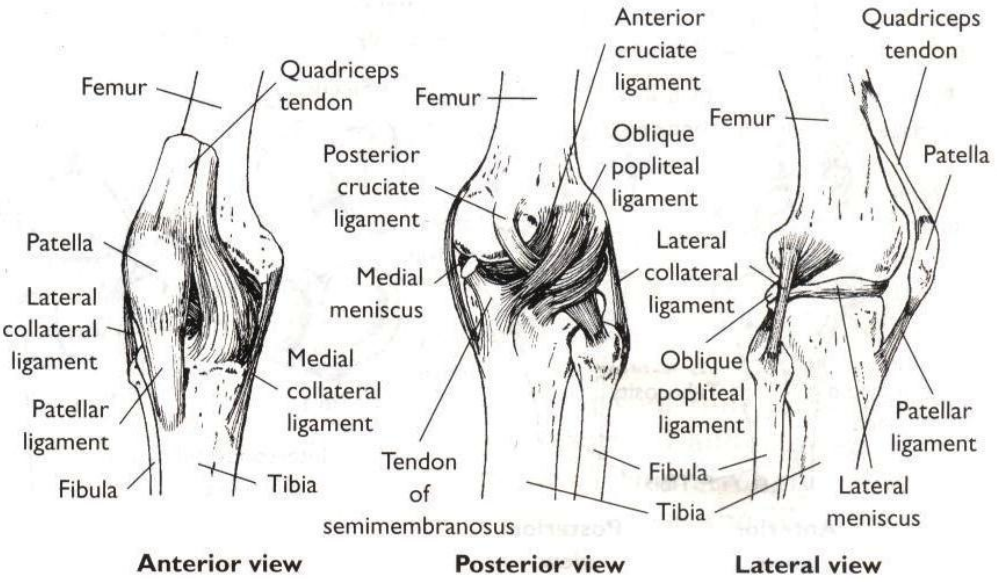
รูปที่ 2.4 องค์ประกอบหัวเข่า[7]

Medial collateral ligament และ lateral collateral ligament และเอ็นข้อต่อที่สำคัญและเป็นเอ็นข้อต่อหลักที่พาดข้ามผ่านหัวเข่าด้านในและหัวเข่าด้านนอก ช่วยเพิ่มและเสริมความมั่นคงของหัวเข่า มี anterior cruciate ligament และ posterior cruciate ligament ช่วยจำกัดการลื่นไถลไปทางด้านหน้าและด้านหลังของกระดู femer ในขณะที่เข่ามีการทำ flexion และ extension และจำกัด hyperextension ของหัวเข่า และมี iliotibial band ซึ่งเป็น band tissue ที่หนาและแข็งแรง ติดกับ tensor fascia lata และ lateral condyles ของกระดูก femer และ lateral tuberosity ของกระดูก tibia



รูปที่ 2.5 ลักษณะหมอนรองข้อเข่า[7]

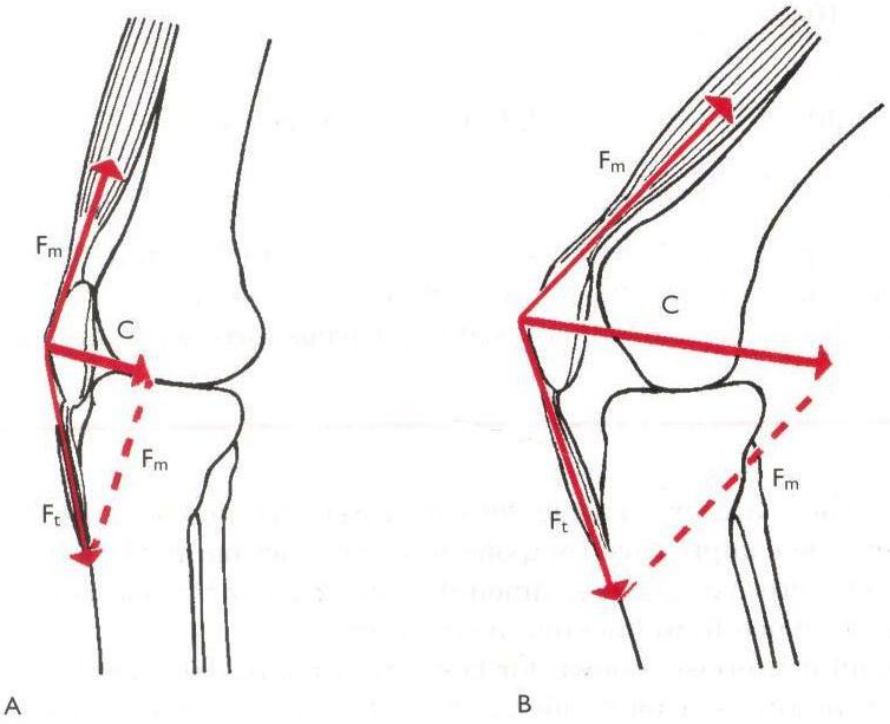
Patello femoral joint ประกอบไปด้วย articulate ของ patella หุ้มด้วย patella tendon โดยพื้นผิวด้านหลังของ patella ห่อหุ้มด้วย articulate cartilage ช่วยลดแรงเสียดสีระหว่าง patella กับกระดูก femer กระดูก patella จะเพิ่มมุมการดึงของ quadriceps tendon บนกระดูก tibia ช่วยการำงานของ knee extensor ถึง 50% patella ช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่าง patella tendon กับกระดูก femer ช่วยลดแรงกดที่ patella femoral joint ช่วยเพิ่มการป้องกันด้านหน้าของเข่า ป้องกันแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นใน quardriceps tendon จากกระดูกที่อยู่ติดกัน



รูปที่ 2.6 เอ็นในข้อเข่า[7]

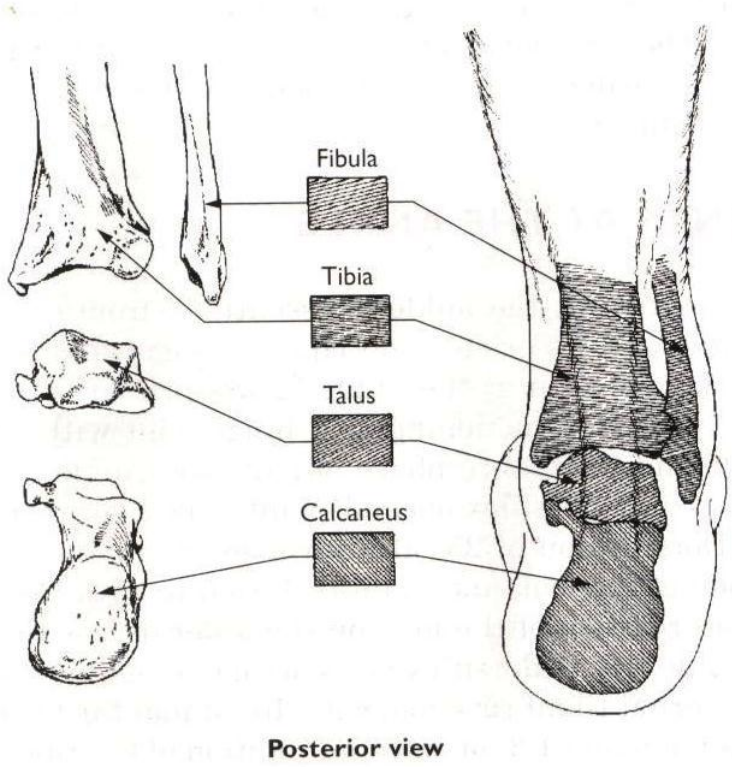
ในหัวเข่าที่ถุงน้ำ bursae อยู่ด้านในและรอบ capsule ช่วยลดแรงเสียดสีขณะขณะมีการเคลื่อนไหวของเข่า โดนมีถุงน้ำสำคัญได้แก่ the prepatella bursa อยู่ระหว่างผิวหนังและ กระดูก patella ช่วยลดการเสียดสีเมื่อเกิดการเคลื่อนไหว flexion และ extension ของ patella มี the superficial infrapatella bursa ช่วยกันกระแทกระหว่างผิวหนังกับ patella tendon และ deep infrapatella bursa ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่าง tibial tuberosity กับ patella tendon

ข้อเข่าเป็นข้อที่รองรับน้ำหนักหลักของร่างกายอีกข้อ โดยมีแรงกดและแรงเฉือนมากระทำที่ tibia femoral joint ขณะทำกิจกรรมประจำวัน มีแรงกดจากน้ำหนักตัว และแรงกดของกล้ามเนื้อผ่านมายังหัวเข่า แรงใน tibiofemoral joint มีมากถึง 3 เท่าต่อน้ำหนักตัวขณะยืน และเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าต่อน้ำหนักตัวขณะเดินขึ้นบันได การออกแรงที่มีความเร็วเชิงมุมของ knee flexion 3.44 – 6.19 เท่าของน้ำหนักตัว สามารถสร้างแรงกดของ tibio femoral ได้ถึง 2.61 – 3.89 เท่าต่อน้ำหนักตัว แรงกดใน patellofemoral joint ขณะเดินพบเท่ากับครึ่งหนึ่งของน้ำหนักตัว และเพิ่มขึ้น 3 เท่าต่อน้ำหนักตัวขณะขึ้นบันได และมีแรงกดเพิ่มขึ้นเมื่อเกิด knee flexion

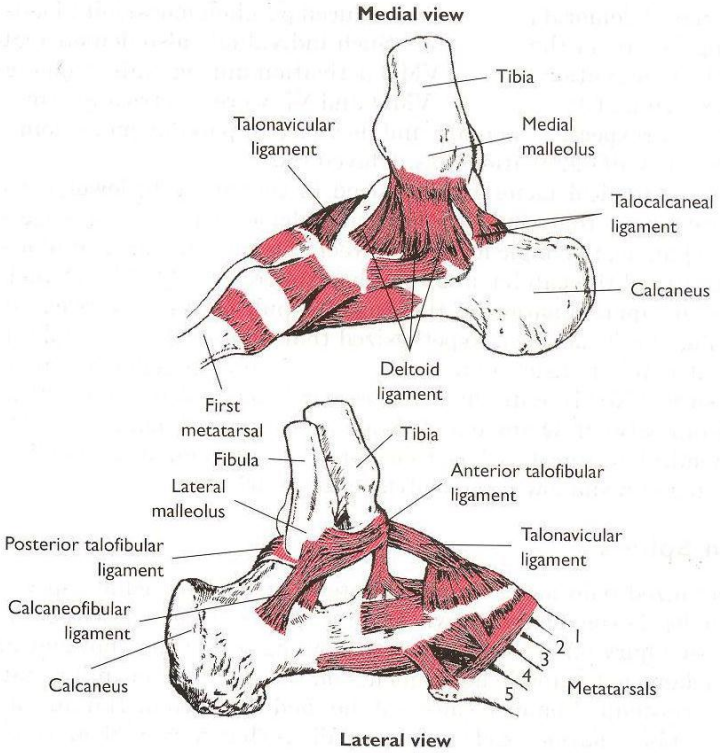


รูปที่ 2.7 ลักษณะแรงในข้อเข่า[7]

ข้อเท้า (Ankle and foot) บริเวณของข้อเท้าประกอบไปด้วย distal tibiofibular, tibiotalar joint ในข้อเท้ามี anterior tibiofibular ligament และ posterior tibiofibular ligament, crural interosseous tibiofibular ligament ช่วยพยุง การเคลื่อนไหวของข้อเท้าเกิดที่ tibiotalar hinge joint โครงสร้างในเท้าประกอบไปด้วยกระดูกเท้า 26 ชิ้น และ articulate หลายจำนวณ รวมไปถึง subtalar joint, midtarsal joint และ tarsometatarsal joint, intermetatarsal joint, metatarsophalangeal joint, interphalangeal joint เท้าและข้อเท้าเป็นพื้นฐานของการรองรับแรงของร่างกายจากด้านบน และช่วยรองรับแรงกระแทก

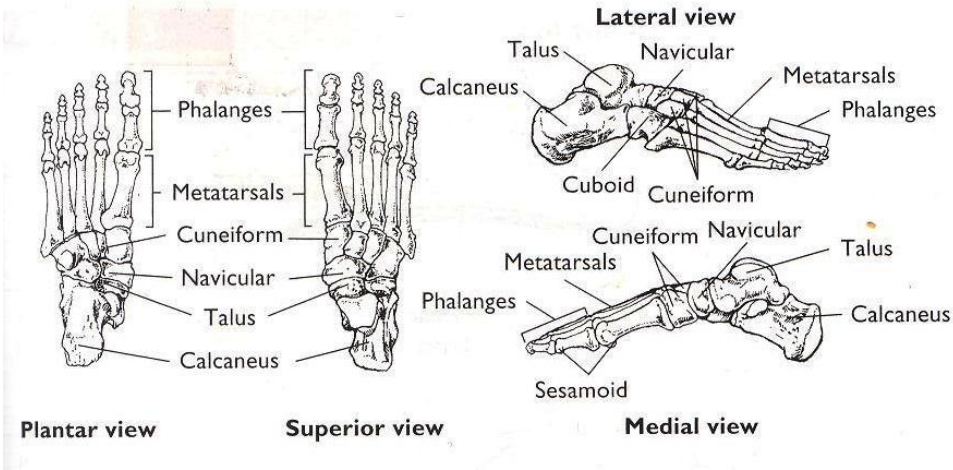


รูปที่ 2.8 กระดูกที่เชื่อมต่อกันในข้อเท้า[7]

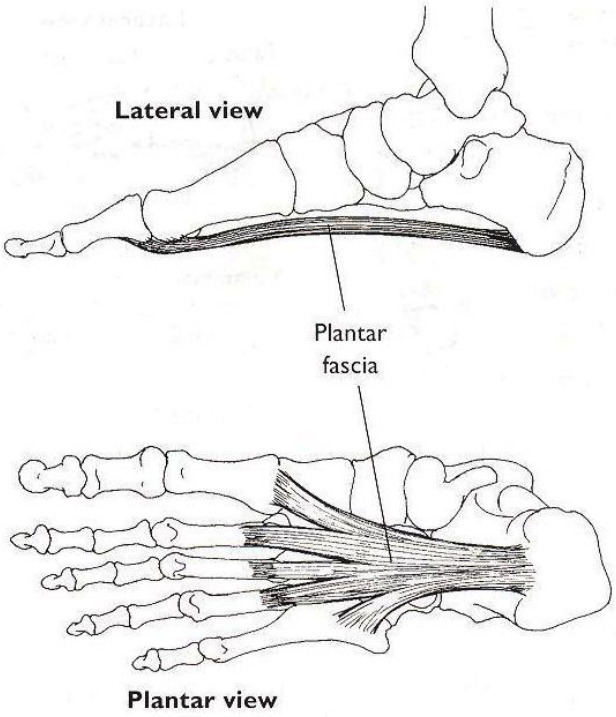


รูปที่ 2.9 เอ็นในข้อเท้า[7]

การเกิดแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าขณะวิ่ง ในความเร็วที่เพิ่มขึ้นจาก 3.0 – 5.0 m/s สามารถเกิดแรงกระแทกถึง 1.6 – 2.3 เท่าต่อน้ำหนักตัว การเกิดแรงในเท้า 50% ของน้ำหนักตัวส่งผ่านไปยัง subtalar joint สู่ calcaneus ส่วน 50% ที่เหลือส่งผ่านไปยัง metatarsal head ช่วง first metatarsal รับแรงเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆใน metatarsal head และ pes planus มีส่วนช่วยในการรองรับแรงที่ช่วง forefoot



รูปที่ 2.10 กระดูกเท้า[7]



รูปที่ 2.11 Plantar fascia[7]

งานวิจัยที่เกี่ยวกับแรงปฏิกิริยา

Kornelia kulig และคณะ (2011)[2]ได้ศึกษาเพื่อหาค่าของแรงปฏิกิริยา (Ground reaction force) และกลไกของข้อเข่าขณะกระโดดขึ้น และลงสู่พื้นในท่า saut de chat เปรียบเทียบกัน โดยทำการทดลองในนักเต้นสุขภาพดีไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่หลังหรือรยางค์ส่วนล่าง ทั้งหมดเป็นนักเต้นที่เรียนในโปรแกรมเดียวกัน ประกอบไปด้วยการเต้นแบบ แจส ฮิปฮอป บัลเล่ต์ โมเดิร์น ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมดเป็นเพศชายจำนวน 6 คน และเพศหญิงจำนวน 6 คน จะทำการกระโดดท่า saut de chat บนแผ่นวัดแรง (force platform) ไม่ใส่รองเท้าชนิดใดๆ ทำการทดลอง โดยกระโดดท่า saut de chat 8 ครั้งโดยทำการวัดจากช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น ของทั้ง 2 ช่วงการกระโดดขึ้นและลงสู่พื้น จากผลการทดลองพบว่า แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งในขณะลงสู่พื้นจากการกระโดดนั้นมีมากกว่าขณะกระโดดขึ้น ($p<0.01$) เป็น 26% เมื่อเปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวดิ่งขณะกระโดดขึ้นเป็น 3.4 เท่าต่อน้ำหนักตัว และขณะลงสู่พื้นเป็น 4.4 เท่าต่อน้ำหนักตัว แรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวดิ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระโดดท่า saut de chat และในขณะเดินมีมากกว่าเป็น 1.5 เท่าต่อน้ำหนักตัว ส่วนในขณะวิ่งมากกว่า 2.5 เท่าต่อน้ำหนักตัว

ในงานวิจัยของ Heather L. และคณะ (2011)[8] ได้ศึกษาค่าของแรงปฏิกิริยาในการกระโดดท่า assemble ของการเต้นบัลเล่ต์ เปรียบเทียบแรงกับ 2 ชนิดรองเท้า คือรองเท้าแบบหัวนิ่ม และรองเท้าแบบหัวแข็ง โดยทำการทดลองในนักเต้นบัลเล่ต์เพศหญิง 18 คนที่มีสุขภาพดีไม่มีประวัติการบาดเจ็บ โดยนักบัลเล่ต์นั้นเป็นผู้ที่อยู่โปรแกรมการเต้นบัลเล่ต์เดียวกัน มีจำนวนชั่วโมงกิจกรรมในการ

ฝึกซ้อมบัลเล่ต์ที่คล้ายคลึงกัน โดยจะให้กระโดดท่า assemble ลงบนแผ่นวัดแรง กระโดดอย่างเต็มประสิทธิภาพ จะวัดแรงจากรองเท้าแบบหัวนิ่มและรองเท้าแบบหัวแข็ง โดยมีการสุ่มเลือกใช้รองเท้าก่อน-หลัง จะแบ่งนักบัลเล่ต์เป็น 2 ส่วน ครึ่งแรกจะใส่รองเท้าแบบหัวนิ่มก่อน ส่วนครึ่งหลังจะให้ใส่รองเท้าแบบหัวแข็งก่อน ในการวัดแรงจะวัดจากการที่เท้าทั้ง 2 ข้างสัมผัสบนแผ่นวัดแรงหลังจากการกระโดดอย่างสมบรูณ์ด้วยท่าลงที่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง (fifth position) ค้างไว้ 2 วินาทีแล้วจึงเดินออกจากแผ่นวัดแรง นอกเหนือจากการวัดนี้หากนักบัลเล่ต์ลงพื้นด้วยเท้าอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องสูญเสียการทรงตัว หรือกระโดดไม่ได้อย่างเต็มความสามารถ ผลของการกระโดดครั้งนั้นจะไม่นับเป็นค่าที่ใช้ได้ ในขณะที่ทำการทดลองจะมีการวัดความสูงของการกระโดดไปพร้อมกันโดยจะให้นักบัลเล่ต์ใส่สายยางคาดเอวไว้ในขณะกระโดด บันทึกความสูงด้วยกล้องวีดิโอ จากผลการทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงปฏิกิริยาสูงสุดเปรียบเทียบกันระหว่างรองเท้าแบบหัวนิ่มกับรองเท้าแบบหัวแข็งที่ $t = 3.35$, $p = .003$ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแรงปฏิกิริยาสูงสุดของการกระโดด assemble นั้นจะพบมากเมื่อใส่รองเท้าแบบหัวนิ่มที่แรง 1742.9 ± 252.6 นิวตัน ซึ่งมากกว่าเมื่อใส่รองเท้าแบบหัวแข็งที่แรง 1612.7 ± 261.5 นิวตัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความสูงของการกระโดดของการใส่รองเท้าแบบหัวนิ่มและรองเท้าแบบหัวแข็ง จากผลการศึกษาพบว่าการใส่รองเท้าต่างชนิดกันมีผลที่จะเพิ่มแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อร่างกาย

ในอีกงานวิจัยของ Abbigail lynn fietzer และคณะ(2012)[9] ได้ศึกษาแรงปฏิกิริยาจากพื้นกระทำต่อร่างกายขณะลงสู่พื้นจากการกระโดดท่า saut de chat เปรียบเทียบระหว่างนักเต้นที่มีการบาดเจ็บที่เอ็นหัวเข่า และนักเต้นสุขภาพดีไม่มีการบาดเจ็บใดๆ โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักเต้นบัลเล่ต์ แจส ฮิปฮอป และโมเดิร์น จำนวน 18 คน เป็นผู้ที่มีการบาดเจ็บที่เอ็นหัวเข่า 6 คน เป็นเพศหญิง 3 คน และเป็นเพศชาย 3 คน ส่วนนักเต้นที่สุขภาพดี 12 คน เป็นเพศหญิง 6 คน เป็นเพศชาย 6 คน จะเป็นผู้ที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่หลังและรยางค์ล่าง จะทำการวิจัยโดยการให้กระโดดท่า saut de chat ลงบนแผ่นวัดแรง 8 ครั้ง โดยไม่สวมรองเท้า จะให้นักเต้นวิ่ง 2-3 ก้าวแล้วจึงกระโดดเมื่อลงสู่พื้นแล้วให้ก้าวออกจากแผ่นวัดแรง โดยในการกระโดดจะให้นักเต้นเลือกขาข้างที่ถนัด และทำการกระโดดอย่างเต็มประสิทธิภาพ ผลการทดลองพบว่า ในนักเต้นที่มีการบาดเจ็บเอ็นเข่านั้นมีแรงปฏิกิริยาสูงสุดมากกว่านักเต้นที่สุขภาพดีเป็น 36% ที่ $p < 0.001$ คิดเป็นค่ากลาง (standard deviation) ของนักเต้นที่มีการบาดเจ็บเอ็นเข่า 5.95 นักเต้นที่สุขภาพดี 4.37 และในนักเต้นที่มีการบาดเจ็บเอ็นเข่าพบแรงปฏิกิริยาขณะหยุดการเคลื่อนไหวขณะเท้าลงสู่พื้นมากกว่าเป็น 82% เปรียบเทียบกับในนักเต้นที่สุขภาพดีที่ $p = 0.04$ คิดเป็นค่ากลางในนักเต้นที่มีการบาดเจ็บเอ็นเข่า 0.62 และในนักเต้นที่มีสุขภาพดี 0.34 กล่าวได้ว่าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของของแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อร่างกายในนักเต้นที่มีการบาดเจ็บของเอ็นเข่า โดยมีแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งที่กระทำต่อร่างกายของนักเต้นที่มีสุขภาพดีที่มีขนาด 4.37 เท่าต่อน้ำหนักตัว และในนักเต้นที่มีการบาดเจ็บเอ็นเข่า 5.95 เท่าต่อน้ำหนักตัว

Andreja Paley Picon และคณะ (2000)[10]ได้ทำการศึกษาผลของรองเท้าสำหรับเต้น (ลักษณะคล้ายรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม) เปรียบเทียบกับรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งจากการกระโดดท่า Sautes เป็นท่ากระโดดในเบสิกบัลเล่ต์ โดยกระโดดขึ้นตรงและลงสู่พื้นด้วยเท้าทั้ง 2 ข้างโดยศึกษาพร้อมกับการใช้เพลงประกอบในจังหวะที่ต่างกัน ทำการศึกษาในนักบัลเล่ต์หญิง 6 คน กระโดด

ท่า sautes อย่างน้อย 90 ครั้งในเพลงประกอบ 1 จังหวะ โดยจะมีเพลงประกอบ 2 จังหวะเพลง 2/4 และจังหวะเพลง 6/8 ในรองเท้าทั้ง 2 ประเภทจะทำการทดลองทั้ง 2 จังหวะเช่นเดียวกัน พบว่าแรงปฏิกิริยาในรองเท้าแบบหัวแข็งในเพลงประกอบจังหวะ 2/4 และ 6/8 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3,89 ± 0,75 และ 2,89 ± 0,95 และในร้องเท้าสำหรับเต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3,60 ± 0,70 และ 2,80 ± 0,82 จากการศึกษาพบไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเท้าทั้ง 2 ประเภท และจังหวะของเพลงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีผลต่อการเกิดแรงที่มากขึ้น

Andreza P.Picon (2000)[11] ได้ทำการศึกษาแรงปฏิกิริยา และกลศาสตร์ในรยางค์ล่างจากการกระโดดในนักบัลเล่ต์ โดยนำนักบัลเล่ต์หญิง 1 คน มาทำการศึกษาใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง โดยทำการกระโดดท่ากรองเจตเต้ 15 ครั้ง ท่า Sautes ในท่ายืนตำแหน่งเฟิรส์ (first position) 15 ครั้ง และในท่ายืนตำแหน่งฟิฟ (fifth position) 3 ครั้งลงบนแผ่นวัดแรง พบว่าแรงปฏิกิริยาในท่ากรองเจตเต้มีค่ามัธยฐานที่ 4.52 ± 0.15 ท่า Sautes ท่ายืนตำแหน่งเฟิส 5.26 ± 0.41 ในท่ายืนตำแหน่งฟิฟ 4.60 ± 0.22 กล่าวว่าช่วงที่มีแรงสูงสุดจะเป็นช่วงที่ขณะข้อเท้าและข้อเข่าเหยียดออก และทำการศึกษาแรงกดที่เท้าในท่ายืนโดยสวมใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง โดยใช้เครื่องมือ F-Scan insoles พบว่าแรงกดในช่วงหัวแม่เท้าข้างขวาและข้างซ้ายมีค่า 206.6 ± 44.2, 306.2 ± 71.1 ช่วงด้านหน้าเท้า 150.8 ± 7.3, 177.3 ± 42.9 ช่วงกลางเท้า 60.3 ± 34.9, 61.0 ± 10.5 และช่วงส้นเท้า 49.5 ± 10.7, 43.8 ± 11.1 โดยสรุปว่าการใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งไม่ได้เพิ่มแรงกระทำที่มากขึ้น แต่หัวแม่โป้งช่วงเท้าด้านหน้าจะเป็นช่วงที่รับแรงกดมากที่สุด

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการบาดเจ็บของนักเต้น

Charlotte Leanderson และคณะ (2011)[1] ได้ศึกษาอุบัติการณ์เกิดการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ ชนิดของการบาดเจ็บ และ การบาดเจ็บที่เกิดขึ้นมากที่สุดในนักบัลเล่ต์อายุน้อย โดยจะสำรวจการบาดเจ็บจากนักเรียนบัลเล่ต์ที่โรงเรียนสอนบัลเล่ต์ของสวีเดนแห่งหนึ่งที่เมืองสตอกโฮม โดยเริ่มสำรวจจากนักเรียนที่เริ่มเข้ามาเรียนในโรงเรียนแล้วอย่างน้อย 1 ปี เรียนอยู่ขั้นต่ำสุดเกรด 4 รวมนักเรียนที่อยู่ในงานวิจัยทั้งหมด 476 คน เป็นเพศหญิง 297 คน เพศชาย 179 คน ชั่วโมงกิจกรรมของนักเรียนจะมีการฝึกซ้อมตามเกรดที่นักเรียนคนนั้นประจำอยู่ จะมีความนานหรือชั่วโมงในการฝึกซ้อมตามเกรดที่สูงขึ้นชั่วโมงการฝึกซ้อมก็จะมากขึ้นไปด้วย จะทำวิจัยโดยการสำรวจและบันทึกการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของนักเต้นตลอดการเรียนของนักเรียนจนกว่าจะจบการศึกษา ใช้เวลาในการสำรวจ 7 ปี และทุกๆปีจะมีนักเรียนใหม่เข้าร่วมงานวิจัยเพิ่มขึ้น นักเรียนที่มีการบาดเจ็บจะได้รับการรักษาในศูนย์กระดูกและข้อในโรงพยาบาลเดียวกันและจะถูกบันทึกเป็นข้อมูลการบาดเจ็บที่จะนำมาวิเคราะห์ผล การบาดเจ็บจะถูกบันทึกไว้เป็น 2 ประเภทเป็นการบาดเจ็บฉับพลัน และการบาดเจ็บแบบการใช้งานเกินหรือเรื้อรัง จากการสำรวจพบว่ามีนักเรียนเพศชายและหญิง 210 คน คิดเป็น 44% จากนักเต้นทั้งหมด 476 คนที่มีการเจ็บปวดจากการบาดเจ็บ ประกอบไปด้วยการบาดเจ็บแบบฉับพลัน 101 การบาดเจ็บ และการบาดเจ็บแบบเรื้อรัง 337 การบาดเจ็บ มีค่ากลางของช่วงอายุที่พบการบาดเจ็บอยู่ที่ 14.5 ปี การบาดเจ็บเกิดมากที่สุดที่เท้าและช่วงรยางค์ล่างอยู่ที่ $p < 0.05$ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศชายกับเพศหญิง และการ

บาดเจ็บแบบฉับพลันกับการบาดเจ็บแบบเรื้อรัง พบการบาดเจ็บแบบเรื้อรังที่ช่วงขาและสะโพกของเพศหญิงมากกว่าเพศชายที่ p = 0.01 การบาดเจ็บแบบฉับพลันมีการพบมากที่สุดคือข้อเท้าแพลง เป็นเพศหญิง 31 คน คิดเป็น 7.1% และในเพศชาย 19 คน คิดเป็น 4.4% ส่วนการบาดเจ็บแบบเรื้อรังพบมากที่สุดในการแบบเจ็บ tendinosis pedis เป็นเพศหญิง 37 คนคิดเป็น 8.5% และในเพศชาย 19 คน คิดเป็น 4.4% พบการแตกหักที่กระดูก metatarsal การบาดเจ็บที่เนื้อเยื่อพบมากที่ peroneal tendons และที่ flexor hallucis longus และจากงานสำรวจกล่าวได้ว่าอุบัติการณ์เกิดการบาดเจ็บพบ 0.8 ต่อ 1000 ชั่วโมงกิจกรรมของทั้งเพศชายและเพศหญิง เมื่ออายุมากขึ้นชั่วโมงกิจกรรมมากขึ้น อุบัติการณ์บาดเจ็บก็จะมากขึ้นตามไปด้วย และการบาดเจ็บทั้งหมดจะเป็นจะบาดเจ็บที่รยางค์ล่างคิดได้เป็น 76% ของการบาดเจ็บทั้งหมด

Fernanda assensoares campoy(2011)[12] และคณะได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลถึงความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บอันได้แก่สัดส่วน ลักษณะกายวิภาคเฉพาะของร่างกาย และการฝึกซ้อม โดยจะทำการสำรวจแบบสอบถามถึงการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นย้อนกลับไปภายใน 12 เดือน และโดยการสัมภาษณ์ ซึ่งการบาดเจ็บจะเป็นลักษณะการเจ็บปวด บาดเจ็บที่กระดูกและกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการฝึกซ้อมและการแข่งขัน ผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่เป็นนักเต้นทั้งหมด 500 คน เป็นเพศหญิง 409 คน และเป็นเพศชาย 91 คน ที่นำมาจาก Dance festival of joinville ครั้งที่ 26 ที่ประเทศบราซิล จำนวนในการทำการสำรวจทั้งหมดใช้เวลา 1 ปี เป็นนักเต้นบัลเล่ต์คลาสสิก 258 คน แจส คอนเทมโพลารี่ 115 คน แท็ปและโฟค 50 คน และสตรีทแดนซ์ 77 คน จากการสำรวจพบว่าในการบาดเจ็บเกิดขึ้นทั้งหมด 627 การบาดเจ็บ รวมเป็นนักเต้นที่ได้รับการบาดเจ็บทั้งหมด 377 คน การบาดเจ็บในนักบัลเล่ต์ พบว่าเป็นผู้ที่มีส่วนสูงมาก และมีจำนวนชั่วโมงในการฝึกซ้อมมาก และพบการบาดเจ็บที่ ข้อเท้า ข้อเข่า และช่วงขามาก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกันช่วงรยางค์บน โดยการบาดเจ็บที่รยางค์ล่างของนักเต้นบัลเล่ต์นั้นมากกว่าสตรีทแดนซ์ที่ $p < 0.05$ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บอันได้แก่ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง นอกเหนือไปกว่านั้นนักเต้นประสบการณ์ในการเต้นมากก็จะมีความเสี่ยงในการบาดเจ็บมากเช่นกัน

ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บต่อช่วงรยางค์ล่าง[12-15]

- การฝึกซ้อมการเต้นบัลเล่ต์ โดยในการฝึกซ้อมท่าเต้น เช่นท่ากระโดดของบัลเล่ต์ อย่างต่อเนื่อง มีระยะเวลานานช่วงเวลาในการฝึกซ้อมที่มีระยะเวลานาน
- การพักการใช้งานของร่างกายที่ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการคืนสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของกล้ามเนื้อเพื่อใช้งานในครั้งต่อไป
- พื้นในสตูดิโอที่มีความแตกต่างกัน เช่นพื้นไม้ พื้นกระเบื้องยาง
- มวลร่างกายที่แตกต่างกันโดยมวลที่มากจะส่งผลต่อแรงปฏิกิริยาจากการกระโดดที่มากกว่ามวลร่างกายที่น้อย

- รองเท้าที่นักบัลเล่ต์ใช้สวมใส่ขณะฝึกซ้อม อาทิเช่น รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม และรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง ก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกายจากการเต้นบัลเล่ต์แตกต่างกัน
- แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อร่างกายจากการเต้นบัลเล่ต์ อาทิเช่น แรงปฏิกิริยาจากการกระโดด แรงปฏิกิริยาจากการยืนบนปลายเท้า (En point)
- การไม่ได้รับการรักษาหรือไม่ให้ความเต็มใจที่จะได้รับการรักษาเมื่อได้รับการบาดเจ็บ นักบัลเล่ต์ส่วนมากเมื่อได้รับการบาดเจ็บมักจะไม่เข้ารับการรักษา เนื่องมาจากความกลัวที่จะสูญเสียตำแหน่งในการเต้นบัลเล่ต์

การบาดเจ็บที่ช่วงรยางค์ล่างนั้นการบาดเจ็บที่พบได้บ่อยตามลำดับดังนี้ เท้าและข้อเท้า,ข้อเข่า และข้อสะโพก[1] เนื่องจากการกระโดดนั้นมีส่วนทำให้เกิดการรับแรงปฏิกิริยาจากพื้นส่งผ่านสู่ร่างกายเป็นลำดับขั้น ในการกระโดดของการเต้นรำอื่นๆ สามารถสร้างแรงที่กระทำต่อช่วงรยางค์ล่างได้ถึง 14 เท่าต่อน้ำหนักตัว กล่าวได้ว่าการลงสู่พื้นจาการกระโดดในการเต้นบัลเล่ต์นั้น ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บต่อช่วงรยางค์ล่าง และส่งผลต่อข้อต่อต่างๆของร่างกาย

ปัจจัยที่มีผลต่อแรง

สิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จะทำให้แรงมีค่าเปลี่ยนไป ไม่คงที่ เกิดการแปรปรวน ซึ่งในแต่ละบุคคลก็จะมีผลแตกต่างกันไปตามปัจจัยแต่ละอย่าง และในแต่ละบุคคลจะสร้างการเปลี่ยนแปลงของแต่ละปัจจัยแตกต่างกันออกไป

ปัจจัยภายใน

- การควบคุมกล้ามเนื้อของนักบัลเล่ต์ขณะกระโดดและลงสู่พื้น เช่นในนักบัลเล่ต์ที่มีประสบการณ์ที่มาก ร่างกายจะมีการเรียนรู้ให้เกิดการควบคุมกล้ามเนื้อที่ช่วยรองรับการกระแทกได้ดีกว่าผู้ที่มีประสบการณ์น้อย
- เทคนิคการลงสู่พื้นจากการกระโดดที่ไม่ถูกต้อง การวางเท้าขณะลงสู่พื้นที่ผิดพลาดทำให้ค่าของแรงปฏิกิริยาเปลี่ยนไป
- การบาดเจ็บและการล้าที่สะสมอยู่ในนักบัลเล่ต์ จะส่งผลให้แรงปฏิกิริยามากกว่านักเต้นที่สุขภาพดี
- ความสูงของการกระโดดที่มากและน้อยส่งผลต่อปริมาณแรงที่แตกต่างกัน
- น้ำหนักตัวที่มากจะส่งผลต่อแรงปฏิกิริยาที่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่มีน้ำหนักตัวน้อย

ปัจจัยภายนอก

- เสื้อผ้าที่สวมใส่ของนักบัลเล่ต์ที่ไม่มีความคล่องตัว ส่งผลให้เกิดการเต้นที่ไม่มีประสิทธิภาพนำไปสู่เทคนิคการเต้น การกระโดด การลงสู่พื้นที่ผิดพลาด
- สภาพแวดล้อม เช่น สภาพพื้นผิวของพื้นในสตูดิโอที่ใช้ในการฝึกซ้อม ส่งผลให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน

- รองเท้าบัลเล่ต์ที่ใช้ในการฝึกซ้อมทั้ง 2 ประเภทจะส่งผลให้แรงปฏิกิริยามีปริมาณมาก-น้อยแตกต่างกัน

รองเท้าบัลเล่ต์

รองเท้าที่นักบัลเล่ต์ใช้บ่อยในการฝึกซ้อมจะมีอยู่ 2 ประเภทหลัก คือ รองเท้าแบบหัวนิ่ม (soft shoes) และรองเท้าหัวแข็ง (point shoes) ในการเรียนของแต่ละเกรดจะใช้รองเท้าแบบหัวนิ่มเป็นหลัก รองเท้าแบบหัวแข็งจะเริ่มใช้เมื่อนักบัลเล่ต์เริ่มขึ้นสู่ชั้นเรียนสายอาชีพ

รองเท้าแบบหัวนิ่ม (soft shoes)

รองเท้าแบบหัวนิ่มทำด้วยผ้า แคนวาส(canvas) ซาติน(satin) หรือ หนังสัตว์ชนิดนิ่ม ไม่มีแผ่นรองสำหรับดามทรงรองเท้าเพื่อสำหรับรองรับลักษณะโค้งของรูปเท้า มีสายยางยืดคาดสำหรับป้องกับรองเท้าหลุดออกขณะใช้งาน

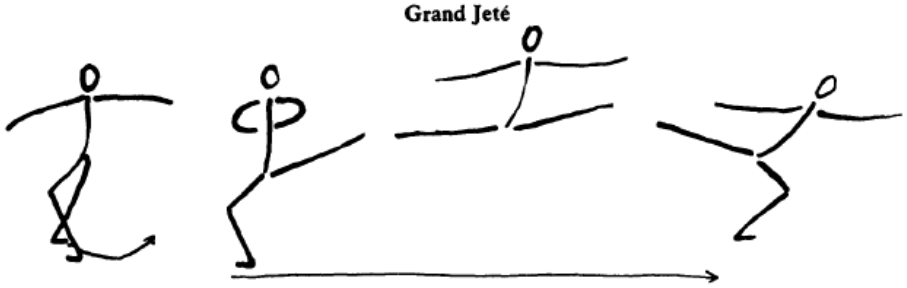
รูปที่ 2.12 รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม
(http://www.planetdancedirect.co.uk/Bloch/)

รองเท้าแบบหัวแข็ง (point shoes)

วัสดุภายนอกของรองเท้าแบบหัวแข็งจะใช้ผ้าซาติน เป็นหลัก ส่วนน้อยจะเป็นผ้าแคนวาส ส่วนหัวของรองเท้าจะเป็นเป็นกล่องโดยใช้วัสดุจากกระดาษ พลาสติก ยาง ผสมรวมกันด้วยกาว ทำให้แข็งตัวเพื่อสำหรับสามารถยืนบนปลายเท้า ส่วนพื้นรองรองเท้าที่ใช้สำหรับเป็นส่วนรองรับลักษณะการโค้งของรูปเท้านั้นทำด้วย หนังและกระดาษแข็ง[12,14]

รูปที่ 2.13 รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง
(http://www.cinnamontreeva.com/danceshoesaccessory.htm)

ท่ากระโดด Grand jete



รูปที่ 2.14 ท่ากระโดดกรองเจตเต้

เป็นท่ากระโดดที่ใช้ในการเต้น classical ballet พบได้บ่อยในการฝึกซ้อมและการเรียนในลำดับขั้นต่างๆ ทั้งสายสามัญและสายอาชีพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการฝึกซ้อมก่อนการแสดง ในการแสดง การฝึกซ้อมการกระโดดเพื่อความสวยงาม และฝึกเทคนิคการกระโดดและลงสู่พื้นที่ถูกต้อง ในการเต้น classical ballet นั้น การใช้ท่ากระโดด grande jete มากกว่า sauts de chat ที่ทำได้ง่ายกว่านั้น เนื่องมาจากความสวยงาม และความยากในการรับชมสำหรับการแสดง และเป็นท่าที่บังคับใช้ในการสอบของแต่ละลำดับขั้น

การกระโดดท่ากรองเจตเต้นั้นแบ่งออกเป็น 4 ช่วง M. Kaliachova (2011)[16]

1. ช่วงเตรียมพร้อมการกระโดด(Preparation) เป็นช่วงแรกสำหรับการกระโดดท่ากรองเจตเต้ โดยนักบัลเล่ต์จะมีการเร่งความเร็วในแนวราบโดยการวิ่ง เพื่อให้สามารถมีแรงส่งในช่วงถีบตัว
2. ช่วงกระโดด (Take-off) เป็นช่วงที่มีการถีบตัวเพื่อการลอยสู่กลางอากาศโดยขาข้างที่ไม่ได้เป็นขานำหรือขาข้างที่เหยียดไปด้านหน้า หรือขาข้างที่ไม่ถนัดจะเป็นข้างที่ใช้ในการถีบตัวและขาหน้าถนัดจะมีการแตะขึ้นไปด้านหน้า
3. ช่วงลอยตัวกลางอากาศ (Flight) เป็นช่วงที่มีการเหยียดขาทั้ง 2 ข้าง โดยขาข้างที่ถนัดจะเหยียดตรงไปทางด้านหน้า ส่วนขาอีกข้างจะเหยียดไปทางด้านหลัง โดยตำแหน่งของขาทั้ง 2 ข้าง จะมีการตั้งฉากกับลำตัว แขนข้างที่ตรงข้ามกับขาข้างที่ถนัดจะเหยียดไปทางด้านหน้า ส่วนแขนอีกข้างไปทางด้านหลัง โดยแขนทั้ง 2 ข้างจะอยู่ในระนาบเดียวกัน [12]
4. ช่วงลงสู่พื้น (Landing) เป็นช่วงสุดท้ายของท่ากระโดดกรองเจตเต้ เป็นช่วงที่ขาข้างถนัดที่เหยียดไปด้านหน้าจะลงสู่พื้นด้วยขาข้างเดียว

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระโดด

Thomas และคณะ(2002)[17] ได้ทำการวิเคราะห์การรับแรงในช่วงรยางค์ล่าง โดยใช้นักบัลเล่ต์ 2 คน ทำการกระโดดท่ากรองเจตเต้ ทำการกระโดด 5 ครั้งลงบนแผ่นวัดแรงและมีการวิเคราะห์ inverse dynamic โดยแรงปฏิกิริยาที่ได้ในนักบัลเล่ต์ทั้ง 2 คนแตกต่างกันเนื่องจากนักบัลเล่ต์มีน้ำหนักตัวที่ต่างกัน (53.4 kg. และ 62.3 kg) โดยแรงสูงสุดนั้นมีค่า 2790±404 N และ 1954±130 N มีแรงเท่ากับ 4.5 และ 3.6 เท่าต่อน้ำหนักตัว การวิเคราะห์การลงสู่พื้นของท่ากระโดดกรองเจตเต้นั้นพบว่า ในสะโพกขณะเมื่อเท้าสัมผัสพื้นเกิดการงอตัวของข้อสะโพกซึ่งกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอตัวนั้นสร้างแรงมากถึง 300 N.m และเกิดกำลังสูงสุด 700 Watts การวิเคราะห์ในเข่าขณะเท้าสัมผัสพื้นข้อเข่ามีการเหยียดตรงในช่วง 0.4 วินาทีแรก มีแรงมากถึง 275 N.m และเกิดกำลังในเข่า 1000 Watts และในเท้าเกิดแรงเล็กน้อยในกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอเท้าที่ 100 N.m และเกิดกำลัง 1000 Watts.

Margaret Wilson (2009)[18] ได้ศึกษากลศาสตร์ของท่ากระโดดในการเต้นต่างๆโดยได้กล่าวถึงท่ากระโดดกรองเจตเต้ว่า ขณะลงสู่พื้นนั้นจะมีแรงกระทำในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น โดยแรงนั้นจะเกิดขึ้นระหว่างช่วงขาด้านบนกับด้านล่างในทิศทางที่แตกต่างกัน และจะพบแรงที่เกิดขึ้นมากในกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อในหัวเข่า กล้ามเนื้อกลุ่ม Quadriceps เกิดการทำงานเพื่อให้ร่างกายมีการลดความเร็วลงเพื่อหยุด โดยจะเกิดแรงเฉือนในข้อเท้าและข้อเข่า จะพบแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อในหัวเข่ามาก กล้ามเนื้อกลุ่ม Quadricepsเมื่อมีการใช้งานมากเกินไปเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ Hamstring จะทำให้เกิดเทคนิคการลงสู่พื้นที่ผิดพลาด เกิดแรงที่ไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย ดังนั้นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hamstring จะช่วยให้ชะลอการเกิดการใช้การเกินของกล้ามเนื้อกลุ่ม Quadriceps และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดได้ดีขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่านักเต้นในประเภทต่างๆและนักเต้นบัลเล่ต์นั้นพบการบาดเจ็บที่ช่วงรยางค์ส่วนล่างเป็นอันดับแรกของการบาดเจ็บในนักเต้น และผู้ที่มีการบาดเจ็บที่ส่วนรยางค์ล่างจะก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากพื้นขณะลงสู่พื้นจากการกระโดดมากกว่าผู้ที่ไม่มีการบาดเจ็บ และเนื่องด้วยการมีชั่วโมงกิจกรรมที่มากขึ้นของการฝึกซ้อมจากอายุ และลำดับขั้นที่มากขึ้นก็จะมีอุบัติการณ์เกิดการบาดเจ็บที่มากขึ้นตามไปด้วย ผู้ทำการวิจัยจึงสนใจศึกษาแรงปฏิกิริยาจากพื้นของการกระโดดท่ากรองเจตเต้ ที่มีการใช้บ่อยครั้งและพบมากในการเต้นบัลเล่ต์ เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาจากพื้นของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและรองเท้าแบบหัวแข็ง โดยทำการวัดแรงปฏิกิริยาของรองเท้าทั้ง 2 ประเภทนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อนำผลที่ได้นำไปเลือกและปรับใช้รองเท้าในการฝึกซ้อมเป็นประโยชน์ต่อนักบัลเล่ต์ในแต่ละบุคคลต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาแรงปฏิกิริยาจากการลงพื้นของการกระโดดท่ากรองเจตเต้เปรียบในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม และแบบหัวแข็งนั้น เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental design) แบบ Cross-over design

ประชากร

ประชากรเป้าหมาย (Target population) คือ นักบัลเล่ต์หญิงที่มีช่วงอายุระหว่าง 18 – 25 ปี

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (Study population) คือ นักบัลเล่ต์หญิง ที่มีช่วงอายุระหว่าง 18 – 25 ปีไปที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก

เกณฑ์การคัดการเข้าร่วมงานวิจัย (Inclusion criteria)

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักบัลเล่ต์เพศหญิงผู้มีประสบการณ์การเต้นบัลเล่ต์อย่างน้อย 1 ลำดับขั้น (6-12 เดือน) ที่มีช่วงอายุระหว่าง 18 – 25 ปี
2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมี BMI อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือระหว่าง 20 – 24.9 kg/m²
3. ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความสมัครใจยินยอมในการทำการทดลองและลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย
4. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงที่ต้องได้รับการผ่าตัดที่สะโพกและช่วงรยางค์ล่าง

เกณฑ์ในการคัดออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. อยู่ในสภาวะเจ็บป่วยหรือบาดเจ็บ ที่เป็นอุปสรรคต่อการทดลอง
2. มีประวัติการอักเสบ บาดเจ็บแบบเรื้อรังของเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อของสะโพกและช่วงรยางค์ล่างภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มประชากรตัวอย่าง มาจากงานวิจัยของ Heather L. และคณะ ในปี 2011 โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเรื่องแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่เกิดขึ้นในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็ง ในการกระโดดอะซอมเบล่ (Asemmble jump) โดยท่ากระโดดอะซอมเบล่เป็นท่า

กระโดดที่มีการเตะขาข้างหนึ่งขึ้น จากนั้นขาอีกข้างหนึ่งจะทำการถีบพื้นเพื่อส่งแรงให้เข้าสู่การกระโดด เป็นการกระโดดที่มีการใช้บ่อยครั้ง พบอยู่ในเกือบทุกลำดับขึ้นของการเรียนบัลเล่ต์ เช่นเดียวกันกับท่ากระโดดกรองเจตเต้ และเป็นท่าหนึ่งที่มักมีการใช้กระโดดต่อเนื่องก่อนเข้าสู่การกระโดดท่ากรองเจตเต้ พบว่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงสุดในรองเท้าแบบหัวนิ่มอยู่ที่ 1742.9 ± 252.6 นิวตัน และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในรองเท้าแบบหัวแข็งอยู่ที่ 1612.7 ±261.5 นิวตัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาคำนวณจำนวนประชากรตัวอย่างได้จาก

สูตร $n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \times \sigma^2}{d^2}$

โดย n หมายถึง จำนวนประชากรที่ศึกษา

Zหมายถึง ค่าคงที่ตาม alpha error, beta error

σหมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากงานทดลอง

โดย σ_1หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรองเท้าแบบหัวนิ่มคือ 252.6

σ_2หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรองเท้าแบบหัวแข็งคือ 261.5

r หมายถึง ค่า correlation coefficient จากงานวิจัยไม่ได้ระบุไว้ผู้ทำวิจัยจึงแทนค่าเป็น 0

จากสูตร $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r\sigma_1\sigma_2$

$= 252.6^2 + 261.5^2$

$\sigma^2 = 132189.01$

$\sigma = 363.58$

d หมายถึง ความต่างโดยเฉลี่ยของค่าที่ได้จากงานทดลอง

แทนค่า $n = \frac{(1.96+0.84)^2 \times 363.58^2}{130.2^2}$

$= 61.135$

เพราะฉะนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการใช้ประชากรที่จะศึกษารวมทั้งสิ้น 62 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการเลือกโดยการสุ่มตัวอย่าง โดยใช้ Convenience sampling

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกข้อมูลและแบบสอบถาม
2. แผ่นวัดแรง (Bertec force plate รุ่น FP4060-08)

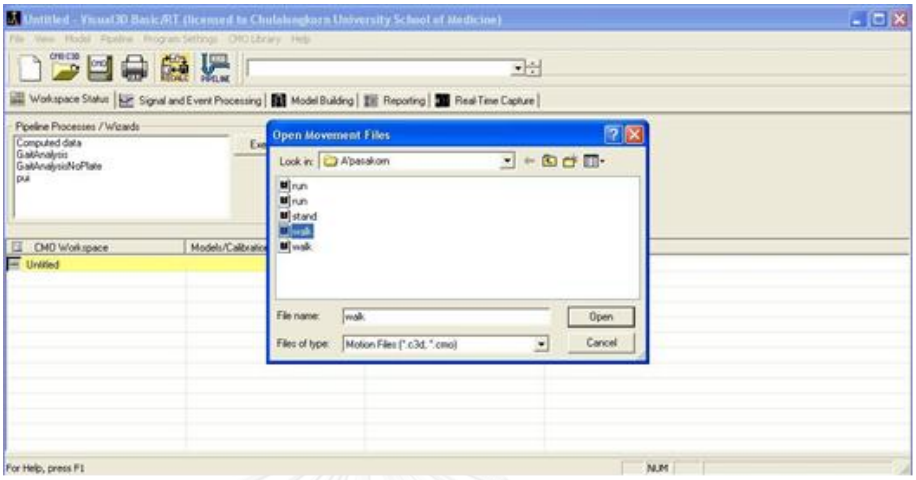
รูปที่ 3.1 แผ่นวัดแรง

3. กล้อง Qualysis camera oqus รุ่น-5series : Marker capture frequency 120Hz จำนวน 6 ตัว โดยใช้ความเร็วในการบันทึกภาพ 500 ภาพต่อวินาที

รูปที่ 3.2 กล้อง Qualysis camera

4. ตัวติดบอกตำแหน่ง (Reflexion marker)

5. โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualysis motion capture system และ Visaul-3D basic /RT ver.3.99.25.6



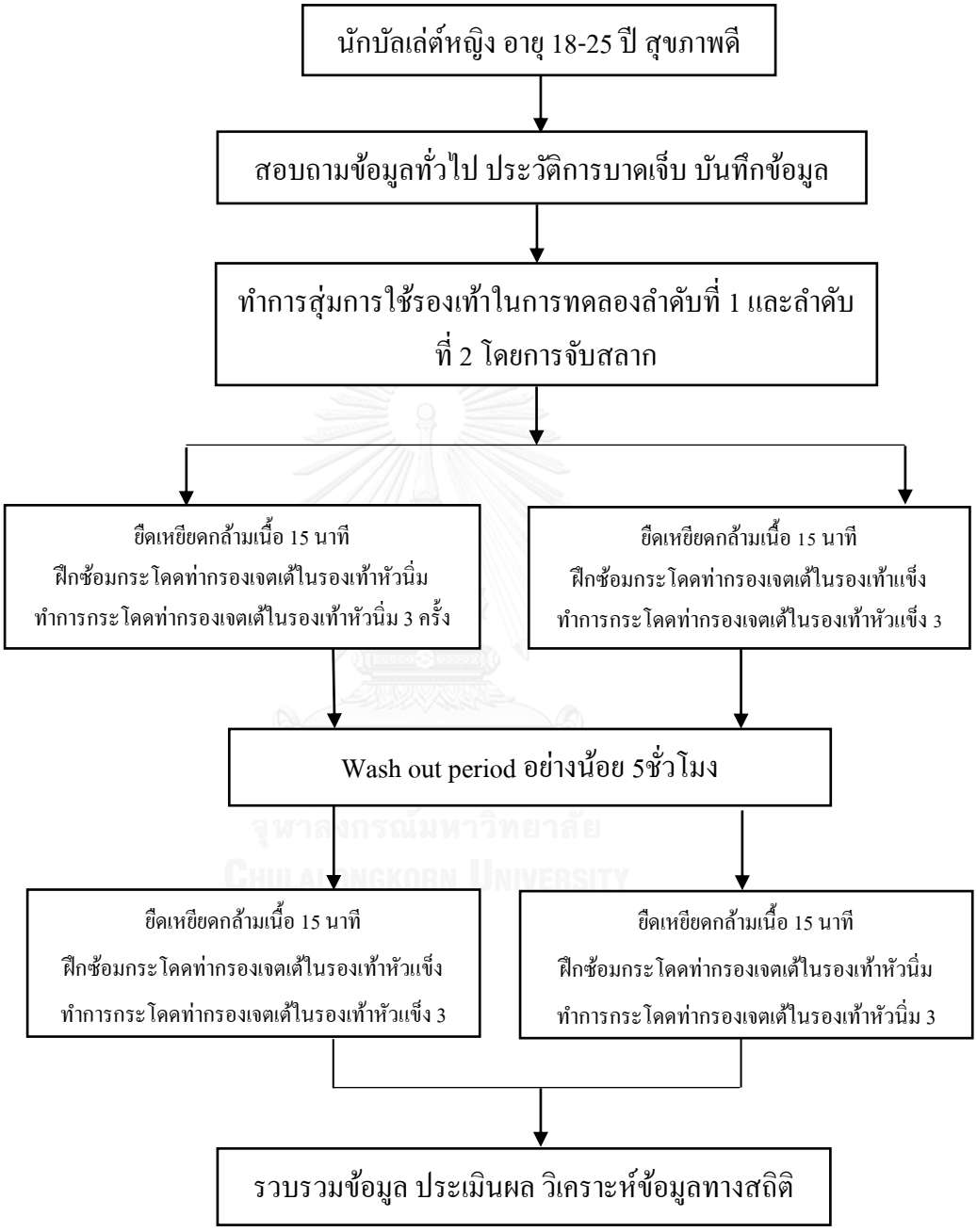
รูปที่ 3.3 โปรแกรม visual-3D

6. รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม (Ballet soft shoes) และแบบหัวแข็ง (Ballet point shoes)

7. ใบบันทึกผล

รูปที่ 3.4 ห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินงานวิจัย



ขั้นตอนการทดสอบ

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจะได้รับทราบข้อมูล จุดประสงค์ของงานวิจัยให้ทราบอย่างละเอียด ผู้เข้าร่วมงานวิจัยสามารถซักถามข้อมูลจากผู้ทำวิจัยได้ทุกเมื่อ และบันทึกข้อมูลเบื้องต้น

2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีการลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการขอความยินยอม ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำการทดลอง วิธีการทดลองและการประเมินผล ทำความเข้าใจเบื้องต้นกับเครื่องมือ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องใช้รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม และรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งของตนเองและสวมชุดที่ใช้ฝึกซ้อมเป็นประจำ

4. ทำการสุ่มการเลือกใช้รองเท้าในการทดลองก่อน-หลังโดยการจับฉลากโดยผู้ทำวิจัยจะทำการจับสลากเลือกลำดับการใช้รองเท้าให้แก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยก่อนเริ่มทำการทดลอง

ตัวอย่างสลาก

Ballet's soft shoes รองเท้าบัลเล่ต์หัวนิ่ม	Ballet's point shoes รองเท้าบัลเล่ต์หัวแข็ง

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยลำดับใดๆที่ได้สลากที่ระบุชื่อรองเท้าหัวนิ่ม จะเริ่มทำการทดลองการกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวนิ่มเป็นลำดับแรก จากนั้นจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการพักเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงและจะเริ่มทำการทดลองกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวแข็งเป็นลำดับที่สอง
- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยลำดับใดๆที่ได้สลากที่ระบุชื่อรองเท้าแข็ง จะเริ่มทำการทดลองการกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวแข็งเป็นลำดับแรก จากนั้นจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการพักเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงและจะเริ่มทำการทดลองกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวนิ่มเป็นลำดับที่สอง

5. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกายก่อนการทดสอบ 10 นาที

1. Lower back straight ทำการนั่งเหยียดขาตรงทั้ง 2 ข้างเหยียดปลายเท้าสุด (Plantar flexion) แล้วจึงโน้มลำตัวลงมือสัมผัสปลายเท้า โดยจะไม่มีการงอเข่าทั้ง 2 ข้าง ข้างไว้ 10 วินาที

2. Center split straight โดยการกางขาออกทั้ง 2 ข้างให้เต็มประสิทธิภาพของผู้เข้าร่วมงานวิจัย เหยียดปลายเท้า (Plantar flexion) และหมุนปลายเท้าออก (Turn out) ให้สุดพร้อมโน้มตัวลงมาด้านหน้า โดยไม่มีการงอเข่า ค้างไว้ 10 วินาที

3. Front-back split แยกขาหน้า-หลัง โดยเริ่มจากขาข้างขวาอยู่ด้านหน้า เหยียดเข่าแปลายเท้าตรงสุด พร้อมโน้มลำตัวลงด้านหน้าให้ศีรษะสัมผัสปลายเท้า ค้างไว้ 10 วินาที แล้วจึงเปลี่ยนข้างเป็นขาข้างซ้ายอยู่ด้านหน้าเหยียดเข่าแปลายเท้าตรงสุด พร้อมโน้มลำตัวลงด้านหน้าให้ศีรษะสัมผัสปลายเท้า ค้างไว้ 10 วินาที

4. Lunges straight ยืดเหยียดในท่านั่ง (Lunges) คุกเข่าขาข้างซ้ายตั้งเข่าขาข้างขวาเอนลำตัวไปทางด้านหน้าเพื่อยืดเหยียดช่วงสะโพก โดยไม่ให้หัวเข่าด้านหน้าเลยปลายเท้า ค้างไว้ 10 วินาที จากนั้นทำการสลับขาโดย) คุกเข่าขาข้างซ้ายตั้งเข่าขาข้างขวาเอนลำตัวไปทางด้านหน้า โดยไม่ให้หัวเข่าด้านหน้าเลยปลายเท้า ค้างไว้ 10 วินาที

6. ติดมาร์กเกอร์เข้ากับผู้เข้าร่วมการทดลอง

7. ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทดลองซ้อมกระโดดจริงลงบนแผ่นวัดแรง 5 นาที เพื่อกะระยะทางที่แม่นยำ และเป็นการทดสอบความยึดติดที่แน่นพอกับร่างกาย

8. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการทดสอบกระโดดท่ากรองเจตเต้ลงบนแผ่นวัดแรง

9. เก็บข้อมูลที่ได้เพื่อทำการประมวลผล

เครื่องมือการวัด (Measurement)

การวัดแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งที่กระทำต่อร่างกาย โดยใช้ force plate วัดแรงจากการกระโดดจากตอนที่เท้าเริ่มสัมผัสสู่แผ่นวัดแรง จะวัดโดยเปรียบเทียบกับรองเท้าแบบหัวนิ่มและหัวแข็งร่วมไปกับแรงที่กระทำต่อข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก

สถานที่ทำการวิจัย

- ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

การรวบรวมข้อมูล (Data collection)

บันทึกข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมงานวิจัย และบันทึกผลลงบนแบบฟอร์มที่ใช้ในงานวิจัยและลงในคอมพิวเตอร์

1. ข้อมูลพื้นฐานอันแก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง BMI

2. ข้อมูลแรงปฏิกิริยาจากพื้นในการกระโดด (Ground reaction force) และแรงปฏิกิริยาจากข้อต่อต่างๆ (Joint force) ในท่ากรองเจตเต้ สามารถหาได้จากแผ่นวัดแรง (Force plate) โดยจะใช้ช่วงลงสู่พื้นจากการกระโดด และนำค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงสุดจากการกระโดดท่ากรองเจตเต้ 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย

การตรวจสอบท่ากระโดดกรองเจตเต้ที่สมบูรณ์ (Grand jete's jump criteria full performance) ทำการวัดองศาของขาที่กางออกทั้ง 2 ข้างจากการกระโดดท่ากรองเจตเต้ขณะที่ลอยตัวอยู่กลางอากาศโดยใช้การแสดงผล 3D motion analysis การกางขาทั้ง 2 ข้างขณะลอยตัวจะต้องไม่น้อยกว่า 90 องศา และขณะลงสู่พื้น ปลายเท้าจะต้องเหยียบอยู่บนแผ่นวัดแรง ไม่มีการเซออกด้านข้างของร่างกาย หากการกระโดดหรือการลงสู่พื้นจากการทดสอบไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้จะไม่นับว่าเป็นการกระโดดที่สมบูรณ์

3. ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ สามารถหาได้จากตัวติดบอกตำแหน่ง (Reflexion marker) ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของร่างกาย

จุดกลางหน้าผาก (middle of head)
หน้ารูหู (Ears)
หัวไหล่ (Acromian process)
ข้อศอก (Lateral epicondyle)
ข้อมือ (Ulna styloid process)
มือ (5^{th} metacarpophalangeal joint)
ข้อสะโพกส่วนหน้า (Posterior superior iliac spine)

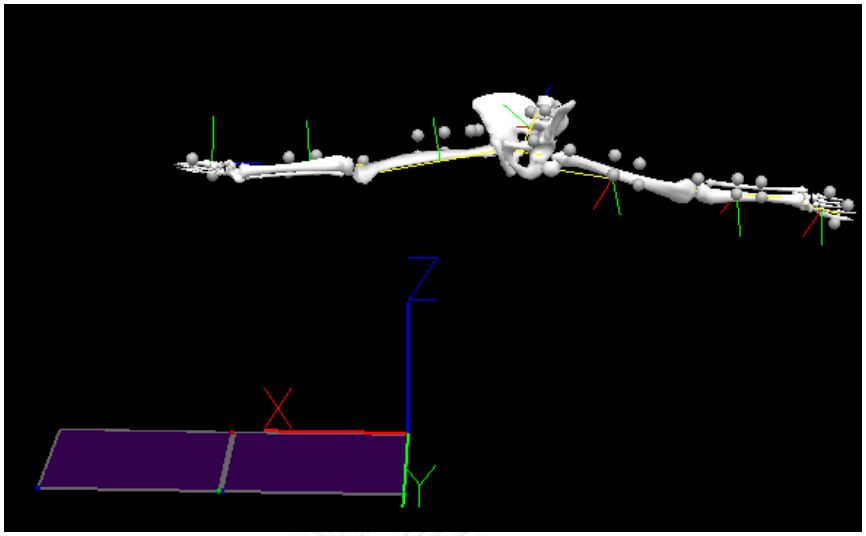
ข้อสะโพกส่วนหลัง (Anterior superior iliac spine)
กระดูกโคนขา (Greater trochanter)
ต้นขา (Thigh)
ข้อเข่าด้านใน(Medial knee)
ข้อเข่าด้านนอก (Lateral knee)
กระดูกหน้าแข้ง(Shank)
ตาตุ่มด้านใน (Medial malleolus)
ตาตุ่มด้านนอก (Lateral malleolus)
บริเวณปลายกระดูก metartasal (Base of foot)
ปุ่มหัวกระดูก metartasal ชิ้นที่ 5 (Head of metartasal)
กระดูกหัวแม่เท้า (Toe)

รวมทั้งหมด 35 จุด

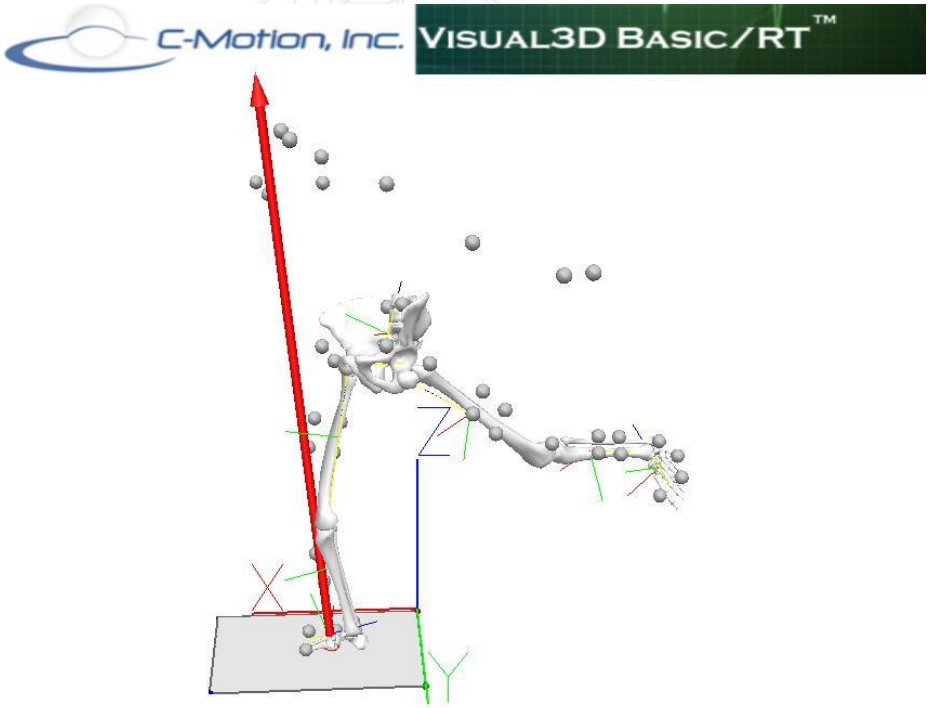
โดยข้อมูลที่จะศึกษาได้แก่จุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย (Center of mass) นำไปเป็นค่าอ้างอิงถึงความสูงจากการกระโดด

รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการติดมาร์กเกอร์

5. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
6. เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และหาระดับความสัมพันธ์ของข้อมูลการทดสอบ



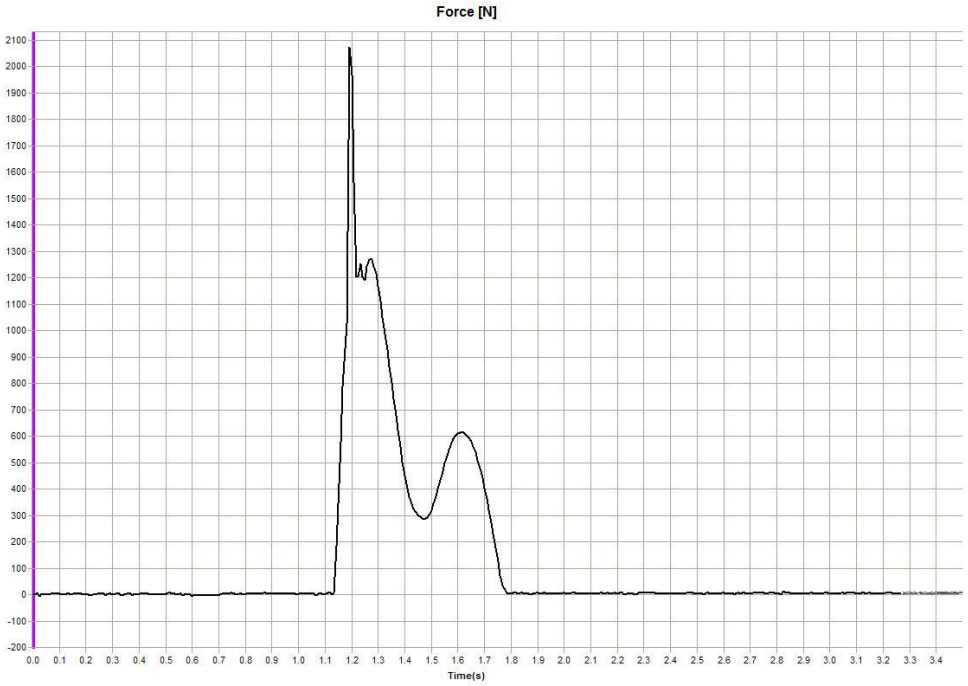
รูปที่ 3.6 ขณะกระโดดท่ากรองเจตเต้



รูปที่ 3.7 ขณะลงสู่พื้น

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1. แสดงผลข้อมูลเชิงคุณภาพ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง BMI นำเสนอเป็นจำนวน (n)
2. ข้อมูลเชิงปริมาณนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
3. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากการหาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง
4. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น (ground reaction force) ระหว่างรองเท้าแบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็ง และวิเคราะห์ความแตกต่างของแรงที่กระทำต่อ ข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก ระหว่างรองเท้าแบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็ง



รูปที่ 3.8 กราฟแรงปฏิกิริยาขณะลงสู่พื้น

การคำนวณแรงปฏิกิริยาในข้อต่างๆ (Joint forces) จากการแทนค่าในสูตรคำนวณหาแรงปฏิกิริยายาต่อข้อต่อ แทนให้

Fy = แรงปฏิกิริยาต่อข้อในแนวดิ่ง (N)
Fx = แรงปฏิกิริยาต่อข้อในแนวราบ (N)
V_{GRF} = แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่ง (N)
H_{GRF} = แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวราบ (N)
mg = น้ำหนักส่วนของร่างกายในแนวดิ่ง (Kg)
$IF = m\,a_y$ = แรงเฉื่อยที่กระทำในแนวดิ่ง
$IF = m\,a_x$ = แรงเฉื่อยที่กระทำในแนวราบ

คำนวณแรงปฏิกิริยาต่อข้อเท้า (forces on ankle) จากสูตร

$$Fy_{ankle} = V_{GRF} - mg_{foot} + IF_y$$
$$Fx_{ankle} = H_{GRF} + IF_x$$

คำนวณแรงปฏิกิริยาต่อข้อเข่า (forces on knee) จากสูตร

$$Fy_{knee} = Fy_{ankle} - mg_{shank} + IF_y$$
$$Fx_{knee} = Fx_{ankle} + IF_x$$

คำนวณแรงปฏิกิริยาต่อข้อสะโพก (forces on hip) จากสูตร

$$Fy_{hip} = Fy_{knee} - mg_{thigh} + IF_y$$
$$Fx_{hip} = Fx_{knee} + IF_x$$

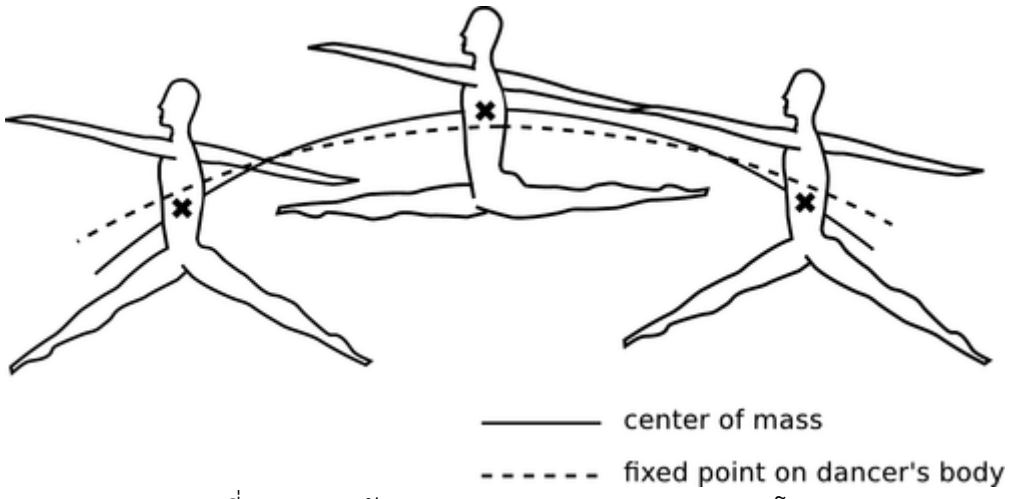
5. วิเคราะห์ตำแหน่งCG(Center of gravity) เพื่อวิเคราะห์ความสูงของการกระโดด การคำนวณหาตำแหน่ง CG โดยแทนค่าจากตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 การกระจายปริมาณมวล ละการกระจายมวลตามข้อมูลของ Dempster

Weight average			Two-side		% Length from proximal
	Male	Female	Male	Female	
Head	8.26	8.2	8.26	8.2	55
Trunk	46.84	45	46.84	45	63
Upper arm	3.25	2.9	6.5	5.8	43.6
Forearm	1.87	1.57	3.74	3.14	43
Hand	0.65	0.5	1.3	1	46.8
Thigh	10.5	11.75	21	23.5	43.3
Shank	4.75	5.35	9.5	10.7	43.4
Foot	1.43	1.33	2.86	2.66	50
			100	100	

โดยคำนวณการหาตำแหน่งCG (center of gravity) จากสูตร

$$\mathrm{CG} = X_{proximal} + [\%CG \times (X_{distal} - X_{proximal}]$$
$$CG_{mass} = CG \times \%mass$$
$$CG_{total} = \frac{\sum CGmass}{100}$$



รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะ center of gravity ขณะกระโดด
(http://www.lightandmatter.com/html_books/lm/ch02/ch02.html)

5. วิเคราะห์ตัวแปรทางสถิติ

- วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้ ANOVA for crossover design ในกรณีที่ข้อมูลไม่แจกแจงแบบปกติจะต้องใช้สถิติแบบ Non-parametric โดยวิเคราะห์แบบ Mann-Whitney U
- ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 95% ของความเชื่อมั่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็งเป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบไขว้กัน (Cross-over design) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักบัลเล่ต์หญิง จำนวน 62 คนอายุระหว่าง 20.16 ± 2.43 ปี ไม่มีการอักเสบหรือบาดเจ็บเรื้อรังของเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อของสะโพกและรยางค์ล่างภายใน 3 เดือนที่ผ่านมาและไม่มีอาการบาดเจ็บที่ส่งผลให้เกิดอุปสรรค์ต่อการทำการทดลอง เซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$±SD) แสดงคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ข้อมูลทั่วไป	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$±SD)
อายุ (ปี)	20.16 ± 2.43
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	52.89 ± 6.57
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	159.47±17.04
ดัชนีมวลกาย (กก./ม2)	19.68 ± 1.92
ประสบการณ์การเรียนบัลเล่ต์ (ปี)	10.16 ± 4.44
ความถี่ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ (ครั้ง/สัปดาห์)	2.33 ± 1.03
ความถี่ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ (ชั่วโมง/ครั้ง)	2.64 ± 1.19
จุดศูนย์กลางของร่างกายสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง(เซนติเมตร)	104.45 ± 9.50
จุดศูนย์กลางของร่างกายสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม (เซนติเมตร)	104.53 ± 9.28

นักบัลเล่ต์หญิง 62 คน อายุระหว่าง 20.16 ± 2.43 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 52.89 ± 6.57 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 159.47±17.04 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.68 ± 1.92 กก./ม2 มีประสบการณ์ในการเรียนบัลเล่ต์เฉลี่ย 10.16 ± 4.44 ปี มีความถี่ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์เฉลี่ย 2.33 ± 1.03 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีความถี่ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์เฉลี่ย 2.64 ± 1.19 ชั่วโมงต่อครั้งจุดศูนย์กลางของร่างกาย (Center of gravity) สูงสุดขณะกระโดดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งเฉลี่ย 104.45 ± 9.50 เซนติเมตร จุดศูนย์กลางของร่างกายสูงสุดขณะกระโดดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มเฉลี่ย 104.53 ± 9.28 เซนติเมตร

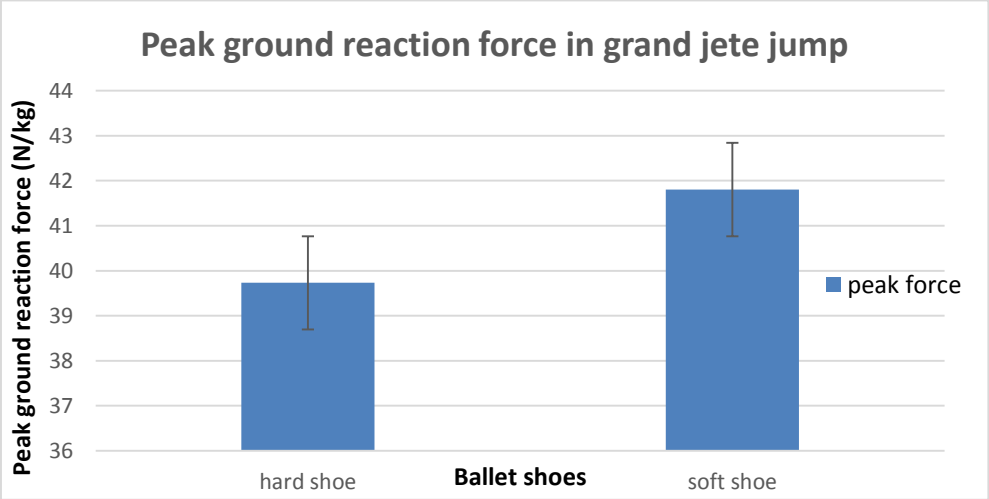
ผลการวิเคราะห์

จากการรวบรวมข้อมูล ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของแรงปฏิกิริยาขณะที่ลงสู่พื้นจากการกระโดดโดยใช้แผ่นวัดแรง โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงปฏิกิริยาสูงสุดของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน($\bar{X}$±SD) ของแรงปฏิกิริยาสูงสุดระหว่างรองเท้าหัวนิ่มและหัวแข็ง (N/kg.)

แรงปฏิกิริยา	Soft shoe		Hard shoe		*p-value*
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
Peak GRF	41.80	7.14	39.73	7.90	0.04*

*p<0.05



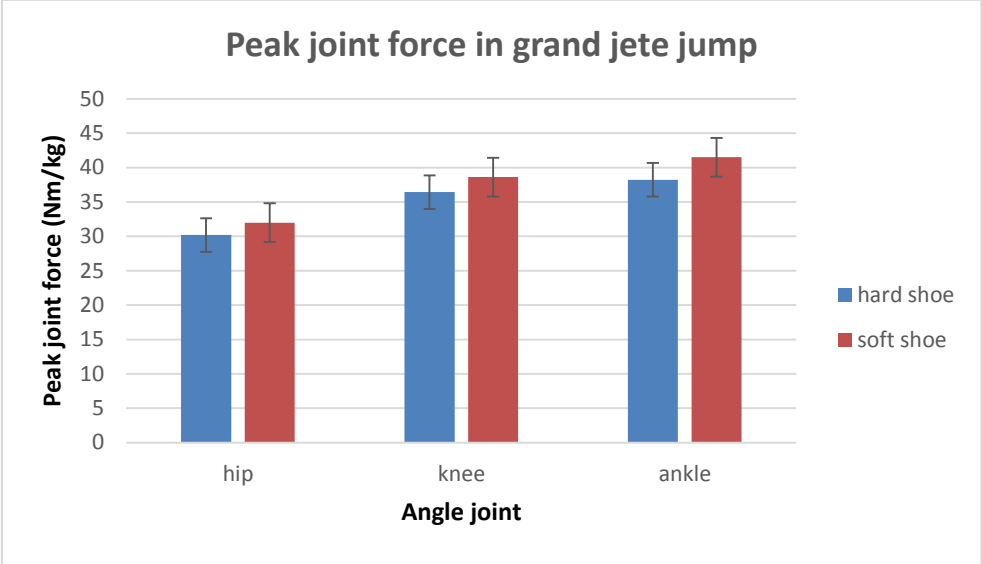
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็ง

แรงปฏิกิริยาสูงสุดขณะลงสู่พื้นจากการกระโดดกรองเจตเต้ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มมีค่า 41.80±7.14 N/kg.พบแรงปฏิกิริยาสูงสุดขณะลงสู่พื้นในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง 39.73± 7.90 N.m โดยมีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 2.07 N. เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์ทั้งสองชนิด พบแรงปฏิกิริยาที่มากกว่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มของแรงปฏิกิริยาสูงสุดของการลงสู่พื้นจากการกระโดดกรองเจตเต้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±SD) ของแรงปฏิกิริยาสูงสุดในข้อเท้าข้อเข่าและข้อสะโพกระหว่างรองเท้าหัวนิ่มและหัวแข็ง (Nm/kg.)

แรงปฏิกิริยา	Soft shoe		Hard shoe		*p-value*
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
Ankle Force	41.51	7.65	39.58	7.90	0.08
Knee Force	38.63	7.33	36.44	7.26	0.04*
Hip Force	31.99	6.58	30.18	5.89	0.06

*p<0.05



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าข้อเข่าและข้อสะโพกในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าแรงปฏิกิริยาสูงสุดในข้อเท้าข้อเข่าและข้อสะโพก แรงปฏิกิริยาในข้อเท้าของรองเทาบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มมีค่า 41.51±7.65 N/kg.นั้นมีค่ามากกว่าแรงปฏิกิริยาในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง 39.58±7.90 N/kg.มีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 1.93 N/kg.

แรงปฏิกิริยาในข้อเข่าจากการลงสู่พื้นของการกระโดดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มมีค่า 38.63±7.33 Nm/kg.และค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งมีค่า 36.44±7.26 N/kg.มีค่าความแตกต่าง 2.19 Nm/kg.

แรงปฏิกิริยาสูงสุดจากข้อสะโพกจากการลงสู่พื้นของการกระโดดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มมีค่า 31.99 ±6.58 Nm/kg.แรงปฏิกิริยาสูงสุดในข้อสะโพกของรองเท้าหัวแข็งมีค่า 30.18±5.89 Nm/kg.ค่าความแตกต่างอยู่ที่ 1.81 Nm/kg.

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าพบว่าแรงปฏิกิริยาในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มนั้นมีค่ามากกว่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง ซึ่งเช่นเดียวกันกับแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและแรงปฏิกิริยาในข้อสะโพก พบแรงค่าแรงปฏิกิริยาสูงสุดมากกว่าแรงในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาแรงปฏิกิริยาสูงสุดจากการลงพื้นพื้นของการกระโดดท่ากรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์ เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็ง และศึกษาแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าข้อเข่าและข้อสะโพก โดยให้ผู้ทำวิจัยกระโดดท่ากรองเจตเต้ 3 ครั้งลงบนแผ่นวัดแรงโดนสวมใส่รองเท้าบัลเล่ต์ชนิดแรกที่ได้รับการสุ่มจับฉลาก โดยมีการพักระหว่างการทำทดสอบก่อนสลับรองเท้าชนิดที่ไม่ได้รับการสุ่มเพื่อกระโดดเหมือนรองเท้าชนิดแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักบัลเล่ต์เพศหญิง 62 คน ไม่มีการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการทำวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องแรงปฏิกิริยาสูงสุดจากพื้นเปรียบเทียบกันในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็ง พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาสูงสุดจากการกระโดดท่ากรองเจตเต้เปรียบเทียบกับรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p = 0.04 โดยที่ค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาสูงสุดของรองเท้าบัลเล่ต์หัวนิ่มมีมากกว่าค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาสูงสุดของรองเท้าบัลเล่ต์หัวแข็ง และแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งพบความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ p = 0.04 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและข้อสะโพกในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มเมื่อเปรียบเทียบกับรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาแรงปฏิกิริยาในการกระโดดท่ากรองเจตเต้พบความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาของค่าเฉลี่ยในแรงปฏิกิริยาสูงสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม (41.80±7.14 N/kg.) มีค่ามากกว่าแรงปฏิกิริยาสูงสุดในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง (39.73± 7.90 N/kg.) ที่ 2.07 N. มีความสอดคล้องในงานวิจัยของ Healter HL(2011)[(1)]ทำการศึกษาแรงปฏิกิริยาจากการกระโดดท่าอะซอมเบล่ (assemble) ในการเต้นบัลเล่ต์ซึ่งเป็นการกระโดดแบบเท้าสองข้างลงสู่พื้นพร้อมกันพร้อมกัน เปรียบเทียบแรงในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็งผลการทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงปฏิกิริยาสูงสุดเปรียบเทียบกันระหว่างรองเท้าแบบหัวนิ่มกับรองเท้าแบบหัวแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p = .003 โดยแรงปฏิกิริยาในรองเท้าแบบหัวนิ่มที่ 1742.9 ± 252.6 นิวตัน ซึ่งมากกว่าแรงในรองเท้าแบบหัวแข็งที่ 1612.7 ± 261.5 นิวตัน กล่าวว่าการใส่รองเท้าต่างชนิดกันมีผลที่จะเพิ่มแรงปฏิกิริยาที่

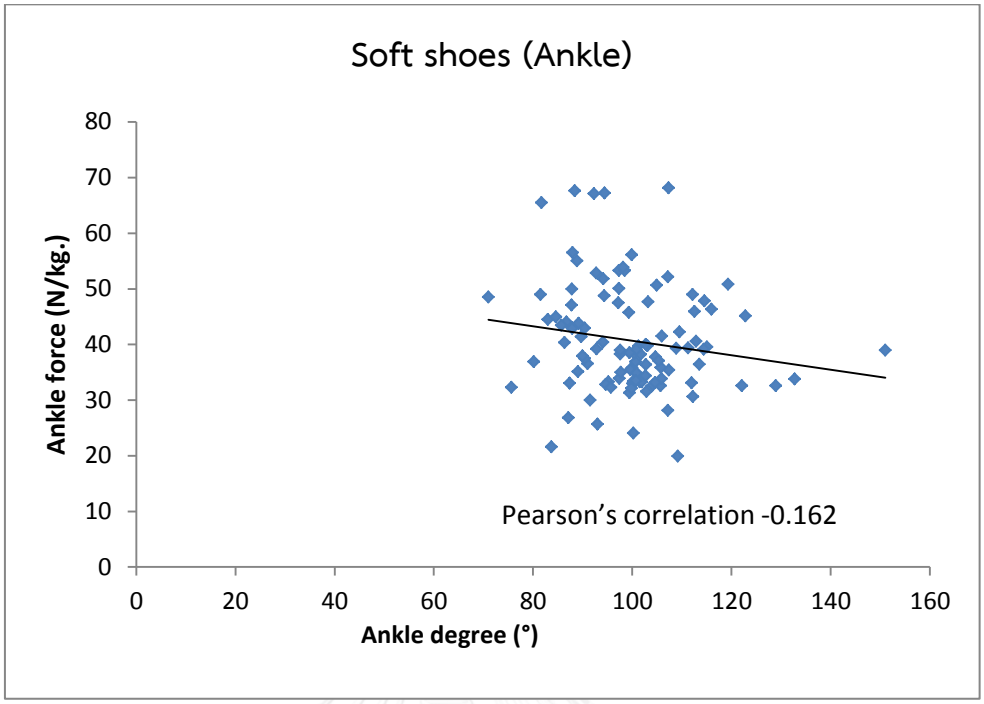
กระทำต่อร่างกายในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง ตำแหน่งของเท้าที่จะได้รับแรงมากคือช่วงหัวแม่เท้าจมูกเท้า[16] ถึงแม้ว่ารองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งจะไม่ได้สร้างแรงที่สูงมากไปกว่ารองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม[16, 17] แต่ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ เนื่องจากรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งจะจำกัดการเคลื่อนไหวของเท้า และไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับแรงที่มากระแทกกับเท้า

โดยขณะลงสู่พื้นนั้นจะมีแรงกระทำในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น[15] กล้ามเนื้อกลุ่ม Quadriceps เกิดการทำงานเพื่อให้ร่างกายมีการลดความเร็วลงเพื่อหยุด โดยจะเกิดแรงเฉือนในข้อเท้าและข้อเข่าจะพบแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อในหัวเข่ามาก กล้ามเนื้อกลุ่ม Quadricepsเมื่อมีการใช้งานมากเกินไปเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ Hamstring จะทำให้เกิดเทคนิคการลงสู่พื้นที่ผิดพลาด เกิดแรงที่ไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย ดังนั้นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hamstring จะช่วยให้ชะลอการเกิดการใช้การเกินของกล้ามเนื้อกลุ่ม Quadriceps และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดได้ดีขึ้นสามารถกล่าวได้ว่าการใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งนั้นไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อร่างกาย

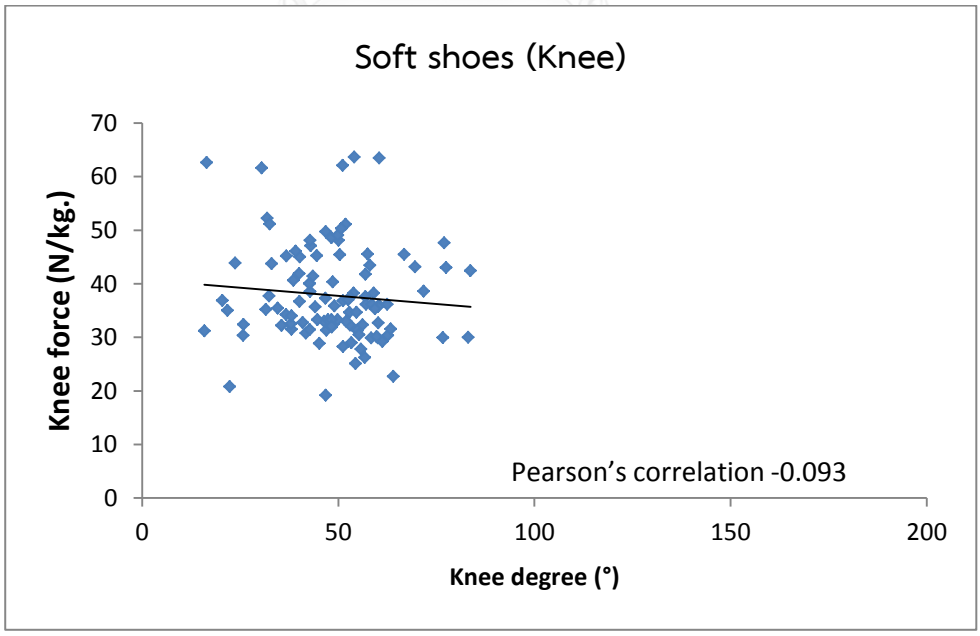
ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและข้อสะโพกในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มเปรียบเทียบกับรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและข้อสะโพกในตารางที่ 2 พบว่าแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม (41.51±7.65 N/kg.) นั้นมีค่ามากกว่าแรงปฏิกิริยาในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง (39.58±7.90 Nm/kg.) ที่1.93 N/kg.เช่นเดียวกันกับแรงปฏิกิริยาในข้อสะโพกที่แรงปฏิกิริยาในรองเท้าแบบหัวนิ่ม (31.99 ±6.58 N/kg.) มากกว่าแรงปฏิกิริยาในรองเท้าหัวแข็ง (30.18±5.89 N/kg.) ที่ 1.81 Nm/kg.เช่นเดียวกันกับแรงปฏิกิริยาสูงสุด พิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าในรองเท้าแบบหัวนิ่ม (38.63±7.33 Nm/kg.) มากกว่าในรองเท้าแบบหัวแข็ง (36.44±7.26 N/kg.) ที่ 2.19 N/kg.และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในงานวิจัยของ Kulig K (2011)[2]ทำการศึกษาแรงปฏิกิริยาสูงสุดและกลศาสตร์ของข้อเข่าขณะกระโดดท่าซูเดอชา (sauts de chat) ในบัลเล่ต์ซึ่งเป็นท่ากระโดดที่มีลักษณะท่าทางลอยตัวอยู่บนอากาศ และการลงสู่พื้นด้วยขาข้างเดียวเช่นเดียวกันกับท่ากรองเจตเต้ กล่าวว่าขณะลงสู่พื้นจากการกระโดดเมื่อข้อเข่ามีการย่อขา (knee flexion) ที่น้อยจะทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาสูงสุดขณะลงพื้นมากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากการงอข้อแสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าจะเป็นตัวที่ช่วยในการรับแรง ลดแรงปฏิกิริยาจากพื้นให้นุ่มลง และปกป้องช่วงรยางค์จากแรงกระแทกที่สูง[16]

การงอข้อรยางค์ขาขณะลงสู่พื้นจากการกระโดดของรยางค์ขา ช่วยให้เกิดการรับแรงกระแทกที่เกิดขึ้นกับร่างกาย กล่าวคือขณะที่ขาแตะพื้นจากการกระโดด การงอข้อเท้าและข้อเข่าจะช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซับปฏิกิริยาจากพื้นที่มากระทำต่อข้อต่อได้ดีขึ้นซึ่งเทคนิคการลงสู่พื้นของนักบัลเล่ต์จะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคลจึงทำให้เกิดลักษณะการงอข้อต่อที่ต่างกัน เช่นเดียวกับการสวมใส่รองเท้าบัลเล่ต์ที่ต่างกันก็มีผลต่อเทคนิคการลงสู่พื้นจากการกระโดดที่ต่างกันอีกด้วย

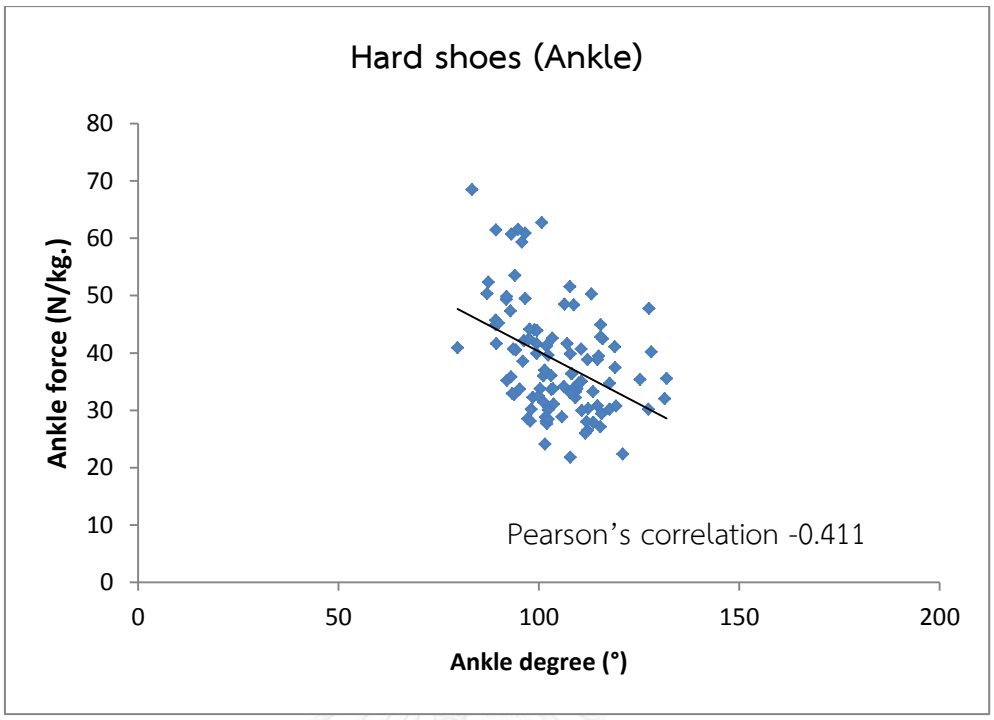
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาสูงสุดต่อมุมข้อเท้าและมุมข้อเข่าที่เกิดการงอในการกระโดดท่ากรองเจตเต้ในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและแบบหัวแข็งในการลงสู่พื้นของการกระโดดท่ากรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์ สามารถแสดงความสัมพันธ์ในกราฟดังต่อไปนี้



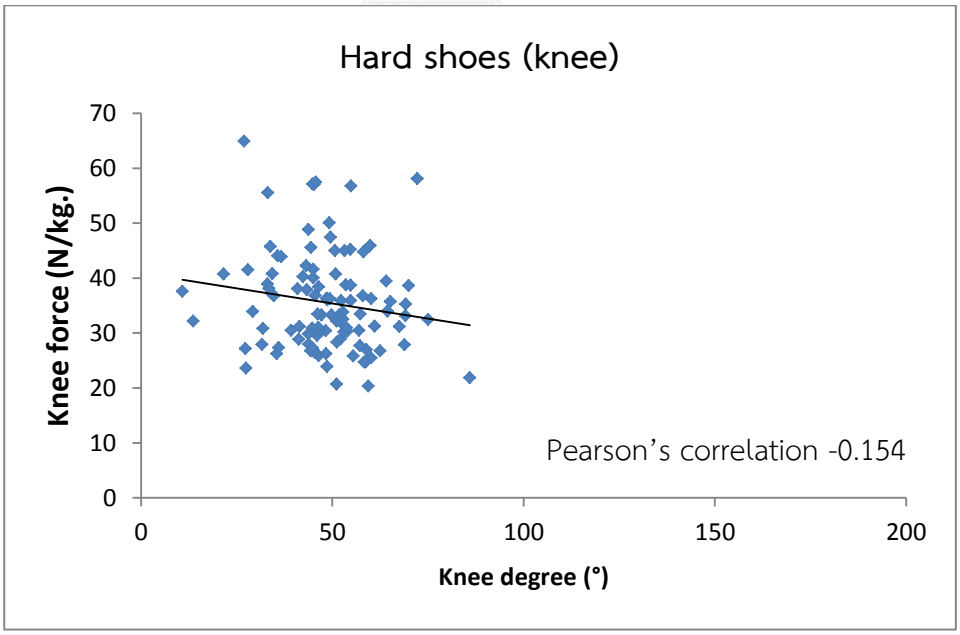
รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและมุมข้อเท้าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม



รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าและมุมข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม



รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและมุมข้อเท้าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง



รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าและมุมข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ในแรงปฏิกิริยาสูงสุดและมุมข้อเท้าและมุมข้อเข่าที่น้อยที่สุดขณะกระโดดท่ากรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์ของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มพบความสัมพันธ์ซึ่งแปรผกผันกันเล็กน้อย (r=-.16),(r=-.09) ในขณะที่ความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาและมุมข้อเท้าและข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งเกิดความสัมพันธ์แปรผกผันมากกว่า (r=-.41),(r=-.154)พบความสัมพันธ์ผกผันปานกลางในความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาและแรงข้อเท้าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง และพบความสัมพันธ์แปรผักผันเล็กน้อยในความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาในข้อเท้าและข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม และความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาและมุมข้อเข่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง

ในความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาสูงสุดต่อมุมข้อเท้าและข้อเข่าที่น้อยที่สุดขณะลงพื้นในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มมีแนวโน้มในแนวทางที่มากกว่ารองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้อเท้าจึงสรุปได้ว่าการสวมใส่รองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม มีแนวโน้มที่ช่วยให้มีการดูดซับแรงที่ข้อเท้าได้ดีกว่าแบบหัวแข็งในการสวมใส่เมื่อฝึกซ้อมในระยะยาวหรือมีแรงปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจากเดิม เช่นในท่ากระโดดที่สูงขึ้น หรือยากขึ้นและมีผลของแรงปฏิกิริยาต่อร่างกายที่มากขึ้นจากมุมในการงอของข้อเท้าที่น้อยกว่าในรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็ง แสดงถึงการได้รับแรงจากการลงพื้นจากการกระโดดเป็นไปในแนวโน้มที่มากกว่า อาจเป็นผลมาจากลักษณะของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวแข็งที่มีการจำกัดการเคลื่อนไหวของเท้าจึงทำให้เกิดมุมของข้อเท้าที่น้อยกว่ารองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม ซึ่งการเกิดมุมข้อที่น้อยกว่าจะทำการดูดซับแรงน้อยเป็นไปในทางที่ไม่ดี อาจทำให้เกิดผลเสียต่อการใช้งานซ้ำๆและในการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะส่งผลเสียผู้ที่มีการบาดเจ็บที่ข้อเท้าในขณะฝึกซ้อม

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยการกระโดดท่ากรองเจตเต้ที่ทำให้ห้องปฏิบัติการจึงมีข้อจำกัดในการสร้างปัจจัยที่ที่ผลต่อการกระโดดของนักบัลเล่ต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นของห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้เป็นพื้นสตูดิโอที่มีความยืดหยุ่นมีไว้สำหรับการเต้นโดยเฉพาะ การกระโดดลงบนแผ่นวัดแรงที่มีความแข็ง อาจทำให้เกิดการสร้างแรงจากการลงพื้นที่สูงมากกว่า และมีการเพิ่มการใช้งานกล้ามเนื้อและข้อต่อของรยางค์ล่างมากซึ่งส่งผลต่อแรงปฏิกิริยาสูงสุดจากพื้น และแรงปฏิกิริยาในข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพกได้ ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาท่ากระโดดต่างๆที่ใช้บ่อยในบัลเล่ต์นอกเหนือจากท่ากรองเจตเต้ และมีการเพิ่มปัจจัยภายในและภายนอก ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการกระโดดได้ดียิ่งขึ้น ศึกษาประสิทธิภาพของการออกกำลังกายเสริมสร้างกล้ามเนื้อรยางค์ล่าง เพื่อลดแรงปฏิกิริยาในข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. Leanderson C LJ, Wykman A, Strender LE, Johansson SE, Sundquist K. Musculoskeletal injuries in young ballet dancers. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy2011. p. 1531-5.

2. Kulig K FA, Popovich JM, Jr. Ground reaction forces and knee mechanics in the weight acceptance phase of a dance leap take-off and landing. Journal of sports sciences. 2010;29(2):125-31.

3. James H SB, Sara J, Carissa E. The effect of sprung (suspnded) floors on leg stiffness during grand jete landings in ballet. Journal of dance medicine and science. 2011;15(3).

4. James H SB, Sara J, Dana B, Aubrey C, Sandra K, Meredith S. Follow-up study to "The effect of sprung (suspnded) floors on leg stiffness during grand jete landings in ballet". Journal of dance medicine and science. 2011;15(3).

5. Buchana. KTMaTS. Biomechanics of human movement. Standare handbook of biomedical engneering and design. 2004.

6. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. Library of congress cataloging-in-publication. 2009.

7. Hall. SJ. Basic biomechanics 4th edition. Department of health and exercise science University of Delaware. 2004:230-59.

8. Healter HL DC, Schrader J. Ground reaction forces in ballet dancers landing in flat shoes versus pointe shoes. . Journal of dance medicine & science : official publication of the International Association for Dance Medicine & Science. 2011;15(2):61-4.

9. Fietzer AL CY, Kulig K. Dancers with patellar tendinopathy exhibit higher vertical and braking ground reaction forces during landing. Journal of sports sciences 2012;30(11):1157-63.

10. Andreza P.Picon PHLea. Biomechanical approach to ballet movements a study of effect of ballet shoe and musical beat on the vertical reaction force. International Symposium on Biomechanics in Sports. 2004.

11. Andreza P.Picon PHLea. Biomechanical approach to ballet movement : A preliminary study. International Symposium on Biomechanics in Sports. 2000.

12. Campoy FA CL, Bastos FN, Netto Junior J, Vanderlei LC, Monteiro HL, et al. Investigation of risk factors and characteristics of dance injuries. official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. 2011;21(6):493-8.

13. Stephen JP AF. Footwear in classical ballet a study of pressure distribution ad related foot injury in the adolescent dancer. . Jounal of dance medicine and science. 2012;16(2).

14. Alycia FY CH, Richard S, Benedice V. Effect of footwear on dancers: a systematic review. journal of dance medicine and science. 2011;15(2).

15. Nili S IS, Smadar P, Gali DG Dar, Youssef M, Aviva Z,Israel H. Injury patterns in young, non-professional dancer. Journal of Sports Sciences,. 2011;29(1):47-54.

16. Kalichova. M. Biomechanical analysis of the basic classical dance jump - the grand jete. International Scholarly and Scientific Research & Innovation. 2011;5(11).

17. T. Thomas JMea. Analysis of the aerial and landing phases of the grand jeté. Conference: 22nd Conference of the International Society of Biomechanics in Sports.

18. Wilson. M. Applying biomechanics research in the dance studio. . International Association for Dance Medicine & Science. 2009;1(2).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

(Information sheet for research participant)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์
Effect of Ballet's Soft Shoes and Point shoes on Ground Reaction Force in Ballet's Grand Jete Jump.

ผู้สนับสนุนการวิจัย ไม่มี

ผู้ทำวิจัย

ชื่อ นางสาวอรรัตน์ อนุมาตร
ที่อยู่ 1873 ถนนพระราม 4 แขวงปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เบอร์โทรศัพท์ 02-2527854 ต่อ 2401 (เบอร์หลักสูตร), 084-4328300 (เบอร์มือถือ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ธันวา ตันสถิตย์
ที่อยู่ ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เบอร์โทรศัพท์ (02)252-7854 ต่อ 4281(ที่ทำงาน) 081-809-4414 (มือถือ)

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นนักบัลเล่ต์หญิง มีสุขภาพดี อายุระหว่าง18-25ปี ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว หรือเพื่อนของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

<u>เหตุผลความเป็นมา</u>

บัลเล่ต์ เป็นการประเภทการเต้นชนิดหนึ่งที่รู้จักในชื่อที่เรียกว่าระบำปลายเท้า ซึ่งใช้การเคลื่อนไหวของร่างกายทุกส่วนผสมผสานกัน มีการควบคุมกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆเพื่อบังคับร่างกายให้เคลื่อนไหวได้อย่างอ่อนช้อยสวยงามแต่เปี่ยมไปด้วยพลังการเต้นจะใช้รยางค์ส่วนล่างลงไปเป็นหลัก ในการเต้นนั้น จะมีการเต้นบนการเขย่งปลายเท้า ทรงตัวบนปลายเท้า (fully point) เป็นการเคลื่อนไหวในทุกลักษณะ ทั้งการเดิน การวิ่ง การหมุน และการกระโดด ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเต้นโดยการมีการทำงานช่วงขาและเท้าเป็นหลักทั้งสิ้น นอกนั้นจะเป็นการเคลื่อนไหวของแขน คอ และหลังซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวแบบอิสระ

การบาดเจ็บที่พบส่วนมากจะเป็นการบาดเจ็บที่ช่วงรยางค์ส่วนล่าง พบการบาดเจ็บตามลำดับขั้นคือ การบาดเจ็บที่เท้าและข้อเท้า,ข้อเข้า และข้อสะโพก โดยมีการบาดเจ็บที่เอ็นและข้อต่อ การบาดเจ็บแบบข้อเท้าแพลงและการบาดเจ็บชนิดเรื้อรังเป็นการบาดเจ็บที่พบได้บ่อยที่สุดของนักเต้น ซึ่งจะมีปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บต่อช่วงรยางค์ส่วนล่างได้แก่ (1)การฝึกซ้อมการเต้นบัลเล่ต์ที่มีความต่อเนื่อง (2)มีช่วงเวลาการฝึกซ้อมยาวนาน (3)มีการพักการใช้งานของร่างกายที่ไม่เพียงพอ (4)พื้นผิวของสตูดิโอ (5)มวลร่างกายที่มีความแตกต่างกัน (6)รองเท้าบัลเล่ต์ที่ใช้สวมใส่ (7)แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground Reaction Force) ขณะฝึกซ้อม (8)การไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องเมื่อเกิดการบาดเจ็บ

ในปัจจัยของการเกิดการบาดเจ็บของนักบัลเล่ต์ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือรองเท้าบัลเล่ต์ที่ไม่ได้มีลักษณะรองเท้าที่มีโครงสร้างในการช่วงรองรับแรงกระแทกที่เกิดขึ้นจากการเต้น และมีการจำกัดลักษณะรูปเท้า กล่าวได้ว่าการฝึกซ้อมหรือการกระโดดที่มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นควบคู่ไปกับรองเท้าที่อาจก่อนให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่มากขึ้นอาจเพิ่มความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บ ในการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ของนักเต้นที่เข้าสู่สายอาชีพจะต้องมีการฝึกซ้อมกับรองเท้าแบบหัวแข็งมากขึ้น และบ่อยครั้งขึ้น ท่าในการฝึกซ้อมยากขึ้นตามลำดับ ยกตัวอย่างการกระโดดที่มีการใช้บ่อยครั้ง เช่น ท่ากระโดดกรองเจตเต้ (Grand Jete Jump) ในลำดับขั้นช่วงแรก ในการใช้เต้นทำการกระโดดน้อยครั้ง เมื่อมีการเลื่อนลำดับขั้นที่มากขึ้นจะมีการกระโดดที่ต่อเนื่องมากขึ้น พบมากขึ้น และการที่จะทำให้การกระโดดเป็นไปได้อย่างสวยงามสมบูรณ์แบบจะต้องมีการฝึกซ้อมแต่ละท่านั้นซ้ำๆ ทำให้นักบัลเล่ต์มีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมบัลเล่ต์ได้มากขึ้น

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกายจากการกระโดดท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump) เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่ม (Ballet's Soft Shoes) และแบบหัวแข็ง (Ballet's Point Shoes) ว่ามีค่าแรงปฏิกิริยาที่แตกต่างกันอย่างไร

<u>วัตถุประสงค์ของการศึกษา</u>

วัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อร่างกายขณะกระโดดท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump) ในการกระโดดของบัลเล่ต์โดยเปรียบเทียบจากการใส่รองเท้าบัลเล่ต์ที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์รอง เพื่อศึกษาที่ปฏิกิริยาที่กระทำต่อข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก ในการกระโดดท่ากรองเจตเต้ (Grand Jete Jump) ของการเต้นบัลเล่ต์ โดยเปรียบเทียบจากการใส่รองเท้าบัลเล่ต์ที่แตกต่างกันโดยทำการวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกาย และแรงปฏิกิริยาจากข้อจากการกระโดดท่ากรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์ผู้ที่มีประสบการณ์การเต้นบัลเล่ต์อย่างน้อย 1 ลำดับขั้น (6-12 เดือน) ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

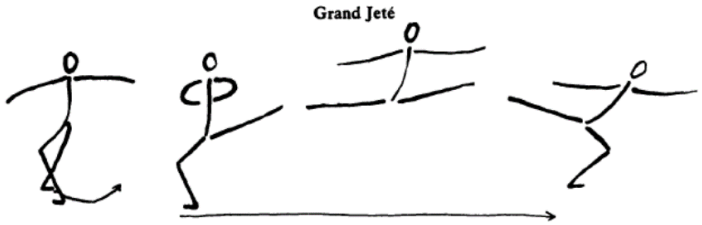
<u>รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย</u>

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการอธิบายคำชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัย วัตถุประสงค์ ประโยชน์ วิธีดำเนินการวิจัยและลงนามยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรตามแบบฟอร์มที่ผู้วิจัยกำหนดให้เข้าร่วมในการวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

แบบที่ทำการทดสอบการกระโดดท่ากรองเจตเต้ 3 ครั้งบนแผ่นวัดแรง (Force Plate) ด้วยรองเท้าหัวนิ่มก่อน เริ่มจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทำการกระโดดกรองเจตเต้ด้วยรองเท้าหัวนิ่ม แล้วจึงเปลี่ยนเป็นรองเท้าหัวแข็ง

แบบที่ทำการทดสอบการกระโดดท่ากรองเจตเต้ 3 ครั้งบนแผ่นวัดแรง (Force Plate) ด้วยรองเท้าหัวแข็งก่อน เริ่มจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทำการกระโดดกรองเจตเต้ด้วยรองเท้าหัวแข็ง แล้วจึงเปลี่ยนเป็นรองเท้าหัวนิ่ม



2. เริ่มจากทำการจับสลากสุ่มการใช้รองเท้าในการทดสอบก่อน-หลังโดยผู้ทำวิจัยจะเป็นผู้ทำการจำสลากเลือกลำดับการใช้รองเท้าก่อนหลังให้แก่ผู้ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยลำดับใดๆที่ได้สลากที่ระบุชื่อรองเท้าหัวนิ่ม จะเริ่มทำการทดลองการกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวนิ่มเป็นลำดับแรก จากนั้นจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการพักเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงและจะเริ่มทำการทดลองกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวแข็งเป็นลำดับที่สอง

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยลำดับใดๆที่ได้สลากที่ระบุชื่อรองเท้าแข็ง จะเริ่มทำการทดลองการกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวแข็งเป็นลำดับแรก จากนั้นจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการพักเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงและจะเริ่มทำการทดลองกระโดดท่ากรองเจตเต้โดยใช้รองเท้าหัวนิ่มเป็นลำดับที่สอง

3. ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching)หลังจากการจับสลาก เป็นเวลา 10 นาที

4. ทำการติดเม็ดพลาสติกสีเทาเงิน (Reflexion Markers) ในจุดต่างๆของนักบัลเล่ต์ ได้แก่ กลางหน้าผาก รูหู ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ มือ ข้อสะโพกส่วนหน้าและส่วนหลัง โคนขา ต้นขา ข้อเข่าด้านในและด้านนอก หน้าแข้ง ตาตุ่มด้านในและด้านนอก ปลายกระดูกเท้าชิ้นที่ 5 หัวกระดูกเท้าชิ้นที่ 5 กระดูกหัวแม่เท้าทั้งซ้ายและขวา รวม 35 จุด

5. ทำการทดลอง ฝึกซ้อมการกระโดดท่ากรองเจตเต้บนแผ่นวัดแรงเสมือนจริง 5 นาที

6.ทำการทดสอบการกระโดดท่ากรองเจตเต้ลงบนแผ่นวัดแรง 3 ครั้งด้วยรองเท้าที่ได้รับการสุ่มลำดับแรก ทิ้งระยะห่างในการทำการทดสอบ 5 ชั่วโมงแล้วจึงเปลี่ยนเป็นรองเท้าที่ทำการสุ่มลำดับที่ 2

<u>ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ

<u>ความเสี่ยงที่อาจได้รับ</u>

ความเสี่ยงจากงานวิจัยการที่ตัวติดเม็ดพลาสติกสีเทาเงินหลุดออกจากตำแหน่งขณะกระโดดทำให้ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ผลได้ จึงต้องทำให้นักบัลเล่ต์เกิดความเบื่อหน่ายและความเมื่อยล้าจากการกระโดดใหม่ที่เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการป้องกันโดยการนำเทปกาวใสติดทับตัวติดเม็ดพลาสติกสีเทาเงินเพื่อให้ติดแน่นยิ่งขึ้น และความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บและความเมื่อล้าจากการกระโดดที่ไม่ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องและไม่เต็มประสิทธิภาพทำให้ต้องมีการกระโดดใหม่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ผู้วิจัยได้ทำการป้องกันโดยทำความเข้าใจกับนักบัลเล่ต์ในการกระโดดที่สมบูรณ์ พร้อมให้นักบัลเล่ต์มีการฝึกซ้อมการกระโดดขณะที่ทำการติดเม็ดพลาสติกสีเทาเงินเพื่อสร้างความคุ้นเคย และกะระยะทางที่แม่นยำขณะลงสู่พื้น

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วยระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

<u>ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน</u>

ท่านอาจเกิดความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

ท่านจะไม่ได้รับประโยชน์ใดๆจากการเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ แต่ผลการศึกษาที่ได้จะทำให้ทราบถึงค่าของแรงปฏิกิริยาจากพื้นสู่ร่างกายโดยเปรียบเทียบแรงของรองเท้าบัลเล่ต์ทั้ง 2 ประเภท จากการกระโดดท่ากรองเจตเต้เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้รองเท้าบัลเล่ต์ขณะการฝึกซ้อม และนำไปเป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยต่อไปในอนาคต

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถ
ติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นางสาวอรรัตน์ อนุมาตรได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะได้รับค่าชดเชยการเดินทางสำหรับการเข้าร่วมโครงการวิจัยท่านละ 500 บาท (เข้าร่วมวิจัย 1 ครั้ง)

การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือ ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย

การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลของ ท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ผู้ทำวิจัย นางสาวอรรัตน์ อนุมาตร 1873 ถนนพระราม 4 แขวงปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัยและท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
6. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
7. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
8. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดลชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 0-2256-4455 ต่อ 14, 15 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

ภาคผนวก ข

ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย (Consent form)

การวิจัยเรื่องผลของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
ข้าพเจ้า นาง/นางสาว.....ที่อยู่.....ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่ ..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยรวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน อาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย
(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน
(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามข้อมูลเพื่อการคัดกรองเบื้องต้น

หมายเลขผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....

วันที่ .....

แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล
เรื่อง ผลของรองเท้าบัลเล่ต์แบบหัวนิ่มและหัวแข็งต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในท่ากระโดดกรองเจตเต้ในนักบัลเล่ต์
ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน
อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร BMI.....kg/m^2

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการเต้นบัลเล่ต์
1.ลำดับขั้น (Grade) ที่ประจำอยู่ในการเรียนบัลเล่ต์ ณ ปัจจุบัน
.....
2.ประสบการณ์ในการเรียนบัลเล่ต์.....ปี
3.ความถี่ในเรียนและฝึกซ้อมบัลเล่ต์.....ครั้ง/สัปดาห์
4.ความถี่ในการเรียนและฝึกซ้อมบัลเล่ต์.....ชั่วโมง/ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 3 ข้อมูลสุขภาพและประวัติการบาดเจ็บ
1.ท่านเคยบาดเจ็บจนได้รับการผ่าตัดที่ข้อเท้า ข้อเข่า หรือข้อสะโพกหรือไม่ ☐มี ☐
ถ้ามีโปรดระบุ.....
2.ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา ท่านมีการอักเสบ หรือบาดเจ็บแบบเรื้อรังของเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อที่ข้อเท้า ข้อเข่า หรือข้อสะโพกหรือไม่ ☐มี ☐
ถ้ามีโปรดระบุ.....
3.ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บจากการเรียนและฝึกซ้อมบัลเล่ต์หรือไม่ ☐ ☐
ถ้ามีโปรดระบุ.....

ภาคผนวก ง

แบบบันทึกข้อมูลการวิจัย

หมายเลขผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....
วันที่ .....

ลักษณะทางกายภาพ

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม
ส่วนสูง.....เซนติเมตร BMI.....kg/m^2

ข้อมูลจากการทดสอบ

ลำดับการใช้รองเท้าที่ได้รับการสุ่ม (1).....
(2).....

Ground Reaction Force (N)

ครั้งที่	Ballet's Soft Shoed	Ballet's Point Shoes
1		
2		
3		
Average		

หมายเหตุ.....
.....

Joint Forces (N)

ครั้งที่	Ballet's Soft Shoes			Ballet's Point Shoes		
	Ankle	Knee	Hip	Ankle	Knee	Hip
1						
2						
3						
Average						

หมายเหตุ.....

.....

Jump Height (cm)

ครั้งที่	Ballet's soft shoes	Ballet Point Shoes
1		
2		
3		
Average		

หมายเหตุ.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University