

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล

การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผล และอภิปรายผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์ว่าตรงตามวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยหรือไม่ โดยอ้างอิงทฤษฎี และผลจากการวิจัยอื่นที่ได้นำเสนอไว้แล้วดังนี้

1. การศึกษาทางด้านคินเนติกส์
2. การศึกษาทางด้านคินเนแมติกส์
3. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยา กับความเร็วและความสูงของการกระโดด
4. เปรียบเทียบความสามารถของนักกีฬาไทยกับนักกีฬาต่างชาติ

### อภิปรายผล

#### 1. การศึกษาทางด้านคินเนติกส์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้งของการกระโดดตบในนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยมีค่า 2,312.38 นิวตัน และค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้งต่อมวลกายมีค่า 3.62 เท่าของมวลกาย ซึ่งค่าแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้งต่อมวลกายของนักกีฬามีค่าอยู่ระหว่าง 2.97 เท่าของมวลกายถึง 4.32 เท่าของมวลกาย มีค่าใกล้เคียงกับ Christopher (2005) ได้กล่าวไว้ว่าในการกระโดดโดยปกติจะมีค่าของแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งประมาณ 2,500 นิวตัน และ Perttunen (2000) กล่าวว่าแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะที่กระโดดไกลมีค่าประมาณ 2,357 นิวตัน หรือ เกือบ 2.3 เท่าของมวลกาย การกระโดดจะมีแรงมากกว่าการเดินหรือวิ่ง การเดินจะมีแรงปฏิกิริยาประมาณ 0-1.5 เท่าของมวลกาย ในขณะที่การวิ่งจะมีแรงปฏิกิริยาประมาณ 2-3 เท่าของมวลกาย (Nigg, 1986)

ตัวแปรที่ส่งผลต่อแรงในการกระโดดคือการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะที่กระโดดตบ และมวลของร่างกาย ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน  $F = ma$  ( $F$  = แรง,  $m$  = มวลของวัตถุหรือมวลของร่างกาย,  $a$  = ความเร่ง) แรงที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับมวลร่างกายคูณกับความเร่งของร่างกาย กล่าวคือ ในขณะที่นักกีฬาก้าววิ่งแล้วกระโดดขึ้นนั้นเกิดความเร่งที่ตัวนักกีฬาทำให้เกิดแรงขึ้นในกระบวน การกระโดดตบ ซึ่งแรงที่วัดได้ในขณะกระโดดขึ้นตบมาจากมวลคูณความเร่งในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น จนกระทั่งการกระโดดขึ้น ดังนั้นถ้านักกีฬาเริ่มก้าววิ่งด้วยความเร็วก็จะทำให้เกิดการใช้แรงในการกระโดดที่เพิ่มมากขึ้น การเพิ่มความเร็วของร่างกายในขณะที่กระโดดตบของนักกีฬานั้นมาจากการที่

นักกีฬาจะต้องมีระยะทางในการก้าววิ่งกระโดดที่มีระยะทางมากที่สุดของแต่ละคน (สามก้าวกระโดด) และจะต้องมีเวลาในการก้าววิ่งแล้วก็กระโดดที่สั้นที่สุดที่สามารถทำได้ ก็จะทำให้ นักกีฬามีความเร็วเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้เกิดความเร่งเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการใช้แรงที่มากขึ้นด้วย

การใช้แรงในการกระโดดปริมาณมากนั้น นักกีฬาจะต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ที่ดีด้วย เพราะกล้ามเนื้อขาเป็นกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการกระโดด แรงที่เกิดขึ้นนั้นมาจาก แรงดัน (กระแทก) ที่เท้ากระทำกับพื้นในช่วงแรกของการกระโดด เกิดการเคลื่อนตัวของฝ่าเท้า โดยเท้าทำให้เกิดความเร่งของร่างกายในแนวดิ่ง การเคลื่อนไหวนี้เป็นการเกิดในขั้นต้นโดย กล้ามเนื้อ Gastrocnemius และ Soleus ขณะที่กล้ามเนื้อ Tibialis ด้านหน้าหดตัวทำให้กล้ามเนื้อฝ่าเท้าหดตัว ซึ่งพบว่าเกิดการกระตุ้นในช่วงแรกของการกระโดด เกิดความเร่งในแนวดิ่ง จากการเหยียดตัวของ ขาท่อนล่างโดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ Rectus Femoris และกลุ่มกล้ามเนื้อ Vastus ใน ระยะแรก มีการเหยียดตัวของขาท่อนบนซึ่งทำให้เกิดแรงขึ้นโดยการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hamstring ที่เคลื่อนไหวร่วมกับขาทำให้เกิดการกระโดดขึ้น ในทาง กลศาสตร์ของขาเป็นการทำให้เกิดแรงขึ้นต้นโดยกลุ่มกล้ามเนื้อ Gluteus และช่วงการลอยตัวเกิด จากแรงดัน ที่พื้นของขา ทำให้ร่างกายสามารถกระโดดลอยตัวขึ้นในอากาศได้

Wilk et al. (1993) ได้รายงาน bahwa แรงสูงสุดของกล้ามเนื้อจะพัฒนาได้ด้นั้น นักกีฬาจะต้อง ฝึกการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ เพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดการรับรู้ความรู้สึกนั้น ๆ มีผลทำให้ทักษะกลไกของ นักกีฬาสมบูรณ์แบบขึ้น ทั้งนี้ต้องผ่านวงจรการยืดเหยียด (Stretching Shortening Cycle: SSC) หรือ รีเฟล็กซ์ยืด (Stretch Reflex) ที่เป็นการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วโดยกล้ามเนื้อจะเหยียดออกก่อนแล้ว หดสั้นเข้าจึงเกิดแรงโดยทันทีทันใด เป็นการเพิ่มความตึงของระบบประสาทกล้ามเนื้อทำให้เกิด กำลังของกล้ามเนื้อ ได้มากขึ้น (Roundtable, 1986) ซึ่งกล้ามเนื้อจะมีการ (ยืดยาวออก) หดตัวแบบ เอกเซนทริก (Eccentric) และตามด้วยการ (หดสั้นเข้า) หดตัวแบบคอนเซนทริก (Concentric) อย่าง ถัดไป (Bosco, Viitasalo, Komi, & Luhtanen, 1982) ตามหลักสรีรวิทยาได้มีการแสดงให้เห็นว่า กล้ามเนื้อที่มีการยืดยาวออกก่อนที่จะหดตัวจะสามารถหดตัวได้อย่างเต็มกำลังและรวดเร็วมาก (Komi, & Bosco, 1978) และเท้าที่อุ้งฝ่าเท้า (Ball of Foot) สัมผัสพื้นและมีการงอเข้าอย่างรวดเร็ว จะเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) และกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก (Hip Extensors) มีการทำงานแบบยืดยาวออกอย่างรวดเร็ว การลดลงของอัตราความเร็วของร่างกาย อย่างรวดเร็ว (หดตัวแบบเอกเซนทริก) และตามด้วยการเพิ่มขึ้นของอัตราความเร็ว (หดตัวแบบ คอนเซนทริก) ในทิศทางตรงข้าม ผลของการทำงานแบบยืดยาวออกอย่างรวดเร็วจะก่อให้เกิด รีเฟล็กซ์ยืดหรือวงจรการยืดออก-การหดสั้นเข้า ซึ่งเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบสั้นเข้า อย่างเต็มกำลัง (Cavagana, 1977)

## 2. การศึกษาทางด้านคิเนแมติกส์

2.1 ความเร็วของการกระโดดตบ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วจุดศูนย์กลางร่างกายนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยในขณะกระโดดตบมีค่า 4.61 เมตร/วินาที และค่าความเร็วของการกระโดดอยู่ในช่วงระหว่าง 4.12 เมตร/วินาที ถึง 5.06 เมตร/วินาที ซึ่งถือว่าเป็นค่าความเร็วที่มากกว่าการศึกษาของ Coleman et al. (1993) ที่พบว่าความเร็วของจุดศูนย์กลางร่างกายในขณะกระโดดตบ และในขณะกระโดดเสิร์ฟของนักกีฬาวอลเลย์บอลชายทีมชาติอังกฤษมีค่าเท่ากับ 3.59 เมตร/วินาที และ 2.77 เมตร/วินาทีตามลำดับ และในการศึกษาของ Huang et al. (n.d.) พบว่าค่าความเร็วของจุดศูนย์กลางร่างกายในขณะกระโดดตบเท้าเดียวและเท้าคู่แดนหลัง นักกีฬาชายทีมชาติไต้หวันมีค่าเท่ากับ 3.23 เมตร/วินาที และ 3.79 เมตร/วินาที ตามลำดับ และยังได้ศึกษาความเร็วของจุดศูนย์กลางร่างกายในขณะกระโดดตบเท้าเดียวนักกีฬาหญิงทีมชาติไต้หวัน พบว่าค่าความเร็วจุดศูนย์กลางร่างกายในขณะกระโดดตบเท้าเดียวมีค่าเท่ากับ 2.69 เมตร/วินาทีด้วย

ความเร็วในแนวตั้งขณะกระโดดขึ้นตบนั้นมีผลมาจากความเร็วจากการก้าววิ่ง และความเร็วขณะที่เท้าสัมผัสพื้น (Vint & Hinrich, 1996) ที่สำคัญคือความเร็วของการหดตัวและเหยียดตัวของขาที่อ่อนบนและอ่อนล่างในช่วงการย่อตัวเพื่อสร้างแรงในการกระโดด (Pre stretch) การที่นักกีฬาสามารถย่อตัวได้มากแล้วก็ใช้เวลาในการเหยียดตัวด้วยความรวดเร็วขึ้นทำให้เกิดแรงที่มากขึ้นของการกระโดดตบ เป็นผลจากวงจรการยืดเหยียด (SSC) ที่มีการสะสมกำลังงานจากการยืดเหยียด (Elastic Energy) คือมีการหดตัวแบบเอกเซนทริก แล้วตามด้วยการหดตัวแบบคอนเซนทริกอย่างรวดเร็วและแรง โดยใช้เวลาน้อยที่สุด ทำให้เกิดกำลัง (Cavagana, Dusman & Magaria, 1968) ซึ่งข้อดีที่ได้รับจากวงจรการยืดเหยียดจะทำให้ระยะสะสมพลังงาน (Storage Energy) ลดลง จากการฝึกศึกษาในนักกีฬาประเภทกระโดดและนักวิ่งระยะสั้นหรือนักกีฬาอื่น ๆ ที่อาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อแบบความเร็ว-แข็งแรง (Speed-Strength) จะพบว่าข้อเท้าของนักกีฬาจะมีเวลาในการสัมผัสพื้นช่วงสั้น ๆ เพราะนักกีฬาจะมีความสามารถในการใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในระยะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและนำมา ใช้ในระยะกล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้า อย่างไรก็ตามพลังงานศักย์ ที่พัฒนาขึ้นในระยะแรกสามารถสูญเสียไปได้ (ในรูปแบบพลังงานความร้อน) ถ้าการหดตัวแบบเอกเซนทริกไม่ตามด้วยการหดตัวแบบคอนเซนทริกแบบรวดเร็ว จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ต้องพึงระลึกไว้เสมอว่าอัตราความเร็วของการยืดยาวออกจะมีความสำคัญมากกว่าขนาดของการยืดยาวออก เมื่อใช้เวลาเคลื่อนไหวนั้นและรวดเร็วกำลังจะเพิ่มขึ้นมากกว่าการเคลื่อนไหวนานและช้า (สนธยา สีละมด, 2545)

ถ้าจะกล่าวถึงความเร็ว ความเร็วเกิดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทาง ( $V = d / t$  ซึ่ง  $V$  = ความเร็ว,  $d$  = ระยะทาง,  $t$  = เวลา) การที่จะพัฒนาความเร็วให้มากยิ่งขึ้นก็ต้องพัฒนาที่

ระยะทางและเวลา กล่าวคือระยะทางมากเวลาน้อยทำให้มีความเร็วมาก เช่นเดียวกันกับการพัฒนาแรงให้มีมาก ต้องพัฒนากำลังหรือการหดตัวของกล้ามเนื้อให้มีขนาดความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้น แล้วก็ต้องพัฒนาการหดตัวของกล้ามเนื้อให้มีระยะเวลาที่สั้นลงจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกำลังที่ใช้ในแต่ละครั้งของการเคลื่อนไหว การที่จะพัฒนากำลังให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถทำได้โดยอาศัยหลัก 3 ประการคือ

2.1.1 เพิ่มแรงแต่ระยะทางและเวลาคงที่

2.1.2 เพิ่มระยะทางแต่แรงและเวลาคงที่

2.1.3 ลดเวลาขณะที่แรงและระยะทางคงที่

ดังนั้นผลของการฝึกเพื่อพัฒนากำลัง จึงเป็นผลมาจากความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งคำนวณได้จากงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลานั้นคือกำลัง เท่ากับ แรงคูณระยะทางแล้วหารด้วยเวลา หรืองานหารด้วยเวลา ( $P = F \times d / t$  หรือ  $P = W / t$  ซึ่ง  $P =$  กำลัง,  $F =$  แรง,  $W =$  งาน,  $t =$  เวลา,  $d =$  ระยะทาง) ซึ่งหมายถึงถ้าต้องการให้เกิดกำลังของกล้ามเนื้อมาก ก็ต้องทำงานโดยใช้เวลาให้สั้นที่สุด Vint and Hinrichs (1996) ได้กล่าวว่าการพัฒนากำลังหรือกล้ามเนื้อของความเร็วการก้าววิ่ง และความเร็วขณะเท้าสัมผัสพื้นกระโดด จะมีผลทำให้เพิ่มความสามารถในการกระโดดได้ดีขึ้น

2.2 มุมการงอข้อต่อที่เหมาะสมของมุมข้อเท้า ข้อเข่า และข้อศอก จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ามุมการงอข้อเท้า ข้อเข่า และข้อศอกที่เหมาะสมของนักกีฬาโอลิมปิกหญิงทีมชาติไทยในขณะที่ย่อตัวครั้งสุดท้ายก่อนการกระโดดตบนั้นพบว่า ค่าเฉลี่ยมุมที่เหมาะสมของข้อเท้ามีค่าเท่ากับ 78.52 องศา ข้อเข่ามีค่าเท่ากับ 110.40 องศา และข้อศอกมีค่าเท่ากับ 117.15 องศา ซึ่งมีค่าแตกต่างกับการศึกษาของ ชำนาญ ชินสีห์ (2545) ที่ได้ศึกษามุมข้อเท้า ข้อเข่า และข้อศอกของนักกีฬาโอลิมปิกหญิงทีมชาติไทยในขณะที่กระโดดสกัดกั้น ที่มีค่าของมุมข้อเท้าเท่ากับ 94.14 องศา ข้อเข่าเท่ากับ 93.85 องศา และข้อศอกเท่ากับ 85.85 องศา ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้มาจากการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกันคือ การกระโดดสกัดกั้น และการกระโดดตบ เนื่องจากการกระโดดสกัดกั้นนั้นจะไม่มี การเคลื่อนที่ของร่างกายจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งมากนัก เพราะนักกีฬาต้องอยู่หน้าตาข่ายแล้วกระโดดสกัดกั้น หรือก้าวด้านข้างในการกระโดดสกัดกั้น จึงทำให้สามารถย่อตัวได้มากกว่าการกระโดดตบ การกระโดดตบมีการเคลื่อนที่ของร่างกายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง (ประมาณเส้นแบ่งแดนหน้าไปยังตาข่าย) ด้วยความเร็วแล้วเปลี่ยนการเคลื่อนไหวในแนวราบ (Horizontal) มาเป็นการเคลื่อนไหวในแนวตั้ง (Vertical) เพื่อกระโดดขึ้นตบ ด้วยความเร็วจากการก้าววิ่งและความเร็วในการย่อตัวเพื่อกระโดดขึ้นตบทำให้มีมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อศอกที่มากกว่าการกระโดดสกัดกั้น

การที่นักกีฬาขยับตัวก่อนการกระโดดตบนั้น จะเห็นได้ว่ามีความสำคัญและจำเป็นมาก ต่อพลังงานการยืดเหยียด (Elastic energy) ทำให้เกิดการสะสมพลังงานโดยตรง จากกล้ามเนื้อต้นขา ด้านหน้าและกล้ามเนื้อน่อง มุมของข้อเข่าจะต้องสัมพันธ์กับพลังงานการยืดเหยียดภายในกล้ามเนื้อ ต้นขาด้านหน้า ส่วนมุมของข้อเท้าจะมีความสัมพันธ์กับพลังงานการยืดเหยียดภายในมัดกล้ามเนื้อ น่อง จากการวิจัยพบว่านักกีฬาแต่ละคนมีทักษะเฉพาะตัวในการขยับตัว มีมุมของข้อเท้า ข้อเข่า และ ข้อศอกที่เป็นลักษณะเฉพาะที่เกิดจากความแตกต่างจากทักษะกลไก ความยาวของขา ช่วงการ ก้าวกระโดด มวลกาย แรง ความเร็ว และที่สำคัญมาจากเทคนิคเฉพาะตัวของแต่ละคน

จากการทำงานของวงจรการยืดเหยียด (SSC) จะต้องมีการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อสร้างแรงในการกระโดด มีการย่อลำตัวลงเพื่อให้เกิดการยืดตัวของกล้ามเนื้อ (หดตัวแบบ เอกเซนทริก) แล้วหดตัวของกล้ามเนื้อนั้น ๆ (ตามด้วยการหดตัวแบบคอนเซนทริกอย่างรวดเร็ว) เห็นได้ว่าในวงจรการยืดเหยียดทำให้นักกีฬาต้องขยับตัวลง เกิดมุมที่ข้อเท้า ข้อเข่า และข้อศอก เพื่อทำให้เกิดแรงมากที่สุดด้วยความรวดเร็วของการย่อแล้วเหยียดลำตัวช่วงล่าง กระบวนการนี้อาจ เรียกได้ว่าเป็น คิเนแมติกส์ของการเคลื่อนไหวเชิงมุม เพราะเป็นการเคลื่อนไหวของเท้า ขา ท่อนล่าง ขาท่อนบน และ ลำตัวตามเส้นโค้งของวงกลมรอบแกนที่เป็นจุดศูนย์กลางของการหมุนคือ ข้อเท้า ข้อเข่า และข้อศอก เกิดมุม รัศมีการหมุน และระยะทางเชิงเส้น

2.3 ความสูงของการกระโดด จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสูงที่นักกีฬา วอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยสามารถกระโดดได้จากการกระโดดตบนั้น มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 56.11 เซนติเมตร และมีความสูงตั้งแต่ 49 เซนติเมตร ถึง 62 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ การศึกษาของ Huang et al. (n.d.) พบว่าความสูงที่นักกีฬาวอลเลย์บอลชาย (แดนหลัง) และหญิง (เท้าเดียว) ทีมชาติได้หวั่นสามารถกระโดดได้สูงมีค่าเท่ากับ 59.5 เซนติเมตรและ 37.42 เซนติเมตร ตามลำดับ และยังใกล้เคียงกับการศึกษาของ Coleman et al. (n.d.) ที่พบว่าความสามารถในการ กระโดดตบของนักกีฬาวอลเลย์บอลชายทีมชาติอังกฤษสามารถกระโดดได้สูงมีค่าเท่ากับ 62 เซนติเมตร ซึ่งการกระโดดได้สูงนักกีฬาก็จะมีทักษะความสามารถในการเล่นสูง (ธีรบุญเรือง, 2543) และความสามารถในการกระโดดก็มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการตบ ด้วย (วีระ กังฉปศิริรินทร์, 2536)

จากความสูงที่นักกีฬาสามารถกระโดดได้นั้นเป็นผลมาจากความสามารถในการใช้ แรงในขณะกระโดด ความเร็วของการก้าววิ่งและความเร็วขณะกระโดด ที่ส่งผลต่อความสูงของการ กระโดด หรือเรียกว่าระยะทางในแนวดิ่งที่สามารถทำได้ วัดจากจุดศูนย์ถ่วงร่างกายสูงสุดขณะ กระโดดลงด้วยจุดศูนย์ถ่วงร่างกายขณะขึ้นปรกติ เห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสูงของการ กระโดด คือความสูงของนักกีฬา เทคนิควิธีการกระโดด ความเร็ว แรงในการกระโดด การขยับตัว

ก่อนการกระโดดตบ หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องเช่น รองเท้า หักสะกลไกของแต่ละคน หรือแม้กระทั่งระบบกล้ามเนื้อ ยีนส์ พันธุกรรม ที่ส่งผลต่อความสูงการกระโดด ซึ่งนักกีฬาจะต้องกระโดดตบที่ระดับความสูงของตาข่าย 2.24 เมตรของทีมชาติหญิง และทีมชาติชายที่ 2.43 เมตร นักกีฬาจะต้องกระโดดให้ได้ความสูงที่สุดที่สามารถกระโดดตบลูกบอลให้ข้ามตาข่าย และพ้นจากการสกัดกั้นของฝ่ายตรงข้าม ให้ลูกบอลไปตกยังแดนของฝ่ายตรงข้ามให้ได้ ระยะความสูงที่กระโดดได้จะมีผลต่อการตัดสินใจในการตบลูกบอลขณะลอยตัวในอากาศ เพราะถ้ากระโดดได้สูงก็สามารถมองเห็นการสกัดกั้น หรือมีเวลาเล็กน้อยที่สามารถตัดสินใจ ตบลูกบอลเพื่อให้ลูกบอลตกในแดนคู่ต่อสู้ได้

จากการศึกษาทางด้านคิเนติกส์ และทางคิเนแมติกส์ ทำให้ทราบข้อมูลของตัวแปรที่ต้องการจะศึกษา คือ แรงปฏิกิริยาในแนวตั้ง, ความเร็วในขณะกระโดดตบ, มุมการงอข้อต่อที่เหมาะสมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และ ความสูงของการกระโดดพบว่า นักกีฬาโอลิมปิกบอลหญิงทีมชาติไทยนั้นมีความสามารถด้านการใช้แรงปฏิกิริยาในแนวตั้ง, ความเร็วของการกระโดดตบ และความสูงของการกระโดดตบอยู่ในระดับปกติ หรือมีค่ามากกว่าเล็กน้อยในด้านความเร็ว และความสูงของการกระโดดตบเมื่อเทียบกับนักกีฬาหญิงที่มีอายุและระดับความสามารถใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ยังมีค่าใกล้เคียงกับนักกีฬาชายหรือมากกว่าเล็กน้อย ในด้านความเร็วของการกระโดด และความสูงของการกระโดด ซึ่งให้เห็นว่านักกีฬาหญิงทีมชาติไทยน่าจะมีโอกาสที่จะพัฒนาความสามารถในด้าน การใช้แรงในการกระโดด, ความเร็วในการกระโดด, มุมการงอข้อต่อที่เหมาะสม และความสูงการกระโดดได้ดีขึ้น โดยการใช้แรงในการกระโดดเท่าเดิมหรือน้อยลง แต่ให้มีความเร็วและความสูงเพิ่มขึ้นเพื่อเป็นการได้เปรียบเชิงกลของการกระโดด และนักกีฬาหญิงทีมชาติไทยสามารถพัฒนาความสามารถได้จากโปรแกรมการฝึกซ้อมทั้งด้านสมรรถภาพทางกาย หักสะกลไก ความสามารถเฉพาะด้านกีฬา สมรรถภาพทางจิตใจ เพื่อพัฒนาความสามารถให้สูงขึ้นไปอีก

3. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยา กับความเร็วและความสูงของการกระโดดตบ  
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้ง กับความเร็วในขณะกระโดดตบ มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .258

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้ง กับความสูงของการกระโดด ในขณะกระโดดตบ มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -.041

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้ง กับความเร็วในขณะกระโดดตบ และความสูงของการกระโดด พบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ สอดคล้องกับการวิจัยของ Coleman et al. (1993) ที่พบว่ามีความสัมพันธ์ระดับต่ำระหว่างความเร็วแนวตั้งกับความสูงของการ

กระโดดตบ และมีความคล้ายกับการศึกษาของ ชำนาญ ชินสีห์ (2545) ที่ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขากับการกระโดดสกัดกั้นนักกีฬาชาย พบว่ามีความสัมพันธ์ระดับกลางระหว่างความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา กับความสูงของการกระโดดสกัดกั้น ซึ่งในเรื่องความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นก็สามารถอ้างถึงการใช้แรงในการกระโดดของนักกีฬาได้เช่นกัน สาเหตุที่พบว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรอยู่ในระดับต่ำน่าจะมีสาเหตุมาจาก

3.1 ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต่างกัน (มีการหดตัวกล้ามเนื้อของวงจรยืดเหยียด (SSC) และระยะสะสมพลังงาน (Storage Energy) แตกต่างกัน)

3.2 แรงปฏิกิริยา หรือแรงกระแทกมากไม่สามารถรองรับกับจังหวะการยืดหยุ่นของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อต่าง ๆ ในการกระโดดขณะทำการทดลอง ทำให้มีความสัมพันธ์ของแรงกับความสูงมีค่าเป็นลบ

3.3 เทคนิควิธี ความถนัดในการกระโดด ทักษะกลไกในการกระโดดตบของนักกีฬาแต่ละคน เทคนิคความสามารถแบบเฉพาะตัวของนักกีฬาแต่ละคน ทำให้เกิดความแตกต่างกัน แต่ก็ยังอยู่ในรูปแบบของการกระโดดตบแบบเดียวกัน

3.4 ความกังวลในขณะที่ทำการทดลองว่าจะเหยียบไม่ตรงกับแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาสามทิศทาง และลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะกระโดดตบบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาสามทิศทาง ของการวางเท้าในขณะที่กระโดดตบ ที่ต้องจำกัดความกว้างของเท้าทั้งสองให้อยู่บนแผ่นวัดแรง ทำให้เกิดความต่างกันของข้อมูลการกระโดดตบ ในแต่ละคน

4. เปรียบเทียบความสามารถของนักกีฬาไทยกับนักกีฬาดังชาติ จากผลการเปรียบเทียบความสามารถของนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยในด้านความเร็วในขณะที่กระโดดตบ และ ความสูงของการกระโดด กับนักกีฬาดังชาติ คือทีมชาติอังกฤษ และทีมชาติไต้หวันพบว่าในด้านความสามารถของความเร็วในขณะที่กระโดดตบนักกีฬาหญิงทีมชาติไทยมีระดับความสามารถที่สูงกว่านักกีฬาทีมชาติอื่นทั้งชายและหญิง และในด้านความสามารถด้านความสูงที่กระโดดได้นั้น นักกีฬาหญิงทีมชาติไทยมีความสามารถมากกว่านักกีฬาหญิงทีมชาติไต้หวัน แต่เป็นรองจากนักกีฬาชายทีมชาติไต้หวัน และทีมชาติอังกฤษ

สาเหตุหนึ่งน่าจะมาจากเทคโนโลยีในการเก็บข้อมูลมีความแตกต่างกันมากเพราะในการเก็บข้อมูลของนักกีฬาหญิงทีมชาติไทยนั้นใช้กล้องถ่ายภาพซึ่งมีความเร็วในการถ่ายภาพ 200 ภาพต่อวินาที ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ละเอียดกว่าของทีมชาติอื่นที่ใช้กล้องถ่ายภาพที่มีความถี่ 100 - 120 ภาพต่อวินาที จึงไม่สามารถเก็บรายละเอียดได้มาก นอกจากนี้อาจมีสาเหตุมาจากความสมบูรณ์ทางร่างกายของนักกีฬา กล่าวคือ นักกีฬาหญิงทีมชาติไทยมีสมรรถภาพทางกายที่ดี เพราะอยู่ระหว่างการเก็บตัวฝึกซ้อมการแข่งขันกีฬาเอเชียนเกมส์ ณ ประเทศกาตาร์ ในเดือนธันวาคมของปี

พ.ศ. 2549 นี้ จึงทำให้มีความสามารถในการด้านความเร็วดีกว่าชาติอื่น และในด้านความสูงนั้นก็ถือว่าดีกว่านักกีฬาหญิงทีมชาติอื่น แต่น้อยกว่านักกีฬาชายทีมชาติอื่น เนื่องมาจากความแตกต่างทางด้านร่างกาย และเพศ ซึ่งมีผลต่อความสามารถในด้านความสูงของการกระโดดตบ และเมื่อเปรียบเทียบกับลำดับการแข่งขันของนักกีฬาหญิงทีมชาติไทยแล้วพบว่า ในการแข่งขันกีฬา เอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 14 ในปี 2002 (Asian Games BUSAN, 2002) ประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 5 รองจากไต้หวัน, ญี่ปุ่น, เกาหลี และจีน และการแข่งขันกีฬาเวิลด์กรังปรี 2005 (World Grand Prix, 2005) ประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 12 ของโลก

### สรุปผลการวิจัย

1. แรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้ง ในขณะที่กระโดดตบ นักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,312.38 นิวตัน และมีค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้งต่อมวลกายเท่ากับ 3.62 เท่าของมวลกาย
2. ความเร็วในขณะที่กระโดดขึ้นจากพื้น ของการกระโดดตบ นักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 เมตร/วินาที
3. มุมการงอข้อต่อที่เหมาะสมของมุมข้อเท้า ข้อเข่า และข้อศอกของการกระโดดตบ นักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยมีค่าเฉลี่ยมุมข้อเท้าเท่ากับ 78.52 องศา มุมข้อเข่าเท่ากับ 110.40 องศา และมุมข้อศอกเท่ากับ 117.15 องศา
4. ความสูงของการกระโดดในขณะที่กระโดดตบ นักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.11 เซนติเมตร
5. แรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้งมีความสัมพันธ์ระดับต่ำกับความเร็วในขณะที่กระโดดตบ, แรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวตั้งมีความสัมพันธ์ระดับต่ำกับความสูงของการกระโดดในทิศทางตรงข้าม และความเร็วในขณะที่กระโดดตบมีความสัมพันธ์ระดับต่ำกับความสูงของการกระโดด
6. ระดับความสามารถของนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทย ด้านความเร็วในขณะที่กระโดดขึ้นจากพื้นมีความสามารถในระดับสูงกว่าชาติอื่นทั้งทีมชายและทีมหญิง แต่ความสูงของการกระโดดนั้น นักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทยมีความสามารถเป็นรองจากนักกีฬาวอลเลย์บอลชายทีมชาติอังกฤษ และทีมชาติไต้หวัน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทำให้ทราบถึงค่าข้อมูลต่าง ๆ ของตัวแปร และค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรแล้ว ยังทำให้พบว่าในการที่จะพัฒนาความสามารถของนักกีฬาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ควรจะมีการพัฒนาในเรื่องของ แรง และความเร็ว โดยผ่านโปรแกรมการฝึกซ้อมในเรื่อง กำลังและ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควบคู่กันไป (โดยการฝึกซ้อมทักษะเฉพาะด้านควบคู่กับ การฝึกน้ำหนัก และการฝึกแบบพลัยโอเมตริก)

### ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬาที่เกี่ยวข้องกับกีฬาวอลเลย์บอลควรมีการศึกษาในเรื่องของการกระโดดตบในส่วนของลำตัวช่วงบน เช่นการเหวี่ยงแขน การตบ ดูข้อมูลทางคิเนแมติกส์ของข้อมือ แขน ข้อไหล่ ลำตัว เพราะช่วงการลอยตัวและตบบอลนั้นต้องอาศัยแรงจากลำตัว หัวไหล่ แขน ข้อมือในการตบบอล และควรศึกษาแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่ง ขณะที่ร่างกายลงสู่พื้นด้วย
2. ในการศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์กีฬาของนักกีฬาวอลเลย์บอลควรมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของ เพศ และวัยที่มีผลต่อความสามารถของนักกีฬาด้วย เช่นในการศึกษานักกีฬายูวชน, เยาวชน และประชาชน นำข้อมูลทั้งทางด้านคิเนติกส์และคิเนแมติกส์ มาเปรียบเทียบกับกันเพื่อสามารถพัฒนาความสามารถนักกีฬาได้
3. ในการศึกษาทั้งทางคิเนติกส์และทางคิเนแมติกส์ควรจะมีการศึกษาในเรื่องของเวลาของการกระทำด้วย เพื่อสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้แม่นยำกว่า เนื่องจากปัจจัยของการเคลื่อนไหวจะมีองค์ประกอบของ แรง ความเร็ว และเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย
4. จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลของนักกีฬาวอลเลย์บอลในช่วงของการกระโดดขึ้นตบสามารถนำข้อมูลไปแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาความสามารถของนักกีฬาหญิงทีมชาติไทย และในระดับอื่น ๆ ได้อีกด้วย ในส่วนของทักษะการเคลื่อนไหว และควมมีมุมการงอข้อเท้า ข้อเข่า ข้อตะโพกช่วงย่อตัวก่อนกระโดดตบ ประมาณ 78.52 องศา 110.40 องศา และ 117.15 องศาตามลำดับ
5. ในการฝึกซ้อมนักกีฬาควรให้ความสำคัญกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เพราะการใช้แรงในการกระโดดมีมากก็จะมีผลต่อความสามารถในการกระโดดและผลข้างเคียงต่อกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ ข้อต่อของลำตัวช่วงล่างที่ต้องรับมวลมาก ซ้ำ ๆ และเห็นได้ว่านักกีฬาวอลเลย์บอลส่วนใหญ่จะมีอาการบาดเจ็บที่ข้อเท้า ข้อเข่ามากที่สุด ดังนั้นนักกีฬาควรจะต้องฝึกซ้อมความแข็งแรงของลำตัวช่วงล่างให้มีความแข็งแรงมากที่สุด