

ผลของการลดน้ำหนักและการเสริมแมกนีเซียมต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน
อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาทennis



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
สิงหาคม 2559

ผลของการลดน้ำหนักและการเสริมแมกนีเซียมต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน
อิเล็กทรอนิกส์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาเทควันโด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

สิงหาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการลดน้ำหนักและการเสริมแมกนีเซียมต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน
อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาเทควันโด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
สิงหาคม 2559

ปวีณ วียาภรณ์. (2559). ผลของการลดน้ำหนักและการเสริมแมกนีเซียมต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาทennis. ปร.ด. (วิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล, รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานันท์ หงส์รัตนาวรกิจ.

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 การศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์แรกเพื่อศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาทennis และเพื่อเปรียบเทียบผลจากวิธีการลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน รวมถึงเพื่อศึกษาผลการเสริมแมกนีเซียมในขณะลดน้ำหนักต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และสมรรถภาพเฉพาะด้าน

การศึกษาแรก ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาทennis และมีประสบการณ์ในการลดน้ำหนักจำนวน 100 คน (ดัชนีมวลกาย 20 ± 2 กิโลกรัม/ตารางเมตร ประสบการณ์ในการแข่งขัน 9 ± 3 ปี) โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการลดน้ำหนักด้วยวิธีการเพิ่มการออกกำลังกาย (ร้อยละ 100) การลดปริมาณการบริโภคอาหาร (ร้อยละ 95) และการใช้ชุดลดน้ำหนัก (ร้อยละ 87)

การศึกษาที่สอง กลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 10 คน (อายุ 20 ± 1 ปี ดัชนีมวลกาย 22 ± 2 กิโลกรัม/ตารางเมตร) เข้าร่วมการทดลองในช่วงระยะเวลา 7 วัน โดยใช้การศึกษาแบบไขว้กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับพลังงานในปริมาณปกติ (CON) กลุ่มเพิ่มการออกกำลังกายและจำกัดการบริโภคอาหาร (EF) และกลุ่มเพิ่มการออกกำลังกายร่วมกับการใช้ชุดลดน้ำหนักและจำกัดการบริโภคอาหาร (EFS) ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักตัวในกลุ่ม EF และ EFS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม CON ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตามระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและกำลังเฉลี่ยในกลุ่ม EFS มีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มอื่น แต่จากการเปรียบเทียบระดับอิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในด้านอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่ม

การศึกษาที่สาม กลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 10 คน (อายุ 20 ± 1 ปี ดัชนีมวลกาย 22 ± 2 กิโลกรัม/ตารางเมตร) เข้าร่วมการทดลองในช่วงระยะเวลา 7 วัน โดยใช้การศึกษาแบบไขว้กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับพลังงานในปริมาณปกติ (CON) กลุ่มเพิ่มการออกกำลังกายร่วมกับการใช้ชุดลดน้ำหนักและจำกัดการบริโภคอาหาร (WL) และกลุ่ม WL ที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมในปริมาณ 250 มิลลิกรัมต่อวัน (WLM) โดยผลการศึกษาพบว่ากำลังเฉลี่ยในกลุ่ม WLM มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่ม WL ($p = 0.09$) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม CON ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าค่าดัชนีความล้าเฉพาะในกลุ่ม WL มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพเฉพาะด้านในด้านอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่ม

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า นักกีฬาเทควันโดนิยมใช้วิธีการลดน้ำหนักโดยการเพิ่มการออกกำลังกาย การลดปริมาณการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนัก โดยการใช้ชุดลดน้ำหนักอาจส่งผลกระทบต่อการลดระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและกำลังเฉลี่ย นอกจากนี้การเสริมแมกนีเซียมอาจส่งผลกระทบต่อการชะลอการลดลงของประสิทธิภาพเฉพาะด้านที่เป็นผลมาจากการลดน้ำหนัก



EFFECTS OF WEIGHT REDUCTION AND MAGNESIUM SUPPLEMENTATION ON
TESTOSTERONE, ELECTROLYTE LEVELS, AND SPECIFIC PERFORMANCE
IN TAEKWONDO SPORT



Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Doctor of Philosophy degree in Sports and Exercise Science
at Srinakharinwirot University

August 2016

Paween Wiyaporn. (2016). *Effects of weight reduction and magnesium supplementation on testosterone, electrolyte levels, and specific performance in taekwondo sport*. Ph.D. (Sports and Exercise Science). Bangkok. Graduate school, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof. Dr. Supaporn Silalertdetkul, Assoc. Prof. Dr. Tapanee Hongratanaworakit.

This research can be divided into three sections. The first objective of this study was to investigate the weight reduction behaviors of Taekwondo athletes. The second objective was to examine the impact of weight reduction methods on their levels of testosterone, electrolytes, and specific performance. The third objective was to examine the effects of magnesium supplementation during weight loss on testosterone concentrations and specific performance.

In the first study, one hundred young taekwondo athletes who have had experience of body weight reduction participated in this study (BMI, 20 ± 2 kg/m²; experience, 9 ± 3 years). The weight reduction behaviors were assessed through the use of questionnaires. The body weight reduction methods included increasing exercise, reduced food intake, and wearing plastic suit (100%, 95%, and 87% respectively). The second study, ten males (age, 20 ± 1 years; BMI, 22 ± 2 kg/m²) performed seven days of adequate energy intake (CON), increased exercise and restricted energy intake (EF), and increased exercise combined with wearing plastic suit and restricted energy intake (EFS) in a randomized counter-balanced order. Body weight in EF and EFS groups were lower than CON ($p < 0.01$). However, the testosterone concentrations and average power in EFS group tended to be lower than other groups. No significant differences were observed in the electrolyte balance and other specific performance tests between three groups. In the third study, ten males (age, 20 ± 1 years; BMI, 22 ± 2 kg/m²) performed seven days adequate energy intake (CON), increased combined with wearing plastic suit and restricted energy intake (WL), and WL with magnesium supplementation of 250 mg/day (WLM) in a randomized counter-balanced order. The average power in WLM tended to be higher than WL ($p = 0.09$), but lower than CON ($p < 0.05$). Moreover, the fatigue index following WL increased in terms of significance ($p < 0.05$). However, no significant difference was observed in terms of testosterone concentration and specific performance tests between three groups. In conclusion, the top three methods to reduce body weight include increasing exercise, reduced food intake, and wearing a plastic suit. Moreover, the plastic suit may contribute to decreasing testosterone concentrations and average power. Furthermore, magnesium supplementation may help to reduce the decreasing performance rate which results in body weight reduction.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการลดน้ำหนักและการเสริมแมกนีเซียมต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์

และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาคีฬาวันโด

ของ

ปวีณ วิทยาภรณ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมตตา ปิ่นทอง)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐาปนี หงส์รัตนาวรกิจ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐาปนี หงส์รัตนาวรกิจ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วิฑิต มิตรานันท์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถ ความกรุณา ช่วยเหลือ แนะนำ และการดูแลให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล ประธานที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านอาจารย์มีส่วนสำคัญอย่างมากในการส่งเสริมให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ฐาปนี หงส์รัตนาวรกิจ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและดูแลข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ทำปริญญานิพนธ์จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมตตา ปิ่นทอง และ ดร. วิจิต มิตรานันท์ กรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ามาช่วยชี้แนะ และให้คำแนะนำในส่วนที่สามารถเพิ่มเติมให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ผู้ให้คำแนะนำและปรึกษาที่ดีตลอดจนสั่งสอนศิษย์ทั้งในปัจจุบันและในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งผู้วิจัยจะนำคำสอนและคำของท่านทั้งหลายไปเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

ขอขอบคุณพี่น้องร่วมรุ่นวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่อยู่เคียงข้างและคอยให้กำลังใจกันตลอดระยะเวลาหกปีที่ผ่านมา และขอขอบคุณสมาคมเทควันโดแห่งประเทศไทยที่เชื้อเพื่อโอกาสในการเก็บข้อมูลของผู้วิจัย และขอขอบคุณกลุ่มอาสาสมัครที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาสาสมัครกลุ่มนิสิตชั้นปีที่ 2 (รหัสนิสิต 57) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สละเวลามาเป็นอาสาสมัครให้ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อนาวิน-คุณแม่ปิยะรัตน์ วิทยาภรณ์ ที่คอยอบรมดูแล สนับสนุนและสั่งสอนจนกระทั่งผู้วิจัยมีวันนี้ได้ รวมถึงญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนมาโดยตลอดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยดี

ปวีณ วิทยาภรณ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมุติฐานในการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ก๊ีฟ้าเทควันโด.....	8
การลดน้ำหนักในก๊ีฟ้าเทควันโด.....	11
ผลจากวิธีการลดน้ำหนัก.....	14
แมกนีเซียม.....	23
ฮอโมนเทสโทสเตอโรน.....	29
3 การศึกษาที่ 1.....	32
ภูมิหลัง.....	32
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	33
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	33
วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
ผลการวิจัย.....	35
อภิปรายผลการวิจัย.....	38
สรุปผลการวิจัย.....	40

สารบัญ

บทที่	หน้า
4 การศึกษาที่ 2	41
ภูมิหลัง	41
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	42
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	43
วิธีดำเนินการวิจัย	44
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล	52
ผลการวิจัย	52
อภิปรายผลการวิจัย	60
สรุปผลการวิจัย	65
5 การศึกษาที่ 3	66
ภูมิหลัง	66
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	67
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	67
วิธีดำเนินการวิจัย	69
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล	74
ผลการวิจัย	74
อภิปรายผลการวิจัย	82
สรุปผลการวิจัย	85
6 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	86
สรุปผลและอภิปรายผล	86
บรรณานุกรม	90

สารบัญ

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก ก.....	103
ภาคผนวก ข.....	106
ภาคผนวก ค.....	111
ภาคผนวก ง.....	115
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	120



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 รุ้่นน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้แข่งขันประเภทประชาชนในกีฬาเทควันโด.....	11
2 สรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนร้อยละของผู้ที่ลดน้ำหนักและปริมาณการลดน้ำหนัก ในนักกีฬาประเภทต่อสู้.....	12
3 สรุปวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬา.....	13
4 เปรียบเทียบร้อยละของการลดน้ำหนักโดยวิธีการต่างๆ ในกีฬาต่อสู้.....	13
5 ปริมาณพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน.....	14
6 สรุปงานวิจัยผลการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่อประสิทธิภาพ ในการออกกำลังกายและอุณหภูมิร่างกาย.....	20
7 สรุปงานวิจัยผลการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่ออุณหภูมิร่างกาย.....	21
8 สรุปงานวิจัยผลการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและสภาวะ น้ำในร่างกายที่แตกต่างกันต่ออัตราการใช้ไกลโคเจน.....	22
9 หน้าท้องแมกนีเซียมต่อระบบการทำงานของร่างกาย.....	24
10 ปริมาณแมกนีเซียมที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจำแนกตามกลุ่มอายุ และเพศ.....	25
11 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ประสิทธิภาพการแข่งขัน อายุเฉลี่ย ที่เริ่มลดน้ำหนัก ความถี่ในการฝึกซ้อมและจำนวนชั่วโมงการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน.....	36
12 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการบริโภคพลังงานและอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน.....	52
13 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้น โซเดียม โปแตสเซียมและคลอไรด์ของกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก ก่อนและหลังการทดลอง.....	54
14 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการทดสอบกำลังขา และการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัวของของกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก.....	57
15 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาภายหลังการทดลอง ได้แก่ ค่าน้ำหนักตัว ระดับเทสโทสเตอโรน ระดับแมกนีเซียม ระดับอิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน.....	59

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการบริโภคพลังงานและอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน.....	74
17 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบกำลังขา และการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัวของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับ แมกนีเซียม และ กลุ่มได้รับแมกนีเซียม.....	79
18 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาภายหลังการทดลอง ได้แก่ ค่าน้ำหนักตัว ระดับเทสโทสเตอโรน ระดับแมกนีเซียม และสมรรถภาพเฉพาะด้าน.....	81



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2 สนามแข่งขันกีฬาเทควันโดขนาดมาตรฐานสากล.....	10
3 วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม.....	15
4 แสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางระหว่างการออกกำลังกาย ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิปกติ และสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง.....	17
5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงาน (Power output) ที่ได้จากการออกกำลังกายใน สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิปกติ.....	18
6 กลไกการถ่ายเทแมกนีเซียมขณะออกกำลังกาย.....	27
7 กลไกการควบคุมการผลิตฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน.....	30
8 แสดงร้อยละของวิธีที่ใช้ในการลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันของกลุ่มตัวอย่าง.....	37
9 แสดงร้อยละของผลที่เกิดขึ้นหลังจากการลดน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่าง.....	37
10 (ก)เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบกำลังขา การทดสอบกำลังขา (ข)....	45
11 รูปแบบการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว.....	46
12 จักรยานวัดงาน.....	47
13 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลองที่ 2.....	50
14 แผนการดำเนินการทดลองที่ 2.....	51
15 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก.....	53
16 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มทดลองก่อน และหลังการออกกำลังกายตลอดระยะเวลา 7 วัน ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก.....	54
17 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในเลือด ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก.....	55
18 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถทางอนากาสนิยม ได้แก่ (ก) กำลังสูงสุด(ข) กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (ค) กำลังเฉลี่ย (ง) กำลังเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว และ (จ) ดัชนีความล้า ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก....	56
19 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลองที่ 3.....	72
20 แผนการดำเนินการทดลองที่ 3.....	73

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
21 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม.....	75
22 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับแมกนีเซียมในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม.....	76
23 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม.....	77
24 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถทางอวกาศนิยามได้แก่ (ก)กำลังสูงสุด กำลังเฉลี่ย (ง) กำลังเฉลี่ย (ค) กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (ข) ต่อน้ำหนักตัว และ ดัชนีความล้า (จ) ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม.....	
25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกับ กำลังสูงสุด (ข) กำลังการกระโดด (ก) (ค) กำลังเฉลี่ย และ ดัชนีความล้า (ง).....	88

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การลดน้ำหนักในระยะเวลาฉับพลัน (Rapid weight loss) ก่อนการแข่งขัน เป็นวิธีที่นิยมใช้ในนักกีฬากลุ่มกีฬาประเภทต่อสู้ (Kordi; et al. 2011) โดยจากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำหนักตัวของนักกีฬาในกลุ่มกีฬาต่อสู้จะลดลงในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนแมตช์แข่งขันมากที่สุด (Boisseau; et al. 2005, Artioli; et al. 2010; Kordi; et al. 2011; Tsai; et al. 2011) ถึงแม้ว่ากลุ่มกีฬาต่อสู้มีการแบ่งรุ่นน้ำหนักออกเป็นรุ่นต่างๆ (Weight categories) เพื่อป้องกันการได้เปรียบหรือเสียเปรียบทางด้านรูปร่างเมื่อทำการแข่งขัน (Kordi; et al. 2009; Langan-Evans; et al. 2011) เหตุเพราะการลดน้ำหนักเป็นความเชื่อของกลุ่มนักกีฬาที่จะสามารถทำให้ได้เปรียบด้านรูปร่างนักกีฬาคนอื่นๆ เมื่อลดน้ำหนักลงไปแข่งขันในรุ่นน้ำหนักที่ต่ำกว่า (Burke; & Deakin. 2006) อย่างไรก็ตามยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าการลดน้ำหนักแบบฉับพลันจะส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับกีฬาเทควันโด และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในนักกีฬาอย่างไร

วิธีการลดน้ำหนักทั่วไปที่นักกีฬาในกลุ่มกีฬาต่อสู้นิยมใช้ คือ การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร การจำกัดปริมาณน้ำที่บริโภค และการลดปริมาณน้ำในร่างกาย โดยใช้การเขานาหรือสวมใส่เสื้อผ้าพลาสติกคลุมร่างกาย (Brito; et al. 2012) เช่นเดียวกับกีฬาเทควันโดซึ่งเป็นหนึ่งในประเภทกีฬาที่อยู่ในกลุ่มกีฬาประเภทต่อสู้ ที่พบว่านักกีฬาเทควันโดนิยมลดน้ำหนักก่อนการแข่งขัน (Kazemi; et al. 2005) โดยเลือกใช้วิธีการลดน้ำหนักดังที่กล่าวมาข้างต้น เช่น การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย และการจำกัดการบริโภคอาหาร (Fleming; & Costarelli. 2007; Fleming; & Costarelli. 2009) นอกจากนี้ยังพบการใช้ชุดลดน้ำหนักร่วมในการลดน้ำหนัก (ปวีณ วิทยาภรณ์; และ สาลีสฤภาภรณ์. 2554; Fleming; & Costarelli. 2009) และเป็นที่น่าสนใจว่าจากผลงานวิจัยนำร่องที่ผ่านมาที่ระบุว่านักกีฬาเทควันโดนิยมใช้วิธีเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร การสวมชุดลดน้ำหนัก และการจำกัดการบริโภคน้ำในการลดน้ำหนัก โดยนิยมเลือกใช้วิธีดังกล่าวมากกว่า 1 วิธีขึ้นไปในการลดน้ำหนักแต่ละครั้ง (ปวีณ วิทยาภรณ์; และคณะ. 2559) ซึ่งการใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีร่วมกันดังกล่าวอาจยังส่งผลเชิงลบต่อตัวแปรทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะอย่างยิ่งฮอร์โมนที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพหรือประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และสารที่มีส่วนสำคัญซึ่งอาจเกิดการสูญเสียไประหว่างการใช้วิธีการลดน้ำหนักบางวิธี เช่น สารอิเล็กโทรไลต์ เป็นต้น

ฮอริโมนเทสโทสเตอโรนเป็นฮอริโมนสำคัญที่ทำให้มีการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Sinha-Hikim; et al. 2002; Storer; et al. 2003; VanPutte; et al. 2013) และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Cardinale; & Stone. 2006) โดยฮอริโมนเทสโทสเตอโรนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาทั้งเพศชายและหญิง (Woods; & Stanton. 2012) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาในกลุ่มกีฬาสู่ผู้มีการระบว่การลดน้ำหนักโดยการจำกัดการบริโภคอาหารช่วงก่อนการแข่งขันในนักกีฬายูโดส่งผลทำให้ปริมาณของพลังงานที่ได้รับต่อวันลดลงจากปกติ (Boisseau; et al. 2005; Filaire; et al. 2001; Degoutte; et al. 2006) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการลดลงของฮอริโมนเทสโทสเตอโรนร่วมด้วย (Degoutte; et al. 2006; Abedelmalek; et al. 2015) ซึ่งวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารดังกล่าวเป็นหนึ่งในวิธีที่นักกีฬาเทควันโดนิยมใช้และอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอริโมนเทสโทสเตอโรนได้เช่นเดียวกัน

สารอิเล็กโทรไลต์ในร่างกายมีความจำเป็นต่อกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะโซเดียมและโปแตสเซียม (VanPutte; et al. 2013) และการลดน้ำหนักโดยการจำกัดการบริโภคอาหารช่วงก่อนการแข่งขันในนักกีฬาส่งผลทำให้ปริมาณองค์ประกอบของอิเล็กโทรไลต์รวมที่ได้รับต่อวันลดลงจากปกติ (Boisseau; et al. 2005) ซึ่งปกติแล้วอิเล็กโทรไลต์จะถูกขับออกมาพร้อมกับเหงื่อเมื่อร่างกายต้องการระบายความร้อนขณะออกกำลังกาย โดยจะทำให้เกิดการสูญเสียสารอิเล็กโทรไลต์และการเสียสมดุลย์น้ำในร่างกายไปพร้อมกัน (Sawka; & Montain. 2000) โดยหากนักกีฬาที่ทำการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการที่สามารถเร่งอัตราการผลิตเหงื่อเพื่อช่วยในการลดน้ำหนักตัว อาจทำให้ส่งผลกระทบต่อปริมาณอิเล็กโทรไลต์ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการลดประสิทธิภาพและการทำงานของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งการใช้ชุดลดน้ำหนักเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นักกีฬาเทควันโดนิยมใช้เพื่อลดน้ำหนักร่วมกับการฝึกซ้อม โดยเชื่อว่าเป็นการช่วยลดปริมาณน้ำในร่างกายลงผ่านทางเหงื่อ อย่างไรก็ตามอัตราการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายขณะใช้ชุดลดน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงของระดับอิเล็กโทรไลต์จากการใช้ชุดลดน้ำหนักยังไม่เป็นที่แน่ชัดแมกนีเซียมเป็นอิเล็กโทรไลต์ที่สำคัญในร่างกายซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่มีอยู่ในร่างกายกว่า 300 ชนิด และมีส่วนสำคัญในกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อ ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมสมดุลย์ของอิเล็กโทรไลต์ในร่างกายและการผลิตพลังงาน (Swaminathan. 2003; Williams. 2005; Nielsen; & Lukaski. 2006; Laires; & Monterio. 2008) โดยปริมาณของแมกนีเซียมในร่างกายที่ลดลงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง เช่น กล้ามเนื้ออ่อนแรง ตะคริว และการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ เป็นต้น (Crosby; et al. 2013; Wilcock; & Twycross. 2013) การออกกำลังกายเป็นปัจจัยที่ทำให้ร่างกายมีการใช้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้นและแมกนีเซียมยังสามารถสูญเสียออกไปในรูปของเหงื่อขณะออกกำลังกาย (Nielsen; & Lukaski. 2006; Laires; & Monterio. 2008; Resina; et al. 1995) จากการศึกษาผ่านมาพบว่าทำให้แมกนีเซียมส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น (Pulford; & Kass. 2009) นอกจากนี้ส่งผลทำให้เพิ่มระดับของฮอริโมนเทสโทสเตอโรน (Cinar; et al. 2011) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าการให้แมกนีเซียมอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงฮอริโมนเทสโทสเตอโรนและอาจส่งผลต่อสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าพฤติกรรมการลดน้ำหนักโดยเลือกใช้วิธีที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของฮอร์โมน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกัน เพื่อให้เข้าใจถึงผลจากการลดน้ำหนัก ผู้วิจัยจึงออกแบบงานวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักตลอดจนผลจากวิธีการลดน้ำหนักที่นักกีฬาเทควันโดใช้ต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้าน และการให้แมกนีเซียมเสริมระหว่างการลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และสมรรถภาพเฉพาะด้านในชนิดกีฬานี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

- เพื่อศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด
- เพื่อเปรียบเทียบผลจากวิธีการลดน้ำหนักที่ใช้ในนักกีฬาเทควันโด ได้แก่ การเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน
- เพื่อศึกษาผลการใช้แมกนีเซียมในขณะลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหาร ร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ความสำคัญของการวิจัย

- ทำให้ทราบถึงวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด
- ทำให้ทราบผลการลดน้ำหนักด้วยวิธีการเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนัก ต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในนักกีฬาเทควันโด
- ทำให้ทราบผลการใช้แมกนีเซียมขณะลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพเฉพาะด้าน
- สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในนักกีฬาเทควันโด หรือกลุ่มนักกีฬาประเภทต่อสู้ที่ลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันเป็นประจำ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1

ศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือกลุ่มนักกีฬาเทควันโด

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทควันโดเพศชายและหญิง จำนวน 100 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

พฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

การทดลองที่ 2

เปรียบเทียบผลจากวิธีการลดน้ำหนักที่ใช้ในกีฬาเทควันโด ได้แก่ การเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาเทควันโดเพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มนักกีฬาเทควันโดเพศชาย จำนวน 10 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเฉพาะเจาะจง (Purposive random sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระวิธีการลดน้ำหนัก

- ตัวแปรตาม
1. ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน
 2. อิเล็กโทรไลต์
 3. สมรรถภาพเฉพาะด้าน

การทดลองที่ 3

ศึกษาผลการใช้แมกนีเซียมในขณะลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาเทควันโดเพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มนักกีฬาเทควันโดเพศชาย จำนวน 10 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเฉพาะเจาะจง (Purposive random sampling)

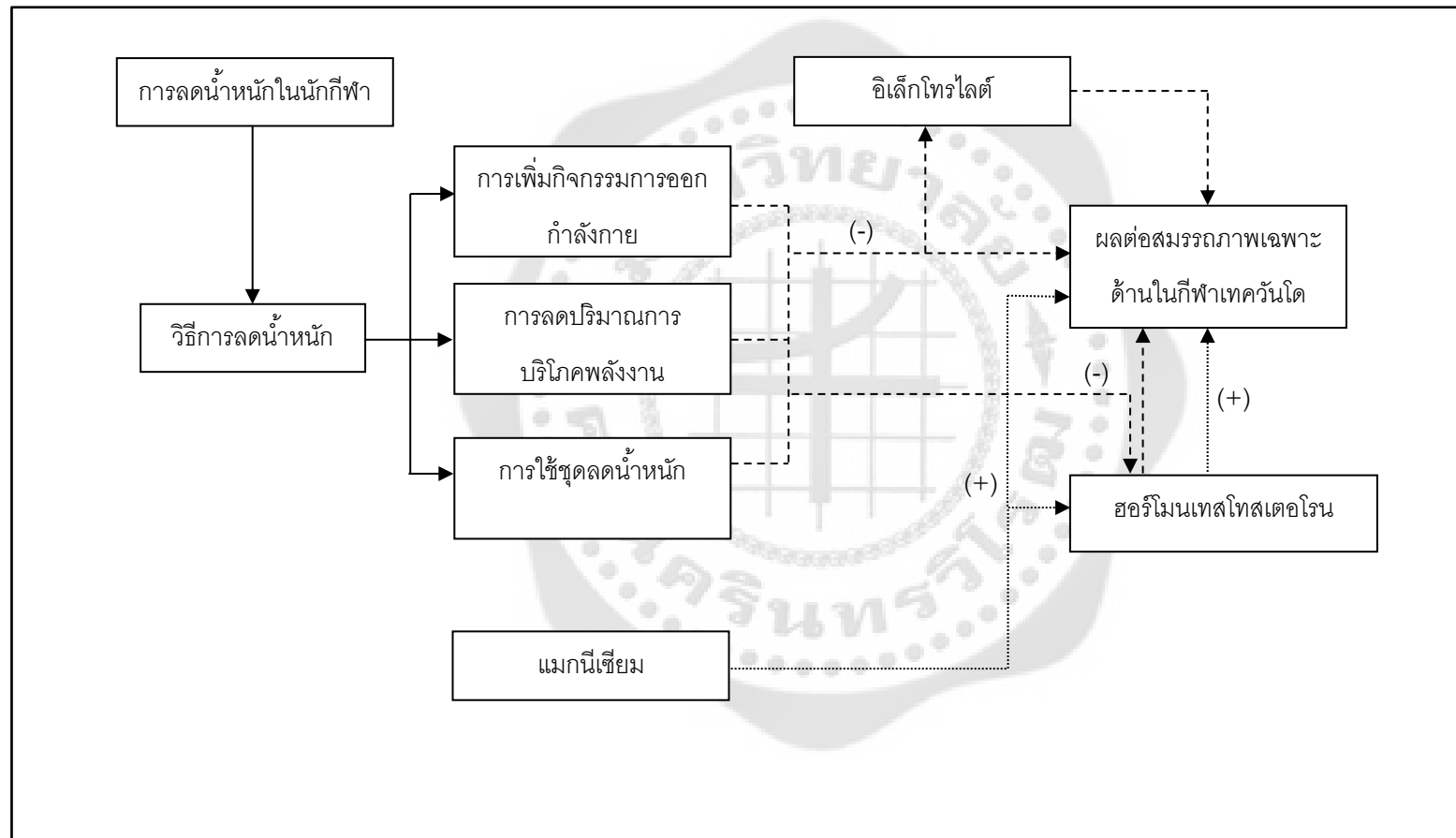
ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระการให้แมกนีเซียม

- ตัวแปรตาม
1. ฮอริโมนเทสโทสเตอโรน
 2. สมรรถภาพเฉพาะด้าน



กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

การทดลองที่ 1

นักกีฬาเทควันโดมีการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายและใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีร่วมกัน

การทดลองที่ 2

การลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกาย และการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนัก ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาเทควันโดแตกต่างกัน

การทดลองที่ 3

การใช้แมกนีเซียมขณะลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพเฉพาะด้าน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี

1. กีฬาเทควันโด
2. การลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด
3. ผลจากวิธีการลดน้ำหนัก
4. แมกนีเซียม
5. ฮอโมนเทสโทสเตอโรน

1. กีฬาเทควันโด

1.1 ประวัติ

เทควันโดเป็นหนึ่งในศิลปะการป้องกันตัวดั้งเดิมของประเทศเกาหลีใต้ที่มีการพัฒนาอย่างเป็นระบบและมีการนำวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการฝึกซึ่งมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องควบคู่กับประวัติศาสตร์อันยาวนานกว่า 5000 ปีของประเทศเกาหลี โดยกีฬาชนิดนี้เป็นมากกว่าการสอนให้รู้จักการป้องกันตัวหรือฝึกความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว หากแต่ยังสามารถใช้หลักการฝึกไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาจิตวิญญาณและการดำเนินชีวิตได้อีกด้วย มา (The World Taekwondo Federation. 2013a)

เทควันโดในยุคปัจจุบันเริ่มขึ้นในช่วงที่เกาหลีใต้ได้รับการประกาศเอกราชเป็นอิสระภาพจากการปกครองของประเทศญี่ปุ่นในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ชาวเกาหลีได้เริ่มฟื้นฟูการเล่นดั้งเดิมต่างๆ ขึ้นมาใหม่หลังจากถูกจำกัดสิทธิในช่วงสงครามโลกจากประเทศญี่ปุ่น กอปรกับอาจารย์ ซอง ดุก คี (Song Duk-ki) ได้มีโอกาสทำการสาธิตศิลปะป้องกันตัวเทควันโดต่อหน้า ฯพล ฯ นาย ซิง มั่น รี (Syngman Rhee) ซึ่งขณะนั้นดำรงตำแหน่งประธานาธิบดีสาธารณรัฐเกาหลี โดยการสาธิตครั้งนั้นได้เป็นการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวิชาศิลปะการต่อสู้แบบเทควันโดกับคาราเต้ของญี่ปุ่นอย่างเห็นได้ชัด จึงคล้ายกับเป็นจุดเริ่มต้นของการฟื้นฟูเทควันโดให้เป็นที่รู้จักอีกครั้ง ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1950-1953 ได้มีการเปิดสถานที่ฝึกเทควันโดขึ้นทั่วประเทศโดยบุคคลผู้มีความชำนาญในการฝึกศิลปะป้องกันตัวและได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสามารถผลิตบุคลากรที่มีคุณวุฒิระดับสายดำจำนวนกว่า 2,000 คน ส่งออกไปเผยแพร่เทควันโดในกว่า 100 ประเทศทั่วโลก และได้มีการยกระดับเทควันโดขึ้นเป็นศิลปะป้องกันตัวประจำชาติในปี ค.ศ. 1971 และต่อมาได้จัดตั้งสำนักงานใหญ่ของเทควันโด

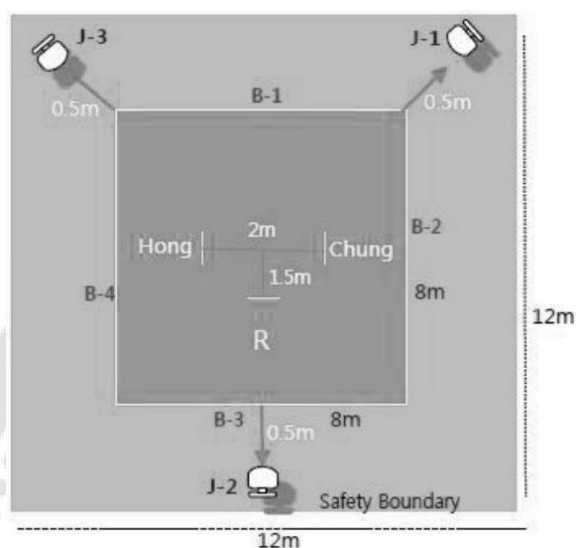
หรือูกูกิวอน (Kukkiwon) ขึ้นในปีถัดมา หลังจากนั้นเทควันโดได้มีการพัฒนารูปแบบจากศิลปะการต่อสู้มาเป็นชนิดกีฬาในปัจจุบันซึ่งได้รับความนิยมมากในกีฬาที่อยู่ในกลุ่มของศิลปะป้องกันตัวโดยอ้างอิงจากจำนวนผู้ที่ให้ความสนใจในการฝึก ภายใต้การควบคุมของสหพันธ์เทควันโดโลก (The World Taekwondo Federation หรือ WTF) ซึ่งก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1973 เพื่อพัฒนาและเผยแพร่การฝึกกีฬาเทควันโด โดยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการโอลิมปิกสากล (International Olympic Committee หรือ IOC) และได้รับการบรรจุเข้าเป็นกีฬาสาธิตในกีฬาโอลิมปิกครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1988 ณ กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ และเมื่อปี ค.ศ. 1992 ณ เมืองบาร์เซโลนา ประเทศสเปน จนกระทั่งได้บรรจุเข้าเป็นหนึ่งในชนิดกีฬาในการแข่งขันโอลิมปิกอย่างเป็นทางการครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 2000 ณ เมืองซีdney ประเทศออสเตรเลีย และในปัจจุบันสหพันธ์เทควันโดโลกมีจำนวนชาติสมาชิกกว่า 190 ประเทศทั่วโลก ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในชาติสมาชิกเช่นกัน (The World Taekwondo Federation, 2013a)

สำหรับประเทศไทยเริ่มรู้จักกีฬาเทควันโดเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2508 โดยมีคณะอาจารย์จากสาธารณรัฐเกาหลีจำนวน 6 คน ที่ได้เดินทางมาทำการสอนเทควันโดให้กับทางทหารสหรัฐอเมริกา ซึ่งตั้งฐานทัพอยู่ในประเทศไทยที่ทำการรบในสงครามเวียดนามและยังได้เปิดสอนเทควันโดให้กับประชาชนทั่วไปด้วย แต่เมื่อกองทัพสหรัฐถอนตัวออกจากประเทศไทยอาจารย์ที่เข้ามาเผยแพร่เทควันโดทั้งหมดก็ได้ย้ายออกไปจากประเทศไทยด้วยเช่นกัน จนกระทั่งปี พ.ศ. 2516 อาจารย์ ซอง คี ยอง (Song Ki Young) ได้รับมอบหมายจากสมาคมเทควันโดแห่งสาธารณรัฐเกาหลีให้เดินทางมาเปิดสอนเทควันโดที่ราชกรีฑาสโมสร และในปี พ.ศ. 2519 ได้เปิดสถานที่ฝึกเทควันโดขึ้นเป็นของตนเอง หลังจากนั้นเทควันโดในประเทศไทยได้มีการเผยแพร่อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งมีจำนวนผู้ฝึกเทควันโดประมาณ 5,000 คน จึงได้ก่อตั้งสมาคมส่งเสริมศิลปะป้องกันตัวเทควันโดขึ้นในปี พ.ศ. 2521 จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2528 สมาคมส่งเสริมศิลปะป้องกันตัวเทควันโดได้เปลี่ยนชื่อเป็นสมาคมเทควันโดแห่งประเทศไทยและได้เข้าเป็นสมาชิกสหพันธ์เทควันโดโลกหรือ The World Taekwondo Federation (WTF) จากนั้นเป็นต้นมา (The World Taekwondo Federation, 2013a; สมาคมเทควันโดแห่งประเทศไทย, 2010)

1.2 กติกาการแข่งขัน

การแข่งขันจะทำการแข่งขันในพื้นที่แข่งขันขนาด 8 x 8 ตารางเมตร (ภาพประกอบ 2.1) โดยแบ่งฝ่ายแข่งขันออกเป็นฝ่ายน้ำเงิน (Chung) และฝ่ายแดง (Hong) ใช้เวลาในการแข่งขัน 3 รอบ รอบละ 2 นาที โดยมีเวลาพักระหว่างรอบ 1 นาที โดยหากภายหลังรอบที่ 3 คู่แข่งขันมีคะแนนเท่ากัน ให้ทำการแข่งขันในรอบที่ 4 ต่อ ซึ่งจะใช้เวลา 2 นาทีเช่นกัน และหากฝ่ายใดทำคะแนนได้ก่อนในรอบนี้ จะถือว่าเป็นผู้ชนะแต่หากยังมีคะแนนเท่ากันโดยไม่มีฝ่ายใดทำคะแนนได้ จะให้ผู้ตัดสินทำการตัดสินชี้ขาด โดยเทคนิคที่อนุญาตให้ใช้ทำคะแนนในการแข่งขันคือการชกและการใช้ส่วนของเท้าตั้งแต่บริเวณ

ข้อเท้าลงไปในการเข้าทำคะแนน และบริเวณที่อนุญาตให้ใช้เทคนิคดังกล่าวเข้าทำคะแนนคือบริเวณลำตัวที่ถูกปกคลุมด้วยเกราะ (Protector) ยกเว้นส่วนของแนวกระดูกสันหลัง และในส่วนของศีรษะจะนับตั้งแต่ส่วนเหนือกระดูกไหปลาร้าขึ้นไป ทั้งนี้การเข้าทำคะแนนในส่วนศีรษะจะอนุญาตให้ใช้ส่วนของเท้าเข้าทำคะแนนได้เพียงเทคนิคเดียวเท่านั้น (The World Taekwondo Federation. 2013b)



ภาพประกอบ 2 สนามแข่งขันกีฬาทควันโดขนาดมาตรฐานสากล

ที่มา: ดัดแปลงจาก The World Taekwondo Federation. (2013b). Retrieved September 1, 2013, from http://www.wtf.org/wtf_eng/site/rules/competition.html

ทั้งนี้การแข่งขันเทควันโดเป็นการแข่งขันในรูปแบบของการปะทะกันโดยตรงของร่างกายระหว่างผู้เข้าแข่งขันสองฝ่าย และในการที่จะลดแรงปะทะระหว่างผู้เข้าแข่งขันจึงได้มีการแบ่งรุ่นน้ำหนักดังตาราง 1 เพื่อคัดกรองนักกีฬาให้มีน้ำหนักอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อไม่ให้มีความได้เปรียบเสียเปรียบหรือเปรียบเทียบทางด้านรูปร่างและแรงที่เกิดจากการปะทะระหว่างแข่งขันรวมถึงเพื่อความปลอดภัยของนักกีฬา (Kordi; et al. 2009; The World Taekwondo Federation. 2013b) โดยจะมีการชั่งน้ำหนักก่อนหน้าวันแข่งขัน และในขณะที่ทำการชั่งน้ำหนักนั้นนักกีฬาจะต้องสวมใส่เฉพาะชุดชั้นในเท่านั้นทั้งเพศชายและหญิง อย่างไรก็ตามนักกีฬาสามารถทำการชั่งน้ำหนักโดยไม่สวมใส่ชุดชั้นในได้หากมีความประสงค์ที่จะทำการชั่งโดยไม่สวมใส่ การชั่งน้ำหนักจะทำการชั่งเพียงครั้งเดียว แต่หากพบว่าน้ำหนักตัวของนักกีฬาเกินพิกัดรุ่นที่เข้าร่วมแข่งขัน นักกีฬาสามารถทำการชั่งน้ำหนักซ้ำได้อีกภายในเวลาที่คณะกรรมการกำหนดไว้ (The World Taekwondo Federation. 2013b)

ตาราง 1 รุ่นน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้แข่งขันประเภทประชาชนในกีฬาทควันโด
(The World Taekwondo Federation. 2013b)

ประเภทชาย		ประเภทหญิง	
รุ่นมาตรฐาน	การแข่งขันกีฬโอลิมปิก	รุ่นมาตรฐาน	การแข่งขันกีฬโอลิมปิก
ไม่เกิน 54 กิโลกรัม	-	ไม่เกิน 46 กิโลกรัม	-
ไม่เกิน 58 กิโลกรัม	ไม่เกิน 58 กิโลกรัม	ไม่เกิน 49 กิโลกรัม	ไม่เกิน 49 กิโลกรัม
ไม่เกิน 63 กิโลกรัม	-	ไม่เกิน 53 กิโลกรัม	-
ไม่เกิน 68 กิโลกรัม	ไม่เกิน 68 กิโลกรัม	ไม่เกิน 57 กิโลกรัม	ไม่เกิน 57 กิโลกรัม
ไม่เกิน 74 กิโลกรัม	-	ไม่เกิน 62 กิโลกรัม	-
ไม่เกิน 80 กิโลกรัม	ไม่เกิน 80 กิโลกรัม	ไม่เกิน 67 กิโลกรัม	ไม่เกิน 67 กิโลกรัม
ไม่เกิน 87 กิโลกรัม	-	ไม่เกิน 73 กิโลกรัม	-
87 กิโลกรัมขึ้นไป	80 กิโลกรัมขึ้นไป	73 กิโลกรัมขึ้นไป	67 กิโลกรัมขึ้นไป

2. การลดน้ำหนักในกีฬาทควันโด

กีฬาทควันโดมีกติกการแข่งขันที่จำกัดน้ำหนักเพื่อลดความได้เปรียบหรือเสียเปรียบระหว่างผู้เข้าร่วมแข่งขัน อย่างไรก็ตามสิ่งที่พบในพฤติกรรมของนักกีฬาช่วงก่อนหน้าการแข่งขันโดยส่วนมากคือการลดน้ำหนักตัว สาเหตุเพราะความเชื่อที่สามารถสร้างความได้เปรียบให้กับนักกีฬา ผู้ทำการลดน้ำหนักลงในรุ่นที่ต่ำกว่าน้ำหนักตัวปกติเมื่อเทียบกับนักกีฬาที่ไม่ได้ลดน้ำหนักตัว (Burke; & Deakin, 2006) ยกตัวอย่างเช่น หากนักกีฬาชายที่มีน้ำหนักเกิน 63 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 68 กิโลกรัมลดน้ำหนักลงแข่งขันในรุ่นไม่เกิน 63 กิโลกรัม จะมีความได้เปรียบเมื่อเทียบกับนักกีฬาที่ไม่ได้ลดน้ำหนัก หรือมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 58 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 63 กิโลกรัม เป็นต้น

ข้อได้เปรียบดังกล่าวคือทำให้มีรูปร่างใหญ่กว่าและมวลกล้ามเนื้อที่สามารถสร้างแรงได้มากกว่า และมีข้อได้เปรียบในด้านของความยาวของช่วงขาซึ่งใช้เป็นอาวุธหลักในกีฬาทควันโด (Burke; & Deakin. 2006; Fogelholm. 1994) และไม่เฉพาะในกีฬาทควันโดเพียงเท่านั้น ในชนิดกีฬาอื่นที่มีกติกการแข่งขันแบ่งรุ่นน้ำหนักได้พบว่ามีการใช้วิธีการลดน้ำหนักก่อนการแข่งขันเช่นเดียวกัน ดังแสดงในตาราง 2 ที่สรุปความชุกและปริมาณน้ำหนักที่ลดลงในช่วงก่อนการแข่งขันในสี่ประเภทกีฬา ได้แก่ เทควันโด ยูโด มวยปล้ำ และมวยสากลอาชีพ พบว่านักกีฬามีมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปทั้งในเพศชายและเพศหญิงที่ทำการลดน้ำหนักก่อนการแข่งขัน และปริมาณน้ำหนักที่ลดลงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.7-9.4 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักที่ลดลงนี้อาจส่งผลกระทบต่อร่างกายของนักกีฬาหากลดในปริมาณที่มากเกินไป (Kazemi; et al. 2005; Fleming; & Costarelli. 2009; Brito; et al. 2012; Artioli; et al. 2010; Kordi; et al. 2011)

ตาราง 2 สรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนร้อยละของผู้ที่ลดน้ำหนักและปริมาณการลดน้ำหนัก
ในนักกีฬาประเภทต่อสู้

ชนิดกีฬา	จำนวนร้อยละ	ปริมาณน้ำหนักที่ลด	อ้างอิง
เทควันโด (n=14)	ไม่ระบุ	2-8 กิโลกรัม	ปวีณ วัยภรณ์ และ สาลี สุภาภรณ์ (2554)
เทควันโด (n=28)	53	ไม่ระบุ	Kazemi; et al. (2005)
เทควันโด (n=30)	87	1-6 กิโลกรัม	Fleming; & Costarelli (2009)
ยูโด (n=145)	63	5.6±2.2 กิโลกรัม	Brito; et al. (2012)
ยูโด (n=822)	89	ร้อยละ 2-5 ของน้ำหนัก (ไม่รวมรุ่นเฮฟวี่เวท) ตัว	Artioli; et al. (2010)
มวยปล้ำ (n=436)	62	ร้อยละ 3-5 ของน้ำหนัก ตัว	Kordi; et al. (2011)
มวยสากลอาชีพ	ไม่ระบุ	9.4 กิโลกรัม	Morton; et al. (2010)

การประเมินวิธีการลดน้ำหนักจากช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการลดน้ำหนักจะสามารถแบ่งวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬาได้ออกเป็นสองวิธี คือ การลดน้ำหนักลงอย่างรวดเร็ว (Rapid weight loss) คือ วิธีการลดน้ำหนักโดยในระยะเวลาก่อนหน้าการแข่งขันไม่เกิน 1 อาทิตย์จนถึงวันก่อนหน้าการแข่งขัน และการลดน้ำหนักแบบลดลงเป็นขั้น (Gradual weight loss) คือ วิธีการควบคุมปริมาณน้ำหนักให้ลดลงในปริมาณครั้งละไม่มากโดยใช้เวลามากกว่า 1 อาทิตย์ขึ้นไป อย่างไรก็ตามวิธีการที่นักกีฬาใช้เพื่อลดน้ำหนักจะมีความคล้ายคลึงกันทั้งการลดน้ำหนักลงอย่างรวดเร็วและแบบเป็นขั้น โดยจากผลการศึกษาสามารถสรุปวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬาประเภทต่อสู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 วิธีหลัก ดังตาราง 3 คือ การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายให้มากกว่าปกติ การเลือกบริโภคอาหาร และการลดปริมาณน้ำในร่างกาย (Brito; et al. 2012; Artioli; et al. 2010a; Kordi; et al. 2011; Fleming; & Costarelli. 2009) การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายหมายถึงการฝึกนอกเหนือจากโปรแกรมการฝึกตามปกติเพื่อเพิ่มอัตราการใช้พลังงานหรือมีการสันดาปพลังงานให้มากขึ้น ส่วนวิธีการลดปริมาณน้ำในร่างกายจะประกอบด้วยวิธีการต่างๆ กัน และวิธีการใช้ยาขับปัสสาวะหรือยาระบาย ถึงแม้ว่าจะเป็นวิธีที่ถูกห้ามใช้โดย World anti-doping agency หรือ WADA แต่จากผลการศึกษายังพบว่ามีการใช้วิธีการดังกล่าวในการลดน้ำหนัก

ตาราง 3 สรุปวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬา

การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย	การเลือกบริโภคอาหาร
การลดปริมาณน้ำภายในร่างกาย	ลดปริมาณการบริโภคอาหารในแต่ละมื้อ
จำกัดการบริโภคน้ำ	จำกัดการบริโภคอาหารบางมื้อ
การเสนา	จำกัดการบริโภคอาหารตลอดวัน
ใส่ชุดลดน้ำหนัก	บริโภคอาหารแคลอรีต่ำ
การให้ยาขับปัสสาวะหรือยาระบาย	จำกัดการบริโภคอาหารประเภทไขมัน
การขับน้ำลาย	จำกัดการบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต

การลดน้ำหนักด้วยวิธีการเลือกบริโภคอาหารในนักกีฬาที่พบโดยส่วนมากจะเป็นการจำกัดหรือการลดปริมาณการบริโภคอาหารในรูปแบบต่างๆกัน ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจทำให้ปริมาณพลังงานที่ร่างกายได้รับต่อวันลดลง และหากนักกีฬาใช้วิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการลดน้ำหนักโดยวิธีอื่น ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายที่มากกว่าปกติ พลังงานที่ได้รับจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ถึงแม้ว่าวิธีการลดน้ำหนักจะมีหลายวิธี แต่การเลือกใช้วิธีลดน้ำหนักของนักกีฬาก็จะมีความคล้ายคลึงกันในกลุ่มกีฬาประเภทต่อสู้ โดยดูได้จากตาราง 4 ที่เป็นผลการศึกษาของ Brito; et al. (2012) ที่เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการลดน้ำหนักก่อนการแข่งขันในชนิดกีฬาต่างๆ ซึ่งมีความใกล้เคียงกันและวิธีที่นิยมใช้มากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปโดยนับจากจำนวนรวมทุกชนิดกีฬา คือ การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย การเลือกบริโภคอาหารที่มีแคลอรีต่ำ การเสนาหรือการใส่ชุดลดน้ำหนัก โดยทั้งสามวิธีที่นักกีฬานิยมใช้เป็นหลักนี้อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและแข่งขัน

ตาราง 4 เปรียบเทียบร้อยละของการลดน้ำหนักโดยวิธีการต่างๆ ในกีฬาต่อสู้ (Bruto; et al. 2012)

วิธี	ยูโด (n=145)	ยูยิตสู (n=155)	คาราเต้ (n=130)	เทควันโด (n=150)	รวม (n=580)
เพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย	96.7	85.3	92.4	88.4	90.7
เลือกบริโภคอาหารแคลอรีต่ำ	68.1	68.2	64.1	70.5	67.7
เสนาหรือใส่ชุดลดน้ำหนัก	44.0	55.7	47.8	52.6	50.0
จำกัดการบริโภคคาร์โบไฮเดรต	33.0	40.9	48.9	56.8	44.9
รับประทานยาขับปัสสาวะหรือยาระบาย	13.2	39.8	41.3	42.1	34.1
จำกัดการบริโภคไขมัน	16.5	47.7	20.7	47.4	33.1
จำกัดการบริโภคน้ำ	23.1	27.3	39.1	41.1	32.7

3. ผลจากวิธีการลดน้ำหนัก

3.1 ผลการจำกัดการบริโภคอาหาร

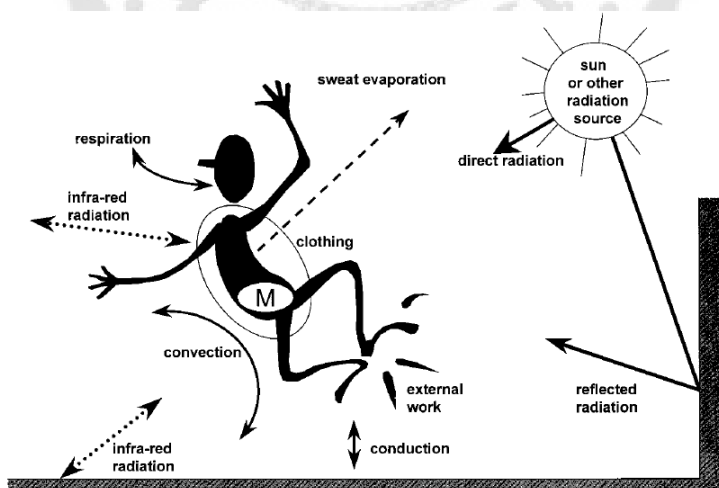
การจำกัดการบริโภคอาหาร โดยวิธีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการลดปริมาณการบริโภคอาหารในแต่ละมื้อ การจำกัดการบริโภคอาหารบางมื้อ การจำกัดการบริโภคอาหารตลอดวัน การจำกัดการบริโภคอาหารประเภทไขมันและคาร์โบไฮเดรต รวมถึงการเลือกบริโภคอาหารที่มีแคลอรีต่ำ ต่างส่งผลกระทบต่อปริมาณพลังงานรวมที่ได้รับต่อวัน ดังเช่นจากการศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโดที่ระบุว่าการบริโภคพลังงานลดลงจาก 2,257 เป็น 1,464 กิโลแคลอรีต่อวัน (Fleming; & Costarelli. 2007) และศึกษาในกีฬาชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในกลุ่มกีฬาต่อสู้ คือ กีฬายูโด ที่พบว่าการลดปริมาณการบริโภคพลังงานลงเช่นเดียวกัน (Boisseau; et al. 2005; Filaire; et al. 2001) ซึ่งจากผลดังกล่าวแสดงถึงปริมาณพลังงานที่ไม่เพียงพอสำหรับความต้องการของร่างกายนักกีฬาที่ได้รับในช่วงสัปดาห์ก่อนหน้าการแข่งขัน เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในตาราง 5 โดยไม่เพียงมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับกลุ่มของบุคคลที่มีกิจกรรมทางกายในระดับปานกลางหรือหนัก (Moderately active – very active) ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาแต่ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของกลุ่มบุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับเบา (Sedentary) เนื่องจากพลังงานรวมที่ได้รับในแต่ละวันไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้และหากใช้ร่วมกับวิธีการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายอาจทำให้ส่งผลต่อระบบพลังงานที่สะสมในร่างกาย ยกตัวอย่างเช่น พลังงานสำรองหรือปริมาณไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในตับและกล้ามเนื้ออาจลดน้อยลงและส่งผลถึงประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและแข่งขันได้

ตาราง 5 ปริมาณพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน (Lee; & Nieman. 2010)

เพศ	กิโลแคลอรี
ชาย (70 กิโลกรัม)	
บุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับเบา (Sedentary)	2,500
บุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับปานกลาง (Moderately active)	3,000
บุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับหนัก (Very active)	4,500
หญิง (56 กิโลกรัม)	
บุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับเบา (Sedentary)	2,100
บุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับปานกลาง (Moderately active)	2,500
บุคคลที่มีกิจกรรมทางกายระดับหนัก (Very active)	3,000

3.2 ผลการใช้ชุดลดน้ำหนักต่อการระบายความร้อนของร่างกาย

ผลการศึกษาที่ผ่านมาจะระบุว่านักกีฬาเลือกใช้การเสกนาและการใช้ชุดลดน้ำหนักสำหรับการลดน้ำหนักมากเป็นอันดับที่ 3 หรือคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ (Brito; et al. 2012) โดยการเสกนาเป็นการขับเหงื่อออกจากร่างกายโดยวิธี Passive เช่นเดียวกับการใช้ชุดลดน้ำหนักที่ทำให้มีการขับเหงื่อขณะสวมใส่ร่วมกับการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามไม่มีผลการศึกษาด้านสรีรวิทยาที่แน่ชัดสำหรับการใช้ชุดลดน้ำหนักหรือกลไกที่เกิดขึ้นภายใน แต่กลไกที่เกิดขึ้นอาจเป็นลักษณะของการขัดขวางการระบายความร้อนของร่างกายซึ่งเป็นผลทำให้ร่างกายต้องผลิตเหงื่อมากขึ้นเนื่องจากมีความต้องการการระบายความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น หรือเปรียบได้ว่าเป็นการจำลองสภาพภูมิอากาศร้อนโดยการสวมใส่ชุดลดน้ำหนัก เพราะปัจจัยที่มีความสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อมนอกเหนือจากปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมอย่างเช่นความร้อนคือความเป็นฉนวนของชุดที่สวมใส่ขณะออกกำลังกาย (Clothing insulation) ที่ทำหน้าที่ในการขัดขวางความร้อนและความชื้นที่ส่งผ่านจากผิวหนังสู่สภาพแวดล้อม (ภาพประกอบ 3) (Havenith. 2002) ซึ่งหากเป็นการออกกำลังกายร่วมกับการใส่ชุดลดน้ำหนักที่ผลิตด้วยวัสดุประเภทพลาสติกสังเคราะห์ซึ่งมีความเป็นฉนวนสูงอาจส่งผลให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดการขัดขวางการระเหยของเหงื่อ (Gavin. 2003) โดยในกรณีดังกล่าวร่างกายจะตอบสนองโดยการหลั่งเหงื่อในปริมาณมากซึ่งไม่ได้หมายความว่าเมื่ออัตราในการระบายความร้อนออกจากร่างกายที่เพิ่มขึ้นเหตุเพราะการระเหยโดนขัดขวางจากความเป็นฉนวนของชุดจึงทำให้ร่างกายจำเป็นต้องเร่งระบายความร้อน อันเป็นเหตุให้มีการสูญเสียน้ำในร่างกายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Weller. 2005)



ภาพประกอบ 3 วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม

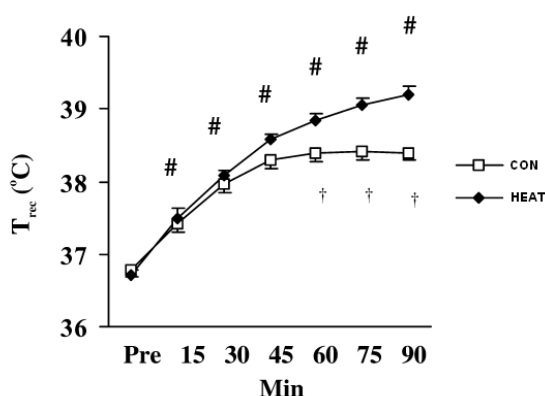
ที่มา: Havenith, G. (1999). Heat balance when wearing protective clothing. *The Annals of Occupational Hygiene*. 43(5), 289-296.

ปกติแล้วร่างกายของคนเรามีการผลิตความร้อนตลอดเวลาซึ่งเป็นผลจากกระบวนการสันดาปพลังงาน (Metabolism) ซึ่งทำให้ความร้อนในร่างกายเพิ่มสูงขึ้น (Bouchama; & Knochel. 2002) และหากสมดุลย์ของความร้อนภายในร่างกายเปลี่ยนแปลงโดยมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ร่างกายจะรักษาสมดุลย์ความร้อนภายในร่างกายให้เป็นปกติด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมที่อยู่ล้อมรอบ โดยระบายความร้อนออกสู่สภาพแวดล้อมโดย 3 วิธีคือ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การพาความร้อน (Convection) และการระเหิด (Evaporation) (Brotherhood, 2008) ซึ่งในขณะที่พักร่างกายจะใช้การแผ่ความร้อนและการพาความร้อนเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกายเป็นหลัก แต่ในขณะที่ออกกำลังกายร่างกายจะใช้วิธีการระบายความร้อนโดยอาศัยการระเหิดของเหงื่อเป็นหลักโดยคิดเป็นสัดส่วน 80 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิธีอื่น (Weller. 2005)

การระเหยของเหงื่อขณะออกกำลังกายเป็นกลไกที่ร่างกายพยายามควบคุมอุณหภูมิแกนกลางร่างกาย ที่เพิ่มสูงขึ้นจากกระบวนการสันดาปพลังงานขณะทำกิจกรรมการออกกำลังกาย (Brotherhood. 2008) ซึ่งหากเป็นการออกกำลังกายในสภาพอากาศปกติการสูญเสียเหงื่อจากการออกกำลังกายอาจไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิแกนกลางร่างกายในระดับที่เป็นอันตราย อย่างไรก็ตามหากเป็นการออกกำลังกายและมีการสูญเสียน้ำในรูปของเหงื่อจากกระบวนการระบายความร้อนในปริมาณมากดังเช่นการใช้ชุดลดน้ำหนักร่วมกับการฝึกซ้อม อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของปริมาณน้ำเลือด (Plasma volume) ซึ่งมีผลมาจากจากกลไกของร่างกายที่พยายามรักษาอุณหภูมิร่างกายให้เป็นปกติโดยการหลั่งเหงื่อเพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกายในขณะที่ใส่ชุดลดน้ำหนัก การขาดช่วงการระเหยของเหงื่อมีผลทำให้ปริมาณน้ำเลือดลดลงจากระดับปกติและลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายในอุณหภูมิปกติ (Hosick; et al. 2010) และการลดลงของปริมาณน้ำในร่างกายจะกระทบต่อระบบการระบายความร้อนทำให้ลดประสิทธิภาพลงและเป็นผลทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในร่างกายเพิ่มขึ้น ซึ่งจะกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางร่างกาย

ปกติแล้วอุณหภูมิปกติโดยเฉลี่ยของร่างกายในขณะที่พักอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส (Bouchama; & Knochel. 2002; Havenith. 2002) อย่างไรก็ตามขณะทำกิจกรรมการออกกำลังกายหรือกิจกรรมอื่นๆ ที่ทำให้มีการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางร่างกายในช่วง 36.5-38.5 องศาเซลเซียส จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายในขั้นรุนแรง (Moran; & Mendel. 2002) แต่หากเป็นการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงอาจทำให้อุณหภูมิแกนกลางร่างกายเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 4 ที่แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนกลางร่างกายขณะออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยค่าของอุณหภูมิแกนกลาง

ร่างกายในกลุ่มที่ออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อน (35 องศาเซลเซียส) สูงขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายในสภาพอากาศปกติ (15 องศาเซลเซียส) ตั้งแต่นาทีที่ 60 ของการทดลองจนถึงจุดสิ้นสุดการทดลองและเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่มากกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะ Hyperthermia ซึ่งเป็นภาวะที่อุณหภูมิแกนกลางสูงขึ้นมากกว่าปกติจนเป็นเหตุให้ระบบภายในร่างกายลดประสิทธิภาพในการทำงานลงหรือภาวะ Heat exhaustion ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (Bouchama; & Knochel. 2002)

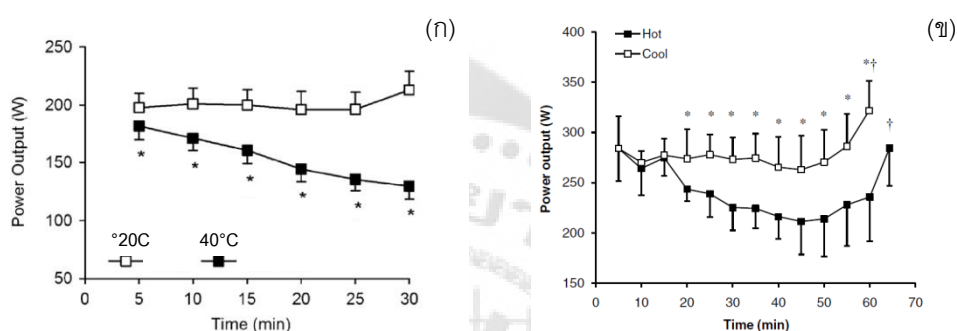


ภาพประกอบ 4 แสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางระหว่างการออกกำลังกาย สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิปกติ (CON) และสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (HEAT)

ที่มา: Starkie, R. L., Hargreaves, M., Rolland, J., Febbraio, M. A. (2005). Heat stress, cytokine, and the immune response to exercise. *Brain Behavior and Immunity*, 19, 404-412.

นอกจากการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะกระทบต่ออุณหภูมิแกนกลางร่างกายซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายแล้วยังอาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายลดลง (Maughan; et al. 2007) ดังเช่นผลจากการศึกษาของ Schlader; et al. (2011) ที่แสดงในภาพประกอบ 5 (ก) ที่ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกกำลังกายในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิประมาณ 40°C กับ 20°C ผลปรากฏว่าการออกกำลังกายที่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 40°C ทำให้ปริมาณงานรวมที่วัดได้น้อยกว่าการทดสอบที่อุณหภูมิ 20°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) รวมถึงกำลัง (Power output) ที่ต่างกันทุกช่วงในการทดสอบ ($p < 0.05$) ซึ่งผลดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการศึกษาก่อนหน้าของ Périard; et al. (2010) ที่พบว่าปริมาณกำลังที่วัดได้ในกลุ่มที่ทดสอบการออกกำลังกายในความร้อนมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายในอุณหภูมิปกติ (35 และ 20 องศาเซลเซียสตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทุกช่วงในการทดสอบ ($p < 0.05$) (ภาพประกอบ 5 (ข))

ผลดังกล่าวเป็นเพียงผลกระทบจากการออกกำลังกายในความร้อนขณะที่ร่างกายมีปริมาณน้ำเป็นปกติ (Euhydrate state) เท่านั้น แต่เนื่องจากการออกกำลังกายจะมีการสูญเสียน้ำออกไปจากการระบายความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อจำนวนมากและหากไม่มีการชดเชยหรือได้รับการชดเชยน้ำกลับคืนสู่ร่างกายในปริมาณที่ไม่เพียงพอทั้งขณะและหลังการออกกำลังกายอาจทำให้ร่างกายอยู่ในสภาวะขาดน้ำ (Dehydration) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการออกกำลังกายในครั้งต่อไปได้ในกรณีที่ต้องปฏิบัติกิจกรรมเช่นนี้เป็นประจำอย่างต่อเนื่องทุกวันเช่นเดียวกับการใช้ชุดลดน้ำหนักร่วมกับการฝึกซ้อมเพื่อลดน้ำหนักตัวในนักกีฬา



ภาพประกอบ 5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงาน (Power output) ที่ได้จากการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิปกติ

ที่มา: (ก) Schlader, Z. J., Stannard, S. R., & Mündel, T. (2011). Evidence for thermoregulatory behavior during self-paced exercise in the heat. *Journal of Thermal Biology*, 36(7), 390-396. (ข) Périard, J. D., Cramer, M. N., Chapman, P. G., Caillaud, C., & Thompson, M. W. (2010). Cardiovascular strain impairs prolonged self-paced exercise in the heat. *Experimental Physiology*, 96(2), 134-144.

3.3 ผลการเสียน้ำของร่างกาย

ร่างกายคนเราประกอบด้วยน้ำปริมาณกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โดยถ้าหากเกิดการสูญเสียน้ำในร่างกายออกป็น้อยกว่า 2% เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวในขณะพักจะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายหรือประสิทธิภาพการทำงานในระบบต่างๆ ของร่างกายขณะออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิค่อนข้างเย็นหรือเป็นปกติ (ประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส หรือประมาณ 21-22 องศาเซลเซียส) (Coyle. 2004) รวมถึงในสภาพอากาศร้อน ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Otani; et al. (2006) ที่แสดงว่าการขาดน้ำเพียง 1% ของน้ำหนักตัวไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อน

(32 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์) แต่หากเป็นการออกกำลังกายในภาวะขาดน้ำที่มากกว่า 2% เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายได้แม้ว่าเป็นการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิปกติ (Cheuvront; et al. 2005; Paik; et al. 2009) นอกจากนี้หากเป็นการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและในขณะร่างกายอยู่ในภาวะขาดน้ำต่างส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายแบบอดทน (Endurance exercise) ทั้งในแง่ของปริมาณงานที่ทำได้ (Self-paced exercise) หรือระยะเวลา (Time to exhaustion หรือ TTE) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทั้งสองปัจจัย คือ ความร้อนจากสภาพอากาศและภาวะน้ำที่ขาดสมดุลย์จะส่งผลกระทบต่อความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในร่างกายจนอาจส่งผลกระทบต่อระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย ยกตัวอย่างเช่น อัตราการสลายพลังงานที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจน (Glycogen) เนื่องจากมีผลการศึกษาว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในร่างกายในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลให้มีอัตราการสลายตัวของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่สูงกว่าปกติขณะออกกำลังกาย (Parkin; et al. 1999; Jentjens; et al. 2002; Starkie; et al. 2005; Hargreaves. 2008) เช่นเดียวกับภาวะน้ำในร่างกายที่ต่ำกว่าปกติซึ่งเป็นสาเหตุให้มีอัตราการสลายตัวของไกลโคเจนมากกว่าปกติในขณะออกกำลังกาย (Logan-Sprenger; et al. 2012) จนอาจกระทบต่อปริมาณงานรวมถึงระยะเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้ผลกระทบต่ออุณหภูมิแกนกลางร่างกายจะยิ่งเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกกำลังกายภายใต้สภาพอากาศร้อนร่วมกับสภาวะการขาดน้ำของร่างกาย (Murray. 2007; Buono; & Wall. 2000)

จากความสำคัญของปริมาณน้ำในร่างกายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบระบายความร้อนและพลังงานที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อดังที่กล่าวมา ผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ชุดลดน้ำหนักอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพด้านต่างๆ ในนักกีฬาได้ เนื่องจาก ชุดลดน้ำหนักส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำในรูปของเหงื่อมากกว่าปกติและอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของร่างกายและพลังงานสะสมได้ ทั้งนี้การสูญเสียเหงื่อในปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อสมดุลย์ของอิเล็กโทรไลต์ซึ่งเป็นแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อและการผลิตพลังงานภายในเซลล์

ตาราง 6 สรุปงานวิจัยผลการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและอุณหภูมิร่างกาย

กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการ	ผลการทดลอง		อ้างอิง
		ประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย	อุณหภูมิร่างกาย	
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=8, อายุ 22 ปี)	ปั่นจักรยาน 70%VO ₂ peak ในอุณหภูมิ 3°C, 20°C, 40°C	TTE ↓ ในกลุ่ม 40°C	T _{rec} & T _{mus} ↑ ในกลุ่ม 40 °C	Parkin et al. (1999)
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=8, อายุ 21 ปี)	ปั่นจักรยาน 40 นาที 65%Wmax + TT กลุ่ม Con (15°C) และ Hot (35°C)	ค่าเฉลี่ย Power output ↓ ในกลุ่ม Hot	T _{rec} & T _{sk} ↑ ในกลุ่ม Hot (T _{rec} ~ 39°C)	Romer et al. (2004)
นักจักรยานเพศชาย (n=8, อายุ 31 ปี)	ปั่นจักรยาน 40 นาที แบบ TT กลุ่ม Con (20°C) และ Hot (35°C)	ค่าเฉลี่ย Power output ↓ ในกลุ่ม Hot	T _{rec} & T _{sk} ↑ ในกลุ่ม Hot (T _{rec} สูงกว่า 39°C)	Périard et al. (2010)
บุคคลเพศชายสุขภาพสมบูรณ์ (n=11, อายุ 23 ปี)	ปั่นจักรยาน 30 นาที แบบ TT กลุ่ม Con (20°C) และ Hot (40°C)	Work load, PPO และรอบในการปั่น ↓ ในกลุ่ม Hot	T _{rec} ↑ ในกลุ่ม Hot (T _{rec} = 38.7±0.3°C)	Schlader et al. (2011)
นักจักรยานเพศชาย (n=7, อายุ 35 ปี)	ปั่นจักรยาน 50 นาที 60%PPO + MVC 100 วินาที ในกลุ่ม Hot (40°C) และ Con (19°C)	แรง Torque ↓ ในกลุ่ม Hot	T _{rec} & T _{mus} ↑ ในกลุ่ม Hot ขณะปั่นจักรยาน 50 นาที (T _{rec} = 38.6±0.4°C)	Hunter et al. (2011)

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง, Con = กลุ่มควบคุม, Hot = กลุ่มออกกำลังกายในความร้อน, TTE = Time to exhaustion, TT = Time trial, T_{rec} = Rectal temperature, T_{sk} = Mean skin temperature, T_{mus} = Muscle temperature, PPO = Peak power output, MVC = Maximal voluntary contraction, ↑ ปริมาณเพิ่มขึ้น, ↓ ปริมาณลดลง

ตาราง 7 สรุปงานวิจัยผลการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่ออุณหภูมิร่างกาย

กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการ	ผลการทดลอง	อ้างอิง
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=6, อายุ 20 ปี)	ปั่นจักรยาน 45 นาที 65%VO ₂ peak กลุ่ม Con (20°C) และ Hot (40°C)	T _{rec} ↑ ในกลุ่ม Hot (T _{rec} = 39.1±0.2°C)	Hargreaves et al. (1996)
นักจักรยานเพศชาย (n=9, อายุ 24 ปี)	ปั่นจักรยาน 90 นาที 55%Wmax กลุ่ม Con (16°C) และ Hot (35°C)	T _{rec} & T _{sk} ↑ ในกลุ่ม Hot (T _{rec} = 39.1±0.2°C)	Jentjens et al. (2002)
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=7, อายุ 26 ปี)	ปั่นจักรยาน 90 นาที 70%VO ₂ peak กลุ่ม Con (15°C) และ Hot (35°C)	T _{rec} & T _{mus} ↑ ในกลุ่ม Hot (T _{rec} สูงกว่า 39°C)	Starkie et al. (2005)
บุคคลเพศชายสุขภาพสมบูรณ์ (n=7, อายุ 17-46 ปี)	ปั่นจักรยาน 45 นาที 65%VO ₂ peak อุณหภูมิ 30°C 40%RH	T _{rec} ↑ =38.03±0.1°C	Hamada et al. (2006)
บุคคลเพศชายสุขภาพสมบูรณ์ (n=8, อายุ 23 ปี)	ปั่นจักรยานในน้ำ 40 นาที 65%VO ₂ peak กลุ่ม Con (25°C) และ Hot (38°C)	T _{rec} ↑ ในกลุ่ม Hot	Hosick et al. (2010)
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=10, อายุ 27 ปี)	ปั่นจักรยาน 90 นาที 65%VO ₂ max + 16.1 km TT ในกลุ่ม Hot (32°C) Con (18°C)	T _{rec} ↑ ทั้งใน 90 นาทีและ TT ใน กลุ่ม Hot	Peake et al. (2008)

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง, Con = กลุ่มควบคุม, Hot = กลุ่มออกกำลังกายในความร้อน, TT = Time trial, T_{rec} = Rectal temperature, T_{mus} = Muscle temperature, RH = Relative humidity, ↑ ปริมาณเพิ่มขึ้น, ↓ ปริมาณลดลง

สรุปตาราง 6 และ 7 การออกกำลังกายในความหนักระดับปานกลางขึ้นไปในความร้อนทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายลดลงและส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิแกนกลางร่างกายโดยส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางร่างกายสูงขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับออกกำลังกายในที่เย็นและที่อุณหภูมิปกติ

ตาราง 8 สรุปงานวิจัยผลการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและสภาวะน้ำในร่างกายที่แตกต่างกันต่ออัตราการใช้ไกลโคเจน

กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการ	ผลการทดลอง	อ้างอิง
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=8, อายุ 22 ปี)	ปั่นจักรยาน 70%VO ₂ peak TTE ในอุณหภูมิ 3°C, 20°C, 40°C	ปริมาณไกลโคเจน ↓ ในกลุ่ม 40°C	Parkin et al. (1999)
บุคคลเพศชายที่ผ่านการฝึกความอดทน (n=6, อายุ 24 ปี)	ปั่นจักรยาน 20 นาที 70%VO ₂ peak กลุ่ม Con (Pre-leg muscle cooling 0°C) และ Hot (Pre-leg muscle heating 50-55°C 40 นาทีก่อนการทดลอง)	ปริมาณไกลโคเจน ↓ ในกลุ่ม Pre-heating	Starkie et al. (2005)
นักจักรยานเพศชาย (n=9, อายุ 24 ปี)	ปั่นจักรยาน 90 นาที 55%Wmax กลุ่ม Con (16°C) และ Hot (35°C)	ปริมาณการใช้ไกลโคเจนรวม ↑ ในกลุ่ม Hot	Jentjens et al. (2002)
บุคคลเพศชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์ (n=9, อายุ 21 ปี)	ปั่นจักรยาน 120 นาที 65%VO ₂ peak ในสภาวะ EUH และ DEH	ปริมาณการใช้ไกลโคเจนรวม ↑ ในกลุ่ม DEH	Logan-Sprenger et al. (2012)

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง, Con = กลุ่มควบคุม, Hot = กลุ่มออกกำลังกายในความร้อน, EUH = กลุ่มที่มีสมดุลย์น้ำในร่างกายเป็นปกติ, DEH = กลุ่มที่อยู่ในภาวะขาดน้ำ, TTE = Time to exhaustion, TT = Time trial, ↑ ปริมาณเพิ่มขึ้น, ↓ ปริมาณลดลง

สรุปตาราง 8 การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติจะส่งผลต่อปริมาณพลังงานสะสมที่เก็บไว้ในรูปของไกลโคเจนลดลง รวมถึงการออกกำลังกายในสภาวะที่ร่างกายขาดน้ำจะส่งผลให้เพิ่มอัตราการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น

4. แมกนีเซียม

4.1 แมกนีเซียมในร่างกาย

แมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุที่อยู่ในเซลล์ (Intracellular) ที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากโปแตสเซียม ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีววิทยาภายในเซลล์หลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น การทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์และกระบวนการสันดาปพลังงานของร่างกาย (โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต) และการขนส่งอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Wolf; & Cittadini. 2003) โดยมีส่วนเกี่ยวข้องมากที่สุดในการสร้างพลังงานของเซลล์ (Adenosine triphosphate หรือ ATP) (Crosby; et al. 2013) (ตาราง 9) และแมกนีเซียมยังเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่มากเป็นลำดับที่ 4 ในร่างกายโดยอยู่ในรูปของไอออน (Mg^{2+}) รองจากแคลเซียม (Ca^{2+}) โปแตสเซียม (K^+) โซเดียม (Na^+) ซึ่ง 60-65 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดภายในร่างกายจะสะสมอยู่ในกระดูก 27-32 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนประกอบอยู่ภายในเซลล์และเนื้อเยื่อ และส่วนที่เหลือจะอยู่ในกระแสเลือด (Cowan. 1995; Vormann. 2003) ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออนที่อยู่ภายในเลือดและช่องว่างภายนอกเซลล์จะถูกควบคุมสมดุลย์โดยอัตราการดูดซึมผ่านลำไส้เล็กและกระบวนการขับถ่าย แมกนีเซียมออกจากร่างกายโดยไต โดยปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดที่สะสมอยู่ในร่างกายจะมีปริมาณ 20-28 กรัม (Vormann. 2003) กลไกการควบคุมปริมาณของแมกนีเซียมให้คงที่ (Homeostasis) จะอาศัยอวัยวะที่เกี่ยวข้องได้แก่ ลำไส้เล็ก กระดูก และไต โดยแมกนีเซียมจะถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารเป็นลำดับแรกและจะถูกนำไปเก็บสะสมไว้ในกระดูกส่วนแมกนีเซียมที่เหลือจากการดูดซึมจะถูกขับออกจากร่างกายผ่านไต บริเวณที่มีการดูดซึมแมกนีเซียมมากที่สุดในร่างกายจะเกิดขึ้นบริเวณลำไส้เล็ก (Fox; et al. 2001; Touyz. 2004)

แมกนีเซียมมีความสำคัญในกระบวนการต่างๆ ของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสร้างพลังงานซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิต ร่างกายจึงจำเป็นต้องมีการบริโภคแมกนีเซียมเข้าไปเพื่อป้องกันการขาดแมกนีเซียม (Deficiency) โดยปริมาณความต้องการแมกนีเซียมของร่างกายจะถูกจำแนกออกตามเพศและช่วงอายุ (ตาราง 10) ซึ่งในช่วงอายุที่ร่างกายเจริญเติบโตเต็มที่ (19-30 ปี) ในเพศชายมีความต้องการปริมาณของแมกนีเซียมเท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อวัน และในเพศหญิงมีความต้องการ 310 มิลลิกรัมต่อวัน ปริมาณของแมกนีเซียมที่ร่างกายต้องการดังกล่าวสามารถรับได้จากอาหารที่บริโภคในแต่ละวันโดยขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร โดยอาหารที่มีปริมาณของแมกนีเซียมสะสมอยู่ในปริมาณสูง เช่น กลุ่มผักใบเขียวที่มีปริมาณของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นองค์ประกอบหลัก เมล็ดถั่วหรือเมล็ด

ตาราง 9 หน้าที่ของแมกนีเซียมต่อระบบการทำงานของร่างกาย

Enzyme function	Membrane function	Calcium antagonist	Structural function
Enzyme substrate	Cell adhesion	Muscle contraction/relaxation	Protiens
<u>Kinases B</u>	Transmembrane electrolyte flux	Neurotransmitter release	Polyribosomes
Hexokinase		Action potential conduction in	Nucleic acids
Creatine kinase		nodal tissue	Multiple enzyme complexes
Protein kinase			Mitochondria
<u>ATPases, GTPases</u>			
Na ⁺ /K ⁺ -ATPases			
Ca ²⁺ -ATPase			
<u>Cyclases</u>			
Adenylate cyclase			
Guanylate cyclase			
<u>Direct enzyme activation</u>			
Phosphofructokinase			
Creatine kinase			
5-Phosphoribosyl-pyrophosphate synthetase			
Adenylate cyclase			
Na ⁺ /K ⁺ -ATPase			

ที่มา: Swaminathan, R. (2003). Magnesium metabolism and its disorders. *The Clinical Biochemist Reviews*. 24: 47-66.

ตาราง 10 ปริมาณแมกนีเซียมที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจำแนกตามกลุ่มอายุและเพศ

อายุ (ปี)	ปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อวัน)	
	ชาย	หญิง
9-13	240	240
14-18	410	360
19-30	400	310
31-50	420	320
51-70	420	320
> 70	420	320

ที่มา: Lee, R. D.; & Nieman, D. C. (2010). *Nutritional assessment* (5th ed.).

New York: McGraw-Hill.

ธัญพืช ส่วนอาหารที่มีปริมาณแมกนีเซียมสะสมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ กลุ่มพืชที่มี ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์หรือเนื้อปลา และอาหารที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปจากนม (Fox et al. 2001) และในปัจจุบันในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม (Industrialized countries) มีการเลือกบริโภคอาหารหรือแม้กระทั่งเครื่องดื่มที่มีปริมาณแมกนีเซียมน้อย (Jahnen-Dechent; & Ketteler. 2012) รวมถึงการเลือกบริโภคอาหารประเภท Fast food ที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (Elin. 2010; Rosanoff; et al. 2012) ซึ่งทำให้มีความนิยมในการใช้สารแมกนีเซียมเสริม (Supplement) เพื่อให้ร่างกายได้รับแมกนีเซียมในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มบุคคลที่มีกิจกรรมทางกายมากกว่าปกติ (Physically active) (Jahnen-Dechent; & Ketteler. 2012)

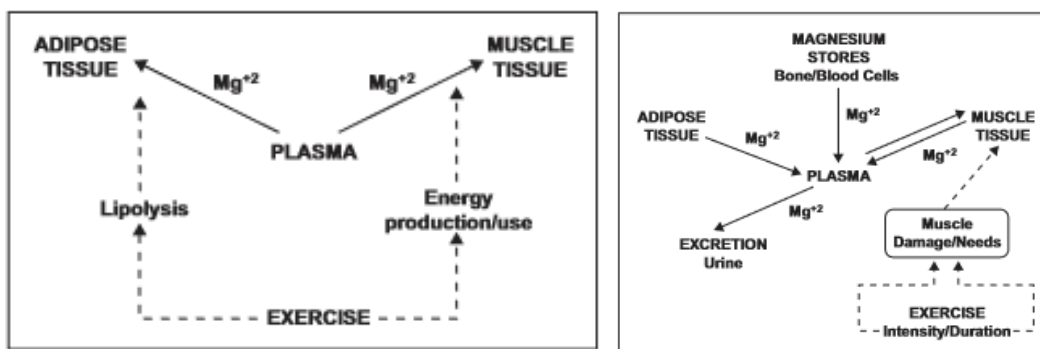
ผลการขาดหรือมีปริมาณแมกนีเซียมไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดอาการต่างๆ โดยสำหรับกล้ามเนื้อจะส่งผลให้เกิดอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง (Muscle weakness) การสั่นของกล้ามเนื้อ (Muscle tremor) การกระตุกของกล้ามเนื้อ (Muscle twitching) ตะคริว (Cramps) ภาวะเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tetany) (Crosby; et al., 2013) ซึ่งผลดังกล่าวอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานกิจวัตรประจำวันและก่อปรกกับแมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุสำคัญในกระบวนการสร้างพลังงานของเซลล์ สำหรับการให้แมกนีเซียมเพื่อเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมในร่างกายประกอบด้วยหลายวิธี ซึ่งการใช้วิธีให้แมกนีเซียมโดยการฉีดแมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate) เข้าเส้นเลือด (Intravenous) และกล้ามเนื้อ (Intramuscular) นิยมใช้เพื่อบำบัดทางการแพทย์และต้องอยู่ภายใต้การ

ควบคุม ส่วนวิธีการรับประทาน (Oral) เป็นวิธีที่ใช้ในการให้แมกนีเซียมในรูปของแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) หรือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide) (Crosby et al. 2013) อย่างไรก็ตามการเสริมหรือการเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมเข้าภายในร่างกายจะเกิดประโยชน์สำหรับบุคคลที่มีกิจกรรมทางกายมากกว่าปกติและมีปริมาณแมกนีเซียมไม่เพียงพอ แต่สำหรับการให้แมกนีเซียมเสริมสำหรับผู้ที่มีแมกนีเซียมในร่างกายอยู่ในระดับปกติจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น (Nielsen; & Lukaski. 2006)

จากความสำคัญของแมกนีเซียมดังกล่าวหากนักกีฬาที่ลดน้ำหนักใช้วิธีการจำกัดการบริโภคอาหารอาจทำให้ปริมาณของแมกนีเซียมในร่างกายมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการเพิ่มกิจกรรมทางกายอาจทำให้ร่างกายมีการใช้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานและเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ร่างกายเกิดการสูญเสียแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นได้

4.2 ผลจากวิธีการลดน้ำหนักกับปริมาณแมกนีเซียมในร่างกาย

จากการศึกษาของ Boisseau; et al. (2005) พบว่ากลุ่มนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ (อายุ 16-17 ปี) มีปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวันต่ำกว่าปกติและเมื่อวิเคราะห์ถึงปริมาณแร่ธาตุที่ได้รับโดยเฉพาะแมกนีเซียมพบว่ามีความต้องการบริโภคแมกนีเซียมในช่วง 3 สัปดาห์ก่อนหน้าการแข่งขันเท่ากับ 261 มิลลิกรัมต่อวัน และในสัปดาห์สุดท้ายก่อนหน้าการแข่งขันลดลงเหลือ 227 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งหากเทียบกับปริมาณแมกนีเซียมตามเกณฑ์มาตรฐาน RDA (Recommended Dietary Allowance) ที่เพียงพอต่อความต้องการของบุคคลที่มีสุขภาพสมบูรณ์โดยจำแนกตามกลุ่มอายุและเพศ (ตาราง 10) ที่ระบุว่าความต้องการปริมาณแมกนีเซียมสำหรับกลุ่มอายุและเพศตามการศึกษาดังกล่าวคือ 360 มิลลิกรัม แต่จากผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณแมกนีเซียมที่ได้รับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากพฤติกรรมการลดน้ำหนักในกลุ่มนักกีฬาต่อสู้ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Filaire; et al. (2001) ที่ระบุว่ามีการลดลงของปริมาณแมกนีเซียมในกลุ่มนักกีฬาเพศชายจากช่วงปกติก่อนหน้าการแข่งขันคือ 396 มิลลิกรัมต่อวันลดลงเหลือประมาณ 216 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายเช่นกัน อย่างไรก็ตามการศึกษากฎการบริโภคอาหารในกลุ่มนักกีฬาต่อสู้ที่ระบุถึงขนาดและปริมาณของแร่ธาตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมกนีเซียมยังไม่พบมากนัก แต่อาจสามารถอนุมานได้จากปริมาณการบริโภคอาหารและพลังงานที่ลดลงในนักกีฬาได้ว่าอาจจะมีปริมาณการบริโภคแมกนีเซียมลดลงตามด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่นการศึกษาที่ผ่านมาที่ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคพลังงานของนักกีฬาเทควันโดระหว่างช่วงก่อนแข่งขันและช่วงลดน้ำหนักโดยพบว่ามีปริมาณการบริโภคพลังงานลดลงแต่ในการศึกษาดังกล่าวไม่ได้ทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณแมกนีเซียม อย่างไรก็ตามแร่ธาตุที่เป็นตัวแปรในการศึกษา เช่น แคลเซียม โซเดียม มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และรวมถึงซีลีเนียมและสังกะสีที่มีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน (Fleming; & Costarelli. 2007)



ก

ข

ภาพประกอบ 6 กลไกการถ่ายเทแมกนีเซียมขณะออกกำลังกาย

ที่มา: Resina, A., Gatteschi, L., Rubenni, M. G., Galvan, P., Parise, G. ...; & Viroli, L. (1995). *Magnesium and physical activity*. London: Parthenon Publishing.

การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นักกีฬานิยมใช้ในการลดน้ำหนัก โดยวิธีดังกล่าวจะรบกวนสมดุลของแมกนีเซียมในร่างกาย ซึ่งจากกลไกการถ่ายเทของแมกนีเซียมขณะออกกำลังกายจะมีการถ่ายเทไปยัง Adipocyte และกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงาน โดยอัตราการถ่ายเทแมกนีเซียมภายนอกเซลล์เข้าสู่อวัยวะเป้าหมายจะขึ้นอยู่กับอัตราการสร้างพลังงานหรืออัตราการใช้พลังงานของเซลล์ (ภาพประกอบ 6 ก)) และภายหลังจากการออกกำลังกายจะมีการส่งผ่านแมกนีเซียมจากเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งเป็นการนำแมกนีเซียมที่สะสมอยู่ในกระดูก เนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) เต็มกลับเข้าไปในกระแสเลือดให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมกลับคืนสู่ค่าปกติ (ภาพประกอบ 6 ข)) ซึ่งทำให้แมกนีเซียมที่ร่างกายสะสมไว้ตามเนื้อเยื่อต่างๆ ลดปริมาณลง และนอกจากนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดการใช้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้นได้แก่ การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อที่เป็นผลจากการออกกำลังกาย และการเพิ่มอัตราการขับของเสีย (ปัสสาวะ) หลังการออกกำลังกายที่ถูกกระตุ้นโดยปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกขณะออกกำลังกาย (Resina; et al. 1995) ดังนั้นการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายที่นักกีฬานิยมใช้สำหรับการลดน้ำหนักเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ร่างกายมีความต้องการแมกนีเซียมมากขึ้น ทั้งนี้การสูญเสียเหงื่อมากขึ้นกว่าปกติโดยไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายแบบความหนักสูงทั้งระยะสั้นและยาว (Short-term high intensity and long-term strenuous exercise) แมกนีเซียมจะถูกขับออกทางเหงื่อและโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงจะทำให้มีปริมาณการสูญเสียแมกนีเซียมออกจากร่างกายเพิ่มมากขึ้นอีกทางหนึ่ง (Nielsen; & Lukaski. 2006)

ลักษณะของวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬาทั้งการจำกัดการบริโภคอาหารและการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายเป็นผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในร่างกายอาจไม่เพียงพอ ซึ่งจะส่งผลถึงประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย การฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้ เพราะจากที่กล่าวมา แมกนีเซียมมีส่วนสำคัญในกระบวนการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างพลังงานในร่างกาย นักกีฬาจึงอาจได้รับผลกระทบหากปริมาณแมกนีเซียมมีไม่เพียงพอต่อความต้องการพื้นฐานของร่างกาย ดังนั้นการบริโภคแมกนีเซียมให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจึงมีความจำเป็นในนักกีฬาประเภทต่อสู้ที่ทำการลดน้ำหนัก ทั้งนี้อาจรวมถึงการเสริมแมกนีเซียม (Supplement) ในกรณีที่นักกีฬาต้องทำการลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหาร

4.3 แมกนีเซียมและประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้แมกนีเซียมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่างๆ โดยไม่ว่าจะเป็นการทดลองในสัตว์หรือมนุษย์ รวมไปถึงในกลุ่มของนักกีฬาเพื่อมุ่งหวังให้มีประสิทธิภาพในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น โดยพบว่าการให้แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ในสัตว์ทดลอง (Gerbils) ทำให้ระยะเวลาของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น 71% (Cheng; et al. 2010) นอกจากนี้ยังมีการทดลองจากการใช้แมกนีเซียมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายในกลุ่มผู้ป่วยได้เช่นกัน (Pokan; et al. 2006; Amaral; et al. 2012)

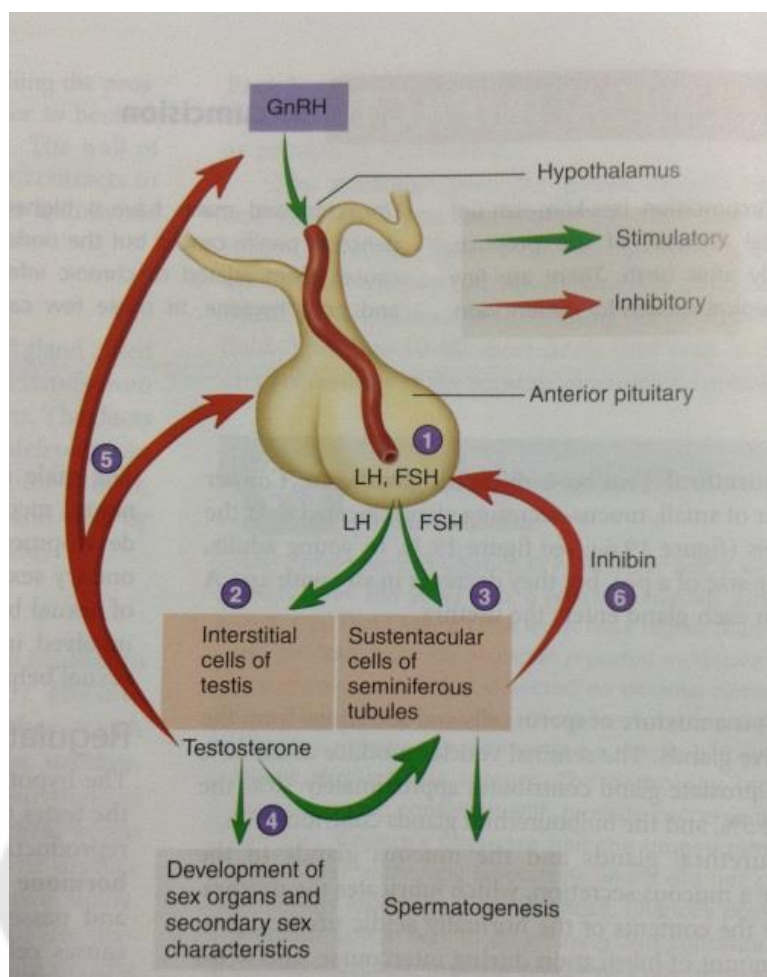
การศึกษการใช้แมกนีเซียมในกลุ่มนักกีฬาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย พบว่าสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายนั้นเพิ่มขึ้นไม่ทางตรงและทางอ้อม ดังเช่นการศึกษาของผลของการให้แมกนีเซียม ในปริมาณ 300 มิลลิกรัมต่อวันทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นโดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการออกกำลังกายแบบไม่พึ่งพาออกซิเจนเพิ่มขึ้น (Mean peak power และ Mean power) รวมไปถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Pulford; & Kass. 2010) นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงผลของแมกนีเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โดยการให้แมกนีเซียมต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ($MgSO_4$ 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อวัน) ส่งผลให้มีระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในรูปอิสระ (Free testosterone) เพิ่มขึ้นทั้งในขณะพักและหลังการออกกำลังกาย (Cinar; et al. 2011) ซึ่งจากผลการศึกษาดังที่กล่าวแสดงให้เห็นว่าแมกนีเซียมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายได้โดยตรงและยังสามารถเพิ่มปริมาณของฮอร์โมนที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายได้อีกทางหนึ่ง ดังเช่นการเพิ่มปริมาณของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในรูปอิสระ ซึ่งแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) สามารถลดปริมาณการจับตัวระหว่างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนกับ Sex hormone-binding globulin (SHBG) ได้ ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่เป็นอิสระและไม่จับตัวกับโปรตีน (Bioavailable testosterone) ที่ร่างกายสามารถนำไปใช้งานได้นั้นเพิ่มปริมาณขึ้น (Excoffon; et al. 2009)

5. ฮอโมนเทสโทสเตอโรน

5.1 ฮอโมนเทสโทสเตอโรน และกลไกการควบคุม

ฮอโมนเทสโทสเตอโรนเป็นฮอโมนหลักในเพศชายที่ผลิตจากอัณฑะ (Testes) และมีอิทธิพลต่อระบบสืบพันธุ์และโครงสร้างที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับระบบสืบพันธุ์ ในช่วงวัยรุ่นฮอโมนเทสโทสเตอโรนมีส่วนในการช่วยขยายและการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์ในเพศชายและมีส่วนสำคัญในการกระบวนการสร้างสเปิร์ม (Spermatogenesis) และพัฒนาการของคุณลักษณะเฉพาะในเพศชาย (Male secondary sexual characteristics) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านโครงสร้างของร่างกายและพฤติกรรม ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มจำนวนของขนตามร่างกาย การผลิตไขมัน การเพิ่มขนาดของมดก้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของกล่องเสียง (Larynx) เป็นต้น (VanPutte; et al. 2013)

กลไกการควบคุมการผลิตฮอโมน Testosterone (ภาพประกอบ 7) เริ่มจากการหลั่ง Gonadotropin-releasing hormone (GnRH) จากเซลล์ประสาทในสมองส่วนไฮโปทาลามัสและส่งผ่านไปยังต่อมใต้สมองส่วนหน้าเพื่อกระตุ้นให้เกิดการผลิตฮอโมนสองชนิดส่งผ่านเข้าสู่กระแสเลือดคือ Luteinizing ฮอโมน (LH) และ Follicle stimulating ฮอโมน (FSH) โดยที่ฮอโมน LH จะจับตัวกับ Interstitial cell (Leydig cells) ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่ระหว่างหลอดสร้างอสุจิในอัณฑะและกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของฮอโมน Testosterone ส่วนฮอโมน FSH จะจับตัวกับ Sustentacular cell ซึ่งอยู่ใน Seminiferous tubules (หลอดสร้างอสุจิ) โดยกระตุ้นให้เกิดการแบ่งตัวของอสุจิและการสร้างฮอโมน Inhibin ซึ่งจะส่งผลย้อนกลับให้เกิดการลดปริมาณการหลั่งของฮอโมน FSH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เช่นเดียวกับฮอโมนเทสโทสเตอโรนที่ส่งผลให้มีการลดปริมาณการหลั่งของฮอโมน GnRH จากไฮโปทาลามัสและฮอโมน LH และ FSH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (พรรณี หนูชื่อตรง และ อรพิน เกิดประเสริฐ, 2555; VanPutte et al. 2013) ซึ่งปริมาณการหลั่งฮอโมนเทสโทสเตอโรนตามช่วงวัน (Circadian rhythm) ในคนปกติจะหลั่งมากที่สุดในช่วงเช้าและลดลงตามลำดับตลอดวันและเริ่มหลั่งอีกครั้งในช่วงกลางคืนระหว่างการหลับ (Debbs Jr. 1990)



ภาพประกอบ 7 กลไกการควบคุมการผลิตฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

ที่มา: VanPutte, C. L., Regan, J. L.; & Russo, A. F. (2013). *Seeley's essentials of anatomy and Physiology*. (8th ed.). New York: McGraw-Hill.

ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่อยู่ในกระแสเลือดส่วนหนึ่งจะจับตัวแบบไม่จำเพาะ (Nonspecifically) ต่อโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) และจับตัวแบบจำเพาะต่อ Sex hormone-binding globulin (SHBG) โดยส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในรูปอิสระ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับส่วนที่จับตัวกับ SHBG และอัลบูมิน อย่างไรก็ตามฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในรูปอิสระและส่วนที่จับตัวแบบไม่จำเพาะต่ออัลบูมินจะหมายถึงกลุ่ม Bioavailable testosterone ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เซลล์หรือเนื้อเยื่อสามารถนำไปใช้งานได้ (Vermeulen; et al. 1999)

5.2 ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

โดยปกติฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนจะมีการลดปริมาณลงตามช่วงอายุที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งการลดลงของปริมาณฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนดังกล่าวจะสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (Physical performance) (Orwoll; et al. 2006) ซึ่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาทั้งในเพศชายและหญิง (Wood; & Stanton, 2012) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่ร่างกายผลิตขึ้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Kvorning; et al. 2006) และมีอิทธิพลต่อการเพิ่มแรงและขนาดของมัดกล้ามเนื้อ (Storer; et al. 2003) โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในร่างกายกับประสิทธิภาพในการกระโดดทั้งในนักกีฬาเพศชายและหญิง (Cardinale; & Stone. 2006) นอกจากนี้ระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในขณะพักยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดหรือทำนายสมรรถภาพในนักกีฬาได้ดังผลการศึกษาที่พบว่าสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดถึงสมรรถภาพในการกระโดด (Counter movement jump) (Moreira; et al. 2013) การออกแรงในท่า Squat และประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้น (Crewther; et al. 2012) โดยจากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและแข่งขันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มนักกีฬาที่ใช้กล้ามเนื้อขา ซึ่งเช่นเดียวกับในกีฬาเทควันโดซึ่งนอกจากองค์ประกอบหลักของสมรรถภาพทางกายแล้วกีฬาเทควันโดจะต้องอาศัยความแข็งแรงและการสร้างแรง (Explosive power) ของกล้ามเนื้อขาเป็นหลักในการแข่งขัน (Kordi; et al. 2009)

อย่างไรก็ตามพฤติกรรมบางอย่างของนักกีฬาที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติอาจรบกวนการผลิตฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนได้เช่นกัน โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารอาหารที่ได้รับกับปริมาณฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในขณะพัก (Volek; et al. 1997) ดังนั้นวิธีการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโดที่ใช้การจำกัดการบริโภคอาหารอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนได้ ดังเช่นผลการศึกษาที่พบว่า การลดปริมาณการบริโภคคาร์โบไฮเดรต (-43%) จากปริมาณที่บริโภคตามปกติส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Lane; et al. 2010) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโดอาจส่งผลต่อฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

บทที่ 3

การศึกษาที่ 1

พฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

WEIGHT REDUCTION BEHAVIORS IN TAEKWONDO ATHLETES

การศึกษานี้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ปีที่ 17

ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม – เมษายน 2559 หน้า 63-72

ภูมิหลัง

การลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันเป็นพฤติกรรมที่สามารถพบได้ในกลุ่มประเภทกีฬาต่อสู้ (Artioli; et al. 2010; Brito; et al. 2012) แม้ว่าในกีฬาต่อสู้จะมีกติกาการแบ่งรุ่นน้ำหนักออกเป็นรุ่นต่างๆ (Weight categories) เพื่อป้องกันการได้เปรียบหรือเสียเปรียบทางด้านรูปร่างเมื่อทำการแข่งขันแล้วก็ตาม (Kordi; et al. 2009; Langan-Evans; et al. 2011) ซึ่งนับได้ว่าการลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันเพื่อข้ามลงมายังรุ่นน้ำหนักที่ต่ำกว่าเป็นค่านิยมเพื่อทำให้เกิดการได้เปรียบด้านรูปร่างเมื่อเทียบกับนักกีฬาที่ไม่ได้ลดน้ำหนักที่อยู่ในรุ่นน้ำหนักที่ต่ำกว่า (Burke; & Deakin. 2006) และเหตุผลดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้นักกีฬาเกิดแรงจูงใจที่จะทำการลดน้ำหนัก โดยในปัจจุบันกีฬาประเภทต่อสู้ที่เป็นที่นิยมและมีผู้ให้ความสนใจเป็นอย่างมากในประเทศไทยคือกีฬาเทควันโดซึ่งเป็นหนึ่งในประเภทกีฬาต่อสู้ และมีการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ระบุว่านักกีฬาเทควันโดนิยมลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันเช่นเดียวกับกีฬาต่อสู้ประเภทอื่นๆ (Bruto; et al. 2012; Kazemi; et al. 2005; Kazemi; et al. 2011)

วิธีการลดน้ำหนักที่พบโดยทั่วไปในกลุ่มกีฬาประเภทต่อสู้คือ การเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร การจำกัดปริมาณน้ำที่บริโภคและการลดปริมาณน้ำในร่างกาย เช่น การชวบน้ำหรือสวมเสื้อพลาสติกคลุมร่างกาย (Bruto; et al. 2012) และจากลักษณะของการการลดน้ำหนักที่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าหนึ่งสัปดาห์หรือการลดน้ำหนักแบบเฉียบพลัน (Rapid weight loss) ซึ่งพบว่าวิธีการลดน้ำหนักแบบเฉียบพลันนั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากก่อนหน้าการแข่งขัน (Kordi; et al. 2011) นอกจากนี้การศึกษาก่อนหน้าพบว่าการใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีร่วมกันในนักกีฬาเทควันโด เช่น การเพิ่มการออกกำลังกายและการจำกัดการบริโภคอาหารและน้ำในช่วงก่อนหน้าการแข่งขัน (Fleming; & Costarelli. 2009) อย่างไรก็ตามวิธีการลดน้ำหนักร่วมกันดังกล่าวผลที่ระบุไว้อาจไม่แน่ชัดเนื่องจากไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดในด้านประเภทหรือความหนักของการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายรวมถึงปริมาณในการจำกัดการบริโภคอาหารและน้ำที่นักกีฬาใช้ในการลดน้ำหนัก ซึ่งการศึกษารายละเอียดของวิธีการลดน้ำหนักที่นักกีฬานิยมใช้ในแต่ละวิธีนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพของนักกีฬาและประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและแข่งขันมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามวิธีการที่ใช้

โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการศึกษาจะต้องผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกดังต่อไปนี้
เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

- เป็นนักกีฬาเทควันโดเพศชายหรือหญิงที่มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 18-30 ปี
- เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันในระดับสโมสรเป็นอย่างน้อยและมีการแข่งขันสม่ำเสมอไม่ต่ำกว่าปีละ 2 ครั้ง
- เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการลดน้ำหนักเพื่อเข้าร่วมการแข่งขัน

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

- มีอายุต่ำกว่า 18 ปี หรือมากกว่า 30 ปีขึ้นไป
- ไม่มีประสบการณ์แข่งขันมาก่อน หรือเข้าร่วมการแข่งขันน้อยกว่าปีละ 2 ครั้ง
- ไม่มีประสบการณ์ในการลดน้ำหนักเพื่อเข้าร่วมการแข่งขัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุมัติการทำวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นที่เรียบร้อยแล้วก่อนหน้าการทดลอง (ภาคผนวก ก)

การสร้างเครื่องมือ

การเก็บข้อมูลในครั้งนี้ได้ใช้การเก็บข้อมูลในรูปของแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโดที่ทางผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยศึกษาจากข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อคำถามที่ใช้ในแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อดังนี้ คือ ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป การวางแผนการลดน้ำหนัก วิธีการลดน้ำหนักและผลจากการลดน้ำหนัก จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยการหาความเที่ยงตรง (Validity) และเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือก่อนนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการหาความเที่ยงตรงของเครื่องมือกระทำโดยการหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถาม หรือ Content validity index ทำโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Content validity index = 0.82) และการทดสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือกระทำโดยวิธีการหาความเชื่อมั่นแบบวัดความคงที่ (Measure of stability) โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแล้วไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกันซ้ำกันสองครั้งโดยเว้นระยะระหว่างการทดสอบอย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์เพื่อนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ($r = 0.87$) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือคือนักกีฬาเทควันโดที่มีประสบการณ์ในการลดน้ำหนักเพื่อแข่งขันจำนวน 20 คน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความเชื่อมั่นในกลุ่มตัวอย่าง 20 คนนี้จะไม่นำไปวิเคราะห์ร่วมกับผลการทดลอง (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ค)

การดำเนินการทดลอง

ภายหลังการตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุมัติการทำวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากนักกีฬาที่เข้าร่วมการแข่งขันในการแข่งขันที่รับรองโดยสมาคมเทควันโดแห่งประเทศไทย ซึ่งได้แก่ การแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทยครั้งที่ 42 (นนทรีเกมส์) การแข่งขันเทควันโดชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. 2557 และการเก็บข้อมูลจากนักกีฬาตัวแทนทีมชาติไทยที่ทำการฝึกซ้อมอยู่ ณ สมาคมเทควันโดแห่งประเทศไทยในช่วงเก็บตัวเพื่อเตรียมการแข่งขัน (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557) โดยได้นัดหมายผู้ฝึกสอนไว้ล่วงหน้าก่อนการเก็บข้อมูลและผู้วิจัยทำการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างจากข้อมูลตามเกณฑ์คัดเข้าเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างตามที่กำหนดไว้โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและให้หัวหน้าผู้ฝึกสอนและกลุ่มตัวอย่างลงชื่อยินยอมเข้าร่วมในงานวิจัย จากนั้นชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบสอบถามทุกข้อคำถามให้กับกลุ่มนักกีฬาและพร้อมทั้งตอบข้อซักถาม จากนั้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างทำความเข้าใจกับข้อคำถามทั้งหมดจึงลงมือทำแบบสอบถามจนครบ

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและนำเสนอข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างในรูปแบบร้อยละและการแจกแจงความถี่ โดยใช้การเปรียบเทียบความแตกต่างจากจำนวนร้อยละจากผลที่วิเคราะห์ออกมา

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโดจำนวน 100 คน แบ่งออกเป็นเพศชายจำนวน 52 คน และเพศหญิงจำนวน 48 คน โดยค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและดัชนีมวลกาย ประสิทธิภาพการแข่งขัน อายุเฉลี่ยที่เริ่มลดน้ำหนัก ความถี่ในการฝึกซ้อมและชั่วโมงการฝึกซ้อมในแต่ละครั้งแสดงในตาราง 11 โดยจากการศึกษาถึงลักษณะการวางแผนการลดน้ำหนักพบว่า วัตถุประสงค์ที่กลุ่มตัวอย่างจำเป็นต้องลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขัน คือ ต้องทำตามการวางแผนการแข่งขันของผู้ฝึกสอน (ร้อยละ 77) ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับการลดน้ำหนักเพื่อทำให้เกิดความได้เปรียบทางด้านรูปร่างหรือเพื่อทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวดีขึ้น (ร้อยละ 60 และ 34 ตามลำดับ) โดยจากการลดน้ำหนักตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวทำให้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความถี่ในการลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันประมาณ 3-5 ครั้งต่อปี (ร้อยละ 51) ซึ่งการลดน้ำหนักในแต่ละครั้งส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณ 3-5 กิโลกรัมต่อครั้ง (ร้อยละ 52) โดยกลุ่มตัวอย่างมีการวางแผนการลดน้ำหนักล่วงหน้าการ

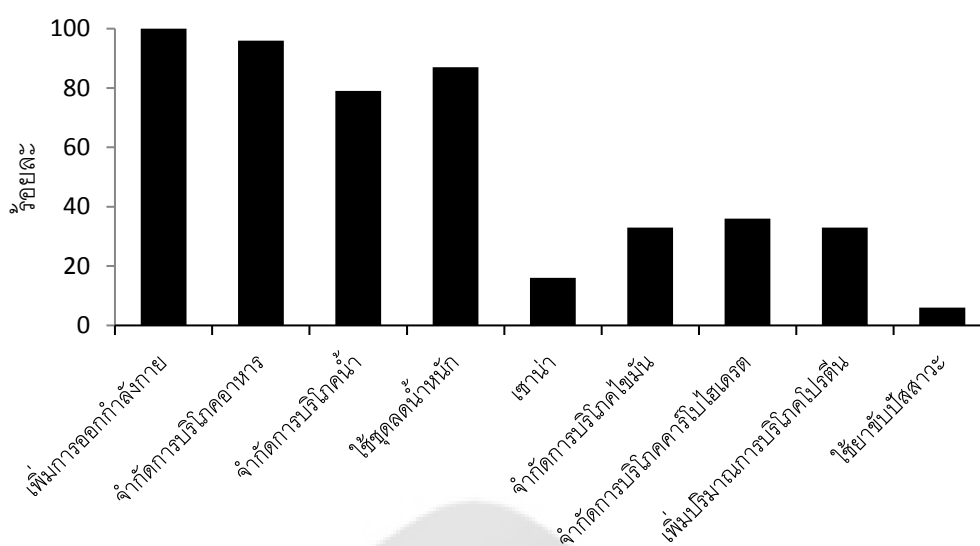
แข่งขันเฉลี่ยประมาณ 30 วันหรือ 1 เดือน อย่างไรก็ตามช่วงเวลาที่น้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่างลดลงมากที่สุดคือสัปดาห์สุดท้ายก่อนหน้าการแข่งขัน (ร้อยละ 50 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด) นอกจากนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างไม่ได้ลดน้ำหนักก่อนเข้าร่วมการแข่งขันทุกครั้งเสมอไปและกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการลดน้ำหนักต่อเนื่องทุกปี แต่มีกลุ่มตัวอย่างบางส่วนที่ทำการลดน้ำหนักต่อเนื่องทุกปีโดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ทำการลดน้ำหนักอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 4 ปี

ตาราง 11 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ประสบการณ์การแข่งขัน อายุเฉลี่ยที่เริ่ม

ลดน้ำหนัก ความถี่ในการฝึกซ้อมและจำนวนชั่วโมงการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

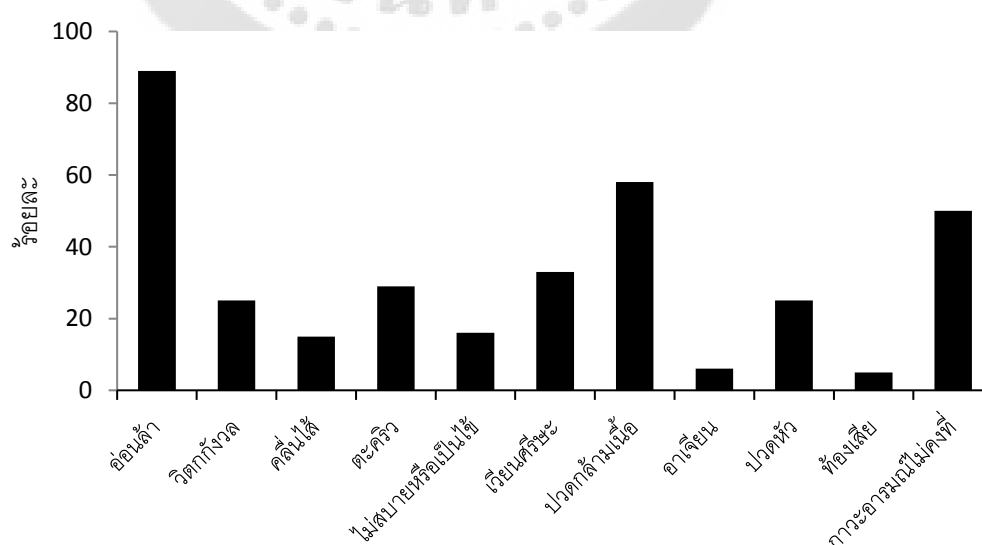
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	19±2
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	59±9
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170±8
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	20±2
ประสบการณ์การแข่งขัน (ปี)	9±3
อายุเฉลี่ยที่เริ่มลดน้ำหนัก (ปี)	14±2
ความถี่ในการฝึกซ้อม (วัน/สัปดาห์)	4±2
จำนวนชั่วโมงการฝึก (ชั่วโมง/ครั้ง)	3±1

วิธีการลดน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่นิยมเลือกใช้เพื่อช่วยในการลดน้ำหนักในช่วงก่อนการแข่งขันนอกเหนือจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรมของผู้ฝึกสอนดังแสดงในภาพประกอบ 8 คือ เพิ่มการออกกำลังกาย จำกัดปริมาณการบริโภคอาหาร การใช้ชุดลดน้ำหนัก และการจำกัดการบริโภคน้ำ (ร้อยละ 100, 96, 87 และ 79 ตามลำดับ) ซึ่งการเพิ่มการออกกำลังกายนั้นนิยมใช้การวิ่งในระดับความหนักปานกลางเป็นระยะเวลาโดยประมาณ 30-60 นาที นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำกัดการบริโภคอาหารและน้ำลงประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณอาหารและน้ำที่บริโภคตามปกติในช่วงก่อนหน้าการแข่งขัน นอกเหนือจากการเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหารและน้ำแล้วนั้นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนักร่วมในการช่วยลดน้ำหนักตลอดช่วงสัปดาห์ของการฝึก (ประมาณ 5-7 วัน/สัปดาห์) โดยนิยมสวมชุดลดน้ำหนักทั้งช่วงฝึกซ้อมตามโปรแกรมของผู้ฝึกสอนและในช่วงของการเพิ่มการออกกำลังกายที่นอกเหนือจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่ทางผู้ฝึกสอนจัดเตรียมไว้



ภาพประกอบ 8 แสดงร้อยละของวิธีที่ใช้ในการลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันของกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างในเรื่องของผลจากการลดน้ำหนักที่ส่งผลกระทบต่อการฝึกซ้อมและการแข่งขัน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าการลดน้ำหนักนั้นส่งผลกระทบต่อการฝึกซ้อม (เห็นด้วยร้อยละ 71 ไม่เห็นด้วยร้อยละ 29) เช่นเดียวกับความเห็นว่าการลดน้ำหนักส่งผลกระทบต่อการแข่งขัน (เห็นด้วยร้อยละ 59 ไม่เห็นด้วยร้อยละ 41) โดยผลจากการลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันของกลุ่มตัวอย่างแสดงในภาพประกอบ 9 ซึ่งส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่ากระทบต่อสมรรถภาพทั้งด้านร่างกายและภาวะอารมณ์คือทำให้เกิดอาการอ่อนล้า อาการปวดกล้ามเนื้อและภาวะอารมณ์ไม่คงที่ (คิดเป็นร้อยละ 89, 58 และ 50 ตามลำดับ)



ภาพประกอบ 9 แสดงร้อยละของผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการลดน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่าง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโดในงานวิจัยชิ้นนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการวางแผนในการลดน้ำหนักล่วงหน้าก่อนการแข่งขันในแต่ละแมตช์เป็นเวลา 1 เดือน แต่ช่วงเวลาที่น้ำหนักตัวลดลงมากที่สุดคือช่วงเวลาที่สัปดาห์สุดท้ายก่อนการแข่งขัน โดยวิธีการลดน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างนิยมเลือกใช้มากที่สุดคือ การเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดปริมาณการบริโภคอาหาร การใช้ชุดลดน้ำหนัก และการจำกัดปริมาณการบริโภคน้ำตามลำดับ ซึ่งผลจากการลดน้ำหนักโดยวิธีการดังกล่าวทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดอาการอ่อนล้า ปวดกล้ามเนื้อ รวมถึงภาวะอารมณ์ที่แปรปรวน

ลักษณะของการวางแผนการลดน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างเป็นที่น่าสนใจว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการวางแผนในการลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันเป็นระยะเวลา 1 เดือน อย่างไรก็ตาม ช่วงที่น้ำหนักตัวลดลงมากที่สุดคือสัปดาห์สุดท้ายก่อนการแข่งขัน ซึ่งเป็นลักษณะของการลดน้ำหนักแบบ Rapid weight loss (RWL) โดยเป็นลักษณะของการเร่งให้น้ำหนักตัวลดลงภายในระยะเวลาไม่ถึงหนึ่งสัปดาห์ (Kordi; et al. 2011) และผลจากงานวิจัยที่ได้นี้สอดคล้องกับ ฟรานซินี และคณะ (Franchini; et al. 2012) ที่ระบุว่านักกีฬากลุ่มกีฬาต่อสู้มากกว่าร้อยละ 50 นิยมใช้วิธีการลดน้ำหนักแบบ RWL

วิธีการลดน้ำหนักที่พบในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ เฟลมมิงและคอสตาเรลลี (Fleming; & Cotarelli. 2009) ที่พบว่านักกีฬาเทควันโดวิธีการลดน้ำหนักมากกว่า 1 วิธีขึ้นไปในช่วงของการลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขัน แต่สิ่งที่น่าสนใจและมีความแตกต่างจากการศึกษาดังกล่าวคือกลุ่มตัวอย่างนิยมใช้วิธีการลดน้ำหนักด้วยการใช้ชุดคลุมพลาสติกหรือชุดลดน้ำหนักร่วมด้วย โดยพฤติกรรมการใช้ชุดลดน้ำหนักดังกล่าวไม่ได้ถูกพบการใช้เฉพาะในกีฬาเทควันโดเท่านั้น หากพบการใช้วิธีนี้ในกลุ่มกีฬาต่อสู้ประเภทอื่นเช่นเดียวกัน (Brito; et al. 2012; Franchini; et al. 2012) อย่างไรก็ตามผลการวิจัยครั้งนี้ยังได้ระบุว่าพบการใช้ชุดลดน้ำหนักทั้งในช่วงการฝึกตามโปรแกรมของผู้ฝึกสอนและช่วงของการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย ซึ่งระยะเวลาของการซ้อมแต่ละครั้งประมาณ 3-4 ชั่วโมง และการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายในแต่ละครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง ทั้งนี้หากพิจารณาจากลักษณะของการใช้วิธีลดน้ำหนักด้วยชุดลดน้ำหนักดังกล่าวแล้วอาจส่งผลให้นักกีฬาเกิดการสูญเสียเหงื่อออกจากร่างกายในรูปของเหงื่อจำนวนมากกว่าปกติ ซึ่งผลจากการใช้ชุดลดน้ำหนักอาจเทียบเคียงได้กับการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางร่างกายจนเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายลดลง (Périard; et al. 2010; Schlader; et al. 2011)

นอกเหนือจากการใช้ชุดลดน้ำหนักแล้วในการศึกษาครั้งนี้พบพฤติกรรมการจำกัดการบริโภคน้ำถึงร้อยละ 50 ในกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งการจำกัดการบริโภคน้ำในปริมาณมากเช่นนี้อาจส่งผลทำให้สมดุลย์น้ำในร่างกายเปลี่ยนไปและหากใช้วิธีนี้ร่วมกับการใช้ชุดลดน้ำหนักอาจส่งผลเสียต่อตัวนักกีฬาได้ ดังเช่นผลการศึกษาของ โบโนและวอลล์ (Buono; & Wall. 2000) ที่ระบุว่า การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงร่วมกับภาวะขาดน้ำจะส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางสูงขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับภาวะน้ำในร่างกายปกติ ซึ่งผลดังกล่าวอาจนำไปสู่การบาดเจ็บอันเนื่องมาจากความร้อนที่สูงขึ้นอย่างผิดปกติของอุณหภูมิแกนกลางร่างกายได้

การจำกัดปริมาณการบริโภคอาหารเพื่อช่วยในการลดน้ำหนักเป็นอีกหนึ่งวิธีที่พบในการศึกษาครั้งนี้ โดยการจำกัดปริมาณการบริโภคอาหารนั้นส่งผลต่อสมดุลย์ของพลังงานและสารอาหารที่ร่างกายได้รับ ดังเช่นงานวิจัยของ เฟลมมิงและคอตarella (Fleming; & Cotarelli. 2007) ที่ระบุว่านักกีฬาเทควันโดที่ลดน้ำหนักในช่วง 2 สัปดาห์ก่อนหน้าการแข่งขันมีปริมาณพลังงานที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (จาก 2,257 เหลือ 1,464 กิโลแคลอรี/วัน) ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องและใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ที่ระบุว่าส่วนใหญ่ใช้การจำกัดการบริโภคอาหารลงปริมาณร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับปริมาณปกติที่รับประทาน และหากนักกีฬาใช้วิธีการเพิ่มการออกกำลังกายร่วมด้วยแล้วอาจจะส่งผลในเชิงลบต่อสมดุลย์พลังงานในร่างกายมากขึ้น ประกอบกับผลในการศึกษาครั้งนี้ที่ผู้วิจัยพบว่าอายุเฉลี่ยที่นักกีฬาเทควันโดเริ่มลดน้ำหนักคือ 14 ปี ซึ่งอยู่ในช่วงวัยเจริญพันธุ์ การรบกวนสมดุลย์พลังงานจากการใช้วิธีการลดน้ำหนักดังกล่าวอาจส่งผลต่อพัฒนาการในหลายๆ ด้านของนักกีฬา

ผลที่เกิดขึ้นจากการลดน้ำหนักที่พบในการศึกษาครั้งนี้คือกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ระบุว่าการลดน้ำหนักส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและแข่งขัน โดยเกิดอาการอ่อนล้า ปวดกล้ามเนื้อ และภาวะอารมณ์แปรปรวน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในทางสรีรวิทยาและจิตวิทยา โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาของ เพ็ตเตอร์สันและคณะ (Pettersson; et al. 2012) ได้กล่าวไว้ว่าการลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันจะส่งผลเชิงลบต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาในนักกีฬา และตามที่ ฟรานชินีและคณะ (Franchini; et al. 2012) ระบุว่า การลดน้ำหนักส่งผลถึงความสามารถเกี่ยวกับกระบวนการรับรู้ (Cognitive capacities) ในกลุ่มนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดน้ำหนักในรูปแบบ RWL

ลักษณะของการลดน้ำหนักที่พบในการวิจัยครั้งนี้คือการใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีรวมกันเพื่อช่วยให้ร่างกายปรับตัวลดลงก่อนหน้าการแข่งขันด้วยวิธีการเพิ่มการออกกำลังกาย การสวมใส่ชุดลดน้ำหนักขณะฝึกซ้อมและในช่วงเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดปริมาณการบริโภคอาหารและน้ำ ซึ่งวิธีดังกล่าวส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของนักกีฬาทั้งในการฝึกซ้อมและแข่งขัน อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ผ่านมาเมื่อไม่นานของ ริวและโช (Rhyu; & Cho. 2014) พบว่าการปรับสัดส่วนของบริโภคสารอาหารแบบ Ketogenic diet (ลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเพิ่มปริมาณไขมันและโปรตีน) ในช่วงลดน้ำหนักสาม

สัปดาห์ในนักกีฬาเทควันโดส่งผลให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายดีกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่บริโภคสารอาหารตามสัดส่วนปกติในช่วงลดน้ำหนัก ในขณะที่น้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่บริโภค Ketogenic diet ลดลงร้อยละ 5.8 และกลุ่มที่บริโภคอาหารปกติลดลงร้อยละ 3.9 โดยสัดส่วนปริมาณสารอาหารระหว่างคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันในกลุ่มที่บริโภค Ketogenic diet เท่ากับร้อยละ 4.3, 40.7 และ 55 ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มที่บริโภคสารอาหารในสัดส่วนปกติ คือ ร้อยละ 40, 30 และ 30 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวเป็นประเด็นที่น่าสนใจและศึกษา รวมถึงอาจนำมาปรับใช้ให้นักกีฬาที่จำเป็นต้องลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันได้เป็นอย่างดีแต่ผู้ฝึกสอนหรือผู้ควบคุมทีมจำเป็นต้องมีการวางแผนการลดน้ำหนักสำหรับนักกีฬาล่วงหน้าก่อนการแข่งขันและจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ทางด้านโภชนาการควบคู่ไปด้วยจึงจะสามารถทำให้นักกีฬาลดน้ำหนักได้ตามเป้าหมายโดยไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพของนักกีฬาทั้งในช่วงการฝึกและแข่งขัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่ากลุ่มนักกีฬาเทควันโดที่ทำการลดน้ำหนักก่อนการแข่งขันนิยมใช้วิธีการลดน้ำหนักโดยการเพิ่มการออกกำลังกายนอกเหนือจากโปรแกรมฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอน การจำกัดปริมาณการบริโภคอาหาร การใช้ชุดลดน้ำหนักร่วมทั้งในการฝึกซ้อมและช่วงที่ออกกำลังกาย นอกเหนือจากการฝึกซ้อม รวมถึงการจำกัดปริมาณการบริโภคน้ำ ซึ่งวิธีการลดน้ำหนักดังที่กล่าวมา อาจส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายทั้งในช่วงของการฝึกซ้อมและการแข่งขัน ซึ่งผู้ฝึกสอนควรมีความรู้เกี่ยวกับการดูแลนักกีฬาและให้คำแนะนำแก่นักกีฬาที่ต้องทำการลดน้ำหนักก่อนการแข่งขันอย่างใกล้ชิด เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นในด้านต่างๆ รวมถึงหาวิธีช่วยเหลือหรือฟื้นฟูสมรรถภาพของนักกีฬาทั้งในระหว่างการซ้อมและในช่วงภายหลังการชั่งน้ำหนักจนถึงวันแข่งเพื่อให้นักกีฬามีสภาพร่างกายที่พร้อมสำหรับการแข่งขันมากที่สุด

บทที่ 4

การศึกษาที่ 2

ผลการเปรียบเทียบวิธีการลดน้ำหนักในกีฬาเทควันโดต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน

THE COMPARISON BETWEEN WEIGHT REDUCTION METHODS IN TAEKWONDO SPORT ON TESTOSTERONE, ELECTROLYTE LEVELS, AND SPECIFIC PERFORMANCE

ภูมิหลัง

การลดน้ำหนักในระยะเวลาฉับพลัน (Rapid weight loss) ก่อนการแข่งขันในเวลาน้อยกว่าหนึ่งสัปดาห์ก่อนการแข่งขันเป็นวิธีที่นิยมใช้ในหมู่นักกีฬาประเภทต่อสู้ (Kordi; et al. 2011) ผลจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำหนักตัวของนักกีฬาในกลุ่มกีฬาต่อสู้จะลดลงในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนแมตช์แข่งขันมากที่สุด (Boisseau; et al. 2005; Artioli; et al. 2010; Kordi; et al. 2011; Tsai; et al. 2011) ซึ่งวิธีการที่นักกีฬาใช้ในการลดน้ำหนักนั้นมีหลายวิธี (Brito et al. 2012) โดยกีฬาเทควันโดเป็นหนึ่งในประเภทกีฬาต่อสู้ที่พบว่านักกีฬานิยมใช้การลดน้ำหนักตัวก่อนการแข่งขันเช่นกัน (Kazemi; et al. 2005) เป็นที่น่าสนใจว่าวิธีที่นักกีฬาเทควันโดนิยมใช้วิธีการลดน้ำหนัก คือ การเพิ่มการออกกำลังกายนอกเหนือโปรแกรมฝึก การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนักเป็นหลัก (สัดส่วนร้อยละ 100, 96 และ 87 ตามลำดับ) โดยพบว่านักกีฬานิยมใช้วิธีการดังกล่าวร่วมกันมากกว่าหนึ่งวิธีขึ้นไปวิธีหนึ่งเพื่อช่วยในการลดน้ำหนักในแต่ละครั้ง (ปวีณ วิทยารณ; และคณะ. 2559) ซึ่งวิธีการลดน้ำหนักดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อตัวนักกีฬาในหลายๆด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีร่วมกันอาจส่งผลกระทบต่อสรีรวิทยาของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการแข่งขันหรือการทำงานของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพทางกาย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของอิเล็กโทรไลต์โดยรวมของนักกีฬามากยิ่งขึ้น

ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนเป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่สำคัญในการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Sinha-Hikim; et al. 2002; Storer; et al. 2003; VanPutte; et al. 2013) และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Cardinale; & Stone. 2006) โดยฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาทั้งเพศชายและหญิง (Woods; & Stanton. 2012) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาในกลุ่มกีฬาต่อสู้มีการระบุว่าการจำกัดการบริโภคอาหารเพียงอย่างเดียว ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Degoutte; et al. 2006; Abedelmalek; et al. 2015) อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาผลของการลดน้ำหนักในกีฬาเทควันโดที่ใช้วิธีการลดน้ำหนักมากกว่าหนึ่งวิธีขึ้นไปต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสมรรถภาพทางกายและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในนักกีฬา

สารอิเล็กโทรไลต์ในร่างกายมีความจำเป็นต่อกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะโซเดียมและโปแตสเซียม (VanPutte; et al. 2013) และการลดน้ำหนักโดยการจำกัดการบริโภคอาหารช่วงก่อนการแข่งขันในนักกีฬาส่งผลทำให้ปริมาณของพลังงานและองค์ประกอบของอิเล็กโทรไลต์รวมที่ได้รับต่อวันลดลงจากปกติ (Boisseau; et al. 2005) ซึ่งปกติแล้วอิเล็กโทรไลต์จะถูกขับออกมาพร้อมกับเหงื่อเมื่อร่างกายต้องการระบายความร้อนขณะออกกำลังกาย โดยจะทำให้เกิดการสูญเสียสารอิเล็กโทรไลต์และการเสียสมดุลย์น้ำในร่างกายไปพร้อมกัน (Sawka; & Montain. 2000) โดยหากนักกีฬาที่ทำการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการที่สามารถเร่งอัตราการผลิตเหงื่อเพื่อช่วยในการลดน้ำหนักตัว อาจทำให้ส่งผลกระทบต่อปริมาณอิเล็กโทรไลต์ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการลดประสิทธิภาพและการทำงานของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งการใช้ชุดลดน้ำหนักเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นักกีฬาเทควันโดนิยมใช้เพื่อลดน้ำหนัก ร่วมกับการฝึกซ้อม โดยเชื่อว่าเป็นการช่วยลดปริมาณน้ำในร่างกายลงผ่านทางเหงื่อ อย่างไรก็ตามการสูญเสียเหงื่อจากร่างกายขณะใช้ชุดลดน้ำหนักยังไม่เป็นที่แน่ชัด และยังไม่มีความรู้ที่เพียงพอถึงผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับอิเล็กโทรไลต์จากการใช้ชุดลดน้ำหนัก ซึ่งการลดน้ำหนักด้วยการใช้วิธีจำกัดการบริโภคอาหาร การเพิ่มการออกกำลังกาย และการใช้ชุดลดน้ำหนัก ร่วมกัน อาจส่งผลกระทบต่อระดับการเปลี่ยนแปลงอิเล็กโทรไลต์ และอาจสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกายและฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผลจากการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีลดน้ำหนักมากกว่าหนึ่งวิธีขึ้นไป ยังไม่ทราบผลเป็นที่แน่ชัด โดยจากรูปแบบการลดน้ำหนักด้วยวิธีต่างๆ ดังที่ผู้วิจัยได้พบในการศึกษาที่ 1 (ปวีณ วิทยาภรณ์; และคณะ. 2559) และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อระดับฮอร์โมน และสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญต่อประสิทธิภาพและการทำงานของกล้ามเนื้อ หรือประสิทธิภาพเฉพาะด้านที่สำคัญในกีฬาเทควันโด การวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาผลการลดน้ำหนักที่ใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีร่วมกัน คือ การจำกัดการบริโภคอาหาร การเพิ่มการออกกำลังกายและการใช้ชุดลดน้ำหนัก ต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาเทควันโด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลจากวิธีการลดน้ำหนักที่ใช้ในกีฬาเทควันโด ได้แก่ การเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นิสิตเพศชายที่กำลังศึกษาอยู่ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) ที่มีสุขภาพดี มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มนิสิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เพศชาย จำนวน 10 คน ที่ได้จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยอ้างอิงข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาตามสูตรการคำนวณกลุ่มตัวอย่างดังแสดงต่อไปนี้

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

เมื่อ	n	คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	$Z_{\alpha/2}$	คือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่ากับ 1.96 (ความเชื่อมั่น 95%)
	Z_{β}	เท่ากับ 0.84
	σ	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์หลัก
	δ	คือ ขนาดความแตกต่างที่มีความสำคัญทางคลินิก

โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการศึกษาจะต้องผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกดังต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

เป็นผู้ที่มีอายุ 18 ปี ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 25 ปี และเป็นผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 วัน ในระดับความหนักปานกลางขึ้นไปอย่างน้อย 30 นาทีขึ้นไปต่อครั้ง โดยมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดตั้งแต่ 50 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาทีขึ้นไป และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคในการทดลอง

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

เป็นผู้ที่มีอายุน้อยกว่า 18 ปี หรือมากกว่า 25 ปี และไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์ หรือออกกำลังกายในระดับความหนักที่ต่ำกว่าระดับปานกลาง มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่า 50 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที หรือมีโรคประจำตัวที่อาจส่งผลต่อสุขภาพและเป็นอุปสรรคในการทดลอง เช่น ความดันโลหิต โรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของไต เป็นต้น รวมถึงอยู่ในระหว่างรับประทานยา สมุนไพร หรืออาหารเสริมชนิดต่างๆ

เกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา (Discontinuation criteria)

ขณะอยู่ในระหว่างดำเนินการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีอาการบาดเจ็บต่อเนื่องจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ รวมทั้งกลุ่มตัวอย่างไม่ได้ดำเนินการปฏิบัติตามข้อตกลงของการวิจัยที่ได้ทำการตกลงร่วมกันระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มตัวอย่างขอถอนตัวจากการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุมัติการทำวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นที่เรียบร้อยแล้วก่อนหน้าการทดลอง (ภาคผนวก ก)

การทดสอบก่อนการทดลอง

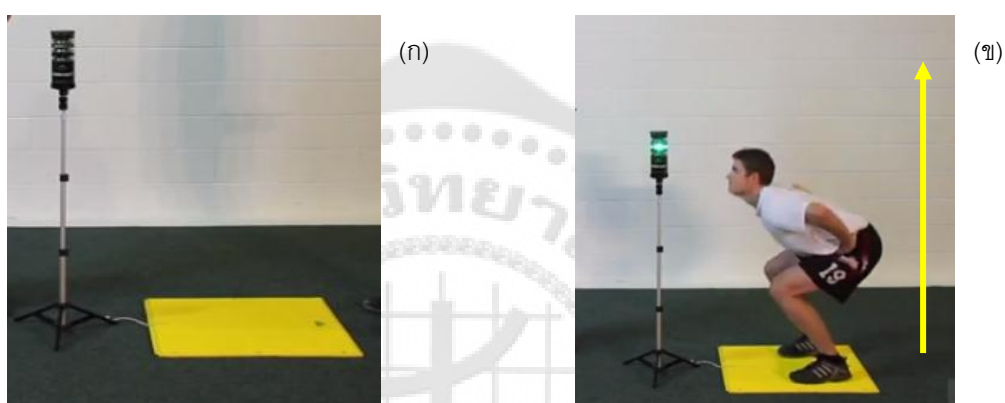
ผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างโดยอธิบายรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบและให้กลุ่มตัวอย่างลงชื่อยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนหน้าการทดสอบร่างกายเบื้องต้น จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้าน ได้แก่ การทดสอบกำลังขา การทดสอบเวลาปฏิบัติและความคล่องตัว การทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม รวมถึงการทดสอบ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง ในครั้งที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบกำลังขา เวลาปฏิบัติและความคล่องตัว และความสามารถทางอนาการศนิยม จากนั้นเว้นระยะพักอย่างน้อย 3 วัน จึงทำการทดสอบครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบในแต่ละครั้งให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายประเภทที่มีความหนักปานกลางขึ้นไปและงดการบริโภคแอลกอฮอล์หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ซึ่งในการทดสอบก่อนหน้าการทดลองนี้จะทำการทดสอบก่อนการทดลองอย่างน้อย 7 วัน

การทดสอบแต่ละครั้งให้กลุ่มตัวอย่างพบผู้วิจัยที่ห้องปฏิบัติการ จากนั้นผู้วิจัยทำการประเมินร่างกายกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้นประกอบด้วย การชั่งน้ำหนักและประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (TANITA, United States of America) วัดส่วนสูงจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพักในท่านอนหงายเป็นเวลา 10 นาทีและวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก หลังจากการทดสอบและประเมินร่างกายในเบื้องต้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 5-10 นาที จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดสอบตามแบบทดสอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ดังแสดงต่อไปนี้

การทดสอบกำลังขา

ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบกำลังขา (Fusion sport รุ่น Smart jump, Australia) (ภาพประกอบ 10 ก) ก่อนการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบเตรียมพร้อมโดยการยืนรอสัญญาณไฟจากเครื่องมือ (สัญญาณไฟสีเขียว) เมื่อสัญญาณไฟแสดงขึ้นให้

ผู้เข้ารับการทดสอบก้าวขึ้นบนแผ่นยางโดยให้มีระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสองข้างไม่เกินช่วงไหล่และกระจายน้ำหนักให้สมดุลกันบนเท้าทั้งสองข้าง มือทั้งสองข้างปักไว้บริเวณสะโพก จากนั้นเมื่อผู้เข้ารับการทดสอบพร้อม ให้ผู้เข้ารับการทดสอบย่อตัวลงในท่า Squat จนกระทั่งขาต่อนบนและต่อนล่างทำมุมประมาณ 90 องศา และให้เหยียดขาส่งตัวกระโดดขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยเท้าทั้งสองข้างยกขึ้นจากพื้นพร้อมกันในแนวตั้ง (Vertical) ให้สูงที่สุดเท่าที่ทำได้โดยมือทั้งสองปักไว้บริเวณสะโพกเช่นเดียวกับท่าเตรียม จากนั้นจึงหวลงพื้นให้เท้าทั้งสองข้างลงบนพื้นที่ใช้ในการทดสอบพร้อมกัน (ภาพประกอบ 10 ข) โดยจะทำการทดสอบทั้งหมดสองครั้งและใช้เวลาพักในการทดสอบแต่ละรอบอย่างน้อย 2 นาที

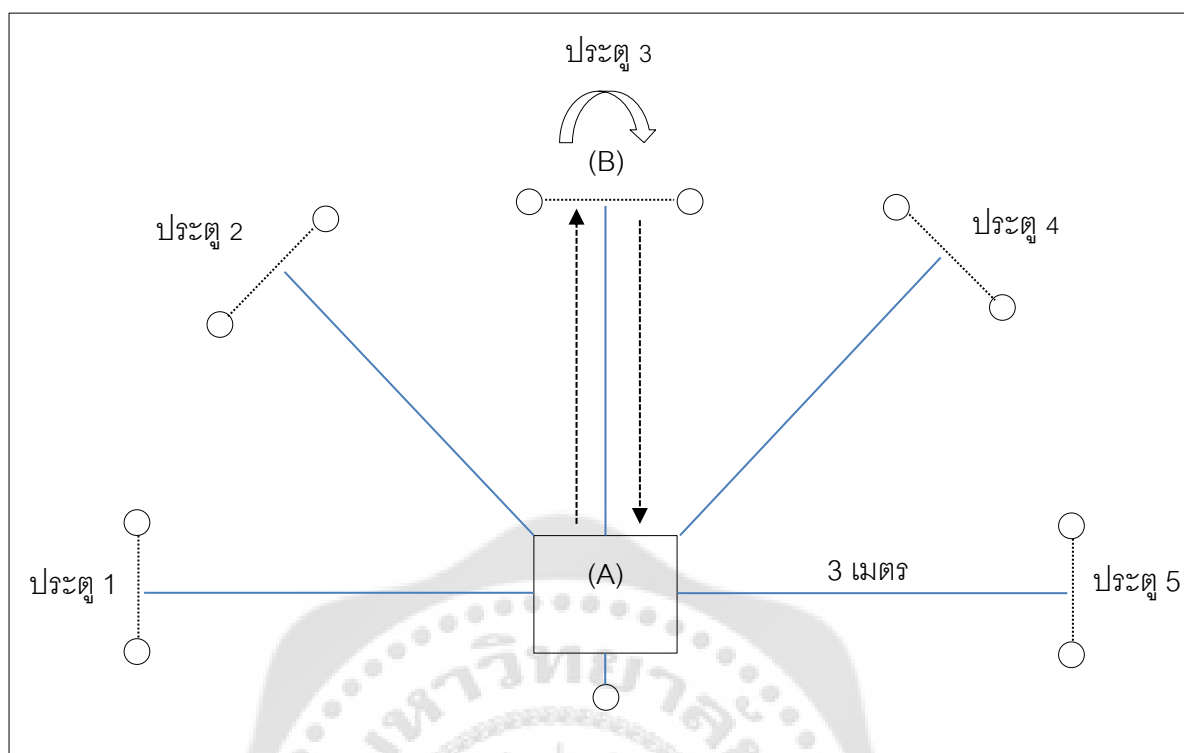


ภาพประกอบ 10 (ก) เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบกำลังขา (ข) การทดสอบกำลังขา

ที่มา: <http://fusionsport.com/products/smartjump-jump-testing-training>

การทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว

ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว (Fusion sport รุ่น Smart speed, Australia) (ภาพประกอบ 11) ก่อนการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบเตรียมพร้อมโดยการยืนรอสัญญาณไฟจากเครื่องมือใกล้จุด A (สัญญาณไฟสีเขียว) เมื่อสัญญาณไฟแสดงขึ้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบก้าวขึ้นบนแผ่นยางที่จุด A และรอสัญญาณไฟที่ประตู ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องวิ่งผ่านไปยังประตูที่มีสัญญาณไฟแสดงขึ้น และเมื่อสัญญาณไฟดับลงให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งกลับตัวกลับมายังจุด A เพื่อรอสัญญาณไฟจากประตูครั้งต่อไป ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติเช่นนี้ต่อเนื่องกัน 10 รอบ โดยเครื่องทดสอบจะใช้โปรแกรมทำการสุ่มสัญญาณไฟที่ประตูแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยทำการจดบันทึกเวลาในการวิ่งขาไป ขากลับ และเวลารวม จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยของการวิ่งทั้ง 10 รอบ



ภาพประกอบ 11 รูปแบบการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว

การทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม

ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้จักรยานวัดงาน (Monark 894E Peak Bike, Sweden) (ภาพประกอบ 12) ก่อนการทดสอบผู้วิจัยกำหนดค่าแรงต้านสำหรับการทดสอบโดยใช้แรงต้านเท่ากับ 0.075 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมของผู้เข้ารับการทดสอบ ปรับเบาะและมือจับให้เหมาะสมกับความยาวของช่วงขาและช่วงแขนตามลำดับ เริ่มการทดสอบโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการปั่นจักรยานที่ใช้สำหรับการทดสอบด้วยคงที่ (70 รอบ/นาที) เป็นเวลา 1 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกาย จากนั้นให้เพิ่มความเร็วขึ้นเท่าที่สามารถจะทำได้โดยไม่ใส่แรงต้าน และเมื่อถึงความเร็วสูงสุดให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการปล่อยแรงต้านดังที่คำนวณค่าไว้ก่อนหน้านี้ จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบพยายามคงความเร็วในการปั่นจักรยานสูงสุดไว้โดยใช้การทดสอบในช่วงนี้ทั้งสิ้น 30 วินาที

ผู้วิจัยทำการจดบันทึกค่าการทดสอบและนำมาคำนวณหาค่ากำลังสูงสุด กำลังเฉลี่ย และดัชนีความล้า โดยวิธีดังต่อไปนี้

$$\text{กำลังสูงสุด (วัตต์)} = \text{ค่าน้ำหนักถ่วง (kg)} \times \text{ระยะทาง} / 0.0833$$

$\text{กำลังเฉลี่ย (วัตต์)} = \text{ผลรวมของค่ากำลังสูงสุดทุก 5 วินาที ตลอดการทดสอบ}$
แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

$\text{ดัชนีความล้า (ร้อยละ)} = (\text{ค่ากำลังสูงสุด 5 วินาทีแรก} - \text{ค่ากำลังสูงสุด 5 วินาทีสุดท้าย}) / \text{ค่ากำลังสูงสุด 5 วินาทีแรก}$ จากนั้นนำมาคูณด้วย 100



ภาพประกอบ 12 จักรยานวัดงาน

ที่มา: <http://www.monarkexercise.se/default.asp?PageID=677>

การทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ก่อนการทดสอบผู้วิจัยทำการปรับเทียบค่าเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Cosmed รุ่น Quark PFT ergo, Italy) โดยการเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (O_2 , CO_2 reference values) ของเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Ergo calibration) และอากาศภายในห้องทดลอง (O_2 , CO_2 room air concentration) และการปรับเทียบใบพัดที่ใช้ในการวัดปริมาตรอากาศขณะทำการทดสอบ (Turbine calibration) จากนั้นจึงเริ่มการทดสอบและการวิเคราะห์อัตราการใช้ออกซิเจนโดยใช้วิธีของบรูซ (The Bruce treadmill protocol) เริ่มการทดสอบโดยผู้เข้ารับการทดสอบเดินบนลู่วิ่งกล (HP cosmos, United States of America) ที่ระดับความชันเป็นศูนย์ ระดับความเร็ว 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มความชันขึ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วเท่าเดิมเป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นให้ปรับความชันขึ้นเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ และปรับความเร็วขึ้น 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทุกๆ 3 นาที จนกระทั่งผู้เข้ารับการทดสอบมีค่าตามเกณฑ์ 3 ใน 4 ข้อต่อไปนี้จึงหยุดการทดสอบ คือ อัตราการเต้นหัวใจของผู้เข้ารับการทดลองมีความแตกต่าง $\pm 5\%$ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดคำนวณจาก $220 - \text{อายุ}$ อัตราส่วนระหว่าง CO_2 ต่อ O_2 (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.1 ค่าความรู้สึกความเหนื่อยสัมพันธ์ (RPE) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 18 และผู้เข้าร่วมการทดลองไม่สามารถปฏิบัติทดสอบต่อไปได้

การประเมินอัตราการบริโภคอาหารและพลังงาน

ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารต่อหนึ่งวันในกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่รับประทานในแต่ละมื้อ (แยกระหว่างข้าวและกับข้าว) และจดบันทึกส่วนประกอบของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณพลังงานที่กลุ่มตัวอย่างบริโภคต่อวันโดยโปรแกรมวิเคราะห์ผลสำเร็จรูป INMUCAL-Nutrientsversion version 2.0 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2556)

การดำเนินการทดลอง

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างและข้อกำหนดก่อนเข้ารับการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มโดยการสุ่มดังนี้ คือ กลุ่มควบคุมที่ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติยกเว้นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลางขึ้นไปและบริโภคอาหารในปริมาณปกติ กลุ่มที่เพิ่มการออกกำลังกายร่วมกับการลดปริมาณการบริโภคอาหารจากปริมาณปกติร้อยละ 30 (กลุ่มลดน้ำหนัก) และกลุ่มที่เพิ่มการออกกำลังกายร่วมกับการใช้ชุดลดน้ำหนักรวมถึงลดปริมาณการบริโภคอาหารจากปริมาณปกติร้อยละ 30 (กลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้รูปแบบการศึกษาแบบไขว้กลุ่ม (Crossover design) โดยมีระยะห่างระหว่างการทดลองในแต่ละครั้งอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ทั้งนี้ปริมาณการบริโภคอาหารที่ลดลงจะเปรียบเทียบจากข้อมูลปริมาณพลังงานที่กลุ่มตัวอย่างบริโภคต่อวันในช่วงก่อนหน้าการทดลอง

ก่อนการทดลองในแต่ละครั้งกลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายประเภทที่มีความหนักปานกลางขึ้นไปและงดการบริโภคแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง รวมถึงงดการบริโภคอาหารอย่างน้อย 10 ชั่วโมง ก่อนการทดลองยกเว้นน้ำดื่ม และต้องจัดบันทึกการบริโภคอาหารในช่วง 2 วันก่อนหน้าการทดลองและเลือกบริโภคอาหารทั้งชนิดและปริมาณเดิมทุกครั้งก่อนเข้ารับการทดลองในแต่ละครั้งซึ่งใช้เวลาในการทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 9 วัน (วันที่ 1 และ 9 เป็นการทดสอบก่อนและหลังการทดลองตามลำดับ) ทั้งนี้ในวันที่ 2 จนถึงวันที่ 8 กลุ่มตัวอย่างจะต้องบริโภคอาหารชนิดเดิมตามที่มือและวันที่ได้จัดบันทึกไว้ ส่วนปริมาณการบริโภคให้ปรับลดตามกลุ่มการทดลองที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำให้บริโภคน้ำในปริมาณที่เหมาะสมระหว่างการทดลอง โดยให้บริโภคน้ำเพื่อปรับสมดุลย์น้ำในร่างกายให้เป็นปกติด้วยการบริโภคน้ำปริมาณ 5-7 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในช่วง 4 ชั่วโมงก่อนออกกำลังกายและหากสังเกตว่าไม่มีการผลิตปัสสาวะหรือปัสสาวะมีสีเข้มกว่าปกติให้บริโภคเพิ่มอีกในปริมาณ 3-5 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Sawka; et al. 2007) และผู้วิจัยไม่อนุญาตให้กลุ่มตัวอย่างบริโภคของเหลวอื่นๆ นอกเหนือจากน้ำเปล่าตลอดการทดลอง

การดำเนินการเก็บข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการในวันที่ 1 เวลา 7.00 นาฬิกา เพื่อทำการทดสอบก่อนหน้าการทดลอง จากนั้นในวันที่ 2 กลุ่มตัวอย่างพบผู้วิจัยที่ห้องปฏิบัติการเวลา 13.30 นาฬิกา กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนักทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกาย (กลุ่มควบคุมให้นั่งพักเป็นเวลา 60 นาที) ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนักทำการเดินบนลู่วิ่งกลเป็นเวลา 3 นาที ที่ระดับความชันเป็นศูนย์ ระดับความเร็ว 3-4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อเป็นการอบอุ่นร่างกาย จากนั้นเป็นการ

ออกกำลังกายโดยการวิ่งเป็นเวลา 60 นาที ที่ความหนัก 60-65%VO₂max ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มปฏิบัติเช่นนี้เป็นเวลาต่อเนื่อง 7 วัน (วันที่ 2 ถึง 8) ทั้งนี้ในกลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มตัวอย่างจะสวมใส่ชุดลดน้ำหนักขณะออกกำลังกายทุกครั้งตลอดระยะเวลา 7 วัน จากนั้นในวันที่ 9 ของการทดลองกลุ่มตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการเวลา 7.00 นาฬิกา เพื่อทำการทดสอบหลังการทดลอง

การทดสอบก่อนและหลังการทดลอง

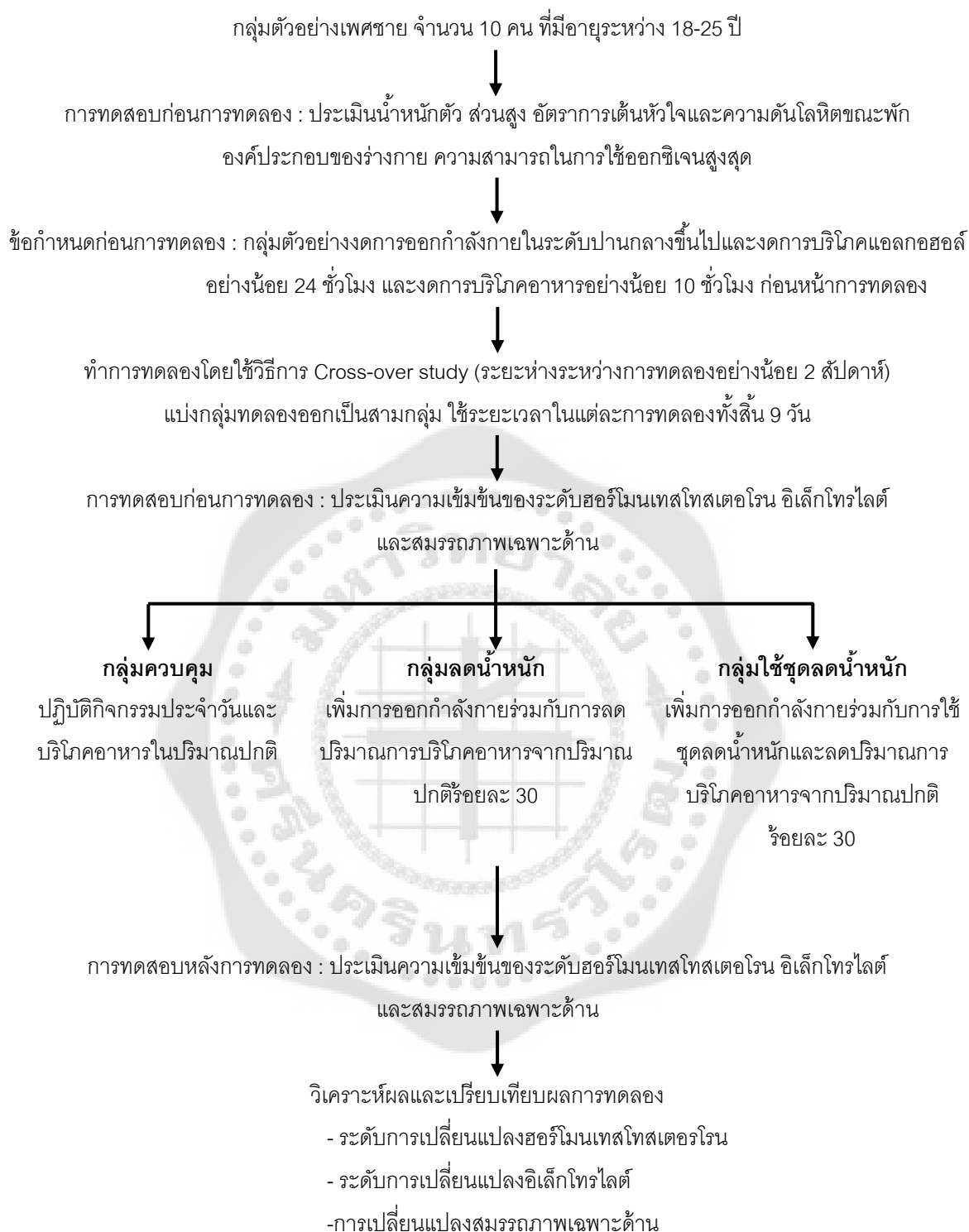
กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดสอบก่อนและหลังการทดลองในแต่ละครั้ง (วันที่ 1 และ 9 ตามลำดับ) โดยทำการประเมินน้ำหนักตัว (ไม่สวมเสื้อผ้า) และประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (TANITA, United States of America) จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพักในท่านอนหงายเป็นเวลา 10 นาที เพื่อวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและเก็บตัวอย่างเลือด (Blood sampling) และทำการทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้านของกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างเลือด

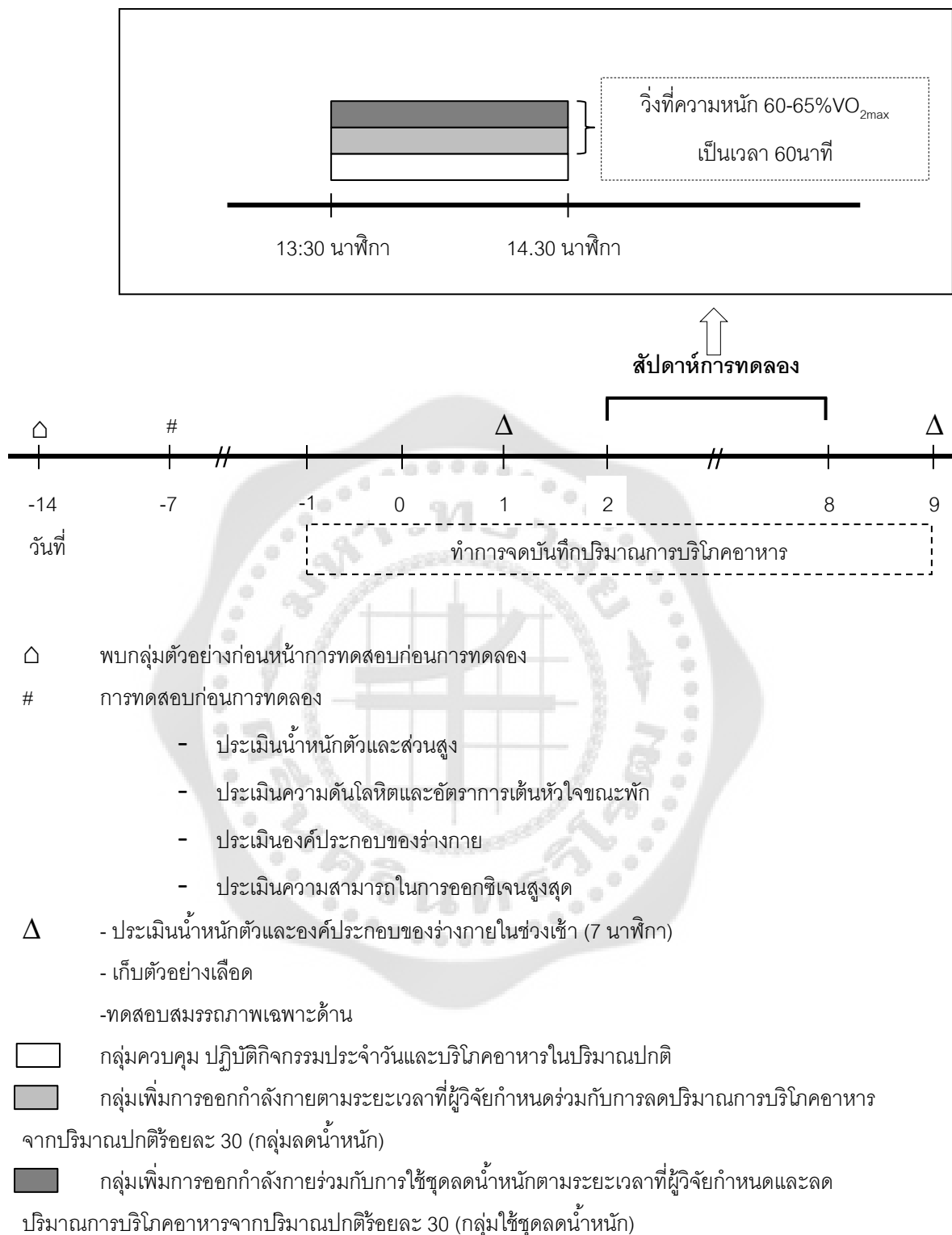
เก็บตัวอย่างเลือดจากกลุ่มตัวอย่างโดยพยาบาลวิชาชีพหรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับใบอนุญาต โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่หลอดเลือดดำบริเวณข้อพับแขนที่อยู่ระหว่างท่อนแขนส่วนบนและส่วนล่าง (Antecubital vein) และเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณครั้งละ 6 มิลลิลิตร ซึ่งตัวอย่างเลือดที่เก็บได้จะนำไปเข้ากระบวนการแยกองค์ประกอบของสารภายในเลือด คือ การแยกซีรัม (Serum) โดยเลือดที่ได้จากหลอดเลือดดำจะถูกบรรจุลงในหลอดสุญญากาศที่ไม่มีส่วนผสมของสารกันเลือดแข็งตัวและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งตกตะกอนจึงนำเลือดไปเข้าเครื่องเหวี่ยงสารให้ตกตะกอนความเร็ว 3000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที นำหลอดสุญญากาศที่ถูกเหวี่ยงให้เลือดที่บรรจุอยู่ภายในตกตะกอนแล้วออกจากเครื่องและทำการแยกซีรัมแล้วนำไปเก็บในตู้ทำความเย็นอุณหภูมิลบ 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลระดับความเข้มข้นฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนโดยใช้เทคนิค Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณอินซูลินผู้วิจัยได้ทำการส่งวิเคราะห์ผลโดยโรงพยาบาลศูนย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก

การทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ภายหลังการเก็บตัวอย่างเลือด กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดทำการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบกำลังขา เวลาปฏิริยาและความคล่องตัว และความสามารถทางอนากาสนิยม



ภาพประกอบ 13 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลองที่ 2



ภาพประกอบ 14 แผนการดำเนินการทดลองที่ 2

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความสามารถในการใช้ออกซิเจน องค์ประกอบของร่างกาย ค่าความเข้มข้นของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและอิเล็คโทรไลต์ในเลือด สมรรถภาพเฉพาะด้านรวมถึงปริมาณการบริโภคพลังงาน

เปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับวิธีการทดลอง (Time x trial) และความแตกต่างของน้ำหนักตัว ความเข้มข้นฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและอิเล็คโทรไลต์ในเลือด รวมถึงค่าการทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้านโดยใช้สถิติ Two-way repeated measure ANOVA เมื่อพบปฏิสัมพันธ์จะใช้การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้ Bonferroni correction และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้สถิติ Pearson product-moment correlation coefficient ซึ่งการคำนวณทางสถิติจะกำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับน้อยกว่า .05

ผลการวิจัย

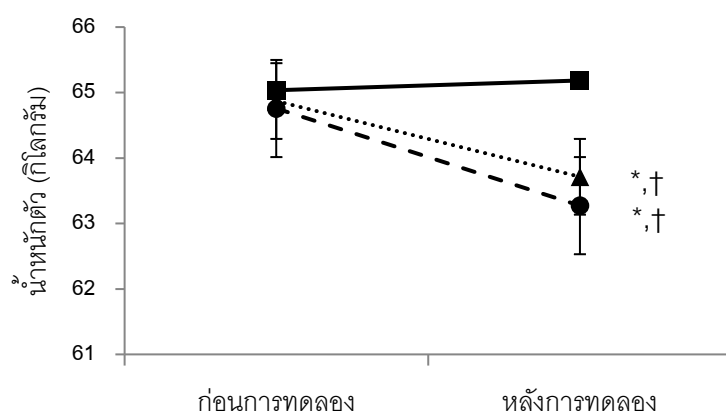
จากการศึกษาผลของวิธีการลดน้ำหนักในกีฬาเทควันโดโดยใช้การเพิ่มการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็คโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้าน ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

อัตราการบริโภคพลังงานและอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	ค่าเฉลี่ย
อายุ (ปี)	20±1
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	66±7
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173±1
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	22±2
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	15±4
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	53±3
อัตราการบริโภคพลังงาน (กิโลแคลอรี/วัน)	1,860±190
อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (กิโลแคลอรี)	1,572±110

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว

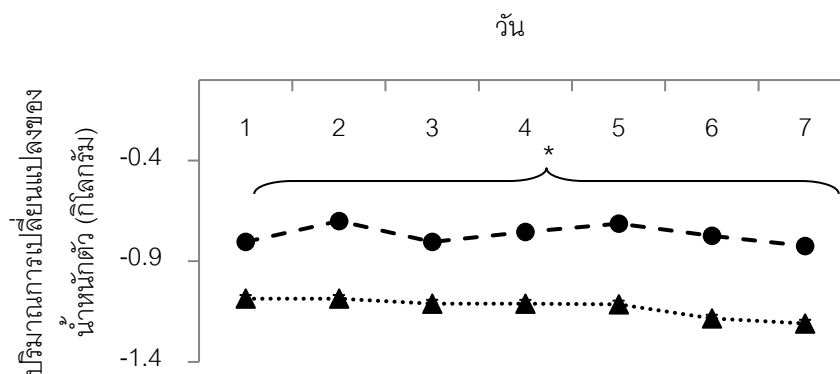


ภาพประกอบ 15 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มลดน้ำหนักรับ (●) และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนักรับ (▲) ($n=10$)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p<0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง

†แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p<0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มก่อนและหลังการทดลองพบว่า น้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มก่อนเริ่มการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติ และจากการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p<0.01$; trial, $p=0.02$; time, $p<0.01$) พบว่าน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ลดน้ำหนักรับ และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนักรับลดลงเมื่อเทียบกับก่อนหน้าการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยมีปริมาณลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2 เท่ากันทั้งสองกลุ่มเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง และน้ำหนักตัวที่ลดลงของทั้งสองกลุ่มนั้นมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.01$) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.6 และผลจากการเปรียบเทียบน้ำหนักตัวก่อนและหลังในช่วงที่เพิ่มการออกกำลังกายในกลุ่มที่ลดน้ำหนักรับ และกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักรับตลอดระยะเวลา 7 วัน ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวตลอดระยะเวลา 7 วันในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ -0.77 ± 0.05 และ -1.13 ± 0.05 กิโลกรัมตามลำดับซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (ภาพประกอบ 16)



ภาพประกอบ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มทดลองก่อน และหลังการออกกำลังกายตลอดระยะเวลา 7 วัน ระหว่างกลุ่มลดน้ำหนัก (●) และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก (▲) (n=10)

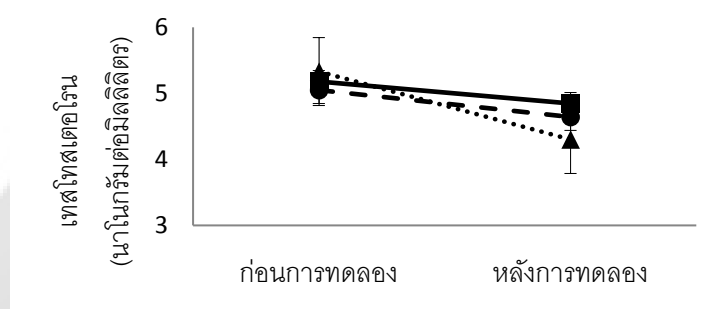
*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่ม

การเปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรไลต์และฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

ตาราง 13 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้น โซเดียม โปแตสเซียมและคลอไรด์ของกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนักก่อน และหลังการทดลอง (n=10)

	กลุ่มตัวอย่าง		
	ควบคุม	ลดน้ำหนัก	ใช้ชุดลดน้ำหนัก
โซเดียม (มิลลิโมลต่อลิตร)			
ก่อนการทดลอง	138.42±1.25	137.90±1.25	138.10±1.72
หลังการทดลอง	138.60±1.24	137.91±1.56	138.10±1.15
โปแตสเซียม (มิลลิโมลต่อลิตร)			
ก่อนการทดลอง	3.80±0.24	3.87±0.18	3.92±0.18
หลังการทดลอง	3.67±0.16	3.97±1.08	3.66±0.16
คลอไรด์ (มิลลิโมลต่อลิตร)			
ก่อนการทดลอง	104.58±0.86	106.70±1.23	106.10±0.50
หลังการทดลอง	106.40±1.35	108.20±1.08	107.00±2.04

ผลการเปรียบเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรไลต์ในเลือด (ตาราง 13) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลอง ก่อนและหลังการทดลองรวมถึงการเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทั้งปริมาณโซเดียม โปแตสเซียมและคลอไรด์ อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มทดลองพบว่าก่อนการทดลองระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนทั้งสามกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่เมื่อทำการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มภายหลังการทดลองพบว่าระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีแนวโน้มลดลงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองกลุ่ม (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p=0.08$; trial, $p=0.66$; time, $p<0.01$) โดยกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของระดับฮอร์โมนลดลงประมาณร้อยละ 19 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองซึ่งมีค่าลดลงมากที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่ลดน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยลดลงประมาณร้อยละ 8 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยลดลงประมาณร้อยละ 6 ดังแสดงในภาพประกอบ 17

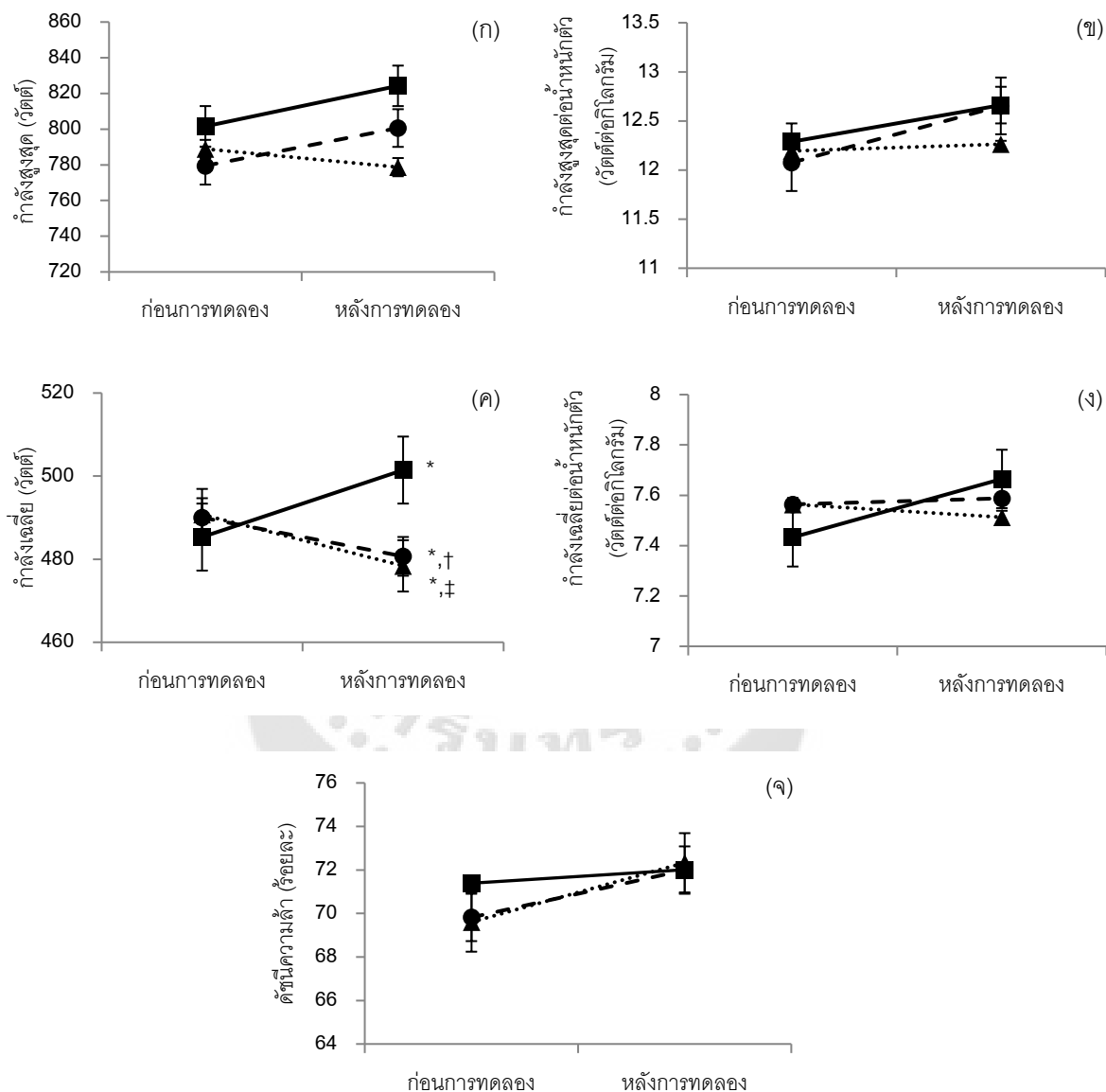


ภาพประกอบ 17 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มลดน้ำหนัก (●) และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก (▲) ($n=9$)

การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบความสามารถทางอนากาสนิยม ได้แก่ กำลังสูงสุด กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว กำลังเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว และดัชนีความล้าในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม รวมถึงการเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง (ภาพประกอบ 18) อย่างไรก็ตามจากการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของค่ากำลังเฉลี่ยดังแสดงในภาพประกอบ 18 (ค) พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p<0.01$; trial, $p<0.01$; time, $p<0.01$) โดยค่าเฉลี่ยของการทดสอบในกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ($p<0.01$) ซึ่งในทางตรงกันข้าม ค่าเฉลี่ยของการทดสอบในกลุ่มที่ลดปริมาณอาหารรวมกับการออกกำลังกาย และกลุ่มที่เพิ่มการใช้ชุดลดน้ำหนักมีการทดสอบกำลังเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนหน้าการทดลอง ($p<0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มพบว่ากลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยของกำลังเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$ และ $p<0.01$ ตามลำดับ)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการทดสอบกำลังขาโดยใช้การทดสอบกระโดดสูง (Vertical jump) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองรวมถึงการเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทั้งค่าความสูงในการกระโดด ค่ากำลังสูงสุด และค่ากำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว เช่นเดียวกันกับผลการทดสอบปฏิกิริยาและความคล่องตัวที่พบว่าค่าเฉลี่ยของการทดสอบก่อนและหลังการทดลองรวมถึงการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 14)



ภาพประกอบ 18 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถทางอนากาศนิยมได้แก่ (ก)

กำลังสูงสุด (ข) กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (ค) กำลังเฉลี่ย (ง) กำลังเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว และ (จ)

ดัชนีความล้า ระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มลดน้ำหนัก (●) และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก (▲) (n=10)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเทียบกับก่อนหน้าการทดลอง

+แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

±แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการทดสอบกำลังขา และการทดสอบเวลา
ปฏิกิริยาและความคล่องตัวของของกลุ่มควบคุม กลุ่มลดน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชุดลดน้ำหนัก ($n=10$)

	กลุ่มตัวอย่าง		
	ควบคุม	ลดปริมาณอาหาร	ลดปริมาณอาหารร่วมกับ
		ร่วมกับการออกกำลังกาย	การออกกำลังกายและ ใช้ชุดลดน้ำหนัก
การทดสอบกำลังขา			
<i>ความสูงในการกระโดด (เซ็นติเมตร)</i>			
ก่อนการทดลอง	37.55±4.05	35.51±3.43	35.15±3.69
หลังการทดลอง	37.44±4.44	36.56±3.12	35.62±3.57
<i>กำลังสูงสุด (วัตต์)</i>			
ก่อนการทดลอง	3,191.95±416.98	3,031.66±374.87	3,018.39±409.08
หลังการทดลอง	3,171.22±328.89	3,036.36±363.61	2,997.10±375.99
<i>กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (วัตต์/กิโลกรัม)</i>			
ก่อนการทดลอง	48.73±3.42	46.89±3.08	46.53±3.13
หลังการทดลอง	48.75±2.85	47.92±2.76	47.04±3.22
การทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว			
<i>ขาไป (วินาที)</i>			
ก่อนการทดลอง	2.00±0.09	1.95±0.11	1.96±0.12
หลังการทดลอง	1.94±0.13	1.90±0.13	1.91±0.17
<i>ขากลับ(วินาที)</i>			
ก่อนการทดลอง	1.65±0.19	1.64±0.25	1.69±0.29
หลังการทดลอง	1.62±0.18	1.64±0.26	1.62±0.21
<i>เวลารวม (วินาที)</i>			
ก่อนการทดลอง	3.64±0.21	3.59±0.25	3.67±0.33
หลังการทดลอง	3.57±0.24	3.54±0.29	3.53±0.29

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย โดยแสดงค่าในตาราง 15 ซึ่งพบว่าค่าน้ำหนักตัวภายหลังการทดลองมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพเฉพาะด้าน ได้แก่ กำลังการกระโดดในการทดสอบกระโดดสูง ($r=0.828$, $p<0.01$) กำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ยในการทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม ($r=0.752$, $p<0.01$ และ $r=0.840$, $p<0.01$ ตามลำดับ) และพบความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับเวลารวมของปฏิกิริยาและความคล่องตัว ($r=0.485$, $p<0.01$) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในระดับปานกลางระหว่างน้ำหนักตัวกับปริมาณความเข้มข้นของโซเดียม ($r=0.490$, $p<0.01$)

การทดสอบความสัมพันธ์ของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนกับสมรรถภาพเฉพาะด้านภายหลังการทดลอง พบว่าระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีความสัมพันธ์กับตัวแปรสมรรถภาพเฉพาะด้านทั้งหมด โดยมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว ($r=0.549$, $p<0.01$) และความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับกำลังการกระโดด ($r=0.468$, $p<0.05$) และกำลังเฉลี่ย ($r=0.397$, $p<0.05$) อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนกับกำลังสูงสุด พบว่ามีแนวโน้มถึงความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.340$, $p=0.08$)

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าอิเล็กโทรไลต์ภายหลังการทดลอง ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสเซียมและคลอไรด์กับตัวแปรอื่น ยกเว้นค่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเพียงค่าเดียวที่มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับ เวลารวมของปฏิกิริยาและความคล่องตัว ($r=0.389$, $p<0.05$) และกำลังการกระโดดในการทดสอบกระโดดสูง ($r=0.383$, $p<0.05$) และความสัมพันธ์ระดับปานกลางแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับกำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ย ($r=0.312$, $p=0.09$ และ $r=0.311$, $p=0.09$ ตามลำดับ)

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าระดับแมกนีเซียมและฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนภายหลังการทดลอง ($r=0.113$, $p=0.50$) ค่ากำลังการกระโดดและกำลังสูงสุด ($r=0.165$, $p=0.38$ และ $r=0.148$, $p=0.43$ ตามลำดับ)

ตาราง 15 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาภายหลังการทดลอง ได้แก่ ค่าน้ำหนักตัว ระดับเทสโทสเทอโรน ระดับแมกนีเซียม ระดับวิตามินดี และสมรรถภาพเฉพาะด้าน (n=30)

	น้ำหนักตัว	เทสโทสเทอโรน	แมกนีเซียม	วิตามินดี	โพแทสเซียม	คลอไรด์	เวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว	กำลังการกระโดด	กำลังสูงสุด	กำลังเฉลี่ย
น้ำหนักตัว	1	0.088	0.051	0.490**	-0.073	-0.033	.485**	.828**	.752**	.840**
เทสโทสเทอโรน	-	1	0.133	0.271	.045	0.085	0.549**	0.468*	0.340	0.397*
แมกนีเซียม	-	-	1	-0.215	-0.075	0.085	0.088	0.165	0.148	0.096
วิตามินดี	-	-	-	1	0.032	0.300	0.389*	0.383*	0.312	0.311
โพแทสเซียม	-	-	-	-	1	0.048	0.055	-0.077	-0.126	0.012
คลอไรด์	-	-	-	-	-	1	0.098	0.054	-0.155	-0.091
เวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว	-	-	-	-	-	-	1	0.443*	0.177	0.297
กำลังการกระโดด	-	-	-	-	-	-	-	1	0.819**	0.914**
กำลังสูงสุด	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.851**
กำลังเฉลี่ย	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

หมายเหตุ การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับเทสโทสเทอโรนกับตัวแปรอื่นมีจำนวน n=27

*มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

**มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.01$

อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการลดน้ำหนักทั้งสองวิธีต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้าน โดยพบว่าวิธีการลดน้ำหนักโดยใช้การจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกาย และการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมการใช้ชุดลดน้ำหนักส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกันระหว่างกลุ่ม ในขณะที่ค่ากำลังเฉลี่ยในกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่ลดลงมากกว่าในกลุ่มทดลองที่ใช้ชุดลดน้ำหนัก ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือดไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

การลดลงของน้ำหนักตัวจากวิธีการลดน้ำหนักทั้งสองรูปแบบเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มลดน้ำหนักโดยการจำกัดการบริโภคอาหารและเพิ่มการออกกำลังกาย และกลุ่มที่เพิ่มการใช้ชุดลดน้ำหนัก มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.17$) โดยการลดลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มอาจสามารถอธิบายได้จากลักษณะของวิธีที่ใช้ในการลดน้ำหนักโดยใช้ทั้งการเพิ่มการออกกำลังกายและจำกัดการบริโภคอาหาร ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นการรบกวนสมดุลพลังงานของร่างกาย กล่าวคือการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายเป็นการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานของร่างกายให้มากขึ้นกว่าปกติและยังส่งผลให้เกิดการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานในขณะพัก (Basal metabolic rate หรือ BMR) และทำให้ความต้องการพลังงานรวมของร่างกายเพิ่มมากขึ้น (Speakman; & Selman. 2003) ประกอบกับการจำกัดการบริโภคอาหารเป็นอีกหนึ่งวิธีที่เป็นการรบกวนสมดุลพลังงานของร่างกาย (MacLean; et al. 2011) ซึ่งอาจทำให้สมดุลพลังงานของร่างกายเป็นลบ (Energy deficit) และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวดังเช่นผลการศึกษาที่พบในการวิจัยครั้งนี้ โดยการใช้วิธีลดน้ำหนักทั้งสองวิธีร่วมกันจะส่งผลให้เกิดการลดลงของน้ำหนักตัวที่มากกว่าปกติ ดังเช่นการศึกษาก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นถึงผลจากการใช้วิธีการจำกัดการบริโภคพลังงานร่วมกับการฝึกซ้อม โดยการลดปริมาณการบริโภคพลังงานลง (ประมาณร้อยละ 38) ร่วมกับการฝึกซ้อมในช่วงก่อนการแข่งขันส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงมากกว่าการฝึกซ้อมตามโปรแกรมฝึกเพียงอย่างเดียว โดยมีน้ำหนักตัวลดลงถึงร้อยละ 3.6 (Umeda; et al. 2004)

การที่น้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีปริมาณลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติแสดงให้เห็นว่าการใช้ชุดลดน้ำหนักไม่ส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักตัวแต่อย่างใด ถึงแม้ว่าจากผลการศึกษาที่ระบุว่ากลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีน้ำหนักตัวภายหลังจากการออกกำลังกายลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนักทุกวันเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มในช่วงก่อนและหลังการเพิ่มออกกำลังกาย ตลอดช่วงสัปดาห์ของการทดลองก็ตาม (กลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีน้ำหนักตัวลดลงเฉลี่ย 1.13 กิโลกรัม และกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนักลดลงเฉลี่ย 0.77 กิโลกรัม) ซึ่งน้ำหนักที่ลดลงมากกว่าในกลุ่มที่ใช้ชุดลด

น้ำหนักอาจเป็นเพียงการเกิดการสูญเสียน้ำในร่างกายออกไปในรูปของเหงื่อมากกว่าปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสวมใส่ชุดลดน้ำหนักขณะออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยไม่ได้กำหนดให้มีการจำกัดการบริโภคน้ำ ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มสามารถบริโภคน้ำเพื่อชดเชยปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในขณะออกกำลังกายได้อย่างอิสระภายใต้ข้อแนะนำการบริโภคน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (Sawka; et al. 2007) ปัจจัยเรื่องภาวะสมดุลงาน้ำในร่างกายจึงอาจเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลของการเปรียบเทียบรูปแบบการลดน้ำหนักทั้งสองแบบต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวนั้นไม่เกิดความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่ากลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักจะมีอัตราการสูญเสียเหงื่อมากกว่า ซึ่งหากกลุ่มตัวอย่างมีการจำกัดการบริโภคน้ำอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวมากกว่าผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้ ดังเช่นการศึกษาที่ผ่านมาที่แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเรื่องการจำกัดการบริโภคน้ำเป็นอีกปัจจัยหลักที่สามารถทำให้เกิดการลดลงของน้ำหนักตัวอย่างรวดเร็ว โดยการจำกัดการบริโภคน้ำเพียงอย่างเดียวในช่วง 24 ชั่วโมง ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงถึงร้อยละ 2 (James; & Shirreffs. 2013)

เมื่อการเปรียบเทียบผลของวิธีการลดน้ำหนักทั้งสองรูปแบบต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเฉพาะด้านจะเห็นได้ว่าสมรรถภาพเฉพาะด้านที่มีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุดคือค่ากำลังเฉลี่ยจากการทดสอบความสามารถทางอากาศนียม โดยมีค่าการทดสอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนหน้าการทดลองทั้งสองกลุ่ม ($p < 0.01$) และกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักก็มีแนวโน้มค่ากำลังเฉลี่ยลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนัก $p < 0.01$ และกลุ่มที่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนัก $p < 0.05$) โดยมีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาผลของการลดน้ำหนักที่พบว่า การจำกัดการบริโภคอาหารนอกจากจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนที่มีความสำคัญในร่างกายบางชนิดแล้ว ยังส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยเช่นกัน (สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล. 2555ก; สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล. 2555ข) โดยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถทางอากาศนียม ภายหลังจากการลดน้ำหนักด้วยการจำกัดการบริโภคอาหารลงประมาณร้อยละ 30-33 (Filaire; et al. 2001; Degoutte; et al. 2006) ซึ่งประเด็นหลักที่อาจเป็นสาเหตุให้ค่าการทดสอบกำลังเฉลี่ยลดลงนั้น อาจเป็นผลมาจากการจำกัดการบริโภคอาหาร เพราะการจำกัดการบริโภคอาหารจะส่งผลต่อการลดลงของปริมาณความเข้มข้นของไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen concentration) (Tarnopolsky; et al. 1996; Cantó; et al. 2010) โดยไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการหลักที่จะสร้างพลังงานให้กับการออกกำลังกายแบบไม่พึ่งพาออกซิเจนหรืออากาศนียม (VanPutte; et al. 2013) นอกจากเหตุผลดังกล่าวแล้วนั้น การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการลดลงปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อด้วยเช่นกัน (Cantó; et al. 2010) อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาวิธีการลดน้ำหนักในครั้งนี้ไม่ได้ส่งผลต่อการลดลงประสิทธิภาพของตัวแปรสมรรถภาพเฉพาะด้านในด้านอื่นๆ เช่น เวลาปฏิบัติและความคล่องตัว

กำลังขาในการทดสอบกระโดดสูง โดยอาจเป็นเพราะลักษณะของการใช้พลังงานในการทดสอบกระโดดสูงและการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัวไม่ได้อาศัยพลังความต้องการพลังงานที่สูงและต่อเนื่องเหมือนกับการทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยมจึงทำให้ผลการวิจัยที่ได้ออกมาไม่น่าเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเท่ากับการทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดสอบค่ากำลังเฉลี่ย

ส่วนผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ที่ระบุว่าค่ากำลังเฉลี่ยที่ลดลงในกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนัก่วมกับการออกกำลังกายมีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ชุดลดน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมแต่เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของกำลังเฉลี่ยในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจบ่งชี้ได้ว่าชุดลดน้ำหนักไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพเฉพาะด้านหลังการใช้ต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง 7 วันอย่างชัดเจน ซึ่งปกติแล้วการใช้ชุดลดน้ำหนักสามารถอนุมานได้ว่าเป็นลักษณะของการจำลองสภาพแวดล้อมให้เสมือนว่าเป็นการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง โดยที่ผ่านมามีการศึกษาที่ระบุว่า การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมสูงนั้นส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ (Tucker; et al. 2004) และกำลังของกล้ามเนื้อ (Tatterson; et al. 2000; Romer; et al. 2004; Périard; et al. 2010; Schlader; et al. 2011) แต่ผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้านั้นเป็นลักษณะของผลขับพลันของการออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อน ซึ่งแตกต่างจากลักษณะของการศึกษาในครั้งนี้ที่ทำการประเมินสมรรถภาพภายหลังจากการออกกำลังกายไปแล้วประมาณ 16 ชั่วโมง (การทดสอบหลังการทดลอง) โดยกลุ่มตัวอย่างมีเวลาในการพักเป็นระยะเวลานาน ประกอบกับประเด็นของความร้อนภายในชุดลดน้ำหนักที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายยังไม่มีการศึกษาที่สามารถสนับสนุนหรือระบุได้แน่ชัดว่าความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นมีปริมาณมากน้อยเพียงใดและส่งผลต่อระบบการทำงานของร่างกายอย่างไร โดยในประเด็นเรื่องของความร้อนจากการใช้ชุดลดน้ำหนักนี้ผู้วิจัยจึงไม่สามารถสรุปข้อขัดแย้งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้อย่างชัดเจนว่าผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้าเพราะเหตุใด

การศึกษานี้พบแนวโน้มความแตกต่างของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่ม โดยกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มอื่นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแนวโน้มการลดลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มอาจสามารถแยกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการลดลงของระดับฮอร์โมนได้เป็นสองประเด็น คือ ประเด็นแรกเกี่ยวกับการจำกัดการบริโภคอาหาร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการจำกัดการบริโภคอาหารลงร้อยละ 30 ในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการลดน้ำหนักทั้งสองกลุ่ม โดยผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบก่อนหน้านี้ที่ระบุว่า การจำกัดการบริโภคอาหารลงร้อยละ 33 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มนักกีฬา (Degoutte; et al. 2006) นอกจากนี้การลดปริมาณการบริโภคอาหารในช่วงก่อนการแข่งขัน (ลดลงร้อยละ 37) ทำให้ระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีระดับต่ำกว่าผู้ที่ไม่ได้จำกัดการบริโภคอาหารทั้งช่วงก่อนแข่ง ขณะแข่ง และภายหลังจากการแข่งขัน (Abdelmalek; et al. 2015) อย่างไรก็ตาม

ประเด็นของการจำกัดการบริโภคอาหารที่ส่งผลต่อระดับการลดลงของฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนนั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัดและขาดหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ แต่หากพิจารณาในด้านของรูปแบบของกิจกรรมในการลดน้ำหนักในการทดลองครั้งนี้ที่ใช้วิธีการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายในรูปแบบแอโรบิคเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นอีกประเด็นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบฮอร์โมนบางชนิดที่อาจเกี่ยวข้องต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนได้ ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol) เป็นต้น โดยมีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างระดับฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนและคอร์ติซอลภายหลังจากการออกกำลังกายในระดับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเป็นปกติ (Brownlee; et al. 2005; Daly; et al. 2005)

ในภาวะการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในสภาวะอุณหภูมิปกตินั้นส่งผลให้ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลสูงขึ้นกว่าปกติ (Kindermann; et al. 1982; Horton; et al. 1985) และเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้รูปแบบการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิค (Kindermann; et al. 1982) นอกจากนี้การออกกำลังกายที่ระดับความหนักในช่วงระดับปานกลางถึงความหนักสูงเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที ($60-80\%VO_{2max}$) จะกระตุ้นการเพิ่มระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (Hill; et al. 2008) ซึ่งลักษณะของความหนักและระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายดังกล่าวสอดคล้องกับรูปแบบการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายของผู้วิจัยที่ได้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างที่ทำการลดน้ำหนักทั้งสองกลุ่มทำการเพิ่มการออกกำลังกายด้วยการวิ่งเป็นระยะเวลา 60 นาที ($60-65\%VO_{2max}$) ต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง 7 วัน ถึงแม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้ทางผู้วิจัยไม่ได้ทำการตรวจระดับการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนคอร์ติซอลร่วมด้วย แต่จากหลักฐานการวิจัยก่อนหน้านี้ได้กล่าวไว้เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนคอร์ติซอลและเทสโตสเตอโรน รวมถึงลักษณะรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ที่อาจเป็นผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มและส่งผลต่อการลดลงของระดับฮอร์โมนเทสโตสเตอโรน

กลไกที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลและเทสโตสเตอโรนภายหลังการออกกำลังกายนั้น อาจเนื่องมาจากระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนคอร์ติซอลที่สูงขึ้นส่งผลต่อการยับยั้งกระบวนการผลิตสารสเตียรอยด์ (Steroidogenesis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะเปลี่ยนคอเลสเตอรอลให้เป็นสารสเตียรอยด์ในรูปแบบต่างๆ ที่ Leydig cells ในอัณฑะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับฮอร์โมนเทสโตสเตอโรน (Cumming; et al. 1983; Hackney; et al. 2003) โดยกระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่บริเวณ Leydig cells ที่อัณฑะเพียงเท่านั้น แต่จะไม่รบกวนการทำงานของศูนย์กลางการควบคุมการผลิตฮอร์โมน (Hypothalamic-pituitary axis) (Cumming; et al. 1983) ซึ่งมิผลจากการวิจัยก่อนหน้านี้ที่สามารถจะอธิบายกระบวนการดังกล่าวเป็นอย่างดีโดยอาศัยการศึกษาในสัตว์ทดลอง โดยผลจากการวิจัยระบุว่า การเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (โดยการฉีด) ทำให้เกิด

การลดปริมาณการจับตัวของฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone receptor activity) กับ Leydig cells ที่อวัยวะของหนู (Bambino; & Hsueh. 1981) ซึ่งกระบวนการจับตัวของฮอร์โมนลูทิไนซิงกับ Leydig cells เป็นกระบวนการสำคัญที่จะกระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่ Leydig cells ในอวัยวะ (VanPutte; et al. 2013) โดยกลไกที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นเป็นเพียงกลไกที่เกิดขึ้นในสภาวะการออกกำลังกายในอุณหภูมิปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีระดับลดลงทั้งในกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักและกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนัก อย่างไรก็ตามระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักมีแนวโน้มลดระดับลงมากกว่า (ลดลงร้อยละ 19) โดยอาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่น เช่น ผลจากความร้อนของชุดลดน้ำหนัก

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาในเรื่องของการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงพบว่า การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะไม่ส่งผลกระทบต่อระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนหากเป็นการออกกำลังกายในระยะเวลาด้าน (Hoffman; et al. 1997; Keneflick; et al. 1998) อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ให้ผลไปในทิศทางตรงกันข้าม เช่น ผลการศึกษาที่ระบุว่า การออกกำลังกายในสภาพภูมิอากาศร้อนเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เกิดการลดลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนภายหลังการออกกำลังกาย (Vingren; et al. 2016) ซึ่งหากมองปัจจัยด้านระยะเวลาของการออกกำลังกายนั้นจะสอดคล้องกับสิ่งที่ผู้วิจัยได้อภิปรายไปแล้วข้างต้น ว่าการออกกำลังกายในลักษณะแอโรบิกจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนคอร์ติซอล โดยเป็นผลทำให้ส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพในการผลิตและหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนลง แต่หากมองในด้านปัจจัยอุณหภูมิสภาพแวดล้อมนั้นได้ผลจากการวิจัยก่อนหน้านี้ได้ระบุว่า การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้ระดับของฮอร์โมนคอร์ติซอลเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายในสภาพอุณหภูมิปกติ (Brenner; et al. 1997; Hassan. 2015) ดังนั้นจากข้อมูลสนับสนุนดังกล่าว การที่ฮอร์โมนคอร์ติซอลอาจเพิ่มระดับขึ้นมากกว่าปกติขณะออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง จะเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญและอาจเป็นหลักฐานที่สามารถนำมาอธิบายแนวโน้มการลดลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนัก ที่ลดลงมากกว่ากลุ่มที่ทำการลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การลดน้ำหนักโดยการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกาย และการเพิ่มการใช้ชุดลดน้ำหนัก ไม่ส่งผลกระทบต่อระดับการเปลี่ยนแปลงอเล็กโทรไลต์ ถึงแม้ว่ากลุ่มที่ใช้ชุดลดน้ำหนักจะมีอัตราการสูญเสียเหงื่อที่มากกว่าอันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสวมใส่ชุดลดน้ำหนักขณะออกกำลังกายก็ตาม ซึ่งสาเหตุหลักอาจเป็นเพราะปัจจัยเรื่องภาวะสมดุลย์น้ำในร่างกายและพฤติกรรมกรบริโภคน้ำ ซึ่งหากในการศึกษารั้งนี้มีการจำกัดการบริโภคน้ำร่วมด้วย อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับอเล็กโทรไลต์ในเลือดได้ ดังเช่นผลจากการศึกษา

ก่อนหน้านี้ที่ระบุว่าการจำกัดการบริโภคน้ำในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมง เป็นผลทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณของระดับโซเดียมและคลอไรด์ในตัวอย่างเลือด ซึ่งเปรียบเทียบกับ การจำกัดการบริโภคอาหารที่จะไม่ส่งผลต่อระดับการเปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรไลต์ในเลือด (James; & Shirreffs. 2013) นอกจากนี้ยังมีผลจากการศึกษาถึงการเปรียบเทียบการบริโภคน้ำกลับคืนมาภายหลังการออกกำลังกายที่พบว่า การบริโภคน้ำเปล่าเพียงอย่างเดียวภายหลังการออกกำลังกาย สามารถทำให้ปริมาณโซเดียมในเลือดกลับคืนสู่สภาวะเดิมก่อนการทดลองภายใน 3 ชั่วโมง ภายหลังการออกกำลังกาย (Shirreffs; et al. 2007) ซึ่งข้อมูลจากการวิจัยดังกล่าวเป็นข้อมูลที่สามารถยืนยันถึงผลการศึกษาในครั้งนี้ที่ไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับอิเล็กโทรไลต์เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่ม โดยอาจเป็นเพราะการศึกษานี้ได้มีการแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างบริโภคน้ำกลับคืนสู่ร่างกายในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จึงทำให้ภาวะสมดุลย์น้ำในร่างกายของกลุ่มตัวอย่างเป็นปกติและไม่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับอิเล็กโทรไลต์

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการจำกัดการบริโภคอาหาร ร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกาย และวิธีการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการจำกัดการบริโภคอาหาร ร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนัก ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายหรือสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาทะวันโคลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านกำลังเฉลี่ย โดยการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักมีแนวโน้มกำลังเฉลี่ยลดลงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติ และการลดน้ำหนักด้วยวิธีดังกล่าวยังส่งผลให้ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีแนวโน้มลดลงมากกว่าการลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการออกกำลังกาย

บทที่ 5

การศึกษาที่ 3

ผลการให้แมกนีเซียมเสริมขณะลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาทควันโด

THE EFFECTS OF MAGNESIUM SUPPLEMENTATION DURING WEIGHT LOSS ON THE LEVEL OF TESTOSTERONE HORMONE AND SPECIFIC PERFORMANCE CHANGES IN TAEKWONDO

ภูมิหลัง

การลดน้ำหนักในนักกีฬาทควันโดมีวิธีที่นิยมใช้กันอยู่หลายวิธี (Brito; et al. 2012) ซึ่งจากการศึกษาของผู้วิจัยที่ผ่านมา ระบุว่า นักกีฬาทควันโดนิยมใช้วิธีลดน้ำหนักด้วยวิธีการใช้การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย การจำกัดการบริโภคอาหาร และการใช้ชุดน้ำหนักเป็นหลัก โดยลักษณะการใช้วิธีการลดน้ำหนักหลายวิธีร่วมกัน (ปวีณ วิทยาภรณ์; และคณะ. 2559) นอกจากนี้ผลจากการศึกษาที่ 2 ยังพบว่าการลดน้ำหนักด้วยวิธีดังกล่าวส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพในด้านความสามารถทางอากาศนียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ชุดลดน้ำหนักเป็นประจำอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ซึ่งอาจผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในชุดลดน้ำหนัก นอกจากนี้การใช้ชุดลดน้ำหนักอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของแมกนีเซียมอันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายในรูปของเหงื่อในปริมาณมาก ซึ่งปกติแล้วแมกนีเซียมสามารถสูญเสียออกไปจากร่างกายในรูปของเหงื่อ (Marriott.1993; Nielsen; & Lukaski. 2006) ดังนั้นวิธีการลดน้ำหนักที่ใช้ร่วมทั้งสามวิธีดังกล่าวมาข้างต้น อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของตัวแปรที่มีส่วนสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมถึงการทำงานของระบบพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพในนักกีฬาได้

แมกนีเซียมเป็นสารสำคัญที่อยู่ในรูปของไอออนบวก (Cation) ซึ่งมีมากเป็นอันดับสองในเซลล์และอันดับสี่ในร่างกายเมื่อเทียบกับสารที่อยู่ในรูปไอออนอื่นๆ โดยมีความสำคัญในกระบวนการทำงานของร่างกายหลายด้าน (Altura. 1991) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตพลังงานและการทำงานของกล้ามเนื้อ (Nielsen; & Lukaski. 2006; Swaminathan. 2003) โดยการที่ร่างกายมีปริมาณแมกนีเซียมไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง (Muscle weakness) การสั่นของกล้ามเนื้อ (Muscle tremor) การกระตุกของกล้ามเนื้อ (Muscle twitching) ตะคริว (Cramps) และอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tetany) (Crosby; et al. 2013) นอกจากนี้แมกนีเซียมยังมี

ความสำคัญต่อฮอร์โมนที่มีความสำคัญในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ยกตัวอย่างเช่น ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน โดยที่ผ่านมามีการศึกษาที่พบว่าระดับของแมกนีเซียมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Maggio; et al. 2011) ซึ่งหากเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับแมกนีเซียมในร่างกายด้วยวิธีใดก็ตาม อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนด้วยเช่นกัน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักกีฬากลุ่มกีฬาต่อสู้มีปริมาณการได้รับแมกนีเซียมลดลง ในขณะที่ลดน้ำหนัก โดยเป็นผลมาจากวิธีการจำกัดการบริโภคอาหาร ซึ่งค่าที่ประเมินได้อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน RDA (Recommended dietary allowance) (Filaire; et al. 2001; Boisseau; et al. 2005) นอกจากนี้การเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมในนักกีฬาอาจเป็นอีกตัวแปรที่ทำให้ร่างกายเกิดการสูญเสียแมกนีเซียม เพราะโดยปกติแล้วการออกกำลังกายในระยะเวลาอันนานจะทำให้เกิดการสูญเสียแมกนีเซียมออกไปพร้อมกับการหลั่งเหงื่อประมาณร้อยละ 10-20 (Marriott. 1993; Nielsen; & Lukaski. 2006)

จากรูปแบบการลดน้ำหนักด้วยวิธีการใช้การจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนัก ไม่เพียงแต่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสมรรถภาพเฉพาะด้านดังเช่นผลจากการศึกษาที่ 2 แต่อาจส่งผลกระทบต่อลดลงของปริมาณแมกนีเซียมที่ร่างกายควรได้รับด้วยเช่นกัน โดยจากความสำคัญของแมกนีเซียมต่อกระบวนการที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายดังที่กล่าวมา การวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาผลการให้แมกนีเซียมเสริมในขณะลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาเทควันโด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการใช้แมกนีเซียมในขณะลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพเฉพาะด้าน

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิตเพศชายที่กำลังศึกษาอยู่ ณ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) ที่มีสุขภาพดี มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มนิสิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) เพศชาย จำนวน 10 คน ที่ได้จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยอ้างอิงข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาตามสูตรการคำนวณกลุ่มตัวอย่างดังแสดงต่อไปนี้

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

- เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
 $Z_{\alpha/2}$ คือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
 เท่ากับ 1.96 (ความเชื่อมั่น 95%)
 Z_{β} เท่ากับ 0.84
 σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์หลัก
 δ คือ ขนาดความแตกต่างที่มีความสำคัญทางคลินิก

โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการศึกษาจะต้องผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกดังต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

เป็นผู้ที่มีอายุ 18 ปี ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 25 ปี และเป็นผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 วัน ในระดับความหนักปานกลางขึ้นไปอย่างน้อย 30 นาทีขึ้นไปต่อครั้ง โดยมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดตั้งแต่ 50 มิลลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาทีขึ้นไป และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคในการทดลอง

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

เป็นผู้มีอายุน้อยกว่า 18 ปี หรือมากกว่า 25 ปี และไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์ หรือออกกำลังกายในระดับความหนักที่ต่ำกว่าระดับปานกลาง มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่า 50 มิลลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที หรือมีโรคประจำตัวที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นอุปสรรคในการทดลอง เช่น ความดันโลหิต โรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของไต เป็นต้น รวมถึงอยู่ในระหว่างรับประทานยา สมุนไพร หรืออาหารเสริมชนิดต่างๆ

เกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา (Discontinuation criteria)

ขณะทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีอาการบาดเจ็บต่อเนื่องจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้รวมทั้งกลุ่มตัวอย่างไม่ได้ดำเนินการทดลองตามข้อตกลงของการวิจัยที่ทำการตกลงร่วมกันระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มตัวอย่างขอถอนตัวจากการศึกษาและระหว่างการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีอาการต้องเสีย อาการแพ้ที่รุนแรง เช่น เกิดผื่นคัน หายใจไม่ออก คลื่นไส้ มีอาการบวมบริเวณหน้า ลิ้น ปากหรือริมฝีปาก หรือถ่ายอุจจาระเป็นสีดำ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุมัติการทำวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นที่เรียบร้อยแล้วก่อนหน้าการทดลอง (ภาคผนวก ก)

การทดสอบก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างโดยอธิบายรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบ และให้กลุ่มตัวอย่างลงชื่อยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนหน้าการทดสอบร่างกายเบื้องต้น จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้าน ได้แก่ การทดสอบกำลังขา การทดสอบเวลาปฏิบัติภารกิจและความคล่องตัว การทดสอบความสามารถทางอวกาศนิยม รวมถึงการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง ในครั้งที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบกำลังขา เวลาปฏิบัติภารกิจและความคล่องตัว และความสามารถทางอวกาศนิยม จากนั้นเว้นระยะพักอย่างน้อย 3 วัน จึงทำการทดสอบครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบในแต่ละครั้งให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายประเภทที่มีความหนักปานกลางขึ้นไปและงดการบริโภคแอลกอฮอล์หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ซึ่งในการทดสอบก่อนหน้าการทดลองนี้จะทำการทดสอบก่อนการทดลองอย่างน้อย 7 วัน

การทดสอบแต่ละครั้งให้กลุ่มตัวอย่างพบผู้วิจัยที่ห้องปฏิบัติการ จากนั้นผู้วิจัยทำการประเมินร่างกายกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้นประกอบด้วย การชั่งน้ำหนักและประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (TANITA, United States of America) วัดส่วนสูง จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพักในท่านอนหงายเป็นเวลา 10 นาทีและวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ภายหลังจากการทดสอบและประเมินร่างกายในเบื้องต้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 5-10 นาที จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดสอบตามแบบทดสอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ในแต่ละครั้ง (วิธีการทดสอบกำลังขา การทดสอบเวลาปฏิบัติภารกิจและความคล่องตัว การทดสอบความสามารถทางอวกาศนิยม และการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด แสดงในบทที่ 4)

ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารต่อหนึ่งวันในกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่รับประทานในแต่ละมื้อ (แยกระหว่างข้าวและกับข้าว) และจดบันทึกส่วนประกอบของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณพลังงานที่กลุ่มตัวอย่างบริโภคต่อวันโดยโปรแกรมวิเคราะห์ผลสำเร็จรูป INMUCAL-Nutrientsversion version 2.0 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2556)

การดำเนินการทดลอง

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างและข้อกำหนดก่อนเข้ารับการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มโดยการสุ่มดังนี้ คือ กลุ่มควบคุมที่ปฏิบัติตามกิจวัตรประจำวันตามปกติยกเว้นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลางขึ้นไปและบริโภคอาหารในปริมาณปกติ กลุ่มที่เพิ่มการออกกำลังกายร่วมกับการใช้ชุดลดน้ำหนักและลดปริมาณ

การบริโภคอาหารจากปริมาณปกติร้อยละ 30 (กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม) และกลุ่มที่เพิ่มการออกกำลังกายร่วมกับการใช้ชุดลดน้ำหนักรวมถึงลดปริมาณการบริโภคอาหารจากปริมาณปกติร้อยละ 30 และได้รับแมกนีเซียมเสริมในรูปของแมกนีเซียมออกไซด์ปริมาณ 250 มิลลิกรัมต่อวัน (NATURE'S BOUNTY®, U.S.A.) (กลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้รูปแบบการศึกษาแบบไขว้กลุ่ม (Crossover design) โดยมีระยะห่างระหว่างการทดลองในแต่ละครั้งอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ทั้งนี้ปริมาณการบริโภคอาหารที่ลดลงจะเปรียบเทียบจากข้อมูลปริมาณพลังงานที่กลุ่มตัวอย่างบริโภคต่อวันในช่วงก่อนหน้าการทดลอง

ก่อนการทดลองในแต่ละครั้งกลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายประเภทที่มีความหนักปานกลางขึ้นไปและงดการบริโภคแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง รวมถึงงดการบริโภคอาหารอย่างน้อย 10 ชั่วโมง ก่อนการทดลองยกเว้นน้ำดื่มและต้องจัดบันทึกการบริโภคอาหารในช่วง 2 วันก่อนหน้าการทดลองและเลือกบริโภคอาหารทั้งชนิดและปริมาณเดิมทุกครั้งก่อนเข้ารับการทดลองในแต่ละครั้งซึ่งใช้เวลาในการทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 9 วัน (วันที่ 1 และ 9 เป็นการทดสอบก่อนและหลังการทดลองตามลำดับ) ทั้งนี้ในวันที่ 2 จนถึงวันที่ 8 กลุ่มตัวอย่างจะต้องบริโภคอาหารชนิดเดิมตามที่มือและวันที่ได้จัดบันทึกไว้ ส่วนปริมาณการบริโภคให้ปรับลดตามกลุ่มการทดลองที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำให้บริโภคน้ำในปริมาณที่เหมาะสมระหว่างการทดลอง โดยให้บริโภคน้ำเพื่อปรับสมดุลน้ำในร่างกายให้เป็นปกติด้วยการบริโภคน้ำปริมาณ 5-7 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในช่วง 4 ชั่วโมงก่อนออกกำลังกายและหากสังเกตว่าไม่มีการผลิตปัสสาวะหรือปัสสาวะมีสีเข้มกว่าปกติให้บริโภคเพิ่มอีกในปริมาณ 3-5 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Sawka; et al. 2007) และผู้วิจัยไม่อนุญาตให้กลุ่มตัวอย่างบริโภคของเหลวอื่นๆ นอกเหนือจากน้ำเปล่าตลอดการทดลอง

การดำเนินการเก็บข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการในวันที่ 1 เวลา 7.00 นาฬิกา เพื่อทำการทดสอบก่อนหน้าการทดลอง จากนั้นในวันที่ 2 กลุ่มตัวอย่างพบผู้วิจัยที่ห้องปฏิบัติการเวลา 13.30 นาฬิกา กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกาย (กลุ่มควบคุมให้นั่งพักเป็นเวลา 60 นาที) ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมทำการเดินบนลู่วิ่งกลเป็นเวลา 3 นาที ที่ระดับความชันเป็นศูนย์ ระดับความเร็ว 3-4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อเป็นการอบอุ่นร่างกาย จากนั้นเป็นการออกกำลังกายโดยการวิ่งเป็นเวลา 60 นาที ที่ความหนัก 60-65 %VO₂max ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มปฏิบัติเช่นนี้เป็นเวลาต่อเนื่อง 7 วัน (วันที่ 2 ถึง 8) จากนั้นในวันที่ 9 ของการทดลองกลุ่มตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการเวลา 7.00 นาฬิกา เพื่อทำการทดสอบหลังการทดลอง

การทดสอบก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มจะเข้ารับการทดสอบก่อนและหลังการทดลองในแต่ละครั้ง (วันที่ 1 และ 9 ตามลำดับ) โดยผู้วิจัยทำการประเมินร่างกายกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้นโดยการประเมินน้ำหนักตัว (ไม่สวมเสื้อผ้า) และประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (TANITA, United States of America) จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพักในท่านอนหงายเป็นเวลา 10 นาที เพื่อวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและเก็บตัวอย่างเลือด (Blood sampling) และทำการทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้านของกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างเลือด

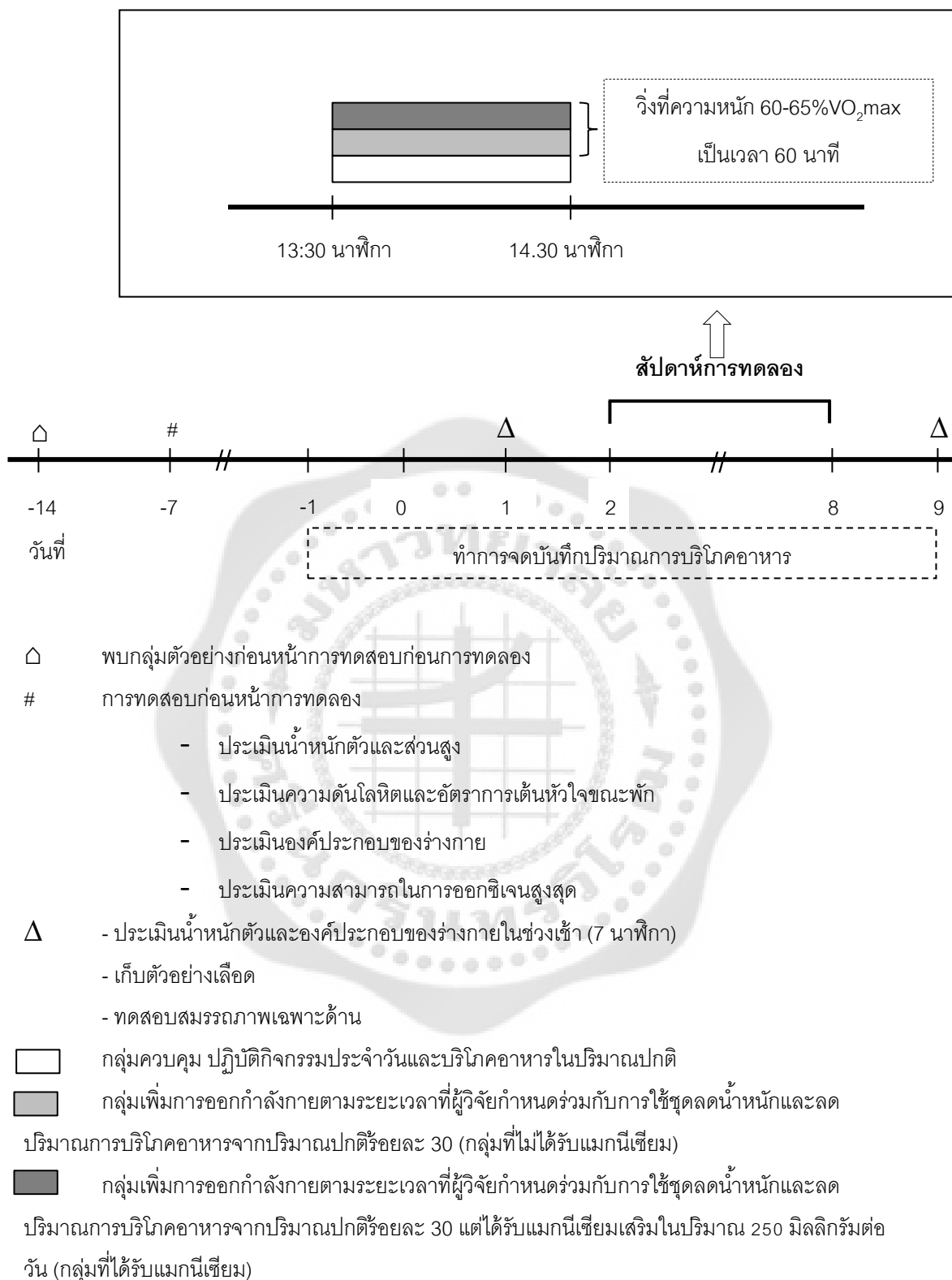
กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการเก็บตัวอย่างเลือดในแต่ละครั้งโดยพยาบาลวิชาชีพหรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับใบอนุญาต โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่หลอดเลือดดำบริเวณข้อพับแขนที่อยู่ระหว่างท่อนแขนส่วนบนและส่วนล่าง (Antecubital vein) และเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณครั้งละ 6 มิลลิลิตร ซึ่งตัวอย่างเลือดที่เก็บได้จะนำไปเข้ากระบวนการแยกองค์ประกอบของสารภายในเลือด คือ การแยกซีรัม (Serum) โดยเลือดที่ได้จากหลอดเลือดดำจะถูกบรรจุลงในหลอดสุญญากาศที่ไม่มีส่วนผสมของสารกันเลือดแข็งตัวและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งตกตะกอนจึงนำเลือดไปเข้าเครื่องเหวี่ยงสารให้ตกตะกอนความเร็ว 3000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำหลอดสุญญากาศที่ถูกเหวี่ยงให้เลือดที่บรรจุอยู่ภายในตกตะกอนแล้วออกจากเครื่องและทำการแยกซีรัมแล้วนำไปเก็บในตู้ทำความเย็นอุณหภูมิลบ 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลระดับความเข้มข้นฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนโดยใช้เทคนิค Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ส่วนการวิเคราะห์แมกนีเซียมในเลือด ผู้วิจัยได้ทำการส่งวิเคราะห์ผลโดยโรงพยาบาลศูนย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

การทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ภายหลังการเก็บตัวอย่างเลือด กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดทำการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบกำลังขา เวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว และความสามารถทางอนากาสนิยม



ภาพประกอบ 19 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลองที่ 3



ภาพประกอบ 20 แผนการดำเนินการทดลองที่ 3

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความสามารถในการใช้ออกซิเจน องค์ประกอบของร่างกาย ค่าความเข้มข้นของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและแมกนีเซียมในเลือด สมรรถภาพเฉพาะด้านรวมถึงปริมาณการบริโภคพลังงาน

เปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับวิธีการทดลอง (Time x trial) ของค่าน้ำหนักตัว ความเข้มข้นฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและแมกนีเซียมในเลือด รวมถึงค่าการทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้านโดยใช้สถิติ Two-way ANOVA with repeated measure เมื่อพบปฏิสัมพันธ์จะใช้การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้ Bonferroni correction และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้สถิติ Pearson product-moment correlation coefficient ซึ่งการคำนวณทางสถิติจะกำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับน้อยกว่า .05

ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของวิธีการให้แมกนีเซียมเสริมขณะลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาเทควันโด ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริม โดยข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแสดงในตาราง 16

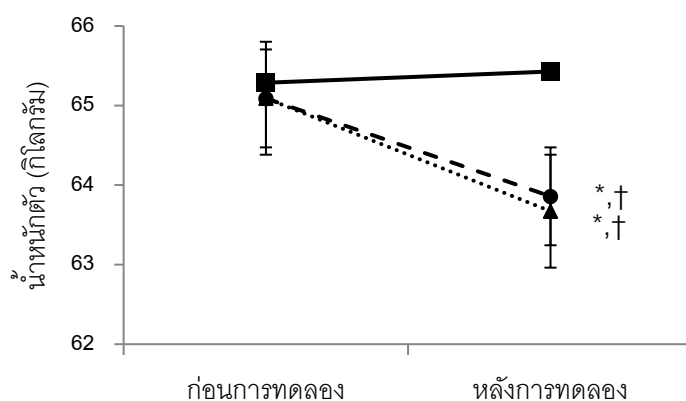
ตาราง 16 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

อัตราการบริโภคพลังงานและอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	ค่าเฉลี่ย
อายุ (ปี)	20±1
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	66±7
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173±5
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	22±2
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (ร้อยละ)	15±4
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	54±3
อัตราการบริโภคพลังงาน (กิโลแคลอรี/วัน)	1,841±191
อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (กิโลแคลอรี)	1,588±115

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว

ผลการวิจัยของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มก่อนและหลังการทดลองพบว่าน้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มก่อนเริ่มการทดลองไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ และจากการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p < 0.01$; trial, $p < 0.01$; time, $p < 0.01$) พบว่าน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมลดลงเมื่อเทียบกับก่อนหน้าการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีปริมาณลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2 เท่ากัน และน้ำหนักตัวที่ลดลงของทั้งสองกลุ่มนั้นมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.01$) (ภาพประกอบ 21)



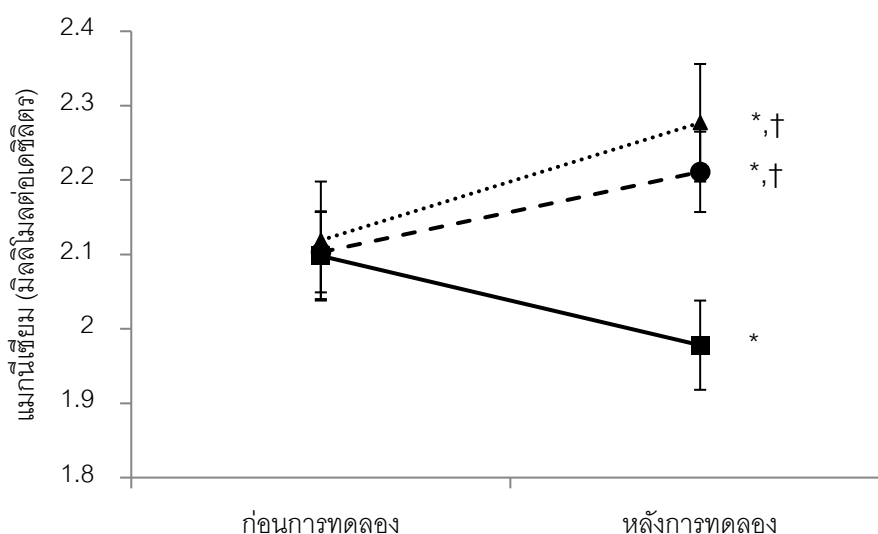
ภาพประกอบ 21 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม (●) และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม (▲) ($n=10$)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง

†แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

การเปลี่ยนแปลงของระดับแมกนีเซียมและฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับแมกนีเซียมในเลือดพบว่าก่อนการทดลอง ทั้งสามกลุ่มมีค่าระดับแมกนีเซียมในเลือดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจากการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p < 0.01$; trial, $p < 0.01$; time, $p < 0.05$) พบว่าระดับแมกนีเซียมในกลุ่มควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ($p < 0.01$) ในขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมมีระดับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ($p < 0.01$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระดับแมกนีเซียมในเลือดของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มนั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.01$) (ภาพประกอบ 22)

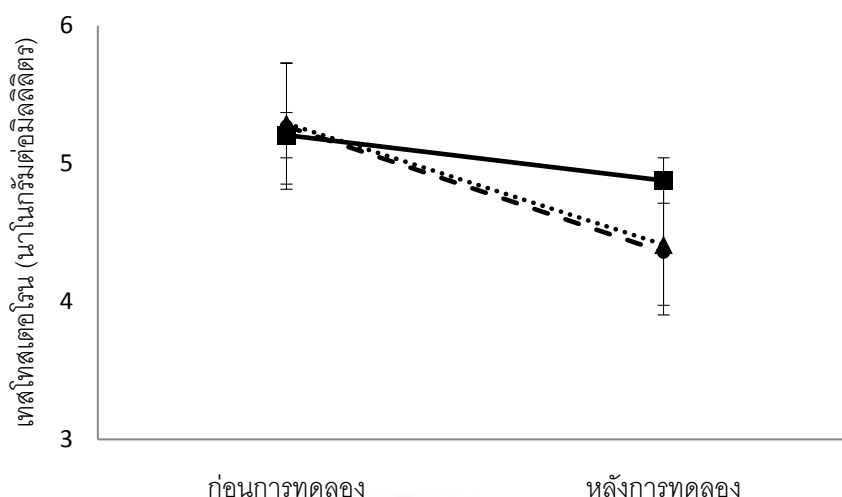


ภาพประกอบ 22 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับแมกนีเซียมในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม (●) และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม (▲) (n=10)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง

†แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

จากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มทดลอง พบว่าก่อนการทดลองระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนทั้งสามกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่เมื่อทำการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p=0.11$; trial, $p=0.40$; time, $p<0.01$) แต่พบว่าระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมมีแนวโน้มลดลงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมมีการลดลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนคิดเป็นร้อยละ 6 ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมและกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมลดลงร้อยละ 17 และ 16 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 23)

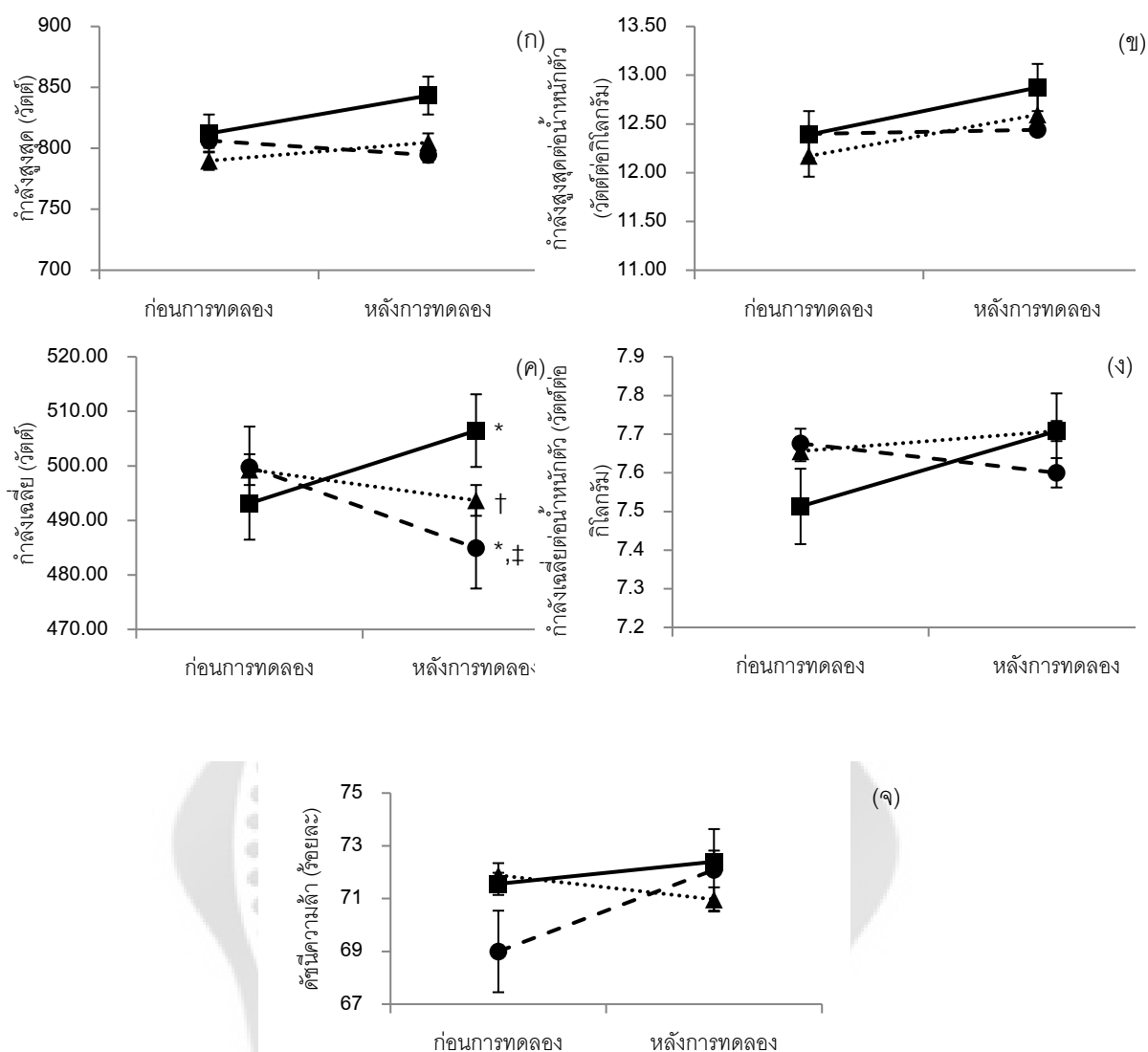


ภาพประกอบ 23 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม (●) และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม (▲) (n=10)

การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเฉพาะด้าน

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม (Anaerobic performance) โดยการเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ($p < 0.01$) ซึ่งในทางตรงกันข้าม ค่ากำลังเฉลี่ยของการทดสอบในกลุ่มที่ควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.01$) ส่วนกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกำลังเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มการลดลงของค่าดัชนีความล้าในกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม (two-way ANOVA: trial x time interaction, $p = 0.07$; trial, $p = 0.74$; time, $p = 0.15$) ดังแสดงในภาพประกอบ 24 (จ) โดยมีค่าลดลงร้อยละ 1 ในขณะที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมมีค่าดัชนีความล้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 และ 5 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการทดสอบกำลังขาโดยใช้การทดสอบกระโดดสูง (Vertical jump) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองรวมถึงการเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทั้งค่าความสูงในการกระโดด ค่ากำลังสูงสุด และค่ากำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว เช่นเดียวกันกับผลการทดสอบปฏิกิริยาและความคล่องตัวที่พบว่าค่าเฉลี่ยของการทดสอบก่อนและหลังการทดลองรวมถึงการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 17)



ภาพประกอบ 24 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถทางอนากาคนิยมได้แก่ (ก)

กำลังสูงสุด (ข) กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (ค) กำลังเฉลี่ย (ง) กำลังเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว

และ (จ) ดัชนีความล้า ระหว่างกลุ่มควบคุม (■), กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม (●)

และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม (▲) (n=10)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.01$ เมื่อเทียบกับก่อนหน้าการทดลอง

†แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

‡แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ตาราง 17 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบกำลังขา และการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัวของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มได้รับแมกนีเซียม (n=10)

	กลุ่มตัวอย่าง		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มลดน้ำหนัก	กลุ่มลดน้ำหนักที่ได้รับแมกนีเซียมเสริม
การทดสอบกำลังขา			
<i>ความสูงในการกระโดด (เซนติเมตร)</i>			
ก่อนการทดลอง	38.47±2.99	36.84±1.55	35.50±3.06
หลังการทดลอง	37.67±2.72	36.49±4.32	36.39±2.38
<i>กำลังสูงสุด (วัตต์)</i>			
ก่อนการทดลอง	3,256.03±450.27	3,134.72±351.15	3,048.61±419.12
หลังการทดลอง	3,193.95±336.22	3,036.39±438.51	3,048.61±403.50
<i>กำลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (วัตต์/กิโลกรัม)</i>			
ก่อนการทดลอง	49.46±2.46	48.12±1.47	46.82±2.61
หลังการทดลอง	48.94±2.45	47.80±3.71	47.68±2.26
การทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว			
<i>ขาไป (วินาที)</i>			
ก่อนการทดลอง	2.01±0.09	1.94±0.10	1.96±0.16
หลังการทดลอง	1.93±0.12	1.88±0.11	1.84±0.07
<i>ขากลับ (วินาที)</i>			
ก่อนการทดลอง	1.84±0.07	1.64±0.29	1.65±0.15
หลังการทดลอง	1.65±0.19	1.60±0.22	1.59±0.21
<i>เวลารวม (วินาที)</i>			
ก่อนการทดลอง	3.66±0.21	3.61±0.30	3.61±0.25
หลังการทดลอง	3.54±0.22	3.48±0.25	3.44±0.19

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย โดยแสดงค่าในตาราง 18 ซึ่งพบว่าค่าน้ำหนักตัวภายหลังการทดลองมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพเฉพาะด้านในระดับสูง ซึ่งได้แก่ กำลังการกระโดดในการทดสอบกระโดดสูง ($r=0.864, p<0.01$) กำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ยในการทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม ($r=0.856, p<0.01$ และ $r=0.952, p<0.01$ ตามลำดับ) และยังพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับเวลารวมของเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว ($r=0.292, p=0.11$) และระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ($r=0.245, p=0.19$)

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับแมกนีเซียมในเลือดกับตัวแปรอื่นๆ ภายหลังการลดน้ำหนัก พบว่า ระดับแมกนีเซียมมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับเวลารวมของการทดสอบเวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัวและกำลังสูงสุด ($r=-0.381, p<0.05$ และ $r=0.382, p<0.05$ ตามลำดับ) และความสัมพันธ์ระดับต่ำแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับกำลังการกระโดดและกำลังเฉลี่ย ($r=0.265, p=0.16$ และ $r=0.254, p=0.18$ ตามลำดับ)

พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนภายหลังการทดลองกับตัวแปรของสมรรถภาพเฉพาะด้านในระดับสูง คือ เวลารวมของปฏิกิริยาและความคล่องตัว ($r=0.505, p<0.01$) และความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับกำลังการกระโดด ($r=0.369, p<0.05$) และความสัมพันธ์ในระดับต่ำแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับกำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ย ($r=0.215, p=0.25$ และ $r=0.249, p=0.18$ ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่าระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับแมกนีเซียมในเลือด ($r=0.284, p=0.13$)

ตาราง 18 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาภายหลังการทดลอง ได้แก่ ค่าน้ำหนักตัว ระดับเทสโทสเตอโรน ระดับแมกนีเซียม และสมรรถภาพเฉพาะด้าน (n=30)

	น้ำหนักตัว	แมกนีเซียม	เทสโทสเตอโรน	เวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว	กำลังการกระโดด	กำลังสูงสุด	กำลังเฉลี่ย
น้ำหนักตัว	1	-0.327	0.245	0.292	0.864**	0.856**	0.952**
แมกนีเซียม	-	1	0.284	-0.381*	0.265	0.382*	0.254
เทสโทสเตอโรน	-	-	1	0.505**	0.369*	0.215	0.249
เวลาปฏิกิริยาและความคล่องตัว	-	-	-	1	0.423*	0.057	0.169
กำลังการกระโดด	-	-	-	-	1	0.696**	0.870**
กำลังสูงสุด	-	-	-	-	-	1	0.878**
กำลังเฉลี่ย	-	-	-	-	-	-	1

*มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

**มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.01$

อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ การให้แมกนีเซียมเสริมขณะลดน้ำหนัก พบว่า การให้แมกนีเซียมไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มทดลอง แต่จากผลการให้แมกนีเซียมส่งผลให้ค่ากำลังเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ได้รับแมกนีเซียมมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมมีค่ากำลังเฉลี่ยลดลงภายหลังการทดลอง นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มการลดลงของดัชนีความล้าในกลุ่มทดลองที่ได้รับแมกนีเซียมเพียงกลุ่มเดียว อย่างไรก็ตาม ผลการให้แมกนีเซียมไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างต่อระดับแมกนีเซียมในเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มทดลอง โดยทั้งสองกลุ่มมีระดับแมกนีเซียมในเลือดเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม

จากผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน แสดงให้เห็นว่าระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม และกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมมีแนวโน้มลดลงทั้งสองกลุ่ม และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับแมกนีเซียมกับระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ขัดแย้งกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ระบุว่าระดับแมกนีเซียมในเลือดมีความสัมพันธ์กับระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Maggio; et al. 2011; Rotter; et al. 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ทำการศึกษาลงทุนของการให้แมกนีเซียมเสริมที่ระบุว่าแมกนีเซียมส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Brilla; & Conte. 2000; Cinar; et al. 2011) อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาดังกล่าวเป็นเพียงการประเมินความสัมพันธ์และการศึกษาการให้แมกนีเซียมต่อระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในภาวะปกติ ไม่ได้มีปัจจัยอื่นแทรกซ้อนอย่างเช่นในการศึกษาครั้งนี้

สิ่งที่อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในการศึกษาครั้งนี้ คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้ชุดลดน้ำหนักที่กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ซึ่งการใช้ชุดลดน้ำหนักสามารถเทียบเคียงได้กับการออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อน โดยมีผลจากการศึกษาที่ระบุไว้ว่าการออกกำลังกายในสภาพภูมิอากาศร้อนจะส่งผลให้มีการเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของ Inflammatory cytokine เช่น IL-6 และ TNF-alpha เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ (Starkie; et al. 2005) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ Inflammatory cytokines จะเป็นตัวบ่งชี้และส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพในการผลิตฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนทั้งในส่วนการหลั่งฮอร์โมนลูทิไนซิงจากต่อมพิทูอิทารี (Pituitary) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างและผลิตฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน รวมถึงลดปริมาณการผลิตฮอร์โมนจากอวัยวะ โดยอาจนำไปสู่ภาวะ Hypogonadism ได้ (Spratt; et al. 1993) และนอกจากนี้การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้ระดับของฮอร์โมนคอร์ติซอลเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายในสภาพอุณหภูมิปกติ (Brenner; et al. 1997; Hassan. 2015) ซึ่งฮอร์โมนคอร์ติซอลอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการลดลงของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน โดยการเพิ่มขึ้นของ

ฮอร์โมนคอร์ติซอลจะทำให้เกิดการขัดขวางกระบวนการผลิตสเตียรอยด์ (Steroidogenesis) ที่เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารสเตียรอยด์ใน Leydig cells ในอัณฑะให้เป็นฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Cumming; et al. 1983; Hackney; et al. 2003) โดยผลจากวิธีที่ใช้ในการลดน้ำหนักด้วยการใช้ชุดลดน้ำหนัก ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้ชุดลดน้ำหนักอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการรบกวนการทำงานของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และเป็นเหตุทำให้ผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานในการวิจัยที่กำหนดไว้

จากผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ที่ระบุว่ากำลังเฉลี่ยจากการทดสอบความสามารถทางอากาศนิยมเป็นเพียงตัวแปรเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมมีกำลังเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหน้าการทดลอง นอกจากนี้ค่าดัชนีความล้า (Fatigue index) ยังแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการลดลงของดัชนีความล้าในกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมเพียงกลุ่มเดียว ซึ่งถึงแม้ว่าค่ากำลังเฉลี่ยดังกล่าวไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนภายหลังการให้แมกนีเซียมเสริม แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับการลดลงของ ดัชนีความล้า แสดงให้เห็นว่าการให้แมกนีเซียมเสริมอาจช่วยชะลอหรือช่วยฟื้นฟูการลดลงของประสิทธิภาพในการออกกำลังกายซึ่งเป็นผลมาจากการลดน้ำหนักได้ โดยที่ผ่านมามีหลักฐานที่สนับสนุนว่าการให้แมกนีเซียมเสริมนั้นส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายโดยทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นโดยวัดจากแรงของกล้ามเนื้อ (Tourque) (Brilla; & Harley. 1992; Brilla; & Conte. 2000) นอกจากนี้ยังมีผลจากการศึกษาเกี่ยวกับการให้แมกนีเซียมเสริมในกลุ่มผู้ป่วยที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายได้เช่นกัน (Pokan; et al. 2006; Shechter; et al. 2003; Amaral; et al. 2012) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแมกนีเซียมนั้นมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย ทั้งยังมีการศึกษาที่บ่งชี้ถึงความสำคัญของอัตราการบริโภคแมกนีเซียมว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (Santos; et al. 2011) ถึงแม้ว่าจะมีผลการศึกษาก่อนหน้านี้บางการศึกษาที่ระบุไปในทิศทางตรงกันข้ามว่าการให้แมกนีเซียมเสริมนั้นไม่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายก็ตาม (Terblanche; et al. 1992; Finstad; et al. 2001) แต่จากผลการศึกษาครั้งนี้ให้ผลที่แตกต่างออกไป ที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการชะลอการลดลงของสมรรถภาพเฉพาะด้านที่เป็นผลมาจากวิธีการลดน้ำหนักที่ใช้ในนักกีฬาภายหลังการได้รับแมกนีเซียม

การที่ผลจากการทดสอบกำลังเฉลี่ยในกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมไม่มีความเปลี่ยนแปลงทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมมีค่าการทดสอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากการที่แมกนีเซียมได้เข้าไปช่วยเสริมประสิทธิภาพในส่วนของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการออกกำลังกายแบบอนาเอนา คานิยม ดังเช่น กระบวนการไกลโคไลซิส

(Glycolysis) ซึ่งโดยปกติแล้วกระบวนการในการผลิตพลังงานแบบไกลโคไลซิสมีความจำเป็นต้องอาศัย แมกนีเซียมในกระบวนการผลิตพลังงานในหลายขั้นตอน (Bohl; & Volpe. 2002; Swaminathan. 2003) โดยแมกนีเซียมจะทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ (Metalloenzyme) ในกระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานภายในเซลล์ โดยทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาร่วมกับ Hexokinase, Phosphofructokinase, Phosphoglycerate kinase, Pyruvate kinase และ Enolase kinase ซึ่งทั้งหมดเป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการไกลโคไลซิส (Rude. 2000) โดยเหตุผลดังกล่าวอาจเป็นข้อสนับสนุนที่สามารถอธิบายถึงการช่วยชะลอการลดลงของ ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายโดยการให้แมกนีเซียมเสริมได้

ทั้งนี้ปริมาณแมกนีเซียมที่ให้กับกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาที่ได้รับแมกนีเซียมเสริม อาจเป็น อีกตัวแปรสำคัญที่อาจส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายได้ โดยที่ปริมาณ แมกนีเซียมที่ให้แก่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้างนี้ได้ให้ในปริมาณ 250 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 7 วันต่อเนื่องกัน ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้จะพบว่าปริมาณที่ให้นั้นไม่แตกต่างกันมาก นัก แต่ด้านของระยะเวลาจะมีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยการศึกษาที่ผ่านมาใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 7 สัปดาห์ (Brilla; & Harley. 1992; Brilla; & Conte. 2000) ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกับการศึกษาในครั้งนี้ อย่างชัดเจน ดังนั้นระยะเวลาของการทดลองในครั้งนี้อาจมีผลต่อระดับของการเปลี่ยนแปลงด้าน สมรรถภาพที่ยังไม่ชัดเจนเท่ากับการศึกษาที่ผ่านมา ประกอบกับวิธีการที่ใช้ลดน้ำหนักในครั้งนี้ที่ส่งผล ให้เกิดการลดลงของประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย จึงอาจทำให้ผลที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจนเท่ากับการ ได้รับแมกนีเซียมในภาวะปกติ

ผลการศึกษาค้างนี้ที่ระบุว่าระดับของแมกนีเซียมในเลือดของกลุ่มทดลองทั้งกลุ่มที่ไม่ได้รับ แมกนีเซียมและกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมนั้นมีการเพิ่มระดับขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่ม ถึงแม้ว่าในกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมเสริมจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นมากกว่า แต่จากการทดสอบความแตกต่าง ทางสถิติพบว่าไม่ต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาถึงการให้แมกนีเซียมเสริมต่อระดับการเปลี่ยนแปลงระดับ แมกนีเซียมในเลือดจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าส่งผลให้ระดับแมกนีเซียมในเลือดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ ภาวะปกติที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม (Brilla; & Conte. 2000; Finstad; et al. 2001; Shechter; et al. 2003) โดยการที่ระดับของแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่มนั้นอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มกิจกรรมการออกกำลังกาย ต่อเนื่องกันตลอดสัปดาห์การทดลอง เพราะปกติแล้วไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายในรูปแบบของ อากาศนิยม (Aerobic) หรืออนากาศนิยม (Anaerobic) การเปลี่ยนแปลงของระดับแมกนีเซียมในเลือดจะ เพิ่มขึ้นและจะกลับคืนสู่ภาวะปกติภายใน 24 ชั่วโมง (Nielsen; & Lukaski. 2006) แต่จากระยะเวลา ที่นับจากหลังจากการเพิ่มการออกกำลังกายวันสุดท้ายจนกระทั่งการเก็บตัวอย่างเลือดภายหลังการ ทดลอง จะอยู่ในช่วงเวลา 16-17 ชั่วโมง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าระดับของแมกนีเซียมที่เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการ เพิ่มการออกกำลังกายนั้นยังไม่เข้าสู่สภาวะปกติ อย่างไรก็ตามการประเมินระดับแมกนีเซียมโดยการ

วิเคราะห์จากเลือดนั้นอาจไม่สามารถบ่งชี้ถึงสถานะของแมกนีเซียมในร่างกายได้ทั้งหมด เนื่องจากปริมาณของแมกนีเซียมที่ไหลเวียนอยู่ในซีรัม (Serum) คิดเป็นเพียงร้อยละ 0.3 ของปริมาณแมกนีเซียมในร่างกายทั้งหมด เมื่อเทียบกับปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมอยู่ส่วนอื่นๆ ของร่างกาย (Swaminathan. 2003) ดังนั้นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมในการวิจัยครั้งนี้จึงไม่อาจสรุปได้แน่ชัดถึงสถานะที่แท้จริงของปริมาณแมกนีเซียมในร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การให้แมกนีเซียมขณะทำการลดน้ำหนัก ด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกายพร้อมการใช้ชุดลดน้ำหนัก ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อย่างไรก็ตามการให้แมกนีเซียมขณะลดน้ำหนักไม่ส่งผลทำให้กำลังเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันกำลังเฉลี่ยนั้นมีค่าลดลงแต่ไม่มากเท่ากับการลดน้ำหนักโดยไม่ได้รับแมกนีเซียม และการได้รับแมกนีเซียมขณะลดน้ำหนักมีแนวโน้มทำให้ดัชนีความล้าลดลง ซึ่งจากข้อสรุปดังกล่าวจะชี้ให้เห็นว่าการให้แมกนีเซียมขณะลดน้ำหนักไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกลุ่มตัวอย่าง แต่อาจช่วยชะลอการลดลงของประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและแข่งขันได้

บทที่ 6

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลและอภิปรายผล

การลดน้ำหนักก่อนการแข่งขันเป็นวิธีที่นิยมใช้ในกีฬาทะวันโด เพื่อความได้เปรียบทางด้านรูปร่างเมื่อลงแข่งในรุ่นน้ำหนักที่ต่ำกว่าน้ำหนักปกติของนักกีฬา ซึ่งพฤติกรรมการลดน้ำหนักดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อตัวนักกีฬาในหลายด้าน ทั้งในขณะฝึกซ้อมและแข่งขัน โดยผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายของการศึกษาในครั้งนี้ คือ 1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาทะวันโด 2. เพื่อเปรียบเทียบผลจากวิธีการลดน้ำหนักที่นักกีฬาทะวันโดนิยมใช้ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและแข่งขัน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับอิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย และสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับกีฬาทะวันโด และ 3. เพื่อศึกษาผลจากการให้แมกนีเซียมระหว่างการลดน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและแข่งขัน และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาทะวันโด

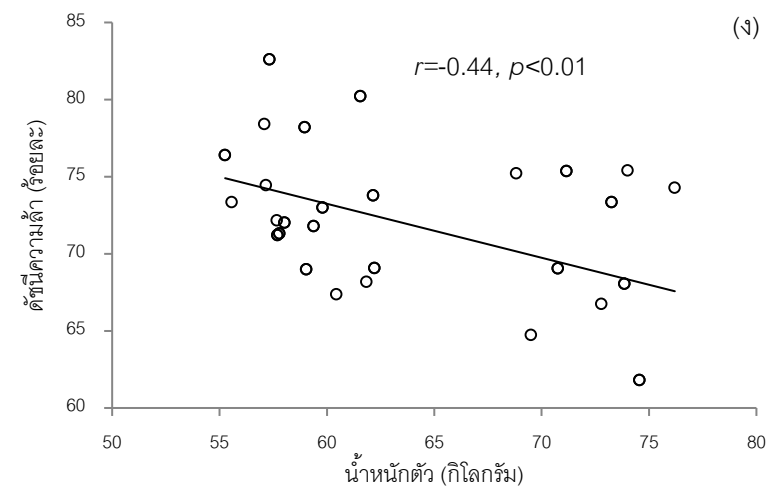
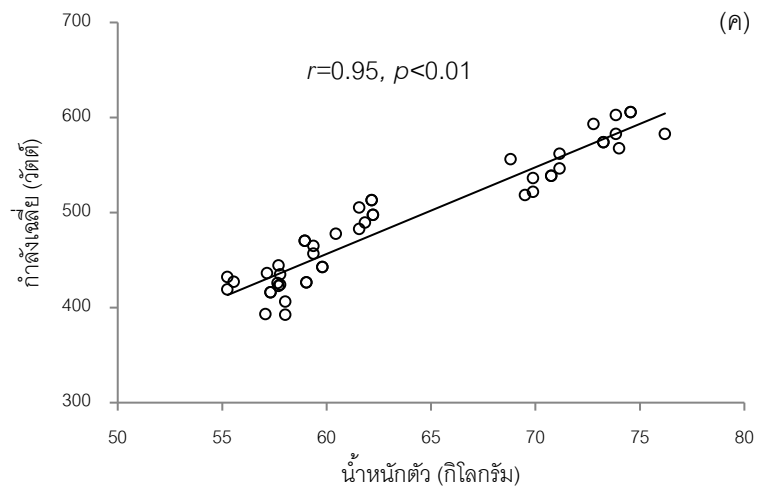
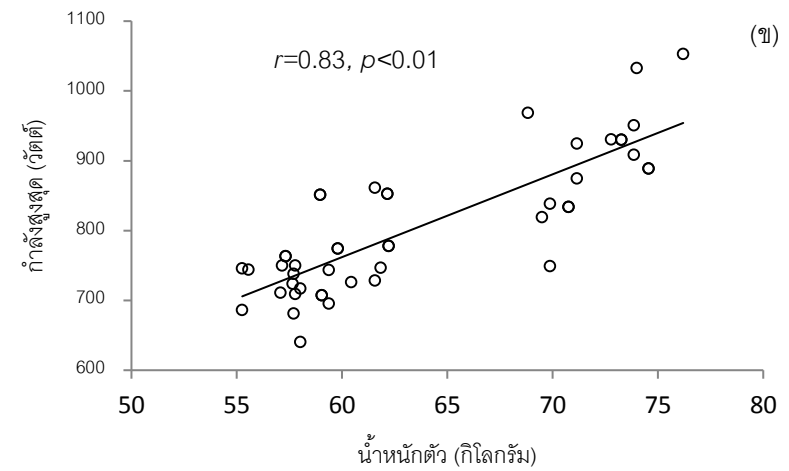
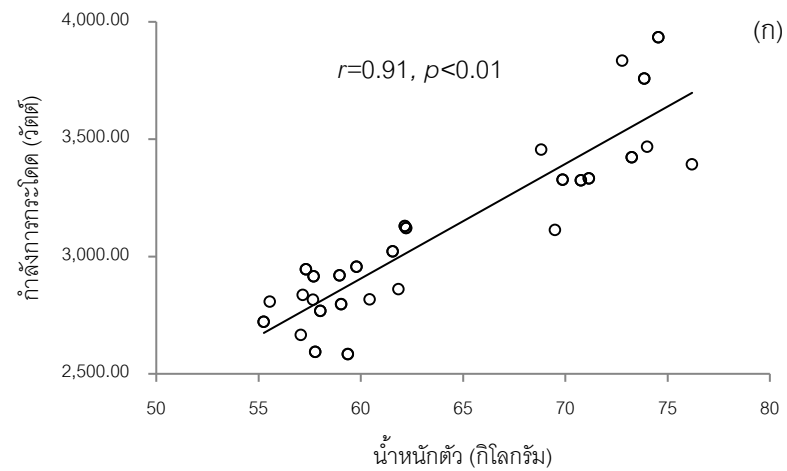
ในการศึกษาที่ 1 ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาทะวันโดโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งพบว่านักกีฬาทะวันโดนิยมใช้วิธีการลดน้ำหนักโดย การเพิ่มการออกกำลังกาย จำกัดปริมาณการบริโภคอาหาร การใช้ชุดลดน้ำหนัก และการจำกัดการบริโภคน้ำ เป็นหลัก (คิดเป็นร้อยละ 100, 96, 87 และ 79 ตามลำดับ) และผลกระทบส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นระหว่างและภายหลังการลดน้ำหนักส่วนใหญ่ คือ อาการที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ (อาการล้าและปวดกล้ามเนื้อ) และอาการที่เกี่ยวข้องกับทางด้านจิตวิทยา เช่น ภาวะอารมณ์แปรปรวน (บทที่ 3)

การศึกษาที่ 2 เป็นการนำผลที่ได้จากการศึกษาที่ 1 มาเป็นตัวกำหนดรูปแบบลักษณะของการลดน้ำหนัก เพื่อศึกษาผลจากการลดน้ำหนักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์ และสมรรถภาพเฉพาะด้านในกีฬาทะวันโด โดยการเปรียบเทียบวิธีการลดน้ำหนักสองวิธี คือ การจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกาย และการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนัก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การลดน้ำหนักนั้นส่งผลต่อการลดลงของสมรรถภาพเฉพาะด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของกำลังเฉลี่ยจากการทดสอบความสามารถทางอนาการศนิยม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ชุดลดน้ำหนักมีแนวโน้มที่ส่งผลต่อการลดลงของกำลังเฉลี่ยและระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อย่างไรก็ตามการลดน้ำหนักไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือด (บทที่ 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการที่นักกีฬาลดน้ำหนักโดยใช้ชุดลดน้ำหนักร่วมกับการลดน้ำหนักโดยวิธีอื่นๆ อาจส่งผลต่อสมรรถภาพและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น

จากผลจากการลดลงของประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องดังเช่นในการศึกษาที่ 2 ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการให้แมกนีเซียมระหว่างการลดน้ำหนักด้วยวิธีการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนัก เพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน จึงนำมาสู่การศึกษาที่ 3 ที่พบว่า การให้แมกนีเซียมระหว่างการลดน้ำหนักไม่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังเฉลี่ยในกลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียม แต่กลุ่มที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมมีกำลังเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การให้แมกนีเซียมอาจสามารถช่วยชะลออัตราการลดลงของสมรรถภาพได้ นอกจากนี้การให้แมกนีเซียมยังส่งผลต่อแนวโน้มการลดลงของดัชนีความล้า อย่างไรก็ตามการให้แมกนีเซียมเสริมระหว่างการลดน้ำหนักไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนแต่อย่างใด (บทที่ 5)

ผลการศึกษาโดยรวมสามารถสรุปได้ว่า การลดน้ำหนักโดยไม่ว่าจะเป็นการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการเพิ่มการออกกำลังกาย หรือการจำกัดการบริโภคอาหารร่วมกับการออกกำลังกายพร้อมชุดลดน้ำหนัก ต่างส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน โดยน้ำหนักเฉลี่ยลดลงประมาณร้อยละ 2 เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง ซึ่งจากการศึกษาที่ 2 และ 3 พบว่าสมรรถภาพที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือกำลังเฉลี่ย ซึ่งเป็นตัวแปรทางด้านสมรรถภาพเพียงด้านเดียวที่เกิดการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการลดน้ำหนักมากที่สุด โดยถ้าอ้างอิงจากผลของทั้งสองการศึกษา อาจไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าการลดน้ำหนักจะส่งผลต่อการลดลงของสมรรถภาพโดยรวม อย่างไรก็ตามจากการหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักตัวภายหลังการลดน้ำหนักกับตัวแปรทางด้านสมรรถภาพที่สำคัญโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาที่ 2 และ 3 พบว่าน้ำหนักตัวภายหลังการทดลองมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกำลังของกล้ามเนื้อ (ภาพประกอบ 6.1) ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าการลดน้ำหนักอาจส่งผลต่อสมรรถภาพโดยรวมได้

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวภายหลังการทดลองกับระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ($r=0.30, p<0.05$) และความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนกับตัวแปรทางด้านสมรรถภาพอื่นๆ ดังนี้คือ ความสูงในการกระโดด ($r=0.46, p<0.01$) กำลังการกระโดด ($r=0.46, p<0.01$) กำลังเฉลี่ย ($r=0.35, p<0.05$)



ภาพประกอบ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกับ (ก) กำลังการกระโดด (ข) กำลังสูงสุด (ค) กำลังเฉลี่ย และ (ง) ดัชนีความล่าช้า (n=50)

จากผลการศึกษาที่ 2 ที่พบว่า การลดน้ำหนักไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับอิเล็กโทรไลต์ภายหลังการทดลอง (ตาราง 13) และจากการทดสอบความสัมพันธ์ของน้ำหนักตัวภายหลังการทดลองกับระดับอิเล็กโทรไลต์พบเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียมเพียงตัวแปรเดียว ($r=0.49$, $p<0.01$) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวก็สามารถแสดงให้เห็นว่าการลดน้ำหนักอาจส่งผลต่อระดับโซเดียม ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญต่อระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ

จากผลการทดลองโดยมีข้อสนับสนุนจากการทดสอบความสัมพันธ์สามารถสรุปได้ว่าการลดน้ำหนักส่งผลให้เกิดการลดลงของน้ำหนักตัว และส่งผลโดยตรงต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อและความสามารถทางอานาคนิยม นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการลดระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สัมพันธ์กับตัวแปรทางด้านสมรรถภาพหลายๆ ตัว รวมถึงอาจส่งผลต่อการลดลงของสารอิเล็กโทรไลต์ที่มีความสำคัญในการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยเช่นกัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ชุดลดน้ำหนักซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อให้ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนและสมรรถภาพบางตัว เช่น กำลังเฉลี่ย มีค่าลดลงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลของการให้แมกนีเซียมเสริมนั้นไม่พบผลที่ชัดเจนในด้านการช่วยเพิ่มสมรรถภาพในระหว่างการลดน้ำหนัก ผลที่พบยังเป็นเพียงแนวโน้มที่ช่วยชะลอการลดลงของกำลังเฉลี่ย และแนวโน้มการลดลงของดัชนีความล้า จึงไม่อาจสรุปได้อย่างชัดเจนว่าแมกนีเซียมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายหรือสมรรถภาพได้

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่นักกีฬาเทควันโด แต่ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นบุคคลทั่วไปที่มีสุขภาพสมบูรณ์แทน เนื่องจากข้อจำกัดด้านกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาเทควันโดที่จะใช้เพื่อทำการวิจัยมีจำนวนจำกัด และในการทำวิจัย ผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการควบคุมพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ออกกำลังกาย อย่างเคร่งครัด ทำให้เกิดข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน ดังนั้นหากงานวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการลดน้ำหนักทั้งหมด อาจทำให้ผลการศึกษาที่ได้ออกมานั้นมีความชัดเจนมากกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการทำวิจัย ซึ่งทำให้สามารถตรวจวัดฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนได้เพียงอย่างเดียว ซึ่งจากการอภิปรายผลในการศึกษาที่ 2 และ 3 จะแสดงให้เห็นว่ามีฮอร์โมนอีกประเภทหนึ่งซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน โดยหากมีการตรวจวัดฮอร์โมนดังกล่าวในงานวิจัยครั้งนี้ อาจทำให้สามารถอธิบายกระบวนการหรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

- ปวีณ วัยภรณ์; สุาปณีย์ หงส์รัตนาวรกิจ; และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล. (2559). พฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ*. 17(1): 63-72.
- ปวีณ วัยภรณ์; และ สาลี สุภาภรณ์. (2554). ปัญหาการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด. *The 1st International Conference of South East Asian Universities on Physical Education, Recreation, Sport Science and Health 2011*. 105-116.
- พรณี หนูชื่อตรง; และ อรพิน เกิดประเสริฐ. (2555). *กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของระบบต่อมไร้ท่อ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2556). โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปคำนวณสารอาหาร INMUCAL-Nutrients V3 ฐานข้อมูลชุด NB1. นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมาคมเทควันโดแห่งประเทศไทย. (2554). *ประวัติสมาคมกีฬาเทควันโดแห่งประเทศไทย*. สืบค้นเมื่อ 3 มกราคม 2554, จาก <http://www.taekwondothai.com/history.php>
- สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล. (2555ก). ส่วนประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองภายหลังการจำกัดอาหารในชายที่ออกกำลังกายเป็นประจำ. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ*. 13(2): 101-114.
- (2555ข). ผลของการจำกัดอาหาร ต่อความเข้มข้นของฮอร์โมนเปปไทด์วายวายในกลุ่มที่ออกกำลังกายไม่เป็นประจำและกลุ่มที่ออกกำลังกายเป็นประจำ. *วารสารคณะพลศึกษา*. 15(1): 60-73.
- Abdelmalek, S., Chtourou, H., Souissi, N.; & Tabka, Z. (2015). Caloric Restriction Effect on Proinflammatory Cytokines, Growth Hormone, and Steroid Hormone Concentrations during Exercise in Judokas. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 809492.
- Altura, B. M. (1991). Basic biochemistry and physiology of magnesium: a brief review. *Magnesium and trace elements*. 10(2-4): 167-171.
- Amaral, A. F.; et al. (2012). The effect of acute magnesium loading on the maximal exercise performance of stable chronic obstructive pulmonary disease patients. *Clinics (Sao Paulo)*. 67(6): 615-622.
- Artoli, G G.; et al. (2010). Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 42(3): 436-442.
- (2010). Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of Sports Sciences*. 28(1): 21-32.

- Bambino, T. H.; & Hsueh, A. J. (1981). Direct inhibitory effect of glucocorticoids upon testicular luteinizing hormone receptor and steroidogenesis in vivo and in vitro. *Endocrinology*. 108(6): 2142-2148.
- Bohl, C. H.; & Volpe, S. L. (2002). Magnesium and exercise. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 42(6), 533-563.
- Boisseau, N., Vera-Perez, S.; & Poortmans, J. (2005). Food and fluid intake in adolescent female judo athletes before competition. *Pediatric Exercise Science*. 17: 62-71.
- Bouchama, A.; & Knochel, J. P. (2002). Heat stroke. *The New England Journal of Medicine*. 346(25): 1978-1988.
- Brenner, I. K.; et al. (1997). The impact of heat exposure and repeated exercise on circulating stress hormones. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 76(5): 445-454.
- Brilla, L. R.; & Haley, T. F. (1992). Effect of magnesium supplementation on strength training in humans. *The Journal of the American College of Nutrition*. 11(3): 326-329.
- Brito, C. J.; et al. (2012). Methods of body mass reduction by combat sport athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 22(2): 89-97.
- Brownlee, K. K.; Moore, A. W.; & Hackney, A. C. (2005). Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*. 4(1): 76-83.
- Buono, M. J.; & Wall, A. J. (2000). Effect of hypohydration on core temperature during exercise in temperate and hot environments. *Pflugers Arch*. 440(3): 476-480.
- Burke, L.; & Deakin, V. (2006). *Clinical sports nutrition*. 3 ed. Australia: McGraw-Hill.
- Canto, C.; et al. (2010). Interdependence of AMPK and SIRT1 for metabolic adaptation to fasting and exercise in skeletal muscle. *Cell Metabolism*. 11(3): 213-219.
- Cardinale, M.; & Stone, M. H. (2006). Is testosterone influencing explosive performance?. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(1): 103-107.
- Chandra, A. K.; et al. (2013). Effects of dietary magnesium on testicular histology, steroidogenesis, spermatogenesis and oxidative stress markers in adult rats. *Indian Journal of Experimental Biology*. 51(1): 37-47.

- Cheng, S. M.; et al. (2010). Magnesium sulfate enhances exercise performance and manipulates dynamic changes in peripheral glucose utilization. *European Journal of Applied Physiology*. 108(2): 363-369.
- Cheuvront, S. N.; et al. (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Journal of Applied Physiology*. 99(5): 1972-1976.
- Cinar, V.; et al. (2011). Effects of magnesium supplementation on testosterone levels of athletes and sedentary subjects at rest and after exhaustion. *Biological Trace Element Research*. 140(1): 18-23.
- Cochran, W. G. (1953). Matching in analytical studies. *American Journal of Public Health and the Nation's Health*. 43(6 Pt 1): 684-691.
- Cowan, J. A. (1995). *The biology chemistry of magnesium*. New York.
- Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences*. 22(1): 39-55.
- Crewther, B. T.; et al. (2012). Baseline strength can influence the ability of salivary free testosterone to predict squat and sprinting performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(1): 261-268.
- Crosby, V.; et al. (2013). Magnesium. *Journal of Pain and Symptom Management*. 45(1): 137-144.
- Cumming, D. C.; Quigley, M. E.; & Yen, S. S. (1983). Acute suppression of circulating testosterone levels by cortisol in men. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 57(3): 671-673.
- Daly, W.; et al. (2005). Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 93(4): 375-380.
- Debbs Jr, J. M. (1990). Salivary testosterone measurements: reliability across hours, days and weeks. *Physiology and Behavior*. 48(1): 83-86.
- Degoutte, F.; et al. (2006). Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 27(1): 9-18.

- Elin, R. J. (2010). Assessment of magnesium status for diagnosis and therapy. *Magnesium Research*. 23(4): S194-198.
- Excoffon, L.; et al (2009). Magnesium effect on testosterone-SHBG association studied by a novel molecular chromatography approach. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 49(2): 175-180.
- Filaire, E.; et al. (2001). Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 22(6): 454-459.
- Finstad, E. W.; et al. (2001). The effects of magnesium supplementation on exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 33(3): 493-498.
- Fleming, S.; & Costarelli, V. (2007). Nutrition intake and body composition in relation to making weight in young male taekwondo players. *Nutrition and Food Science*. 37(5): 358-366.
- Fleming, S.; & Costarelli, V. (2009). Eating behaviors and general practices used by taekwondo players in order to making weight before competition. *Nutrition and Food Science*. 39(1): 16-23.
- Fogelholm, M. (1994). Effects of bodyweight reduction on sports performance. *Sports Medicine*. 18(4): 249-267.
- Fox, C.; Ramsoomair, D.; & Carter, C. (2001). Magnesium: its proven and potential clinical significance. *Southern Medical Journal*. 94(12): 1195-1201.
- Franchini, E.; Brito, C. J.; & Artioli, G. G. (2012). Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 9(1): 52.
- Gavin, T. P. (2003). Clothing and thermoregulation during exercise. *Sports Medicine*. 33(13): 941-947.
- Guerrera, M. P.; Volpe, S. L.; & Mao, J. J. (2009). Therapeutic uses of magnesium. *American Family Physician*. 80(2): 157-162.
- Hackney, A. C.; Dobridge, J.; & Winters, S. (2003). *Exercise and male hypogonadism: testosterone, the hypothalamic-pituitary-testicular axis, and physical exercise*. Male hypogonadism: basic, clinical, and therapeutic principles. Totowa (NJ): Humana Press.

- Hamada, S.; et al. (2006). Effect of partial body cooling on thermophysiological responses during cycling work in a hot environment. *Journal of Thermal Biology*. 31: 194-207.
- Hargreaves, M. (2008). Physiological limits to exercise performance in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 11(1): 66-71.
- Hargreaves, M.; et al. (1996). Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 81(4): 1594-1597.
- Hassan, E. S. (2015). Muscle damage and immune responses to prolonged exercise in environmental extremes. *J Sports Med Phys Fitness*.
- Havenith, G. (1999). Heat balance when wearing protective clothing. *The Annals of Occupational Hygiene*. 43(5): 289-296.
- Havenith, G. (2002). The interaction of clothing and thermoregulation. *Exogenous Dermatology*. 1(5): 221-230.
- Hill, E. E.; et al. (2008). Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of Endocrinological Investigation*. 31(7): 587-591.
- Hoffman, J. R.; et al. (1997). The effect of environmental temperature on testosterone and cortisol responses to high intensity, intermittent exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 75(1): 83-87.
- Horton, T. J.; et al. (1998). Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *Journal of Applied Physiology*. 85(5): 1823-1832.
- Hosick, P. A.; et al. (2010). Relationship between change in core temperature and change in cortisol and TNF-alpha during exercise. *Journal of Thermal Biology*. 35: 348-353.
- Hunter, A.; Albertus-Kajee, Y.; & St Clair Gibson, A. (2011). The effect of exercise induced hyperthermia on muscle fibre conduction velocity during sustained isometric contraction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 21(5): 834-840.
- Jahnen-Dechent, W.; & Ketteler, M. (2012). Magnesium basics. *Clinical Kidney Journal*. 5(Suppl 1): i3-i14.
- James, L. J.; & Shirreffs, S. M. (2013). Fluid and electrolyte balance during 24-hour fluid and/or energy restriction. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 23(6): 545-553.

- Jentjens, R. L.; Wagenmakers, A. J.; & Jeukendrup, A. E. (2002). Heat stress increases muscle glycogen use but reduces the oxidation of ingested carbohydrates during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 92(4): 1562-1572.
- Karkoulas, K.; et al. (2008). Hormonal responses to marathon running in non-elite athletes. *European Journal of Internal Medicine*. 19(8): 598-601.
- Kazemi, M.; Rahman, A.; & De Ciantis, M. (2011). Weight cycling in adolescent Taekwondo athletes. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*. 55(4): 318-324.
- Kazemi, M.; Shearer, H.; & Choung, Y. S. (2005). Pre-competition habits and injuries in Taekwondo athletes. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 6: 26. doi:10.1186/1471-2474-6-26
- Kenefick, R. W.; et al. (1998). Plasma testosterone and cortisol responses to training-intensity exercise in mild and hot environments. *International Journal of Sports Medicine*. 19(3): 177-181.
- Kindermann, W.; et al. (1982). Catecholamines, growth hormone, cortisol, insulin, and sex hormones in anaerobic and aerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 49(3): 389-399.
- Kordi, R.; et al. (2009). *Combat sports medicine*. London: Springer-Verlag.
- Kordi, R.; et al. (2011). Patterns of weight loss and supplement consumption of male wrestlers in Tehran. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology*. 3(1): 4. doi:10.1186/1758-2555-3-4
- Kvorning, T.; et al. (2006). Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. 291(6): E1325-1332.
- Laires, M. J.; & Monteiro, C. (2008). Exercise, magnesium and immune function. *Magnesium Research*. 21(2): 92-96.
- Lane, A. R.; Duke, J. W.; & Hackney, A. C. (2010). Influence of dietary carbohydrate intake on the free testosterone: cortisol ratio responses to short-term intensive exercise training. *European Journal of Applied Physiology*. 108(6): 1125-1131.
- Lee, R. D.; & Nieman, D. C. (2010). *Nutritional assessment*. 5 ed. New York: McGraw-Hill.

- Logan-Evans, C.; Close, G. L.; & Morton, J. P. (2011). Making weight in combat sports. *Strength and Conditioning Journal*. 33(6): 25-39.
- Logan-Sprenger, H. M.; (2012). Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 44(10): 1949-1957.
- Lukaski, H. C. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*. 20(7-8): 632-644.
- Maclean, P. S.; et al. (2011). Biology's response to dieting: the impetus for weight regain. *Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 301(3): R581-600.
- Maggio, M.; et al. (2011). Magnesium and anabolic hormones in older men. *International Journal of Andrology*. 34(6 Pt 2): e594-600.
- Maggio, M.; et al. (2014). The Interplay between Magnesium and Testosterone in Modulating Physical Function in Men. *International Journal of Endocrinology*. 2014: 525249.
- Marriott, B. M. (1993). *Nutritional needs in hot environments*. Washington (DC): National Academic Press.
- Maughan, R. J.; Shirreffs, S. M.; & Watson, P. (2007). Exercise, heat, hydration and the brain. *The Journal of the American College of Nutrition*. 26(5 Suppl): 604S-612S.
- Mendes, S. H.; et al. (2013). Effect of rapid weight loss on performance in combat sport male athletes: does adaptation to chronic weight cycling play a role?. *British Journal of Sports Medicine*. 47(18): 1155-1160.
- Moran, D. S.; & Mendal, L. (2002). Core temperature measurement: methods and current insights. *Sports Medicine*. 32(14): 879-885.
- Moreira, A.; et al. (2013). Role of free testosterone in interpreting physical performance in elite young Brazilian soccer players. *Pediatric Exercise Science*. 25(2): 186-197.
- Morton, J. P.; et al. (2010). Making the weight: a case study from professional boxing. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 20(1): 80-85.
- Murray, B. (2007). Hydration and physical performance. *The Journal of the American College of Nutrition*. 26(5 Suppl): 542S-548S.

- Nielsen, F. H.; & Lukaski, H. C. (2006). Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnesium Research*. 19(3): 180-189.
- Orwoll, E.; et al. (2006). Endogenous testosterone levels, physical performance, and fall risk in older men. *Archives of Internal Medicine*. 166(19): 2124-2131.
- Otani, H.; et al. (2006). Low levels of hypohydration and endurance capacity during heavy exercise in untrained individuals. *Journal of Thermal Biology*. 31(1-2): 186-193.
- Paik, I. Y.; et al. (2009). Fluid replacement following dehydration reduces oxidative stress during recovery. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 383(1): 103-107.
- Parkin, J. M.; et al. (1999). Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*. 86(3): 902-908.
- Peake, J.; et al. (2008). Body temperature and its effect on leukocyte mobilization, cytokines and markers of neutrophil activation during and after exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 102(4): 391-401.
- Periard, J. D.; et al. (2011). Cardiovascular strain impairs prolonged self-paced exercise in the heat. *Experimental Physiology*. 96(2): 134-144.
- Pettersson, S.; Ekstrom, M. P.; & Berg, C. M. (2012). The food and weight combat. A problematic fight for the elite combat sports athlete. *Appetite*. 59(2): 234-242.
- Pokan, R.; Hofmann, P.; & von Duvillard, S. P. (2006). Oral magnesium therapy, exercise heart rate, exercise tolerance, and myocardial function in coronary artery disease patients (vol 40, pg 773, 2005). *British Journal of Sports Medicine*. 40(10): 882-882.
- Pulford, R.; & Kass, L. (2010). The effects of acute magnesium supplementation on maximal intensity short-term exercise and subsequent effect on blood pressure and isokinetic knee extension during recovery. *Proceeding of the Nutrition Society*. 69(OCE1): E60.
- Resina, A.; et al. (1995). *Magnesium and physical activity*. London: Parthenon Publishing.
- Rhyu, H. S.; & Cho, S. Y. (2014). The effect of weight loss by ketogenic diet on the body composition, performance-related physical fitness factors and cytokines of Taekwondo athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 10(5): 326-331.

- Romer, L. M.; et al. (2004). Influence of environmental temperature on exercise-induced inspiratory muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*. 91(5-6): 656-663.
- Rosanoff, A.; Weaver, C. M.; & Rude, R. K. (2012). Suboptimal magnesium status in the United States: are the health consequences underestimated? *Nutrition Reviews*. 70(3): 153-164.
- Rotter, I.; et al. (2015). Relationship between serum magnesium concentration and metabolic and hormonal disorders in middle-aged and older men. *Magnesium Research*. 28(3): 99-107.
- Rude, R. K. (2000). *Biochemical and physiological aspects of human nutrition*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Santos, D. A.; et al. (2011). Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. *Magnesium Research*. 24(4): 218-222.
- Sawka, M. N.; et al. (2007). Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 39(2): 377-390.
- Sawka, M. N.; & Montain, S. J. (2000). Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *American Journal of Clinical Nutrition*. 72(2): 564s-572s.
- Schlader, Z. J.; Stannard, S. R.; & Mundel, T. (2011). Evidence for thermoregulatory behavior during self-paced exercise in the heat. *Journal of Thermal Biology*. 36(7): 390-396.
- Shechter, M.; et al. (2003). Effects of oral magnesium therapy on exercise tolerance, exercise-induced chest pain, and quality of life in patients with coronary artery disease. *American Journal of Cardiology*. 91(5): 517-521.
- Shirreffs, S. M.; et al. (2007). Rehydration after exercise in the heat: a comparison of 4 commonly used drinks (vol 17, pg 244, 2007). *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 17(4): 417-417.
- Sinha-Hikim, I.; et al. (2002). Testosterone-induced increase in muscle size in healthy young men is associated with muscle fiber hypertrophy. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. 283(1): E154-164.

- Speakman, J. R.; & Selman, C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62(3): 621-634.
- Spratt, D. I.; et al. (1993). Reproductive Axis Suppression in Acute Illness Is Related to Disease Severity. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 76(6): 1548-1554.
- Starkie, R. L.; et al. (2005). Heat stress, cytokines, and the immune response to exercise. *Brain Behavior and Immunity*. 19(5): 404-412.
- Storer, T. W.; et al. (2003). Testosterone dose-dependently increases maximal voluntary strength and leg power, but does not affect fatigability or specific tension. *Journal of Clinical Endocrinology; & Metabolism*. 88(4): 1478-1485.
- Swaminathan, R. (2003). Magnesium metabolism and its disorders. *The Clinical Biochemist Reviews*. 24(2): 47-66.
- Tarnopolsky, M. A.; et al. (1996). Effects of rapid weight loss and wrestling on muscle glycogen concentration. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 6(2): 78-84.
- Tattersson, A. J.; et al. (2000). Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 3(2): 186-193.
- Terblanche, S.; et al. (1992). Failure of Magnesium Supplementation to Influence Marathon Running Performance or Recovery in Magnesium-Replete Subjects. *International Journal of Sport Nutrition*. 2(2): 154-164.
- The World Taekwondo Federation. (2013a). *Taekwondo history*. Retrieved September 1, 2013, from http://www.wtf.org/wtf_eng/site/about_taekwondo/taekwondo.html
- The World Taekwondo Federation. (2013b). *Rules of Taekwondo*. Retrieved September 1, 2013, from http://www.wtf.org/wtf_eng/site/rules/competition.html
- Touyz, R. M. (2004). Magnesium in clinical medicine. *Frontiers in Bioscience*. 9: 1278-1293.
- Tsai, M. L.; et al. (2011). Impact of intense training and rapid weight changes on salivary parameters in elite female Taekwondo athletes. *Scandinavian Journal of Medicine; & Science in Sports*. 21(6): 758-764.

- Tucker, R.; et al. (2004). Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. *Pflugers Archiv-European Journal of Physiology*. 448(4): 422-430.
- Umeda, T.; et al. (2004). Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists. *Journal of Sports Sciences*. 22(4): 329-338.
- VanPutte, C. L.; Regan, J. L.; & Russo, A. F. (2013). *Seeley's essentials of anatomy and Physiology*. 8th ed. New York: McGraw-Hill.
- Vermeulen, A.; Verdonck, L.; & Kaufman, J. M. (1999). A critical evaluation of simple methods for the estimation of free testosterone in serum. *Journal of Clinical Endocrinology; & Metabolism*. 84(10): 3666-3672.
- Vingren, J. L.; et al. (2016). The acute testosterone, growth hormone, cortisol and interleukin-6 response to 164-km road cycling in a hot environment. *Journal of Sports Sciences*. 34(8): 694-699.
- Volek, J. S.; et al. (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 82(1): 49-54.
- Vormann, J. (2003). Magnesium: nutrition; & metabolism. *Mol Aspects Med*. 24(1-3): 27-37.
- Weller, A. S. (2005). Body temperature and its regulation. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*. 6(6): 206-209.
- Williams, M. H. (2005). Dietary supplements; & sports performance: minerals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2: 43-49.
- Wolf, F. I.; & Cittadini, A. (2003). Chemistry and biochemistry of magnesium. *Molecular Aspects of Medicine*. 24: 3-9.
- Wood, R. I.; & Stanton, S. J. (2012). Testosterone; & sport: Current perspectives. *Hormones and Behavior*. 61(1): 147-155.
- World anti-doping agency. (2013). *WADA prohibited-list*. Retrieved October 1, 2013, from http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/2013/WADA-Prohibited-List-2013-EN.pdf

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ใบรับรองจริยธรรมการทำวิจัย



ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในการศึกษาที่ 1



MF4Version1:15/7/2556

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC- 061/57E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่ดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการลดน้ำหนักและการใช้แมกนีเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในนักกีฬาเทควันโด (การศึกษานำร่องถึงพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด)

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นายปวิณ วียาภรณ์

สังกัด: คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมวิจัย
4. หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาพบ

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 8 เม.ย. 2557
2. โครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 8 เม.ย. 2557
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 8 เม.ย. 2557
4. หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 8 เม.ย. 2557

(ลงชื่อ).....

(อาจารย์ แพทย์หญิงจันทร์ทรา ตันนัทยุทธวงศ์)

เลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E-042/2557

วันที่ให้การรับรอง : 1/07/2557

วันหมดอายุใบรับรอง : 1/07/2558

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในการศึกษาที่ 2 และ 3



MF4Version1:15/7/2556

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย

SWUEC- 060/57E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่ดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการลดน้ำหนักและการใช้แมกนีเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน
อิเล็กทรอนิกส์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในนักกีฬาเทควันโด

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นายปวีณ วัยภรณ์

สังกัด: คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 3 วันที่ 22 ส.ค. 2557
2. โครงการวิจัย	ฉบับที่ 3 วันที่ 22 ส.ค. 2557
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมวิจัย	ฉบับที่ 3 วันที่ 22 ส.ค. 2557
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย	ฉบับที่ 3 วันที่ 22 ส.ค. 2557

(ลงชื่อ).....

(อาจารย์ แพทย์หญิงจันทร์ทรา ตันนัยยุทธวงศ์)

เลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E-073/2557

วันที่ให้การรับรอง : 27/08/2557

วันหมดอายุใบรับรอง : 27/08/2558



ภาคผนวก ข

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยในการศึกษาที่ 1

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยของหัวหน้าผู้ฝึกสอน

ข้าพเจ้า นาย ปวีณ วิทยาภรณ์ นักศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

ข้าพเจ้าจะทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับนักกีฬาเทควันโดโดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนัก ซึ่งการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะดำเนินการในช่วงเวลาที่นอกเหนือจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมของทางหัวหน้าผู้ฝึกสอนและจะไม่กระทบเวลาในการพักผ่อนของนักกีฬา ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมมาได้จะนำเสนอในรูปแบบข้อสรุปของกลุ่ม และผลการวิจัยนี้จะนำไปตีพิมพ์ในรูปแบบของบทความวิจัยหรือนำเสนอเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ สำหรับชื่อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ชื่อนักกีฬาหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ได้ถูกอ้างถึงจะไม่ได้รับการเปิดเผยต่อสาธารณะ และในการศึกษานี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการเล่นของนักกีฬาที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน

การเข้าร่วมการศึกษานี้ครั้งนี้ไม่มีความเสี่ยงแต่อย่างใด และท่านสามารถขอข้อมูลที่รวบรวมมาได้หากต้องการ นอกจากนี้ หากผู้ฝึกสอนหรือนักกีฬามีความประสงค์ที่จะไม่เข้าร่วมการศึกษาก็สามารถปฏิเสธการเข้าร่วมการศึกษาก็ได้

การเข้าร่วมการศึกษานี้ครั้งนี้ไม่มีค่าตอบแทนใดๆ หากหัวหน้าผู้ฝึกสอนอนุญาตให้นักกีฬาในสังกัดของท่านเข้าร่วมในการศึกษา กรุณาลงลายมือชื่อเพื่อแสดงความยินยอมในที่ว่างที่เว้นไว้ให้ และหากมีข้อสงสัยหรือต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อข้าพเจ้าได้ที่โทรศัพท์หมายเลข 089-4438561 และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

.....

ข้าพเจ้าได้อ่านและรับทราบข้อตกลงในหนังสือแสดงความยินยอมและมีความยินดีที่จะให้นักกีฬาที่อยู่ในสังกัดเข้าร่วมในการศึกษานี้

ลายเซ็นหัวหน้าผู้ฝึกสอน (ชื่อตัวบรรจง.....)

วันที่/เดือน/ปี..... โทรศัพท์.....

ลงชื่อผู้ทำการศึกษา.....(นาย ปวีณ วิทยาภรณ์)

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้าพเจ้า นาย ปวีณ วียาภรณ์ นักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

ข้าพเจ้าจะทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับโดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนัก ซึ่งการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะดำเนินการในช่วงเวลาที่นอกเหนือจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมของทางหัวหน้าผู้ฝึกสอนและจะไม่กระทบเวลาในการพักผ่อนของผู้เข้าร่วมวิจัย ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมมาได้จะนำเสนอในรูปแบบข้อสรุปของกลุ่ม และผลการวิจัยนี้จะนำไปตีพิมพ์ในรูปแบบของบทความวิจัยหรือนำเสนอเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ สำหรับชื่อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ชื่อนักกีฬาหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ได้ถูกอ้างถึงจะไม่ได้รับการเปิดเผยต่อสาธารณะ และในการศึกษาครั้งนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน

การเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ไม่มีความเสี่ยงแต่อย่างใด และท่านสามารถขอข้อมูลที่รวบรวมมาได้หากต้องการ นอกจากนี้ หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีความประสงค์ที่จะไม่เข้าร่วมการศึกษา สามารถปฏิเสธการเข้าร่วมการศึกษาได้

การเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ไม่มีค่าตอบแทนใดๆ หากท่านยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ กรุณาลงลายมือชื่อเพื่อแสดงความยินยอมในที่ว่างที่เว้นไว้ให้ และหากมีข้อสงสัยหรือต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อข้าพเจ้าได้ที่โทรศัพท์หมายเลข 089-4438561 และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

.....
ข้าพเจ้าได้อ่านและรับทราบข้อตกลงในหนังสือแสดงความยินยอมและมีความยินดีที่จะเข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้

ลายเซ็น (ชื่อตัวบรรจง.....)

วันที่/เดือน/ปี.....โทรศัพท์.....

ลงชื่อผู้ทำการศึกษา.....(นาย ปวีณ วียาภรณ์)

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยและเอกสารชี้แจงในการศึกษาที่ 2 และ 3

หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed Consent Form)

ในเอกสารนี้อาจมีข้อความที่ท่านอ่านแล้วยังไม่เข้าใจ โปรดสอบถามหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้แทนให้ช่วยอธิบายจนกว่าจะเข้าใจดี ท่านอาจจะขอเอกสารนี้กลับไปอ่านที่บ้านเพื่อปรึกษา หรือกับญาติพี่น้อง เพื่อนสนิท เพื่อประกอบการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี

อาศัยอยู่บ้านเลขที่.....ถนน.....แขวง/ตำบล.....

เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์.....

ขอแสดงความเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยเรื่อง ผลของการลดน้ำหนักและการใช้แมกนีเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในนักกีฬาเทควันโด

ชื่อผู้วิจัย นายปวิณ วิทยาภรณ์

สถานที่วิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

สถานที่ทำงานและหมายเลขโทรศัพท์ของหัวหน้าโครงการวิจัยที่ติดต่อได้ทั้งในและนอกเวลาราชการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โทรศัพท์ 089-443-8561

ผู้สนับสนุนทุนวิจัย ไม่มี

ระยะเวลาในการวิจัย เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2557 ถึง เดือนสิงหาคม 2558

โครงการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อ เพื่อศึกษาผลของการลดน้ำหนักและการใช้แมกนีเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในนักกีฬาเทควันโด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการวิจัย ทำให้ทราบผลของการลดน้ำหนักและการใช้แมกนีเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน อิเล็กโทรไลต์และสมรรถภาพเฉพาะด้านในนักกีฬาเทควันโด และสามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในนักกีฬาเทควันโดหรือกลุ่มนักกีฬาประเภทต่อสู้ที่ลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันเป็นประจำ

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เพราะ เป็นกลุ่มนักกีฬาที่อาจได้รับผลกระทบจากพฤติกรรมลดน้ำหนัก

จะมีผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้งสิ้นประมาณ 20 คน

หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว จะมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้คือ ทำการทดสอบร่างกายเบื้องต้นเพื่อประเมินความพร้อมของร่างกายและได้รับการชี้แจงจากผู้วิจัยโดยละเอียดในขั้นตอนปฏิบัติระหว่างการทำทดลองทุกขั้นตอน

ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเข้าร่วมการวิจัย อาจเกิดการอ่อนล้าจากการลดน้ำหนัก

หากท่านไม่เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อน้ำที่การปฏิบัติงานใดๆ ของท่าน
หากมีข้อข้องใจที่จะสอบถามเกี่ยวข้องกับการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จาก
การวิจัย ท่านสามารถติดต่อ นายปวีณ วิทยาภรณ์ หมายเลขโทรศัพท์ 089-443-8561 หรือ Email:
iampaween@hotmail.com

หากมีข้อมูลเพิ่มเติมทั้งด้านประโยชน์และโทษที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ทราบโดย
รวดเร็วและไม่ปิดบัง

ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าจะถูกเก็บรักษาไว้โดยไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะ
รายงานผลการวิจัยเป็นข้อมูลส่วนรวมโดยไม่สามารถระบุข้อมูลรายบุคคลได้ ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย
เป็นรายบุคคลอาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้ามาตรวจสอบได้ เช่น ผู้ให้ทุนวิจัย สถาบัน หรือองค์กรของรัฐที่
มีหน้าที่ตรวจสอบ รวมถึงคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน เป็นต้น

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการ
ไม่เข้าร่วมการวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อน้ำที่การปฏิบัติงานใดๆ ของ
ท่าน หรือส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิต ท่านมีสิทธิที่จะไม่เข้าร่วม
การวิจัยก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล

ข้าพเจ้าได้ทราบถึงสิทธิที่ข้าพเจ้าจะได้รับข้อมูลเพิ่มเติมทั้งทางด้านประโยชน์ และโทษจากการเข้า
ร่วมการวิจัย และสามารถถอนตัว หรือดเข้าร่วมการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยจะไม่มีผลกระทบต่อการบริการ
และการรักษาพยาบาลที่ข้าพเจ้าจะได้รับต่อไปในอนาคต และยินยอมให้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้า
ที่ได้รับจากการวิจัย แต่จะไม่เผยแพร่ต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล โดยจะนำเสนอเป็นข้อมูลโดยรวมจาก
การวิจัยเท่านั้น

ข้าพเจ้าได้รับทราบข้อมูลของโครงการข้างต้น ตลอดจนข้อดี ข้อเสียที่จะได้รับการเข้าร่วม
โครงการในครั้งนี้ และข้าพเจ้ายินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการดังกล่าว

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

(.....)

วันที่

ลงชื่อ.....ผู้ให้ข้อมูลและขอความยินยอม

(.....)

วันที่

ในกรณีผู้เข้าร่วมการวิจัยอ่านหนังสือไม่ออก ผู้ที่อ่านข้อความทั้งหมดแทนผู้เข้าร่วมการวิจัย

คือ

ลงชื่อ.....พยาน

(.....)

วันที่.....



ภาควิทยาศาสตร์

แบบสอบถามพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

แบบสอบถามพฤติกรรมการลดน้ำหนักในนักกีฬาเทควันโด

เก็บข้อมูลเมื่อ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลหรือทำเครื่องหมาย / ลงในช่องสำหรับกรอกข้อมูล [] และขอให้ผู้กรอกแบบสอบถาม
โปรดตอบคำถามตามความเป็นจริง

ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป

ชื่อ.....นามสกุล..... เพศ [] ชาย [] หญิง

ปัจจุบันอายุ.....ปี

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ระดับการศึกษาปัจจุบัน [] มัธยมศึกษาตอนต้น [] มัธยมศึกษาตอนปลาย

[] ปริญญาตรี [] อื่นๆ.....

มีประสบการณ์ในการแข่งขันมาแล้ว.....ปี

ปัจจุบันคุณวุฒิต่างเทควันโดอยู่ในระดับสาย.....

มีประสบการณ์ในการแข่งขันในระดับใดบ้าง

[] สโมสร

[] กีฬาเยาวชนแห่งชาติ

[] กีฬามหาวิทยาลัย

[] กีฬาแห่งชาติ

[] ตัวแทนระดับประเทศ (ทีมชาติ)

[] อื่นๆ โปรดระบุ

ความถี่ในการฝึกซ้อมในปัจจุบันอยู่ที่.....ครั้ง/สัปดาห์ และฝึกครั้งละ.....ชั่วโมง.....นาที

การวางแผนการลดน้ำหนัก

วัตถุประสงค์ในการลดน้ำหนักของท่านเพื่ออะไร (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

[] เพื่อความได้เปรียบทางด้านรูปร่าง

[] ทำตามการวางแผนการแข่งขันของผู้ฝึกสอน

[] เพื่อทำให้ประสิทธิภาพเคลื่อนไหวดีขึ้น

[] อื่นๆ โปรดระบุ.....

ท่านเริ่มลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันครั้งแรกตั้งแต่อายุ.....ปี

ปัจจุบันท่านมีความถี่ในการลดน้ำหนักเพื่อการแข่งขันโดยประมาณกี่ครั้งต่อปี

[] 1-2 ครั้ง

[] 3-5 ครั้ง

[] 6-8 ครั้ง

[] อื่นๆ โปรดระบุ.....

น้ำหนักตัวที่ลดลงก่อนแข่งขันครั้งละประมาณกี่กิโลกรัม

☐ 1-2 กิโลกรัม ☐ 3-5 กิโลกรัม ☐ 6 กิโลกรัมขึ้นไป ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากการแข่งขันประมาณกี่กิโลกรัม

☐ 1-2 กิโลกรัม ☐ 3-5 กิโลกรัม ☐ 6 กิโลกรัมขึ้นไป ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ท่านวางแผนระยะเวลาการลดน้ำหนักก่อนหน้าการแข่งขันแต่ละครั้งโดยประมาณ.....เดือน.....วัน

จากประสบการณ์การวางแผนการลดน้ำหนัก น้ำหนักตัวของท่านลดลงในช่วงระยะไหนมากที่สุดนับจากวันก่อนหน้าแข่งขัน (เลือกได้เพียงข้อเดียว)

☐ มากกว่าหนึ่งเดือน ☐ สามสัปดาห์ก่อนหน้า ☐ สองสัปดาห์ก่อนหน้า ☐ สัปดาห์สุดท้าย
☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

วิธีการลดน้ำหนัก

ท่านเลือกใช้วิธีใดที่ช่วยในการลดน้ำหนักนอกเหนือจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรม (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ออกกำลังกายให้มากขึ้น (Increase exercise) โดยวิธีใดดังต่อไปนี้
- ☐ วิ่ง ☐ ปั่นจักรยาน ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
- ☐ จำกัดการบริโภคอาหาร (Food restriction) เป็นปริมาณเท่าใดเมื่อเทียบกับมื้อปกติ
- ☐ 100 เปอร์เซ็นต์ ☐ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์
☐ น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
- ☐ จำกัดการบริโภคน้ำ (Fluid restriction) เป็นปริมาณเท่าใดเมื่อเทียบกับปริมาณที่บริโภคตามปกติ
- ☐ 100 เปอร์เซ็นต์ ☐ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์
☐ น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
- ☐ ใช้การเขานา (Sauna)
- ☐ ใช้ชุดลดน้ำหนัก (Plastic clothing)
- ☐ จำกัดการบริโภคไขมัน (Fat restriction)
- ☐ จำกัดการบริโภคคาร์โบไฮเดรต [Carbohydrate restriction]
- ☐ การเลือกบริโภคเฉพาะอาหารประเภทโปรตีน
- ☐ ใช้ยาลดความอ้วน (Diet pills)
- ☐ ใช้ยาขับปัสสาวะหรือยาระบาย (Diuretics/laxatives)
- ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ท่านได้ใช้อาหารเสริมหรือผลิตภัณฑ์ที่ช่วยในการทดแทนสารอาหารในช่วงการลดน้ำหนักหรือไม่

☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่ โปรดระบุ.....

ผลจากการลดน้ำหนัก

ท่านเคยได้รับผลข้างเคียงจากการลดน้ำหนักโดยมีอาการดังต่อไปนี้หรือไม่ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | |
|---|---|
| ☐ อ่อนล้า (Fatigue or weakness) | ☐ เวียนศีรษะ (Dizziness) |
| ☐ ตะคริว (Muscle cramps) | ☐ วิตกกังวล (Anxiety) |
| ☐ ปวดหัว (Headache) | ☐ ปวดกล้ามเนื้อ (Myalgia) |
| ☐ ไม่สบายหรือเป็นไข้ (Feverish) | ☐ คลื่นไส้ (Nausea) |
| ☐ ท้องเสีย (Diarrhea) | ☐ อาเจียน (Vomiting) |
| ☐ อัตราการเต้นหัวใจไม่สม่ำเสมอ (Palpitation) | ☐ มีเลือดออกทางจมูก/เลือดกำเดา (Nose bleeding) |
| ☐ อาการหงุดหงิดง่าย (Irritability) | ☐ สูญเสียการควบคุมร่างกาย (In-coordination) |
| ☐ หมดสติ (Syncope) | ☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... |

ท่านคิดว่าการลดน้ำหนักในแต่ละครั้งมีผลต่อประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมของท่านหรือไม่

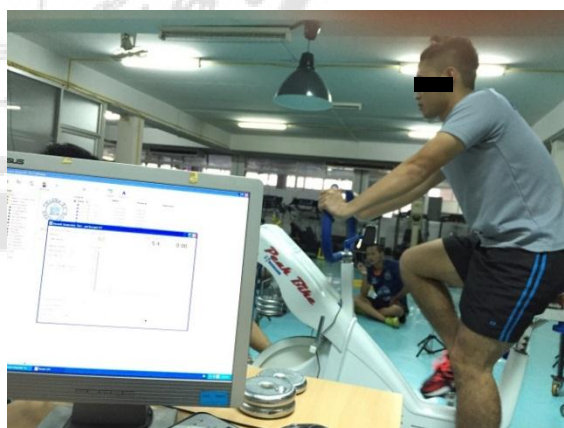
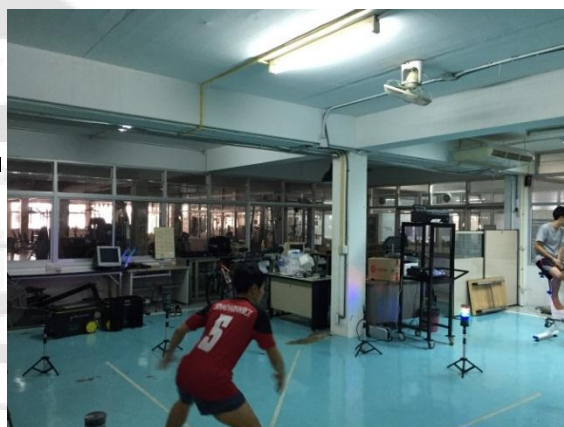
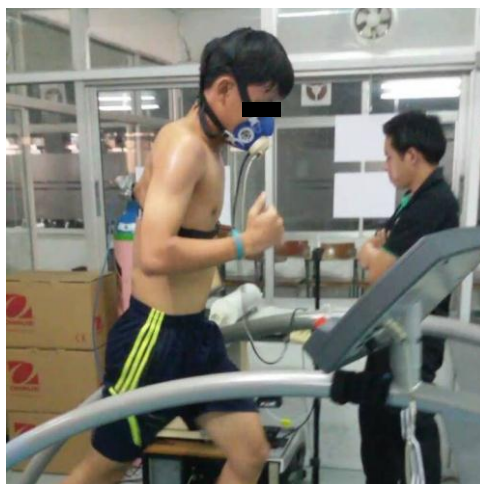
- ☐ ไม่มีผล ☐ มีผล อย่างไร โปรดระบุ
-

ท่านคิดว่าการลดน้ำหนักในแต่ละครั้งมีผลต่อประสิทธิภาพในการแข่งขันของท่านหรือไม่

- ☐ ไม่มีผล ☐ มีผล อย่างไร โปรดระบุ
-

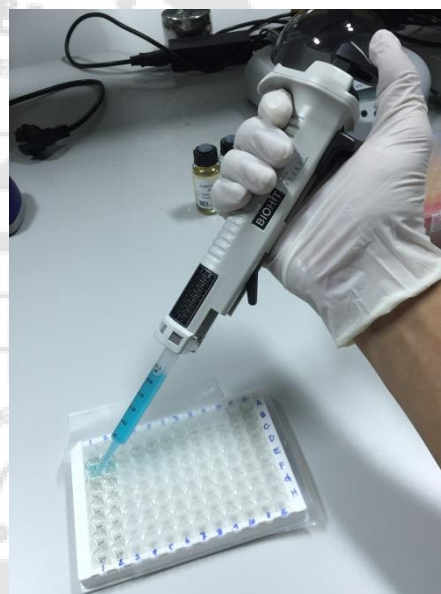
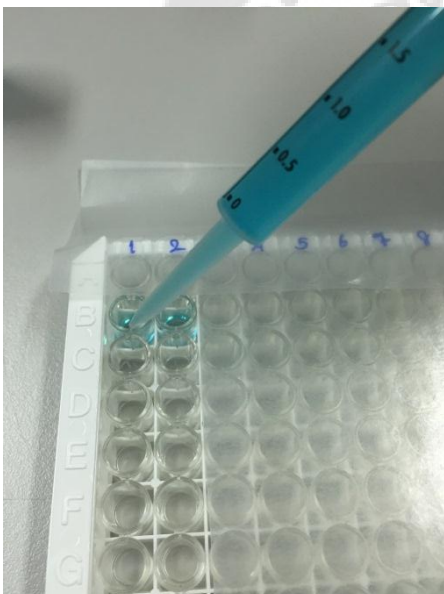
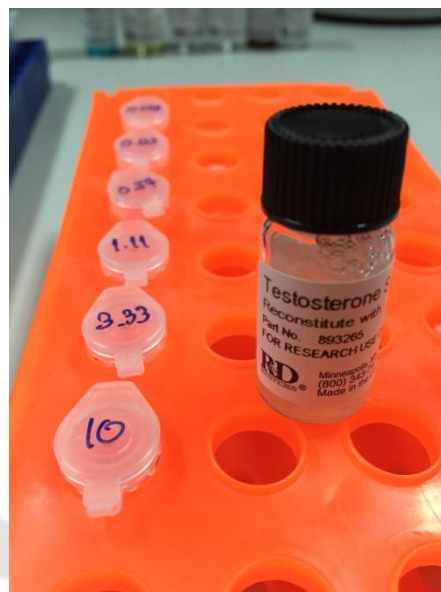


ภาคผนวก ง
ภาพการดำเนินการทดลอง











ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายปวีณ วิทยาภรณ์
วันเดือนปีเกิด	24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	284 หมู่ที่ 11 ตำบลตันธง อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการศึกษา (ปฏิบัติการสอน)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ 107 ถนนรังสิต-นครนายก คลอง 16 ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2548	ศึกษาศาสตรบัณฑิต (พลศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2552	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2559	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ