

ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ
ที่มีต่ออินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

มิถุนายน 2560

ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ
ที่มีต่ออินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

มิถุนายน 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ
ที่มีต่ออินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

มิถุนายน 2560

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี. (2560). ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่มีต่ออินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬามืออาชีพ. ปรินซ์นิพนธ์ ปร.ด. (วิทยาศาสตรบัณฑิตการกีฬาและการออกกำลังกาย).

กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรพันธ์ อัจฉิมพร.

ความแข็งแรงและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญสำหรับนักกีฬามืออาชีพ การฝึกแบบควบคู่อาจเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเมื่อเวลาจำกัด นอกจากนี้ผลกระทบของการตอบสนองและการปรับตัวของฮอร์โมนโดยเฉพาะอย่างยิ่งอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 อาจเกี่ยวข้องกับลำดับการฝึกความแข็งแรงและการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ 1 คือเพื่อศึกษาผลกระทบของลำดับรูปแบบของการฝึกแบบควบคู่ความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดในนักกีฬามืออาชีพ วัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ 2 คือเพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบควบคู่ 5 สัปดาห์ต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬามืออาชีพ นักกีฬามืออาชีพเพศชาย จำนวน 26 คน อายุระหว่าง 19-20 ปี เข้าร่วมการศึกษานี้ โปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ประกอบด้วย การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (การฝึกความแข็งแรง 3 ท่า 2 เซต ความหนัก 70% 1 RM และกระโดดข้ามรั้ว 5 ครั้ง (สูง 40 เซนติเมตร) พัก 3 นาที) และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (เซตละ 7 รอบ 2 เซต ระยะทางไป-กลับ 30 เมตร พักระหว่างรอบ 20 วินาที พัก 5 นาที) ในการศึกษาที่ 1 ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสภาวะความเป็นกรดในร่างกายจากการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ สูงกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ ในการศึกษาที่ 2 การฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบควบคู่เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬามืออาชีพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สรุปแล้ววิธีการฝึกแบบควบคู่โดยทำการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่ใช้ในปรินซ์นิพนธ์เล่มนี้ แสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่อการกระตุ้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพทางกายด้านต่าง ๆ ในนักกีฬามืออาชีพ

THE EFFECT OF CONCURRENT SPECIFIC STRENGTH AND REPEATED SPRINT
TRAINING ON INSULIN-LIKE GROWTH FACTOR 1 AND PHYSICAL PERFORMANCE
IN FUTSAL PLAYERS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Philosophy degree in Sport and Exercise Science
at Srinakharinwirot University

June 2017

Krirkwit Phongsri. (2017). *The Effect of Concurrent Specific Strength and Repeated Sprint Training on Insulin-Like Growth Factor 1 and Physical Performance in Futsal Players*. Dissertation, Ph.D. (Sport and Exercise Science). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof. Dr. Supaporn Silalertdetkul, Asst. Prof. Dr. Amornpan Ajjimaporn.

Strength and repeated sprint ability (RSA) are considered to be important for performance in futsal players. Concurrent training may be an effective way, if time is limited. Moreover, the effect of hormonal response and adaptation, especially insulin-like growth factor 1 (IGF-1), might relate to the sequence of strength and RSA training. Therefore, the objective of the first study was to examine the effects of sequence of concurrent specific strength and repeated sprint training on circulating IGF-1 concentrations in futsal players. The objective of second study was to study the effects of five weeks concurrent training on IGF-1 concentrations and performance in futsal players. Twenty six male futsal players aged between nineteen and twenty-one years participated in this study. Concurrent training program consisted of specific strength training (SST) (three strength exercises x two sets at 70% 1-RM with five vertical jumps over hurdles (40 centimeters), three minutes rest) and repeated sprint training (RST) (seven rounds x two sets of 30 meters maximal shuttle sprints, each round separated by twenty seconds rest, five minutes rest). In the first study, IGF-1 concentrations and acidosis in SST followed by RST (SST: RST) were higher than RST: SST order. In the second study, supplementary training with concurrent training for five weeks induced improvements in futsal specific performance, especially RSA and IGF-1 concentrations, which tended to be slightly increased. In conclusion, concurrent SST followed by RST protocol employed throughout this thesis was shown to be an effective way of training to stimulate the IGF-1 and to produce a large increase in performance variables in futsal players.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ
ที่มีต่ออินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ของ

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณอมศักดิ์ เสนาคำ)

.....ที่ปรึกษาร่วม

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรพันธ์ อัจจิมาพร)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรพันธ์ อัจจิมาพร)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มลัมย์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลักที่คอยแนะนำ สนับสนุน ช่วยเหลือ ดูแลและให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการส่งเสริมให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จตลอดระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรพันธ์ อัจจิมาพร ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์และดูแลผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำปริญญานิพนธ์จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถนอมศักดิ์ เสนาคำ ประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ที่กรุณาช่วยชี้แนะและให้คำแนะนำทั้งในส่วนของปริญญานิพนธ์และเทคนิคในการเก็บข้อมูลวิจัยในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องมือและวิธีการต่าง ๆ ขณะเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มลมัย คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ามาช่วยชี้แนะและให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรณยา สี่ละมาต และอาจารย์ ดร. พิเชิต เมืองนาโพธิ์ คณะกรรมการพิจารณาเค้าโครงปริญญานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ในแง่มุมต่าง ๆ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุปราณี ขวัญบุญจันทร์ ที่ให้การสนับสนุนผู้วิจัยทุก ๆ ด้านตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอขอบพระคุณอาจารย์หนูศรี เสนาคำ สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างเลือดของกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ คอยอบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตามหลักสูตรและเป็นแบบฉบับของอาจารย์ที่ทุ่มเทให้กับศิษย์และงานด้านวิชาการอย่างไม่เห็นดเห็นเอย

ขอขอบคุณคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดหลักสูตร และขอขอบคุณฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทยที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณนันทพล ทองนิลพันธ์ ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ ติดต่อประสานงานเรื่องทุนวิจัยจนกระทั่งการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์เกรียงไกร นาคเทวัญ เพื่อนร่วมรุ่นตั้งแต่ระดับปริญญาตรีจนถึงระดับปริญญาเอกที่คอยให้การสนับสนุนและช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษาที่ผ่านมา ขอขอบคุณกลุ่มผู้ช่วยวิจัย คุณอมเรศ ศรีฉายนาม คุณภูเบศวรร ภาชนะสมบัติ และคุณคณิตา คุ่มสิงสัน ที่คอยสนับสนุนและช่วยเหลือในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณกลุ่มอาสาสมัครที่เสียสละเวลา ท่วมเทกำลังกาย กำลังใจเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในโครงการวิจัยครั้งนี้ หากไม่มีทุกคนงานวิจัยครั้งนี้คงไม่สำเร็จตามแผน

ขอขอบคุณ คุณพิชชาวิทย์ ธารหาญพิโรตม สำหรับการสนับสนุนและช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการศึกษาที่ผ่านมา และขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่สามารถเอ่ยชื่อนามได้ในที่นี้ ที่มีส่วนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยดูแลและสนับสนุนในทุก ๆ เรื่องจนผู้วิจัยมีวันนี้ ขอขอบคุณน้องชาย ญาติพี่น้องและพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้ทั้งกำลังใจและกำลังใจที่ดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา คุณค่า ประโยชน์ และคุณงามความดีใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี



งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก

ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
สมมุติฐานในการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
กีฬาฟุตบอล.....	11
ความต้องการทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอล.....	12
การฝึกแบบควบคู่ (Concurrent training).....	13
การปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาต่อการฝึกแบบควบคู่.....	14
การฝึกความแข็งแรงในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง.....	25
การฝึกความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง.....	27
การฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง.....	29
การปรับตัวทางด้านโมเลกุลต่อการฝึกแบบควบคู่.....	40
อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1.....	44
สรุป.....	49
3 การศึกษาที่ 1 ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล: ผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน.....	59
บทคัดย่อ.....	60

บทนำ.....	63
-----------	----

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
วิธีดำเนินการวิจัย.....	65
การออกแบบการวิจัย.....	65
กลุ่มตัวอย่าง.....	68
วิธีการดำเนินการทดลอง.....	68
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
ผลการวิจัย.....	74
อภิปรายผลการวิจัย.....	81
สรุปผลการวิจัย.....	85
4 การศึกษาที่ 2 ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วย ความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้น อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬา ฟุตบอล.....	87
บทคัดย่อ.....	88
บทนำ.....	91
วิธีดำเนินการวิจัย.....	93
การออกแบบการวิจัย.....	93
กลุ่มตัวอย่าง.....	96
วิธีการดำเนินการทดลอง.....	96
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	105
ผลการวิจัย.....	109
อภิปรายผลการวิจัย.....	122
สรุปผลการวิจัย.....	131
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	133

สรุปผลและอภิปรายผล.....	134
-------------------------	-----

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	139
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป.....	139
การประยุกต์ผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์.....	140
บรรณานุกรม.....	142
ภาคผนวก.....	167
ภาคผนวก ก.....	168
ภาคผนวก ข.....	170
ภาคผนวก ค.....	174
ภาคผนวก ง.....	187
ภาคผนวก จ.....	193
ภาคผนวก ฉ.....	198
ภาคผนวก ช.....	204
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	206

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคุมกันระหว่างความแข็งแรงและความ อดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาแต่ละชนิดและบุคคลทั่วไป.....	19
2 สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคุมกันระหว่างความแข็งแรงและความ อดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับ ช่วง.....	34
3 สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับออกกำลังกายหรือการฝึกกีฬาที่มีผลต่อความเข้มข้นของ อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 รวมถึงฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	51
4 โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ.....	71
5 แสดงลักษณะและผลการทดสอบสมรรถนะทางสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	74
6 แสดงการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจและความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ ต่อการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (ซซช) หรือการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด แบบช้า ๆ (วสช) ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่ง ด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน.....	80
7 แสดงเวลารวมของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ ในแต่ละเซต จากการ จัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน.....	80
8 โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ.....	104
9 โปรแกรมการฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาฟุตบอลช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน 5 สัปดาห์.....	108
10 แสดงอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ไขมัน น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน และ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลัง การฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	110
11 แสดงความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งและความสูงของการกระโดดของกลุ่ม ตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน).....	115

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
12	แสดงความเร็วของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตรและความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการเคลื่อนที่รูปตัว V ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	116
13	แสดงความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ (Yo-Yo IR 1) ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	117
14	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรลักษณะทางสรีรวิทยาและขนาดสัดส่วนร่างกาย สมรรถภาพทางกาย และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (นำเสนอเฉพาะตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน).....	120
15	แสดงระยะเวลาการฝึกซ้อม อัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ และปริมาณของการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มช่วงก่อนแข่งขัน ในวันที่มีการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติม จำนวน 10 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	121

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
2 การออกแบบการวิจัยการศึกษาที่ 1.....	8
3 การออกแบบการวิจัยการศึกษาที่ 2.....	9
4 แบบจำลองแบบองค์รวมของปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะทางการกีฬา.....	14
5 แผนภูมิแสดงอุปสรรคต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อในระดับโมเลกุลที่อาจ เกิดขึ้นจากการฝึกแบบควบคุมระหว่างความแข็งแรงและความอดทน.....	41
6 แผนภูมิแสดงภาพรวมบทบาทของตัวแปรต่าง ๆ ขณะทำการฝึกแบบควบคุม (a) ตัวแปรที่อาจก่อให้เกิดอุปสรรคในการพัฒนากล้ามเนื้อ (b) การกระตุ้น จากการฝึกด้วยแรงต้าน (ความแข็งแรง) ในภาวะที่ความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้น และสารตั้งต้น (พลังงาน) ลดลง (c) โดยทำให้การตอบสนองต่อการฝึกด้วย แรงต้านลดลง ทำให้การขยายขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อถูกจำกัด.....	43
7 กลไกการทำงานของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1.....	45
8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการศึกษาที่ 1.....	67
9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตอบสนองของอินซูลินไลค์ โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (บน) และพื้นที่ใต้กราฟ (ล่าง) ต่อการฝึกแบบควบคุม ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็ว สูงสุดแบบซ้ำ ๆ (ซซช-วสช) (o) และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (วสช-ซซช) (■).....	75
10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตอบสนองของแลคเตท (ก) พีเอช (ข) ไบคาร์บอเนต (ค) ค่าต่างเกิน (ง) ต่อการฝึกแบบควบคุมระหว่าง การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด แบบซ้ำ ๆ (o) และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึก ความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (■).....	77
11 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการศึกษาที่ 2.....	95
12 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรท แฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ขณะทำการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็ว	

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
13 การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่รูปตัวที (T-test).....	100
14 ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุม ในการตอบสนองของระยะเฉียบพลันต่อการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อนการฝึก (ซ้าย) และ หลังการฝึก (ขวา) เป็นเวลา 5 สัปดาห์ช่วงก่อนแข่งขัน (ก่อน คือ ก่อนการทดสอบหลัง คือ หลังการทดสอบทันที และ 30 นาที คือ หลังการทดสอบ 30 นาที).....	111
15 พื้นที่ใต้กราฟความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุม ในการตอบสนองของระยะเฉียบพลันต่อการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อนการฝึกและหลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ช่วงก่อนแข่งขัน.....	112
16 การเปลี่ยนแปลงของเวลาเฉลี่ยของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ของกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (กลุ่มฝึกควบคุม).....	136
17 การเปลี่ยนแปลงของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบล สควอท ของกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (กลุ่มฝึกควบคุม).....	138

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ฟุตซอล (Futsal) เป็นกีฬาที่มีรูปแบบการแข่งขันคล้ายคลึงกับกีฬาฟุตบอล ได้รับการรับรองโดยสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (Federation International de Football Association (FIFA)) การแข่งขันกีฬาฟุตซอลได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายไปทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย มีการจัดการแข่งขันในทุกระดับทั้งการแข่งขันเพื่อนันทนาการ ระดับสมัครเล่น และระดับอาชีพ กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาประเภททีมที่มีลักษณะระดับความหนักสูงแบบหนักสลับช่วง (Intermittent high intensity) (Barbero-Alvarez, Soto, Barbero-Alvarez, & Granda-Vera, 2008) มีการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในระดับสูง รวมทั้งพลังของกล้ามเนื้อบริเวณขาเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว (Castagna, D'Ottavio, Granda Vera, & Barbero Alvarez, 2009; Oliveira, Leicht, Bishop, Barbero-Alvarez, & Nakamura, 2013) ดังนั้นการพัฒนาความอดทนทั้งแบบที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนรวมทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญสำหรับนักกีฬาฟุตซอลเป็นอย่างมาก จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การฝึกแบบหนักสลับช่วง (Interval training) ที่ระดับความหนักสูงส่งผลทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Londeree, 1997) นอกจากนั้นการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติส่งผลทำให้ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และความสามารถของการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วในนักกีฬาฟุตซอลพัฒนาขึ้น (Soares-Caldeira et al., 2014) ดังนั้นอาจจะเป็นไปได้ว่าการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนมีความสำคัญในนักกีฬาและการฝึกในรูปแบบดังกล่าวอาจจะทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตซอล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักกีฬาและผู้ฝึกสอนในการพัฒนาฟุตซอลต่อไป

การฝึกแบบควบคู่ (Concurrent training) ระหว่างความแข็งแรงและความอดทนถือเป็นการฝึกซ้อมอีกรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะของนักกีฬา จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความเร็วสูงสุดที่ร่างกายใช้ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน และระยะเวลาการวิ่งจนหมดแรงที่ความเร็วสูงสุดที่ร่างกายใช้ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกความอดทนเพียงอย่างเดียว (Chtara et al., 2005) นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกความแข็งแรงสูงสุดควบคู่กับการฝึกความอดทนแบบหนักสลับช่วงที่ระดับความหนักสูงในนักกีฬาฟุตบอล ส่งผลให้สมรรถภาพการใช้

ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการกระโดดและประสิทธิภาพในการวิ่ง ด้วยความเร็วสูงสุดเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ (Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011) จะเห็นได้ว่าการฝึกแบบควบคู่ส่งผลทำให้สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาพัฒนาขึ้น แม้ว่ากีฬาฟุตบอลจะมีความคล้ายคลึงกับกีฬาฟุตบอล แต่การตอบสนองทางสรีรวิทยาในเกมการแข่งขันของกีฬาฟุตบอลนั้นมีความแตกต่างจากกีฬาฟุตบอล เช่น ปริมาณการใช้ออกซิเจน อัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางการเคลื่อนที่ จำนวนครั้งของการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่าง ๆ เป็นต้น (Alvarez, D'Ottavio, Vera, & Castagna, 2009; Bangsbo, Mohr, & Krusturp, 2006; Barbero-Alvarez et al., 2008; Caetano et al., 2015; Castagna, et al., 2009; De Oliveira Bueno et al., 2014; Makaje, Ruangthai, Arkarapanthu, & Yoopat, 2012; Rodrigues et al., 2011) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าการฝึกแบบควบคู่ในนักกีฬาฟุตบอลอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่แตกต่างจากนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเอารูปแบบการฝึกพัฒนาความแข็งแรงชนิดเฉพาะที่ประกอบไปด้วยการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดและพลัยโอเมทริกควบคู่กับการฝึกพัฒนาความอดทนด้วยวิธีการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ไปใช้ในการฝึกซ้อมและอาจเป็นไปได้ว่าการฝึกแบบควบคู่นี้อาจส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของนักกีฬาฟุตบอล เช่น เพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการกระโดดและประสิทธิภาพในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นต้น

อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (ไอจีเอฟ-1) (Insulin-like growth factor 1 (IGF-1)) คือฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการสร้างสารชีวโมเลกุล (Anabolic hormone) มีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลาย (McCarthy, Centrella, & Canalis, 1989; Nindl & Pierce, 2010; Rosen et al., 2004; Yakar et al., 2002) มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน (Dall et al., 2001) โดยจะกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนและกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์ (Carroll et al., 2004) จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังจากการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงในระยะเฉียบพลัน (Rubin et al., 2005) ภายหลังการฝึกด้วยแรงต้านเป็นเวลา 13 สัปดาห์ ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้น (Borst et al., 2001) การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พบว่า ภายหลังจากการฝึกซ้อม ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์ โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นในระยะเฉียบพลัน (Meckel et al., 2011; Nemet et al., 2009) นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทน ส่งผลให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นทั้งในระยะเฉียบพลันและ ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ในหญิงวัยรุ่นสุขภาพดี (Gregory et al., 2013) ในทางตรงกันข้ามภายหลัง

จากการฝึกความอดทนระยะสั้นส่งผลทำให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีค่าลดลง (Nemet et al., 2004) ในขณะที่การฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติใน นักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนตลอดฤดูกาลแข่งขันเป็นเวลา 31 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (Mejri, Bchir, Ben Rayana, Ben Hamida, & Ben Slama, 2005) จากการวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เป็น ฮอร์โมนที่มีความสัมพันธ์ในกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกาย ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังจากการฝึกด้วยแรงต้าน การฝึกแบบควบคู่ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในระยะเฉียบพลัน ขณะเดียวกันอาจจะมีแนวโน้มลดลงภายหลังการฝึก ความอดทนบางรูปแบบ และไม่พบความเปลี่ยนแปลงตลอดฤดูกาลแข่งขันในนักกีฬาฟุตบอลระดับ เยาวชน ดังนั้นอาจจะเป็นไปได้ว่าการฝึกแบบควบคู่ซึ่งประกอบด้วยการฝึกความแข็งแรงและความ อดทนในรูปแบบต่าง ๆ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ทั้งในระยะเฉียบพลันและระยะยาวที่แตกต่างกัน

การกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมโดยมีการฝึกพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนอยู่ ภายในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน (Intra-session) นั้น การจัดลำดับรูปแบบของการฝึกมีความสำคัญต่อ การตอบสนองและพัฒนาการของร่างกายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการฝึกทั้งสอง (Hakkinen et al., 2003) โดยกลุ่มที่ฝึกความอดทนตามด้วยการฝึกความแข็งแรงส่งผลทำให้ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนเพิ่มขึ้น ทันทีภายหลังการฝึกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงตามด้วยการฝึกความอดทน (Cadore et al., 2012; Rosa et al., 2015) ในทางตรงกันข้ามการฝึกความแข็งแรงตามด้วยการฝึกความอดทน ในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกันเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่งผลทำให้ความแข็งแรงกล้ามเนื้อส่วนล่างของ ร่างกายและประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อดีกว่าการฝึกพัฒนาความอดทน ตามด้วยการฝึกพัฒนาความแข็งแรงในชายวัยสูงอายุ (Cadore et al., 2013) ในขณะที่ไม่พบการ เปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนจากการฝึกโดยการจัดลำดับการฝึกที่แตกต่างกันในกลุ่มชาย สุขภาพดีภายหลังการฝึก 24 สัปดาห์ (Schumann et al., 2014) ส่วนการฝึกพัฒนาความแข็งแรงตาม ด้วยการฝึกพัฒนาความอดทนในรูปแบบของการฝึกปั่นจักรยานอยู่กับที่ด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนทั้งระดับเซลล์และโมเลกุลภายในกล้ามเนื้อระยะเฉียบพลัน ดีกว่าการจัดลำดับการฝึกในแบบตรงข้ามในกลุ่มตัวอย่างชายอายุ 25 ปี (Coffey et al., 2009) จะเห็น ได้ว่าการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกส่งผลต่อการตอบสนองและพัฒนาการทั้งทางด้านสมรรถภาพทาง กายและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการนำรูปแบบการฝึกที่มีความ เฉพาะเจาะจงและแตกต่างจากการวิจัยที่ผ่านมา เช่น การฝึกความแข็งแรงสูงสุดและพลัยโอเมตริก ควบคู่กับการฝึกความอดทนด้วยวิธีการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในนักกีฬาฟุตบอล ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลของการฝึกในรูปแบบนี้ชัดเจนขึ้นต่อไป

จะเห็นได้ว่าการศึกษากการฝึกซ้อมแบบควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนโดยนำเอารูปแบบการฝึกแบบต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มนั้น ส่งผลต่อการตอบสนองและพัฒนาการของร่างกายแตกต่างกัน ในการพัฒนาศักยภาพนักกีฬาเพื่อความเป็นเลิศนั้น การมุ่งหาวิธีการฝึกซ้อมรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจการนำเอารูปแบบการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะที่ประกอบไปด้วยการฝึกความแข็งแรงสูงสุดและพลัยโอเมทริกควบคู่กับการฝึกความอดทนด้วยวิธีการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ มาใช้เพื่อฝึกซ้อมเสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติของนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งอาจสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฮอร์โมนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ทั้งในระยะเฉียบพลันและต่อการฝึก และอาจส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ทั้งนี้เพื่อผลของการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและลดสาเหตุที่เป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการตอบสนองและพัฒนาการของร่างกายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการฝึกทั้งสอง ผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อนักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการกีฬาและผู้สนใจต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

- เพื่อศึกษากการตอบสนองระยะเฉียบพลันของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล
- เพื่อศึกษากการเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ความสำคัญของการวิจัย

- ทำให้ทราบผลการตอบสนองระยะเฉียบพลันของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล
- ทำให้ทราบผลการเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

- สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุดของการฝึกซ้อมในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลให้มีความพร้อมสำหรับการแข่งขัน เป็นประโยชน์ต่อนักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการกีฬาและผู้สนใจต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การศึกษา ดังนี้

การศึกษาที่ 1 ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล : ผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร เป็นนักกีฬาฟุตบอลที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี เพศชาย อายุ 18-22 ปี มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลไม่ต่ำกว่า 2 ปี และอยู่ในระหว่างการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลในระดับอุดมศึกษาภายในประเทศ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาฟุตบอลที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี เพศชาย จำนวน 12 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

การฝึกซ้อมแบบควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน ดังนี้

- การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะก่อน ตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ
- การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อน ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

2. ตัวแปรตาม

- ค่าความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (IGF-1)
- ปริมาณแลคเตทในเลือด (Blood lactate)
- ปริมาณค่าแก๊สในเลือด (Blood gas; pH, HCO_3^- , และ Base excess)

การศึกษาที่ 2 ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร เป็นนักกีฬาฟุตบอลที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี เพศชาย อายุ 18-22 ปี มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลไม่ต่ำกว่า 2 ปี และอยู่ในระหว่างการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลในระดับอุดมศึกษาภายในประเทศ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาฟุตบอลที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี เพศชาย จำนวน 14 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

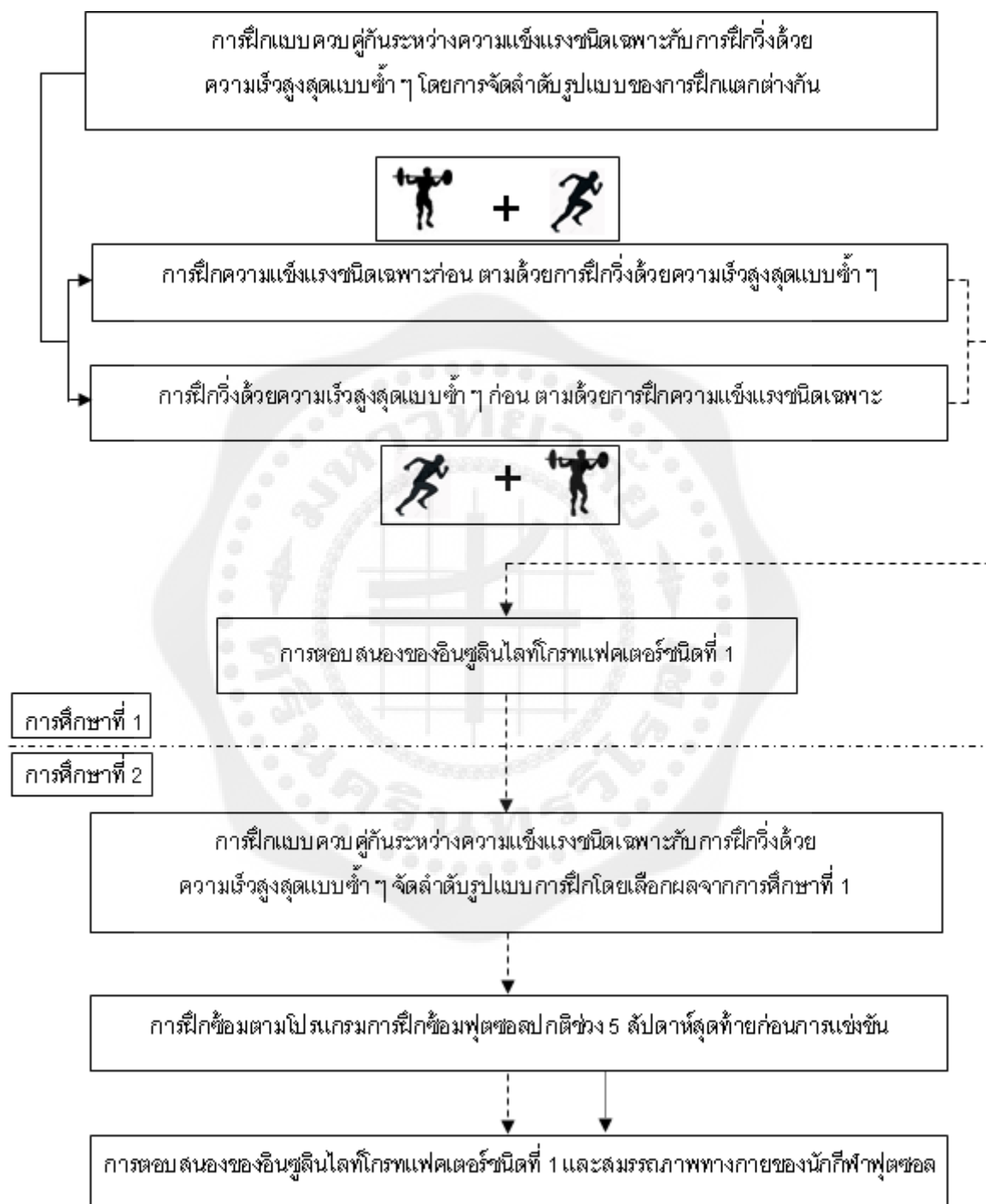
การฝึกซ้อมแบบควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (เลือกจากผลการทดลองที่ 1) เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ

2. ตัวแปรตาม

- ค่าความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (IGF-1)
- องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)
- ค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1RM) ในท่าทางการฝึกยกน้ำหนักท่าต่าง ๆ
- ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$)
- ค่าพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา (Leg explosive power) จากการทดสอบกระโดดสูงในท่าต่าง ๆ
- ค่าความสามารถในการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยการเคลื่อนที่รูปตัววี (Agility T-test)
- ค่าความสามารถในการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Repeated sprint ability test)
- ค่าความสามารถในการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร (20-m sprint test)
- ค่าความสามารถในการทดสอบวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ Yo-Yo Intermittent recovery test level 1 (Yo-Yo IR1)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

แสดงภาพรวมของกรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 การศึกษา



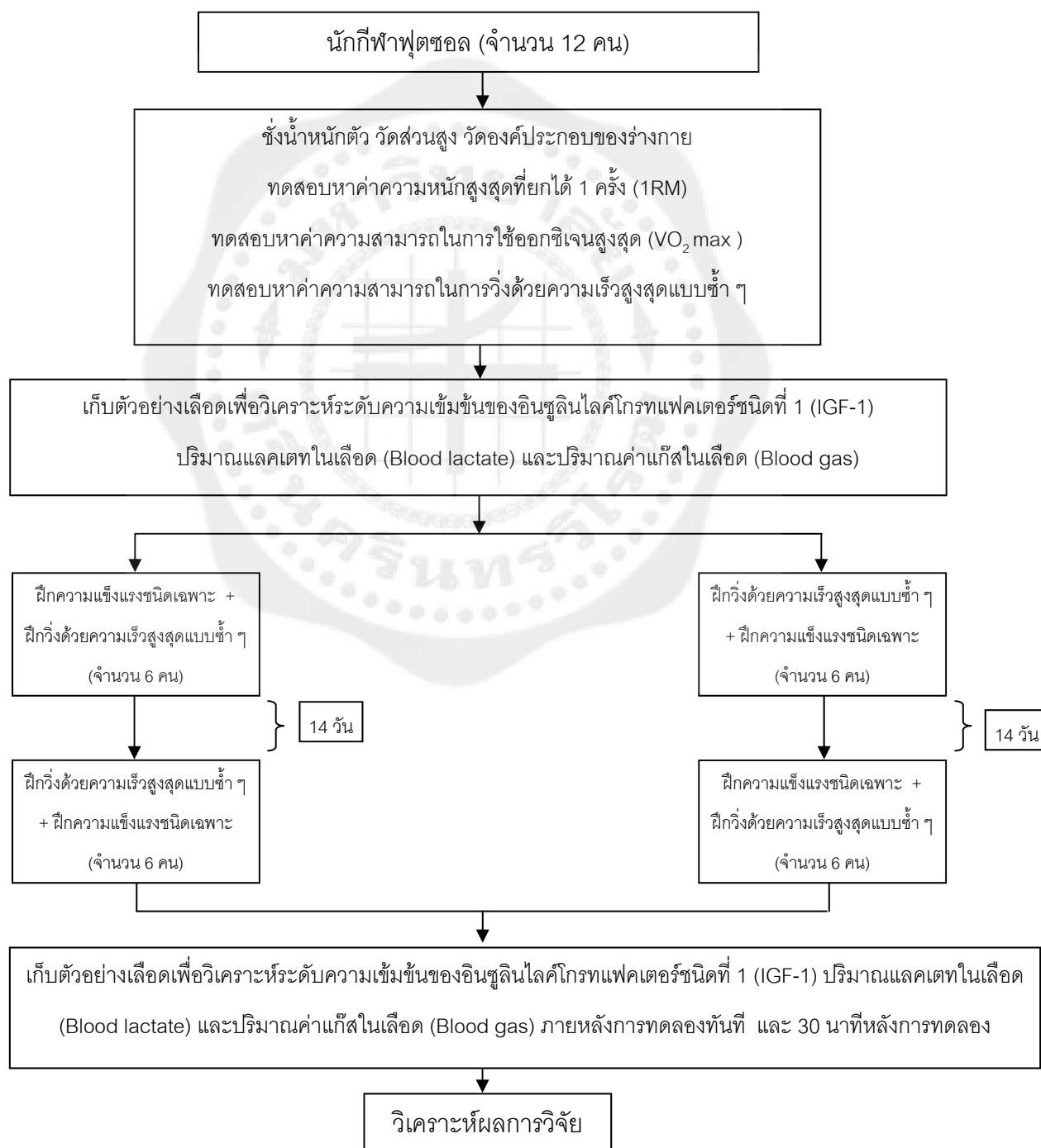
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การศึกษา ซึ่งนำเสนอการออกแบบการวิจัย ดังนี้

การศึกษาที่ 1 ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล : ผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน

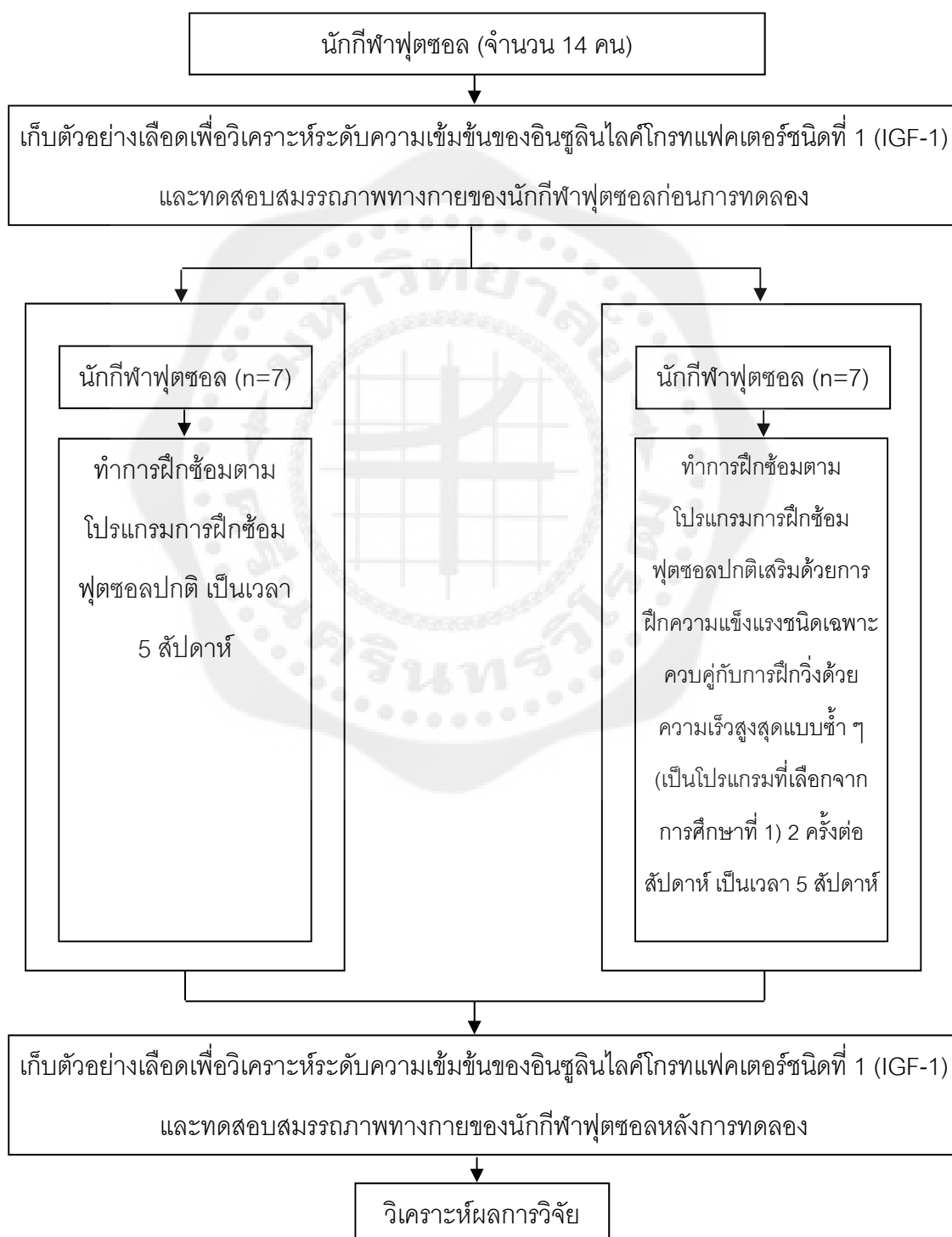
การออกแบบการวิจัยการศึกษาที่ 1



ภาพประกอบ 2 การออกแบบการวิจัยการศึกษาที่ 1

การศึกษาที่ 2 ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (IGF-1) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

การออกแบบการวิจัยการศึกษาที่ 2



ภาพประกอบ 3 การออกแบบการวิจัยการศึกษาที่ 2

สมมุติฐานในการวิจัย

สมมุติฐานการศึกษาที่ 1

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน มีผลต่อการตอบสนองของระยะเฉื่อยบพล์นของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอลแตกต่างกัน

สมมุติฐานการศึกษาที่ 2

การเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- กีฬาฟุตซอล
- การฝึกแบบควบคุม
- การปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาต่อการฝึกแบบควบคุม
- อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1

กีฬาฟุตซอล (Futsal)

กีฬาฟุตซอล (Futsal)

ฟุตซอล (Futsal) หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า ฟุตบอล 5 คน (Five-a-side) และฟุตบอลในร่ม (Indoor soccer) เป็นกีฬาที่มีรูปแบบการแข่งขันคล้ายคลึงกับกีฬาฟุตบอล ได้รับการกำกับดูแลและรับรองโดยสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (Federation Internationale de Football Association (FIFA)) การแข่งขันกีฬาฟุตซอลได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายไปทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย มีการจัดการแข่งขันในทุกระดับทั้งการแข่งขันเพื่อนันทนาการ ระดับสมัครเล่น และระดับอาชีพ มีการแข่งขันทั้งในประเภทชายและประเภทหญิงในระดับอายุต่าง ๆ ปัจจุบันสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติได้จัดให้มีการแข่งขันฟุตซอลชิงแชมป์โลก (FIFA Futsal World Cup) ขึ้นในทุก ๆ 4 ปี โดยในรอบสุดท้ายจะมีทีมจากชาติที่ผ่านรอบคัดเลือกจากภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลกเข้าร่วมการแข่งขันจำนวน 24 ทีม (Barbero-Alvarez et al., 2008) ซึ่งทีมฟุตซอลทีมชาติไทยได้มีโอกาสเข้าร่วมการแข่งขันรอบสุดท้ายถึง 5 สมัยติดต่อกันตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 - ค.ศ. 2016 สามารถเข้าถึงรอบ 16 ทีมสุดท้ายได้ใน 2 ครั้งหลังสุด รวมถึงการรับหน้าที่เป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันในปี ค.ศ. 2012 ในการแข่งขันระดับทวีปเอเชียเคยเป็นรองแชมป์ 2 สมัย และในระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้สามารถคว้าแชมป์ได้ถึง 12 สมัย ส่วนในระดับสโมสรอาชีพนั้น สโมสรฟุตซอลชลบุรีบลูเวฟในฐานะทีมชนะเลิศการแข่งขันรายการไทยแลนด์ฟุตซอลลีกเป็นตัวแทนประเทศไทยเข้าร่วมการแข่งขันฟุตซอลสโมสรชิงแชมป์เอเชีย (AFC Club Championship) และสามารถคว้าแชมป์มาครองได้ในปี ค.ศ. 2013 รวมถึงการคว้ารางวัลทีมสโมสรฟุตซอลยอดเยี่ยมแห่งทวีปเอเชียในปีเดียวกัน (วิกิพีเดีย. 2560: ออนไลน์)

กีฬาฟุตซอล เป็นการแข่งขันระหว่างทีม 2 ทีม โดยมีผู้เล่นทีมละ 5 คน ซึ่งเป็นผู้เล่นในสนาม 4 คน และผู้รักษาประตู 1 คน แต่ละทีมมีผู้เล่นสำรอง 7 คน และสามารถเปลี่ยนตัวผู้เล่นสำรองได้ไม่จำกัดจำนวนโดยเข้าออกได้ตลอดเวลา ทำการแข่งขันในสนามกีฬาในร่มขนาดสนามยาว 40 เมตร กว้าง 20 เมตร พื้นสนามใช้วัสดุเป็นไม้หรือวัสดุพื้นสังเคราะห์ ขนาดของเสาประตูสูง 2 เมตร คานกว้าง 3 เมตร การแข่งขันแบ่งออกเป็น 2 ครั้งเวลา ครั้งเวลาละ 20 นาที แต่นักกีฬาจะหยุดในบางเวลา เช่น ช่วงที่มีการฟาวล์ ลูกฟุตซอลออกนอกสนาม เป็นต้น ดังนั้นระยะเวลาของเกมการแข่งขันจะยาวนานกว่า 40 นาที แต่ละทีมสามารถขอเวลานอกเป็นเวลา 1 นาที ได้ 1 ครั้งในแต่ละครั้งเวลา โดยมีระยะเวลาพักระหว่างครึ่งไม่เกิน 15 นาที ในเกมการแข่งขันอย่างเป็นทางการนั้นลูกฟุตซอลจะมีขนาดเล็ก (เบอร์ 4) และจะกระดอนต่ำกว่าลูกฟุตบอลที่ใช้ในการแข่งขันฟุตบอล 11 คน มีผู้ตัดสินในสนาม 2 คน (Barbero-Alvarez et al., 2008) ผู้เล่นของทั้ง 2 ทีมจะต้องพยายามพาลูกฟุตซอลบุกเข้าไปทำประตูของฝ่ายตรงข้ามให้ได้มากที่สุดภายในระยะเวลาที่กำหนด และพยายามป้องกันไม่ให้ผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามบุกเข้ามาทำประตูของฝ่ายตน

ความต้องการทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตซอล (Physiological demands of futsal players)

กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาประเภททีมที่มีลักษณะระดับความหนักสูงแบบหนักสลับช่วง (Intermittent high intensity) มากกว่ากีฬาฟุตบอลและกีฬาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบหนักสลับช่วงชนิดอื่น ๆ (Alvarez et al., 2009; Bangsbo et al., 2006; Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Rodrigues et al., 2011) ตลอดเกมการแข่งขันนักกีฬาฟุตซอลต้องเคลื่อนที่เป็นระยะทางรวมกว่า 5-5.5 กิโลเมตร การใช้ออกซิเจนโดยเฉลี่ยร้อยละ 75 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยร้อยละ 90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงและสูงสุดอยู่บ่อยครั้ง (Barbero-Alvarez et al., 2008; Caetano et al., 2015; Castagna et al., 2009; De Oliveira Bueno et al., 2014; Makaje, et al., 2012) ดังนั้นจึงต้องการการสำรองพลังงานผ่านทางระบบการทำงานที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในระดับสูง รวมทั้งพลังของกล้ามเนื้ออย่างค้ำส่วนล่างซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการฝึกซ้อมในช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว ความเร็วในการวิ่ง ความอดทน ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อเพื่อการเตะ ปะทะ กลับตัว กระโดด การเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง และวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Castagna et al., 2009; Oliveira et al., 2013) นอกจากนี้นักกีฬาฟุตซอลต้องมีความสามารถในการฟื้นคืนสภาพร่างกายได้อย่างรวดเร็วหลังการออกกำลังกายอย่างหนักและสามารถทำงานในระดับความหนักเดิมซ้ำ ๆ ได้ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009) เนื่องจากกิจกรรมการเคลื่อนไหวในลักษณะพลังระเบิดและความอดทนทั้งระบบที่ใช้ออกซิเจน

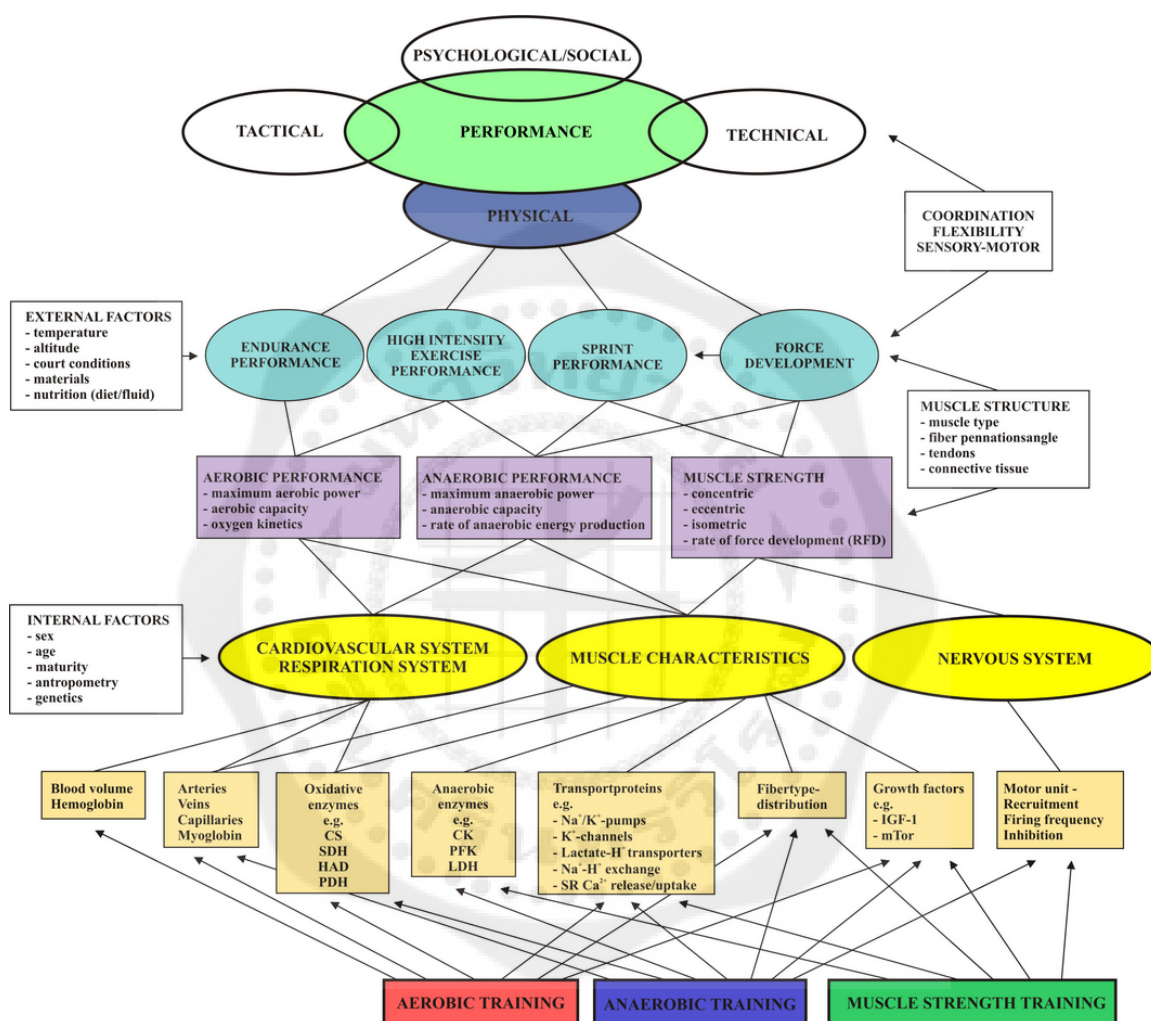
และไม่ใช้ออกซิเจนรวมถึงความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ มีความสำคัญต่อสมรรถนะของนักกีฬาฟุตบอล (Caetano et al., 2015; Castagna et al., 2009; De Oliveira Bueno et al., 2014) ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรให้ความสำคัญกับการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาให้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในขณะทำการแข่งขัน

การฝึกแบบควบคู่ (Concurrent training)

การฝึกแบบควบคู่ (Concurrent training) คือ การนำเอารูปแบบการฝึกหรือการออกกำลังกายตั้งแต่ 2 รูปแบบหรือมากกว่านั้นโดยมีวิธีการฝึกแตกต่างกัน มาทำการฝึกร่วมกัน โดยอาจเป็นการฝึกควบคู่กันในการฝึกครั้งเดียวกัน การฝึกในวันเดียวกันแต่แตกต่างกันที่ช่วงเวลาทำการฝึกแต่ละรูปแบบ หรือการฝึกแต่ละรูปแบบในแต่ละวันภายในโปรแกรมการแบ่งช่วงเวลากการฝึก (Periodized training program) นั้น (Hickson, 1980) โดยปกติแล้วการฝึกควบคู่กันจะประกอบด้วยฝึกพัฒนาความแข็งแรงและการฝึกความอดทน การศึกษาเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคู่กันพยายามศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับการฝึกความอดทนที่มีต่อการปรับตัวของกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจไหลเวียนโลหิต สมรรถภาพทางกายด้านอื่น ๆ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง สำหรับกีฬาหลาย ๆ ชนิด เช่น ฟุตบอล แอธเลติก รักบี้ ฮ็อกกี้ เป็นต้น ต้องอาศัยการสำรองพลังงานสำหรับการเคลื่อนไหวผ่านทางระบบพลังงานสำรองมากกว่าหนึ่งระบบ ทั้งระบบพลังงานแบบที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังต้องได้รับการฝึกหลายรูปแบบตลอดโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายด้านต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะทางกีฬาลักษณะกีฬาชนิดนั้น ๆ (ภาพประกอบ 4) (Bangsbo, 2015; Hoffman, 2002) เช่นเดียวกับในกีฬาฟุตบอลที่นักกีฬาจะมีการเคลื่อนไหวในลักษณะที่ต้องอาศัยพลังระเบิดของกล้ามเนื้อและความอดทนทั้งระบบที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนรวมถึงความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Castagna et al., 2009) งานวิจัยที่ผ่านมาพยายามศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและสมรรถนะของนักกีฬาจากการฝึกพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนในโปรแกรมการฝึกครั้งเดียวกัน (Hakkinen et al., 2003; Hausswirth et al., 2010; Hoff & Helgerud, 2004; Kraemer et al., 1995; Levin, McGuigan, & Laursen, 2009)

การปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาต่อการฝึกแบบควบคู่ (Physiological adaptation to concurrent training)

การฝึกแบบควบคู่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายทั้งในระยะเฉียบพลัน (Acute) และต่อการฝึกเป็นระยะเวลานาน (Chronic) หลายประการ เช่น องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรง พลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอดทนของระบบหัวใจ หายใจ



ภาพประกอบ 4 แบบจำลองแบบองค์รวมของปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะทางการกีฬา

ที่มา: Bangsbo, J. (2015). Performance in sports - With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 88-99.

ไหลเวียนโลหิต และยังส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายและสมรรถนะทางกีฬา เช่น ความสามารถในการกระโดด การวิ่งที่ความเร็วสูงสุด ระยะเวลาและระยะทางในการวิ่งหรือเคลื่อนไหวจนหมดแรง เป็นต้น การศึกษาที่ผ่านมาจำนวนมากแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทน โดยช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายและสมรรถนะทางกีฬาในแต่ละชนิดกีฬา เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพของการวิ่ง เพิ่มความเร็วของการวิ่งที่ระดับจุดเริ่มล้าหรือเพิ่มความสามารถในการกระโดด เป็นต้น (Balabinis, Psarakis, Moukas, Vassiliou, & Behrakis, 2003; Hickson, Dvorak, Gorostiaga, Kurowski, & Foster, 1988; Millet, Jaouen, Borrani, & Candau, 2002; Ronnestad, Hansen, & Raastad, 2010; Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003) ผู้วิจัยได้รวบรวมผลการศึกษากี่ยวกับการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาแต่ละชนิดและบุคคลทั่วไปที่ส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย (ตาราง 1) นำเสนอในรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาศิลการฝึกแบบควบคู่กันที่มีผลต่อการปรับตัวของสมรรถภาพทางกายด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาระดับวิทยาลัยจำนวน 28 คน โดยฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทน 2 รูปแบบ กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบแรก เป็นการฝึกด้วยแรงต้าน 60 นาทีตามด้วยการฝึกความอดทน 30 นาที กลุ่มที่ 2 ฝึกแบบที่สอง เป็นการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทน ในลักษณะทำการฝึกเป็นเซตสลับกันจนครบ 75 นาที พบว่า มีการพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้ออย่างค้ส่วนบนและส่วนล่าง น้ำหนักที่มาจากไขมันและน้ำหนักส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน รวมถึงความอ่อนตัวของร่างกายค้ส่วนบนและส่วนล่างของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มพัฒนาขึ้น โดยกลุ่มที่ 2 พัฒนามากกว่า (Davis, Wood, Andrews, Elkind, & Davis, 2008b) นอกจากนี้การศึกษาศิลการฝึกแบบควบคู่กันที่มีผลต่อการปรับตัวของสมรรถภาพทางกายด้านระบบหัวใจไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจในนักกีฬาระดับวิทยาลัย โดยฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทน 2 รูปแบบ กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบแรก เป็นการฝึกด้วยแรงต้าน 60 นาทีตามด้วยการฝึกความอดทน 30 นาที กลุ่มที่ 2 ฝึกแบบที่สอง เป็นการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทน ในลักษณะทำการฝึกเป็นเซตสลับกันจนครบ 75 นาที พบว่า การพัฒนาของค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและขณะทำงาน รวมถึงความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มพัฒนาขึ้น โดยกลุ่มที่ 2 พัฒนามากกว่า (Davis, Wood, Andrews, Elkind, & Davis, 2008a) ขณะที่อีกการศึกษาหนึ่งพบว่าในช่วงท้ายของการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่เปรียบเทียบกับกรฝึกพัฒนาสมรรถภาพอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ กลุ่มที่ทำการฝึกแบบควบคู่กันมีพัฒนาการของค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนเพียงอย่างเดียว (Nelson, Amall, Loy, Silvester, & Conlee, 1990)

การศึกษาในนักกรีฑาเพศชาย จำนวน 18 คน กำหนดปริมาณการฝึกเท่ากันทั้งกลุ่มฝึกควบคุม และกลุ่มฝึกความอดทน แต่ในกลุ่มฝึกควบคุม สัดส่วนการฝึกความอดทน 32% ถูกแทนที่ด้วยการฝึก ความแข็งแรงแบบพลังระเบิดเฉพาะเจาะจงกับกีฬาเป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า ความสามารถในการ กระโดดเพิ่มขึ้น (4.7%) ในกลุ่มฝึกควบคุม และลดลง (-1.7%) ในกลุ่มฝึกความอดทน ระยะเวลาในการ ทดสอบวิ่งระยะ 5 กิโลเมตร ในกลุ่มฝึกควบคุมลดลง (-3.1%) ประสิทธิภาพในการวิ่งเพิ่มขึ้น (8.1%) ความเร็วแบบแอนแอโรบิกสูงสุดและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดพัฒนาขึ้น (3.6%) เฉพาะในกลุ่มฝึกควบคุม ส่วน $VO_2 \text{ max}$ เพิ่มขึ้น (4.9%) ในกลุ่มฝึกความอดทน โดยไม่พบการ เปลี่ยนแปลงในกลุ่มฝึกควบคุม (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999) เช่นเดียวกับการศึกษาในนักกรีฑาเพศชาย จำนวน 18 คน กลุ่มฝึกความอดทนปกติ และกลุ่มฝึก ควบคุม ฝึกพลัยโอเมตริก (3 วันต่อสัปดาห์) ควบคุมการฝึกความอดทนปกติ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า ไม่พบความแตกต่างด้านความแข็งแรงและพลังระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการ วิ่งพัฒนาขึ้น (4.1%) เฉพาะในกลุ่มฝึกควบคุม (Saunders et al., 2006) ขณะที่การศึกษาในนักกรีฑา เพศชาย จำนวน 17 คน กลุ่มฝึกความอดทนปกติ และกลุ่มฝึกควบคุม ฝึกพลัยโอเมตริก (2-3 วันต่อ สัปดาห์) ควบคุมการฝึกความอดทนปกติ พบว่า ระยะเวลาในการทดสอบวิ่งระยะ 3 กิโลเมตร ลดลง (-2.7%) ประสิทธิภาพในการวิ่งพัฒนาขึ้น (4.1-6.6%) พบเฉพาะในกลุ่มฝึกควบคุม (Spurrs et al., 2003) การศึกษาในนักกรีฑาเพศชาย จำนวน 18 คน หญิงจำนวน 7 คน ปริมาณการฝึกเท่ากันทั้ง กลุ่มฝึกควบคุมและกลุ่มฝึกความอดทน แต่ในกลุ่มฝึกควบคุม สัดส่วนการฝึกความอดทน 19% จะถูก แทนที่ด้วยการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิด พบว่า ความแข็งแรงสูงสุดพัฒนาขึ้นทั้งแบบไดนามิก (4%) และไอโซเมตริก (8%) ในกลุ่มฝึกควบคุม ความสามารถด้านแอนแอโรบิกดีกว่าในกลุ่มฝึกควบคุม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ VO_2 ที่ระดับความหนักสูงสุดหรือต่ำกว่าสูงสุดเช่นเดียวกับ ระดับความเข้มข้นของฮอริโมนในซีรัม ระหว่าง 2 กลุ่ม (Mikkola, Rusko, Nummela, Paavolainen, & Hakkinen, 2007)

นักพายเรือคายัคน้ำเรียบชาย จำนวน 14 คน ฝึกแบบควบคุมทั้งการฝึกด้วยแรงต้านและ การฝึกความอดทนตลอดฤดูกาลแข่งขัน โดย 72% ของปริมาณการฝึกทั้งหมดเป็นการฝึกความอดทน และ 28% เป็นการฝึกด้วยแรงต้าน เป็นเวลา 43 สัปดาห์ พบว่า 1RM เพิ่มขึ้น (6-12.5%) $VO_2 \text{ max}$ เพิ่มขึ้น (8.8%) และความเร็วที่ความหนักสูงสุดเพิ่มขึ้น (7-15.3%) (Garcia-Pallares, Sanchez-Medina, Perez, Izquierdo-Gabarren, & Izquierdo, 2010) เช่นเดียวกับนักพายเรือคายัคน้ำเรียบ ชาย จำนวน 11 คน ฝึก 12 สัปดาห์โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ระยะแรกเน้นการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ และจุดเริ่มต้น ระยะที่สองเน้นการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดและความพลังแอนแอโรบิกสูงสุด ระยะที่สาม เน้นการลดการฝึกซ้อม พบว่า 1RM เพิ่มขึ้น (4-5%) $VO_2 \text{ max}$ เพิ่มขึ้น (9.5%) และ VO_2 ที่ VT_2 เพิ่มขึ้น

(10%) เช่นเดียวกับความเร็วที่ความหนักสูงสุดเพิ่มขึ้น (10-14%) (Garcia-Pallares, Sanchez-Medina, Carrasco, Diaz, & Izquierdo, 2009) นักพายเรือเพศชาย จำนวน 43 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม: กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน 4 ท่าจนหมดแรง (4RF) กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน 4 ท่าแต่ไม่หมดแรง (4NRF) กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน 2 ท่าแต่ไม่หมดแรง (2NRF) และกลุ่มควบคุม โดยทุกกลุ่มฝึกความอดทนรูปแบบเดียวกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า กลุ่ม 4NRF มีค่า 1RM และพลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (4.6% และ 6.4% ตามลำดับ) มากกว่ากลุ่ม 4RF และกลุ่ม 2NRF ขณะที่ กลุ่ม 4NRF กลุ่ม 2NRF มีสมรรถนะที่เฉพาะเจาะจงในการพายเรือพัฒนาขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม 4RF (Izquierdo-Gabarren et al., 2010)

นักจักรยานประเภทถนนเพศชาย จำนวน 14 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้าน 3 วันต่อสัปดาห์ควบคู่กับการฝึกซ้อมจักรยานตามปกติ และกลุ่มควบคุมฝึกซ้อมจักรยานตามปกติ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้านมีค่า 1RM เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ขณะที่ $VO_2 \max$ พลังสูงสุดและความสามารถในการปั่นจักรยานแบบจับเวลาระยะทาง 30 กิโลเมตรไม่เปลี่ยนแปลงทั้งสองกลุ่ม (Levin et al., 2009) นักกรีฑาเพศชายจำนวน 18 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ยืด ฝึก 8 ครั้งต่อสัปดาห์ (ฝึกความอดทน 6 ครั้ง+ฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ยางยืด 2 ครั้ง) กลุ่ม ฝึกความแข็งแรง ฝึก 8 ครั้งต่อสัปดาห์ (ฝึกความอดทน 6 ครั้ง+ฝึกด้วยแรงต้านและพลัยโอเมตริก 2 ครั้ง) กลุ่มฝึกควบคู่ ฝึก 8 ครั้งต่อสัปดาห์ (ฝึกความอดทน 6 ครั้ง+ฝึกด้วยแรงต้านชนิดฝึกความแข็งแรงอดทน 2 ครั้ง) ทำการฝึก 8 สัปดาห์และศึกษาผลจากการหยุดฝึกซ้อมต่ออีก 5 สัปดาห์ พบว่า ความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มขึ้นในกลุ่มฝึกความแข็งแรงและกลุ่มฝึกควบคู่ ประสิทธิภาพของการวิ่งและความเร็วสูงสุดพัฒนาขึ้นในกลุ่มฝึกความแข็งแรงและกลุ่มฝึกควบคู่ การทดสอบวิ่งจับเวลาระยะทาง 3 กิโลเมตร พัฒนาขึ้นในกลุ่มฝึกความแข็งแรง (Sedano, Marin, Cuadrado, & Redondo, 2013) ชายสุขภาพดี จำนวน 14 คนกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านและกลุ่มฝึกควบคู่ ระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านท่าต่าง ๆ 3 เซต 4-6 ครั้ง 85% 1RM พัก 2 นาที (ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์) กับการใช้ความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 4-6 รอบ 20 วินาทีแบบวินเกจ ด้วยจักรยานวัดงาน (ฝึก 4 ครั้งต่อสัปดาห์) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า 1RM ท่าสควอทพัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม การทดสอบวินเกจ พบว่า ค่าพลังสูงสุดและดัชนีความเมื่อยล้าไม่เปลี่ยนแปลงทั้งสองกลุ่ม ขณะที่ค่าพลังเฉลี่ยพัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม และ $VO_2 \max$ พัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม (Cantrell, Schilling, Paquette, & Murlasits, 2014)

จากผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า กลไกอันเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้สมรรถนะทางการกีฬาพัฒนาขึ้นภายหลังจากการฝึกซ้อมแบบควบคู่กัน ประกอบด้วย ประการแรก ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว (Guglielmo, Greco, & Denadai, 2009; Sale, MacDougall, Jacobs, & Garner, 1990) ประการที่สอง โดยภาพรวมของความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นจะ

ส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนและแก้ไขเทคนิคการเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น (Balsalobre-Fernandez, Santos-Concejero, & Grivas, 2016; Piacentini et al., 2013) และประการสุดท้าย การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อส่งผลให้การใช้พลังงานสำหรับการเคลื่อนไหวแต่ละจังหวะลดลง (Storen, Helgerud, Stoa, & Hoff, 2008) จากเหตุผลที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทน ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและสมรรถนะทางกีฬาในนักกีฬาแต่ละชนิด



ตาราง 1 สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคุมกันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาแต่ละชนิดและบุคคลทั่วไป

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Paavolainen et al. (1999)	นักกรีฑาเพศชาย จำนวน 18 คน (23-24 ปี)	ปริมาณการฝึกเท่ากันทั้งกลุ่ม CT และกลุ่ม ET แต่ในกลุ่ม CT สัดส่วนการฝึก ET 32% ถูกแทนที่ด้วยการฝึก ST แบบพลังระเบิด เฉพาะเจาะจงกับกีฬา	9	ความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น (4.7%) ในกลุ่ม CT และลดลง (-1.7%) ในกลุ่ม ET	ระยะเวลาในการทดสอบวิ่งระยะ 5 กม. ในกลุ่ม CT ลดลง (-3.1%) ประสิทธิภาพในการวิ่งเพิ่มขึ้น (8.1%) ความเร็วแบบแอนแอโรบิกสูงสุด และความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดพัฒนาขึ้น (3.6%) เฉพาะในกลุ่ม CT ส่วน VO_2 max เพิ่มขึ้น (4.9%) ในกลุ่ม ET ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในกลุ่ม CT
Saunders et al. (2006)	นักกรีฑาเพศชาย จำนวน 15 คน (23-25 ปี)	กลุ่ม ET: ฝึก ET ปกติ กลุ่ม CT: ฝึกพลัยโอเมตริก (3 วัน/สัปดาห์) ควบคู่การฝึก ET ปกติ	9	ไม่พบความแตกต่างด้านความแข็งแรงและพลังระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม	ประสิทธิภาพในการวิ่งพัฒนาขึ้น (4.1%) เฉพาะในกลุ่ม CT
Spurrs, Murphy, and Watsford (2003)	นักกรีฑาเพศชาย จำนวน 17 คน (25 ปี)	กลุ่ม ET: ฝึก ET ปกติ กลุ่ม CT: ฝึกพลัยโอเมตริก (2-3 วัน/สัปดาห์) ควบคู่การฝึก ET ปกติ	6	ไม่พบรายงาน	ระยะเวลาในการทดสอบวิ่งระยะ 3 กม. ลดลง (-2.7%) ประสิทธิภาพในการวิ่งพัฒนาขึ้น (4.1-6.6%) พบเฉพาะในกลุ่ม CT

ตาราง 1 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Mikkola et al. (2007)	นักกรีฑาเพศชาย จำนวน 18 คน หญิง จำนวน 7 คน (16-18 ปี)	ปริมาณการฝึกเท่ากันทั้งกลุ่ม CT และกลุ่ม ET แต่ในกลุ่ม CT สัดส่วนการฝึก ET 19% ถูกแทนที่ด้วยการฝึก ST แบบพลังระเบิด	8	ความแข็งแรงสูงสุดพัฒนาขึ้นทั้งแบบไดนามิก (4%) และไอโซเมตริก (8%) ในกลุ่ม CT	ความสามารถด้านแอนแอโรบิกดีกว่าในกลุ่ม CT ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ VO_2 ที่ระดับความหนักสูงสุดหรือต่ำกว่าสูงสุดเช่นเดียวกับระดับความเข้มข้นของฮอริโมนในซีรัมระหว่าง 2 กลุ่ม
Hennessy and Watson (1994)	นักรักบี้เพศชายจำนวน 56 คน (23-24 ปี)	กลุ่ม ST: ฝึกด้วยแรงต้าน 3 วัน/สัปดาห์ กลุ่ม ET: ฝึก 4 วัน/สัปดาห์ โดยวิ่งอย่างต่อเนื่องความหนักต่ำถึงปานกลาง 3 วัน และวิ่ง Fartlek 1 วัน กลุ่ม CT: ฝึก 5 วัน/สัปดาห์ โดยฝึก ST ควบคู่ ET	8	1RM เพิ่มขึ้นในกลุ่ม ST (16.7-20.9%) กลุ่ม CT (5.4-14.5%) แต่ไม่เพิ่มในกลุ่ม ET ความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น (5.5%) ในกลุ่ม ST	VO_2 max เพิ่มขึ้นในกลุ่ม CT (7.3%) และในกลุ่ม ET (10.8%) แต่ไม่เพิ่มในกลุ่ม ST ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดพัฒนาขึ้น (1.3%) เฉพาะในกลุ่ม ST

CT= concurrent training; ET= endurance training; ST= strength training; VO_2 max = maximal oxygen consumption; VO_2 = oxygen consumption;

RM= repetition maximum.

ตาราง 1 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Izquierdo-Gabarren et al. (2010)	นักเรือพายเพศชาย จำนวน 43 คน (22-27 ปี)	4 กลุ่ม: กลุ่ม 4RF กลุ่ม 4NRF กลุ่ม 2NRF และกลุ่มควบคุม ทุกกลุ่มฝึก ET เหมือนกัน	8	กลุ่ม 4NRF มีค่า 1RM และพลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (4.6% และ 6.4% ตามลำดับ) มากกว่ากลุ่ม 4RF และกลุ่ม 2NRF	กลุ่ม 4NRF กลุ่ม 2NRF มีสมรรถนะที่เฉพาะเจาะจงในการพายเรือพัฒนาขึ้น มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม 4RF
Garcia-Pallares et al. (2009)	นักเรือพายคายัคน้ำเรียบเพศชายจำนวน 11 คน (23-25 ปี)	ฝึก 12 สัปดาห์โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ระยะแรก เน้นการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อและจุดเริ่มลำ ระยะที่สองเน้นการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดและความพลังแอโรบิกสูงสุด ระยะที่สามเน้นการลดการฝึกซ้อม	12	1RM เพิ่มขึ้น (4-5%)	VO ₂ max เพิ่มขึ้น (9.5%) และ VO ₂ ที่ VT ₂ เพิ่มขึ้น (10%) เช่นเดียวกับความเร็วที่ความหนักสูงสุดเพิ่มขึ้น (10-14%)

4RF= four exercises leading to repetition failure; 4NRF= four exercises leading to not to repetition failure; 2NRF= two exercises leading to not to repetition failure; VT₂= second ventilatory threshold.

ตาราง 1 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Garcia-Pallares et al. (2010)	นักเรือพายคายัคน้ำเรียบเพศชายจำนวน 14 คน (25 ปี)	ฝึกแบบควบคู่กันทั้งการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทนตลอดฤดูกาลแข่งขัน โดย 72% ของปริมาณการฝึกทั้งหมดเป็นการฝึกความอดทน และ 28% เป็นการฝึกด้วยแรงต้าน	43	1RM เพิ่มขึ้น (6-12.5%)	VO ₂ max เพิ่มขึ้น (8.8%) และความเร็วที่ความหนักสูงสุดเพิ่มขึ้น (7-15.3%)
Levin et al. (2009)	นักจักรยานประเภทถนนเพศชายจำนวน 14 คน (31 ปี)	กลุ่ม RT: ฝึกด้วยแรงต้าน 3 วัน/สัปดาห์ ควบคู่กับการฝึกซ้อมจักรยานตามปกติ กลุ่ม CON: ฝึกซ้อมจักรยานตามปกติ	6	กลุ่ม RT มีค่า 1RM เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CON	VO ₂ max PPO และความสามารถของการปั่นจักรยานแบบจับเวลาระยะทาง 30 กิโลเมตรไม่เปลี่ยนแปลงทั้งสองกลุ่ม

RM= repetition maximum; RT= resistance training group; CON= control group; VO₂ max = maximal oxygen consumption; PPO= peak power output

ตาราง 1 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Sedano et al. (2013)	นักกรีฑา	กลุ่ม EG: ฝึก 8 ครั้ง/สัปดาห์ (ฝึกความอดทน 6 ครั้ง+ฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ยางยืด 2 ครั้ง)	ฝึก 8 สัปดาห์	ความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มขึ้นในกลุ่ม SG และ ESG	ประสิทธิภาพของการวิ่งและความเร็วสูงสุดพัฒนาขึ้นในกลุ่ม SG และ ESG การทดสอบวิ่งจับเวลาระยะทาง 3 กิโลเมตร พัฒนาขึ้นในกลุ่ม SG
	เพศชาย จำนวน 18 คน (23 ปี)	กลุ่ม SG: ฝึก 8 ครั้ง/สัปดาห์ (ฝึกความอดทน 6 ครั้ง+ฝึกด้วยแรงต้านและพลัยโอเมทริก 2 ครั้ง) กลุ่ม ESG: ฝึก 8 ครั้ง/สัปดาห์ (ฝึกความอดทน 6 ครั้ง+ฝึกด้วยแรงต้านชนิดฝึกความแข็งแรงอดทน 2 ครั้ง)	และ ศึกษาผล จากการ หยุด ฝึกซ้อม 5 สัปดาห์		
Cantrell et al. (2014)	ชายสุขภาพดี	กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน (RT) และกลุ่มฝึกควบคู่ (CT) ระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านท่าต่าง ๆ 3 เซต 4-6 ครั้ง 85% 1RM พัก 2 นาที (ฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์) กับการใช้ความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ 4-6 รอบ 20 วินาทีแบบวินเทจ ด้วยจักรยานวัดงาน(ฝึก 4 ครั้ง/สัปดาห์)	12	1 RM ทำสควอทพัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม การทดสอบวินเทจ พบว่า ค่าพลังสูงสุดและดัชนีความเมื่อยล้าไม่เปลี่ยนแปลงทั้งสองกลุ่ม ขณะที่ ค่าพลังเฉลี่ยพัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม	VO ₂ max พัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม
	จำนวน 14 คน				

EG= endurance group; SG= strength group; ESG= endurance strength group; VO₂ max = maximal oxygen consumption

อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาบางส่วนพบว่า พัฒนาการด้านความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อของกลุ่มที่ทำการฝึกแบบควบคู่กันมีแนวโน้มลดลงหรืออาจจะพัฒนาได้ไม่เต็มที่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว (Craig et al., 1991; Dudley & Djamil, 1985; Dudley & Fleck, 1987; Hennessy & Watson, 1994; Hickson, 1980; Hunter, Demment, & Miller, 1987; Kraemer et al., 1995) อาจจะเป็นไปได้ว่าการฝึกแบบควบคู่อาจส่งผลทำให้เกิดกลไกที่เป็นอุปสรรคโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของพัฒนาการด้านความแข็งแรงของนักกีฬา (Baar, 2006; Coffey & Hawley, 2007; Hawley, 2009; Nader, 2006) ดังนั้นอาจทำให้การระดมกระแสปะลาในหน่วยยนต์และความเร็วของการกระตุ้นระบบประสาทลดลง (Hakkinen et al., 2003; Hickson, 1980) เกิดการเก็บสะสมของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลงแบบต่อเนื่อง (Costill, Bowers, Branam, & Sparks, 1971; Creer et al., 2005) นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกแบบควบคู่อาจส่งผลทำให้ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงจากชนิดหดตัวเร็วกลายเป็นชนิดหดตัวช้า (Luginbuhl, Dudley, & Staron, 1984; Schantz & Henriksson, 1983) รวมถึงสภาวะการฝึกหนักเกินกว่าปกติอาจเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่สมดุลกันระหว่างระยะเวลาของการฝึกกับระยะเวลาของการพักเพื่อฟื้นคืนสภาพของนักกีฬา (Dudley & Fleck, 1987) และการลดลงของพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อรวมถึงอัตราการพัฒนาแรง (Kraemer et al., 1995) อันเนื่องมาจากการลดลงของการสังเคราะห์โปรตีนซึ่งเกิดขึ้นจากการฝึกพัฒนาความอดทน (Booth & Watson, 1985; Rennie & Tipton, 2000)

เป็นไปได้ว่าการฝึกแบบควบคู่อาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความแข็งแรงเนื่องมาจากการถูกรบกวนจากผลของการฝึกความอดทน ผลที่เกิดขึ้นในระยะยาวจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อไม่สามารถพัฒนาได้อย่างเต็มที่ทั้งในด้านโครงสร้างและกระบวนการเผาผลาญอันเนื่องมาจากสาเหตุหลักคือความแตกต่างของชนิดและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะที่ทำการฝึกความแข็งแรงเพียงอย่างเดียวหรือฝึกควบคู่กับความอดทน ส่วนในระยะสั้นพบว่า ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความอดทนจะทำให้ความสามารถในการผลิตแรงของกล้ามเนื้อลดลง การฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความแข็งแรงในขณะที่ยังมีความเมื่อยล้าอยู่นั้นอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการฝึกซ้อม และทำให้พัฒนาการด้านความแข็งแรงลดลงตลอดรอบวงจรการฝึกซ้อม (Leveritt, Abernethy, Barry, & Logan, 1999) ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่า การจัดลำดับรูปแบบของการฝึก ลักษณะของการฝึก การกำหนดปริมาณและความหนักของการฝึก และการกำหนดระยะเวลาพักระหว่างการฝึกในงานวิจัยดังกล่าว อาจยังไม่มีความเหมาะสม (Garcia-Pallares & Izquierdo, 2011; Wilson et al., 2012) ซึ่งอุปสรรคหรือสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อทำการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนควบคู่กัน อาจส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพทางกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของพัฒนาการด้านความแข็งแรงของนักกีฬา

จะเห็นได้ว่าการฝึกแบบควบคู่กันส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายและสมรรถนะทางกีฬาทั้งในแง่บวกและแง่ลบ รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนมีความแตกต่างกันและมักจะส่งผลให้เกิดกลไกการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกัน (Nader, 2006; Sale, MacDougall, Jacobs, & Garner, 1990) การพัฒนาสมรรถภาพทางกายทั้งสองด้านที่เกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากการฝึกซ้อมแบบควบคู่กันทั้งสองรูปแบบ อาจนำมาซึ่งข้อขัดแย้งเกี่ยวกับการพัฒนาของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ด้วยเหตุนี้ ทำให้บางส่วนของรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สมรรถภาพด้านความแข็งแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พลังกล้ามเนื้อพัฒนาขึ้นแตกต่างกันในขณะทำการฝึกในช่วงเวลาเดียวกันกับการพัฒนาความอดทน (Hakkinen et al., 2003; Hickson, 1980; Izquierdo-Gabarron et al., 2010; Kraemer et al., 1995; Leveritt & Abernethy, 1999) แม้ว่าช่วงเวลาที่ผ่านมาเป็นที่ทราบกันดีว่าความแข็งแรงจะถือเป็นพื้นฐานของกีฬาประเภทที่มีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องในระยะสั้น (Short-term cyclic sports) แต่เมื่อพิจารณาในประเภทกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องในระยะกลางและระยะไกล (Middle-and long term cyclic sports) แล้ว การกำหนดโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านที่มีปริมาณสูงเกินไปอาจเป็นอุปสรรคขัดขวางการยกระดับของสมรรถภาพทางกายที่สำคัญนั่นคือความอดทนและสมรรถนะทางกีฬาในภาพรวม อันที่จริงแล้วผู้ฝึกสอนกีฬาประเภทที่มีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องระยะกลางและระยะไกลจะพิจารณาถึงประเด็นดังกล่าวและกำหนดให้มีการฝึกความแข็งแรงเพื่อพัฒนาเทคนิคในส่วนที่มีความเฉพาะเจาะจงกับการเสริมประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวในกีฬาประเภทนั้น ๆ เช่น การออกตัวและการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เป็นต้น

การฝึกความแข็งแรงในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง (Strength training in intermittent sport athlete)

สำหรับนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง ความแข็งแรงและพลังถือเป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญมากเช่นเดียวกับความอดทน ความแข็งแรงสูงสุดคือพื้นฐานที่จะส่งผลต่อความสามารถด้านพลังที่ดี การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงสูงสุดจะเชื่อมโยงกับการพัฒนาที่ดีขึ้นของความแข็งแรงและรวมถึงความสามารถด้านพลังกล้ามเนื้อ งานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของการยกน้ำหนักมากที่สุดใน 1 ครั้ง (1 Repetition maximum (1RM)) ความเร่ง และความเร็วในการเคลื่อนไหว พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Buhrle & Schmidtbleicher, 1977) ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงสูงสุดและพลังแสดงให้เห็นจากการทดสอบความสามารถของการกระโดดเช่นเดียวกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่ระยะทาง 30 เมตร (Hoff, Berdahl, & Braten, 2001; Schmidtbleicher, 1992) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เป็นหลักหรือกลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องอัตราเร่งและความเร็วในการปฏิบัติทักษะกีฬาแต่ละชนิด เช่น การกลับตัว การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด และการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวจะพัฒนาขึ้น (Bangsbo et al., 1991; Green, 1992)

โดยส่วนใหญ่แล้วลักษณะการเคลื่อนไหวในกีฬาระเบียงที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วงจะเป็นไปในลักษณะที่ต้องอาศัยความเร่งในการออกตัวและการชะลอความเร็วเพื่อหยุด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางฟิสิกส์โดยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{ความเร่ง}$) ในที่นี้ มวล คือน้ำหนักของนักกีฬา และความเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่สัมพันธ์กับการผลิตแรงอย่างมหาศาล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรง ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด และการกระโดด จากการศึกษาเกี่ยวกับการให้โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงในกลุ่มกีฬาระเบียงนี้ เช่น ในกีฬาฟุตบอลที่ได้รับการฝึกตามโปรแกรมการพัฒนาระบบประสาทกล้ามเนื้อ ด้วยการฝึกยกน้ำหนัก 4 เซต เซตละ 5 ครั้ง ที่ความหนัก 85% ของความสามารถของการยกน้ำหนักมากที่สุดใน 1 ครั้ง จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าความสามารถของการยกน้ำหนักมากที่สุดใน 1 ครั้งในท่าฮาล์ฟสควอทเพิ่มขึ้น มีอัตราการผลิตแรงเพิ่มขึ้น ผลของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 10 เมตรและระยะ 40 เมตรพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Hoff & Helgerud, 2002)

การศึกษาเกี่ยวกับการฝึกในช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขันในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพที่ทำการแข่งขันรายการชิงแชมป์สโมสรยุโรป ได้รับการฝึกตามโปรแกรมการพัฒนาระบบประสาทกล้ามเนื้อ ด้วยการฝึกยกน้ำหนัก 4 เซต เซตละ 4 ครั้ง ที่ความหนัก 90% ของความสามารถของการยกน้ำหนักมากที่สุดใน 1 ครั้ง จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลามากกว่า 8 สัปดาห์ โดยเฉลี่ยใช้เวลา 15 นาทีต่อการฝึก 1 ครั้ง โดยที่ไม่มีการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและการกระโดด ยกเว้นที่เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ การทดสอบภายหลังการฝึกกระทำในวันแรกหลังจากการเสร็จสิ้นการเข้าแคมป์เก็บตัวฝึกซ้อมอย่างหนักเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ภายหลังการฝึก พบว่า ผู้เล่นมีค่าความสามารถของการยกน้ำหนักมากที่สุดใน 1 ครั้งในท่าฮาล์ฟสควอทเพิ่มขึ้น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 10 เมตร และระยะ 20 เมตรพัฒนาขึ้น ความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้น (Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึกจะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว และโดยภาพรวมของความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นนั้นจะส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนและแก้ไขเทคนิคการเคลื่อนไหวให้ดีขึ้น นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อส่งผลให้การใช้พลังงานสำหรับการเคลื่อนไหวแต่ละจังหวะลดลง ทำให้สมรรถนะทางการกีฬาที่มีความเกี่ยวข้องในภาพรวมพัฒนาไปในทิศทางที่ดีขึ้น

การฝึกความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง (Endurance training in intermittent sport athlete)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การฝึกแบบหนักสลับช่วง ที่ระดับความหนักเกินกว่า 90-95% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 3-8 นาที ส่งผลทำให้ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 10-30% ภายในช่วงระยะเวลาการฝึกซ้อม 8-10 สัปดาห์ ทั้งนี้ผลการตอบสนองต่อการฝึกของนักกีฬาแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพทางกายพื้นฐาน ระยะเวลาและความถี่ของการฝึกซ้อม (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002) ในขณะที่หากทำการฝึกที่ระดับความหนัก 60-80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ส่งผลทำให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเพียง 5-10% โดยทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นบุคคลที่มีกิจกรรมทางกายต่ำ (American College of Sports Medicine, 1998; Pollock, 1973) การออกกำลังกายแบบหนักสลับช่วงในช่วงระยะเวลาต่ำกว่า 2 นาที โดยมีช่วงการทำงานที่ระดับความหนักต่ำหรือจนกระทั่งหยุดยืนอย่างเช่น ในกีฬาฟุตบอล การประเมินปริมาณการใช้ออกซิเจนอยู่บนพื้นฐานการวัดอัตราการเต้นของหัวใจเปรียบเทียบกับช่วงเวลาการทำงานที่ยาวนานกว่า ในระหว่าง 1-2 นาทีแรก การเป็นหนี้ออกซิเจนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในการบีบตัวหนึ่งครั้ง (Stroke Volume) ซึ่งเกิดขึ้นในขณะเดียวกันกับการตอบสนองของปริมาณเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (Cardiac Output) อัตราการเต้นของหัวใจ และการระบายอากาศของปอด (Astrand & Rodahl, 1986) ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าปริมาณเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในหนึ่งนาทีจะมีค่าสูงสุดที่ระดับความหนักเดียวกับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Gledhill, Cox, & Jamnik, 1994; Zhou et al., 2001) ดังนั้นการทำให้ปริมาณเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในการบีบตัวหนึ่งครั้งอยู่ในระดับสูงสุดระหว่างการฝึกซ้อมจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อดีของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่ว่า การมีช่วงเวลาพักเพื่อฟื้นฟูสภาพบ่อย ๆ ระหว่างการฝึกจะส่งผลต่อระบบไหลเวียน (Astrand & Rodahl, 1986) เมื่อออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูงกว่าระดับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) ปริมาณเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในหนึ่งนาที และปริมาณเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในการบีบตัวหนึ่งครั้งจะมีปริมาณอยู่ในระดับต่ำกว่าที่อัตราการการทำงานต่ำ ซึ่งยังไม่มีหลักฐานสนับสนุนสมมุติฐานที่แสดงถึงความเชื่อมโยงกันของกระบวนการแอนแอโรบิกที่เกี่ยวข้องกับการให้โปรแกรมการฝึกที่ระดับสูงที่สุดเพื่อฝึกพลังด้านแอโรบิก (Astrand & Rodahl, 1986; Tabata et al., 1996) ที่ระดับความหนักสูงนี้ ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและความทนต่อการออกกำลังกายจะได้รับการพัฒนา

มีการศึกษาเป็นจำนวนมากที่อธิบายตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา แทคติก และเทคนิคระหว่างเกมการแข่งขันในกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง เช่น ในกีฬาฟุตบอล พบว่า ตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำการศึกษาจะมีความแตกต่างกันตามคุณลักษณะของนักกีฬาซึ่งอยู่ในระดับการแข่งขันที่แตกต่างกัน (Balsom, 1994; Green, 1992; Smaros, 1980; Wisløff, Helgerud, & Hoff, 1998) โดยงานวิจัยส่วนมากพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับตัวแปรต่าง ๆ เช่น งานวิจัยที่ทำการศึกษาผลของการฝึกพัฒนาความอดทนแบบแอโรบิกที่มีต่อสมรรถนะของนักกีฬาฟุตบอล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนชั้นยอด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองจำนวน 9 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 10 คน การฝึกพัฒนาความอดทนแบบเฉพาะเจาะจงประกอบไปด้วยการฝึกแบบหนักสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ระดับความหนัก 90-95% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จำนวน 4 เซต เซตละ 4 นาที ระหว่างเซตวิ่งเหยาะเป็นเวลา 3 นาที ฝึกซ้อม 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ในกลุ่มทดลอง สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดเริ่มล้ม ประสิทธิภาพในการวิ่ง ระยะทางการเคลื่อนที่ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน จำนวนครั้งของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จำนวนครั้งของการสัมผัสบอล และค่าเฉลี่ยความหนักของการทำงานตลอดทั้งเกมการแข่งขันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการกระโดดสูง ความแข็งแรง ความเร็ว ความเร็วของการเตะ ความแม่นยำของการเตะหรือคุณภาพในการส่งบอล ไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลงในทุก ๆ ตัวแปร (Helgerud et al., 2001)

รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วงนั้นมีหลายรูปแบบ อาทิเช่น การวิ่งแบบหนักสลับเบา การฝึกวิ่งในรูปแบบเฉพาะ การฝึกในรูปแบบที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดกีฬานั้น เป็นต้น ในส่วนของการฝึกพัฒนาความอดทนในรูปแบบที่ใช้ลูกบอลเข้ามาร่วมด้วยนั้น ผู้เล่นจะได้รับการพัฒนาเทคนิคและแทคติกจากการฝึกซ้อมที่จำลองสถานการณ์ของเกมการแข่งขัน เป็นการสร้างแรงจูงใจในการฝึกซ้อมของนักกีฬา อย่างไรก็ตาม ความหนักของการฝึกซ้อมจะลดลงหรือเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการพัฒนาเทคนิคและแทคติกเข้ามาเป็นส่วนประกอบของการฝึกซ้อม รวมถึงการกำหนดจำนวนผู้เล่นและขอบเขตของสนามฝึกซ้อม (Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991) ดังนั้นการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วงจะต้องมีการบริหารจัดการที่ดีเพื่อควบคุมปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อม การเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความอดทนจะพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ เป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เล่นแต่ละคนฝึกซ้อมได้ตรงตามโปรแกรมและได้รับผลการฝึกซ้อมอย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้การใช้ระบบอุปกรณ์บันทึกติดตามอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึกซ้อมจะทำให้การควบคุมปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมทำได้ง่ายขึ้นและมีประโยชน์ในด้านการติดตามพัฒนาการของนักกีฬา

การฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบ หนักสลับช่วง (Concurrent strength and endurance training in intermittent sport athlete)

ผลของการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วงที่ผ่านมา แม่ว่านักวิจัยบางส่วนจะให้ความเห็นว่าการฝึกพัฒนาความอดทนนั้นอาจส่งผลกระทบเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความแข็งแรง (Hennessy & Watson, 1994; Hoff, Helgerud, & Wisløff, 2002; Paavolainen et al., 1999) อย่างไรก็ตาม มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดโปรแกรมการฝึกพัฒนาความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาฟุตบอลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะเดียวกันความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดหรือความสามารถในการกระโดดก็ไม่ลดลงแต่อย่างใด (Helgerud et al., 2001) เช่นเดียวกับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดส่งผลให้เวลาของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและความสูงในการกระโดดพัฒนาขึ้นรวมถึงประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังไม่ส่งผลให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหรือจุดเริ่มล้าเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด (Hoff, Berdahl, & Braten, 2001; Hoff & Helgerud, 2002) ทั้งนี้การตอบสนองทางสรีรวิทยาจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของกระบวนการทางชีววิทยาของร่างกาย ดังนั้นความเชื่อว่าการฝึกพัฒนาความแข็งแรงอาจมีผลยับยั้งความสามารถด้านความอดทนจึงควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป หรือในทางกลับกันการกำหนดระยะเวลาของการฝึกซ้อมที่เหมาะสมและการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการฟื้นฟูสภาพร่างกายในระหว่างและภายหลังการฝึกซ้อมจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อสมรรถนะของนักกีฬา ผู้วิจัยได้รวบรวมผลการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วงที่ส่งผลดีต่อสมรรถนะของนักกีฬา นำเสนอในรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ตาราง 2)

การศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดโปรแกรมการฝึกพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดควบคู่กับการฝึกพัฒนาความอดทนแบบหนักสลับช่วงที่ระดับความหนักสูงในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพที่ทำการแข่งขันรายการชิงแชมป์สโมสรยุโรป พบว่า ภายหลังระยะเวลา 8 สัปดาห์ที่ได้รับการฝึก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการกระโดดและประสิทธิภาพในการวิ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัวแปร (Helgerud, Kemi, & Hoff, 2002) ซึ่งโดยภาพรวมอาจกล่าวได้ว่าโปรแกรมการฝึกพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) ควบคู่กับการฝึกพัฒนาความอดทนแบบหนักสลับช่วงที่ระดับความหนักสูง (High intensity interval training (HIIT)) ซึ่งถือเป็นลักษณะของการฝึกซ้อมแบบควบคู่กันลักษณะหนึ่ง ไม่ส่งผลด้านลบต่อสมรรถนะของนักกีฬาแต่อย่างใด นอกจากนี้หากต้องการยกระดับสมรรถนะของนักกีฬา ควรเพิ่มโปรแกรมการฝึกทั้งสองรูปแบบเข้าไปในโปรแกรมการฝึกซ้อมช่วงก่อนเปิดฤดูกาลแข่งขันด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

นักกีฬาฟุตบอลซึ่งเป็นผู้เล่นในระดับอาชีพ (Hoff & Helgerud, 2004) การศึกษาก่อนหน้านี้ซึ่งทำการทดลองในนักกีฬาฟุตบอล แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นสามกลุ่ม กลุ่มแรกฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูง ควบคู่กับการฝึกพัฒนาความเร็ว กลุ่มที่สองฝึกเฉพาะการพัฒนาความแข็งแรง และกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองทำการฝึกทั้งหมด 13 สัปดาห์ โดย 4 สัปดาห์แรก กลุ่มทดลองทั้งสองจะฝึกโปรแกรมเดียวกัน เพื่อพัฒนาพื้นฐานความอดทน ความแข็งแรง ความอ่อนตัวและการประสานสัมพันธ์ของระบบกล้ามเนื้อ จากนั้นจึงแยกฝึกตามโปรแกรมเฉพาะของแต่ละกลุ่มเป็นเวลา 9 สัปดาห์ ทำการทดสอบความสามารถของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่ระยะ 30 เมตร และการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายหลังการฝึก พบว่า กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงควบคู่กับการฝึกพัฒนาความเร็วมีพัฒนาการความสามารถของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่ระยะ 30 เมตร ดีกว่าอีกสองกลุ่ม ขณะที่การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มพัฒนาใกล้เคียงกัน (Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaikovou, & Patikas, 2005) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาฟุตบอลระดับชั้นยอด โดยโปรแกรมการฝึกประกอบไปด้วยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าฮาล์ฟ สควอท 4 เซต ที่ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 4 ครั้ง และการฝึกความอดทนด้วยการวิ่งแบบหนักสลับช่วงความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด จำนวน 4 รอบ แต่ละรอบใช้เวลา 4 นาที ทำการฝึก 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ควบคู่กับการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกฟุตบอลปกติ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการด้านประสิทธิภาพออกใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และความสามารถของการกระโดดดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Helgerud, et al., 2011)

เช่นเดียวกับการศึกษาในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน โดยทำการฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อ 5 ท่า ท่าละ 4 เซต ที่ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 6 ครั้ง ควบคู่กับการวิ่งแบบหนักสลับช่วงที่ระดับความหนักสูงด้วยการวิ่งจำนวน 16 รอบ แต่ละรอบใช้เวลา 15 วินาที ที่ความเร็ว 120 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิก พักระหว่างรอบ 15 วินาที เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลองมีพัฒนาการที่ดีขึ้นในด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการกระโดดสูง ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 และ 30 เมตร การวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว และความเร็วสูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal, & Wisloff, 2010) นอกจากนี้การศึกษาลดลงของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงและความอดทนด้วยการวิ่งที่ระดับความหนักสูงในนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ โดยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน พบว่า การจัดลำดับการฝึกแบบ

ควบคุมไม่ว่าจะทำการฝึกรูปแบบใดก่อนหรือหลังส่งผลต่อสมรรถภาพที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลไม่แตกต่างกัน โดยการฝึกดังกล่าวส่งผลให้ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (6 รอบ แต่ละรอบระยะทาง 30 เมตร) ความสามารถในการกระโดดสูง ความคล่องแคล่วว่องไว และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (McGawley & Andersson, 2013)

และการศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ควบคุมกับการฝึกด้วยแรงต้าน ขณะอยู่บนเครื่องสั่นเปรียบเทียบกับฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพียงอย่างเดียวใน นักกีฬารักบี้ระดับกึ่งอาชีพ โดยทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ในช่วงก่อนฤดูกาล แข่งขัน พบว่า กลุ่มที่ฝึกแบบควบคุมมีพัฒนาการในด้านความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด แบบซ้ำ ๆ และพลังกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ฝึกอย่างเดียว นักบาสเกตบอลชายระดับเยาวชน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองซึ่งทำการฝึกด้วยแรงต้านท่าฮาล์ฟ สควอท ความหนักสูงสุด (8 ครั้งต่อเซต จำนวน 5 เซต ใน 5 สัปดาห์แรก และ 5 ครั้งต่อเซต จำนวน 5 เซตใน 5 สัปดาห์สุดท้าย) ควบคุมกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (30 เมตร หลังจากฝึกด้วยแรงต้านแต่ละเซต) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งฝึกซ้อม บาสเกตบอลตามโปรแกรมปกติ พบว่า การทดสอบความสามารถของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบ ยืนย่อตัวให้เข้าท่ามุม 90 องศา แล้วกระโดด (Squat jump (SJ)) ความสามารถในการกระโดดสูงใน ท่าเริ่มต้นแบบยืนตรงจากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Countermovement jump (CMJ)) ความสามารถในการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นโดยทิ้งตัวลงมาจากที่สูงแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Drop jump (DJ)) ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 0-10 เมตร และ 0-30 เมตร และความสามารถของการ ยกน้ำหนักมากที่สุดใน 1 ครั้งท่าสควอท พัฒนาขึ้นในกลุ่มทดลอง โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มควบคุม (Tsmahidis et al., 2010)

นักฟุตบอลระดับเยาวชนแบ่งเป็นกลุ่มทดลองโดยทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติเสริมด้วยการฝึกพลัยโอเมทริกควบคุมการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ การฝึกพลัยโอเมทริกประกอบด้วยท่า กระโดดขาคู่ กระโดดขาเดียว (ท่าละ 20 ครั้ง 3 เซต) และกระโดดสูงขาเดียว 8 ครั้ง 2 เซต การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เริ่มจากท่ายืน 6 รอบ รอบละ 20 เมตร และเริ่มจากท่านอนหงาย 5 รอบ รอบละ 20 เมตร ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มควบคุมทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติ พบว่า ความสามารถในการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนตรงจากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (CMJ) เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง 7.7 เปอร์เซ็นต์ และไม่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 0-15 เมตร ไม่เปลี่ยนแปลงทั้งสองกลุ่ม ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 15-30 เมตร และ 0-30 เมตรพัฒนาขึ้นในกลุ่มทดลอง และไม่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม (Marques, Pereira, Reis, & van den Tillaar, 2013) การศึกษาในชายจำนวน 25 คน ซึ่งเป็นนักกรีฑาหรือนักกีฬาประเภททีม

แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดบนลู่วิ่งไฟฟ้า กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน โดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 40-60 เมตร 8-12 รอบ ที่ 0-25 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว 2 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกด้วยแรงต้านส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย อย่างละ 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ 6-10 ครั้ง 3-4 เซต 9 ท่า และฝึกแบบผสมผสาน โดยทำการฝึกเป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 30 เมตร บนพื้นดินมีพัฒนาการดีขึ้นในกลุ่มฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดบนลู่วิ่งไฟฟ้า (0.10 วินาที) และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (0.08 วินาที) ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 20 เมตร บนลู่วิ่งไฟฟ้ามีพัฒนาการดีขึ้นในกลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน (5 เปอร์เซ็นต์) และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (8 เปอร์เซ็นต์) และความหนักสูงสุดที่ยกได้ใน 1 ครั้งท่าสควอท พัฒนาขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม (Ross et al., 2009)

การศึกษาในนักกีฬาฟุตบอลชายจำนวน 21 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยฝึกฟุตบอลตาม โปรแกรมปกติ และฝึกเสริมด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (โปรแกรม เหมือนกัน) และฝึกความแข็งแรง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยที่โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงแตกต่างกัน ดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกความแข็งแรงในท่าสควอทความเร็วเต็มที่ในระยะคอนเซนตริก กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกความแข็งแรงเฉพาะ ในท่าทางการออกตัวและเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ พบว่า ความสามารถ ของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนตรงจากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (CMJ) พัฒนาดีกว่า ในกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงท่าสควอท โดยการทดสอบความเร็วเฉลี่ยในการเพิ่มน้ำหนักการยกท่าสควอท พัฒนาขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม การทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (YYIRT1) มีพัฒนาการดีขึ้นทั้งสองกลุ่มโดยไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม (Campos-Vazquez et al., 2015) ในขณะที่การศึกษาในนักกีฬาฟุตบอลเพศหญิง จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก ฝึกฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ และฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการวิ่งด้วยความเร็ว สูงสุดแบบซ้ำ ๆ และความคล่องแคล่วว่องไว กลุ่มที่สอง ฝึกด้วยแรงต้าน ทั้ง 2 กลุ่มฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ โดยการฝึกแบบควบคู่ ประกอบด้วยฝึกความคล่องแคล่วว่องไวโดยมีแรงต้าน จากยางยืดที่ยึดติดกับเข่า และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 2-5 เซต 4-5 รอบ ระยะทาง 40 เมตร พักระหว่างรอบ 30 วินาที และการฝึกด้วยแรงต้าน 5-8 ครั้ง 2-3 เซต ในท่าต่าง ๆ พบว่า ความสามารถ ของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนตรงจากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (CMJ) ความเร็ว ของการวิ่งที่ระยะ 40 เมตร 20 เมตร และการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ของทั้งสอง กลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่การทดสอบความสามารถของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนย่อตัวให้ เข้าท่ามูม 90 องศา แล้วกระโดด ในกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านพัฒนาขึ้น และการทดสอบความอดทนแบบ Beep Test มีพัฒนาการดีขึ้นทั้งสองกลุ่ม (Shalfawi, Haugen, Jakobsen, Enoksen, & Tonnessen, 2013) ซึ่งเป็นการวิจัยเพียงเรื่องเดียวที่ไม่พบรายงานการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ สมรรถภาพทางกายของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากการทดลอง

จากเหตุผลที่นักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง (Intermittent high intensity sports) ต้องอาศัยสมรรถภาพทางกายด้านความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อและความอดทนทั้งแบบที่ใช้ ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในระดับสูง และจากข้อมูลผลการศึกษา วิจัยเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคู่ กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนัก สลับช่วงดังที่ได้กล่าวมาแล้ว (ตาราง 2.2) ดังนั้นการศึกษาเพื่อหารูปแบบวิธีการฝึกพัฒนาสมรรถภาพ ทางกายทั้งสองด้านให้มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรค สิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นจากการฝึก แบบควบคู่กันให้น้อยที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญ (เกริกวิทย์ พงศ์ศรี, อมรพันธ์ อัจจิมาพร, และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล, 2558) ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาสมรรถนะของนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนัก สลับช่วงรวมถึงนักกีฬาฟุตซอลให้อยู่ในระดับสูงสุด พร้อมสำหรับการแข่งขัน



ตาราง 2 สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคุมกันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Wong et al. (2010)	นักฟุตบอลเพศชาย จำนวน 39 คน (21-24 ปี)	กลุ่มควบคุม: ฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติ กลุ่มทดลอง: ฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติเสริมด้วยการฝึก ST (6RM 4 เซต ในท่า High-pull, Jump squat, Bench press, Back half squat และ Chin-up รวมถึงการ Sit-up โยน MB 15 ครั้ง 3 เซต) ควบคู่กับ HIIT (120% MAS 15 วินาที 16 รอบ พักระหว่างรอบ 15 วินาที)	8	1RM ในท่า Back half squat และ Bench press เพิ่มขึ้นใน กลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ความสามารถในการกระโดด ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 และ 30 ม. กลุ่มทดลองมีพัฒนาการที่ดีกว่า	เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ระยะทางที่ทำได้ในการทดสอบ YYIRT และ MAS รวมถึงการทดสอบ MAS กลุ่มทดลองมีพัฒนาการที่ดีกว่า
Helgerud et al. (2011)	นักฟุตบอลเพศชาย จำนวน 21 คน (20-31 ปี)	กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดฝึก ST (4RM 4 เซต พักระยะ 3 นาที ในท่า Half squat) ควบคู่กับ ET ด้วยการฝึกวิ่งแบบหนักสลับช่วง (4 เซต 4 นาที ที่ความหนัก 90-95% MHR สลับกับการวิ่งเหยาะที่ความหนัก 50-60% MHR เป็นเวลา 3 นาที) ระยะเวลาพักระหว่างการฝึก ST และ ET 15 นาที	8	1RM ในท่า Half squat เพิ่มขึ้น (51.7%) ความสามารถในการกระโดด ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 ม. พัฒนาขึ้น	VO _{2max} เพิ่มขึ้น (8.6%)

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Marques et al. (2013)	นักฟุตบอล ระดับ เยาวชน เพศ ชาย จำนวน 52 คน (13.5 ปี)	กลุ่มควบคุม: ฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติ กลุ่มทดลอง: ฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติเสริม ด้วยการฝึกพลัยโอเมทริกและการวิ่งด้วย ความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (PST) การฝึกพลัยโอเมทริกประกอบด้วยท่ากระโดด ขาคู่ กระโดดขาเดียว ฮีลพาขาเดียว (ท่าละ 20 ครั้ง 3 เซต) และกระโดดสูงขาเดียว 8 ครั้ง 2 เซต การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เริ่ม จากทำยืน 6 รอบ รอบละ 20 เมตร และเริ่ม จากท่านอนหงาย 5 รอบ รอบละ 20 เมตร	6	CMJ เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง และไม่ เปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม ความเร็วของ การวิ่งที่ระยะ 0-15 ม. ไม่เปลี่ยนแปลงทั้ง สองกลุ่ม ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 15-30 ม. และ 0-30 ม. เพิ่มขึ้นในกลุ่ม ทดลอง และไม่เปลี่ยนแปลงในกลุ่ม ควบคุม	-
Tsmahidis et al. (2010)	นักบาสเกต บอลระดับ เยาวชน เพศ ชาย จำนวน 26 คน (18 ปี)	กลุ่มควบคุม: ฝึกซ้อมบาสเกตบอลตามปกติ กลุ่มทดลอง: ฝึกด้วยแรงต้านความหนักสูง (5-8 RM 5 เซต ท่าฮาล์ฟ สควอท) + วิ่งด้วย ความเร็วสูงสุด (30 ม. หลังจากฝึกด้วยแรง ต้านแต่ละเซต)	10	CMJ SJ DJ ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 0-10 ม. 0-30 ม. และ 1RM ท่าสควอท เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมไม่ เปลี่ยนแปลง	-

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
McGawley et al. (2013)	นักฟุตบอลอาชีพเพศชาย จำนวน 18 คน (23 ปี)	แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยฝึกฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ และฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบควบคู่ระหว่าง HIT + วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และฝึกด้วยแรงต้าน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยจัดลำดับการฝึกต่างกัน (HIT:RT และ RT:HIT) HIT ประกอบด้วย การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 5-60 วินาที พัก 10-90 วินาที และการวิ่ง 4 นาที ความหนัก 90-95 %HR max 4 เซต และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 6-8 รอบ 30 หรือ 40 ม. พักระหว่างรอบ 30 วินาที และการฝึกด้วยแรงต้าน 5-10 ครั้ง 2-3 เซต ในท่าต่าง ๆ	5	CMJ SJ 1RM ทำสควอท ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 0-10 ม. ความคล่องแคล่วว่องไว มีพัฒนาการดีขึ้นทั้งสองกลุ่มโดยไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม	การทดสอบลูกนิ่ง RSA YYIRT2 และ VO_{2max} มีพัฒนาการดีขึ้นทั้งสองกลุ่มโดยไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Ross et al. (2009)	นักกรีฑา หรือกีฬาประเภททีม เพศชาย จำนวน 25 คน (20 ปี)	แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดบนลู่วิ่งไฟฟ้า (ST) กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน (RT) และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (SRT) โดย การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 40-60 เมตร 8-12 รอบ ที่ 0-25% ของน้ำหนักตัว 2 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกด้วยแรงต้านส่วนบนและ ส่วนล่างของร่างกาย อย่างละ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ 6-10 ครั้ง 3-4 เซต 9 ท่า และฝึกแบบผสมผสาน	7	ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 30 ม. บนพื้นดินมีพัฒนาการดีขึ้นในกลุ่ม ST และ SRT ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 20 ม. บนลู่วิ่งไฟฟ้ามีพัฒนาการดีขึ้นในกลุ่ม RT และ SRT และ 1RM ทำสควอท พัฒนาขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม	-
Suarez Arrones et al. (2013)	นักรักบี้ เพศชาย จำนวน 25 คน (27 ปี)	กลุ่มฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (RST) และกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านควบคู่การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (RT+RST) 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดย วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 40 เมตร ไปกลับ 6 รอบ 3 เซต พักระหว่างรอบ 20 วินาที พักระหว่างเซต 4 นาที ฝึกด้วยแรงต้าน 6 ครั้ง 6 เซต ทำสควอทบนพื้นที่มีระบบการสั่น พักระหว่างเซต 20 วินาที	6	ค่าเฉลี่ย ค่าดีที่สุด ค่าดัชนีความล้าของการทดสอบ RSA และค่าพลังในการทดสอบทำสควอท พัฒนาขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม ขณะที่ค่าพลังต่อน้ำหนักตัวในการทดสอบทำสควอท พัฒนาขึ้นเฉพาะในกลุ่ม (RT+RST)	-

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่ม ตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Shalfawi et al. (2013)	นักฟุตบอล เพศหญิง จำนวน 20 คน (19 ปี)	แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก ฝึกฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ และฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมระหว่างการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และความคล่องแคล่วว่องไว กลุ่มที่สอง ฝึกด้วยแรงต้าน ทั้ง 2 กลุ่มฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยการฝึกแบบควบคุม ประกอบด้วย การฝึกความคล่องแคล่วว่องไวโดยมีแรงต้านจากยางยืดที่ยึดติดกับเข่า และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 2-5 เซต 4-5 รอบ 40 ม. พักระหว่างรอบ 30 วินาที และการฝึกด้วยแรงต้าน 5-8 ครั้ง 2-3 เซต ในท่าต่าง ๆ	10	CMJ ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 40 ม. 20 ม. และ RSA ของทั้งสองกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ SJ ในกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านพัฒนาขึ้น	Beep Test มีพัฒนาการดีขึ้นทั้งสองกลุ่ม
Kotzamanidis et al. (2005)	นักฟุตบอล เพศชาย จำนวน 35 คน (17 ปี)	3 กลุ่ม ฝึกควบคุมแรงต้านและความเร็ว (RTS) ฝึกแรงต้าน (RT) และกลุ่มควบคุม (CT) ฝึกด้วยแรงต้าน 4 เซต 3-8 RM ฝึกความเร็ววิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 4-6 รอบ 30 ม. พักระหว่างรอบ 3 นาที	13	CMJ SJ DJ 1RM ทำสควอท ความเร็วของการวิ่งที่ระยะ 30 ม. และความแข็งแรงท่าเลก เคอร์ลมีพัฒนาการดีขึ้นในกลุ่ม RTS โดยไม่พบความเปลี่ยนแปลงในอีก 2 กลุ่ม ขณะที่ 1RM ทำสควอทของกลุ่ม RT พัฒนาขึ้นเช่นกัน	-

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา	
				ผลต่อความแข็งแรง	ผลต่อความอดทน
Campos-Vazquez et al. (2015)	นักฟุตบอลเพศชาย จำนวน 21 คน (18 ปี)	แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยฝึกฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ และฝึกเสริมด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (โปรแกรมเหมือนกัน) และฝึกความแข็งแรง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยที่โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงแตกต่างกัน ดังนี้ กลุ่มทดลอง 1 (SG): ฝึกความแข็งแรงในท่า Squat ความเร็วเต็มที่ในระยะคอนเซนตริก กลุ่มทดลอง 2 (TG): ฝึกความแข็งแรงเฉพาะในท่าทางการออกตัวและเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่	8	CMJ พัฒนาดีกว่าในกลุ่ม (SG) การทดสอบความเร็วเฉลี่ยในการเพิ่มน้ำหนักการยกท่าสควอตพัฒนาขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม	การทดสอบ RSA และ YYIRT1 มีพัฒนาการดีขึ้นทั้งสองกลุ่มโดยไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

CT= concurrent training; ET= endurance training; ST= strength training; VO_{2max} = maximal oxygen consumption; RM= repetition maximum;

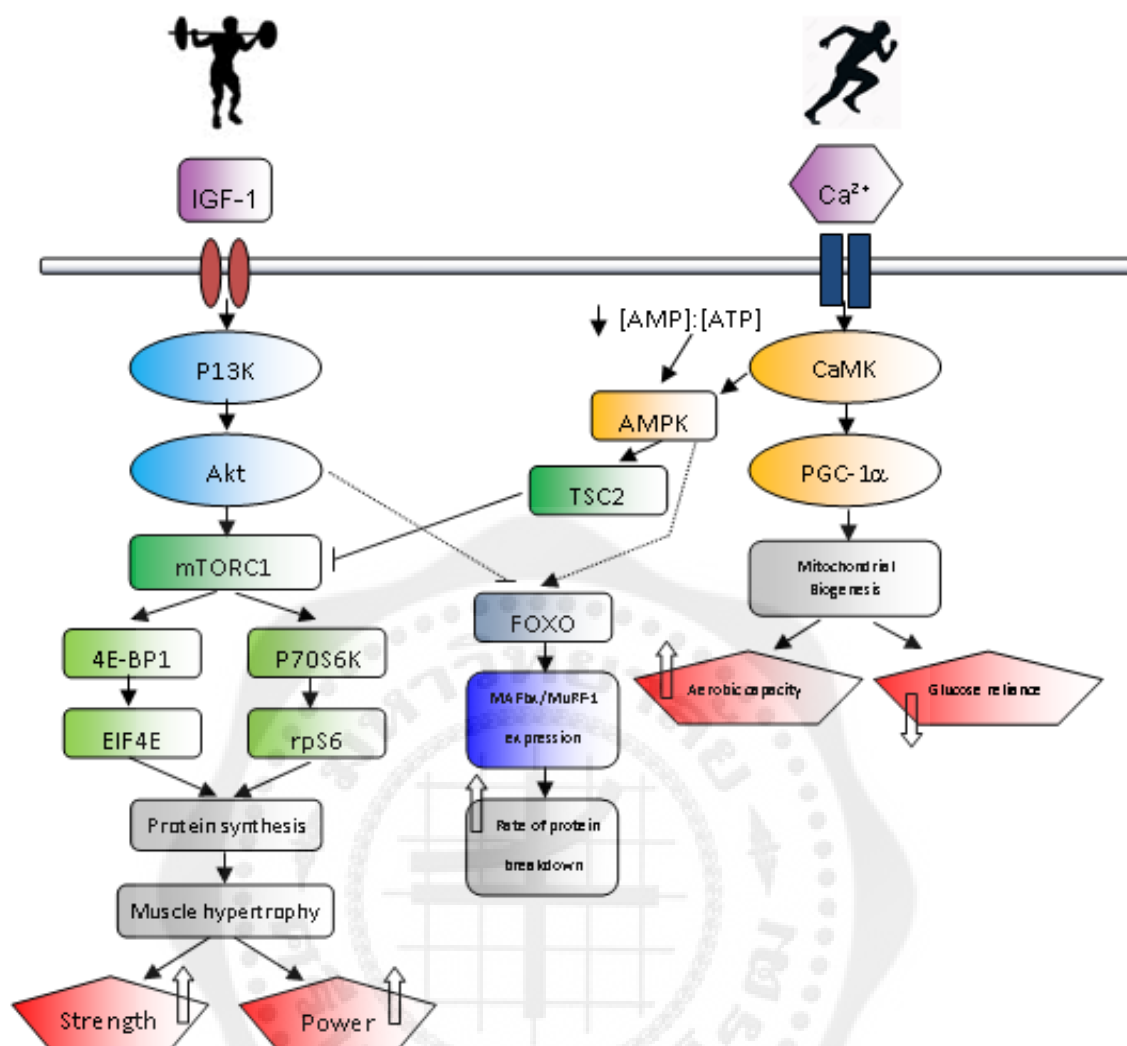
YYIRT 1= Yo-Yo intermittent recovery test level 1; MAS= maximum aerobic speed; MHR= maximum heart rate; HIIT= high intensity interval

training; CMJ= counter movement jump; SJ= squat jump; DJ= drop jump; RSA= repeated-sprint ability

การปรับตัวทางด้านโมเลกุลต่อการฝึกแบบควบคู่ (Molecular adaptation to concurrent training)

การปรับตัวของทางด้านโมเลกุลของกล้ามเนื้อลายต่อการฝึก จะมีความเฉพาะเจาะจงกับรูปแบบของการฝึก เช่น การฝึกความแข็งแรง การฝึกความอดทน เป็นต้น ควบคู่ไปกับการกำหนดปริมาณ ความหนักของการฝึกดังกล่าว เช่น การฝึกความแข็งแรงทำให้กล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นและขยายขนาดขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Folland & Williams, 2007; Tesch, 1988) ขณะที่การฝึกความอดทนส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณไมโทคอนเดรียและเพิ่มปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนในเส้นใยกล้ามเนื้อ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบเผาผลาญ ทำให้เพิ่มความสามารถของการใช้ออกซิเจนในร่างกาย (Hawley, 2002; Holloszy, 1967; Holloszy & Coyle, 1984) การฝึกควบคู่ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนนั้น แต่ละรูปแบบการฝึกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนและส่งผลต่อการตอบสนองในระดับเซลล์ของกล้ามเนื้อลายแตกต่างกัน (Mahoney & Tarnopolsky, 2005; Stepto et al., 2009) การตอบสนองที่เกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากการฝึกซ้อมทั้งสองรูปแบบ อาจเป็นอุปสรรคขัดขวางการพัฒนาของกล้ามเนื้อลาย

ขณะทำการฝึกความแข็งแรงวิถีปฏิกิริยา The Akt-protein kinase B (PKB)/ mammalian (mechanistic) target of rapamycin (mTOR) complex 1 (mTORC1) คือสื่อกลางสำคัญของการฝึกความแข็งแรงที่เพิ่มกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ (Bodine et al., 2001; Drummond et al., 2009) โดย mTORC1 จะกระตุ้นการแปลรหัสปัจจัยเริ่มต้นยูแคริโอต 4E-binding protein 1 (4E-BP1) และ p70S6 kinase (p70S6K) (Coffey & Hawley, 2007) ขณะที่วิถีปฏิกิริยาโมเลกุล the 5' adenosine monophosphate (AMP) –activated protein kinase (AMPK) และ Ca^{2+} /calmodulin-dependent kinase II (CaMKII) จะถูกกระตุ้นโดยการฝึกความอดทนและกลายมาเป็น the peroxisome proliferator-activated receptor gamma co-activator 1- α (PCG-1 α) และเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในไมโทคอนเดรีย (Baar, 2006; Coffey & Hawley, 2007; McGee & Hargreaves, 2010; Wu et al., 2002) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาบางส่วนแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของวิถีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังกล่าวขณะทำการฝึกควบคู่โดยพบว่า AMPK อาจเป็นปัจจัยที่ยับยั้งหรือลดกระบวนการสังเคราะห์ adenosine triphosphate (ATP) และลดปฏิกิริยาของ mTORC1 โดยการฟอสโฟรีเลชัน tuberous sclerosis proteins 1 และ 2 (TSC1/2) (Gwinn et al., 2008; Inoki, Zhu, & Guan, 2003) นอกจากนี้ AMPK ยังสนับสนุน forkhead-box (FOXO) ในการแปลรหัสของ muscle-specific ubiquitin ligases MAFbx (muscle atrophy F-box) และ MuRF-1 (muscle ring-finger 1) (Nakashima & Yakabe, 2007; Sanchez et al., 2012) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะการสลายโดยการควบคุมการเร่งการลดโปรตีน อาจเป็นไปได้ว่าความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิถีปฏิกิริยา Akt/mTOR และ AMPK-PCG-1 α ดังกล่าวส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงที่ลดลงระหว่างการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทน (ภาพประกอบ 5)



ภาพประกอบ 5 แผนภูมิแสดงอุปสรรคต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อในระดับโมเลกุลที่อาจเกิดขึ้น

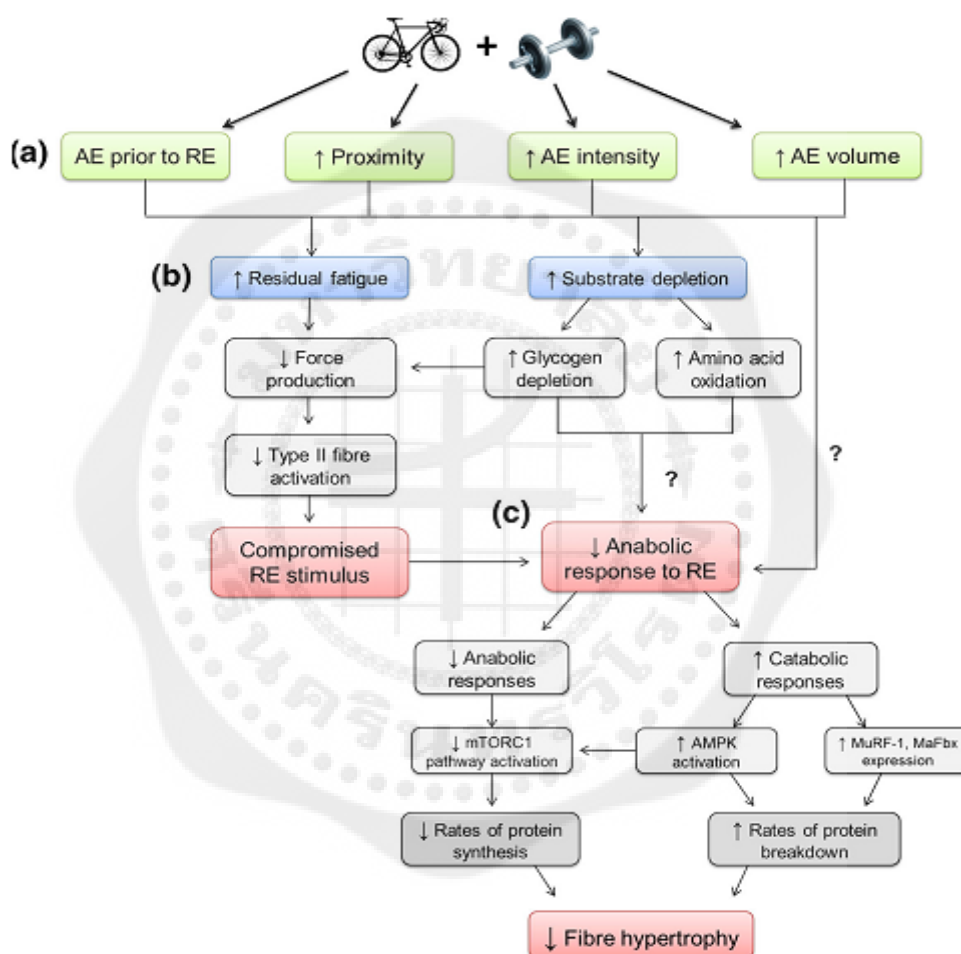
จากการฝึกแบบควบคู่ระหว่างความแข็งแรงและความอดทน IGF-1= insulin like growth factor 1, Akt= protein kinase B, mTORC1= mammalian target of rapamycin complex 1, 4E-BP1= eukaryotic translation initiation factor 4E-binding protein 1, EIF4E= eukaryotic translation initiation factor 4E, p70S6K= p70S6 kinase, TSC2= tuberous sclerosis 2, AMPK= 5' adenosine monophosphate-activated protein kinase, CaMK= Ca^{2+} /calmodulin-dependent kinase II, PGC-1 α = peroxisome proliferator-activated receptor gamma co-activator 1-alpha, AMP= adenosine monophosphate, ATP= adenosine triphosphate, FOXO= forkhead box O3, MAFbx= muscle atrophy F-box protein, MuRF-1= muscle RING-finger protein 1

ที่มา: ดัดแปลงจาก Dent, J. (2014). *The effect of concurrent resistance and repeated-sprint exercise on performance and the cytokine response in female team-sport athletes*. Thesis, Ph.D. Auckland University of Technology. p. 33. (Online).

แม้ดูเหมือนว่าการฝึกพัฒนาความอดทนจะไม่ส่งผลด้านบวกต่อสมดุลในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ แต่เมื่อไม่นานมานี้ มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงผลของการฝึกความอดทนที่ส่งผลต่อการยกระดับการสังเคราะห์โปรตีนและกระตุ้นวิถีปฏิกิริยาของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (IGF-1) (Mascher, Ekblom, Rooyackers, & Blomstrand, 2011; Wadley et al., 2001) อย่างไรก็ตาม รูปแบบของการพัฒนาโปรตีนนั้นมีความแตกต่างระหว่างการฝึกทั้งสองรูปแบบ โดยการสังเคราะห์โปรตีนไมโตคอนเดรียเกิดขึ้นขณะฝึกความอดทนและการสังเคราะห์โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์เกิดขึ้นขณะฝึกความแข็งแรง (Wilkinson et al., 2008) ดังนั้น แม้ว่าทั้งสองรูปแบบการฝึกจะมีความแตกต่างกัน แต่มีผลทำให้เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนเช่นเดียวกัน ส่งผลต่อการปรับตัวและพัฒนาการของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการฝึก งานวิจัยศึกษาอัตราการสังเคราะห์ (Fractional synthesis rates (FSR)) โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์และโปรตีนไมโตคอนเดรีย ภายหลังการออกกำลังกายในชายวัยกลางคน โดยการฝึกด้วยแรงต้านท่าเหยียดขา 8 ครั้งต่อเซต 8 เซต ที่ความหนัก 80% ของ 1RM และภายหลังการฝึกพัฒนาการใช้ออกซิเจนด้วยการปั่นจักรยาน 40 นาที ที่ความหนัก 55% ของพลังแอโรบิกสูงสุด และการฝึกควบคู่ระหว่างการฝึกทั้งสองรูปแบบที่กล่าวไปแล้ว พบว่า อัตราการสังเคราะห์โปรตีนไมโตคอนเดรียระหว่างการออกกำลังกายทั้งสามรูปแบบเท่ากัน และการสังเคราะห์โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์เพิ่มขึ้นภายหลังการออกกำลังกายโดยการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกแบบควบคู่ โดยไม่พบผลกระทบที่เป็นอุปสรรคของการสังเคราะห์โปรตีน (Donges et al., 2012)

งานวิจัยที่ศึกษาผลการตอบสนองระยะเฉียบพลันบางส่วนแสดงให้เห็นถึงผลที่ขัดแย้งหรือความไม่ลงรอยกันในระดับโมเลกุล ก่อให้เกิดอุปสรรคในการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อเมื่อทำการฝึกควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนในการฝึกครั้งเดียวกัน รวมถึงผลที่เกิดขึ้นจากการจัดลำดับของรูปแบบการฝึกในการฝึกครั้งนั้นแตกต่างกัน (Coffey et al., 2009; Coffey, Pilegaard, Garnham, O'Brien, & Hawley, 2009) อย่างไรก็ตาม การศึกษาการตอบสนองในระดับโมเลกุลจากการฝึกควบคู่กันระหว่างการฝึกความอดทนด้วยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 65% ของปริมาณการใช้ ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และการฝึกด้วยแรงต้านท่าเลกเพรส 6 เซต ที่ความหนัก 70-80% 1RM พบว่า ทำให้เพิ่มการตอบสนองของการสังเคราะห์โปรตีนไมโตคอนเดรียเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกความอดทนเพียงอย่างเดียว ซึ่งให้เห็นว่าการฝึกควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทน อาจจะส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถด้านการใช้ออกซิเจนสูงสุดในภาพรวมของร่างกาย อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษายินที่เกี่ยวกับการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ (Wang, Mascher, Psilander, Blomstrand, & Sahlin, 2011) การศึกษาการตอบสนองต่อการฝึกแบบควบคู่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ในส่วนของการฝึกความแข็งแรง ทำให้เพิ่มฟอสโฟรีเลชันของ AktSer473 การฝึกความอดทนแบบหนักสลับช่วงเพิ่มฟอสโฟรีเลชันของ AMPK และการฝึกควบคู่ระหว่างความแข็งแรงและความอดทนแบบหนักสลับช่วงเพิ่มปริมาณโปรตีน p70S6k แต่การฝึกควบคู่ไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนนักเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว (de Souza et al., 2013)

การศึกษาเชิงลึกเพิ่มเติมในบทความวิชาการเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคู่ต่อการตอบสนองในระดับโมเลกุล (Baar, 2014) ซึ่งให้เห็นถึงบทบาทของตัวแปรต่าง ๆ เช่น การจัดลำดับของรูปแบบการฝึก ในการฝึกครั้งเดียวกัน ระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก ปริมาณและความหนักของการฝึกความอดทน รูปแบบของการฝึกความอดทน เป็นต้น ที่อาจจะส่งผลต่อการตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการฝึกแบบควบคู่ (ภาพประกอบ 6) (Fyfe, Bishop, & Stepto, 2014) ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลไกการตอบสนองในระดับโมเลกุลที่เกิดขึ้นจากการฝึกแบบควบคู่ยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัด จำเป็นจะต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่ออธิบายการตอบสนองที่เกิดขึ้นและเชื่อมโยงไปยังการพัฒนสมรรถนะของนักกีฬาต่อไป



ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแสดงภาพรวมบทบาทของตัวแปรต่าง ๆ ขณะทำการฝึกแบบควบคู่ (a) ตัวแปรที่อาจก่อให้เกิดอุปสรรคในการพัฒนากล้ามเนื้อ (b) การกระตุ้นจากการฝึกด้วยแรงต้าน (ความแข็งแรง) ในภาวะที่ความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้นและสารตั้งต้น (พลังงาน) ลดลง (c) โดยทำให้การตอบสนองต่อการฝึกด้วยแรงต้านลดลง ทำให้การขยายขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อถูกจำกัด AE= aerobic exercise, RE= resistance exercise, AMPK= 5' adenosine monophosphate-activated protein kinase, MaFbx= muscle atrophy F-box (atrojin 1), mTORC1= mammalian (mechanistic) target of rapamycin complex 1, MuRF-1= muscle RING-finger protein 1

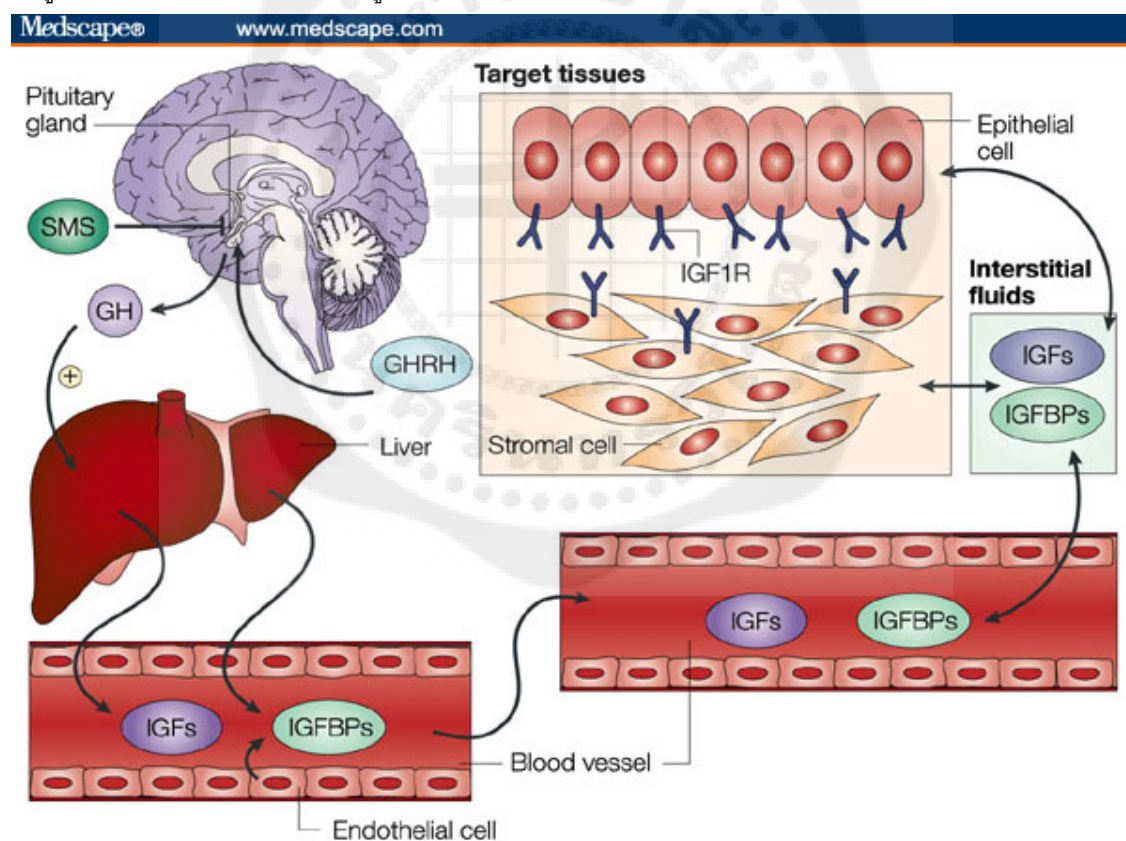
ที่มา: Fyfe, J. J., Bishop, D. J., & Stepto, N. K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 44(6), 753.

อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (Insulin like growth factor 1 (IGF-1))

อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (ไอจีเอฟ-1) (Insulin like growth factor 1 (IGF-1)) หรือปัจจัยเพื่อการเติบโตที่คล้ายอินซูลินชนิดที่ 1 หรือ Somatomedin C เป็นฮอร์โมนที่เป็นโปรตีนถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1957 (Salmon & Daughaday, 1957) มีหน้าที่สำคัญโดยเป็นสื่อกลางของฮอร์โมนเพื่อการเจริญเติบโต (ฮอร์โมนโกรท)(จีเอช)(Growth hormone(GH)) ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ในร่างกาย มีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบรวม 70 ตัว เป็นเปปไทด์ฮอร์โมนที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายอินซูลิน มี 2 ชนิด คือ อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (IGF-1) และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 2 (IGF-2) โดยส่วนใหญ่จะมีการสร้างอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มากกว่า ซึ่งมีสำคัญต่อการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ส่วนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 2 จะมีบทบาทสำคัญที่พบในครรภ์มารดาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของทารก อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ที่พบในระบบไหลเวียนนั้นโดยส่วนใหญ่สร้างจากตับ แต่บางส่วนถูกสร้างจากกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) และเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) (Naranjo et al., 2002) รวมถึง ปอด หัวใจ ไต สมอง เซลล์ของกระดูกอ่อน และต่อมเพศด้วยเช่นกัน อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ถูกผลิตขึ้นภายในตับภายใต้การควบคุมของโกรทฮอร์โมนที่ถูกผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior pituitary gland) ภายใต้การควบคุมของสมองส่วนไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) โดยโกรทฮอร์โมนรีลีสซิงฮอร์โมน (Growth hormone releasing hormone (GHRH)) และโซมาโตสแตติน (Somatostatin (SMS)) คือสิ่งสำคัญในการกระตุ้นการผลิตอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในตับ จากนั้นปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 จะมีการตอบสนองต่อเนื้อเยื่อ โดยลิแกนด์ IGFs และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่รวมกับโปรตีน (Insulin like growth factors – binding proteins (IGFBPs)) จะถูกขนส่งจากตับไหลผ่านตามระบบไหลเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายที่มีตัวรับ (Receptor) จำเพาะที่เกิดขึ้นที่เซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนเอง เรียกว่า กลไกโอโตครายน์ (Autocrine function) หรือ ออกฤทธิ์โดยการไปกระตุ้นหรือยับยั้งกระบวนการบางอย่างในเซลล์เป้าหมายที่อยู่ข้างเคียง เรียกว่า กลไกพาราครายน์ (Paracrine function) ซึ่งกลไกเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันระหว่างเซลล์สโตรมาล (Stromal cell) และเซลล์เยื่อบุ (Epithelial cell) (ภาพประกอบ 7)

โดยอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ที่หลังจากตับและเนื้อเยื่อนี้จะกระตุ้นเซลล์ของกระดูกอ่อน (Cartilage cell or chondrocyte) ทำให้มีการแบ่งตัวของเซลล์กระดูกอ่อน นอกจากนี้ยังกระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อก่อนถึงปลายกระดูกที่ปลายกระดูกอ่อน (Epiphyseal plate) โดยกระตุ้นการ

ขนถ่ายกรดอะมิโนในการสร้างโปรตีนที่กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ทำให้มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hyperplasia) และขยายขนาดของเซลล์ (Hypertrophy) เพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ซึ่งร่างกายมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ร่างกายยังจำเป็นต้องใช้กรดอะมิโนในการสร้างโปรตีนอยู่ เพื่อควบคุมเมแทบอลิซึมของโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรต โดยคุณสมบัติของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 นั้นล้วนถอดแบบมาจากฮอร์โมนโกรททุกประการ แต่คุณสมบัติที่โดดเด่นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 นั้นประกอบไปด้วย อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ช่วยเพิ่มขยายขนาดของกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มพลังงาน และกระตุ้นการลดไขมันได้อย่างรวดเร็ว ทำหน้าที่ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือดโดยทำหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงคล้ายอินซูลิน (Insulin) โดยปกติตับอ่อนในร่างกายมีเซลล์ตับอ่อน 2 ประเภท คือ อัลฟาเซลล์ ทำหน้าที่เร่งการเผาผลาญไกลโคเจนที่สะสมภายในตับให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคสเมื่อร่างกายต้องการพลังงาน และเบต้าเซลล์ ทำหน้าที่เร่งให้ตับแปรสภาพน้ำตาลส่วนเกินในกระแสเลือดให้กลับมาเป็นพลังงานสำรองที่ตับในรูปของไกลโคเจนด้วยสารอินซูลิน (Laron, 2001)



Source: Nat Rev Cancer © 2004 Nature Publishing Group

ภาพประกอบ 7 กลไกการทำงานของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1

ที่มา : Pollak, M. N., Schernhammer, E. S., & Hankinson, S. E. (2004). Insulin-like growth factors and neoplasia. *Nature Reviews Cancer*, 4(7), 505-518.

ระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง โดยส่วนใหญ่อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ที่พบในระบบไหลเวียนนั้นจะถูกสร้างจากกล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน (Goldspink, Williams, & Simpson, 2002; Sotiropoulos et al., 2006) ขณะที่กล้ามเนื้อเฉพาะส่วนที่ทำงานที่เกิดการเสียหาย ภายหลังจากการออกกำลังกายพบว่าทำให้อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเพิ่มขึ้น (Brahm, Piehl-Aulin, Saltin, & Ljunghall, 1997) หรือไม่เปลี่ยนแปลง (Bamman et al., 2001) นอกจากนั้นสัดส่วนการแสดงออกที่แตกต่างกันของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ไอโซฟอร์ม (Isoforms) ต่าง ๆ อาจถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของฮอร์โมนโกรทและอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เอง (Hameed et al., 2004) การออกกำลังกายเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีอิทธิพลต่อการกระตุ้นทั้งด้านโครงสร้าง การเผาผลาญ และประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อลายซึ่งอาจจะส่งผลให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นทั้งในระยะเฉียบพลันและต่อการฝึก (Philippou, Maridaki, Halapas, & Koutsilieris, 2007) ผู้วิจัยได้รวบรวมผลการศึกษาเกี่ยวกับออกกำลังกายหรือการฝึกกีฬาที่มีผลต่อความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 รวมถึงฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (ตาราง 3) นำเสนอในรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงสุขภาพดีแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกความอดทน กลุ่มฝึกด้วยแรงต้าน และกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับความอดทน โดยศึกษาผลของการฝึกกิจกรรมทางกายที่มีต่อการตอบสนองของฮอร์โมนต่าง ๆ ขณะฝึกด้วยแรงต้านแบบเฉียบพลัน ก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มข้นของฮอร์โมนโกรท (GH) Total IGF-1 IGFBP-1 IGFBP-2 และ IGFBP-3 เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ทุกกลุ่มทดลอง ความเข้มข้นของฮอร์โมน Free IGF-1 ลดลงภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ และความเข้มข้นของฮอร์โมน Total IGF-1 ในช่วงหลังการทดสอบด้วยแรงต้านเพิ่มขึ้นและ IGFBP-1 ลดลงในกลุ่มที่มีการฝึกด้วยแรงต้านทั้งสองกลุ่มโดยที่ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มฝึกความอดทนและกลุ่มควบคุม (Gregory et al., 2013) การศึกษาผลของการฝึกซ้อมฟุตบอลที่มีต่อการตอบสนองของฮอร์โมนโกรท (GH) IGF-1 และ IGFBP-3 รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับแลคเตทและกลูโคสในเลือดขณะทดสอบด้วยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด 3 ช่วงเวลาดลอดฤดูกาลแข่งขัน 31 สัปดาห์ ในนักกีฬาฟุตบอลชายระดับเยาวชนจำนวน 13 คน พบว่า ความเข้มข้นของฮอร์โมนโกรท (GH) เพิ่มขึ้นทุกครั้งที่ทำการทดสอบแต่เมื่อเทียบพื้นที่ใต้กราฟของทุกช่วงเวลาการทดสอบ พบว่า ลดลงตลอดฤดูกาลแข่งขัน ขณะที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน IGF-1 และ IGFBP-3 ไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในการทดสอบและตลอดฤดูกาลแข่งขัน ระดับแลคเตทและกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นขณะทดสอบและกลับสู่ค่าเริ่มต้นภายใน 30 นาทีและ 60 นาที ตามลำดับ ทุกช่วงเวลาการทดสอบ (Mejri et al., 2005)

การศึกษาในชายสุขภาพดี จำนวน 11 คน ทั้งหมดเข้ารับการทดลอง 3 ครั้งโดย 2 ครั้งแรกเป็นการปั่นจักรยานแบบหนักสลับเบา (HIT) โดยปั่นเต็มที่ 30 วินาที 4 รอบแต่ละรอบพัก 5 นาที การทดลองแต่ละครั้งเว้นระยะ 1 สัปดาห์ ครั้งที่ 1 HIT พร้อมกับได้รับสารไบคาร์บอเนต (HIT(B)) ครั้งที่ 2 HIT พร้อมกับได้รับสารหลอก (HIT(P)) ครั้งที่ 3 ปั่นจักรยานความหนักคงที่ 1 ชั่วโมงที่ความหนัก 50% $\text{VO}_2 \text{ max}$ (HVT) เก็บตัวอย่างเลือดขณะพัก นาฬิกาที่ 10 60 และ 240 ภายหลังการทดลอง พบว่าพลังการปั่น แลคเตทและค่าพีเอชเพิ่มขึ้นสูงกว่าใน (HIT(B)) เมื่อเปรียบเทียบกับ (HIT(P)) คอริติซอลและฮอร์โมนโกรท (GH) เพิ่มขึ้นในนาฬิกาที่ 10 ภายหลังการทดลองทั้งสองการทดลอง (HIT) ขณะที่ IGFBP-3 เพิ่มขึ้นเฉพาะในการทดลอง (HIT(P)) และ IGF-1 ไม่เปลี่ยนแปลงทุกการทดลอง โดย (HVT) ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคอริติซอล ฮอร์โมนโกรท (GH) IGF-1 และ IGFBP-3 ขณะที่ (HIT(B)) ช่วยลดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายส่งผลให้ลดระดับคอริติซอลและฮอร์โมนโกรท (GH) (Wahl, Zinner, Achtzehn, Bloch, & Mester, 2010) การศึกษาในนักกีฬาแฮนด์บอลระดับเยาวชนอาชีพชาย จำนวน 12 คน ทำการทดลองแบบหนักสลับช่วง 2 รูปแบบ โดยวิ่งที่ระดับ 80 % ของความเร็วสูงสุดบนลู่วิ่ง ครั้งที่ 1 วิ่งเพิ่มระยะทาง (100 200 300 และ 400 เมตร) ครั้งที่ 2 วิ่งลดระยะทาง (400 300 200 และ 100 เมตร) การทดลองทั้ง 2 ครั้งมีระยะเวลาพักระหว่างระยะทางรวม 9 นาที วัดการตอบสนองของฮอร์โมนและการอักเสบก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลอง และ 60 นาทีหลังการทดลอง พบว่า แลคเตท ฮอร์โมนโกรท (GH) IGF-1 IGFBP-3 และเทสโทสเตอโรนเพิ่มขึ้นในการทดลองทั้งสองรูปแบบ IL-1 IL-6 และ IL-1ra เพิ่มขึ้นในการทดลองทั้งสองรูปแบบ IL-6 ยังคงเพิ่มขึ้นภายหลัง 60 นาทีหลังการทดลองทั้งสองรูปแบบ ขณะที่พื้นที่ใต้กราฟของแลคเตทและฮอร์โมนโกรท (GH) มากกว่าในรูปแบบการทดลองวิ่งลดระยะทาง ในทางกลับกันความรู้สึกเมื่อยล้าในการทดลองรูปแบบเพิ่มระยะทางมีมากกว่าแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Meckel et al., 2011)

การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเพศชายสุขภาพดี จำนวน 6 คน ทำการทดลอง 2 ครั้ง โดยฝึกแบบแอโรบิก (AE) ควบคู่กับการฝึกด้วยแรงต้าน (RE) แต่ละครั้งจัดลำดับการฝึกก่อนและหลังสลับกัน (AE+RE และ RE+AE) ฝึกแบบแอโรบิก (AE) โดยปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Repeated sprints) 6 วินาที จำนวน 10 รอบ ที่ความหนัก $0.75 \text{ Nm torque}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ พักระหว่างรอบ 49 วินาที การฝึกด้วยแรงต้าน (RE) ฝึกท่า Leg extension 8 เซต เซตละ 5 ครั้ง ความหนัก 80 % 1RM พักระหว่างการฝึก 15 นาที พบว่า การสังเคราะห์โปรตีนช่วงเริ่มต้น (RE) p-p70S6K และ p-rps6 เพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่อ (RE) ตามด้วย (AE) ขณะที่ p-Akt เพิ่มขึ้นเมื่อ (RE) ตามด้วย (AE) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ p-TSC2, p-mTOR และ p-AMPK พบว่าไม่มากนักและการจัดลำดับของการฝึกไม่มีผล ขณะที่การแสดงออกของยีน พบว่า MuRF-1 mRNA เพิ่มขึ้นเมื่อ (AE) ตามด้วย (RE) โดย IGF-1 mRNA ลดลงจากขณะพัก การจัดลำดับของการฝึกไม่มีผล โดยสรุปแล้วการฝึกแบบแอโรบิก (AE)

โดยปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ทำให้การตอบสนองด้าน Anabolic จากการฝึก (RE) ลดลง โดยการลด Anabolic และเพิ่ม Catabolic ในช่วงเริ่มต้นของการพักฟื้นสภาพ (Coffey, Jemiole, et al., 2009) ขณะที่การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 29 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ทำการฝึกตามโปรแกรมเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ประกอบด้วยกลุ่มฝึกความอดทนตามด้วยความแข็งแรง 12 คน (endurance-strength (ES)) และกลุ่มฝึกความแข็งแรงตามด้วยความอดทน 17 คน (strength-endurance (SE)) ทำการทดสอบพลังโดยปั่นจักรยานวัดงานและทดสอบความแข็งแรงด้วยการยกน้ำหนักในท่าเล็ก เพรส (Leg press) เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและเอนไซม์ต่าง ๆ ก่อนและหลังการฝึก 24 สัปดาห์ พบว่า การลดลงของแรงกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 24 ฮอร์โมนโกรท (GH) (22-kDa) เพิ่มขึ้นในระยะเฉียบพลันหลังได้รับงานทั้ง 2 กลุ่ม โดยกลุ่ม (SE) มีค่าสูงกว่ากลุ่ม (ES) ไม่พบความแตกต่าง การตอบสนองระยะเฉียบพลันของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ทั้งก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 24 อย่างไรก็ตามก่อนการฝึก ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนลดลงภายหลังการทดลอง 24 และ 48 ชั่วโมงในกลุ่ม (ES) ขณะที่ 1RM พัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม (ES) 13% และ (SE) 17% โดยสรุป การจัดลำดับการฝึก (ES vs. SE) ส่งผลต่อระดับของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนระหว่าง 2 วันของการฟื้นสภาพช่วงก่อนการฝึก และฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนช่วงของการฟื้นสภาพลดลงหลังจากการฝึก 24 สัปดาห์ ความแตกต่างของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนระหว่างการพักฟื้นสภาพอาจไม่ส่งผลต่อพัฒนาการด้านความแข็งแรง (Schumann et al., 2014) กลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 8 คน เข้ารับการทดลอง 3 ครั้งโดยครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 เว้นระยะ 7 วัน ครั้งที่ 3 ทำการทดลองในวันถัดจากการทดลองครั้งที่ 2 โดยครั้งที่ 1 ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างรอบ 60 นาที ครั้งที่ 2 ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างรอบ 240 นาที และครั้งที่ 3 ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ (FFA) ฮอร์โมนโกรท (GH) IGF-1 free IGF-1 binary complex IGF-1:IGFBP-1 และ IGFBP-1 ขณะพักและช่วงพักหลังจากการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้ง พบว่า การทดลองครั้งที่ 1 ฮอร์โมนโกรท (GH) ยกระดับขึ้นก่อนการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดรอบที่ 2 แต่ไม่พบการเพิ่มขึ้นหลังจากนั้น ขณะที่ free IGF-1 มีแนวโน้มลดต่ำลงก่อนการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดรอบที่ 2 มากกว่ารอบที่ 1 อย่างไรก็ตาม กรดไขมันอิสระ (FFA) ไม่แตกต่างกันก่อนการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้ง และไม่พบความแตกต่างของระดับฮอร์โมนโกรท (GH) ต่อการตอบสนองการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 โดยสรุปการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้งในวันเดียวกันอาจส่งผลทำให้ฮอร์โมนโกรท (GH) ลดลงหรือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาพักระหว่างการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้ง (Stokes, Nevill, Frystyk, Lakomy, & Hall, 2005)

การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างผู้มีสุขภาพดีเพศชาย จำนวน 14 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 คน ประกอบด้วยกลุ่มที่ฝึกความอดทนตามด้วยความแข็งแรง (endurance-strength (ES)) และกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงตามด้วยความอดทน (strength-endurance (SE)) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (TT) คอร์ติซอล (COR) ฮอริโมนโกรท (GH) และ IGFBP-3 ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างลำดับการฝึกและช่วงเวลา ใน IGFBP-3 ขณะที่เทสโทสเตอโรน (TT) และ IGFBP-3 เพิ่มขึ้นในกลุ่ม (ES) ภายหลังการทดลอง ส่วนกลุ่ม (SE) ไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้คอร์ติซอล (COR) และฮอริโมนโกรท (GH) เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่มภายหลังการทดลอง อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฮอร์โมน การจัดลำดับการฝึกแบบ (ES) ช่วยเพิ่มสภาวะ Anabolic แบบเฉียบพลัน (Rosa et al., 2015) เช่นเดียวกับการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 10 คน กลุ่มตัวอย่างทุกคนทำการทดลอง 2 รูปแบบ ประกอบด้วยฝึกความอดทนตามด้วยความแข็งแรง (ES) และฝึกความแข็งแรงตามด้วยความอดทน (SE) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (TT) และคอร์ติซอล (COR) ก่อน ระหว่างและหลังการทดลอง พบว่าเทสโทสเตอโรน (TT) เพิ่มขึ้นเฉพาะกลุ่ม (ES) ภายหลังการทดลอง ขณะที่คอร์ติซอล (COR) เพิ่มขึ้นหลังจากฝึกรูปแบบแรกและกลับสู่ระดับเดียวกับขณะพักภายหลังการทดลองทั้งสองกลุ่ม การจัดลำดับการฝึกแบบ (ES) ช่วยเพิ่มเทสโทสเตอโรน (TT) ในระยะเวลาเฉียบพลันด้วยการฝึกความอดทนระดับความหนักปานกลาง (Cadore et al., 2012)

สรุป

และจากข้อมูลผลการศึกษา วิจัยเกี่ยวกับการฝึกแบบควบคู่กันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในนักกีฬาประเภทต่าง ๆ รวมถึงประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง ดังที่ได้นำเสนอไปแล้ว แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการฝึกแบบควบคู่ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาประเภทต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ฟุตซอลซึ่งเป็นกีฬาที่นักกีฬาต้องอาศัยความแข็งแรงแบบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อและความอดทนทั้งระบบที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนรวมถึงความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในขณะที่เคลื่อนที่ตลอดเกมการแข่งขัน การศึกษาด้านการพัฒนาสมรรถภาพทางกายในกีฬานี้ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการพัฒนาความอดทนด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เมื่อนำไปฝึกควบคู่กับการฝึกความแข็งแรง ดังนั้นการศึกษาในอนาคตเพื่อหาสูตรวิธี รูปแบบวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา

ให้มีความเหมาะสมที่สุด การวิเคราะห์การตอบสนองของฮอร์โมน การตอบสนองในระดับโมเลกุล เพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรค สิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นจากการฝึกแบบควบคุมให้น้อยที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญ รวมถึงระยะเวลาของการพักเพื่อฟื้นฟูสภาพร่างกายในระหว่างการฝึกซ้อม ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลให้อยู่ในระดับสูงสุด พร้อมสำหรับเกมการแข่งขัน



ตาราง 3 สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับออกกำลังกายหรือการฝึกกีฬาที่มีผลต่อความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 รวมถึงฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Gregory et al. (2013)	หญิง จำนวน 46 คน (20 ปี)	กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ศึกษาผลของการฝึกกิจกรรมทางกายที่มีต่อการตอบสนองของฮอร์โมน (GH) (IGF-1) (IGFBP-1) (IGFBP-2) และ (IGFBP-3) ขณะฝึกด้วยแรงต้านแบบจับพลัน ก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลอง 1 (EG): ฝึกความอดทน กลุ่มทดลอง 2 (RG): ฝึกด้วยแรงต้าน กลุ่มทดลอง 3 (R+E G): ฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับความอดทน กลุ่มควบคุม (CG):	8	- ความเข้มข้นของฮอร์โมน (GH) (Total IGF-1) (IGFBP-1) (IGFBP-2) และ (IGFBP-3) เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ - ความเข้มข้นของฮอร์โมน (Free IGF-1) ลดลงภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ - ความเข้มข้นของฮอร์โมน (Total IGF-1) ในช่วงหลังการทดสอบด้วยแรงต้านเพิ่มขึ้น และ (IGFBP-1) ลดลงในกลุ่มที่มีการฝึกด้วยแรงต้าน (RG และ R+E G) และไม่พบความแตกต่างในกลุ่ม (EG) และ (CG)

GH= growth hormone; IGF-1= insulin-like growth factor 1; IGFBP-(1-3)= insulin-like growth factor 1 binding protein (1-3); EG= endurance group; RG= resistance group; R+E G= resistance + endurance group; CG= control group

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Mejri et al. (2005)	นักฟุตบอลเพศชาย ระดับเยาวชน จำนวน 13 คน (19 ปี)	ศึกษาผลของการฝึกซ้อมฟุตบอลที่มีต่อการตอบสนองของฮอร์โมน (GH) (IGF-1) และ (IGFBP-3) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับแลกเตทและกลูโคสในเลือดขณะทดสอบด้วยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด 3 ช่วงเวลาตลอดฤดูกาลแข่งขัน ครั้งที่ 1 เดือนตุลาคม ครั้งที่ 2 เดือนมกราคม และครั้งที่ 3 เดือนพฤษภาคม	31	- ความเข้มข้นของฮอร์โมน (GH) เพิ่มขึ้นทุกครั้งที่ทำการทดสอบแต่เมื่อเทียบพื้นที่ใต้กราฟของทุกช่วงเวลาการทดสอบ พบว่า ลดลงตลอดฤดูกาลแข่งขัน - ความเข้มข้นของฮอร์โมน (IGF-1) และ (IGFBP-3) ไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในการทดสอบและตลอดฤดูกาลแข่งขัน - ระดับแลกเตทและกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นขณะทดสอบและกลับสู่ค่าเริ่มต้นภายใน 30 นาทีและ 60 นาที ตามลำดับ ทุกช่วงเวลาการทดสอบ

GH= growth hormone; IGF-1= insulin-like growth factor 1; IGFBP-3= insulin-like growth factor binding protein 3

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Wahl et al. (2010)	ชายสุขภาพดี จำนวน 11 คน (26.5 ปี)	กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเข้ารับการทดลอง 3 ครั้ง โดย 2 ครั้งแรกเป็นการปั่นจักรยานแบบหนัก สลับเบา (HIT) โดยปั่นเต็มที่ 30 วินาที 4 รอบ แต่ละรอบพัก 5 นาที การทดลองแต่ละครั้ง เว้นระยะ 1 สัปดาห์ ดังนี้ - ครั้งที่ 1 HIT พร้อมกับได้รับสารไบคาร์บอเนต (HIT(B)) - ครั้งที่ 2 HIT พร้อมกับได้รับสารหลอก (HIT(P)) - ครั้งที่ 3 ปั่นจักรยานความหนักคงที่ 1 ชม. ที่ความหนัก 50% $\text{VO}_2 \text{ max}$ (HVT) เก็บตัวอย่างเลือดขณะพัก นาที 10 60 และ 240 ภายหลังการทดลอง	3	- PO La และ pH เพิ่มขึ้นสูงกว่าใน (HIT(B)) เมื่อเปรียบเทียบกับ (HIT(P)) - COR และ GH เพิ่มขึ้นในนาทีที่ 10 หลังการทดลองทั้งสองการทดลอง (HIT) - IGFBP-3 เพิ่มขึ้นเฉพาะในการทดลอง (HIT(P)) - IGF-I ไม่เปลี่ยนแปลงทุกการทดลอง - (HVT) ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ COR GH IGF-1 และ IGFBP-3 - (HIT(B)) ลดสภาวะความเป็นกรดส่งผลให้ลดระดับ COR และ GH

HIT= high-intensity training; HVT= high volume endurance training; PO= power output; (B)= Bicarbonate; (P)= placebo; La= lactate; GH= growth hormone; COR= cortisol; IGF-1= insulin-like growth factor 1; IGFBP-3= insulin-like growth factor binding protein 3

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Meckel et al. (2011)	นักแฮนด์บอลระดับเยาวชนชายอาชีพเพศชายจำนวน 12 คน (20 ปี)	กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองแบบหนักสลับช่วง 2 รูปแบบ โดยวิ่งที่ระดับ 80 % ของความเร็วสูงสุดบนลูกลูก - ครั้งที่ 1 วิ่งเพิ่มระยะทาง (100 200 300 และ 400 เมตร) - ครั้งที่ 2 วิ่งลดระยะทาง (400 300 200 และ 100 เมตร) - การทดลองทั้ง 2 ครั้งมีระยะเวลาพักระหว่างระยะทางรวม 9 นาที - วัดการตอบสนองของฮอร์โมนและการอักเสบก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลอง และ 60 นาทีหลังการทดลอง	1	- La GH IGF-1 IGFBP-3 และ TT เพิ่มขึ้นในการทดลองทั้งสองรูปแบบ - IL-1 IL-6 และ IL-1ra เพิ่มขึ้นในการทดลองทั้งสองรูปแบบ - IL-6 ยังคงเพิ่มขึ้นภายหลัง 60 นาทีหลังการทดลองทั้งสองรูปแบบ - พื้นที่ใต้กราฟของ La และ GH มากกว่าในรูปแบบการทดลองวิ่งลดระยะทาง - ในทางกลับกัน ความรู้สึกเมื่อยล้ามากกว่าในการทดลองรูปแบบเพิ่มระยะทางแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

La= lactate; GH= growth hormone; IGF-1= insulin-like growth factor 1; IGFBP-3= insulin-like growth factor binding protein 3; TT= testosterone; IL-1= interlukin-1; IL-6= interlukin-6; IL-1ra= interlukin-1 receptor antagonist

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Coffey et al. (2009)	ชาย จำนวน 6 คน (24.7 ปี)	กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง 2 ครั้ง โดยฝึกแบบแอโรบิก (AE) ควบคู่กับการฝึกด้วยแรงต้าน (RE) แต่จะครั้งจัดลำดับการฝึกก่อนและหลังสลับกัน (AE+RE และ RE+AE) - ฝึกแบบแอโรบิก (AE) โดยปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด (Repeated sprints) 6 วินาที จำนวน 10 รอบ ที่ความหนัก 0.75 Nm torque ⁻¹ .kg ⁻¹ พักระหว่างรอบ 49 วินาที - ฝึกด้วยแรงต้าน (RE) ฝึกท่า Leg extension 8 เซต เซตละ 5 ครั้ง ความหนัก 80 % 1RM พักระหว่างการฝึก 15 นาที	-	การสังเคราะห์โปรตีน - ช่วงเริ่มต้น (RE) p-p70S6K และ p-rps6 เพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่อ (RE) ตามด้วย (AE) - p-Akt เพิ่มขึ้นเมื่อ (RE) ตามด้วย (AE) - การเปลี่ยนแปลงของ p-TSC2, p-mTOR และ p-AMPK ไม่มากนักและการจัดลำดับของการฝึกไม่มีผล การแสดงออกของยีน - MuRF-1 mRNA เพิ่มขึ้นเมื่อ (AE) ตามด้วย (RE) - IGF-1 mRNA ลดลงจากขณะพัก การจัดลำดับของการฝึกไม่มีผล โดยสรุป (AE) แบบ (Repeated sprints) ทำให้การตอบสนองด้าน Anabolic จากการฝึก (RE) ลดลง โดยการลด Anabolic และเพิ่ม Catabolic ในช่วงเริ่มต้นของการพักฟื้นสภาพ

AE= aerobic exercise; RE= resistance exercise; RM= repetition maximum; p-p70S6K= 70 kDa ribosomal s6 protein kinase; rps6= ribosomal protein s6; TSC2= tuberous sclerosis complex 2; mTOR= mammalian (mechanistic) target of rapamycin; AMPK= adenosine monophosphate-activated protein kinase; MuRF-1= muscle ring-finger 1; mRNA= messenger RNA; IGF-1= insulin-like growth factor 1

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่ม ตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Rosa et al. (2015)	ชาย จำนวน 14 คน (24.7 ปี)	แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 คน - กลุ่มฝึกความอดทนตามด้วยความแข็งแรง (endurance-strength (ES)) - กลุ่มฝึกความแข็งแรงตามด้วยความอดทน (strength-endurance (SE)) - เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาการ เปลี่ยนแปลงของ TT COR GH และ IGFBP- 3 ก่อนและหลังการทดลอง	-	- พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างลำดับการฝึกและช่วงเวลาใน IGFBP-3 - TT และ IGFBP-3 เพิ่มขึ้นในกลุ่ม (ES) ภายหลังการทดลอง ส่วนกลุ่ม (SE) ไม่ เปลี่ยนแปลง - COR และ GH เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่มภายหลังการทดลอง - ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฮอร์โมน - การจัดลำดับการฝึกแบบ (ES) ช่วยเพิ่มสภาวะ Anabolic แบบเฉียบพลัน
Cadore et al. (2012)	ชาย จำนวน 10 คน (23.5 ปี)	กลุ่มตัวอย่างทุกคนทำการทดลอง 2 รูปแบบ - ฝึกความอดทนตามด้วยความแข็งแรง (ES) - ฝึกความแข็งแรงตามด้วยความอดทน (SE) - เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาการ เปลี่ยนแปลงของ TT และ COR ก่อน ระหว่าง และหลังการทดลอง	-	- TT เพิ่มขึ้นเฉพาะกลุ่ม (ES) ภายหลังการทดลอง - COR เพิ่มขึ้นหลังจากฝึกรูปแบบแรกและกลับสู่ระดับเดียวกับขณะพักภายหลังการ ทดลองทั้งสองกลุ่ม - การจัดลำดับการฝึกแบบ (ES) ช่วยเพิ่ม TT ในระยะเวลาอันสั้นและที่การฝึกความ อดทนระดับความหนักปานกลาง

TT= testosterone; COR= cortisol; GH= growth hormone; IGFBP-3= insulin-like growth factor binding protein 3

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	กลุ่ม ตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Schumann et al. (2014)	ชาย จำนวน 29 คน (30 ปี)	แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ทำการฝึกตาม โปรแกรมเป็นเวลา 24 สัปดาห์ - กลุ่มฝึกความอดทนตามด้วยความแข็งแรง 12 คน (endurance-strength (ES)) - กลุ่มฝึกความแข็งแรงตามด้วยความอดทน 17 คน (strength-endurance (SE)) - ทำการทดสอบพลังโดยปั่นจักรยานวัดงาน และทดสอบความแข็งแรงด้วยการยกน้ำหนัก ในท่า Leg press เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและ เอนไซม์ต่าง ๆ ก่อนและหลังการฝึก 24 สัปดาห์	24	- การลดลงของแรงกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่ม - ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 24 GH (22-kDa) เพิ่มขึ้นเฉียบพลันหลังได้รับ งานทั้ง 2 กลุ่ม โดยกลุ่ม (SE) มีค่าสูงกว่ากลุ่ม (ES) - ไม่พบความแตกต่างการตอบสนองแบบเฉียบพลันของ TT ทั้งก่อนการฝึกและหลังการ ฝึกสัปดาห์ที่ 24 อย่างไรก็ตาม ก่อนการฝึก TT ลดลงภายหลังการทดลอง 24 และ 48 ชั่วโมงในกลุ่ม (ES) - 1 RM พัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม (ES) 13% และ (SE) 17% โดยสรุป การจัดลำดับการฝึก (ES vs. SE) ส่งผลต่อระดับ TT ระหว่าง 2 วันของการฟื้น สภาพช่วงก่อนการฝึก และ TT ช่วงของการฟื้นสภาพลดลงหลังจากการฝึก 24 สัปดาห์ ความแตกต่างของระดับ TT ระหว่างการพักฟื้นสภาพอาจไม่ส่งผลต่อพัฒนาการด้าน ความแข็งแรง

TT= testosterone; GH= growth hormone (22-kDa)

ตาราง 3 (ต่อ)

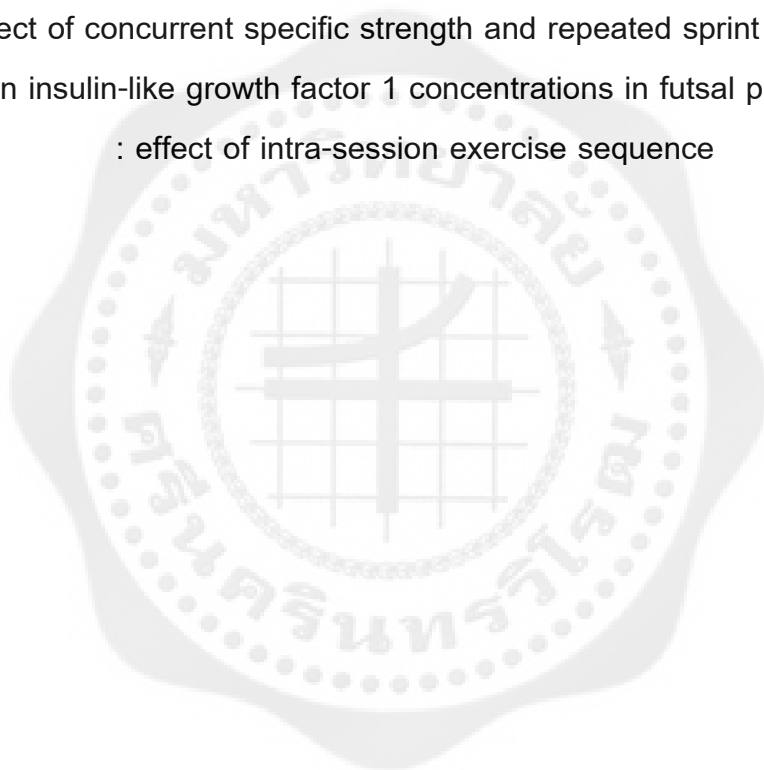
ผู้วิจัย	กลุ่ม ตัวอย่าง	การออกแบบการทดลอง รูปแบบของการฝึก	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ผลการศึกษา
Stokes et al. (2005)	ชาย จำนวน 8 คน (23 ปี)	กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดลอง 3 ครั้งโดยครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 เว้นระยะ 7 วัน ครั้งที่ 3 ทำการทดลองในวันถัดจากการทดลองครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 1 ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างรอบ 60 นาที - ครั้งที่ 2 ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างรอบ 240 นาที - ครั้งที่ 3 ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 030 วินาที เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ FFA GH IGF-1 free IGF-1 binary complex IGF-1:IGFBP-1 และ IGFBP-1 ขณะพักและช่วงพักหลังจากการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้ง	1	- การทดลองครั้งที่ 1 GH ยกกระดืบขึ้นก่อนการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดรอบที่ 2 แต่ไม่พบการเพิ่มขึ้นหลังจากนั้น - free IGF-1 มีแนวโน้มลดลงต่ำลงก่อนการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดรอบที่ 2 มากกว่ารอบที่ 1 - FFA ไม่แตกต่างกันก่อนการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้ง - ไม่พบความแตกต่างของระดับ GH ต่อการตอบสนองการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 - สรุป การปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้งในวันเดียวกันอาจส่งผลทำให้ GH ลดลง หรือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาพักระหว่างการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละครั้ง

FFA= free fatty acid; GH= growth hormone; IGF-1= insulin-like growth factor 1; IGFBP-1= insulin-like growth factor binding protein 1

บทที่ 3
การศึกษาที่ 1

ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด
แบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของความเข้มข้น
อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตซอล
: ผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน

Effect of concurrent specific strength and repeated sprint training
on insulin-like growth factor 1 concentrations in futsal players
: effect of intra-session exercise sequence



**ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด
แบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของความเข้มข้น
อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล
: ผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน**

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี¹ นันทพล ทองนิลพันธ์² อมรพันธ์ อัจจิมาพร³ และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศ
เดชกุล¹

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²กองวิทยาศาสตร์การกีฬา ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย

³วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกันของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล

วิธีการดำเนินการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชายระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 12 คน (อายุ 20 ± 1 ปี น้ำหนัก 63 ± 8 กิโลกรัม ส่วนสูง 169 ± 5 เซนติเมตร ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 54.20 ± 5.54 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที) ถูกสุ่มและมอบหมายให้ทำการทดลองทั้ง 2 การทดลอง ประกอบด้วย 1) การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (การฝึกความแข็งแรง 3 ท่า 2 เซต ความหนัก 70% 1 RM และกระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที) ติดตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (2 เซต เซตละ 7 รอบ ระยะทางไป-กลับ 30 เมตร พักระหว่างรอบ 20 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที) หรือ 2) การฝึกในรูปแบบกลับกัน โดยมีระยะห่างระหว่างการทดลอง 14 วัน เก็บตัวอย่างเลือดก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองและ 30 นาที ภายหลังการทดลองของแต่ละรูปแบบการฝึก เพื่อหาค่าความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แลคเตท และตัวแปรค่าแก๊สในเลือด ได้แก่ ค่าพีเอช ไบคาร์บอเนตและค่าต่างเกิน

ผลการวิจัย ระดับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในซีรัมของการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (248.82 ± 49.52 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) สูงกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (214.66 ± 46.64 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ขณะที่ภายหลังการทดลอง 30 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระดับค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือดสูงขึ้นกว่า ขณะที่ ค่าพีเอช ไบคาร์บอเนตและค่าต่างเกินต่ำกว่า

ในการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และช่วงภายหลังการทดลอง 30 นาที ($p < 0.01$)

สรุปผลการทดลอง การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดสูงขึ้น และส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายนสูงกว่าการฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม ดังนั้นในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกันควรเลือกการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพื่อเพิ่มการตอบสนองของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด

คำสำคัญ การฝึกแบบควบคุม การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ อินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ฟุตซอล



**Effect of concurrent specific strength and repeated sprint training
on insulin-like growth factor 1 concentrations in futsal players
: effect of intra-session exercise sequence**

Krirkwit Phongsri¹ Nuntapol Tongnillpant² Amornpan Ajjimaporn³ and Supaporn Silalertdetkul¹

¹ Department of Sports Science, Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University

² Sports Science Division, Sports Science Centre, Sports Authority of Thailand

³ College of Sports Science and Technology, Mahidol University

Abstract

Objective: The aim of this study was to examine the influence of intra-session sequencing of concurrent specific strength and repeated sprint training on circulating insulin-like growth factor 1 (IGF-1) in futsal players.

Methods: Twelve male university futsal players (20 ± 1 years, 63 ± 8 kg, 169 ± 5 cm, $VO_2 \text{ max} = 54.20 \pm 5.54 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, mean $\pm$ SD) were randomly assigned to complete two trials of experimental test consisted of 1) specific strength training (SST) (3 strength exercises $\times$ 2 sets at 70% 1-RM with 5 vertical jumps over 40 cm hurdles, each set separated by 3 mins rest) and repeated sprint training (RST) (7 $\times$ 2 sets of 30 m maximal shuttle sprints, set separated by 5 mins rest)(SST: RST) or 2) vice versa (RST: SST), with each trial separated by 14 days. Blood samples were collected at before, immediately after, and 30 mins following the concurrent training sessions to determine the level of serum IGF-1, lactate, and blood gas parameters including pH, HCO_3^- , and base excess.

Results: Serum IGF-1 concentrations in SST: RST were significant higher than in RST: SST (SST: RST: $248.82 \pm 49.52 \text{ ng/ml}$ vs. RST: SST: $214.66 \pm 46.64 \text{ ng/ml}$, $p < 0.01$) at immediately after the concurrent training sessions. No significant different at 30 mins following the concurrent training sessions in both trials. Blood lactate was higher whereas pH, HCO_3^- , and base excess were significantly lower in the SST: RST compared with RST: SST ($p < 0.01$) at immediately after and 30 mins following the concurrent training sessions ($p < 0.01$).

Conclusions: SST followed by RST resulting induced IGF-1 concentrations and acidosis higher than in RST: SST. Therefore, if performed within the same training session concurrent SST followed by RST should be applied to increase IGF-1 in the circulation.

Keywords: Concurrent training, Specific strength training, Repeated sprint training, Insulin-like growth factor 1 (IGF-1), Futsal

บทนำ

กีฬามวยปล้ำเป็นกีฬาประเภททีมที่มีลักษณะระดับความหนักสูงแบบหนักสลับช่วง (Intermittent high intensity) (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Rodrigues et al., 2011) โดยตลอดเกมการแข่งขัน นักกีฬามวยปล้ำต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงและสูงสุด (Barbero-Alvarez et al., 2008; Caetano et al., 2015; Castagna et al., 2009) ดังนั้น พลังของกล้ามเนื้อร่างกายส่วนล่างถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการมีประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวที่ดี ความเร็วในการวิ่ง ความอดทน ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อเพื่อการเตะ ปะทะ กลับตัว กระโดด การเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Castagna et al., 2009; Oliveira et al., 2013) จะเห็นได้ว่าความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญมากในนักกีฬามวยปล้ำ การนำเอารูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายทั้งสองด้านมาทำการฝึกควบคู่กันในการฝึกครั้งเดียวกัน อาจส่งผลดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเวลาของการฝึกซ้อมมีจำกัด

การฝึกแบบควบคู่ (Concurrent training) คือ การนำเอารูปแบบการฝึก 2 รูปแบบที่แตกต่างกันมาทำการฝึกร่วมกัน (Hickson, 1980) จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ผลการศึกษามีความขัดแย้งกัน ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างของลักษณะของรูปแบบวิธีการฝึก การกำหนดปริมาณและความหนักของการฝึก และการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกในงานวิจัยดังกล่าว (Garcia-Pallares & Izquierdo, 2011; Leveritt, Abernethy, Barry, & Logan, 2003; Leveritt et al., 1999; Wilson et al., 2012) ผลการศึกษาจากงานวิจัยส่วนหนึ่งรายงานว่า การแบบฝึกควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงในรูปแบบต่าง ๆ และการฝึกความอดทนทั้งในรูปแบบที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องและหนักสลับช่วงที่ระดับความหนักต่าง ๆ ส่งผลทำให้พัฒนาการด้านความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อมีแนวโน้มลดลงหรืออาจจะพัฒนาได้ไม่เต็มที่เมื่อเปรียบเทียบกับกรฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว (Dudley & Djamil, 1985; Hakkinen et al., 2003; Hickson, 1980; Kraemer et al., 1995) อีกทั้งยังมีรายงานการศึกษาที่พบว่าพัฒนาการด้านความอดทนอาจลดลงซึ่งเป็นผลจากการฝึกแบบควบคู่ (Glowacki et al., 2004) อย่างไรก็ตามในทางกลับกันงานวิจัยบางส่วนไม่พบอุปสรรคที่ส่งผลกระทบต่อพัฒนาการด้านความแข็งแรงและความอดทนที่เกิดจากการฝึกแบบควบคู่ กล่าวคือทั้งความแข็งแรงและความอดทนพัฒนาขึ้นจากการฝึกแบบควบคู่ (Balabinis et al., 2003; McCarthy, Pozniak, & Agre, 2002) โดยปกติแล้วโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬามวยปล้ำ จะกำหนดให้นักกีฬามวยปล้ำทำการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ แต่ยังไม่มีการศึกษาว่ารูปแบบการจัดลำดับการฝึกรูปแบบใดที่ให้ผลดีกว่ากัน อีกทั้งข้อมูลเกี่ยวกับการตอบสนองของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬามวยปล้ำยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากทำการฝึกพัฒนาสมรรถภาพดังกล่าวควบคู่กันในการฝึกครั้งเดียวกัน

อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (Insulin-like growth factor 1 (IGF-1)) คือ ฮอรโมนที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารชีวโมเลกุล (Anabolic hormone) มีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลาย (Nindl & Pierce, 2010) มีผลต่อกระบวนการสร้าง การพัฒนารูปแบบ การคงสภาพ และการสร้างขึ้นกลับคืนของกล้ามเนื้อลาย (Frystyk, 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าฮอรโมนดังกล่าวนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน (Dall et al., 2001) เกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของกลูโคสในร่างกายโดยกระตุ้นการดูดซึมกลูโคสของกล้ามเนื้อลาย (Berg & Bang, 2004) ฮอรโมนชนิดนี้จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาความแข็งแรงเชื่อมโยงไปถึงประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬา จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการฝึกและภายหลังจากการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงในระยะเฉียบพลัน (Gregory et al., 2013; Kraemer et al., 1991; Rubin et al., 2005) การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Meckel et al., 2011; Nemet et al., 2004) และเป็นที่น่าสนใจว่าการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทน ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นในระยะเฉียบพลัน (Gregory et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกความอดทนโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ควบคู่กับการฝึกด้วยแรงต้าน โดยมีการจัดลำดับของการฝึกแตกต่างกันส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แตกต่างกัน (Coffey et al., 2009; Coffey, Pilegaard, et al., 2009) ดังนั้นอาจจะเป็นไปได้ว่าการฝึกแบบควบคุมที่ประกอบด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญและมีความเฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลในการวิจัยครั้งนี้ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระยะเฉียบพลัน แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการจัดลำดับรูปแบบการฝึกแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามการฝึกในรูปแบบหนักสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงและการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการควบคุมการรักษาสมดุลกรดและด่างในร่างกาย และทำให้เพิ่มสภาวะความเป็นกรดอย่างเฉียบพลันในระบบไหลเวียนเลือดและกล้ามเนื้อ ค่าพีเอชลดลง (Gordon, Kraemer, Vos, Lynch, & Knuttgen, 1994) จากรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ กล่าวว่า

ค่าพีเอชภายนอกเซลล์เกี่ยวข้องกับการควบคุมปฏิสัมพันธ์ของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 กับส่วนประกอบของสารที่อยู่ภายนอกเซลล์ (Extracellular Matrix (ECM)) และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดรวมกับโปรตีน (Insulin-like growth factor-binding protein (IGFBP)) ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (Forsten-Williams et al., 2007) นอกจากนี้การที่ค่าพีเอชภายนอกเซลล์ลดลงอาจส่งผลต่อความเมื่อยล้า ลดประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อและการฟื้นฟูสภาพของร่างกายนักกีฬา

การประเมินการตอบสนองในระยะเฉียบพลันจากการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสมดุลดกรดและต่างในร่างกายซึ่งอาจจะส่งผลต่อการตอบสนองของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 อันเป็นผลมาจากการฝึก โดยการตอบสนองดังกล่าวอาจเกิดจากผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน เนื่องจากการฝึกในรูปแบบที่เป็นการฝึกลำดับแรกอาจส่งผลกระทบต่อการฝึกในรูปแบบที่เป็นการฝึกลำดับต่อมา ซึ่งอาจมีผลทำให้การตอบสนองระยะเฉียบพลันจากการฝึกของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 รวมถึงฮอร์โมนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องแตกต่างกัน (Cadore et al., 2012; Cadore et al., 2013; Chtara et al., 2005; Schumann et al., 2013) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองระยะเฉียบพลันของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล โดยมีสมมติฐาน คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ สามารถกระตุ้นให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ยกระดับเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึก และการตอบสนองดังกล่าวจะแตกต่างกันโดยเป็นผลมาจากการจัดลำดับรูปแบบการฝึกที่ต่างกัน

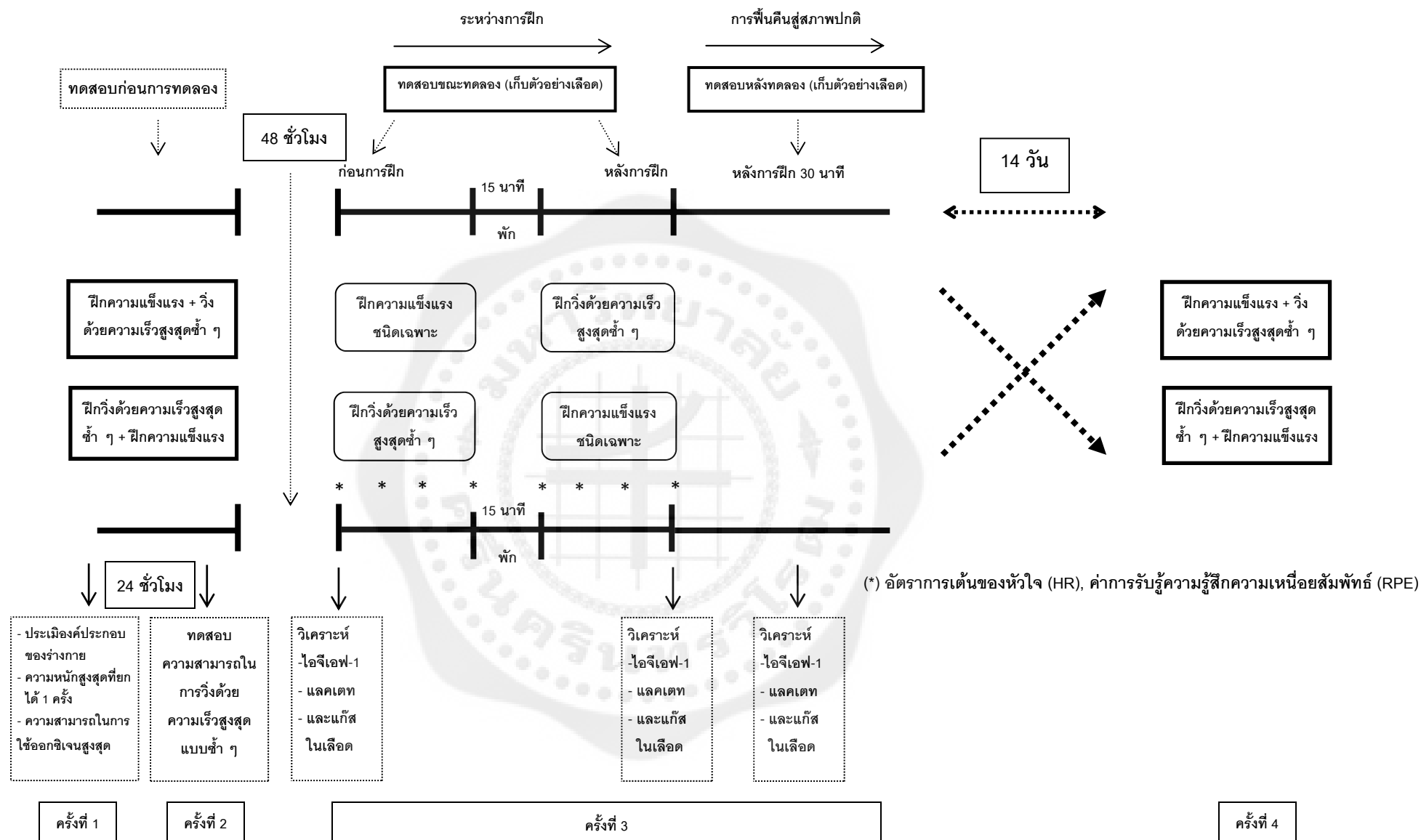
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ก่อนเริ่มทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างทุกคนลงนามในหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย (Informed Consent Form) ภายหลังจากที่ได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับ วิธีดำเนินการวิจัย ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในขณะเข้าร่วมการวิจัย และการถอนตัวหรือยุติการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ ต้องไม่ได้รับสารอาหารหรือยาประเภทที่อาจส่งผลต่อระบบฮอร์โมน กล้ามเนื้อ ก่อนการเข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน และตลอดช่วงดำเนินการวิจัย มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลไม่ต่ำกว่า 2 ปี และอยู่ในระหว่างการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลในระดับอุดมศึกษาภายในประเทศ

การออกแบบการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ใช้การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองแบบสลับไขว้กัน (A randomized cross-over design) กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มให้ทำการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ทั้ง 2 รูปแบบ คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ โดยการทดลองแต่ละรูปแบบเว้น

ช่วงห่างระหว่างการทดลอง 14 วัน และช่วงเวลาที่เข้ารับการทดลองแต่ละครั้งจะอยู่ในช่วงเวลา 06.00 น. – 10.00 น. กลุ่มตัวอย่างจะต้องเดินทางมาที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกายเป็นจำนวน 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 เพื่อทำการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย ทดสอบความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยเว้นระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบ 20 นาที ภายหลังจากการทดสอบในวันแรกแล้ว กลุ่มตัวอย่างพัก 24 ชั่วโมงก่อนกลับมาที่ห้องปฏิบัติการ ฯ ครั้งที่ 2 เพื่อทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พัก 48 ชั่วโมง จากนั้นในครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 (เว้นระยะห่าง 14 วัน) เป็นการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แลคเตทและการตรวจวิเคราะห์แก๊สในเลือดระหว่างการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมทั้ง 2 รูปแบบ คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ โดยเก็บตัวอย่างเลือดเป็นจำนวน 3 ครั้ง ก่อนการทดลอง ภายหลังจากทดลองและ 30 นาที ภายหลังจากทดลอง จำนวน 5 มิลลิลิตรต่อครั้ง รวมทั้งสิ้น 15 มิลลิลิตร รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการศึกษาที่ 1 แสดงใน (ภาพประกอบ 8)



ภาพประกอบ 8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการศึกษาที่ 1

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬาฟุตซอลระดับมหาวิทยาลัยที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี จำนวน 12 คน เพศชาย ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) ได้จากการคำนวณโดยใช้ซอฟต์แวร์ G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.2 กำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) 0.63 ซึ่งอ้างอิงการคำนวณจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Rosa et al., 2015) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power) ร้อยละ 80 อายุและขนาด องค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างแสดงใน (ตาราง 5)

วิธีการดำเนินการทดลอง

การทดสอบก่อนการทดลอง

การประเมินองค์ประกอบของร่างกาย

กลุ่มตัวอย่างรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกายเวลา 6.00 น. เพื่อทำการชั่งน้ำหนักตัวด้วยตาชั่งมาตรฐาน (DEFENDER® 3000, OHAUS Corporation, Parsippany, New Jersey, United States of America) วัดส่วนสูงและประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่องมือ (Dual-energy-X-ray absorptiometry) (DXA; GE Lunar DPX-NT, General Electric Company, Fairfield, Connecticut, United States of America) กลุ่มตัวอย่างอยู่ในท่านอนหงายบนเครื่องมือตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ผลการประเมินองค์ประกอบของร่างกายวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ enCORE เวอร์ชัน 13.60 (enCORE software, version 13.60, GE Lunar)

การทดสอบความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง

การทดสอบหาค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1 Repetition maximum (1RM)) ในท่า บาร์เบล สควอท (Barbell squat) ท่าลายอิง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) ด้วยเครื่องฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight machines) (Precor, Precor Incorporated, Woodinville, Washington, United States of America) เพื่อนำข้อมูลไปกำหนดโปรแกรมการฝึก โดยผู้วิจัยแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายด้วยการยกน้ำหนักในท่านั้น ๆ ที่ความหนักระดับต่ำ จำนวน 5-10 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที ผู้วิจัยประมาณการน้ำหนักที่จะเพิ่มให้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยกน้ำหนัก จำนวน 3-5 ครั้ง โดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างพัก 2 นาที ผู้วิจัยประมาณการน้ำหนักที่ใกล้เคียงน้ำหนักสูงสุดที่จะเพิ่มให้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยก 2-3 ครั้งโดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์อีกครั้ง จากนั้นกลุ่มตัวอย่างพัก 3 นาที ผู้วิจัยเพิ่มน้ำหนักอีกครั้ง 10-20 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างสามารถยกน้ำหนักได้สำเร็จใน 1 ครั้งด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง เหมาะสม ถือเป็นค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งของท่าทางการฝึกแต่ละท่า ระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบในแต่ละท่าทางการฝึก 5 นาที

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) กระทำในห้องปฏิบัติการ ควบคุมอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ 23-25 องศาเซลเซียส โดยให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายเฉพาะบุคคลเป็นเวลา 5 นาที ด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ (Static stretching) ประมาณ 1 นาที ในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ต้นขาด้านหน้า และน่อง จากนั้นวิ่งเหยาะๆ 2 นาที แล้วทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดิม 2 นาที จากนั้นกลุ่มตัวอย่างสวมใส่หน้ากากและอุปกรณ์ของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas exchange analyzer) (CardioCoachCO₂, Korr Medical Technologies, Inc., Salt Lake City, Utah, United States of America) การทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกระทำบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Mercury, h/p/ Cosmos Sports and Medical GmbH, Nussdorf-Traunstein, Germany) ปรับระดับความชันของลู่วิ่งไฟฟ้าตลอดการทดสอบที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มตัวอย่างเริ่มวิ่งที่ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและเพิ่มความเร็วขึ้นอีก 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างหมดแรง (Alvarez et al., 2009) ขณะเดียวกันอัตราการเต้นของหัวใจจะถูกบันทึกทุก ๆ 5 วินาที ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar RS800CX, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) ตลอดการทดสอบ ซึ่งเวลาเฉลี่ยรวมตลอดการทดสอบจะอยู่ที่ประมาณ 8-12 นาที โดยก่อนเริ่มการทดสอบแต่ละครั้ง จะต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) (Dieli-Conwright, Jensky, Battaglia, McCauley, & Schroeder, 2009) การได้มาซึ่งค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะพิจารณาจากเกณฑ์ต่าง ๆ 3 ใน 5 ข้อ ดังต่อไปนี้ อัตราการใช้ออกซิเจนเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อมีการเพิ่มความเร็วขึ้นอีกระดับหนึ่ง อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.1 อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่าง ± 10 ครั้งต่อนาที จากการคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจากสูตร ($220 - \text{อายุ}$) ค่าการรับรู้ความรู้สึกความเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ (RPE) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 18 และกลุ่มตัวอย่างหมดแรงไม่สามารถปฏิบัติทดสอบต่อไปได้

การทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

การทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Repeated sprint ability (RSA) test) ด้วยเครื่องวัดความเร็ว อัตราเร่ง และความคล่องแคล่วว่องไว (Smart speed, Fusion sport, Brisbane, Australia) กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 7 นาที ซึ่งประกอบด้วย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ (Static stretching) ประมาณ 1 นาที ในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ต้นขาด้านหน้า และน่อง จากนั้นวิ่งเหยาะๆ 2 นาที จากนั้นทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดิม 2 นาที และตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็ว

ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วยุติสุด ไป-กลับ ระยะทาง 20 เมตร จำนวน 2 รอบ จากนั้นเริ่มการทดสอบโดยกลุ่มตัวอย่างจะทำการทดสอบด้วยการวิ่งด้วยความเร็วยุติสุดไป-กลับระยะทาง 20 เมตร แต่ละรอบใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 40 เมตร ซึ่งจะต้องทดสอบทั้งหมด 6 รอบ และแต่ละรอบพัก 20 วินาที บันทึกระยะเวลาที่วิ่งได้ในแต่ละรอบ และคำนวณหาค่าเวลาที่ดียุติสุดจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{best}) เวลาเฉลี่ยจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{mean}) เวลาที่ยุติสุดจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{worst}) และเปอร์เซ็นต์ของความเร็วยุติลดลง ($RSA_{decrement}$) โดยคำนวณจากสูตรของ (Fitzsimons, Dawson, Ward, & Wilkinson, 1993) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของความเร็วยุติลดลง (RSA}_{decrement}\text{)} = [100 - (\text{เวลารวม} / \text{เวลาที่ดียุติสุด} \times 100)]$$

โดย เวลารวม = เวลารวมของการวิ่งทั้ง 6 รอบ (วินาที) และเวลาที่ดียุติสุด = 6 x เวลาที่ยุติสุดจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{best}) (วินาที)

การดำเนินการทดลอง

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

ภายหลังการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วยุติสุดแบบซ้ำ ๆ 48 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 (แต่ละครั้งเว้นระยะห่าง 14 วัน) เวลา 6.00 น. เพื่อทำการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลิน ไคโรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แลคเตทและการตรวจวิเคราะห์แก๊สในเลือดระหว่างการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมทั้ง 2 รูปแบบ กลุ่มตัวอย่างงดน้ำและอาหารอย่างน้อย 10 ชั่วโมงก่อนเริ่มการทดลอง เจาะเลือดกลุ่มตัวอย่างจากเส้นเลือดดำบริเวณด้านในของข้อพับของแขน (Median cubital vein) เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน 3 ครั้ง ก่อนการทดสอบ ภายหลังการทดสอบ และ 30 นาทีภายหลังการทดสอบ จำนวน 5 มิลลิลิตรต่อครั้ง รวมทั้งสิ้น 15 มิลลิลิตร นำเลือดใส่ในหลอดสุญญากาศ (VACUETTE, Greiner Bio-One, Chonburi, Thailand) และเลือดส่วนหนึ่งจำนวนประมาณ 95 ไมโครลิตรใส่แผ่นรองรับเลือด (Cartridges) นำไปวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (Blood lactate) และตรวจวิเคราะห์แก๊สในเลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สในเลือด (i-STAT, Abbott, Princeton, New Jersey, United States of America) ทันที ขณะเดียวกันนำตัวอย่างเลือดในหลอดสุญญากาศภายหลังการตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (20-25 องศาเซลเซียส) ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (NF 400R, Nüve, Ankara, Turkey) ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแยกซีรัมไปเก็บไว้ที่ตู้ทำ

ความเย็น (BIOBASE, Biobase Biodustry (Shandong), Shandong, China) อุณหภูมิลบ 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในซีรัมโดยใช้วิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (R&D Systems, Minneapolis, Minnesota, United States of America)

โปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคู่

โปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคู่ (Concurrent Training) ระหว่างการฝึกความแข็งแรงของชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน พัฒนาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Sedano, Marin, Cuadrado, & Redondo, 2013; Soares-Caldeira et al., 2014) และผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ภาคผนวก ข) รายละเอียดของการฝึกประกอบไปด้วย

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

เป็นการฝึกแบบผสมผสานระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและพลัยโอเมทริกประกอบไปด้วยท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) แต่ละท่าทำการฝึก 2 เซต เซตละ 7 ครั้ง ที่ความหนัก 70 % ของค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง การฝึกแรงต้านแต่ละท่าจะรวมเอาการฝึกพลัยโอเมทริกที่เน้นการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้ออย่างค้ำส่วนล่างด้วยการกระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง ทำการฝึกบนพื้นยางสังเคราะห์ ระยะเวลาพักระหว่างเซตและระหว่างท่าทางการฝึก 3 นาที รวมระยะเวลาการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะประมาณ 25 นาที โปรแกรมการฝึกแสดงใน (ตาราง 4)

ตาราง 4 โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ	เซต/ จำนวนครั้ง/ ความหนัก/ จำนวนครั้ง/ ระยะเวลาพัก
ท่าบาร์เบล สควอท + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ+ กระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

โปรแกรมการฝึกประกอบไปด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จำนวน 2 เซต เซตละ 7 รอบ ระยะทางไป-กลับ 30 เมตร (ไป 15 เมตร และกลับ 15 เมตร ตามลำดับ) พักระหว่างรอบ 20 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที รวมระยะเวลาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ประมาณ 15 นาที โดยระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที รวมระยะเวลาการฝึกประมาณ 55 นาที

ระหว่างการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมทั้ง 2 รูปแบบ ผู้วิจัยทำการบันทึกและประเมินอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar Team 2, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) และค่าการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยสัมพัทธ์ (Rating of Perceived Exertion: RPE Borg Scale) (Borg, Hassmen, & Lagerstrom, 1987) ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนภายหลังการฝึกแต่ละเซตจนเสร็จสิ้นการทดลอง

การควบคุมอาหารและการออกกำลังกาย

เพื่อป้องกันผลข้างเคียงของอาหารและการออกกำลังกาย ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในระหว่างการทดลอง กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำให้งดการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมกีฬาทุกชนิดก่อนเข้ารับการทดลองเป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างต้องทำการบันทึกการรับประทานอาหารที่บริโภคทุกมื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยกลุ่มตัวอย่างต้องบริโภคอาหารรายการเดียวกันก่อนการทดลองทั้ง 2 ครั้ง นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างต้องงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน งดการสูบบุหรี่ เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนการทดลอง

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ทดสอบความเป็นปกติของการแจกแจงข้อมูลทุกตัวแปรด้วยสถิติชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) เพื่อการเลือกใช้สถิติชนิดใช้พารามิเตอร์ หากการแจกแจงของข้อมูลของตัวแปรใดไม่เป็นปกติจะเลือกใช้สถิติชนิดไม่ใช้พารามิเตอร์ ใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired samples t- test) วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลช่วงก่อนการทดลองระหว่าง 2 รูปแบบการฝึก พบว่า ค่าพีเอชในเลือด ก่อนการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance (ANCOVA)) เพื่อควบคุมปริมาณของตัวแปรในช่วงก่อนการทดลอง ขณะที่ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรวมของอัตราการเต้นของหัวใจและค่าการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง 2 รูปแบบการฝึกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired samples t- test)

การเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับช่วงเวลา (Trial x time) และความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แลคเตท ไบคาร์บอเนต และค่าต่างกันในเลือด ระหว่างรูปแบบการฝึก ในช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึกและหลังการฝึก 30 นาที โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองปัจจัย (รูปแบบการฝึกกับช่วงเวลา) แบบวัดซ้ำ (Two-factor analysis of variance (ANOVA) with repeated measures) หากพบปฏิสัมพันธ์จะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

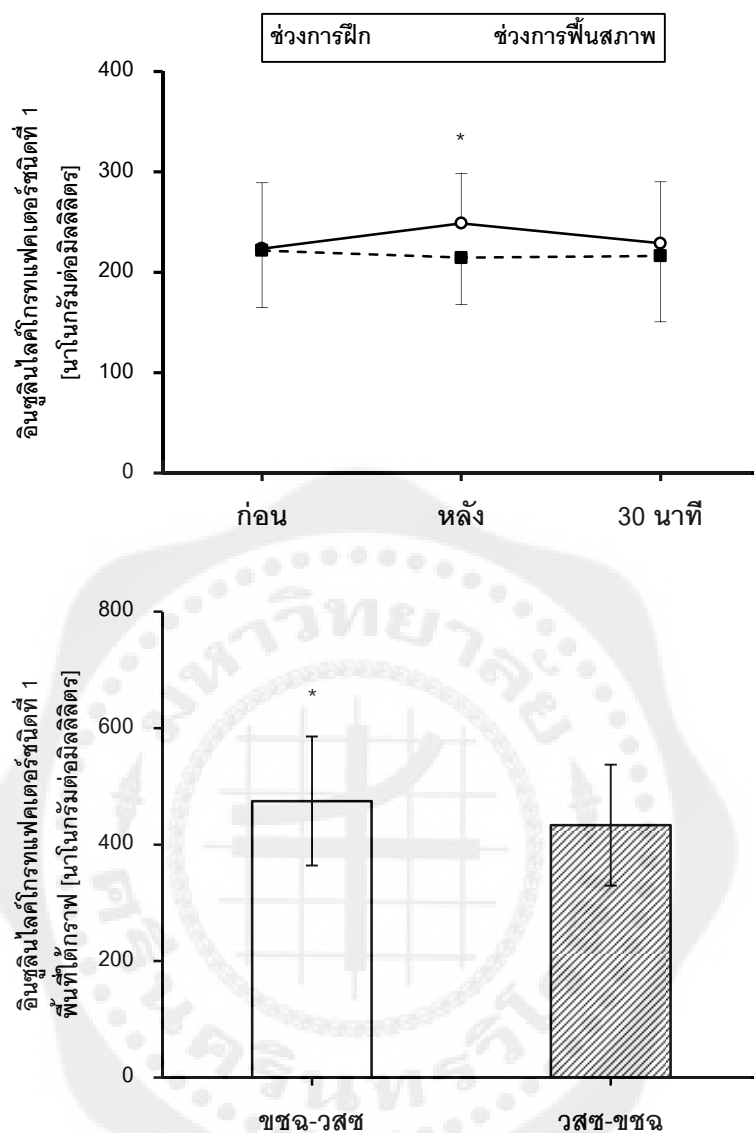
หากพบว่ามีความสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของรูปแบบการฝึก จะใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired samples t- test) ทดสอบความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แลคเตท ไบคาร์บอเนต และค่าต่างกันในเลือด ระหว่างรูปแบบการฝึกในแต่ละช่วงเวลาทั้ง 3 ช่วงเวลา และหากพบว่ามีความสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของเวลา จะใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures) และทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) เพื่อดูความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลา ของแต่ละรูปแบบการฝึก

ใช้วิธีการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของแต่ละรูปแบบการฝึกและวิเคราะห์ความแตกต่างของพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวโดยใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired samples t- test) ในการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้ซอฟต์แวร์ทางสถิติ G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.2 (G-Power statistical software version 3.1.9.2; University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) (Faul, Erdfelder, Buchner, & Lang, 2009) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS version 21, IBM, Chicago, Illinois, United States of America)

ผลการวิจัย

ตาราง 5 แสดงลักษณะและผลการทดสอบสมรรถนะทางสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ลักษณะและการทดสอบสมรรถนะทางสรีรวิทยา	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	19.92 $\pm$ 1.38
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	169.42 $\pm$ 4.91
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	63.30 $\pm$ 8.33
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	14.68 $\pm$ 6.30
น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน (กิโลกรัม)	49.03 $\pm$ 3.65
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที)	54.20 $\pm$ 5.54
ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง	
ท่าบาร์เบล สควอท (กิโลกรัม)	108.33 $\pm$ 22.90
ท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล (กิโลกรัม)	107.50 $\pm$ 11.62
ท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (กิโลกรัม)	128.33 $\pm$ 20.82
ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ	
เวลาที่ดียิ่งสุด (วินาที)	7.39 $\pm$ 0.28
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	7.74 $\pm$ 0.29
เวลาที่ช้าที่สุด (วินาที)	8.05 $\pm$ 0.33
เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง (เปอร์เซ็นต์)	4.80 $\pm$ 1.72



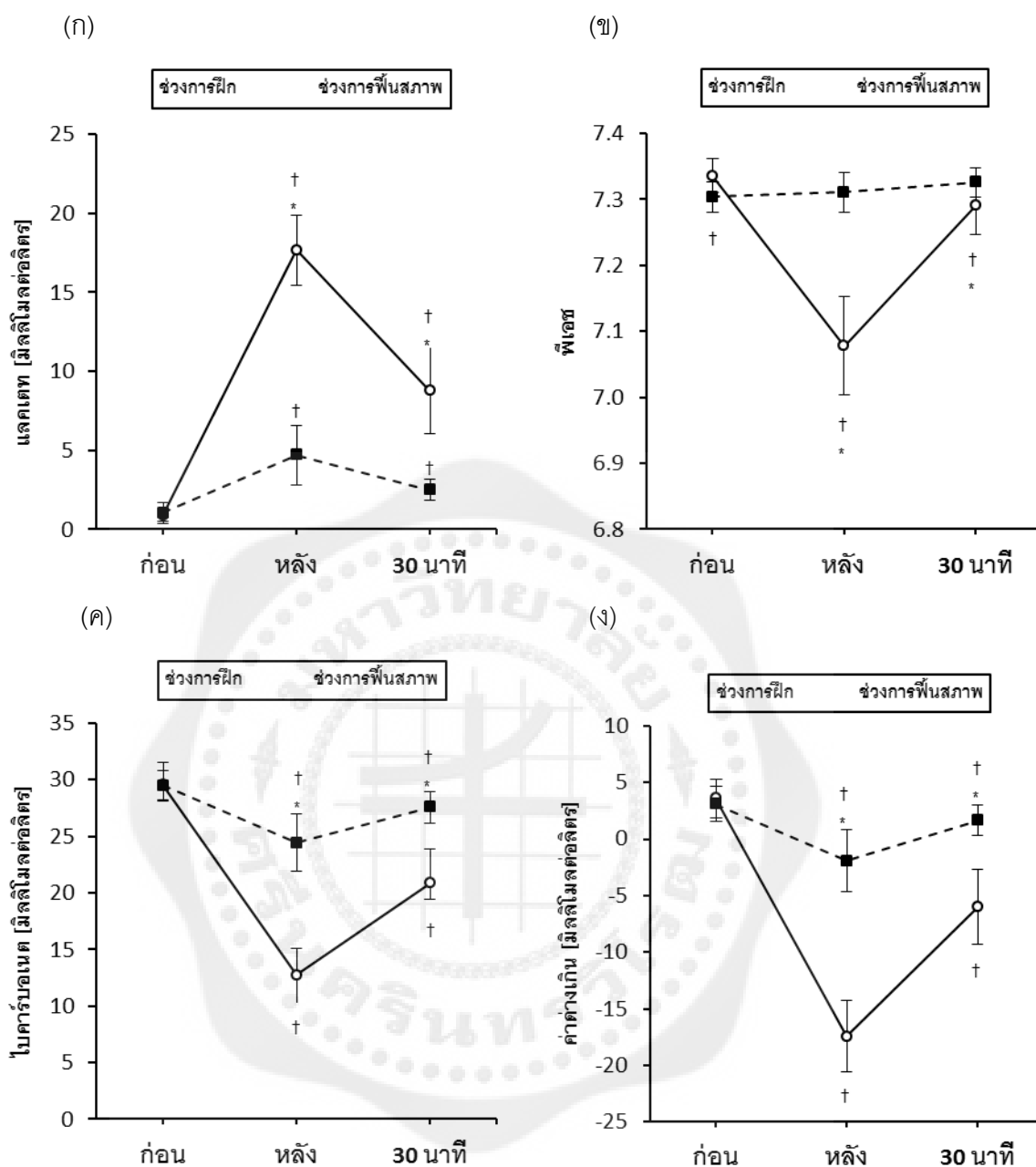
ภาพประกอบ 9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรท แพคเตอร์ชนิดที่ 1 (บน) และพื้นที่ใต้กราฟ (ล่าง) ต่อการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรง ชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (ขชฉ-วสช) (○) และการฝึกวิ่ง ด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (วสช-ขชฉ) (■) (จำนวน 12 คน) * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < 0.01$) ระหว่างรูปแบบการฝึกในแต่ละช่วงเวลา

อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1

ผลการศึกษาการตอบสนองของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ต่อการฝึกแบบควบคุมทั้งสองรูปแบบ (ภาพประกอบ 9 บน) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับเวลา อิทธิพลของรูปแบบการฝึก แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลา (two-way ANOVA; trial x time interaction, $p < 0.05$; trial, $p < 0.01$; time, $p = 0.208$) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในซีรัม ก่อนการทดลองในทั้งสองรูปแบบการฝึกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.75$) (การฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ 223.67 ± 65.68 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ 221.82 ± 56.85 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ)

ผลจากการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ มีค่าสูงกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) ภายหลังการทดลอง (248.82 ± 49.52 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และ 214.66 ± 46.64 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ภายหลังการทดลอง 30 นาที ($p = 0.15$) (การฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ 228.89 ± 61.44 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ 216.31 ± 65.53 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) และไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ ชนิดที่ 1 ในแต่ละช่วงเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการทดลองทั้งสองรูปแบบการฝึก

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ มีค่ามากกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้า ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) (475.09 ± 110.87 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และ 433.72 ± 103.74 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) (ภาพประกอบ 9 ล่าง)



ภาพประกอบ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตอบสนองของแลคเตท (ก) พีเอช

(ข) ไบคาร์บอเนต (ค) ค่าต่างเกิน (ง) ต่อการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (○) และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะ (■) (จำนวน 12 คน) † แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < 0.01$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < 0.01$) ระหว่างรูปแบบการฝึกในแต่ละช่วงเวลา

แลคเตทและการตรวจวิเคราะห์แก๊สในเลือด

จากการศึกษาการตอบสนองของค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือด (ภาพประกอบ 10 ก) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับเวลา อิทธิพลของรูปแบบการฝึก และอิทธิพลของเวลา (two-way ANOVA; trial x time interaction, $p < 0.01$; trial, $p < 0.01$; time, $p < 0.01$) โดยก่อนการทดลองระดับค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือดทั้งสองรูปแบบการฝึกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ภายหลังการทดลองระดับค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือดของการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ สูงกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับในช่วงภายหลังการทดลอง 30 นาที ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบระดับค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลา พบว่าแตกต่างกับช่วงก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองรูปแบบการฝึก ($p < 0.01$)

การตรวจวิเคราะห์แก๊สในเลือด ประกอบด้วยค่าพีเอช ไบคาร์บอเนต และค่าด่างเกิน (ภาพประกอบ 10 ข ค ง) พบว่า ค่าพีเอชในเลือด ก่อนการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) พบว่า ภายหลังการทดลองระดับค่าเฉลี่ยพีเอชในเลือดของการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่ำกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับในช่วงภายหลังการทดลอง 30 นาที ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบระดับค่าเฉลี่ยพีเอชในเลือดในแต่ละช่วงเวลา พบว่าการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ทำให้ระดับค่าเฉลี่ยพีเอชในเลือดแตกต่างกับช่วงก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ขณะที่ค่าไบคาร์บอเนต และค่าด่างเกินในเลือด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับเวลา อิทธิพลของรูปแบบการฝึก และอิทธิพลของเวลา (two-way ANOVA; trial x time interaction, $p < 0.01$; trial, $p < 0.01$; time, $p < 0.01$) โดยก่อนการทดลองระดับค่าเฉลี่ยไบคาร์บอเนตและค่าด่างเกินในเลือดทั้งสองรูปแบบการฝึกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ภายหลังการทดลองระดับค่าเฉลี่ยไบคาร์บอเนตและค่าด่างเกินในเลือดของการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่ำกว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับในช่วงภายหลังการทดลอง 30 นาที ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบระดับค่าเฉลี่ยไบคาร์บอเนตและค่าด่างเกินในเลือดในแต่ละช่วงเวลา พบว่าแตกต่างกับช่วงก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองรูปแบบการฝึก ($p < 0.01$)

การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจ ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ และเวลารวมของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในแต่ละเซต

จากการศึกษาการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจและความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ต่อการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะหรือการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน (ตาราง 6) พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะในการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กับการฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม (117 ± 2.14 ครั้งต่อนาที และ 132 ± 4.74 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ) ขณะที่ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้ง 2 รูปแบบการฝึก นอกจากนี้ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะทำการฝึก 2 รูปแบบ

การศึกษาเวลารวมของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในแต่ละเซต จากการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน (ตาราง 7) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในแต่ละเซตทั้ง 2 รูปแบบการฝึก

ตาราง 6 แสดงการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจและความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ต่อการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (ขชช) หรือการฝึกวิ่งด้วยความเร็ว สูงสุดแบบซ้ำ ๆ (วสช) ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน

	ลำดับการฝึก	รูปแบบการฝึก	ก่อนการฝึก	เซต 1	เซต 2	เซต 3	เซต 4	เซต 5	เซต 6	ค่าเฉลี่ย
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	ขชช : วสช	ขชช	66 ± 13	118 ± 11	120 ± 12	115 ± 10	117 ± 10	114 ± 9	117 ± 9	117 ± 2.14 *
	วสช : ขชช	ขชช	67 ± 12	139 ± 11	137 ± 11	131 ± 9	131 ± 9	127 ± 7	129 ± 8	132 ± 4.74
	ขชช : วสช	วสช	66 ± 13	173 ± 7	177 ± 6					175 ± 2.77
	วสช : ขชช	วสช	67 ± 12	173 ± 8	174 ± 11					173 ± 0.47
ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์	ขชช : วสช	ขชช		9 ± 1	9 ± 2	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 0.4
	วสช : ขชช	ขชช		12 ± 3	11 ± 3	11 ± 3	11 ± 3	9 ± 3	9 ± 3	11 ± 1.1
	ขชช : วสช	วสช		16 ± 2	18 ± 2					17 ± 1.5
	วสช : ขชช	วสช		16 ± 3	18 ± 2					17 ± 2.1

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < 0.01$) ระหว่างการจัดลำดับรูปแบบของการฝึก ข้อมูลนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 7 แสดงเวลารวมของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในแต่ละเซต จากการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน

	ลำดับการฝึก	เซต 1	เซต 2
เวลารวมของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (วินาที)	ขชช : วสช	42.77 ± 1.74	43.26 ± 1.99
	วสช : ขชช	42.64 ± 1.84	43.35 ± 2.32

ข้อมูลนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ขชช) คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ และ (วสช) คือ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ออกแบบการศึกษาโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคุม 2 รูปแบบการฝึก ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ ผลการวิจัย พบว่า โดยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้เกิดการตอบสนองของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้สภาวะความเป็นกรดในร่างกายสูงกว่าการฝึกในรูปแบบตรงกันข้ามภายหลังการทดลองอีกด้วย

ผลการศึกษาจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยในกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ฮอร์โมนโกรท อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 1 2 และ 3 ในระบบไหลเวียนเลือดสูงขึ้นอย่างเฉียบพลันตัวอย่างเช่นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเยาวชนเพศหญิงที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้าน 8 ท่า จำนวน 3 เซต กำหนดความหนักสูงสุดที่ยกได้ 10 ครั้ง ส่งผลให้โกรทฮอร์โมนเพิ่มขึ้นระหว่างออกกำลังกายไปจนถึงช่วง 15 นาทีภายหลังออกกำลังกาย (Kraemer et al., 1993; Kraemer et al., 1991) รวมถึงพบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Kraemer et al., 1991) ขณะที่การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเยาวชนเพศหญิงที่ทำการฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอท จำนวน 6 เซต ระดับความหนักสูงสุดที่ยกได้ 10 ครั้ง ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นระหว่างการฝึกและภายหลังการฝึกทันที (Gregory et al., 2013) เช่นเดียวกับผลการศึกษาที่พบในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งใช้การฝึกแบบควบคุมโดยในส่วนของ การฝึกด้วยแรงต้านใช้การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะที่ประกอบไปด้วยการฝึกความแข็งแรงสูงสุดและพลัยโอเมทริกส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้น

ขณะเดียวกันการฝึกพัฒนาความอดทนในรูปแบบต่าง ๆ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 รวมถึงฮอร์โมนชนิดอื่นที่เกี่ยวข้องในระบบไหลเวียนเลือด เช่น ฮอร์โมนโกรท อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 หรือคอร์ติซอลในระบบไหลเวียนเลือดสูงขึ้นอย่างเฉียบพลันเช่นเดียวกัน แม้ว่าการศึกษานี้เกี่ยวกับความหนักของการฝึกที่แตกต่างกันส่งผลอย่างไรต่อการตอบสนองของฮอร์โมนดังที่กล่าวมานั้นอาจยังไม่ชัดเจนนัก (Berg & Bang, 2004; Copeland & Heggie, 2008; Schwarz, Brasel, Hintz, Mohan, & Cooper, 1996; Wahl et al., 2010) การศึกษาก่อนหน้านี้ทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ระดับความหนักปานกลาง (60-65% ของ VO_2 max) กับกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายแบบหนักสลับช่วงที่ระดับความหนักสูง (80-85% ของ VO_2 max) ในเวลา 20 นาทีเท่ากันส่งผลให้ระดับความเข้มข้น

ของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 ในระบบไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน (Copeland & Heggie, 2008) เช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างที่ปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับความหนักสูงเป็นเวลา 10 นาที ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 เพิ่มขึ้น มากกว่ากลุ่มที่ปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับความหนักต่ำในเวลาเท่ากัน (Schwarz et al., 1996) นอกจากนี้ยังพบว่าภายหลังการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสลับช่วงพักที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุด ระยะทาง 250 เมตรต่อรอบ จำนวน 4 รอบ พักระหว่างรอบ 3 นาที ส่งผลให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 สูงขึ้น (Meckel et al., 2009) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งใช้การฝึกแบบควบคู่โดยในส่วนของกรฝึกความอดทนด้วยวิธีการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้น

การฝึกแบบควบคู่ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกันส่งผลให้การตอบสนองของค่าเฉลี่ยแลคเตท พีเอช ไบคาร์บอเนต และค่าต่างเกินในเลือดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ การฝึกทั้งสองรูปแบบส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายและค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือดเพิ่มขึ้นภายหลังการทดลองแบบเฉียบพลันและลดระดับลงภายหลังการทดลอง 30 นาที เช่นเดียวกับค่าพีเอช ไบคาร์บอเนต และค่าต่างเกินในเลือดที่ลดต่ำลงภายหลังการทดลองก่อนจะค่อย ๆ กลับคืนสู่สภาวะปกติภายหลังการทดลอง 30 นาที อย่างไรก็ตามการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายสูงกว่าการฝึกในรูปแบบตรงกันข้ามในช่วงภายหลังการทดลองและการฟื้นฟูสภาพภายหลังการทดลอง 30 นาที ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาที่ทำการศึกษการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการฝึกปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองแบบเฉียบพลันในกล้ามเนื้อลายของมนุษย์ โปรแกรมการฝึกประกอบไปด้วยการฝึกด้วยแรงต้านท่าเหยียดขา 8 เซต เซตละ 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที และการปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 10 เซต เซตละ 6 วินาที พักระหว่างเซต 54 วินาที ระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที พบว่าค่าเฉลี่ยแลคเตทในเลือดและกล้ามเนื้อสูงขึ้นทั้งในขณะทำการทดลองภายหลังการทดลองและช่วงการฟื้นฟูสภาพ (Coffey et al., 2009) ซึ่งให้เห็นว่าแลคเตทในกล้ามเนื้อและระบบไหลเวียนเลือดยกระดับสูงขึ้นมากภายหลังรูปแบบการฝึกที่มีความหนักสูง เช่น การฝึกปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ หรือการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Inoue et al., 2016) และยังคงยกระดับในระบบไหลเวียนเลือดระหว่างกรฝึกด้วยแรงต้านภายหลังการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ขณะทำการฝึกแบบควบคู่อย่างต่อเนื่อง (Inoue et al., 2016) ดังเช่นผลการศึกษาที่พบในการวิจัยครั้งนี้

การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การฝึกในรูปแบบหนักสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในระบบไหลเวียนเลือดสูงอย่างเฉียบพลัน (Gordon et al., 1994) ทำให้ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า การนำรูปแบบการฝึกแบบควบคู่ซึ่งประกอบไปด้วยการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะและโดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกที่มีความหนักสูงมาทำการฝึกแบบควบคู่กัน โดยทำการจัดลำดับรูปแบบการฝึกแตกต่างกันอาจทำให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในระบบไหลเวียนเลือดขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อตอบสนองระยะเฉียบพลันของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด ผลการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นภายหลังการทดลองชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อนลดระดับลงสู่สภาวะปกติ สิ่งที่น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในการศึกษาครั้งนี้ คือ อัตราการสังเคราะห์โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่เกิดขึ้นจากการฝึกด้วยแรงต้านด้วยการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะในช่วงแรก ขณะที่อัตราการสังเคราะห์โปรตีนไมโทคอนเดรียเพิ่มขึ้นจากการฝึกความอดทน (Wilkinson et al., 2008) และการฝึกความอดทนส่งผลให้เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนรวมถึงกระตุ้นระบบการส่งและรับรู้สัญญาณของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 (Mascher et al., 2011; Wadley et al., 2001) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ฝึกความอดทนด้วยรูปแบบการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นลำดับถัดมาหลังจากการพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที

ขณะที่การจัดลำดับรูปแบบการฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม คือ การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ที่เป็นเช่นนั้นอาจเป็นผลมาจากรูปแบบการฝึกที่มีการนำเอาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ทำการฝึกก่อน ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยแลคเตทในกล้ามเนื้อสูงขึ้นและค่าพีเอชต่ำลงทันทีก่อนการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะ ก่อให้เกิดสภาวะความเป็นกรดขึ้นในร่างกายมีผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อลดลง (Kleger et al., 2001) ส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ซึ่งเกิดขึ้นจากการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะที่ทำการฝึกเป็นลำดับถัดมาลดลง ทำให้การส่งและรับรู้สัญญาณในเซลล์ลดลง ยับยั้งปฏิบัติการฟอสโฟรีเลชันของ p70S6 kinase (p70S6K) และ ribosomal protein s6 (rpS6) (Coffey et al., 2009) และยังสอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึกความอดทนควบคู่กับการฝึกด้วยแรงต้าน โดยพบว่า IGF-1Ea และ MGF mRNA ลดลงเมื่อทำการฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อนการฝึกด้วยแรงต้าน (Coffey, Pilegaard, et al., 2009) จึงอาจเป็นสาเหตุให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (Fyfe et al., 2014)

จากผลการศึกษาที่พบในการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่แสดงให้เห็นถึงบทบาททางสรีรวิทยาของค่าพีเอชที่มีผลต่อการตอบสนองของฮอร์โมนในขณะออกกำลังกาย (Gordon et al., 1994; Vega, Struder, Wahrmann, Bloch, & Hollmann, 2006) ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด การศึกษาก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อเกิดสภาวะความเป็นกรดสูงขึ้นในร่างกายจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 กับเซลล์และสารที่อยู่ภายนอกเซลล์ (Extracellular Matrix (ECM)) ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะความเป็นกรดสูงในร่างกาย (Berg & Bang, 2004) แต่ในขณะที่บางการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระดับเซลล์ในสถานการณ์ที่ค่าพีเอชอยู่ในระดับต่ำอาจจะขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 ซึ่งจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเกิดสภาวะความเป็นกรดขึ้นในร่างกายดังกล่าวโดยไม่ขึ้นอยู่กับตัวรับของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (IGF-IR) (Forsten-Williams et al., 2007)

อย่างไรก็ตาม มีรายงานการศึกษาบางส่วนที่ไม่พบความแตกต่างของการตอบสนองของวิถี AMPK และ mTOR ขณะทำการฝึกแบบควบคุมไม่ว่าจะจัดลำดับการฝึกอย่างไร (Apro et al., 2015; Jones et al., 2016) ในขณะที่เมื่อพิจารณาการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของฮอร์โมนโกรทและคอร์ติซอลในกลุ่มตัวอย่างเพศชายที่ฝึกความแข็งแรงอยู่เป็นประจำ (Cadore et al., 2012) และการศึกษาการตอบสนองของฮอร์โมนโกรท เทสโทสเตอโรน คอร์ติซอล และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 ในกลุ่มตัวอย่างเพศชายที่ฝึกแบบควบคุมเป็นประจำ (Rosa et al., 2015) จากการฝึกควบคุมระหว่างความแข็งแรงและความอดทนด้วยการจัดลำดับการฝึกแตกต่างกัน พบว่า การฝึกความอดทนก่อนตามด้วยการฝึกความแข็งแรงเพิ่มการตอบสนองของฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารชีวโมเลกุล (Anabolic hormone) ภายหลังจากการออกกำลังกายเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม โดยการศึกษาทั้งสองกำหนดความหนักของการออกกำลังกายในรูปแบบการฝึกความอดทนที่ระดับปานกลาง และการฝึกความแข็งแรงที่เน้นการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ ซึ่งแม้ว่าการศึกษาทั้ง 2 เรื่องนี้จะไม่ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 แต่หากพิจารณาการตอบสนองของฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาที่มีแนวโน้มตรงข้ามกัน อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการวิจัยที่ควรพิจารณาเมื่อตีความผลการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากงบประมาณที่มีจำกัดทำให้ไม่สามารถเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดเพิ่มได้ในช่วงพัก 15 นาที ระหว่างรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกัน

การจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแบบควบคุมที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการฝึกแต่ละรูปแบบ เห็นได้จากเวลารวมของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในแต่ละเซตที่ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะในการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะสูงกว่าการฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม และค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ไม่แตกต่างกันทั้ง 2 รูปแบบการฝึก สอดคล้องกับการศึกษาที่ทำการทดลองการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ควบคุมกับการฝึกด้วยแรงต้าน พบว่า ค่ากำลังเฉลี่ยของการปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 10 เซต เซตละ 6 วินาที พักระหว่างเซต 54 วินาที ใกล้เคียงกันระหว่างการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแบบควบคุมทั้งสองรูปแบบการฝึก โดยมีระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที (Coffey et al., 2009) เช่นเดียวกับการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาพัก 15 นาทีระหว่างรูปแบบการฝึกเพียงพอต่อการฟื้นฟูสภาพการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อและระบบหัวใจไหลเวียนภายหลังจากการฝึกทั้งสองรูปแบบ ดังนั้นรูปแบบการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในลักษณะที่มีอัตราส่วนการทำงานและการพักใกล้เคียงกันสามารถนำมาฝึกร่วมกันได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการฝึกแต่ละรูปแบบ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นภายหลังการทดลองชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อนลดระดับลงสู่สภาวะปกติ ขณะที่การฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม คือ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด ซึ่งในระหว่างช่วงการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ของการฝึกแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายสูงขึ้น อย่างไรก็ตามยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่ออธิบายกลไกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช สภาวะความเป็นกรดของร่างกายที่เกิดขึ้นจากการฝึกแบบควบคุมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด ดังนั้น ในการกำหนดโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ การจัดลำดับของรูปแบบการฝึกโดยทำการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด

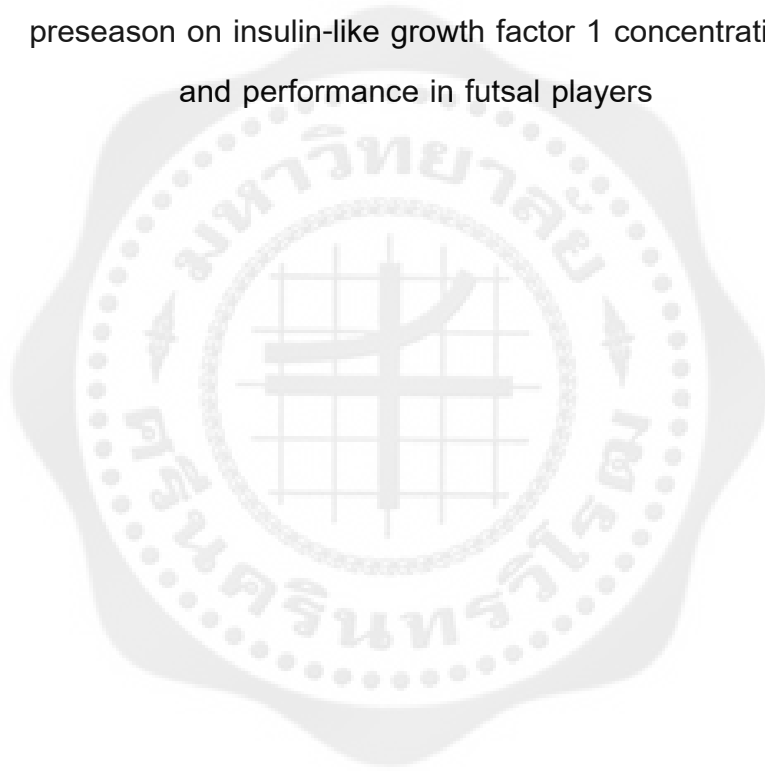
แบบซ้ำ ๆ จะส่งผลดีต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกในแบบตรงกันข้าม ขณะเดียวกันการกำหนดระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันให้เพียงพอต่อการฟื้นฟูสภาพร่างกายของนักกีฬาเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบโปรแกรมการฝึกตลอดช่วงระยะเวลาของการฝึกซ้อม



บทที่ 4
การศึกษาที่ 2

ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด
แบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรท
แฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอล

Effect of concurrent specific strength and repeated sprint training during
preseason on insulin-like growth factor 1 concentration
and performance in futsal players



ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด แบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรท แฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี¹ นันทพล ทองนิลพันธ์² อมรพันธ์ อัจจิมาพร³ และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศ
เดชกุล¹

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² กองวิทยาศาสตร์การกีฬา ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย

³ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

วิธีการดำเนินการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชาย จำนวน 14 คน ถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบไปด้วย กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (กลุ่มฝึกควบคู่) จำนวน 7 คน ทำการฝึกระหว่างช่วง 5 สัปดาห์สุดท้ายของการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน (Pre-season period) โดยทำการฝึกแบบควบคู่ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างจะเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพทางกายและเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ก่อนเริ่มการฝึกซ้อมและภายหลังจากการฝึกซ้อมสัปดาห์ที่ 5

ผลการวิจัย ภายหลังการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน กลุ่มฝึกควบคู่มีเวลาที่ดียิ่งที่สุด เวลาเฉลี่ยและเวลาที่ช้าที่สุดของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มฝึกปกติ ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบล สควอท ท่าสแตนด์บาร์เบล คาล์ฟ เรซ และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (Yo-Yo IR 1) พัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขนาดสัดส่วนร่างกาย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล ความสูงของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ความคล่องแคล่วว่องไว เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของทั้งสองกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการทดลอง การฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ระหว่างการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และมีแนวโน้มเพิ่มความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล

คำสำคัญ การฝึกแบบควบคู่ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ฟุตบอล



Effect of concurrent specific strength and repeated sprint training during preseason on insulin-like growth factor 1 concentration and performance in futsal players

Krirkwit Phongsri ¹ Nuntapol Tongnillpant ² Amornpan Ajjimaporn ³ and Supaporn Silalertdetkul ¹

¹ Department of Sport Science, Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University

² Sports Science Division, Sports Science Centre, Sports Authority of Thailand

³ College of Sports Science and Technology, Mahidol University

Abstract

Objective: The aim of this study was to examine effect of concurrent specific strength and repeated sprint training during preseason on insulin-like growth factor 1 concentration and performance in futsal players.

Methods: Fourteen male futsal players were divided randomly into 2 groups consisted of normal futsal training group (NTG, n = 7) and concurrent specific strength and repeated sprint training supplementing regular preseason futsal training group (CTG, n = 7). The training intervention lasted 5 weeks of the team's preseason, with the CTG receiving concurrent training twice per week. Both groups performed performance test and blood samples were taken to determine IGF-1 concentration before and after 5 weeks.

Results: After the preseason training, the CTG significantly increased ($p < 0.05$) repeated sprint ability (RSA) in RSA_{best}, RSA_{mean}, and RSA_{worst} compare with the NTG. 1RM (repetition maximum) of barbell squat, 1RM of standing barbell calf raise, and Yo-Yo intermittent recovery test level 1 were significantly improved for both groups ($p < 0.05$). There were no significantly changes for body composition, VO₂ max, 1RM of lying leg curl, squat and countermovement jumps, 20-m sprint times, agility t-test time, RSA_{decrement}, and IGF-1 concentration in either group.

Conclusions: Concurrent specific strength and repeated sprint training supplementing regular preseason futsal training with twice per week for 5 weeks induced improvements in futsal specific performance especially RSA and IGF-1 concentrations tended to slightly increased following training in futsal players.

Keywords: Concurrent training, Specific strength training, Repeated sprint training, Insulin-like growth factor 1, Futsal

บทนำ

ฟุตบอล เป็นกีฬาประเภททีมที่มีลักษณะระดับความหนักสูงแบบหนักสลับช่วง (Intermittent high intensity team sport) มากกว่ากีฬาฟุตบอลและกีฬาประเภททีมชนิดอื่น ๆ (Bangsbo et al., 2006; Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Coutts, Quinn, Hocking, Castagna, & Rampinini, 2010; Rampinini et al., 2007; Rodrigues et al., 2011; Souhail, Castagna, Mohamed, Younes, & Chamari, 2010; Spencer et al., 2005) ด้วยขนาดสนามที่ค่อนข้างเล็ก ตลอดเกมการแข่งขันที่นักกีฬาจะต้องเป็นทั้งฝ่ายรุกและฝ่ายรับ ทำให้นักกีฬาฟุตบอลต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงและสูงสุด (Barbero-Alvarez et al., 2008; Caetano et al., 2015; Castagna et al., 2009; Dogramaci, Watsford, & Murphy, 2011) นอกจากนี้พลังของกล้ามเนื้ออย่างครึ่งส่วนล่างถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการมีประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวที่ดี ความเร็วในการวิ่ง ความอดทน ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อเพื่อการเตะ ปะทะ กลับตัว กระโดด การเคลื่อนที่หลากหลายทิศทางเพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Castagna et al., 2009; Makaje et al., 2012; Oliveira et al., 2013) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญมากสำหรับนักกีฬาฟุตบอลซึ่งจะส่งผลดีต่อสมรรถนะของเกมการแข่งขัน การนำเอารูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายทั้งสองด้านมาทำการฝึกควบคู่กันในการฝึกครั้งเดียวกัน อาจส่งผลดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเวลาของการฝึกซ้อมมีจำกัด

การฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขันของนักกีฬาฟุตบอลให้ความสำคัญกับการพัฒนาความแข็งแรงในรูปแบบต่าง ๆ พลังกล้ามเนื้อและความอดทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่ให้ผลดีกว่าการฝึกวิ่งแบบหนักสลับช่วง (Ferrari Bravo et al., 2008) ไปพร้อมกับ การฝึกพัฒนาเทคนิคและแทคติกการเล่น อย่างไรก็ตามการศึกษาลงมือของการฝึกแบบควบคู่ (Concurrent training) ระหว่างการฝึกความแข็งแรงและการฝึกความอดทนในรูปแบบต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงผลการศึกษาที่ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน บางส่วนของการศึกษารายงานถึงผลการฝึกที่มีประสิทธิภาพ (Balabinis et al., 2003; Chtara et al., 2005; Davis et al., 2008; McCarthy et al., 2002; Wong et al., 2010) การศึกษาลงมือของการจัดลำดับการฝึกวิ่งที่ระดับความหนักสูงควบคู่กับการฝึกความแข็งแรงและพลังในนักกีฬาฟุตบอลเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าสมรรถภาพทางกายโดยรวมพัฒนาขึ้น (McGawley & Andersson, 2013) การศึกษาส่วนหนึ่ง พบว่าความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อของกลุ่มที่ทำการฝึกแบบควบคู่กันมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว (Dudley & Djamil, 1985; Hakkinen et al., 2003; Hickson, 1980; Kraemer et al., 1995) พัฒนาการด้านความอดทนลดลงซึ่งเป็นผลจากการฝึกแบบควบคู่ (Glowacki et al., 2004) ขณะที่บางส่วนของการศึกษาพบว่า มีการปรับตัวทางสรีรวิทยาของ

กล้ามเนื้อ ระดับของฮอร์โมน และระดับโมเลกุลลดลงภายหลังการฝึก (Coffey et al., 2009) ผลการศึกษาที่มีความขัดแย้งกันอาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างของลักษณะรูปแบบวิธีการฝึก การกำหนดปริมาณ และความหนักของการฝึก และโครงสร้างการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกในงานวิจัยดังกล่าว (Leveritt et al., 1999; Wilson et al., 2012)

อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (ไอจีเอฟ-1) (Insulin-like growth factor 1 (IGF-1)) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญเกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญที่เกิดขึ้นจากการมีกิจกรรมทางกายที่หลากหลายรวมถึงสุขภาพ มีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลาย (Nindl & Pierce, 2010) มีผลต่อกระบวนการสร้าง การพัฒนารูปแบบ การคงสภาพ และการสร้างขึ้นกลับคืนของกล้ามเนื้อลาย (Frystyk, 2010) มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน (Dall et al., 2001) เกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของกลูโคสในร่างกายโดยกระตุ้นการดูดซึมกลูโคสของกล้ามเนื้อลาย (Berg & Bang, 2004) อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ผลิตขึ้นโดยตับ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังจากการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงในระยะเฉียบพลัน (Rubin et al., 2005) ภายหลังจากการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นในระยะเฉียบพลันเช่นเดียวกัน (Meckel et al., 2011; Nemet et al., 2004) นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทนส่งผลให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นทั้งในระยะเฉียบพลันและภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ (Gregory et al., 2013)

เป็นที่น่าสนใจว่าจากงานวิจัยที่ผ่านมา (การศึกษาที่ 1) พบว่า การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดโดยเพิ่มสูงขึ้นในระยะเฉียบพลัน ขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงจากการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ ดังนั้น อาจจะเป็นไปได้ว่าการเพิ่มการฝึกด้วยรูปแบบการฝึกดังกล่าวไปฝึกเสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติระหว่างก่อนการแข่งขัน 5 สัปดาห์ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล ผลการศึกษาจะทำให้ผู้ฝึกสอนและผู้ฝึกสอนด้านการพัฒนาสมรรถภาพทางกายมีความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซึ่งถือเป็นการฝึกซ้อมในช่วงระยะเวลาอันสั้นและอาจจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และลดสาเหตุที่เป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการตอบสนองและพัฒนาการของร่างกายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการฝึกแบบควบคุม ดังนั้น การศึกษารั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะที่ประกอบไปด้วยการฝึกความแข็งแรงสูงสุดและพลัยโอเมตริก

ควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันต่อการปรับตัวของระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล โดยมีสมมติฐาน คือ การนำการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ มาใช้เพื่อฝึกซ้อมเสริมไปกับโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติของนักกีฬาฟุตบอล จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ก่อนเริ่มทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างทุกคนลงนามในหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย (Informed Consent Form) ภายหลังจากที่ได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับ วิธีดำเนินการวิจัย ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในขณะเข้าร่วมการวิจัย และการถอนตัวหรือยุติการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ ต้องไม่ได้รับสารอาหารหรือยาประเภทที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบฮอร์โมน กล้ามเนื้อ ก่อนการเข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน และตลอดช่วงดำเนินการวิจัย มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลไม่ต่ำกว่า 2 ปี และอยู่ในระหว่างการฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลลีกระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ

การออกแบบการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ใช้การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (A randomized controlled trial) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เพศชาย ซึ่งเป็นผู้เล่นตำแหน่งในสนาม (Outfield player) จำนวน 14 คน ถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้ผลจากการทดสอบหาค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในการยกน้ำหนักท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ประกอบไปด้วย กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เลือกมาจากผลการศึกษาที่ 1 (กลุ่มฝึกควบคู่) จำนวน 7 คน ทำการฝึกในช่วง 5 สัปดาห์สุดท้ายของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน (Pre-season period) เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลลีกระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ทำการฝึกแบบควบคู่ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมการฝึกตามโปรแกรมดังกล่าวทั้งสิ้น 10 ครั้ง ก่อนเริ่มการฝึกซ้อมและภายหลังจากการฝึกซ้อมสัปดาห์ที่ 5 กลุ่มตัวอย่างจะเข้ารับการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ตามกำหนดการดังนี้ วันแรก ประเมินองค์ประกอบของร่างกาย

ทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พร้อมกับประเมินระดับความเข้มข้น
 อินซูลินไลค์โกรทแฟกเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด วันที่สอง ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยก
 ได้ 1 ครั้ง พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว และความสามารถในการใช้ออกซิเจน
 สูงสุด วันที่สาม ทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร และความสามารถ
 ในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว โดยการทดสอบจะกระทำภายหลังการฝึกซ้อมครั้งสุดท้ายอย่างน้อย
 48 ชั่วโมง และทดสอบในวันและเวลาเดียวกันของสัปดาห์ การทดสอบทั้งหมดกระทำในช่วงเช้า เวลา
 06.00 น. – 10.00 น. ระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบ 30 นาที เพื่อให้ร่างกายได้พักเพื่อฟื้นคืนสภาพ
 อย่างเต็มที่ รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการศึกษาที่ 2 แสดงใน (ภาพประกอบ 11)



กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬาฟุตซอลระดับมหาวิทยาลัยที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี จำนวน 14 คน เพศชาย ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) ได้จากการคำนวณโดยใช้ซอฟต์แวร์ G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.2 กำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) 0.60 ซึ่งอ้างอิงการคำนวณจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Soares-Caldeira et al., 2014) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power) ร้อยละ 80 อายุและขนาดองค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างแสดงใน (ตาราง 10)

วิธีการดำเนินการทดลอง

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย

การอบอุ่นร่างกาย

ก่อนเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพทางกายด้านต่าง ๆ ในการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทุกคนทำการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 7 นาที ซึ่งประกอบด้วย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ (Static stretching) ประมาณ 1 นาที ในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ต้นขาด้านหน้า และน่อง จากนั้นวิ่งเหยาะ ๆ 2 นาที จากนั้นทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดิม 2 นาที และตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุด ไป-กลับ ระยะทาง 20 เมตร จำนวน 2 รอบ การอบอุ่นร่างกายลักษณะนี้จะปฏิบัติในวันที่มีการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาจากการกระโดดสูงทำต่าง ๆ ความคล่องแคล่ว ว่องไว ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร และการทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว ขณะอบอุ่นร่างกายกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการดูแลและแนะนำโดยผู้ช่วยวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญ

การประเมินองค์ประกอบของร่างกาย

กลุ่มตัวอย่างรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกายเวลา 6.00 น. เพื่อทำการชั่งน้ำหนักตัวด้วยตาชั่งมาตรฐาน (DEFENDER® 3000, OHAUS Corporation, Parsippany, New Jersey, United States of America) จากนั้นวัดส่วนสูง และประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่องมือ (Dual-energy-X-ray absorptiometry) (DXA; GE Lunar DPX-NT, General Electric Company, Fairfield, Connecticut, United States of America) กลุ่มตัวอย่างอยู่ในท่านอนหงายบนเครื่องมือตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ผลการประเมินองค์ประกอบของร่างกายวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ enCORE เวอร์ชัน 13.60 (enCORE software, version 13.60, GE Lunar)

การทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

การทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Repeated sprint ability test (RSA Test)) ด้วยเครื่องวัดความเร็ว อัตราเร่ง และความคล่องแคล่วว่องไว (Smart speed, Fusion sport, Brisbane, Australia) เริ่มการทดสอบโดยกลุ่มตัวอย่างจะทำการทดสอบด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ไป-กลับ ระยะทาง 20 เมตร แต่ละรอบใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 40 เมตร (20+20 เมตร กลับตัว 180 องศา) ซึ่งจะต้องทดสอบทั้งหมด 6 รอบ และแต่ละรอบพัก 20 วินาที บันทึกระยะเวลาที่วิ่งได้ในแต่ละรอบ และคำนวณหาค่าเวลาที่ดียิ่งที่สุดจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{best}) เวลาเฉลี่ยจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{mean}) เวลาที่ช้าที่สุดจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{worst}) และเปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง ($RSA_{decrement}$) โดยคำนวณจากสูตรของ (Fitzsimons et al., 1993) ดังนี้

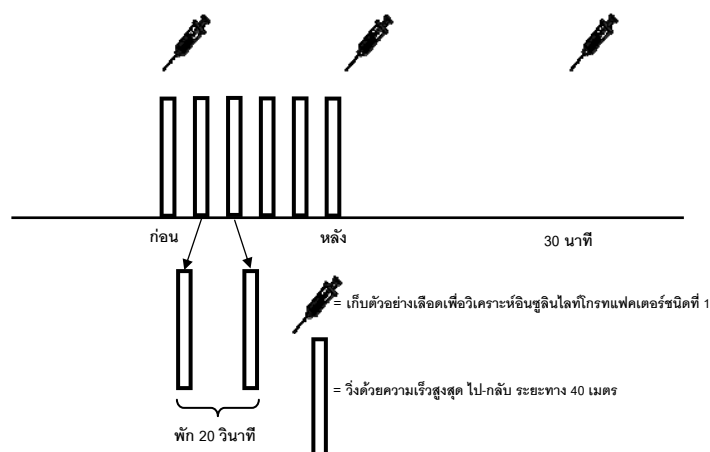
$$\text{เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง (RSA}_{decrement}) = [100 - (\text{เวลารวม} / \text{เวลาที่ดียิ่งที่สุด} \times 100)]$$

โดย เวลารวม = เวลารวมของการวิ่งทั้ง 6 รอบ (วินาที) และเวลาที่ดียิ่งที่สุด = 6 x เวลาที่ดียิ่งที่สุดจากการวิ่ง 6 รอบ (RSA_{best}) (วินาที)

ขณะเดียวกัน ผู้ช่วยวิจัยทำการเก็บตัวอย่างเลือดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน 3 ครั้ง ได้แก่ ก่อนการทดสอบ ภายหลังการทดสอบและ 30 นาทีภายหลังการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

เจาะเลือดกลุ่มตัวอย่างจากเส้นเลือดดำบริเวณด้านในของข้อพับของแขน (Median cubital vein) เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน 3 ครั้ง ก่อนการทดสอบ ภายหลังการทดสอบ และ 30 นาทีภายหลังการทดสอบ (ภาพประกอบ 12) จำนวน 5 มิลลิเมตรต่อครั้ง รวมทั้งสิ้น 15 มิลลิตร นำเลือดใส่ในหลอดสุญญากาศ (VACUETTE, Greiner Bio-One, Chonburi, Thailand) ภายหลังการตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (20-25 องศาเซลเซียส) นำตัวอย่างเลือดไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (NF 400R, Nüve, Ankara, Turkey) ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแยกซีรัมไปเก็บไว้ที่ตู้ทำความเย็น (BIOBASE, Biobase Biodustry (Shandong), Shandong, China) อุณหภูมิลบ 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในซีรัมโดยใช้วิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (R&D Systems, Minneapolis, Minnesota, United States of America)



ภาพประกอบ 12 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลติกโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ขณะทำการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง

ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1 Repetition maximum (1RM)) ในท่าบาร์เบลสควอท (Barbell squat) ท่าลายอิง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) ด้วยเครื่องฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight machines) (Precor, Precor Incorporated, Woodinville, Washington, United States of America) โดยผู้วิจัยแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายด้วยการยกน้ำหนักในท่านั้น ๆ ที่ความหนักระดับต่ำ จำนวน 5-10 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที ผู้วิจัยประมาณการน้ำหนักที่จะเพิ่มให้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยกน้ำหนักจำนวน 3-5 ครั้ง โดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างพัก 2 นาที ผู้วิจัยประมาณการน้ำหนักที่ใกล้เคียงน้ำหนักสูงสุดที่จะเพิ่มให้กับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยก 2-3 ครั้งโดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์อีกครั้ง จากนั้นกลุ่มตัวอย่างพัก 3 นาที ผู้วิจัยเพิ่มน้ำหนักอีกครั้ง 10-20 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างสามารถยกน้ำหนักได้สำเร็จใน 1 ครั้งด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง เหมาะสม ถือเป็นค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งของท่าทางการฝึกแต่ละท่า ระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบในแต่ละท่าทางการฝึก 5 นาที การทดสอบหาค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง โดย (USA National Strength and Conditioning Association (NSCA)) อ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (Sedano, Marin, Cuadrado, & Redondo, 2013) ค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของวิธีการทดสอบใช้สถิติวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น อยู่ในระดับ 0.96-0.97

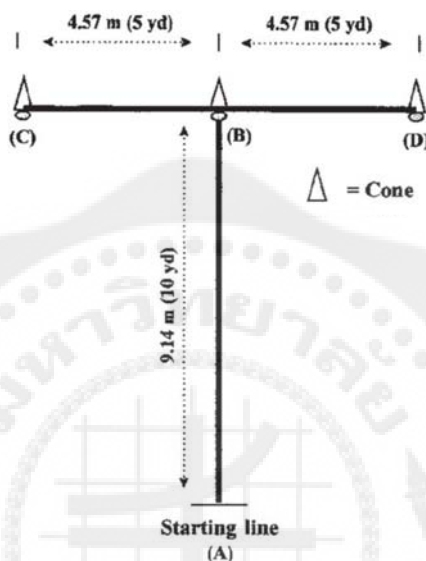
การทดสอบหาค่าพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาโดยใช้วิธีการทดสอบความสามารถของการกระโดดสูง

การทดสอบหาค่าพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาใช้อุปกรณ์เครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Smart jump, Fusion sport, Brisbane, Australia) เพื่อประเมินความสูงของการกระโดดทั้ง 2 รูปแบบ ประกอบด้วย การทดสอบความสามารถของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนย่อตัวให้เข้าท่ามูม 90 องศา แล้วกระโดด (Squat jump (SJ)) เริ่มจากกลุ่มตัวอย่างยืนบนแผ่นยางของเครื่องวัดความสามารถของการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเตรียมตัวกระโดดในท่าเริ่มต้นโดยยืนย่อตัวให้เข้าท่ามูม 90 องศาเป็นเวลา 3 วินาที ขณะที่มือแตะที่สะโพก จากนั้นกระโดดขึ้นในแนวตั้งให้สูงที่สุดโดยไม่อนุญาตให้แกว่งแขน ขณะที่การทดสอบความสามารถของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนตรงจากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Countermovement jump (CMJ)) เริ่มจากกลุ่มตัวอย่างยืนบนแผ่นยางของเครื่องวัดความสามารถของการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเตรียมตัวกระโดดในท่าเริ่มต้นโดยยืนตรง ปล่อยแขนตามสบายแนบลำตัว จากนั้นย่อตัวลงแล้วตามด้วยการกระโดดในแนวตั้งทันทีให้สูงที่สุดโดยไม่อนุญาตให้แกว่งแขนได้ ในการกระโดดแต่ละรูปแบบกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนทำการกระโดดคนละ 3 ครั้ง พัก 1 นาทีระหว่างการกระโดดแต่ละครั้ง นำผลการกระโดดครั้งที่ดีที่สุดไปวิเคราะห์ทางสถิติ (Soares-Caldeira et al., 2014)

ทดสอบความคล่องแคล่ว ว่องไว โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่รูปตัวที (T-test)

การทดสอบหาค่าความคล่องแคล่ว ว่องไว โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่รูปตัวที ประกอบไปด้วย การเคลื่อนที่ไหวร่างกายไปในทิศทางด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง ผู้วิจัยวางกรวยขนาดความสูง 25 เซนติเมตร การทดสอบกระทำบนพื้นสนามซึ่งมีพื้นผิววัสดุเป็นไม้ ขนาดยาว 60 เมตร กว้าง 30 เมตร ภายในอาคารกีฬาในร่ม กำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ (ภาพประกอบ 13) และจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดความเร็ว อัตราเร่ง และความคล่องแคล่วว่องไว เป็นลักษณะระบบประตูจับเวลา (Timing gates system) (Smart speed, Fusion sport, Brisbane, Australia) กำหนดระยะความกว้าง 2 เมตร ความสูง 1 เมตร โดยทำเส้นเริ่มต้นด้วยการติดเทปบนพื้นที่ตำแหน่งกรวย A การทดสอบเริ่มจากกลุ่มตัวอย่างสวมใส่รองเท้าฟุตบอลย้อนหลังเส้นเริ่มต้นระยะ 0.5 เมตร และวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดตรงไปข้างหน้าผ่านกรวย A เป็นระยะทาง 9.14 เมตร แล้วใช้มือขวาสัมผัสด้านหลังบนของกรวย B จากนั้นเคลื่อนที่ด้านข้างด้วยการลากเท้า (Shuffle) ไปทางซ้ายระยะทาง 4.57 เมตร แล้วใช้มือซ้ายสัมผัสกรวย C เคลื่อนที่ด้านข้างด้วยการลากเท้าไปทางขวาระยะทาง 9.14 เมตรผ่านกรวย B แล้วใช้มือขวาสัมผัสกรวย D และเคลื่อนที่ด้านข้างด้วยการลากเท้าระยะทาง 4.57 เมตร กลับมาสัมผัสกรวย B ด้วยมือซ้ายอีกครั้งหนึ่ง ก่อนจะวิ่งถอยหลังกลับมาผ่านเส้นเริ่มต้นเพื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ โดยกลุ่มตัวอย่างหันหน้าไปในทิศทางตรงไปข้างหน้าตลอดการทดสอบ การเคลื่อนที่ด้านข้างด้วยการลากเท้ากระทำใน

ลักษณะการก้าวเท้าชนเท้า ห้ามก้าวเท้าในลักษณะไขว้ขาข้ามสลับ หากกลุ่มตัวอย่างทำไม่ถูกต้อง การทดสอบจะถูกยกเลิกและทำการทดสอบใหม่ ทำการทดสอบ 2 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบแต่ละครั้ง 2 นาที ระยะเวลาของการทดสอบที่ทำได้จะบันทึกโดยกำหนดค่าความแม่นยำระดับ 0.001 วินาที เมื่อกลุ่มตัวอย่างวิ่งผ่านประตูจับเวลาครั้งแรกจนกระทั่งกลับมาผ่านประตูจับเวลาอีกครั้ง นำผลการทดสอบครั้งที่ดีที่สุดจากการทดสอบ 2 ครั้งไปวิเคราะห์ทางสถิติ (Lockie, Schultz, Callaghan, & Jeffriess, 2014)



ภาพประกอบ 13 การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่รูปตัวที (T-test)

ที่มา: Rishiraj, N., Taunton, J. E., Lloyd-Smith, R., Regan, W., Niven, B., & Woollard, R. (2011). Effect of functional knee brace use on acceleration, agility, leg power and speed performance in healthy athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 45(15), 1230-1237.

ทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\text{VO}_2 \text{ max}$) กระทำในห้องปฏิบัติการควบคุมอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ 23-25 องศาเซลเซียส โดยให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายเฉพาะบุคคลเป็นเวลา 5 นาที ด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ (Static stretching) ประมาณ 1 นาที ในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ต้นขาด้านหน้า และน่อง จากนั้นวิ่งเหยาะๆ 2 นาที แล้วทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดิม 2 นาที จากนั้นกลุ่มตัวอย่างสวมใส่หน้ากากและอุปกรณ์ของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas exchange analyzer) (CardioCoach CO_2 , Korr Medical Technologies, Inc., Salt Lake City, Utah, United

States of America) การทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกระทำบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Mercury, h/p/ Cosmos Sports and Medical GmbH, Nussdorf-Traunstein, Germany) ปรับระดับความชันของลู่วิ่งไฟฟ้าที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มตัวอย่างเริ่มวิ่งที่ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและเพิ่มความเร็วขึ้นอีก 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างหมดแรง (Alvarez et al., 2009) ขณะเดียวกันอัตราการเต้นของหัวใจจะถูกบันทึกทุก ๆ 5 วินาที ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar RS800CX, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) ตลอดการทดสอบ ซึ่งเวลาเฉลี่ยรวมตลอดการทดสอบจะอยู่ที่ประมาณ 8-12 นาที โดยก่อนเริ่มการทดสอบแต่ละครั้ง จะต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibrate) (Dieli-Conwright et al., 2009) การได้มาซึ่งค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะพิจารณาจากเกณฑ์ต่าง ๆ 3 ใน 5 ข้อ ดังต่อไปนี้ อัตราการใช้ออกซิเจนเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อมีการเพิ่มความเร็วขึ้นอีกระดับหนึ่ง อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.1 อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่าง ± 10 ครั้งต่อนาที จากการคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจากสูตร ($220 - \text{อายุ}$) ค่าการรับรู้ความรู้สึกความเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ (RPE) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 18 และกลุ่มตัวอย่างหมดแรงไม่สามารถปฏิบัติการทดสอบต่อไปได้

การทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร

ผู้วิจัยวางกรวยสีนํ้ากําหนดทิศทางวิ่งและจัดวางเครื่องวัดความเร็ว อัตราเร่ง และความคล่องแคล่วว่องไว เป็นลักษณะระบบประตูจับเวลา (Timing gates system) (Smart speed, Fusion sport, Brisbane, Australia) กําหนดระยะความกว้าง 2 เมตร ความสูง 1 เมตร เป็นจำนวน 4 จุด ประกอบไปด้วยที่จุดเริ่มต้น ระยะ 5 เมตร ระยะ 10 เมตร และระยะ 20 เมตร การทดสอบกระทำบนพื้นสนามซึ่งมีพื้นผิววัสดุเป็นไม้ ขนาดยาว 60 เมตร กว้าง 30 เมตร ภายในอาคารกีฬาในร่ม กลุ่มตัวอย่างสวมใส่รองเท้าฟุตบอล ยืนอยู่หลังจุดเริ่มต้นระยะ 0.5 เมตร เริ่มต้นทำการทดสอบโดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดผ่านจุดสิ้นสุดที่ระยะ 20 เมตร บันทึกระยะเวลาที่วิ่งได้เป็นวินาที ที่ระยะ 5 เมตร ระยะ 10 เมตร และระยะ 20 เมตรในแต่ละรอบ กําหนดค่าความแม่นยำในระดับ 0.001 วินาที ผู้วิจัยจะแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติอย่างเต็มความสามารถ ระยะเวลาที่วิ่งได้จะถูกบันทึกเมื่อกลุ่มตัวอย่างวิ่งผ่านประตูจับเวลาแต่ละจุด ทำการทดสอบจำนวน 2 รอบ ระยะเวลาพักระหว่างรอบ 2 นาที ใช้เวลาที่วิ่งได้ครั้งที่ดีที่สุดเพื่อไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป การทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตรอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้านี้ในนักกีฬาฟุตบอล (Nakamura, Suzuki, Yasumatsu, & Akimoto, 2012)

การทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ (Yo-Yo Intermittent recovery test level 1 (Yo-Yo IR 1))

ผู้วิจัยวางกรวยกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ การทดสอบกระทำบนพื้นสนามซึ่งมีพื้นผิววัสดุเป็นไม้ ขนาดยาว 60 เมตร กว้าง 30 เมตร ภายในอาคารกีฬาในร่ม การทดสอบประกอบไปด้วยการวิ่งไป-กลับ ระยะทาง 20 เมตร (กลับตัว 180 องศา) สลับกับการพักเดินหรือวิ่งเหยาะๆ 10 วินาที ในระยะทาง 5 เมตรหลังเส้นเริ่มต้นทุก ๆ ครั้งเมื่อการวิ่งครบ 40 เมตร โดยวิ่งเพิ่มความเร็วขึ้นเป็นลำดับ การทดสอบเริ่มต้นด้วยการวิ่งจำนวน 4 รอบ (Shuttle) ที่ความเร็ว 10-13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ระยะทาง 0-160 เมตร) ตามด้วยการวิ่งจำนวน 7 รอบ ที่ความเร็ว 13.5-14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ระยะทาง 160-440 เมตร) หลังจากนั้นการทดสอบจะดำเนินต่อไปโดยเพิ่มความเร็วขึ้น 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทุก ๆ ครั้งเมื่อการวิ่งครบจำนวน 8 รอบ ความเร็วของการทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางการวิ่งทั้งหมดที่สามารถทดสอบได้อยู่ที่ 3,640 เมตร ขณะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจะถูกควบคุมด้วยเสียงสัญญาณเตือนจากลำโพงที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา (Compaq Presario V6530, Hewlett Packard, Palo Alto, California, United States of America) ซึ่งทำหน้าที่เปิดแผ่นโปรแกรมการทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ (Yo-Yo IR 1) การทดสอบจะสิ้นสุดลงเมื่อกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถวิ่งมาถึงเส้นสิ้นสุดตามเสียงสัญญาณเตือน 2 ครั้ง ต่อเนื่องกันหรือหมดแรง ระยะทางการวิ่งทั้งหมดรายงานตามเกณฑ์การทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ (Yo-Yo IR 1) ในหน่วยเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป ในระหว่างการทดสอบผู้วิจัยทำการบันทึกและประเมินอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar Team 2, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) การทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ (Yo-Yo IR 1) อ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้านี้ในนักกีฬาฟุตบอลและฟุตบอลของ (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008; Soares-Caldeira et al., 2014)

ปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อม

ปริมาณงานทางสรีรวิทยาที่กลุ่มตัวอย่างได้รับขณะฝึกซ้อมในวันที่มีการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติประเมินด้วยวิธีการวัดค่าการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยสัมพัทธ์ในขณะฝึกซ้อมแต่ละครั้ง (The session rating of perceived exertion (RPE) method) ใช้วิธีการประเมินของบอร์ก 10 ระดับ (A modified 10 point Borg's scale) อ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (Alexiou & Coutts, 2008; Borg et al., 1987; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Moreira et al., 2013) ขณะทำการฝึกซ้อมกลุ่มตัวอย่างจะถูกสอบถามโดยผู้ช่วยวิจัยถึงระดับความรู้สึกเหนื่อยหลังจากเสร็จสิ้นแต่ละส่วนประกอบของการฝึกซ้อม (การอบอุ่นร่างกาย การฝึกพัฒนาร่างกาย การฝึกเทคนิค/แทคติก

การผ่อนคลายร่างกาย) ปริมาณการฝึกซ้อมคำนวณจากผลคูณระหว่าง ระดับ (RPE) (AU) คูณด้วยระยะเวลาของแต่ละส่วนประกอบของการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (นาที) ได้ผลลัพธ์เป็นดัชนีงานรวมทางสรีรวิทยา (Index of the total physiological loads) หน่วยเป็นอัตราของบอร์ก.นาที (Borg scale.min) (Impellizzeri et al., 2004)

โปรแกรมการฝึกซ้อม

โปรแกรมการฝึกซ้อมในช่วง 5 สัปดาห์สุดท้ายจากทั้งหมด 8 สัปดาห์ของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน (Pre-season period) เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลลีกระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (ตาราง 9) โปรแกรมการฝึกซ้อมวางแผนโดยทีมงานผู้ฝึกสอน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการด้านเทคนิคและแทคติก การฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ประกอบไปด้วย การฝึกในห้องปฏิบัติการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและการฝึกซ้อมที่สนามฝึกซ้อมภายในอาคารกีฬาในร่ม การพัฒนาแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว การฝึกพัฒนาความสามารถด้านเทคนิค ประกอบไปด้วย การเตะ การส่ง-รับบอล การเลี้ยง การโหม่ง การยิงประตู การปะทะ การฝึกพัฒนาความสามารถด้านแทคติก ประกอบด้วย การพัฒนารูปแบบการรุกและการรับ เป็นต้น ทำการฝึกซ้อมวันละ 1 ครั้งวันจันทร์ถึงวันศุกร์ทำการฝึกซ้อมในช่วงเย็น วันเสาร์ทำการฝึกซ้อมในช่วงเช้า ครั้งละประมาณ 100-120 นาที 6 วันต่อสัปดาห์ โดยไม่มีการฝึกซ้อมในวันอาทิตย์

ในแต่ละสัปดาห์กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะทำการฝึกซ้อมเหมือนกันทุกครั้ง ยกเว้นในวันจันทร์และวันพฤหัสบดีซึ่งภายหลังจากฟังการชี้แจงเกี่ยวกับแผนการฝึกซ้อมประจำวันจากหัวหน้าผู้ฝึกสอนแล้ว กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มแยกกันฝึกซ้อมเป็นเวลาประมาณ 60 นาที ก่อนจะกลับมาฝึกซ้อมด้านเทคนิคและแทคติกร่วมกัน โดยกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) เน้นการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพร่างกายและด้านเทคนิคดูแลโดยคณะผู้ฝึกสอนของทีม ขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกตามโปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคุม (กลุ่มฝึกควบคุม) ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคุมกับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ดูแลโดยผู้ช่วยวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญ ดังนั้น นอกเหนือจากช่วงเวลา 60 นาทีของวันที่มีการฝึกแบบควบคุม ทั้งสองกลุ่มจะได้รับการฝึกในหัวข้อเดียวกันตลอดระยะเวลาการฝึกซ้อมทั้งหมดและมีปริมาณ (เวลา) ของการฝึกซ้อมเท่ากัน ผู้วิจัยจะทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar Team 2, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) และค่าการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ (Rating of Perceived Exertion: RPE Borg Scale) (Borg et al., 1987) ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนเพื่อประเมินปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

โปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคู่

โปรแกรมการฝึกซ้อมแบบควบคู่ (Concurrent Training) ระหว่างการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นโปรแกรมที่เลือกจากผลการศึกษาในการทดลองที่ 1 และพัฒนาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Sedano et al., 2013; Soares-Caldeira et al., 2014) และผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ภาคผนวก ข) รายละเอียดของการฝึกประกอบไปด้วย

การฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะ

เป็นการฝึกแบบผสมผสานระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและพลัยโอเมทริกประกอบไปด้วยท่าบาร์เบล สควอท ท่าลายอิง เลก เคอร์ล และท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ แต่ละท่าทำการฝึก 2 เซต เซตละ 7 ครั้ง ที่ความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง การฝึกด้วยแรงต้านแต่ละท่าจะรวมเอาการฝึกพลัยโอเมทริกที่เน้นการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้ออย่างค้ำส่วนล่างด้วยการกระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง ทำการฝึกบนพื้นยางสังเคราะห์ ระยะเวลาพักระหว่างเซตและระหว่างท่าทางการฝึก 3 นาที รวมระยะเวลาการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะประมาณ 25 นาที โปรแกรมการฝึกแสดงใน (ตาราง 8)

ตาราง 8 โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะ

การฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะ	เซต/ จำนวนครั้ง/ ความหนัก/ จำนวนครั้ง/ ระยะเวลาพัก
ท่าบาร์เบล สควอท + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าลายอิง เลก เคอร์ล + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ+ กระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร 5 ครั้ง	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

โปรแกรมการฝึกประกอบไปด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จำนวน 2 เซต เซตละ 7 รอบ ระยะทางไป-กลับ 30 เมตร (ไป 15 เมตร และกลับ 15 เมตร ตามลำดับ กลับตัว 180 องศา) พักระหว่างรอบ 20 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที รวมระยะเวลาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ประมาณ 15 นาที โดยระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที รวมระยะเวลาการฝึกประมาณ 55 นาที

การควบคุมอาหารและการออกกำลังกาย

เพื่อป้องกันผลข้างเคียงของอาหารและการออกกำลังกายที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในระหว่างการทดลอง กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำให้งดการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมกีฬาทุกชนิดก่อนเข้ารับการทดลองเป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างต้องทำการบันทึกรายการอาหารที่บริโภคทุกมื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยกลุ่มตัวอย่างต้องบริโภคอาหารรายการเดียวกันก่อนการทดลองทั้ง 2 ครั้ง นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างต้องงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน งดการสูบบุหรี่ เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนการทดลอง

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ทดสอบความเป็นปกติของการแจกแจงข้อมูลทุกตัวแปรด้วยสถิติชาปีโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) เพื่อการเลือกใช้สถิติชนิดใช้พารามิเตอร์ หากการแจกแจงของข้อมูลของตัวแปรใดไม่เป็นปกติจะเลือกใช้สถิติชนิดไม่ใช้พารามิเตอร์ ใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples t-test) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลการทดสอบในช่วงก่อนการฝึกระหว่าง 2 กลุ่ม (กลุ่มฝึกปกติ และกลุ่มฝึกควบคู่) พบว่า น้ำหนักตัว ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าส่ายอิง เลก เคอร์ล และความสูงของการกระโดดทำยืนตรงย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (CMJ) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้สถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance (ANCOVA)) เพื่อควบคุมปริมาณของตัวแปรการทดสอบในช่วงก่อนการฝึก โดยการวิเคราะห์ลักษณะนี้จะมีการปรับเพิ่มค่าเฉลี่ยเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการทดสอบหลังการฝึก

การเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มการฝึก (กลุ่มฝึกปกติ และกลุ่มฝึกควบคู่) กับช่วงเวลา (ก่อนการฝึก และหลังการฝึก) (Group $\times$ time) และความแตกต่างของระดับความเข้มข้นอินซูลินไลโคโทรพแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด องค์ประกอบของร่างกาย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาจากการทดสอบกระโดดสูง ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ความคล่องแคล่วว่องไว ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว ระหว่างกลุ่มการฝึก ในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองปัจจัย (กลุ่มการฝึกกับช่วงเวลา) แบบวัดซ้ำ (Two-factor analysis of variance (ANOVA) with repeated measures) หากพบปฏิสัมพันธ์จะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

หากพบว่ามีความสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของกลุ่มการฝึก จะใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples t-test) ทดสอบความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มการฝึกในช่วงก่อนและหลังการฝึก และหากพบว่ามีความสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของเวลา จะใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired samples t-test) เพื่อดูความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลา ของแต่ละกลุ่มการฝึก ยกเว้นระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดจะใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures) และใช้การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟรโรนี (Bonferroni)

ใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการของตัวแปรต่าง ๆ $\{\% \text{ การเปลี่ยนแปลง} = ([\text{หลังการฝึก} - \text{ก่อนการฝึก}] / \text{ก่อนการฝึก} \times 100)\}$ สำหรับทั้งกลุ่มฝึกปกติ และกลุ่มฝึกควบคุม นอกเหนือจากการเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธีการทางสถิติดังกล่าวแล้ว ใช้การหาขนาดอิทธิพลด้วยวิธีของโคเฮน (Cohen's *d* effect size (ES)) เพื่อระบุขนาดความสำคัญของความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มฝึกปกติ และกลุ่มฝึกควบคุม โดยพิจารณาการประเมินความแตกต่างดังนี้ < 0.2 เล็กน้อย (trivial) 0.2-0.6 น้อย (small) 0.6-1.2 ปานกลาง (moderate) และ > 1.2 มาก (large) (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009)

ใช้วิธีการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของแต่ละกลุ่มการฝึก ทั้งช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก และวิเคราะห์ความแตกต่างของพื้นที่ใต้กราฟระหว่างกลุ่มการฝึกดังกล่าวโดยใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples t-test) ขณะที่ความแตกต่างของระยะเวลาการฝึกซ้อม ค่าเฉลี่ยรวมของอัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ค่าการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์และปริมาณของการฝึกซ้อมระหว่างกลุ่มการฝึก ใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 ชุดที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples t-test)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรลักษณะทางสรีรวิทยาและขนาดสัดส่วนร่างกาย สมรรถภาพทางกาย และระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) โดยการพิจารณาระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ค่า *r*) ดังนี้ มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก (0.1-0.3) ระดับต่ำ (> 0.3-0.5) ระดับปานกลาง (> 0.5-0.7) ระดับสูง (> 0.7-0.9) และระดับสูงมาก (> 0.9-1.0)

ใช้ซอฟต์แวร์ทางสถิติ G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.2 (G-Power statistical software version 3.1.9.2; University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) (Faul et al., 2009) ในการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และการหาค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของวิธีการทดสอบใช้สถิติการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient (ICC)) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS version 21, IBM, Chicago, Illinois, United States of America)



ตาราง 9 โปรแกรมการฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาฟุตบอลช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน 5 สัปดาห์

วัน	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
จันทร์	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก
อังคาร	ฝึกสมรรถภาพทางกาย	ฝึกสมรรถภาพทางกาย	ฝึกสมรรถภาพทางกาย	ฝึกสมรรถภาพทางกาย	ฝึกสมรรถภาพทางกาย
พุธ	เทคนิค แทคติก	เทคนิค แทคติก	เทคนิค แทคติก	เทคนิค แทคติก	เทคนิค แทคติก
พฤหัสบดี	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก	ฝึกควบคุม* เทคนิค/ ทางกาย แทคติก
ศุกร์	ฝึกสมรรถภาพทางกาย เทคนิค แทคติก	ฝึกสมรรถภาพทางกาย เทคนิค แทคติก	ฝึกสมรรถภาพทางกาย เทคนิค แทคติก	เกมการแข่งขัน	เกมการแข่งขัน
เสาร์	แทคติก	แทคติก	ฝึกเพื่อฟื้นฟูสภาพ	ฝึกเพื่อฟื้นฟูสภาพ	ฝึกเพื่อฟื้นฟูสภาพ

* ฝึกควบคุม คือ โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยปฏิบัติเฉพาะกลุ่มทดลอง (กลุ่มฝึกควบคุม)
ทางกาย คือ การฝึกสมรรถภาพทางกาย

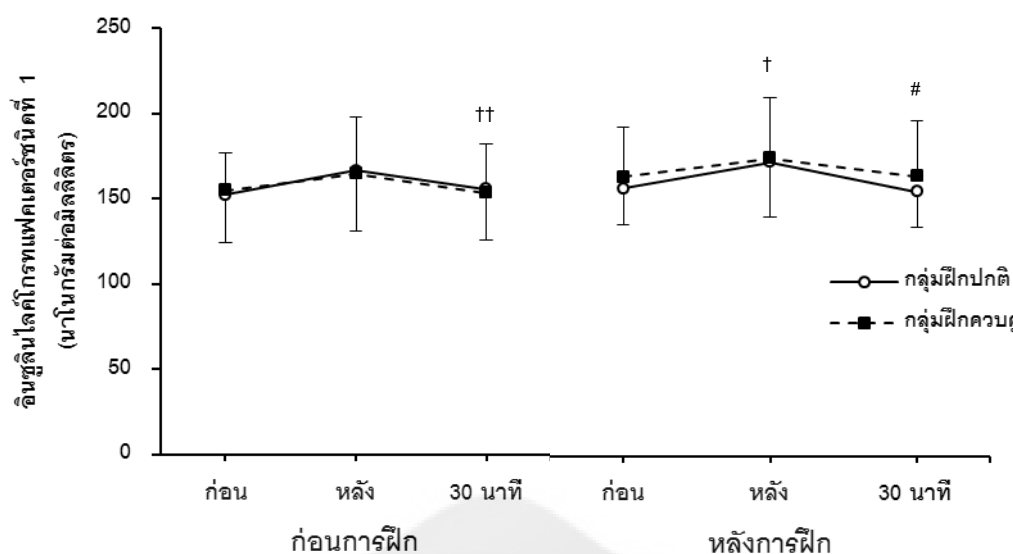
ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติช่วงก่อนการแข่งขัน ต่ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดและสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล จากข้อมูลองค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง (ตาราง 10) พบว่า ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม และอิทธิพลของเวลา ในปริมาณไขมัน น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $p > 0.05$) ขณะที่น้ำหนักตัวจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มกับช่วงก่อนการฝึกซ้อม ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่า กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตาราง 10 แสดงอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ไขมัน น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบ	กลุ่ม	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	% การเปลี่ยนแปลง	ค่า p	ขอบเขตอิทธิพล	ความแตกต่าง
<i>ลักษณะทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย</i>							
อายุ (ปี)	ฝึกควบคุม	20.71 $\pm$ 0.95					
	ฝึกปกติ	19.86 $\pm$ 1.07					
ส่วนสูง (ซม.)	ฝึกควบคุม	166.43 $\pm$ 2.96					
	ฝึกปกติ	170.07 $\pm$ 7.74					
น้ำหนัก (กก.)	ฝึกควบคุม	58.21 $\pm$ 3.21	58.21 $\pm$ 3.31	-0.01 $\pm$ 0.77	0.01	-2.03 [-2.58- -0.78]	มาก
	ฝึกปกติ	67.72 $\pm$ 8.14	64.57 $\pm$ 7.66	-1.69 $\pm$ 1.07 ^{††}			
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ฝึกควบคุม	10.56 $\pm$ 3.45	9.79 $\pm$ 2.82	-6.02 $\pm$ 9.06	0.85	-0.13 [-7.65-6.23]	เล็กน้อย
	ฝึกปกติ	16.00 $\pm$ 7.31	14.99 $\pm$ 6.99	-6.73 $\pm$ 4.05			
น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน (กก.)	ฝึกควบคุม	48.64 $\pm$ 3.16	49.27 $\pm$ 3.57	1.26 $\pm$ 1.86	0.51	-1.35 [-3.34- -0.30]	มาก
	ฝึกปกติ	50.82 $\pm$ 5.37	50.50 $\pm$ 4.94	-0.56 $\pm$ 1.22			
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./ กก./ นาที)	ฝึกควบคุม	52.41 $\pm$ 5.17	50.86 $\pm$ 3.58	-3.13 $\pm$ 8.00	0.76	-0.18 [-8.45-5.89]	เล็กน้อย
	ฝึกปกติ	51.19 $\pm$ 7.07	48.96 $\pm$ 5.28	-4.41 $\pm$ 7.01			

* กลุ่มฝึกปกติ คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ จำนวน 7 คน กลุ่มฝึกควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติม จำนวน 7 คน ค่า p คือการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรระหว่างกลุ่ม ^{††} แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($^{††} p \leq 0.01$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม



ภาพประกอบ 14 ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (นาโนกรัมต่อมิลลิตร) ของกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุม ในการตอบสนองของระยะเฉียบพลันต่อการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อนการฝึก (ซ้าย) และหลังการฝึก (ขวา) เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ช่วงก่อนแข่งขัน (ก่อน คือ ก่อนการทดสอบ หลัง คือ หลังการทดสอบทันที และ 30 นาที คือ หลังการทดสอบ 30 นาที) ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[†] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\dagger} p \leq 0.05$) เปรียบเทียบกับก่อนการทดสอบ

^{††} แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\dagger\dagger} p \leq 0.05$) เปรียบเทียบกับหลังการทดสอบ

[#] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\#} p \leq 0.05$) เปรียบเทียบกับ ณ เวลาเดียวกันกับช่วงก่อนการฝึก

ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ก่อนการฝึกทั้งสองกลุ่ม ($p > 0.05$) ขณะเดียวกันไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลา ของความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $p \leq 0.01$) (ภาพประกอบ 14)

การตอบสนองระยะเฉียบพลันก่อนการฝึก

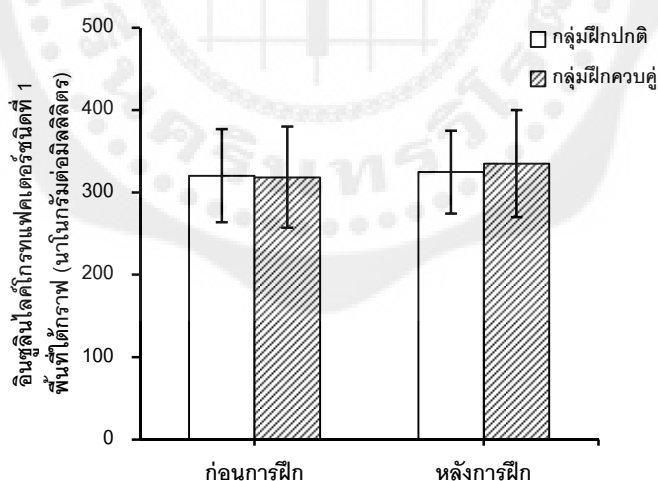
ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกปกติ พบว่า หลังการทดสอบแตกต่างกับหลังการทดสอบ 30 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (166.49 ± 31.51 และ 155.37 ± 26.86 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ, $p = 0.042$) ขณะที่ในกลุ่มฝึกควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การตอบสนองระยะเฉียบพลันหลังการฝึก

ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกปกติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ในกลุ่มฝึกควบคุม พบว่า ก่อนการทดสอบแตกต่างกับหลังการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (161.77 ± 29.10 และ 172.77 ± 35.29 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ, $p = 0.023$)

ความแตกต่างของการตอบสนองระยะเฉียบพลันระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 5

ในกลุ่มฝึกควบคุม พบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 หลังการทดสอบ 30 นาที ในช่วงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 สูงกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (162.47 ± 32.29 และ 153.22 ± 27.60 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ, $p = 0.047$)



ภาพประกอบ 15 พื้นที่ใต้กราฟระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุม ในการตอบสนองระยะเฉียบพลันต่อการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อนการฝึก และหลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ช่วงก่อนแข่งขัน ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุมในการตอบสนองระยะเฉียบพลันต่อการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อนการฝึก และหลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ช่วงก่อนแข่งขัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อม ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพื้นที่ใต้กราฟระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกปกติ ประมาณร้อยละ 5.14 จาก 318.52 ± 61.26 เป็น 334.89 ± 65.02 นาโนกรัมต่อมิลลิเมตร ขณะที่กลุ่มฝึกปกติเพิ่มขึ้นเพียงประมาณร้อยละ 1.25 จาก 320.28 ± 56.67 เป็น 324.59 ± 50.12 นาโนกรัมต่อมิลลิเมตร ดังแสดงใน (ภาพประกอบ 15)

สมรรถภาพด้านความแข็งแรงและพลัง

ผลการเปรียบเทียบสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและพลัง (ตาราง 11) พบว่า แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลาของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบลสควอท (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $F = 41.65$, $p < 0.01$) เช่นเดียวกับความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ แรช (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $F = 52.42$, $p < 0.01$) ซึ่งพบว่าทั้ง 2 กลุ่มยกน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก 5 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งเป็นเปอร์เซ็นต์ทั้ง 2 ท่าการฝึก พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.13$ และ 0.46) ตามลำดับ ขณะที่ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล์ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อม ($p > 0.05$)

ผลการทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขาโดยใช้วิธีการทดสอบความสามารถของการกระโดดสูงในท่าเริ่มต้นแบบยืนย่อตัวให้เข้าท่ามุ่ม 90 องศา แล้วกระโดด (SJ) พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม และอิทธิพลของเวลา ส่วนในท่าเริ่มต้นแบบยืนตรงจากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (CMJ) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อม ($p > 0.05$)

สมรรถภาพด้านความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว

ผลการเปรียบเทียบสมรรถภาพด้านความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว (ตาราง 12) พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม และอิทธิพลของเวลาของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ทุกระยะที่ทำการประเมิน ทั้งความเร็วที่ระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 20 เมตร รวมทั้งการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการเคลื่อนที่รูปตัว ที (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $p > 0.05$) ขณะเดียวกันค่าขอบเขตอิทธิพล (ES Cohen's d) ที่ความเร็วระยะ 5 เมตร (ES = 0.53) 10 เมตร (ES = 0.78) และ 20 เมตร (ES = 0.85) ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอล ปกติ มีแนวโน้มพัฒนาการด้านความเร็วที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ



ตาราง 11 แสดงความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งและความสูงของการกระโดดของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบสมรรถภาพ	กลุ่ม	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	% การเปลี่ยนแปลง	ค่า p	ขอบเขตอิทธิพล	ความแตกต่าง
<i>ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง</i>							
ท่าบาร์เบล สควอท (กก.)	ฝึกควบคุม	122.86 $\pm$ 13.80	140.00 $\pm$ 15.28 [†]	12.06 $\pm$ 6.02	0.13	-0.99 [-9.52-0.47]	ปานกลาง
	ฝึกปกติ	127.14 $\pm$ 20.59	137.14 $\pm$ 17.99 [†]	7.53 $\pm$ 4.22			
ท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล (กก.)	ฝึกควบคุม	105.14 $\pm$ 6.18	113.71 $\pm$ 9.14	7.00 $\pm$ 9.08	0.94	0.05 [-7.60-8.32]	เล็กน้อย
	ฝึกปกติ	120.14 $\pm$ 17.12	130.44 $\pm$ 21.55	7.37 $\pm$ 7.50			
ท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (กก.)	ฝึกควบคุม	135.71 $\pm$ 15.12	160.00 $\pm$ 17.32 [†]	14.87 $\pm$ 7.68	0.46	-0.46 [-9.34-3.73]	น้อย
	ฝึกปกติ	141.43 $\pm$ 21.93	161.43 $\pm$ 26.73 [†]	12.06 $\pm$ 5.84			
<i>ความสูงของการกระโดด</i>							
ท่ายืนย่อตัว เข้าท่ามุม 90 องศา แล้วกระโดด (SJ) (ซม.)	ฝึกควบคุม	43.50 $\pm$ 5.52	46.18 $\pm$ 3.60	5.85 $\pm$ 8.96	0.99	-0.01 [-8.78-8.63]	เล็กน้อย
	ฝึกปกติ	40.26 $\pm$ 4.97	42.74 $\pm$ 3.49	5.77 $\pm$ 9.31			
ท่ายืนตรงย่อตัวแล้วตามด้วย การกระโดดทันที (CMJ) (ซม.)	ฝึกควบคุม	53.56 $\pm$ 3.39	52.11 $\pm$ 4.37	-3.13 $\pm$ 7.29	0.45	0.47 [-3.45-8.70]	น้อย
	ฝึกปกติ	47.42 $\pm$ 2.17	47.25 $\pm$ 2.59	-0.50 $\pm$ 5.17			

* กลุ่มฝึกปกติ คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ จำนวน 7 คน กลุ่มฝึกควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจำนวน 7 คน ค่า p คือการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรระหว่างกลุ่ม

[†] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\dagger} p \leq 0.05$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

[‡] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\ddagger} p \leq 0.05$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม

ตาราง 12 แสดงความเร็วของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตรและความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการเคลื่อนที่รูปตัว ที ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบสมรรถภาพ	กลุ่ม	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	% การเปลี่ยนแปลง	ค่า p	ขอบเขตอิทธิพล	ความแตกต่าง
<i>การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ระยะ 20 เมตร</i>							
5 เมตร (วินาที)	ฝึกควบคุม	0.86 $\pm$ 0.08	0.83 $\pm$ 0.05	-3.88 $\pm$ 7.35	0.40	0.53 [-3.17-9.10]	น้อย
	ฝึกปกติ	0.89 $\pm$ 0.05	0.88 $\pm$ 0.03	-0.92 $\pm$ 5.23			
10 เมตร (วินาที)	ฝึกควบคุม	1.56 $\pm$ 0.08	1.49 $\pm$ 0.05	-4.95 $\pm$ 5.75	0.22	0.78 [-1.32-8.48]	ปานกลาง
	ฝึกปกติ	1.58 $\pm$ 0.05	1.56 $\pm$ 0.04	-1.37 $\pm$ 4.37			
20 เมตร (วินาที)	ฝึกควบคุม	2.80 $\pm$ 0.09	2.72 $\pm$ 0.09	-2.83 $\pm$ 2.98	0.17	0.85 [-0.50-4.78]	ปานกลาง
	ฝึกปกติ	2.84 $\pm$ 0.07	2.82 $\pm$ 0.03	-0.69 $\pm$ 2.52			
<i>ความคล่องแคล่ว ว่องไว</i>							
การเคลื่อนที่รูปตัว ที (วินาที)	ฝึกควบคุม	10.22 $\pm$ 0.30	10.04 $\pm$ 0.27	-1.87 $\pm$ 2.33	0.75	0.19 [-2.09-3.02]	เล็กน้อย
	ฝึกปกติ	10.27 $\pm$ 0.54	10.12 $\pm$ 0.31	-1.40 $\pm$ 2.97			

* กลุ่มฝึกปกติ คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ จำนวน 7 คน กลุ่มฝึกควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจำนวน 7 คน ค่า p คือการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรระหว่างกลุ่ม

[†] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\dagger} p \leq 0.05$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

[‡] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\ddagger} p \leq 0.05$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม

ตาราง 13 แสดงความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบ (Yo-Yo IR 1) ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการฝึกช่วงก่อนแข่งขัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบสมรรถภาพ	กลุ่ม	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	% การเปลี่ยนแปลง	ค่า p	ขอบเขตอิทธิพล	ความแตกต่าง
<i>ความสามารถในการวิ่งด้วย</i>							
<i>ความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ</i>							
เวลาที่ตีที่เร็วที่สุด (วินาที)	ฝึกควบคุม	7.04 $\pm$ 0.18	6.95 $\pm$ 0.06	-1.43 $\pm$ 2.72	0.05	1.25 [0.54-5.56]	มาก
	ฝึกปกติ	7.06 $\pm$ 0.10	7.18 $\pm$ 0.16 [†]	1.62 $\pm$ 2.55 [†]			
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ฝึกควบคุม	7.42 $\pm$ 0.11	7.33 $\pm$ 0.08	-1.15 $\pm$ 1.27	0.01	1.75 [0.89-3.87]	มาก
	ฝึกปกติ	7.45 $\pm$ 0.16	7.55 $\pm$ 0.18 [†]	1.23 $\pm$ 1.79 ^{††}			
เวลาที่ช้าที่สุด (วินาที)	ฝึกควบคุม	7.71 $\pm$ 0.12	7.66 $\pm$ 0.10	-0.60 $\pm$ 1.64	0.31	0.68 [-0.91-3.51]	ปานกลาง
	ฝึกปกติ	7.84 $\pm$ 0.28	7.89 $\pm$ 0.21 [†]	0.70 $\pm$ 2.76			
เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง (เปอร์เซ็นต์)	ฝึกควบคุม	5.33 $\pm$ 1.86	5.58 $\pm$ 1.47	1.07 $\pm$ 32.33	0.54	-0.37 [-41.57-19.62]	น้อย
	ฝึกปกติ	5.61 $\pm$ 2.20	5.16 $\pm$ 1.73	-9.90 $\pm$ 31.90			
การวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (Yo-Yo IR 1) (ม.)	ฝึกควบคุม	1,091.43 $\pm$ 334.44	1,285.71 $\pm$ 390.85 [†]	14.78 $\pm$ 9.34	0.22	0.80 [-3.11-19.32]	ปานกลาง
	ฝึกปกติ	897.14 $\pm$ 151.19	1,205.71 $\pm$ 354.35 [†]	22.88 $\pm$ 13.56			

* กลุ่มฝึกปกติ คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ จำนวน 7 คน กลุ่มฝึกควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจำนวน 7 คน ค่า p คือการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรระหว่างกลุ่ม

[†] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\dagger} p \leq 0.05$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

[†] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($^{\dagger} p \leq 0.05$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม

^{††} แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($^{\dagger\dagger} p \leq 0.01$) เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม

ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (ตาราง 13) พบว่า เวลาที่ดีที่สุด พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลา (two-way ANOVA; group x time interaction, $p \leq 0.05$; group, $p \leq 0.05$; time, $p > 0.05$) โดยพบว่า เวลาที่ดีที่สุดของการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในช่วงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 ของกลุ่มฝึกควบคุมพัฒนาดีกว่ากลุ่มฝึกปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ($p \leq 0.05$) ค่าขอบเขตอิทธิพล (ES Cohen's d) ($ES = 1.25$)

เวลาเฉลี่ย พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลา (two-way ANOVA; group x time interaction, $p \leq 0.05$; group, $p = 0.06$; time, $p > 0.05$) เวลาเฉลี่ยของการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในช่วงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 ของกลุ่มฝึกควบคุมพัฒนาดีกว่ากลุ่มฝึกปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ($p \leq 0.01$) ค่าขอบเขตอิทธิพล (ES Cohen's d) ($ES = 1.75$)

เวลาที่ช้าที่สุด ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของเวลา แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกลุ่ม (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p \leq 0.05$; time, $p > 0.05$) เวลาที่ช้าที่สุดของการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในช่วงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 ของกลุ่มฝึกควบคุมพัฒนาดีกว่ากลุ่มฝึกปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าขอบเขตอิทธิพล (ES Cohen's d) ($ES = 0.68$)

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม และอิทธิพลของเวลาของเปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $p > 0.05$)

ผลการเปรียบเทียบระยะทางของการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วพบว่า แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา อิทธิพลของกลุ่ม แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลา ของระยะทางของการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (two-way ANOVA; group x time interaction, $p > 0.05$; group, $p > 0.05$; time, $F = 16.20$, $p < 0.01$) ซึ่งพบว่าทั้ง 2 กลุ่มวิ่งได้ระยะทางเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระยะทางของการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วเป็นเปอร์เซ็นต์ของทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย และระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (ตาราง 14) พบว่า เมื่อนำข้อมูลของทั้งสองกลุ่มมารวมกัน พบความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าลายอิง เลกเคอร์ลกับความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการเคลื่อนไหวที่รูปตัว ที ($r = 0.84, p \leq 0.01$) ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 5 เมตร กับ 10 เมตร และ 20 เมตร ($r = 0.89, 0.85, p \leq 0.01$ ตามลำดับ) ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร กับ 20 เมตร ($r = 0.85, p \leq 0.01$) ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในส่วนของเวลาที่ดีที่สุดกับเวลาเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง ($r = 0.89, -0.80, p \leq 0.01$ ตามลำดับ)

พบความสัมพันธ์ในระดับปานกลางระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวกับน้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน ($r = 0.69, p \leq 0.01$) ความสูงของการกระโดดทำยืนย่อตัว เข้าท่ามุม 90 องศา แล้วกระโดดกับระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ($r = -0.65, p \leq 0.05$) และความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในส่วนของเวลาเฉลี่ยกับความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (Yo-Yo IR 1) ($r = 0.64, p \leq 0.05$)

ตาราง 14 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย และระดับความเข้มข้นของ
อินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 (นำเสนอเฉพาะตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน)

	น้ำหนักตัว	น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน	ลายอึ้ง	เลกเคอร์ล	กระโดดท่า	ยืนย่อตัว...	5 เมตร	10 เมตร	20 เมตร	ความคล่องแคล่วว่องไว	เวลาที่เร็วที่สุด	เวลาเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	ความเร็ว...	การวิ่งเพิ่มระยะและ...	อินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1	..คะแนนเบ...
น้ำหนักตัว	1	0.69**															
น้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมัน	0.69**	1															
ลายอึ้ง เลกเคอร์ล			1							0.84**							
ความสูงของการกระโดดท่า (SJ)				1													-0.65*
ความเร็วสูงสุดระยะ 5 เมตร							1	0.89**	0.85**								
ความเร็วสูงสุดระยะ 10 เมตร							0.89**	1	0.85**								
ความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร							0.85**	0.85**	1								
ความคล่องแคล่วว่องไว การเคลื่อนที่รูปตัว ที่			0.84**							1							
เวลาที่เร็วที่สุด											1	0.89**	-0.80**				
เวลาเฉลี่ย											0.89**	1			0.64*		
เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลง											-0.80**		1				
การวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (Yo-Yo IR 1)												0.64*			1		
อินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1							-0.65*										1

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p \leq 0.05$) ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($**p \leq 0.01$)

ตาราง 15 แสดงระยะเวลาการฝึกซ้อม อัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ และปริมาณของการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มช่วงก่อนแข่งขัน ในวันที่มีการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติม จำนวน 10 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

		ส่วนประกอบของการฝึกซ้อมแต่ละครั้ง				
		การฝึกซ้อมแต่ละครั้ง	อบอุ่นร่างกาย	ฝึกพัฒนาร่างกาย	ฝึกเทคนิค/ แทคติก	ผ่อนคลายร่างกาย
การฝึกซ้อม	จำนวน	10	10	10	10	10
ระยะเวลา (นาที)		135.43 $\pm$ 17.22	10.71 $\pm$ 1.89	52.29 $\pm$ 4.31	60.29 $\pm$ 12.89	11.29 $\pm$ 2.36
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	ฝึกควบคุม	118.27 $\pm$ 5.70	97.77 $\pm$ 5.19	108.81 $\pm$ 6.06	129.96 $\pm$ 6.87	114.36 $\pm$ 8.44
	ฝึกปกติ	131.38 $\pm$ 5.84**	118.43 $\pm$ 10.43**	135.31 $\pm$ 14.70**	131.29 $\pm$ 3.50	117.04 $\pm$ 7.82
เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	ฝึกควบคุม	60.63 $\pm$ 6.09	48.55 $\pm$ 2.56	54.12 $\pm$ 3.03	64.71 $\pm$ 3.49	56.83 $\pm$ 4.28
	ฝึกปกติ	67.06 $\pm$ 7.25	58.60 $\pm$ 5.31**	66.99 $\pm$ 7.36**	64.96 $\pm$ 1.69	57.89 $\pm$ 3.80
ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์	ฝึกควบคุม		2 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
	ฝึกปกติ		2 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1**	5 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
ปริมาณของการฝึกซ้อม (อัตราของบอริก.นาที)	ฝึกควบคุม		16 $\pm$ 4	394 $\pm$ 31	293 $\pm$ 101	18 $\pm$ 9
	ฝึกปกติ		20 $\pm$ 4	317 $\pm$ 61*	288 $\pm$ 103	19 $\pm$ 10

กลุ่มฝึกปกติ คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ จำนวน 7 คน กลุ่มฝึกควบคุม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติม จำนวน 7 คน * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกควบคุม

ปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อม

ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการฝึกซ้อม อัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ และปริมาณของการฝึกซ้อม (ตาราง 15) ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มช่วงก่อนแข่งขัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระยะเวลาการฝึกซ้อม ($p > 0.05$) ขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยของกลุ่มฝึกปกติสูงกว่ากลุ่มฝึกควบคุมในการฝึกซ้อมแต่ละครั้งรวมถึงช่วงอบอุ่นร่างกายและช่วงการฝึกพัฒนาร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดช่วงอบอุ่นร่างกายและช่วงการฝึกพัฒนาร่างกายที่กลุ่มฝึกปกติสูงกว่ากลุ่มฝึกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในทางตรงกันข้าม ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์และปริมาณของการฝึกซ้อมในช่วงการฝึกพัฒนาร่างกาย พบว่า กลุ่มฝึกปกติต่ำกว่ากลุ่มฝึกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬาปกติ ในนักกีฬาฟุตบอลเพศชายที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี ผลการศึกษาจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นของอินซูลินไลโคเทรตชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดภายหลังการฝึก 5 สัปดาห์ในกลุ่มฝึกควบคุมมีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติแม้ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติด้านสมรรถภาพทางกาย พบว่า ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พัฒนาขึ้นในกลุ่มฝึกควบคุม ขณะที่การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ นอกจากนี้ยังพบว่า ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อองและ การวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม ขณะที่องค์ประกอบของร่างกาย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ความสูงของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ความคล่องแคล่วว่องไว เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

การตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 จากการฝึก

ผลการตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดภายหลังการฝึก 5 สัปดาห์ พบว่า ไม่แตกต่างกันระหว่างทั้งสองกลุ่ม และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุมในการตอบสนองระยะเฉียบพลันต่อการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ช่วงก่อนแข่งขัน ที่แม้จะไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อม อย่างไรก็ตามพื้นที่ใต้กราฟของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกปกติ และพบว่าความแตกต่างของการตอบสนองแบบเฉียบพลันระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 ในกลุ่มฝึกควบคุม ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 หลังการทดสอบ 30 นาที ในช่วงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 สูงกว่าก่อนการฝึก (เกริกวิทย์ พงศ์ศรี, นันทพล ทองนิลพันธ์, อมรพันธ์ อัจจิมาพร, และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล, 2560) ผลการศึกษาที่พบในการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึกซ้อมฟุตบอลที่มีต่อการตอบสนองของฮอร์โมนในเลือดขณะทดสอบด้วยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด 3 ช่วงเวลาตลอดฤดูกาลแข่งขัน 31 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มข้นของฮอร์โมนโกรทเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่ทำการทดสอบแต่ชี้ให้เห็นว่าลดลงตลอดฤดูกาลแข่งขันเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟของทุกช่วงเวลาการทดสอบ ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ร่วมกับโปรตีนชนิดที่ 3 ไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในการทดสอบและตลอดฤดูกาลแข่งขัน (Mejri et al., 2005) เช่นเดียวกับการศึกษาในชายสุขภาพดีที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยสรุปว่าการตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกเฉพาะอาจจะพบได้ชัดเจนกว่าการตอบสนองในระบบไหลเวียนเลือด (Walker, Kambadur, Sharma, & Smith, 2004) การฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและการฝึกความอดทนส่งผลให้เพิ่มระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะพบเฉพาะในกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้าน (Gregory et al., 2013)

ผลการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคุมกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่ส่งต่อการตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดที่ผ่านมายังมีอยู่ไม่มากนัก แม้ว่าการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกในรูปแบบอื่น ๆ จะแสดงให้เห็นว่าการฝึกด้วยแรงต้านส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดสูงขึ้นอย่างเฉียบพลันเช่นเดียวกัน (Kraemer et al., 1993; Kraemer et al., 1991) ขณะเดียวกันการฝึกพัฒนาความอดทนในรูปแบบต่าง ๆ สามารถเพิ่มระดับความเข้มข้น

ของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด (Berg & Bang, 2004; Copeland & Heggie, 2008; Schwarz et al., 1996; Wahl et al., 2010) ซึ่งกลไกสำคัญดังกล่าวเกิดจากการสังเคราะห์โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่เกิดขึ้นจากการฝึกด้วยแรงต้านด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะในช่วงแรก ขณะที่การสังเคราะห์โปรตีนไมโทคอนเดรียพัฒนาเพิ่มขึ้นจากการฝึกความอดทน (Wilkinson et al., 2008) และการฝึกความอดทนส่งผลให้เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนโดยการกระตุ้นระบบการส่งและรับรู้สัญญาณของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 รวมถึงการกระตุ้นวิถีการส่งสัญญาณของโปรตีน Mammalian target of rapamycin (mTOR) (Mascher et al., 2011; Wadley et al., 2001) รวมทั้ง Protein kinase B (Akt) (Kazior et al., 2016) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ฝึกความอดทนด้วยรูปแบบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

อย่างไรก็ตามก็มีความเป็นไปได้ว่าสาเหตุที่การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษารั้งนี้ไม่ชัดเจน อาจเป็นเพราะ ประการแรก การปรับตัวของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 มีความเฉพาะเจาะจงกับรูปแบบการฝึกซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมามักจะพบการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฝึกด้วยแรงต้านและบางครั้งไม่พบการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฝึกความอดทน (Nindl & Pierce, 2010) ประการที่สอง การฝึกซ้อมที่หลากหลายรูปแบบทั้งในส่วนของกาฝึกพัฒนาร่างกายเทคนิคและแทคติค โดยในการศึกษารั้งนี้กลุ่มฝึกควบคุมจะต้องได้รับการฝึกซ้อมที่หลากหลายตามโปรแกรมการฝึกซ้อมปกตินอกเหนือจากโปรแกรมฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ ดังนั้นปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมในภาพรวมที่เกิดขึ้นอาจส่งผลต่อการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดที่ไม่ชัดเจนนัก (Baar, 2014; Eliakim, Cooper, & Nemet, 2014; Nindl & Pierce, 2010)

การตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ระยะเฉียบพลัน

ขณะเดียวกันในการศึกษาการตอบสนองระยะเฉียบพลันก่อนการฝึก พบว่า ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกปกติในช่วงหลังการทดสอบแตกต่างกับหลังการทดสอบ 30 นาที และไม่พบความแตกต่างในกลุ่มฝึกควบคุม ขณะที่การตอบสนองระยะเฉียบพลันหลังการฝึก 5 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของกลุ่มฝึกปกติไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่ในกลุ่มฝึกควบคุม พบว่า ก่อนการทดสอบระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นกว่าหลังการทดสอบ การศึกษารั้งนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการตอบสนองระยะเฉียบพลันของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ด้วยการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นทั้งการเพิ่มขึ้นและไม่เปลี่ยนแปลงในการตอบสนองดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาในนักกีฬาแฮนด์บอลที่

ทำการทดลองฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นช่วงในรูปแบบที่แตกต่าง ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นในระยะเฉียบพลัน (Meckel et al., 2011; Nemet et al., 2009) ขณะที่การศึกษาบางส่วนไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ภายหลังการทดลองในระยะเฉียบพลัน (Duffield, Steinbacher, & Fairchild, 2009; Kochanska-Dziurawicz, Janikowska, Bijak, Stanjek-Cichoracka, & Mazurek, 2015) สิ่งนี้อาจเป็นปัจจัยส่งผลต่อการตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในการศึกษาครั้งนี้ คือ การสังเคราะห์โปรตีนไมโทคอนเดรียที่พัฒนาเพิ่มขึ้นจากการฝึกความอดทน (Wilkinson et al., 2008) และการฝึกความอดทนส่งผลให้เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนรวมถึงกระตุ้นระบบการส่งและรับรู้สัญญาณของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 (Mascher et al., 2011; Wadley et al., 2001) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้รูปแบบการฝึกความอดทนโดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการทดลองเพื่อศึกษาการตอบสนองระยะเฉียบพลันของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ด้วยการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ อาจส่งผลให้เกิดภาวะความเป็นกรดสูงขึ้นในร่างกาย จึงอาจส่งผลกระทบต่อตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในลักษณะดังกล่าว (Berg & Bang, 2004) ผลการตอบสนองของความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ทั้งต่อการฝึกและระยะเฉียบพลันที่เกิดขึ้นอาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากผลของการฝึกแบบควบคุม ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีอิทธิพลต่อการกระตุ้นทั้งด้านโครงสร้าง การเผาผลาญ และประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อลายซึ่งอาจจะส่งผลให้ความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้นทั้งในระยะเฉียบพลันและต่อการฝึก (Philippou et al., 2007)

สมรรถภาพทางกาย

ผลจากการทดลองพบว่าการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ ส่งผลทำให้สมรรถภาพทางกายพัฒนาขึ้น โดยความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พัฒนาขึ้นในกลุ่มฝึกควบคุม ขณะที่การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อน่องและการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งกลุ่มฝึกควบคุมและกลุ่มฝึกปกติ ขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ ของทั้งสองกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ทำการศึกษาลดผลของการจัดลำดับรูปแบบการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงและความอดทนด้วยการวิ่งที่ระดับความหนักสูงในนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ โดยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน พบว่า การจัดลำดับการฝึกแบบควบคุมไม่ว่าจะทำการฝึกรูปแบบใดก่อนหรือหลังส่งผลต่อสมรรถภาพที่

เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลไม่แตกต่างกัน โดยการฝึกดังกล่าวส่งผลให้ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ความสามารถในการกระโดดสูง ความคล่องแคล่วว่องไว และการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (McGawley & Andersson, 2013) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ควบคู่กับการฝึกด้วยแรงต้านขณะอยู่บนเครื่องสั่นเปรียบเทียบกับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพียงอย่างเดียวในนักกีฬารักบี้ระดับกึ่งอาชีพ โดยทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ในช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน พบว่า กลุ่มที่ฝึกแบบควบคู่มีพัฒนาการในด้านความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และพลังกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ฝึกอย่างเดียว (Suarez-Arrones et al., 2014)

อย่างไรก็ตามบางงานวิจัยพบว่า การศึกษาในนักกีฬาฟุตบอลโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นสามกลุ่ม กลุ่มแรกฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงควบคู่กับการฝึกพัฒนาความเร็ว กลุ่มที่สองฝึกเฉพาะการพัฒนาความแข็งแรง และกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองทำการฝึกทั้งหมด 13 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงควบคู่กับการฝึกพัฒนาความเร็วมีพัฒนาการความสามารถของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่ระยะ 30 เมตรดีกว่าอีกสองกลุ่ม ขณะที่การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มพัฒนาใกล้เคียงกัน (Kotzamanidis et al., 2005) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนด้วยการวิ่งแบบหนักสลับช่วงในนักกีฬาฟุตบอลระดับชั้นยอด ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ควบคู่กับการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกฟุตบอลปกติ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการด้านประสิทธิภาพออกใช้ ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และความสามารถของการกระโดดดีขึ้น (Helgerud et al., 2011) เช่นเดียวกับการศึกษาในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน โดยทำการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับการวิ่งแบบหนักสลับช่วง เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลองมีพัฒนาการที่ดีขึ้นในด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการกระโดดสูง ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 และ 30 เมตร การวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว และความเร็วสูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Wong et al., 2010)

ผลการศึกษาที่ค้นพบจากการศึกษาที่ผ่านมาเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาจากการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติมีความสำคัญและส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกายที่พัฒนาขึ้น อย่างไรก็ตามสมรรถภาพทางกายบางด้านอาจต้องทำการศึกษาและพัฒนารูปแบบการฝึกให้เกิดการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมใน

อนาคต สิ่งที่น่าสนใจสำคัญของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือการที่สมรรถภาพทางกายที่มีความเฉพาะเจาะจงกับกีฬาฟุตบอลเกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นภายหลังการฝึกซ้อมแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อม ฟุตบอลปกติในระยะเวลาเพียง 5 สัปดาห์ โดยเป็นการศึกษาในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลเพศชายที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี

ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พัฒนาขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเกิดการพัฒนาในส่วนช่วงเวลาที่ดีที่สุดสอดคล้องกับ (Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Quesnel, & Ahmaidi, 2010; Mohr et al., 2007) เช่นเดียวกับเวลาเฉลี่ย (Buchheit et al., 2010; Ferrari Bravo et al., 2008; Mohr et al., 2007) รวมถึงเวลาที่ช้าที่สุดของกลุ่มฝึกควบคุมที่พัฒนาขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพ โดยเพิ่มการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติในช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน 4 สัปดาห์ พบว่า เวลาเฉลี่ย เวลาที่ช้าที่สุด และเปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงรวมถึงความสามารถของการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วพัฒนาขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการฝึกเพิ่มเติมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกตามโปรแกรมปกติ (Soares-Caldeira et al., 2014) สิ่งที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาการดังกล่าวเนื่องจากการฝึกพัฒนาความแข็งแรงด้วยความหนักระดับสูงรวมถึงการฝึกพัฒนาพลังกล้ามเนื้อส่งผลต่อประสิทธิภาพการพัฒนาพลังสูงสุดในการเคลื่อนไหวที่มีความเฉพาะเจาะจง (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011) ขณะที่การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการเมแทบอลิซึมระบบแอนแอโรบิก การทรงสภาพปกติของไออน ความสามารถของระบบบัฟเฟอร์ (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011) และสนับสนุนกระบวนการผลิตพลังงานในกล้ามเนื้อลายเพิ่มขึ้น (Coffey et al., 2009) อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้านี้ไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงซึ่งแสดงถึงความสามารถของร่างกายในการฟื้นสภาพระหว่างการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ แต่รอบรอบ ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการฝึกความเร็วอดทนกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบหนักสลับช่วง พบว่า การฝึกความเร็วอดทนส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงพัฒนาดีกว่าการฝึกในรูปแบบตรงข้าม (Mohr et al., 2007) แม้ว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ มีแนวโน้มส่งผลให้ความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในรอบแรกและเวลาเฉลี่ยถูกรอบตลอดการทดสอบดีกว่า ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในอนาคตเกี่ยวกับการกำหนดปริมาณการฝึกซ้อมด้วยรูปแบบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในการวางแผนการฝึกซ้อม เพื่อให้การฝึกซ้อมมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงเป็นสิ่งจำเป็น (Bishop et al., 2011)

ผลการศึกษาศาสตร์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า น้ำหนักตัวของกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติม ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันและน้ำหนักส่วนที่ปราศจากไขมันไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มที่ฝึกปกติมีเปอร์เซ็นต์ไขมันก่อนการฝึกในระดับที่สูงกว่ากลุ่มฝึกควบคู่ ภายหลังการฝึกเปอร์เซ็นต์ไขมันของกลุ่มฝึกปกติลดลงมากกว่ากลุ่มฝึกควบคู่ จึงอาจเป็นสาเหตุให้มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักตัวมากกว่าอันเป็นผลมาจากการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาของนักกีฬาภายหลังการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่ประกอบไปด้วยการฝึกพัฒนาร่างกาย เทคนิคและแทคติก สอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลระดับสูงในช่วงก่อนและภายในฤดูกาลแข่งขัน (Oliveira et al., 2013) และในนักฟุตบอล (ดิฐฐชัย จันทร์คุณา และ เกริกวิทย์ พงศ์ศรี, 2557)

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดภายหลังการฝึก 5 สัปดาห์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาที่ได้รับการฝึกในระดับสูงนั้นอาจไม่ใช่เรื่องง่ายนัก แม้ว่าการฝึกซ้อมในช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขันจะทำให้สมรรถภาพทางกายด้านอื่น ๆ พัฒนาขึ้นก็ตาม (Miloski, de Freitas, Nakamura, Nogueira, & Bara, 2016; Oliveira et al., 2013) สอดคล้องกับผลการฝึกความแข็งแรงควบคู่ความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในชายผู้มีสุขภาพดีเป็นเวลา 8 สัปดาห์ที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Fyfe, Bartlett, Hanson, Stepto, & Bishop, 2016) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะระยะเวลาการฝึกซ้อม 5 สัปดาห์ที่กลุ่มตัวอย่างจะต้องได้รับการฝึกหลากหลายรูปแบบ จึงทำให้ปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมอาจไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดการปรับตัวของระบบหายใจ หัวใจ ไหลเวียนโลหิตจนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ครั้งนี้ยังอยู่ในระดับใกล้เคียงกับนักกีฬาฟุตบอลระดับกึ่งอาชีพ (Alvarez et al., 2009)

ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ของการทดสอบทั้ง 3 ท่า พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มพัฒนาการดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึกกับหลังฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในท่าบาร์เบล สควอทและท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์พ เรซ โดยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ส่วนหนึ่งของโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อร่างกายส่วนล่างเพียงพอ ขณะที่ความสูงของการกระโดดทำยืนย่อตัว เข้าท่ามูม 90 องศา แล้วกระโดด (SJ) และทำยืนตรงย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (CMJ) ไม่แตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม แม้ว่าความสูงของการกระโดดทำยืนย่อตัว เข้าท่ามูม 90 องศาแล้วกระโดดนั้นก็มีแนวโน้มพัฒนาเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการฝึก สอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึก

ความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่งผลให้ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบล สควอท และความสูงของการกระโดดทำยืนย่อตัวเข้าท่ามูม 90 องศา แล้วกระโดดพัฒนาขึ้น (Enright, Morton, Iga, & Drust, 2015) ผลการฝึกความแข็งแรงควบคู่ความอดทนรูปแบบต่าง ๆ ในชายผู้มีสุขภาพดีเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่งผลให้ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบล สควอทพัฒนาขึ้น (Fyfe et al., 2016) และการฝึกพลีโอเมทริกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย โดยพบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นขณะทดสอบในท่าสควอทซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงสูงสุด ขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบกระโดดสูงซึ่งแสดงถึงพลังระเบิด (Rezaimanesh, Amiri-Farsani, & Saidian, 2011) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณและความหนักของการฝึกเสริมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระโดดข้ามรั้วซึ่งเป็นลักษณะการฝึกแบบพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อภายหลังการฝึกยกน้ำหนักในแต่ละท่าอาจไม่เพียงพอที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาฟุตบอล

ผลการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ มีแนวโน้มพัฒนาการด้านความเร็วที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ ขอบเขตอิทธิพลและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแสดงให้เห็นว่าความเร็วระยะสั้นพัฒนาขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่งผลให้ความเร็วสูงสุดของการวิ่งที่ระยะ 10 เมตรพัฒนาขึ้น (Enright et al., 2015) และกลุ่มตัวอย่างวัยรุ่นสุขภาพดีที่ทำการฝึกด้วยน้ำหนักท่าสควอทควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แสดงผลการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 30 เมตรได้ดีกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกด้วยน้ำหนักหรือฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเพียงอย่างเดียว (Marques et al., 2015) การพัฒนาดังกล่าวเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเอาชนะแรงเฉื่อยขณะเริ่มออกตัววิ่งที่ระยะ 5 เมตรแรก ซึ่งเกิดจากการที่อัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development) พัฒนาขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบล สควอทที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาที่กล่าวถึงความสัมพันธ์กันในระดับสูงระหว่างความแข็งแรงสูงสุดในท่าสควอทและความเร็วของการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่ระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 40 เมตร (McBride et al., 2009) ขณะที่การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงสูงสุดของท่าสควอทและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วระยะสั้นในช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน 8 สัปดาห์ของนักกีฬารักบี้ พบว่า ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 20 เมตร พัฒนาขึ้น (Comfort, Haigh, & Matthews, 2012) เช่นเดียวกับการฝึกความแข็งแรงสูงสุด 6 สัปดาห์ส่งผลต่อความแข็งแรงในท่าสควอทและพัฒนาความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 20 เมตร

ในช่วงระหว่างฤดูกาลแข่งขันในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพ (Styles, Matthews, & Comfort, 2016) และภายหลังการฝึกความแข็งแรง 7 สัปดาห์ส่งผลให้ความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ระยะ 10 เมตร พัฒนาขึ้นในนักกีฬาฟุตบอลระดับอาชีพเช่นเดียวกัน (Rønnestad, Kvamme, Sundé, & Raastad, 2008) นอกจากนี้ การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ยังส่งผลให้ความสามารถของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดต่อเนื่องพัฒนาขึ้น (Bishop et al., 2011)

ผลการศึกษาสมรรถภาพความคล่องแคล่วว่องไว พบว่า ไม่แตกต่างกันทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อม เมื่อพิจารณาในกลุ่มฝึกควบคุม ผลการศึกษาที่เกิดขึ้นดังกล่าวอาจเป็นเพราะรูปแบบการเคลื่อนที่ในส่วนของการฝึกมีลักษณะการวิ่งด้วยความเร็วทางตรงและกลับตัวในทิศทางทำมุม 180 องศา ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่มากนัก ด้วยเหตุนี้อาจเกิดข้อจำกัดทำให้การถ่ายโยงความสามารถของการวิ่งในทิศทางอื่น ๆ ไม่มีการพัฒนาชัดเจนนัก จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างในพัฒนาการด้านความคล่องแคล่วว่องไวเมื่อทำการทดสอบด้วยการเคลื่อนที่รูปตัว T ที่มีการเคลื่อนไหวในหลายลักษณะและหลายทิศทาง ดังนั้นการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว ควรให้ความสำคัญและเพิ่มการพัฒนาความสัมพันธ์และการกระตุ้นของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Buchheit, 2012)

การทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็ว (Yo-Yo IR1) พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มวิ่งได้ระยะทางเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก แต่ไม่พบความแตกต่างกันของการพัฒนาดังกล่าวระหว่างกลุ่ม แม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความสามารถของการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬาฟุตบอล (Bangsbo et al., 2008; Rampinini et al., 2010) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองใกล้เคียงกันและไม่พัฒนาขึ้นภายหลังการฝึก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่สัมพันธ์กันระหว่างความสามารถของการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วที่เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึกกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ไม่เปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในนักกีฬาฟุตบอล (Boullosa et al., 2013) สาเหตุที่อาจเป็นปัจจัยดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่าความต้องการทางสรีรวิทยาของการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วเปรียบเทียบกับทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดซึ่งเป็นไปในลักษณะการวิ่งเพิ่มระดับความเร็วขึ้นเป็นระยะบนลู่วิ่งไฟฟ้า ซึ่งอันที่จริงแล้วการทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วต้องอาศัยการทำงานของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกในระดับสูงกว่า (Castagna, Impellizzeri, Chamari, Carlomagno, & Rampinini, 2006) ขณะที่วิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดถูกออกแบบมาเพื่อใช้ประเมินความสามารถด้านแอโรบิกเป็นหลัก ในขณะเดียวกัน

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ สามารถพัฒนาการทำงานของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิก จึงอาจเป็นสาเหตุให้ผลการทดสอบดังกล่าวซึ่งค่อนข้างมีความเฉพาะเจาะจงกับ ชนิดกีฬามากกว่าเกิดการพัฒนาร่วมกัน (Ferrari Bravo et al., 2008) นอกจากนี้วิธีการทดสอบการวิ่ง เพิ่มระยะและความเร็ว ประกอบไปด้วยการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่โดยการวิ่งกลับตัวซึ่งสอดคล้อง กับรูปแบบการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ จึงอาจส่งผลให้การทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะและ ความเร็วมีการพัฒนาร่วมกันดังกล่าว (Lakomy & Haydon, 2004)

จะเห็นได้ว่าการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิด เฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ในช่วงเวลา 5 สัปดาห์สุดท้ายของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลการ แข่งขัน ในนักกีฬาฟุตบอลเพศชายส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย โดยมีทั้งที่เพิ่มขึ้นและบางด้านไม่ เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาที่ได้รับการ ฝึกเป็นอย่างดี มีระดับของสมรรถภาพทางกายในด้านต่าง ๆ ค่อนข้างดี ประกอบกับการที่กลุ่ม ตัวอย่างจะต้องได้รับการฝึกหลากหลายรูปแบบทั้งการพัฒนาร่างกาย เทคนิคและแทคติก และเป็น การศึกษาในช่วงสุดท้ายของการเตรียมความพร้อมก่อนการแข่งขันซึ่งนักกีฬาจะมีระดับสมรรถภาพ ทางกายที่เกือบจะพร้อมสูงสุดสำหรับการแข่งขัน การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายบางด้าน จึงอาจไม่ใช่เรื่องง่ายนัก อย่างไรก็ตามสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอล เช่น ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ พัฒนาร่วมกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตอบสนอง ที่เกิดจากรูปแบบการฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบ ซ้ำ ๆ ที่อยู่ในโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ในการวิจัยครั้งนี้

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรม การฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ในช่วงเวลา 5 สัปดาห์สุดท้ายของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน ในนักกีฬาฟุตบอลเพศชายที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี ส่งผลให้การ ตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด ภายหลังการฝึกในกลุ่มฝึกควบคู่มีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติแม้ไม่พบความ มีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านสมรรถภาพทางกาย พบว่า ความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด แบบซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลพัฒนาร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติในกลุ่มฝึกควบคู่และส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามี

แนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามทั้งสองกลุ่มมีพัฒนาการด้านความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อและการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วที่ดีขึ้นใกล้เคียงกัน ขณะที่องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความสูงของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ความคล่องแคล่ว ว่องไว เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการฝึกซ้อมของนักกีฬาได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเป็นสิ่งที่จำเป็น ทั้งนี้เพราะในเกมการแข่งขันกีฬาฟุตบอลเกี่ยวข้องกับระบบการทำงานทางสรีรวิทยาของนักกีฬาที่หลากหลาย การพัฒนารูปแบบการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจะส่งผลให้นักกีฬาสามารถแสดงศักยภาพสูงสุดในเกมการแข่งขัน



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ฟุตบอล เป็นกีฬาประเภททีมที่มีลักษณะระดับความหนักสูงแบบหนักสลับช่วงมากกว่ากีฬาประเภททีมชนิดอื่น ๆ ดังนั้นความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ จึงเป็นสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาฟุตบอลที่มีความความสำคัญมากซึ่งจะส่งผลดีต่อสมรรถนะของเกมการแข่งขัน และเนื่องจากการที่นักกีฬาต้องใช้เวลาสำหรับการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาเทคนิค และแทคติกของเกมการแข่งขันเป็นหลัก การนำเอารูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายดังกล่าวมาทำการฝึกควบคู่กันในการฝึกครั้งเดียวกัน อาจส่งผลดีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารชีวโมเลกุลในระบบไหลเวียนเลือด เช่น อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ของนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเวลาของการฝึกซ้อมมีจำกัด วิธีการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยการศึกษา 2 การศึกษาของปริญญาโทฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้ คือ การศึกษาที่ 1 เพื่อศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อการตอบสนองของระยะเฉื่อยพลันของระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในนักกีฬาฟุตบอล ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน และการศึกษาที่ 2 เพื่อศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติช่วงก่อนการแข่งขันต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล ภาพรวมของสรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา ข้อจำกัดของการวิจัย ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป และการประยุกต์ผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ จะนำเสนอเป็นลำดับ ดังนี้

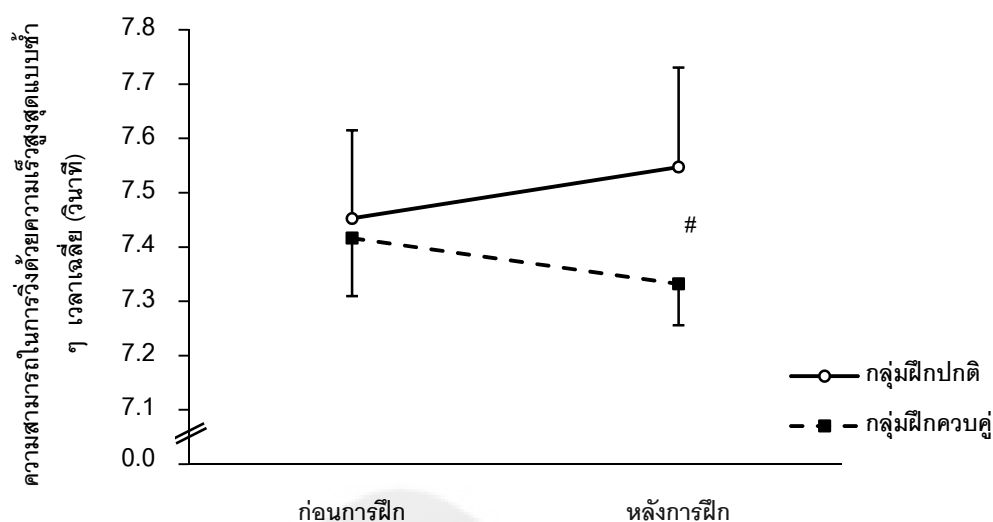
สรุปผลและอภิปรายผล

ในการศึกษาที่ 1 ออกแบบการศึกษาโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคุม 2 รูปแบบการฝึก โดยมีการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกันในการฝึกครั้งเดียวกัน คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (บทที่ 3) รูปแบบการฝึกทั้งสองนั้นส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับรูปแบบการเคลื่อนไหว ระบบพลังงาน และการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอล ผลการวิจัย พบว่า การฝึกแบบควบคุมด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกันส่งผลต่อการตอบสนองของระยะเฉื่อยพลันของค่าเฉลี่ยแลคเตท พีเอช ไบคาร์บอเนต และค่าต่างเกินในระบบไหลเวียนเลือด โดยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายสูงกว่าการฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม นอกจากนี้ยังส่งผลให้การตอบสนองของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดสูงขึ้นภายหลังการทดลองอีกด้วย ในขณะที่ประสิทธิภาพของการฝึกแต่ละรูปแบบไม่ได้รับผลกระทบจากการฝึกรูปแบบก่อนหน้านั้น

จากผลการศึกษาที่พบชี้ให้เห็นว่า การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด โดยเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการทดลองชั่วคราวระยะเวลาหนึ่งก่อนลดระดับลงสู่สภาวะปกติ ขณะที่การฝึกในรูปแบบตรงกันข้ามไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือด ซึ่งในระหว่างช่วงการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ของการฝึกแต่ละรูปแบบการฝึก ส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในร่างกายสูงขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ซึ่งฮอร์โมนชนิดนี้จะมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเชื่อมโยงไปถึงประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬา ขณะเดียวกันสภาวะความเป็นกรดในร่างกายที่สูงขึ้นอาจส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและการฟื้นฟูสภาพของนักกีฬา อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอนาคตเพื่ออธิบายกลไกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช สภาวะความเป็นกรดในร่างกายจากการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดเพิ่มเติมยังเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้น ในการกำหนดโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน การจัดลำดับของรูปแบบการฝึกโดยทำการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะก่อนจากนั้นจึงทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ จะส่งผลดีต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับกรฝึกในรูปแบบตรงกันข้าม ขณะเดียวกันการ

ออกแบบโปรแกรมการฝึกตลอดช่วงระยะเวลาของการฝึกซ้อม ควรพิจารณาการกำหนดระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันอย่างเหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลต่อฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการฝึกเพิ่มมากขึ้น และอาจส่งผลให้สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาพัฒนาเพิ่มมากขึ้น

จากผลการศึกษาการตอบสนองของระยะเฉียบพลันของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดจากการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกันในการฝึกครั้งเดียวกันของการฝึกแบบควบคุม ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมจากการศึกษาดังกล่าวไปกำหนดเป็นโปรแกรมการฝึกเสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติในการเตรียมความพร้อมของนักกีฬาฟุตบอลช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน (Pre-season period) เพื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 อีกทั้งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการฝึกซ้อมและพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมรรถภาพทางกายที่มีความเฉพาะเจาะจงกับกีฬาฟุตบอลให้เพิ่มสูงขึ้น จึงนำไปสู่การศึกษาที่ 2 โดยเป็นการนำผลการศึกษาที่ได้จากการศึกษาที่ 1 มากำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เลือกจากผลการศึกษาที่ 1 (กลุ่มฝึกควบคุม) จำนวน 7 คน ทำการฝึกในช่วง 5 สัปดาห์สุดท้ายของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน (Pre-season period) (บทที่ 4) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (ภาพประกอบ 16) ขณะที่การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ (ภาพประกอบ 17) เช่นเดียวกับระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 อย่างไรก็ตามทั้งสองกลุ่มมีพัฒนาการด้านความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อองและ การวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วใกล้เคียงกัน ขณะที่องค์ประกอบของร่างกาย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ความสูงของการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ความคล่องแคล่วว่องไว เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ลดลงของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



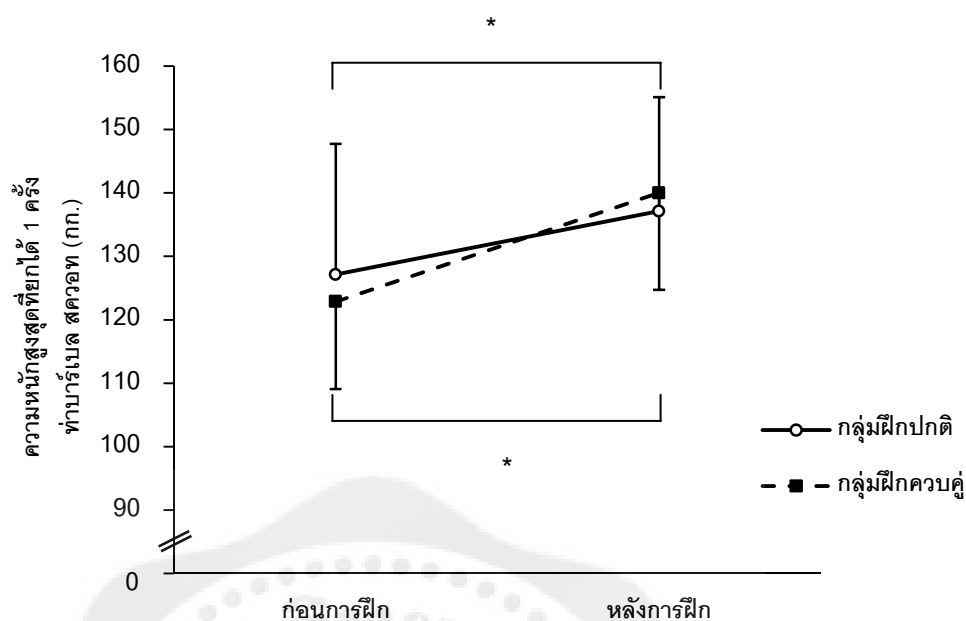
ภาพประกอบ 16 การเปลี่ยนแปลงของเวลาเฉลี่ยของการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ของกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (กลุ่มฝึกควบคุม)

[#] มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลา (two-way ANOVA; group x time interaction, $p \leq 0.05$)

แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างของการตอบสนองที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโทรพแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดระหว่างกลุ่มฝึกปกติและกลุ่มฝึกควบคุม ทั้งในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 5 สัปดาห์ โดยในกลุ่มฝึกควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกปกติอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่อาจเป็นปัจจัยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนดังกล่าว อาจเนื่องมาจากตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกซ้อมหลากหลายรูปแบบทั้งในส่วนของการฝึกพัฒนาร่างกาย เทคนิคและแทคติก เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ที่กลุ่มทดลองจะต้องได้รับการฝึกซ้อมที่หลากหลายตามโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ นอกเหนือจากโปรแกรมเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งในการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกตินั้น จากการติดตามบันทึกข้อมูลปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกซ้อมต่าง ๆ มีระดับความหนักที่หลากหลาย จึงอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโทรพแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดไม่ชัดเจนนัก (เกริกวิทย์ พงศ์ศรี, และคณะ, 2560) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านมักจะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ผลิตสารชีวโมเลกุล (Anabolic hormone)

รวมถึงอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ขณะที่กลุ่มที่ทำการฝึกความอดทนอาจจะไม่พบการตอบสนองดังกล่าวและกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทน พบว่ามีการตอบสนองที่ยังไม่ชัดเจนและต้องการการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต (Fyfe et al., 2014; Gregory et al., 2013; Meiri et al., 2005) อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่พบในการศึกษานี้ซึ่งถึงแม้จะไม่ชัดเจนนัก แต่อาจจะมีผลเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของสมรรถภาพทางกายของกลุ่มตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาขึ้นของความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ซึ่งถือเป็นสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลในกลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติ

ขณะเดียวกันอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากการอธิบายผลในบทที่ 4 โดยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ อาจส่งผลต่อการพัฒนาการทำงานประสานสัมพันธ์ภายในกล้ามเนื้อซึ่งสามารถพัฒนารูปแบบหรือกลไกการเคลื่อนไหว เช่น ความยาวของการก้าวเท้า ความถี่ของการก้าวเท้า เป็นต้น นอกจากนี้ขณะที่ทำการฝึก กลุ่มตัวอย่างจะมีการเรียนรู้จากการปฏิบัติการฝึกนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคในการเพิ่มความเร็ว ลดความเร็ว การกลับตัว การลดเวลาปฏิกิริยา (Lockie, Murphy, Knight, & Janse de Jonge, 2011) ขณะที่กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติกลับพบว่ามีความมั่นใจในความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะได้รับการฝึกซ้อมหลากหลายรูปแบบทั้งในส่วนของ การฝึกพัฒนาด้านร่างกาย เทคนิคและแทคติก ทำให้ความเข้มข้นของการฝึกที่จะพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬาฟุตบอลอย่างเช่นความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ลดลง อย่างไรก็ตามผลการศึกษาศมรรถภาพความคล่องแคล่วว่องไวซึ่งแสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ พบว่า ไม่แตกต่างกันทั้งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อม ดังนั้นการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วในขณะที่วิ่งด้วยความเร็วสูง ควรให้ความสำคัญและเพิ่มการพัฒนาความสัมพันธ์และการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ รวมถึงเทคนิคการเคลื่อนที่ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับกีฬา เทคนิคการเพิ่มอัตราเร่งความเร็วเริ่มต้นของการออกตัว ลดระยะเวลาของการชะลอความเร็วเพื่อการกลับตัว และพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง ปัจจัยเหล่านี้สามารถพัฒนาด้วยการฝึกความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ (Castillo-Rodriguez, Fernandez-Garcia, Chinchilla-Minguet, & Camero, 2012) และการเคลื่อนที่ที่มีความเฉพาะเจาะจงขณะฝึกวิ่งกลับตัว (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010) ดังนั้นการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่มีความเฉพาะเจาะจงกับการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นในเกมการแข่งขันอย่างพิถีพิถันจะเป็นประโยชน์กับนักกีฬาฟุตบอลซึ่งถือเป็นสมรรถภาพทางกายที่สำคัญมาก (Brughelli, Cronin, Levin, & Chaouachi, 2008)



ภาพประกอบ 17 การเปลี่ยนแปลงของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในท่าบาร์เบล สควอท ของกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติ (กลุ่มฝึกปกติ) และกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (กลุ่มฝึกควบคุม) * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 (* $p \leq 0.05$)

โดยสรุปแล้ว ผลการศึกษาโดยรวมในครั้งนี้พบว่า เมื่อพิจารณาข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา สมรรถภาพทางกายและระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 จากการทดลองในการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยการศึกษา 2 การศึกษาของปริญญาโทและปริญญาเอกนี้ ชี้ให้เห็นถึงการปรับตัวเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวทั้งในระยะเฉียบพลันและระยะยาวต่อการฝึกอันเกิดขึ้นจากการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬาฟุตบอล การกำหนดให้มีการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคุมระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติจึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ต่อไปในอนาคตเกี่ยวกับวิธีการฝึกซ้อมรูปแบบใหม่ การกำหนดปริมาณและความหนักของการฝึกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาสมรรถนะของนักกีฬาเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจะยิ่งส่งผลให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาฟุตบอลเพื่อความเป็นเลิศอย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณในการทำวิจัย จึงทำให้สามารถตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ได้เพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ยังทำให้ไม่สามารถเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดในช่วงการพักระหว่างการฝึกรูปแบบแรกและการฝึกรูปแบบที่สอง (การศึกษาที่ 1) โดยในการอภิปรายผลการวิจัยในการศึกษาที่ 1 และการศึกษาที่ 2 (บทที่ 3 และบทที่ 4) จะแสดงให้เห็นว่า หากมีการตรวจวัดฮอร์โมนที่มีความเกี่ยวข้องเพิ่มเติม อาจทำให้สามารถอธิบายกระบวนการหรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เพิ่มเติมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติในนักกีฬาฟุตซอลชายที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในระหว่างการศึกษานี้ได้พบประเด็นที่น่าสนใจที่ยังต้องการการศึกษาในอนาคตต่อไป ดังนี้

- เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้นเกี่ยวกับกระบวนการหรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรเพิ่มการตรวจวัดฮอร์โมนที่มีความเกี่ยวข้อง รวมถึงการตรวจวัดฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการสลายสารชีวโมเลกุล (Catabolic Hormone) เช่น คอร์ติซอล (Cortisol) เป็นต้น

- เพื่อศึกษาการเกิดการอักเสบหรือมีการบาดเจ็บในร่างกายอันเป็นผลมาจากการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ควรมีการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของไซโตไคน์ที่สำคัญในระบบไหลเวียนเลือด เช่น ครีเอทีน ไคเนส (Creatine kinase (CK)) อินเตอร์ลิวคิน 6 (Interleukin-6 (IL-6)) เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการกำหนดสัดส่วนระยะเวลาของการฝึกซ้อมและการพักเพื่อการฟื้นฟูสภาพร่างกายของนักกีฬา

- เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาอันเป็นผลมาจากการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยทำการศึกษาเพิ่มเติมตัวแปรต่าง ๆ เช่น การศึกษาในระบบประสาทกล้ามเนื้อ กลไกทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนไหวของนักกีฬาขณะทำการฝึก และทักษะการเรียนรู้ของนักกีฬาที่พัฒนาขึ้นจากการฝึก เป็นต้น นอกจากนี้การศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีความแตกต่างกัน เช่น เพศ ประสบการณ์และระดับของการแข่งขัน ระดับอายุ ชนิดกีฬา เป็นต้น เป็นสิ่งที่น่าสนใจซึ่งจะทำให้

- จากผลการศึกษาที่พบ จึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาผลของการกำหนดระยะเวลาพักของการฝึกแบบควบคู่ระหว่างรูปแบบที่เป็นการฝึกลำดับแรกคือการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะและการฝึกในลำดับต่อมาคือการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ หรือการแบ่งเวลาทำการฝึกโดยช่วงเช้าทำการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะและช่วงบ่ายทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ หรือการฝึกสลับวัน วันละรูปแบบการฝึก รวมถึงการกำหนดปริมาณ ความหนัก หรือรูปแบบการฝึกพัฒนาความอดทนในรูปแบบอื่น ๆ

- จากผลการศึกษาที่เกิดขึ้น จึงมีความน่าสนใจที่จะนำการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ไปทำการศึกษาในช่วงฤดูกาลการแข่งขัน (In-season period) โดยอาจประยุกต์รูปแบบการฝึกให้มีความเฉพาะเจาะจงกับการเคลื่อนไหวและเทคนิคที่ใช้ในเกมการแข่งขัน เช่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดไปกับลูกฟุตบอล เป็นต้น เพื่อศึกษาผลของการฝึกที่มีต่อการรักษาระดับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาตลอดฤดูกาลการแข่งขัน

- การศึกษาการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมด้วยการทดลองการได้รับโภชนาการที่เกี่ยวข้อง เช่น การได้รับโปรตีนก่อนหรือหลังการฝึกแบบควบคู่ หรือการได้รับสารอาหารที่ช่วยลดระดับสภาวะความเป็นกรดในร่างกายซึ่งอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับของฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการสร้างสารชีวโมเลกุล (Anabolic hormone) เป็นต้น

การประยุกต์ผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้ฝึกสอนด้านการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย และบุคลากรทางการกีฬาที่เกี่ยวข้อง สามารถประยุกต์ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล ตามข้อเสนอแนะดังนี้

- การกำหนดโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ในการฝึกซ้อมครั้งเดียวกัน การจัดลำดับของรูปแบบการฝึกโดยทำการฝึกความแข็งแรงแรงชนิดเฉพาะตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ จะส่งผลดีต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกในแบบตรงกันข้าม ขณะเดียวกันการกำหนดระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันนี้ให้เพียงพอเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบโปรแกรมการฝึกตลอดช่วงระยะเวลาของการฝึกซ้อม

- การฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่งผลดีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาฟุตบอลโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และมีแนวโน้มเพิ่มระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 ในระบบไหลเวียนเลือดในช่วงของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลการแข่งขัน (Pre-season period)



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- เกริกวิทย์ พงศ์ศรี, นันทพล ทองนิลพันธ์, อมรพันธ์ อัจจิมาพร, และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล (2560). การตอบสนองของอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และการปรับตัวทางสรีรวิทยาต่อการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ระหว่างก่อนการแข่งขันในนักกีฬาฟุตบอล. *วารสารคณะพลศึกษา*. ปีที่ 20, เล่มที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2560), หน้า 34-48.
- เกริกวิทย์ พงศ์ศรี, อมรพันธ์ อัจจิมาพร, และ สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล (2558). การฝึกความแข็งแรงควบคู่กับความอดทนสำหรับนักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับช่วง. *วารสารคณะพลศึกษา*. ปีที่ 18, เล่มที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2558), หน้า 1-15.
- ดิฐฐชัย จันทรคุณา, และ เกริกวิทย์ พงศ์ศรี (2557). สมรรถภาพทางกาย ความรู้สึกเมื่อยล้า และการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมและแข่งขันในนักฟุตบอล มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. *วารสารคณะพลศึกษา*. ปีที่ 17, เล่มที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2557), หน้า 90-105.
- วิกิพีเดีย. (2560). *สโมสรฟุตบอลชลบุรีเอฟ. ซีซั่นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2560*, จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/สโมสรฟุตบอลชลบุรีเอฟ>
- Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 320-330.
- Alvarez, J. C., D'Ottavio, S., Vera, J. G., & Castagna, C. (2009). Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2163-2166.
- American College of Sports Medicine. (1998). Position stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-991.
- Apro, W., Moberg, M., Hamilton, D. L., Ekblom, B., van Hall, G., Holmberg, H. C., & Blomstrand, E. (2015). Resistance exercise-induced S6K1 kinase activity is not inhibited in human skeletal muscle despite prior activation of AMPK by high-intensity interval cycling. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 308(6), E470-E481.

- Baar, K. (2006). Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1939-1944.
- Baar, K. (2014). Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Medicine*, 44 Suppl 2, S117-125.
- Balabinis, C. P., Psarakis, C. H., Moukas, M., Vassiliou, M. P., & Behrakis, P. K. (2003). Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 393-401.
- Balsalobre-Fernandez, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. V. (2016). Effects of strength training on running economy in highly trained runners: a systematic review with meta-analysis of controlled trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2361-2368.
- Balsom, P. (1994). *Evaluation of physical performance*. In football (soccer). Ekblom, B. Editor. 102-122. Oxford: Blackwell.
- Bamman, M. M., Shipp, J. R., Jiang, J., Gower, B. A., Hunter, G. R., Goodman, A., . . . Urban, R. J. (2001). Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 280(3), E383-390.
- Bangsbo, J. (2015). Performance in sports - With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 88-99.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-674.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110-116.

- Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63-73.
- Berg, U., & Bang, P. (2004). Exercise and circulating insulin-like growth factor I. *Hormone Research*, 62, 50-58.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Medicine*, 41(9), 741-756.
- Bodine, S. C., Stitt, T. N., Gonzalez, M., Kline, W. O., Stover, G. L., Bauerlein, R., . . . Yancopoulos, G. D. (2001). Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nature Cell Biology*, 3(11), 1014-1019.
- Booth, F. W., & Watson, P. A. (1985). Control of adaptations in protein levels in response to exercise. *Federation Proceedings*, 44(7), 2293-2300.
- Borg, G., Hassmen, P., & Lagerstrom, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 679-685.
- Borst, S. E., De Hoyos, D. V., Garzarella, L., Vincent, K., Pollock, B. H., Lowenthal, D. T., & Pollock, M. L. (2001). Effects of resistance training on insulin-like growth factor-1 and IGF binding proteins. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 648-653.
- Boullosa, D. A., Tonello, L., Ramos, I., Silva Ade, O., Simoes, H. G., & Nakamura, F. Y. (2013). Relationship between aerobic capacity and Yo-Yo IR1 performance in brazilian professional futsal players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(3), 230-234.
- Brahm, H., Piehl-Aulin, K., Saltin, B., & Ljunghall, S. (1997). Net fluxes over working thigh of hormones, growth factors and biomarkers of bone metabolism during short lasting dynamic exercise. *Calcified Tissue International*, 60(2), 175-180.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38(12), 1045-1063.

- Buchheit, M. (2012). Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance? *Sports Medicine*, 42(2), 169-172; author reply 172-163.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T., & Ahmaidi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(2), 152-164.
- Buhrle, M., & Schmidtbleicher, D. (1977). The influence of maximal strength training on movement velocity [in German]. *Leistungssport*, 7, 3-10.
- Cadore, E. L., Izquierdo, M., dos Santos, M. G., Martins, J. B., Lhullier, F. L. R., Pinto, R. S., . . . Kruel, L. F. M. (2012). Hormonal responses to concurrent strength and endurance training with different exercise orders. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3281-3288.
- Cadore, E. L., Izquierdo, M., Pinto, S. S., Alberton, C. L., Pinto, R. S., Baroni, B. M., . . . Kruel, L. F. (2013). Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr)*, 35(3), 891-903.
- Caetano, F. G., de Oliveira Bueno, M. J., Marche, A. L., Nakamura, F. Y., Cunha, S. A., & Moura, F. A. (2015). Characterization of the sprint and repeated-sprint sequences performed by professional futsal players, according to playing position, during official matches. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(6), 423-429.
- Campos-Vazquez, M. A., Romero-Boza, S., Toscano-Bendala, F. J., Leon-Prados, J. A., Suarez-Arrones, L. J., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2015). Comparison of the effect of repeated-sprint training combined with two different methods of strength training on young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 744-751.

- Cantrell, G. S., Schilling, B. K., Paquette, M. R., & Murlasits, Z. (2014). Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European Journal of Applied Physiology*, 114(4), 763-771.
- Carroll, P. V., Jackson, N. C., Russell-Jones, D. L., Treacher, D. F., Sonksen, P. H., & Umpleby, A. M. (2004). Combined growth hormone/insulin-like growth factor I in addition to glutamine-supplemented TPN results in net protein anabolism in critical illness. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 286(1), E151-157.
- Castagna, C., D'Ottavio, S., Vera, J. G., & Alvarez, J. C. B. (2009). Match demands of professional Futsal: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(4), 490-494.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chamari, K., Carlomagno, D., & Rampinini, E. (2006). Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 320-325.
- Castillo-Rodriguez, A., Fernandez-Garcia, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L., & Carnero, E. A. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 725-732.
- Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., . . . Amri, M. (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 555-560.
- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763.
- Coffey, V. G., Jemio, B., Edge, J., Garnham, A. P., Trappe, S. W., & Hawley, J. A. (2009). Effect of consecutive repeated sprint and resistance exercise bouts on acute adaptive responses in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 297(5), R1441-R1451.

- Coffey, V. G., Pilegaard, H., Garnham, A. P., O'Brien, B. J., & Hawley, J. A. (2009). Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 106(4), 1187-1197.
- Comfort, P., Haigh, A., & Matthews, M. J. (2012). Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 772-776.
- Copeland, J. L., & Heggie, L. (2008). IGF-I and IGFBP-3 during continuous and interval exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 29(3), 182-187.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-146.
- Costill, D. L., Bowers, R., Branam, G., & Sparks, K. (1971). Muscle glycogen utilization during prolonged exercise on successive days. *Journal of Applied Physiology*, 31(6), 834-838.
- Coutts, A. J., Quinn, J., Hocking, J., Castagna, C., & Rampinini, E. (2010). Match running performance in elite Australian Rules Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 543-548.
- Craig, B. W., Jeff, L., Roberta, P., & Herbert, S. (1991). Effects of running, weight lifting and a combination of both on growth hormone release. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 5, 198-203.
- Creer, A., Gallagher, P., Slivka, D., Jemiolo, B., Fink, W., & Trappe, S. (2005). Influence of muscle glycogen availability on ERK1/2 and Akt signaling after resistance exercise in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 950-956.
- Dall, R., Lange, K. H. W., Kjaer, M., Jorgensen, J. O. L., Christiansen, J. S., Orskov, H., & Flyvbjerg, A. (2001). No evidence of insulin-like growth factor-binding protein 3 proteolysis during a maximal exercise test in elite athletes. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(2), 669-674.
- Davis, W. J., Wood, D. T., Andrews, R. G., Elkind, L. M., & Davis, W. B. (2008a). Concurrent training enhances athletes' cardiovascular and cardiorespiratory measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1503-1514.

- Davis, W. J., Wood, D. T., Andrews, R. G., Elkind, L. M., & Davis, W. B. (2008b). Concurrent training enhances athletes' strength, muscle endurance, and other measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1487-1502.
- De Oliveira Bueno, M. J., Caetano, F. G., Pereira, T. J., De Souza, N. M., Moreira, G. D., Nakamura, F. Y., . . . Moura, F. A. (2014). Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches. *Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports*, 13(3), 230-240.
- de Souza, E. O., Tricoli, V., Roschel, H., Brum, P. C., Bacurau, A. V., Ferreira, J. C., . . . Ugrinowitsch, C. (2013). Molecular adaptations to concurrent training. *International Journal of Sports Medicine*, 34(3), 207-213.
- Dent, J. (2014). *The effect of concurrent resistance and repeated-sprint exercise on performance and the cytokine response in female team-sport athletes*. Thesis, Ph.D. Auckland University of Technology. Retrieved January 15, 2016, from <http://aut.researchgateway.ac.nz/handle/10292/7909>
- Dieli-Conwright, C. M., Jensky, N. E., Battaglia, G. M., McCauley, S. A., & Schroeder, E. T. (2009). Validation of the CardioCoachCO2 for submaximal and maximal metabolic exercise testing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1316-1320.
- Dogramaci, S. N., Watsford, M. L., & Murphy, A. J. (2011). Time-motion analysis of international and national level futsal. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 646-651.
- Donges, C. E., Burd, N. A., Duffield, R., Smith, G. C., West, D. W., Short, M. J., . . . Edge, J. A. (2012). Concurrent resistance and aerobic exercise stimulates both myofibrillar and mitochondrial protein synthesis in sedentary middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*, 112(12), 1992-2001.
- Drummond, M. J., Fry, C. S., Glynn, E. L., Dreyer, H. C., Dhanani, S., Timmerman, K. L., . . . Rasmussen, B. B. (2009). Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *The Journal of Physiology*, 587(Pt 7), 1535-1546.
- Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.

- Dudley, G. A., & Fleck, S. J. (1987). Strength and endurance training. Are they mutually exclusive? *Sports Medicine*, 4(2), 79-85.
- Duffield, R., Steinbacher, G., & Fairchild, T. J. (2009). The use of mixed-method, part-body pre-cooling procedures for team-sport athletes training in the heat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2524-2532.
- Eliakim, A., Cooper, D. M., & Nemet, D. (2014). The GH-IGF-I response to typical field sports practices in adolescent athletes: a summary. *Pediatric Exercise Science*, 26(4), 428-433.
- Enright, K., Morton, J., Iga, J., & Drust, B. (2015). The effect of concurrent training organisation in youth elite soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2367-2381.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149-1160.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(8), 668-674.
- Fitzsimons M., Dawson B., Ward D., Wilkinson A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25, 82–87.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
- Forsten-Williams, K., Cassino, T. R., Delo, L. J., Bellis, A. D., Robinson, A. S., & Ryan, T. E. (2007). Enhanced insulin-like growth factor-I (IGF-I) cell association at reduced pH is dependent on IGF binding protein-3 (IGFBP-3) interaction. *Journal of Cellular Physiology*, 210(2), 298-308.
- Frystyk, J. (2010). Exercise and the growth hormone-insulin-like growth factor axis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 58-66.

- Fyfe, J. J., Bartlett, J. D., Hanson, E. D., Stepto, N. K., & Bishop, D. J. (2016). Endurance training intensity does not mediate interference to maximal lower-body strength gain during short-term concurrent training. *Frontiers in Physiology*, 7.
- Fyfe, J. J., Bishop, D. J., & Stepto, N. K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 44(6), 743-762.
- Garcia-Pallares, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 41(4), 329-343.
- Garcia-Pallares, J., Sanchez-Medina, L., Carrasco, L., Diaz, A., & Izquierdo, M. (2009). Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 629-638.
- Garcia-Pallares, J., Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., Izquierdo-Gabarren, M., & Izquierdo, M. (2010). Physiological effects of tapering and detraining in world-class kayakers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1209-1214.
- Gledhill, N., Cox, D., & Jamnik, R. (1994). Endurance athletes' stroke volume does not plateau: major advantage is diastolic function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(9), 1116-1121.
- Glowacki, S. P., Martin, S. E., Maurer, A., Baek, W., Green, J. S., & Crouse, S. F. (2004). Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(12), 2119-2127.
- Goldspink, G., Williams, P., & Simpson, H. (2002). Gene expression in response to muscle stretch. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (403 Suppl), S146-152.
- Gordon, S. E., Kraemer, W. J., Vos, N. H., Lynch, J. M., & Knuttgen, H. G. (1994). Effect of acid-base-balance on the growth-hormone response to acute high-intensity cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 76(2), 821-829.
- Green, S. (1992). Anthropometric and physiological characteristics of South Australian soccer players. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(1), 3-7.

- Gregory, S. M., Spiering, B. A., Alemany, J. A., Tuckow, A. P., Rarick, K. R., Staab, J. S., . . . Nindl, B. C. (2013). Exercise-induced insulin-like growth factor I system concentrations after training in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(3), 420-428.
- Guglielmo, L. G., Greco, C. C., & Denadai, B. S. (2009). Effects of strength training on running economy. *International Journal of Sports Medicine*, 30(1), 27-32.
- Gwinn, D. M., Shackelford, D. B., Egan, D. F., Mihaylova, M. M., Mery, A., Vasquez, D. S., . . . Shaw, R. J. (2008). AMPK phosphorylation of raptor mediates a metabolic checkpoint. *Molecular Cell*, 30(2), 214-226.
- Hakkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., . . . Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 42-52.
- Hameed, M., Lange, K. H., Andersen, J. L., Schjerling, P., Kjaer, M., Harridge, S. D., & Goldspink, G. (2004). The effect of recombinant human growth hormone and resistance training on IGF-I mRNA expression in the muscles of elderly men. *The Journal of Physiology*, 555(Pt 1), 231-240.
- Hauswirth, C., Argentin, S., Bieuzen, F., Le Meur, Y., Couturier, A., & Brisswalter, J. (2010). Endurance and strength training effects on physiological and muscular parameters during prolonged cycling. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(2), 330-339.
- Hawley, J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 29(3), 218-222.
- Hawley, J. A. (2009). Molecular responses to strength and endurance training: are they incompatible? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(3), 355-361.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931.

- Helgerud, J., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2002). Pre-season concurrent strength and endurance development in elite soccer players. In *football (soccer): New developments in physical training research*. Hoff, J., & Helgerud, J. Editors. 55-66. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9), 677-682.
- Hennessy, L. C., & Watson, A. W. S. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(1), 12-19.
- Hickson, R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 45(2-3), 255-263.
- Hickson, R. C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E. M., Kurowski, T. T., & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 65(5), 2285-2290.
- Hoff, J., Berdahl, G. O., & Braten, S. (2001). Jumping height development and body weight considerations in ski jumping. In *science and skiing II*. Muller, E., et al. Editors. 403-421. Hamburg: Verlag Dr Kovac.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training enhances running economy and aerobic endurance performance. In *football (soccer): New developments in physical training research*. Hoff, J., & Helgerud, J. Editors. 39-55. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisløff, U. (2002). Endurance training into the next millennium: Muscular strength training effects on aerobic endurance performance: A review. *American Journal of Medicine in Sports*, 4, 58-67.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221.

- Hoffman, J. (2002). *Physiological aspects of sport training and performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Holloszy, J. O. (1967). Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *The Journal of Biological Chemistry*, 242(9), 2278-2282.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 56(4), 831-838.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13.
- Hunter, G., Demment, R., & Miller, D. (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 269-275.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Inoki, K., Zhu, T., & Guan, K. L. (2003). TSC2 mediates cellular energy response to control cell growth and survival. *Cell*, 115(5), 577-590.
- Inoue, D. S., Panissa, V. L. G., Monteiro, P. A., Gerosa-Neto, J., Rossi, F. E., Antunes, B. M. M., . . . Lira, F. S. (2016). Immunometabolic responses to concurrent training: the effects of exercise order in recreational weightlifter. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1960-1967.
- Izquierdo-Gabarren, M., Gonzalez De Txabarri Exposito, R., Garcia-pallares, J., Sanchez-medina, L., De Villarreal, E. S., & Izquierdo, M. (2010). Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1191-1199.
- Jones, T. W., Walshe, I. H., Hamilton, D. L., Howatson, G., Russell, M., Price, O. J., . . . French, D. N. (2016). Signaling responses after varying sequencing of strength and endurance training in a fed state. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 868-875.

- Kazior, Z., Willis, S. J., Moberg, M., Apro, W., Calbet, J. A. L., Holmberg, H. C., & Blomstrand, E. (2016). Endurance exercise enhances the effect of strength training on muscle fiber size and protein expression of Akt and mTOR. *Plos One*, 11(2).
- Kleger, G. R., Turgay, M., Imoberdorf, R., McNurlan, M. A., Garlick, P. J., & Ballmer, P. E. (2001). Acute metabolic acidosis decreases muscle protein synthesis but not albumin synthesis in humans. *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation*, 38(6), 1199-1207.
- Kochanska-Dziurawicz, A. A., Janikowska, G., Bijak, A., Stanjek-Cichoracka, A., & Mazurek, U. (2015). The effect of maximal physical exercise on relationships between the growth hormone (GH) and insulin-like growth factor 1 (IGF-1) and transcriptional activity of CYP1A2 in young ice hockey players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(3), 158-163.
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakevou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 369-375.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., Dziados, J. E., Harman, E. A., Marchitelli, L. J., Gordon, S. E., . . . Triplett, N. T. (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 594-604.
- Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E., . . . Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 228-235.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., . . . Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976-989.

- Lakomy, J., & Haydon, D. T. (2004). The effects of enforced, rapid deceleration on performance in a multiple sprint test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 579-583.
- Laron, Z. (2001). Insulin-like growth factor 1 (IGF-1): a growth hormone. *Molecular Pathology : MP* 54(5), 311-316.
- Leveritt, M., & Abernethy, P. J. (1999). Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 47-51.
- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). Concurrent strength and endurance training - A review. *Sports Medicine*, 28(6), 413-427.
- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B., & Logan, P. A. (2003). Concurrent strength and endurance training: The influence of dependent variable selection. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 503-508.
- Levin, G. T., McGuigan, M. R., & Laursen, P. B. (2009). Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2280-2286.
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Knight, T. J., & Janse de Jonge, X. A. (2011). Factors that differentiate acceleration ability in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2704-2714.
- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., & Jeffriess, M. D. (2014). The effects of traditional and enforced stopping speed and agility training on multidirectional speed and athletic function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1538-1551.
- Londeree, B. R. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(6), 837-843.
- Luginbuhl, A. J., Dudley, G. A., & Staron, R. S. (1984). Fiber type changes in rat skeletal muscle after intense interval training. *Histochemistry*, 81(1), 55-58.

- Mahoney, D. J., & Tarnopolsky, M. A. (2005). Understanding skeletal muscle adaptation to exercise training in humans: contributions from microarray studies. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16(4), 859-873, vii.
- Makaje, N., Ruangthai, R., Arkarapanthu, A., & Yoopat, P. (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(4), 366-374.
- Marques, M. C., Gabbett, T. J., Marinho, D. A., Blazevich, A. J., Sousa, A., van den Tillaar, R., & Izquierdo, M. (2015). Influence of strength, sprint running, and combined strength and sprint running training on short sprint performance in young adults. *International Journal of Sports Medicine*, 36(10), 789-795.
- Marques, M. C., Pereira, A., Reis, I. G., & van den Tillaar, R. (2013). Does an in-season 6-week combined sprint and jump training program improve strength-speed abilities and kicking performance in young soccer players? *Journal of Human Kinetics*, 39, 157-166.
- Mascher, H., Ekblom, B., Rooyackers, O., & Blomstrand, E. (2011). Enhanced rates of muscle protein synthesis and elevated mTOR signalling following endurance exercise in human subjects. *Acta Physiologica (Oxf)*, 202(2), 175-184.
- McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1633-1636.
- McCarthy, T. L., Centrella, M., & Canalis, E. (1989). Regulatory effects of insulin-like growth factors I and II on bone collagen synthesis in rat calvarial cultures. *Endocrinology*, 124(1), 301-309.
- McCarthy, J. P., Pozniak, M. A., & Agre, J. C. (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 511-519.
- McGawley, K., & Andersson, P. I. (2013). The order of concurrent training does not affect soccer-related performance adaptations. *International Journal of Sports Medicine*, 34(11), 983-990.

- McGee, S. L., & Hargreaves, M. (2010). AMPK-mediated regulation of transcription in skeletal muscle. *Clinical Science*, 118(8), 507-518.
- Meckel, Y., Eliakim, A., Seraev, M., Zaldivar, F., Cooper, D. M., Sagiv, M., & Nemet, D. (2009). The effect of a brief sprint interval exercise on growth factors and inflammatory mediators. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 225-230.
- Meckel, Y., Nemet, D., Bar-Sela, S., Radom-Aizik, S., Cooper, D. M., Sagiv, M., & Eliakim, A. (2011). Hormonal and inflammatory responses to different types of sprint interval training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2161-2169.
- Mejri, S., Bchir, F., Ben Rayana, M. C., Ben Hamida, J., & Ben Slama, C. (2005). Effect of training on GH and IGF-1 responses to a submaximal exercise in football players. *European Journal of Applied Physiology*, 95(5-6), 496-503.
- Mikkola, J. S., Rusko, H. K., Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., & Hakkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 613-620.
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F., & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351-1359.
- Miloski, B., de Freitas, V. H., Nakamura, F. Y., Nogueira, F. C. D., & Bara, M. G. (2016). Seasonal training load distribution of professional futsal players: effects on physical fitness, muscle damage and hormonal status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1525-1533.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(4), R1594-1602.
- Moreira, A., de Moura, N. R., Coutts, A., Costa, E. C., Kempton, T., & Aoki, M. S. (2013). Monitoring internal training load and mucosal immune responses in futsal athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1253-1259.

- Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1965-1970.
- Nakamura, D., Suzuki, T., Yasumatsu, M., & Akimoto, T. (2012). Moderate running and plyometric training during off-season did not show a significant difference on soccer-related high-intensity performances compared with no-training controls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3392-3397.
- Nakashima, K., & Yakabe, Y. (2007). AMPK activation stimulates myofibrillar protein degradation and expression of atrophy-related ubiquitin ligases by increasing FOXO transcription factors in C2C12 myotubes. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71(7), 1650-1656.
- Naranjo, W. M., Yakar, S., Sanchez-Gomez, M., Perez, A. U., Setser, J., & D, L. E. (2002). Protein calorie restriction affects nonhepatic IGF-I production and the lymphoid system: studies using the liver-specific IGF-I gene-deleted mouse model. *Endocrinology*, 143(6), 2233-2241.
- Nelson, A. G., Arnall, D. A., Loy, S. F., Silvester, L. J., & Conlee, R. K. (1990). Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Physical Therapy*, 70(5), 287-294.
- Nemet, D., Connolly, P. H., Pontello-Pescatello, A. M., Rose-Gottron, C., Larson, J. K., Galassetti, P., & Cooper, D. M. (2004). Negative energy balance plays a major role in the IGF-I response to exercise training. *Journal of Applied Physiology*, 96(1), 276-282.
- Nemet, D., Meckel, Y., Bar-Sela, S., Zaldivar, F., Cooper, D. M., & Eliakim, A. (2009). Effect of local cold-pack application on systemic anabolic and inflammatory response to sprint-interval training: a prospective comparative trial. *European Journal of Applied Physiology*, 107(4), 411-417.
- Nindl, B. C., & Pierce, J. R. (2010). Insulin-like growth factor I as a biomarker of health, fitness, and training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 39-49.
- Oliveira, R. S., Leicht, A. S., Bishop, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Nakamura, F. Y. (2013). Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(5), 424-430.

- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Philippou, A., Maridaki, M., Halapas, A., & Koutsilieris, M. (2007). The role of the insulin-like growth factor 1 (IGF-1) in skeletal muscle physiology. *In Vivo*, 21(1), 45-54.
- Piacentini, M. F., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., & La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2295-2303.
- Pollak, M. N., Schernhammer, E. S., & Hankinson, S. E. (2004). Insulin-like growth factors and neoplasia. *Nature Reviews. Cancer*, 4(7), 505-518.
- Pollock, M. L. (1973). The quantification of endurance training program. In *exercise and sport sciences review*. Wilmore, J. H. Editor. 1. 155. New York: Academic Press Inc.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228-235.
- Rampinini, E., Sassi, A., Azzalin, A., Castagna, C., Menaspa, P., Carlomagno, D., & Impellizzeri, F. M. (2010). Physiological determinants of Yo-Yo intermittent recovery tests in male soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 108(2), 401-409.
- Rennie, M. J., & Tipton, K. D. (2000). Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 20, 457-483.
- Rezaimanesh, D., Amiri-Farsani, P., & Saidian, S. (2011). The effect of a 4 week plyometric training period on lower body muscle EMG changes in futsal players. *3rd World Conference on Educational Sciences (2011)*, 15, 3138-3142.
- Rishiraj, N., Taunton, J. E., Lloyd-Smith, R., Regan, W., Niven, B., & Woollard, R. (2011). Effect of functional knee brace use on acceleration, agility, leg power and speed performance in healthy athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 45(15), 1230-1237.

- Rodrigues, V. M., Ramos, G. P., Mendes, T. T., Cabido, C. E. T., Melo, E. S., Condessa, L. A., . . . Garcia, E. S. (2011). Intensity of official futsal matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2482-2487.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 965-975.
- Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 773-780.
- Rosa, C., Vilaca-Alves, J., Fernandes, H. M., Saavedra, F. J., Pinto, R. S., & dos Reis, V. M. (2015). Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 74-79.
- Rosen, C. J., Ackert-Bicknell, C. L., Adamo, M. L., Shultz, K. L., Rubin, J., Donahue, L. R., . . . Horowitz, M. (2004). Congenic mice with low serum IGF-I have increased body fat, reduced bone mineral density, and an altered osteoblast differentiation program. *Bone*, 35(5), 1046-1058.
- Ross, R. E., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Kang, J., & Chilakos, A. (2009). The effects of treadmill sprint training and resistance training on maximal running velocity and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 385-394.
- Rubin, M. R., Kraemer, W. J., Maresh, C. M., Volek, J. S., Ratamess, N. A., Vanheest, J. L., . . . Hymer, W. C. (2005). High-affinity growth hormone binding protein and acute heavy resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 395-403.
- Sale, D. G., MacDougall, J. D., Jacobs, I., & Garner, S. (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 68(1), 260-270.
- Salmon, W. D., Jr., & Daughaday, W. H. (1957). A hormonally controlled serum factor which stimulates sulfate incorporation by cartilage in vitro. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 49(6), 825-836.

- Sanchez, A. M., Csibi, A., Raibon, A., Cornille, K., Gay, S., Bernardi, H., & Candau, R. (2012). AMPK promotes skeletal muscle autophagy through activation of forkhead FoxO3a and interaction with Ulk1. *Journal of Cellular Biochemistry*, 113(2), 695-710.
- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J., & Hawley, J. A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 947-954.
- Schantz, P., & Henriksson, J. (1983). Increases in myofibrillar ATPase intermediate human skeletal muscle fibers in response to endurance training. *Muscle Nerve*, 6(8), 553-556.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power event. In *strength and power in sport*. Komi, P. Editor. 381-395. London: Blackwell.
- Schumann, M., Eklund, D., Taipale, R. S., Nyman, K., Kraemer, W. J., Hakkinen, A., . . . Hakkinen, K. (2013). Acute neuromuscular and endocrine responses and recovery to single-session combined endurance and strength loadings: "order effect" in untrained young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 421-433.
- Schumann, M., Walker, S., Izquierdo, M., Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2014). The order effect of combined endurance and strength loadings on force and hormone responses: effects of prolonged training. *European Journal of Applied Physiology*, 114(4), 867-880.
- Schwarz, A. J., Brasel, J. A., Hintz, R. L., Mohan, S., & Cooper, D. M. (1996). Acute effect of brief low- and high-intensity exercise on circulating insulin-like growth factor (IGF) I, II, and IGF-binding protein-3 and its proteolysis in young healthy men. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 81(10), 3492-3497.
- Sedano, S., Marin, P. J., Cuadrado, G., & Redondo, J. C. (2013). Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2433-2443.

- Shalfawi, S. A., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tonnessen, E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 2966-2972.
- Smaros, G. (1980). Energy usage during a football match. In *Proceedings of the 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football*. Vecviet, L., Editor. 795-801. Rome: D. Guanello.
- Soares-Caldeira, L. F., de Souza, E. A., de Freitas, V. H., de Moraes, S. M. F., Leicht, A. S., & Nakamura, F. Y. (2014). Effects of additional repeated sprint training during preseason on performance, heart rate variability, and stress symptoms in futsal players: a randomized controlled trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2815-2826.
- Sotiropoulos, A., Ohanna, M., Kedzia, C., Menon, R. K., Kopchick, J. J., Kelly, P. A., & Pende, M. (2006). Growth hormone promotes skeletal muscle cell fusion independent of insulin-like growth factor 1 up-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(19), 7315-7320.
- Souhail, H., Castagna, C., Mohamed, H. Y., Younes, H., & Chamari, K. (2010). Direct validity of the yo-yo intermittent recovery test in young team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 465-470.
- Spencer, M., Rechichi, C., Lawrence, S., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2005). Time-motion analysis of elite field hockey during several games in succession: a tournament scenario. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(4), 382-391.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 1-7.
- Stepto, N. K., Coffey, V. G., Carey, A. L., Ponnampalam, A. P., Canny, B. J., Powell, D., & Hawley, J. A. (2009). Global gene expression in skeletal muscle from well-trained strength and endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 546-565.

- Stokes, K., Nevill, M., Frystyk, J., Lakomy, H., & Hall, G. (2005). Human growth hormone responses to repeated bouts of sprint exercise with different recovery periods between bouts. *Journal of Applied Physiology*, 99(4), 1254-1261. 4
- Storen, O., Helgerud, J., Stoa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1087-1092.
- Styles, W. J., Matthews, M. J., & Comfort, P. (2016). Effects of strength training on squat and sprint performance in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1534-1539.
- Suarez-Arrones, L., Tous-Fajardo, J., Nunez, J., Gonzalo-Skok, O., Galvez, J., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 667-673.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(10), 1327-1330.
- Tesch, P. A. (1988). Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5 Suppl), S132-134.
- Tsimahidis, K., Galazoulas, C., Skoufas, D., Papaiakevou, G., Bassa, E., Patikas, D., & Kotzamanidis, C. (2010). The effect of sprinting after each set of heavy resistance training on the running speed and jumping performance of young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2102-2108.
- Vega, S. R., Struder, H. K., Wahrman, B. V., Bloch, W., & Hollmann, W. (2006). Bicarbonate reduces serum prolactin increase induced by exercise to exhaustion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 675-680.
- Wadley, G. D., Tunstall, R. J., Sanigorski, A., Collier, G. R., Hargreaves, M., & Cameron-Smith, D. (2001). Differential effects of exercise on insulin-signaling gene expression in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 90(2), 436-440.

- Wahl, P., Zinner, C., Achtzehn, S., Bloch, W., & Mester, J. (2010). Effect of high- and low-intensity exercise and metabolic acidosis on levels of GH, IGF-I, IGFBP-3 and cortisol. *Growth Hormone & IGF Research*, 20(5), 380-385.
- Walker, K. S., Kambadur, R., Sharma, M., & Smith, H. K. (2004). Resistance training alters plasma myostatin but not IGF-1 in healthy men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 787-793.
- Wang, L., Mascher, H., Psilander, N., Blomstrand, E., & Sahlin, K. (2011). Resistance exercise enhances the molecular signaling of mitochondrial biogenesis induced by endurance exercise in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1335-1344.
- Wilkinson, S. B., Phillips, S. M., Atherton, P. J., Patel, R., Yarasheski, K. E., Tarnopolsky, M. A., & Rennie, M. J. (2008). Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *Journal of Physiology-London*, 586(15), 3701-3717.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2293-2307.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(3), 462-467.
- Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 653-660.
- Wu, H., Kanatous, S. B., Thurmond, F. A., Gallardo, T., Isotani, E., Bassel-Duby, R., & Williams, R. S. (2002). Regulation of mitochondrial biogenesis in skeletal muscle by CaMK. *Science*, 296(5566), 349-352.
- Yakar, S., Rosen, C. J., Beamer, W. G., Ackert-Bicknell, C. L., Wu, Y. P., Liu, J. L., . . . LeRoith, D. (2002). Circulating levels of IGF-1 directly regulate bone growth and density. *Journal of Clinical Investigation*, 110(6), 771-781.

Zhou, B., Conlee, R. K., Jensen, R., Fellingham, G. W., George, J. D., & Fisher, A. G. (2001).

Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1849-1854.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ใบรับรองจริยธรรมการวิจัย



ใบรับรองการทำวิจัยในการศึกษาที่ 1 และ 2



MF4Version1:15/7/2556

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC- 148/58F

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ที่มีต่อ อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี

สังกัด: คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงร่างการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 18 ธ.ค. 2558
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 18 ธ.ค. 2558
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 18 ธ.ค. 2558
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 18 ธ.ค. 2558

(ลงชื่อ).....

(อาจารย์ แพทย์หญิงจันทร์ตรา ตันนัทยทวงศ์)

เลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/F-015/2559

วันที่ให้การรับรอง : 07/01/2559

วันหมดอายุใบรับรอง : 07/01/2560

ภาคผนวก ข
หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย



หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย (Informed Consent Form)

วันที่

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี
 อยู่บ้านเลขที่.....ถนน.....หมู่ที่.....แขวง/ตำบล.....
 เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....โทรศัพท์.....

ขอทำหนังสือนี้ให้ไว้ต่อหัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานแสดงว่า

- ข้อ 1. ข้าพเจ้า ได้รับทราบโครงการวิจัยของ นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี เรื่อง ผลของการฝึกความ
 แข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่มีต่ออินซูลินไลค์โกรทแฟค
 เทอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล
- ข้อ 2. ข้าพเจ้า ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ด้วยความสมัครใจ โดยมิได้มีการบังคับขู่
 เชื้อ หลอกลวงแต่ประการใด และจะให้ความร่วมมือในการวิจัยทุกประการ
- ข้อ 3. ข้าพเจ้า ได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย
 ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย อาการหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางป้องกัน และ
 แก้ไข หากเกิดอันตราย ค่าตอบแทนที่จะได้รับ ค่าใช้จ่ายที่ข้าพเจ้าจะต้องรับผิดชอบจ่ายเอง
 โดยได้อ่านข้อความที่มีรายละเอียดอยู่ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยตลอด อีกทั้ง
 ทั้งยังได้รับคำอธิบายและตอบข้อสงสัยจากหัวหน้าโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และตกลง
 รับผิดชอบตามคำรับรองในข้อ 5 ทุกประการ
- ข้อ 4. ข้าพเจ้า ได้รับการรับรองจากผู้วิจัยว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ จะ
 เปิดเผยเฉพาะผลสรุปการวิจัยเท่านั้น
- ข้อ 5. ข้าพเจ้า ได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า หากมีอันตรายใด ๆ อันเกิดขึ้นจากการวิจัยดังกล่าว
 ข้าพเจ้า จะได้รับการรักษาพยาบาลจากคณะผู้วิจัย โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและจะได้รับค่าชดเชย
 รายได้ที่สูญเสียไปในระหว่างการรักษาพยาบาลดังกล่าว ตลอดจนมีสิทธิได้รับค่าทดแทนความ
 พิกarที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยตามสมควร
- ข้อ 6. ข้าพเจ้า ได้รับทราบแล้วว่าข้าพเจ้ามีสิทธิ์จะบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัยนี้ และการบอก
 เลิกการร่วมโครงการวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษาโรคที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป
 และไม่มีผลกระทบต่อการเรียน การประเมินผลการเรียนของนิสิตแต่อย่างใด

ข้อ 7. หากข้าพเจ้ามีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย สามารถติดต่อกับ นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี ที่อยู่ 60/179 หมู่บ้านพฤษ์ลดา 2 รังสิตคลอง 4 หมู่ที่ 6 ถนนโสภโศภราชราษฎร์ ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150 โทรศัพท์ 089-697-8737

ข้อ 8. หากข้าพเจ้า ได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารที่แจ้งผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าจะสามารถติดต่อกับประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์หรือผู้แทน ได้ที่สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 11015-11018

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความตามหนังสือนี้โดยตลอดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตามเจตนาของข้าพเจ้า จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญพร้อมกับหัวหน้าโครงการวิจัยและต่อหน้าพยาน

ลงชื่อ ลงชื่อ
(.....) (นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี)

ผู้ยินยอม / ผู้แทนโดยชอบธรรม

ผู้ให้ข้อมูลและขอความยินยอม/หัวหน้าโครงการวิจัย

ลงชื่อพยาน ลงชื่อพยาน
(.....) (.....)

ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย อ่านหนังสือไม่ออก ผู้ที่อ่านข้อความทั้งหมดแทนผู้เข้าร่วมการวิจัยคือ
.....

จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นพยาน

ลงชื่อพยาน
(.....)

หมายเหตุ

1. ในกรณีผู้ให้ความยินยอมมีอายุไม่ครบ 18 ปีบริบูรณ์ จะต้องเป็นผู้ปกครองตามกฎหมายเป็นผู้ให้ความยินยอมด้วย หรือ ผู้ป่วยที่ไม่สามารถแสดงความยินยอมได้ด้วยตนเอง จะต้องผู้มีอำนาจทำการแทน เป็นผู้ให้ความยินยอม
2. กรณีผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัย ไม่สามารถอ่านหนังสือได้ ให้ผู้วิจัยอ่านข้อความในหนังสือให้ความยินยอมนี้ให้แก่ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยฟังจนเข้าใจแล้ว และให้ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยลงนาม หรือพิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือรับทราบ ในการให้ความยินยอมดังกล่าวด้วย



ภาคผนวก ค
เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย



เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย (การศึกษาที่ 1) (Participant Information Sheet)

ในเอกสารนี้อาจมีข้อความที่ท่านอ่านแล้วยังไม่เข้าใจ โปรดสอบถามหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้แทนให้ช่วยอธิบายจนกว่าจะเข้าใจดี ท่านอาจจะขอเอกสารนี้กลับไปอ่านที่บ้านเพื่อปรึกษาหารือกับญาติพี่น้อง เพื่อนสนิท แพทย์ประจำตัวของท่าน หรือแพทย์ท่านอื่น เพื่อช่วยในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่มีต่ออินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

การทดลองที่ 1 ศึกษาการตอบสนองระยะเฉียบพลันของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อระดับความเข้มข้นของอินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตบอล ด้วยการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี

สถานที่วิจัย ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ทำงานและหมายเลขโทรศัพท์ของหัวหน้าโครงการวิจัยที่ติดต่อได้ทั้งในและนอกเวลาราชการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

ถ. รังสิต-นครนายก ต. องครักษ์ อ. องครักษ์ จ. นครนายก 26120 โทรศัพท์ 089-697-8737

ผู้สนับสนุนทุนวิจัย อยู่ระหว่างการดำเนินการขอทุนวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัย เดือน กันยายน พ.ศ. 2558 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 รวม 18 เดือน

โครงการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อ

เพื่อศึกษาการตอบสนองระยะเฉียบพลันของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตบอล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองระยะเฉียบพลันของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลโคโกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตบอล เพื่อกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่เหมาะสมต่อไป

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เพราะ ท่านเป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชาย อายุ 18-22 ปี มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลไม่ต่ำกว่า 1 ปี มีการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลของผู้ฝึกสอนจำนวน 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลาประมาณ 1.5 - 2 ชั่วโมงต่อการฝึกซ้อมแต่ละครั้ง ไม่ได้รับสารอาหารหรือยาประเภทอนาบอลิกสเตียรอยด์ (Anabolic steroids) ที่อาจส่งผลต่อระบบฮอร์โมน กล้ามเนื้อ ก่อนการเข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน และตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวินิจฉัย และไม่มีประวัติหรือโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบกระดูก กล้ามเนื้อ การเผาผลาญ ฮอร์โมน และหัวใจหลอดเลือดโลหิตที่อาจส่งผลต่อสุขภาพและเป็นอุปสรรคต่อการศึกษาวินิจฉัย **จะมีผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้งสิ้น** จำนวน 12 คน

หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว จะมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้คือ

- ผู้วิจัยติดต่อและคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยการสมัครใจเข้าร่วมและดำเนินการจัดสถานที่เพื่อทำการชี้แจงเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย และการเตรียมตัวก่อนการเข้าร่วมโครงการวิจัย

- ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

- ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะเดินทางมาที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกายเป็นจำนวน 4 ครั้ง ช่วงเวลาที่เข้ารับการทดลองแต่ละครั้งจะอยู่ในช่วงเวลา 06.00 น. – 10.00 น. ครั้งที่ 1 2 และ 3 มีระยะเวลาดำเนินการ 24 ชั่วโมง และครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 มีระยะเวลาดำเนินการ 14 วัน

- ครั้งที่ 1 เพื่อทำการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนี้

- ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าก่อนทำการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม) และวัดส่วนสูง (เมตร)

- การประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเทคนิคเดกซา (DEXA) จะเริ่มด้วยการที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยเปลี่ยนเสื้อผ้าในชุดที่สวมใส่สบาย นำชิ้นส่วนโลหะออกจากร่างกาย จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยจะนอนหงายบนเครื่องตรวจ ผู้ช่วยวิจัยจะจัดตำแหน่งร่างกายที่เหมาะสม แล้วเริ่มการตรวจด้วยการปล่อยรังสีเอกซ์ (รังสีจากเครื่องตรวจ) พลังงานต่ำไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะไม่รู้สึกผิดปกติใด ๆ ทั้งสิ้น และจะใช้เวลาบนเครื่องตรวจประมาณ 15 นาที เพื่อประเมินน้ำหนักร่างกายที่ปราศจากไขมันและ น้ำหนักส่วนที่เป็นไขมัน จากนั้นพัก 20 นาทีก่อนทำการทดสอบในลำดับถัดไป

- ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ในท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ท่าลายอิง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์อิง บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) โดยผู้ช่วยวิจัยแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยการยกน้ำหนักในท่านั้น ๆ ที่ความหนักระดับต่ำ จำนวน 5-10 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที ผู้ช่วยวิจัยประมาณการน้ำหนักที่จะเพิ่มให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยสำหรับการทดสอบการยกน้ำหนัก จำนวน 3-5 ครั้ง โดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 2 นาที ผู้ช่วยวิจัยประมาณการน้ำหนักที่ใกล้เคียงน้ำหนักสูงสุดที่จะเพิ่มให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยสำหรับการ ทดสอบการยก 2-3 ครั้งโดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์อีกครั้ง จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 3 นาที ผู้ช่วยวิจัยเพิ่มน้ำหนักอีกครั้ง 10-20 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถยกน้ำหนักได้สำเร็จใน 1 ครั้งด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง เหมาะสม ถือเป็นค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งของท่าทางการฝึกแต่ละท่า ระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบในแต่ละท่าทางการฝึก 5 นาที จากนั้นพัก 20 นาที ก่อนทำการทดสอบในลำดับถัดไป

- ทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะได้รับการดูแลและแนะนำจากผู้ช่วยวิจัยอย่างใกล้ชิด จากนั้นผู้ช่วยวิจัยสวมใส่หน้ากากและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยขณะที่ยืนเตรียมความพร้อมบนลู่วิ่งไฟฟ้า จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยเริ่มวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลา 6 นาที และผู้ช่วยวิจัยจะเพิ่มความเร็วขึ้นอีก 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที จนกระทั่งผู้เข้าร่วมการวิจัยหมดแรง จนไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ ขณะทดสอบผู้เข้าร่วมการวิจัยหายใจเข้า-ออกปกติผ่านหน้ากากและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งเวลาเฉลี่ยรวมตลอดการทดสอบจะอยู่ที่ประมาณ 8-12 นาที

- ครั้งที่ 2 ทดสอบค่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการทดสอบด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นทางตรง ในลักษณะไป-กลับระยะทาง 20 เมตร แต่ละรอบใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 40 เมตร (20+20 เมตร) ซึ่งจะต้องทดสอบทั้งหมด 6 รอบ และแต่ละรอบพัก 20 วินาที ผู้ช่วยวิจัยนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

- ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 (เว้นระยะห่าง 14 วัน) เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และแลคเตทในเลือด ระหว่างการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งมีการจัดลำดับรูปแบบของการฝึกแตกต่างกัน คือ การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะก่อน แล้วติดตามด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ก่อน แล้วติดตามด้วยการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ (แต่ละรูปแบบเว้นระยะห่าง 14 วัน) ผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นพยาบาลวิชาชีพที่ได้รับอนุญาตจากโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จะทำการเจาะเลือดผู้เข้าร่วมวิจัยจากหลอดเลือดดำบริเวณด้านในของข้อพับของแขน เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการฝึก ครั้งที่ 2 ภายหลังจากการฝึกและครั้งที่ 3 30 นาทีภายหลังจากการฝึก จำนวน 5 มิลลิลิตรต่อครั้ง รวมทั้งสิ้น 15 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และแลคเตทในเลือดต่อไป ตัวอย่างเลือดที่เหลือภายหลังการปั่นจะส่งทำลายทันที และซีรัมที่เหลือภายหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้จะนำไปเก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสภายในห้องปฏิบัติการชีวเคมีการกีฬาและการออกกำลังกาย เป็นเวลา 1 ปีก่อนส่งทำลายต่อไปโดยไม่นำไปใช้ในโครงการวิจัยอื่น ๆ โดยรายละเอียดของการฝึกมีดังต่อไปนี้

โปรแกรมการฝึกแบบควบคู่

ภายหลังจากเก็บตัวอย่างเลือดก่อนการฝึก ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายก่อนฝึก จากนั้นทำการทดลองตามโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ทั้ง 2 รูปแบบ โดยการจัดลำดับการฝึกที่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบไปด้วย

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

เป็นการฝึกแบบผสมผสานระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและพลัยโอเมตริก ประกอบไปด้วยท่า ท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ท่าลายอิง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์อิง บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) แต่ละท่าทำการฝึก 2 เซต เซตละ 7 ครั้ง ที่ความหนัก 70 % ของค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1RM) ภายหลังจากการฝึกแต่ละท่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องกระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร จำนวน 5 ครั้ง ต่อเนื่อง ทำการฝึกบนพื้นยางสังเคราะห์ ระยะเวลาระหว่างเซตและระหว่างท่าทางการฝึก 3 นาที รวมระยะเวลาการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะประมาณ 25 นาที โปรแกรมการฝึกแสดงใน ตาราง 1

ตาราง 1 โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ	เซต/ จำนวนครั้ง/ ความหนัก/ จำนวนครั้ง/ ระยะเวลาพัก
ท่าบาร์เบล สควอท + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 ซม.	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าลายอิง เลก เคอร์ล + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 ซม.	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 ซม.	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

โปรแกรมการฝึกประกอบไปด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นทางตรง จำนวน 2 เซต เซตละ 7 รอบ ระยะทาง 30 เมตร พักระหว่างรอบ 20 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที รวมระยะเวลาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ประมาณ 15 นาที โดยระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที รวมระยะเวลาการฝึกตามโปรแกรมแบบควบคู่ทั้งสิ้นประมาณ 55 นาที

การควบคุมอาหารและการออกกำลังกาย

เพื่อป้องกันผลข้างเคียงของอาหารและการออกกำลังกาย ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระดับฮอร์โมน ในระหว่างการทดลอง ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับคำแนะนำให้งดการออกกำลังกายอย่างหนักและการฝึกซ้อมกีฬาทุกชนิดก่อนเข้ารับการทดลองเป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องทำการบันทึกรายการอาหารที่บริโภคทุกมื้อในแบบบันทึกรายการอาหารที่ผู้วิจัยจัดเตรียมให้ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องบริโภคอาหารรายการเดียวกันก่อนการทดลองแต่ละครั้ง นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน งดการสูบบุหรี่ เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนการทดลอง

ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเข้าร่วมการวิจัย การเจาะเลือดอาจทำให้เกิดการช้ำและเจ็บปวดเล็กน้อย บริเวณรอยเข็ม แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาไม่นานนัก และอาจเกิดอาการเมื่อยล้าหรือปวดเมื่อยกล้ามเนื้อขณะทำการทดลองหรือภายหลังการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ทั้งนี้ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง จะมีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายกล้ามเนื้อภายหลังการทดลอง ดูแลโดยผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อป้องกันและบรรเทาอาการดังกล่าว รวมถึงการ จัดเตรียมน้ำเปล่า เครื่องดื่มทางการกีฬา (Sports drink) และอาหารว่าง ให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองในแต่ละครั้ง หากพบว่ามีอาการบาดเจ็บเกิดขึ้นในขณะทำการทดลอง ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องรีบแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการดำเนินการส่งต่อ ณ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการรักษาพยาบาล และหากผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และได้รับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

หากท่านไม่เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การปฏิบัติงานใดๆ ของท่าน หรือส่งผลกระทบต่อการศึกษาเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิตแต่อย่างใด

หากมีข้อข้องใจที่จะสอบถามเกี่ยวกับการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย ท่านสามารถติดต่อ คุณเกริกวิทย์ พงศ์ศรี เบอริโทรศัพท์ 089-697-8737 และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล หมายเลขโทรศัพท์ 098-892-9361

ท่านจะได้รับการช่วยเหลือหรือดูแลรักษาการบาดเจ็บ/เจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการวิจัยตามมาตรฐานทาง
การแพทย์ โดยผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาคือ คุณเกริกวิทย์ พงศ์ศรี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองระยะเฉียบพลันของการฝึกรูปแบบ
ใหม่นี้จะทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา และการได้รับผลของการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
ลดสาเหตุที่เป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการตอบสนองและพัฒนาการของร่างกายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการฝึกดังกล่าว

คำตอบแทนที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับ คนละ บาท

ค่าใช้จ่ายที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องรับผิดชอบเอง ไม่มี

หากมีข้อมูลเพิ่มเติมทั้งด้านประโยชน์และโทษที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ทราบโดย
รวดเร็วและไม่ปิดบัง

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย จะถูกเก็บรักษาไว้โดยไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล
แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นข้อมูลส่วนรวมโดยไม่สามารถระบุข้อมูลรายบุคคลได้ ข้อมูลของผู้เข้าร่วม
การวิจัยเป็นรายบุคคลอาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้ามาตรวจสอบได้ เช่น ผู้ให้ทุนวิจัย สถาบัน หรือองค์กร
ของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบ รวมถึงคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน เป็นต้น

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการ
ไม่เข้าร่วมการวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การปฏิบัติงานใดๆ ของ
ท่าน หรือส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิต ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่เข้าร่วม
การวิจัยก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล

หากท่านได้รับการปฏิบัติที่ไม่ตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงนี้ ท่านสามารถแจ้งให้ประธาน
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนทราบได้ที่ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
สถาบันยุทธศาสตร์ ศึกษาศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี ชั้น 20 โทร (02) 649-5000 ต่อ 11015-11018
โทรสาร: (02) 259-1822

ลงชื่อ..... ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย วันที่.....
(.....)

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย (การศึกษาที่ 2) (Participant Information Sheet)

ในเอกสารนี้อาจมีข้อความที่ท่านอ่านแล้วยังไม่เข้าใจ โปรดสอบถามหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้แทนให้ช่วยอธิบายจนกว่าจะเข้าใจดี ท่านอาจจะขอเอกสารนี้กลับไปอ่านที่บ้านเพื่อปรึกษาหารือกับญาติพี่น้อง เพื่อนสนิท แพทย์ประจำตัวของท่าน หรือแพทย์ท่านอื่น เพื่อช่วยในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ที่มีต่ออินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี

สถานที่วิจัย ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ทำงานและหมายเลขโทรศัพท์ของหัวหน้าโครงการวิจัยที่ติดต่อได้ทั้งในและนอกเวลาราชการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถ. รังสิต-นครนายก ต. องครักษ์ อ. องครักษ์ จ. นครนายก 26120 โทรศัพท์ 089-697-8737

ผู้สนับสนุนทุนวิจัย อยู่ระหว่างการดำเนินการขอทุนวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัย เดือน กันยายน พ.ศ. 2558 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 รวม 18 เดือน

โครงการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อ

เพื่อศึกษาการเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

ทำให้ทราบถึงผลของการเพิ่มการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะควบคู่กับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ เสริมจากโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติต่อระดับความเข้มข้นอินซูลินไลโคโกรทแพคเตอร์ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เพราะ ท่านเป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย ในช่วงอายุ 18-22 ปี และมีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาฟุตบอลไม่ต่ำกว่า 1 ปี มีการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลของผู้ฝึกสอนจำนวน 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลาประมาณ 1.5 - 2 ชั่วโมงต่อการฝึกซ้อมแต่ละครั้ง ไม่ได้รับสารอาหารหรือยาประเภทนาบอลิคสเตียรอยด์ (Anabolic steroids) ที่อาจส่งผลต่อระบบฮอร์โมน กล้ามเนื้อ ก่อนการเข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน และตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษารวบรวมข้อมูล และไม่มีประวัติหรือโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบกระดูก กล้ามเนื้อ การเผาผลาญ ฮอร์โมน และหัวใจหลอดเลือดโลหิตที่อาจส่งผลต่อสุขภาพและเป็นอุปสรรคต่อการศึกษารวบรวมข้อมูล **จะมีผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้งสิ้น** จำนวน 14 คน

หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว จะมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้คือ

- ผู้วิจัยติดต่อและคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยการสมัครใจเข้าร่วมและดำเนินการจัดสถานที่เพื่อทำการชี้แจงเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับการเข้าร่วมโครงการวิจัย และการเตรียมตัวก่อนการเข้าร่วมโครงการวิจัย

- ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

- ผู้เข้าร่วมการวิจัยถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ผลจากการทดสอบหาค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งในการยกน้ำหนักท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ประกอบไปด้วย

- กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตซอลปกติ (กลุ่มควบคุม) จำนวน 7 คน

- กลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตซอลปกติเสริมด้วยการฝึกแบบควบคู่ ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (กลุ่มทดลอง) จำนวน 7 คน ทำการฝึกในช่วง 5 สัปดาห์สุดท้ายของการฝึกซ้อมเตรียมความพร้อมช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ในการฝึกซ้อมช่วงเช้าของวันจันทร์และวันพฤหัสบดีก่อนการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติของทีม รวมการฝึกตามโปรแกรมหักรวมทั้งสิ้น 10 ครั้ง รายละเอียดโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ ดังนี้

โปรแกรมการฝึกแบบควบคู่

ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายก่อนฝึก จากนั้นทำการฝึกแบบควบคู่ระหว่างการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ดังนี้

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

เป็นการฝึกแบบผสมผสานระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านและพลัยโอเมตริก ประกอบไปด้วยท่า ท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) แต่ละท่าทำการฝึก 2 เซต เซตละ 7 ครั้ง ที่ความหนัก 70 % ของค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1RM) ภายหลังการฝึกแต่ละท่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องกระโดดข้ามรั้วสูง 40 เซนติเมตร จำนวน 5 ครั้ง ต่อเนื่อง ทำการฝึกบนพื้นยางสังเคราะห์ ระยะเวลาพักระหว่างเซตและระหว่างท่าทางการฝึก 3 นาที รวมระยะเวลาการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะประมาณ 25 นาที โปรแกรมการฝึกแสดงใน ตาราง 1

ตาราง 1 โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ

การฝึกความแข็งแรงชนิดเฉพาะ	เซต/ จำนวนครั้ง/ ความหนัก/ จำนวนครั้ง/ ระยะเวลาพัก
ท่าบาร์เบล สควอท + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 ซม.	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าลาวยิ่ง เลก เคอร์ล + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 ซม.	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที
ท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ + กระโดดข้ามรั้วสูง 40 ซม.	2 เซต/ 7 ครั้ง/ 70% 1RM/ 5 ครั้ง/ 3 นาที

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ

โปรแกรมการฝึกประกอบไปด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นทางตรง จำนวน 2 เซต เซตละ 7 รอบ ระยะทาง 30 เมตร พักระหว่างรอบ 20 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที รวมระยะเวลาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ประมาณ 15 นาที โดยระยะเวลาพักระหว่างรูปแบบการฝึก 15 นาที รวมระยะเวลาการฝึกตามโปรแกรมแบบควบคุมทั้งสิ้นประมาณ 55 นาที

- ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะได้รับการทดสอบเพื่อประเมินระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ ชนิดที่ 1 และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล ก่อนเริ่มการฝึกซ้อมและภายหลังจากการฝึกซ้อมสัปดาห์ที่ 5 ในการฝึกซ้อมแต่ละครั้งจะทำการบันทึกปริมาณการฝึกซ้อมด้วยวิธีการวัดค่าการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยล้าสัมพัทธ์

- ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมดจะได้รับการทดสอบเพื่อประเมินตัวแปรต่าง ๆ ก่อนเริ่มต้นการทดลองที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกายเป็นจำนวน 3 ครั้ง ช่วงเวลาที่ได้รับการทดลองแต่ละครั้งจะอยู่ในช่วงเวลา 06.00 น. – 10.00 น.ตามกำหนดวันเวลา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

วันจันทร์

- เวลา 06.00 น. ผู้เข้าร่วมการวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ซึ่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าก่อนทำการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม) และวัดส่วนสูง (เมตร) ก่อนหน้านั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องดื่มน้ำและอาหาร อย่างน้อย 10 ชั่วโมงก่อนเริ่มการทดลอง

- เวลา 06.30 น. ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเทคนิคDEXA (DEXA) จะเริ่มด้วยการที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยเปลี่ยนเสื้อผ้าในชุดที่สวมใส่สบาย นำชิ้นส่วนโลหะออกจากร่างกาย จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยจะนอนหงายบนเครื่องตรวจ ผู้ช่วยวิจัยจะจัดตำแหน่งร่างกายที่เหมาะสม แล้วเริ่มการตรวจด้วยการปล่อยรังสีเอกซ์ (รังสีจากเครื่องตรวจ) พลังงานต่ำไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะไม่รู้สึกผิดปกติใด ๆ ทั้งสิ้น และจะใช้เวลาบนเครื่องตรวจประมาณ 15 นาที เพื่อประเมินน้ำหนักร่างกายที่ปราศจากไขมัน และน้ำหนักส่วนที่เป็นไขมัน

- เวลา 07.30 น. ทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการทดสอบด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดไป-กลับระยะทาง 20 เมตร แต่ละรอบใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 40 เมตร (20+20 เมตร) ซึ่งจะต้องทดสอบทั้งหมด 6 รอบ และแต่ละรอบพัก 20 วินาที ขณะเดียวกันผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นพยาบาลวิชาชีพที่ได้รับอนุญาตจากโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทร์วิโรฒ จะทำการเจาะเลือดผู้เข้าร่วมวิจัยจากหลอดเลือดดำบริเวณด้านในของข้อพับของแขน เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดสอบ ครั้งที่ 2 ภายหลังจากการทดสอบ และครั้งที่ 3 30 นาทีภายหลังจากการทดสอบ จำนวน 5 มิลลิลิตรต่อครั้ง รวมทั้งสิ้น 15 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ชนิดที่ 1 ในเลือดต่อไป ตัวอย่างเลือดที่เหลือภายหลังการปั่นจะส่งทำลายทันที และซีรัมที่เหลือภายหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้จะนำไปเก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสภายในห้องปฏิบัติการชีวเคมีการกีฬาและการออกกำลังกาย เป็นเวลา 1 ปี ก่อนส่งทำลายต่อไปโดยไม่นำไปใช้ในโครงการวิจัยอื่น

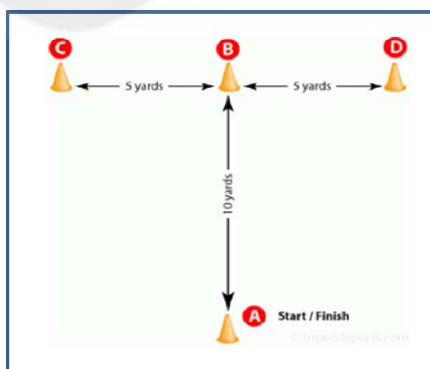
- เวลา 08.30 น. ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ในท่าบาร์เบล สควอท (Barbell squat) ท่าลายอิง เลก เคอร์ล (Lying leg curl) และท่าสแตนด์ บาร์เบล คาล์ฟ เรซ (Standing barbell calf raise) โดยผู้ช่วยวิจัยแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยการยกน้ำหนักในท่านั้น ๆ ที่ความหนักระดับต่ำ จำนวน 5-10 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที ผู้ช่วยวิจัยประมาณการน้ำหนักที่จะเพิ่มให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยสำหรับการทดสอบการยกน้ำหนักจำนวน 3-5 ครั้ง โดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 2 นาที ผู้ช่วยวิจัยประมาณการน้ำหนักที่ใกล้เคียง น้ำหนักสูงสุดที่จะเพิ่มให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยสำหรับการ ทดสอบการยก 2-3 ครั้งโดยการเพิ่มน้ำหนัก 10-20 เปอร์เซ็นต์อีกครั้ง จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 3 นาที ผู้ช่วยวิจัยเพิ่มน้ำหนักอีกครั้ง 10-20 เปอร์เซ็นต์จนกระทั่งผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถยกน้ำหนักได้สำเร็จใน 1 ครั้งด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง เหมาะสม ถือเป็นค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้งของท่าทางการฝึกแต่ละท่า ระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบในแต่ละท่าทางการฝึก 5 นาที

วันอังคาร

- เวลา 06.30 น. ผู้เข้าร่วมการวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย จากนั้นทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที ก่อนการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ

- เวลา 07.00 น. ทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาโดยใช้วิธีการทดสอบความสามารถของการกระโดดสูงในท่าที่ 1 ท่าสควอทจัมพ์ (Squat jump) โดยท่าเริ่มต้นให้ยืนย่อตัวให้หัวเข่าทำมุม 90 องศา แล้วกระโดดขึ้นในแนวตั้งให้สูงที่สุด และในท่าที่ 2 ท่าเคาเตอร์มูฟเม้นท์ จัมพ์ (Countermovement jump) โดยท่าเริ่มต้นแบบยืนตรง จากนั้นย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดขึ้นในแนวตั้งทันทีให้สูงที่สุด ผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคนทำการกระโดดคนละ 3 ครั้งต่อท่า พัก 1 นาทีระหว่างการกระโดดแต่ละครั้ง พัก 5 นาที ระหว่างการกระโดดแต่ละท่า นำผลการกระโดดครั้งที่ดีที่สุดในแต่ละท่าไปวิเคราะห์ต่อไป

- เวลา 08.00 น. ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่รูปตัวที (T-test) โดยผู้วิจัยวางกรวยกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ (ภาพประกอบ 1) เริ่มต้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งตรงจากจุด A ไปจุด B จากนั้นเคลื่อนตัวสไลด์ไปทางซ้ายที่จุด C สไลด์ขวากลับผ่านจุด B มายังจุด D และสไลด์ซ้ายกลับมายังจุด B อีกครั้งจากนั้นวิ่งถอยหลังกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยทุกจุดที่เคลื่อนที่ผ่าน ตั้งแต่จุด B จุด C และ จุด D จะต้องใช้มือขวาสัมผัสผืนสนามของกรวยเสมอ ทำการทดสอบ 2 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบแต่ละครั้ง 5 นาที บันทึกระยะเวลาที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งได้ในครั้งที่ดีที่สุดจากการทดสอบ 2 ครั้ง



ภาพประกอบ 1 การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่รูปตัวที (T-test)

ที่มา : <http://www.topendsports.com/testing/tests/t-test.htm>

- เวลา 09.00 น. ทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะได้รับการดูแลและแนะนำจากผู้ช่วยวิจัยอย่างใกล้ชิด จากนั้นผู้ช่วยวิจัยสวมใส่น้ำกากและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยขณะที่ยืนเตรียมความพร้อมบนลู่วิ่งไฟฟ้า จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยเริ่มวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลา 6 นาที และผู้ช่วยวิจัยจะเพิ่มความเร็วจนขึ้นอีก 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที จนกระทั่งผู้เข้าร่วมการวิจัยหมดแรง จนไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ ขณะทดสอบผู้เข้าร่วมการวิจัยหายใจเข้า-ออกปกติผ่านน้ำกากและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งเวลาเฉลี่ยรวมตลอดการทดสอบจะอยู่ที่ประมาณ 8-12 นาที

วันพุธ

- เวลา 06.30 น. ผู้เข้าร่วมการวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย จากนั้นทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที ก่อนการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ

- เวลา 07.00 น. ทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 20 เมตร ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนอยู่หลังจุดเริ่มต้นระยะ 1 เมตร จากนั้นจะทำการทดสอบโดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดผ่านจุดสิ้นสุดเป็นทางตรงระยะ 20 เมตร ทำการทดสอบจำนวน 2 รอบ ระยะเวลาระหว่างรอบ 2 นาที บันทึกระยะเวลาที่วิ่งได้เป็นวินาทีในแต่ละรอบ ใช้เวลาที่วิ่งได้ครั้งที่ดีที่สุดเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

- เวลา 08.00 น. ทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบโย-โย อินเทอร์มิทแทน รีคัพเวอรี เทส ระดับ 1 (Yo-Yo Intermittent recovery test level 1 (Yo-Yo IR 1)) ผู้วิจัยวางกรวยกำหนดทิศทางเคลื่อนที่ การทดสอบกระทำบนพื้นสนามวัสดุเป็นพื้นไม้ ขนาดยาว 40 เมตร กว้าง 20 เมตร ภายในอาคารกีฬาในร่ม การทดสอบประกอบไปด้วยการวิ่งไป-กลับทางตรงระยะทาง 20 เมตร สลับกับการพักเดินหรือวิ่งเหยาะ 10 วินาที ในระยะ 5 เมตรหลังเส้นเริ่มต้นทุก ๆ การวิ่ง 40 เมตร โดยวิ่งเพิ่มความเร็วเป็นลำดับ ขณะทำการทดสอบผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกควบคุมด้วยเสียงเตือนจากลำโพงที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ชนิดพกพาซึ่งทำหน้าที่เปิดแผ่นโปรแกรมการทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบโย-โย อินเทอร์มิทแทน รีคัพเวอรี เทส ระดับ 1 การทดสอบเริ่มต้นด้วยการวิ่งจำนวน 4 รอบ (Shuttle) ที่ความเร็ว 10-13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (0-160 เมตร) ตามด้วยการวิ่งจำนวน 7 รอบ ที่ความเร็ว 13.5-14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (160-440 เมตร) หลังจากนั้นการทดสอบจะดำเนินต่อไปโดยเพิ่มความเร็วจน 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทุก ๆ การวิ่งจำนวน 8 รอบ ความเร็วของการทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางการวิ่งทั้งหมดที่สามารถทดสอบได้อยู่ที่ 3,640 เมตร การทดสอบจะสิ้นสุดลงเมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถวิ่งมาถึงเส้นสิ้นสุด 2 ครั้งต่อเนื่องกันหรือหมดแรง ระยะทางการวิ่งทั้งหมดรายงานตามเกณฑ์การทดสอบความสามารถในการวิ่งเพิ่มระยะและความเร็วแบบโย-โย อินเทอร์มิทแทน รีคัพเวอรี เทส ระดับ 1 ในหน่วยเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ภายหลังการทดสอบครั้งแรก ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมที่แต่ละกลุ่มได้รับเป็นเวลา 5 สัปดาห์ หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะเข้ารับการทดสอบเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ ภายหลังการฝึกซ้อมในสัปดาห์สุดท้ายเสร็จสิ้นลง ที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกายเป็นจำนวน 3 ครั้ง ช่วงเวลาที่เข้ารับการทดลองแต่ละครั้งจะอยู่ในช่วงเวลา 06.00 น. – 10.00 น. ตามกำหนดวันเวลาเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนเริ่มต้นการทดลอง

การควบคุมอาหารและการออกกำลังกาย

เพื่อป้องกันผลข้างเคียงของอาหารและการออกกำลังกาย ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน ในระหว่างการทดลอง ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับคำแนะนำให้งดการออกกำลังกายอย่างหนักและการฝึกซ้อมกีฬาทุกชนิดก่อนเข้ารับการทดลองเป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องทำการบันทึกการอาหารที่บริโภคทุกมื้อในแบบบันทึกการอาหารที่ผู้วิจัยจัดเตรียมให้ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องบริโภคอาหารรายการเดียวกันก่อนการทดลองแต่ละครั้ง นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน งดการสูบบุหรี่ เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนการทดลอง

ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเข้าร่วมการวิจัย การเจาะเลือดอาจทำให้เกิดการช้ำและเจ็บปวดเล็กน้อย บริเวณรอยเข็ม แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาไม่นานนัก และอาจเกิดอาการเมื่อยล้าหรือปวดเมื่อยกล้ามเนื้อขณะทำการทดลองหรือภายหลังการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ ทั้งนี้ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง จะมีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายกล้ามเนื้อภายหลังการทดลอง ดูแลโดยผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อป้องกันและบรรเทาอาการดังกล่าว รวมถึงการ จัดเตรียมน้ำเปล่า เครื่องดื่มทางการกีฬา (Sports drink) และอาหารว่าง ให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองในแต่ละครั้ง หากพบว่ามีอาการบาดเจ็บเกิดขึ้นในขณะทำการทดลอง ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องรีบแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการดำเนินการส่งต่อ ณ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการรักษาพยาบาล และหากผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และได้รับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

หากท่านไม่เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การปฏิบัติงานใดๆ ของท่าน หรือส่งผลกระทบต่อผลการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิตแต่อย่างใด

หากมีข้อข้องใจที่จะสอบถามเกี่ยวกับการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย ท่านสามารถติดต่อ คุณเกริกวิทย์ พงศ์ศรี เบอร์โทรศัพท์ 089-697-8737 และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล หมายเลขโทรศัพท์ 098-892-9361

ท่านจะได้รับการช่วยเหลือหรือดูแลรักษาการบาดเจ็บ/เจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการวิจัยตามมาตรฐานทางการแพทย์ โดยผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา คือ คุณเกริกวิทย์ พงศ์ศรี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย การฝึกซ้อมรูปแบบใหม่นี้จะทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา และการได้รับผลของการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ลดสาเหตุที่เป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการตอบสนองและพัฒนาการของร่างกายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการฝึกดังกล่าว

ค่าตอบแทนที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับ คนละ บาท

ค่าใช้จ่ายที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องรับผิดชอบเอง ไม่มี

หากมีข้อมูลเพิ่มเติมทั้งด้านประโยชน์และโทษที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ทราบโดยรวดเร็วและไม่ปิดบัง

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย จะถูกเก็บรักษาไว้โดยไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นข้อมูลส่วนรวมโดยไม่สามารถระบุข้อมูลรายบุคคลได้ ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นรายบุคคลอาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้ามาตรวจสอบได้ เช่น ผู้ให้ทุนวิจัย สถาบัน หรือองค์กรของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบ รวมถึงคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน เป็นต้น

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมการวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การปฏิบัติงานใดๆ ของท่าน หรือส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิต ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่เข้าร่วมการวิจัยก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล

หากท่านได้รับการปฏิบัติที่ไม่ตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงนี้ ท่านสามารถแจ้งให้ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนทราบได้ที่ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ ศึกษาศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี ชั้น 20 โทร (02) 649-5000 ต่อ 11015-11018 โทรสาร: (02) 259-1822

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย วันที่.....
(.....)



ภาคผนวก ง
แบบบันทึกผลการทดลอง



แบบบันทึกผลการทดลองที่ 1

รหัส (Code) อายุ ปี

ชื่อ-สกุล (ว/ด/ป เกิด)

ครั้งที่ วันที่ เวลา

น้ำหนัก กิโลกรัม ส่วนสูง เซนติเมตร

น้ำหนักร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) กิโลกรัม ไขมัน (Fat) %

ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1 RM Test) เริ่ม..... น. เสร็จ น.

ท่าการฝึก	1 RM (kg)	70% 1 RM (kg)	80% 1 RM (kg)
ท่า Barbell squat			
ท่า Lying leg curl			
ท่า Standing barbell calf raise			

VO ₂ max (ml/kg/min) เริ่ม..... น.	
HR at VT(b/min)	
% HRmax at VT	
HRmax (b/min)	
Speed at VO2max (km/h)	
VT (ml/kg/min)	
% VO2max at VT	

ครั้งที่ วันที่ เวลา น.

(Repeated sprint ability test, RSA Test)

รอบที่	1	2	3	4	5	6
เวลา (S)						

RSA Test	RSA Test (s)
(RSA _{best}) (s)	
(RSA _{mean}) (s)	
(RSA _{worst}) (s)	
(RSA _{decrement}) (%)	

ครั้งที่ วันที่ เวลา น.

ทดสอบโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ทั้ง 2 รูปแบบ

☐ Specific Strength Training (SST) → Repeated Sprint Training (RST)

☐ Repeated Sprint Training (RST) → Specific Strength Training (SST)

	Pre	Post	Post + 30 min
Code			
IGF-1 (ng/ml)			
i-STAT file No. ...วันที่.....	เวลา	เวลา	เวลา
pH			
pCO ₂ (mmHg)			
pO ₂ (mmHg)			
Base excess (mmol/L)			
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)			
TCO ₂ (mmol/L)			
sO ₂ (%)			
Blood Lactate (mmol/L)			

***เริ่มทดลองการฝึกรูปแบบแรก เวลา..... น.

พักระหว่างการฝึก เวลา.....น.

เริ่มการฝึกรูปแบบที่สอง เวลา

เสร็จสิ้นการฝึก เวลา.....น.

Code (file in POLAR Team II) Team.....Player.....

บันทึกข้อมูลเฉลี่ยทุก ๆ 10 นาที

Min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
HR (bpm)											
RPE (score)											

บันทึกข้อมูลทันทีหลังจบการฝึกแต่ละเซต

	Train. mode	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6
HR (bpm)	SST / RST						
	SST / RST						
RPE (score)	SST / RST						
	SST / RST						

เวลาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Repeated Sprint Training, RST)

รอบที่	1	2	3	4	5	6	7
เซตที่ 1(S)							
เซตที่ 2(S)							

ครั้งที่ วันที่ เวลา น.

ทดสอบโปรแกรมการฝึกแบบควบคู่ทั้ง 2 รูปแบบ

☐ Specific Strength Training (SST) → Repeated Sprint Training (RST)

☐ Repeated Sprint Training (RST) → Specific Strength Training (SST)

	Pre	Post	Post + 30 min
Code			
IGF-1 (ng/ml)			
i-STAT file No.วันที่.....	เวลา	เวลา	เวลา
pH			
pCO ₂ (mmHg)			
pO ₂ (mmHg)			
Base excess (mmol/L)			
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)			
TCO ₂ (mmol/L)			
sO ₂ (%)			
Blood Lactate (mmol/L)			

***เริ่มทดลองการฝึกรูปแบบแรก เวลา..... น.

พักระหว่างการฝึก เวลา..... น.

เริ่มการฝึกรูปแบบที่สอง เวลา

เสร็จสิ้นการฝึก เวลา.....

น.

Code (file in POLAR Team II) Team.....Player.....

บันทึกข้อมูลเฉลี่ยทุก ๆ 10 นาที

Min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
HR (bpm)											
RPE (score)											

บันทึกข้อมูลทันทีหลังจบการฝึกแต่ละเซต

	Train. mode	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6
HR (bpm)	SST / RST						
	SST / RST						
RPE (score)	SST / RST						
	SST / RST						

เวลาการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ๆ (Repeated Sprint Training, RST)

รอบที่	1	2	3	4	5	6	7
เซตที่ 1(S)							
เซตที่ 2(S)							

แบบบันทึกผลการทดลองที่ 2

☐ Pretraining☐ Posttraining

รหัส (Code) อายุ

ชื่อ-สกุล (ว/ด/ป เกิด)

ครั้งที่ วันที่ เวลา

น้ำหนัก กิโลกรัม ส่วนสูง เซนติเมตร

น้ำหนักร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) กิโลกรัม ไขมัน (Fat) %

(Repeated sprint ability test, RSA Test) เริ่ม..... น. เสร็จ..... น.

รอบที่	1	2	3	4	5	6
เวลา (S)						

RSA Test	RSA Test (s)
(RSA _{best}) (s)	
(RSA _{mean}) (s)	
(RSA _{worst}) (s)	
(RSA _{decrement}) (%)	
Total time=	Ideal time=

Blood Collection (RSA)	Pre	Post	Post + 30 min
Code	เวลา.....	เวลา.....	เวลา.....
IGF-1 (ng/ml)			

ทดสอบค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1 RM Test) เริ่ม..... น. เสร็จ

ท่าการฝึก	1 RM (kg)	70% 1 RM (kg)
Barbell squat		
Lying leg curl		
Standing barbell calf raise		

ครั้งที่ วันที่ เวลา

ทดสอบความสามารถของการกระโดดสูง

ท่ากระโดด/ ครั้งที่	1	2	3
SJ (cm)			
CMJ (cm)			

ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว

การทดสอบ/ ครั้งที่	1	2	3
Agility T Test (s)			

VO ₂ max (ml/kg/min)	เริ่ม..... น.	
HRmax (b/min)		
Speed at VO2max (km/h)		
HR at VT(b/min)		
% HRmax at VT		
VT (ml/kg/min)		
% VO2max at VT		
Speed at VT (km/h)		

ครั้งที่ วันที่ เวลา

20 m Sprint Test	5 m	5-10 m	10 m	10-20 m	20 m
1 Round (s)					
2 Round (s)					

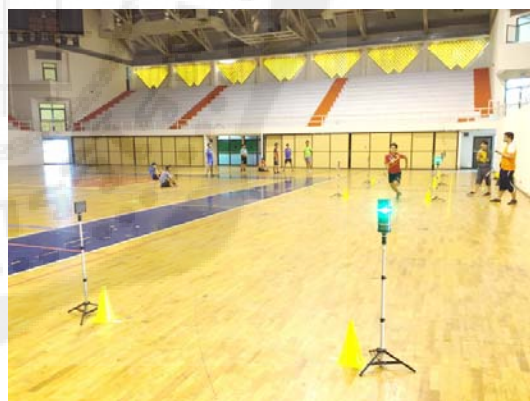
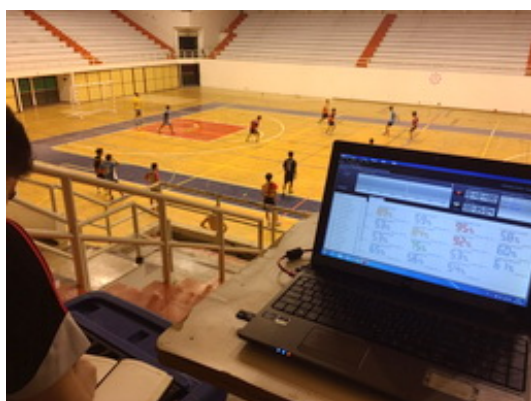
Yo-Yo IR 1	Speed Level	Shuttle No.	Distance (m)	Vo2max (mL/min/kg)

ภาคผนวก จ
ภาพการดำเนินการทดลอง











ภาคผนวก ซ
รายนามผู้เชี่ยวชาญ



รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิมารณณ์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุกศิริ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ
กีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
3. อาจารย์ ดร. ไวกจน์ จันทร์เสมอ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
สถาบันการพลศึกษา
วิทยาเขตสมุทรสาคร
4. อาจารย์ ดร. นิรอมลี มะกาเจ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. คุณพรชิต จุรรักษ์พงศ์ หัวหน้างานวิทยาศาสตร์การกีฬาภูมิภาค
การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 3
จังหวัดนครราชสีมา

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี
วันเดือนปีเกิด	26 มีนาคม พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	60/179 หมู่บ้านพฤษ์ดล 2 รังสิตคลอง 4 หมู่ที่ 6 ถนนไสวประชาราษฎร์ ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงาน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 63 หมู่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก คลอง 16 ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120 โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 22504
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนอนุบาลชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2540	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2543	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2547	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ การกีฬา จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2549	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ การกีฬา (ผู้ฝึกกีฬาและผู้ฝึกการออกกำลังกาย) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2560	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ การกีฬาและการออกกำลังกาย (สรีรวิทยาการกีฬาและ การออกกำลังกาย) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ