



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

วิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

Effects of Ferrous Sulfate on Mountain Bike Athletes Performance

นามผู้วิจัย นายกนกนิจ บัวหลวง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์อภัสรา อัครพันธุ์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัชรินทร์ ปานอุทัย, ปร.ด.)

รักษาราชการแทน

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมนทกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

Effects of Ferrous Sulfate on Mountain Bike Athletes Performance

โดย

นายกนกนิจ บัวหลวง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กนกนิตี บัวหลวง 2558: ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยาน
เสือภูเขา ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
การกีฬา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
อาจารย์อภัสรา อัครพันธุ์, ปร.ด. 89 หน้า

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬา
จักรยานเสือภูเขา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาชาย จำนวน 20 คน มี
อายุระหว่าง 20-40 ปี ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยา ได้แก่ Hb,
MCV, MCHC, serum iron, transferrin saturation, TIBC, serum ferritin แล้วทำการทดสอบ
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂max) และงานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max และใน
สัปดาห์ถัดมาทำการทดสอบปั่นจักรยานจับเวลาระยะทาง 30 กิโลเมตร จากนั้นทำการแบ่งกลุ่ม
ตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 10 คนคือ กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต (T) และกลุ่มควบคุม
ที่ได้รับ Placebo (C) ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตและ Placebo 3 เม็ดต่อวัน รวม
ระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดแล้ว ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างอีกครั้ง เพื่อติดตามการ
เปลี่ยนแปลงของค่าโลหิตวิทยา VO₂max งานสูงสุดที่ใช้ทดสอบ VO₂max และเวลาในการปั่น
จักรยานเสือภูเขา ระยะทาง 30 กิโลเมตร นำข้อมูลทั้ง 2 ครั้ง มาทำการทดสอบความแตกต่างของ
ค่าเฉลี่ยและความสัมพันธ์ทางสถิติ กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเป็นระยะเวลา
12 สัปดาห์ (T) มีค่า Hb, MCV, MCHC, transferrin saturation, serum ferritin เพิ่มขึ้น มีค่า VO₂max
มากขึ้น และเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา ระยะทาง 30 กิโลเมตรดีขึ้น โดยพบว่ากลุ่มที่มี Serum
ferritin น้อย (T_a) มีค่า Hb, MCV, MCHC, transferrin saturation, serum ferritin, VO₂max และเวลา
ที่ใช้ในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า Hb, MCV, MCHC และ
transferrin saturation เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่มีระดับ Serum ferritin มาก (T_n) อีกด้วย ผลการวิจัยครั้งนี้จะ
เป็นแนวทางให้ผู้ฝึกสอนพิจารณาเลือกการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมควบคู่กับการฝึกซ้อม
เพื่อเพิ่มความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาต่อไป

ลายมือชื่อนิติต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kanoknithi Bualuang 2015: Effects of Ferrous Sulfate on Mountain Bike Athletes Performance. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Department of Sports Science and Health. Thesis Advisor: Miss Apasara Arkarapanthu, Ph.D. 89 pages.

The research aimed to study the effects of ferrous sulfate on mountain bike athlete's performance. Subjects were twenty mountain bike athletes, aged 20-40 years old. Blood samples were collected for hematological analysis (Hb, MCV, MCHC, serum iron, transferrin saturation, TIBC, serum ferritin). Maximal oxygen consumption (VO₂max) was tested and maximal workload of the test was obtained. One week afterward, 30 km time trial mountain bike racing was performed. Then the subjects were divided equally into two groups. The experimental group (T) had taken ferrous sulfate and the control group had taken placebo (C) three tablets per day for twelve weeks. After that all of the parameters were determined again for monitoring the changes. The collected data were statistically analyzed for the difference of the means and for the relationship among the parameters. Statistical significance was set at $P < 0.05$.

Results showed that the subjects who taken ferrous sulfate for twelve weeks (T) revealed a significant better Hb, MCV, MCHC, transferrin saturation, serum ferritin, VO₂max and time for 30 km mountain bike race. Whereas experimental group who had lower serum ferritin (Ta) revealed a significant better Hb, MCV, MCHC, transferrin saturation, serum ferritin, VO₂max and time for 30 km mountain bike race. Moreover, the experimental group who had higher serum ferritin (Tn) also revealed a significant better Hb, MCV, MCHC and transferrin saturation. Therefore, the results of this research will be an information for coach to consider ferrous sulfate as a supplement to increase mountain bike athlete's performance along with training in the future.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์และความกรุณาเป็นอย่างสูง จาก อาจารย์ ดร.อาภัสรา อัครพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัชรินทร์ ปานอุทัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาเอาใจใส่และมีความอดทน กับผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่เคยสั่งสอนและให้ความรู้ในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

ขอขอบคุณนักกีฬาจักรยานทุกคนที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ รวมถึง พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ที่รักทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อฐณไชย คุณแม่วิไล บัวหลวง ที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจตลอดมาจนผ่านปัญหาต่างๆ มาได้ด้วยดี จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอให้คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมดและไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ด้วย

กนกนิจิ บัวหลวง

มีนาคม 2558

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	59
สรุป	59
ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	66
ภาคผนวก	69
ภาคผนวก ก ใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และเอกสารแนะนำกลุ่มตัวอย่าง	70
ภาคผนวก ข ใบตอบรับโครงการวิจัย	77
ภาคผนวก ค การเก็บตัวอย่างเลือด	79
ภาคผนวก ง การทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด	81
ภาคผนวก จ การทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสื่อภูเขา 30 กิโลเมตร	83
ภาคผนวก ฉ เฟอร์รัสซัลเฟตและ Placebo	85

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

89



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง	34
2	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ Serum ferritin	35
3	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า Serum ferritin ในร่างกาย	35
4	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ Serum iron ในร่างกาย	38
5	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า Serum iron ในร่างกาย	38
6	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ TIBC ในร่างกาย	40
7	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า TIBC ในร่างกาย	40
8	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ Transferrin saturation ในร่างกาย	42
9	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า Transferrin saturation ในร่างกาย	42
10	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ Hb ในร่างกาย	44
11	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า Hb ในร่างกาย	44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ MCV ในร่างกาย	46
13	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า MCV ในร่างกาย	46
14	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของ MCHC ในร่างกาย	48
15	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่า MCHC ในร่างกาย	48
16	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร	50
17	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของค่าเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร	50
18	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	52
19	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	52
20	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลองและหลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ของงานสูงสุดในการทดสอบ VO ₂ max	54
21	การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลัง การทดลองของงานสูงสุดในการทดสอบ VO ₂ max	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร กับ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานสูงสุดในการทดสอบ VO ₂ max, MCV และ Transferrin saturation ของกลุ่มทดลอง (T)	56
23	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด Serum ferritin, Transferrin saturation, Hb และ MCHC ของกลุ่มทดลอง (T)	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงวงจรของเหล็กในร่างกาย	13
ภาพผนวกที่	
ค1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือดทางหลอดเลือดดำ ประกอบด้วย กระบอกฉีดขนาด 10 ซีซี เข็มฉีดยา ยางรัดแขน สำลี แอลกอฮอล์ เทปกาว ปากกาเมจิก หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ 1 (ฟ้าสีม่วง) มีสารกัน เลือดแข็งชนิด EDTA เพื่อนำไปตรวจ Hb, MCV และ MCHC หลอดเก็บ ตัวอย่างเลือดที่ 2 (ฟ้าสีแดง) ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว เพื่อนำ ไปตรวจ Serum ferritin, Serum iron, TIBC, Transferrin saturation	80
ง1 การทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผ่านเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ	82
จ1 สภาพเส้นทางจำลองที่ใช้ทดสอบปั่นจักรยานเสือภูเขา รอบละ 1 กิโลเมตร เป็นเส้นทางแบบ Single track	84
จ2 การทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร	84
ฉ1 เฟอร์รัสซัลเฟตชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อ 1 เม็ดมีส่วนประกอบของ ธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม	86
ฉ2 เฟอร์รัสซัลเฟตชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัมที่ถูกบรรจุลงในแคปซูลสีแดง	86
ฉ3 แป้งข้าวโพดที่นำมาใช้เป็น Placebo บรรจุในแคปซูลสีแดง เช่นเดียวกับเฟอร์รัสซัลเฟต	87
ฉ4 แป้งข้าวโพดที่บรรจุอยู่ในแคปซูลสีแดง	87
ฉ5 ซองบรรจุยาป้องกันแสงพร้อมสารกันชื้นด้านใน	88

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

T	=	กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต
C	=	กลุ่มควบคุมที่ได้รับ Placebo
Ta	=	กลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย
Tn	=	กลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก
Ca	=	กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย
Cn	=	กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก
Hb	=	Hemoglobin
Hct	=	Hematocrit
MCV	=	Mean corpuscular volume
MCHC	=	Mean corpuscular hemoglobin concentration
TIBC	=	Total iron binding capacity
VO ₂ max	=	Maximal oxygen consumption
Kg	=	kilogram
g	=	gram
dl	=	deciliter
ml	=	milliliter
fl	=	femtoliter
cm	=	centimeter
sec	=	second
\bar{X}	=	mean
SD	=	standard deviation
SE	=	standard error

ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

Effects of Ferrous Sulfate on Mountain Bike Athletes Performance

คำนำ

การรับประทานอาหารเสริมในนักกีฬาในบางกรณีเป็นเพียงความเชื่อว่าจะสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพในการการเล่นกีฬาได้ แต่ในบางกรณีการรับประทานอาหารเสริมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาดีขึ้นได้ เช่น การได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมสามารถช่วยแก้ไขปัญหาของภาวะโลหิตจางของนักกีฬาได้ Zoller (2004) รายงานว่าพบการเสริมเหล็กในนักกีฬาชั้นยอดเป็นส่วนใหญ่ ด้วยเหตุที่หากร่างกายขาดธาตุเหล็กนั้นจะทำให้ Hemoglobin และ Serum ferritin ลดลง และการให้เฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเป็นเวลานาน สามารถเพิ่มปริมาณ Serum ferritin ในร่างกายนักกีฬาได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Edgar (2010) ที่พบว่า การเสริมเฟอร์รัสซัลเฟตในผู้ที่ร่างกายขาดธาตุเหล็กนั้นจะทำให้ร่างกายมีธาตุเหล็กและค่าต่างๆทางโลหิตวิทยาเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับประทานประมาณ 3 เดือน จากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การให้เฟอร์รัสซัลเฟตเสริมจะทำให้ Hb เพิ่มขึ้นและการเพิ่มของระดับ Hb จะทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้น ปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (cardiac output) และปริมาณเลือดมากทำให้มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้นตามไปด้วย เมื่อค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความสามารถทางด้านแอโรบิกเพิ่มมากขึ้นในนักกีฬาระดับแชมป์ (Joyner, 2003) และยังมีการศึกษาที่สามารถบอกได้ว่าเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมมีประโยชน์ต่อการสะสมธาตุเหล็กในผู้ที่ออกกำลังกายระดับปานกลาง โดยการให้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ระบบหัวใจและหลอดเลือดดีขึ้น ระดับ Hb, Hematocrit, Serum iron, Transferrin saturation และ Serum ferritin เพิ่มขึ้น ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุเหล็กในร่างกายกับการออกกำลังกายระดับปานกลางมากขึ้น (Christine, 1991) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาจำนวนไม่น้อยพบว่า มีการรับประทานเหล็กเสริมมากขึ้นในช่วงฝึกซ้อม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเฟอร์รัสซัลเฟต จากการสัมภาษณ์นักกีฬา นักกีฬาเชื่อว่าการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมสามารถเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงให้มากขึ้น และจะสามารถส่งผลถึงสมรรถภาพในการปั่นที่ดีขึ้นได้ ทั้งที่ตัวนักกีฬาเองไม่ทราบว่าร่างกายอยู่ในภาวะพร่องเหล็กหรือไม่ แต่เชื่อว่าจะให้ผลเช่นเดียวกับการได้ไปเลือด (Blood doping) ในนักกีฬา

ระดับอาชีพ ซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการปั่นจักรยานเร็วขึ้นเพราะกีฬาจักรยานเสือภูเขาเป็นกีฬาที่ต้องมีสมรรถภาพทางกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านอากาศนิยม (Aerobic capacity) เพราะฉะนั้นร่างกายจึงต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากอย่างต่อเนื่องในการสันดาปพลังงาน ร่างกายจึงมีความต้องการปริมาณเม็ดเลือดแดงมาก และความสามารถในการจับออกซิเจนที่ดี เพื่อทดแทนวิธีการได้ปเลือดซึ่งเป็นวิธีการที่ผิดกฎของ World Anti-Doping Agency ที่ห้ามใช้วิธีนี้ นักกีฬาจึงเลือกใช้วิธีการเสริมเหล็กแทนเพราะการเสริมเหล็กไม่ผิดกฎการใช้สารกระตุ้น ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจจะทำการศึกษาว่าการเสริมเฟอร์รัสซัลเฟต สามารถทำให้ประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานเสือภูเขาดีขึ้นหรือไม่และสำหรับนักกีฬาที่มีเหล็กสะสมในร่างกายที่ต่างกัน จะได้รับผลจากการเสริมเฟอร์รัสซัลเฟตในทิศทางเดียวกันหรือไม่

ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานเสือภูเขาทั้งในนักกีฬาที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อยและนักกีฬาที่มีปริมาณ Serum ferritin มาก หลังได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ เพื่อทราบถึงผลของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อร่างกายและเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวปฏิบัติที่ถูกต้องเหมาะสมเกี่ยวกับการเสริมเฟอร์รัสซัลเฟตในนักกีฬาต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต ในระยะเวลา 12 สัปดาห์ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

สมมติฐานในการทำวิจัย

ความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาและมีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักจักรยานเสือภูเขาสัญชาติไทย เพศชาย อายุระหว่าง 20-40 ปี ไม่มีประวัติแพ้เฟอร์รัสซัลเฟต ไม่มีภาวะธาตุเหล็กเกิน (iron overload) ไม่ติดแอลกอฮอล์ ไม่สูบบุหรี่เป็นประจำ มีประสบการณ์ในการแข่งขันไม่ต่ำกว่า 2 ปี เป็นนักจักรยานที่มีการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมการทดลองมีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและมีความพร้อมที่จะปฏิบัติตามเงื่อนไขของการวิจัย
2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาผลของการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา
3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ การได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต

3.1.1 การได้รับ Placebo

3.1.2 การได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตขนาด 200 มิลลิกรัม มีส่วนประกอบของธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม รับประทาน 1 เม็ดหลังอาหารทันที 3 เวลาต่อวัน

3.2 ตัวแปรตาม (dependent variables) คือ ความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

นิยามศัพท์

1. เฟอร์รัสซัลเฟต หมายถึง เกลือของธาตุเหล็ก หนึ่งเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัม มีส่วนประกอบของธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม บรรจุในแคปซูล
2. ความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา หมายถึง ความสามารถของนักกีฬาที่มีความทนทานต่อการปั่นจักรยานไปตามภูมิประเทศได้เป็นเวลานาน เพื่อไปสู่จุดหมายที่กำหนดไว้โดยใช้เวลาน้อยที่สุด
3. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขา หมายถึง นักกีฬาเพศชายที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันจักรยานเสือภูเขาไม่น้อยกว่า 2 ปี อายุระหว่าง 20-40 ปี
4. Maximal oxygen consumption (VO₂max) หมายถึง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
5. Wattmax หมายถึง งานสูงสุดที่นักกีฬาทำได้ในการทดสอบ VO₂max
6. Single track หมายถึง เส้นทางที่ใช้ทดสอบปั่นจักรยานที่มีลักษณะแคบ บันได้คันเดียว
7. Placebo หมายถึง สารหลอก ประกอบด้วย แป้งข้าวโพดบรรจุในแคปซูล
8. กลุ่มควบคุม หมายถึง นักกีฬาที่ได้รับ Placebo (C)
9. กลุ่มทดลอง หมายถึง นักกีฬาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต (T)

10. นักกีฬาที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อย หมายถึง นักกีฬาที่มีปริมาณธาตุเหล็กสะสมน้อยกว่านักกีฬาในกลุ่มเดียวกัน ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อย (Ca) และกลุ่มทดลองที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อย (Ta) โดยมี Serum ferritin น้อยกว่า 140 $\mu\text{g}/\text{dl}$

11. นักกีฬาที่มีปริมาณ Serum ferritin มาก หมายถึง นักกีฬาที่มีปริมาณธาตุเหล็กสะสมมากกว่านักกีฬาในกลุ่มเดียวกัน ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อย (Cn) และกลุ่มทดลองที่มีปริมาณ Serum ferritin มาก (Tn) มากกว่า 140 $\mu\text{g}/\text{dl}$



การตรวจเอกสาร

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยครอบคลุมองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ
2. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
3. เฟอร์ริสซัลเฟต
 - 3.1 ธาตุเหล็ก
 - 3.2 เมทตาบอริซึมของเหล็ก
 - 3.3 ผลของเฟอร์ริสซัลเฟตที่มีต่อร่างกาย
4. โลหิตจางจากการขาดเหล็ก
5. การเสริมธาตุเหล็ก
6. ความหมายของค่าต่างๆ ในการตรวจทางโลหิตวิทยาในห้องปฏิบัติการ
7. สารต้องห้ามทางการกีฬา
8. จักรยานประเภทเสือภูเขา
9. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ

ระบบไหลเวียนโลหิตกับการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง กลไกการทำงานของร่างกายคนเราขณะออกกำลังกายจะต้องอาศัยพลังงานจากการเผาผลาญสารอาหาร โดยมีระบบไหลเวียนโลหิตเป็นตัวกลาง ในการลำเลียงออกซิเจนและสารอาหารต่างๆ ไปกับเลือดเข้าสู่เซลล์ และขับถ่ายของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากขบวนการรวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ รวมทั้งการระบายความร้อนและรักษาสมดุล กรด-ด่าง ของร่างกายให้เกิดความสมดุล

วุฒิพงษ์ และ อารี (2542) กล่าวว่าเมื่อกกล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวระบบไหลเวียนเลือดจะต้องเพิ่มการทำงานเพื่อสร้างพลังงานที่จะนำมาใช้ให้เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อ

Little (1985) กล่าวว่า ปกติร่างกายจะมีเลือดประมาณ 5,645 มิลลิลิตร โดยอยู่ห้องหัวใจข้างซ้ายโดยประมาณ 1,016 มิลลิลิตร ซึ่งเป็น 18% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย อยู่ในห้องหัวใจข้างขวาประมาณ 677 มิลลิลิตร ซึ่งเป็น 12% ของเลือดทั้งหมดในร่างกายและอยู่ในระบบไหลเวียนประมาณ 3,952 มิลลิลิตร ซึ่งเป็น 70% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย และได้กล่าวไว้อีกว่า ส่วนประกอบของเลือดสามารถแยกได้เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดแรกได้แก่เม็ดเลือดแดง (red blood cells) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ Hb เมื่อรวมตัวกับออกซิเจนจะเรียกว่าออกซิฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างพลังงานของกล้ามเนื้อ เม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 90-120 วัน และจะถูกทำลายที่ตับและม้าม นอกจากนี้เม็ดเลือดแดงยังทำหน้าที่ในการขนส่งออกซิเจนซึ่ง Hb 1 กรัม สามารถจับออกซิเจนได้ 1.34 มิลลิลิตร (พีระพงษ์, 2538) ชนิดที่สอง ได้แก่ เม็ดเลือดขาว (white blood cells) จะมีขนาดใหญ่กว่าเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรค และซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย จากนั้นจะถูกทำลายที่ตับ และชนิดสุดท้ายคือเกล็ดเลือด (blood platelets) จะมีขนาดเล็กกว่าเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ทำให้เลือดแข็งตัว โดยสารไฟบริโนเจน (fibrinogen) เกลือแคลเซียม (calcium salt) และโปรทรอมบิน (prothrombin) โดยสารไฟบริโนเจน จะเปลี่ยนเป็นไฟบิลประกอบกันเป็นร่างแหทำให้โลหิตจับตัวเป็นก้อน

อวัยวะที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบไหลเวียนเลือดก็คือหัวใจ หัวใจเป็นกล้ามเนื้อที่ต่างไปจากกล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อลาย ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัว หัวใจทำงานอยู่นอกอำนาจจิตใจมีกล้ามเนื้อ เรียกว่า กล้ามเนื้อหัวใจ หรือ มัยโอคาร์เดียม (myocardium) ดังที่เกล็ดแก้ว (2543) กล่าวว่า หัวใจแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ขวาและซ้าย หัวใจห้องบนขวาและห้องล่างซ้าย ทำงานร่วมกัน

เพื่อนำเลือดจากหลอดเลือดดำใหญ่ไปสู่ระบบไหลเวียนปอด (pulmonary circulation) ขณะที่หัวใจห้องบนซ้าย และห้องล่างซ้าย ทำงานร่วมกันเพื่อส่งเลือดจากปอด ไปสู่ระบบไหลเวียนของร่างกาย (systematic circulation)

หลอดเลือดเป็นส่วนที่ใช้ลำเลียงเลือด จากหัวใจไปสู่อวัยวะต่างๆ และนำเลือดกลับสู่หัวใจ สามารถแบ่งได้สองประเภทคืออาร์เทอร์รี่ (arteries) เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดจากหัวใจไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยปลายของเส้นเลือดจะแยกแขนงออกเป็นคาพิลลารีส์ (capillaries) ส่งเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกาย และหลอดเลือดดำ (veins) เป็นหลอดเลือดที่รับโลหิตที่ใช้แล้วจากเวนนูลัส (venules) จากเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย ส่งไปยังหัวใจเพื่อส่งให้ปอดฟอกกลับเป็นเลือดที่มีออกซิเจนสูง (พีระพงษ์, 2538)

ระบบหายใจเป็นระบบการทำงานอย่างใกล้ชิด กับระบบไหลเวียนโลหิตเพราะจุดประสงค์ของการหายใจก็คือ การขนส่งออกซิเจนให้ร่างกายเพื่อที่จะนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม และการถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียต่างๆที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างพลังงานออกจากร่างกาย (วุฒิพงษ์ และ อารี, 2542)

วุฒิพงษ์ และ อารี (2542) กล่าวว่า ใน 1 นาทีจะมีอากาศผ่านปอดประมาณ 6 ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจด้วย สำหรับอัตราการหายใจของผู้ใหญ่ โดยเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 16-18 ครั้งต่อนาที และปริมาณอากาศ ที่หายใจจะเปลี่ยนแปลงไปตามกิจกรรมของแต่ละบุคคล เช่น นอน นั่ง เดิน วิ่ง และการออกกำลังกาย

Carola *et al.* (1992) กล่าวว่า ลักษณะการหายใจมี 3 ลักษณะ ได้แก่ การหายใจภายนอก (external respiration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายนอกเข้าสู่ปอด เป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซ ระหว่างเลือดและปอด คือ ออกซิเจนจะเคลื่อนที่จากปอดไปสู่เลือด ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำจะเคลื่อนที่จากเลือดไปสู่ปอด การหายใจลักษณะที่สองได้แก่ การหายใจภายใน (internal respiration) เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อ โดยคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ จะเปลี่ยนกับออกซิเจนจากเลือดและสุดท้ายก็คือ หายใจระดับเซลล์ (cellular respiration) เป็นกระบวนการทางเคมีโดยเป็นการทำปฏิกิริยาเคมีกับอาหารและปล่อยออกมา เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption หรือ VO_{2max}) เป็นความสามารถของร่างกายที่นำออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอด เข้าไปใช้สร้างพลังงานในเซลล์ได้มากที่สุด ในระหว่างที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างเต็มความสามารถ ในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันไปตามสถานะด้าน อายุ เพศ ขนาดรูปร่าง และสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจะเพิ่มตามอายุ โดยจะสูงเมื่ออายุ 20-25 ปี ในเพศหญิง และ 25-30 ปี ในเพศชาย โดยทั่วไปเพศชายจะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดประมาณ 50 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เพศหญิงมีค่าประมาณ 40 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที หลังจากช่วงอายุดังกล่าวนี้ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะคงระดับ และค่อยๆ ลดลง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถสกัดมาใช้ได้ในเวลา 1 นาที ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยมีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนเพื่อผลิตพลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถในอันที่จะออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานๆ โดยออกซิเจนจะได้รับการลำเลียงเข้าสู่บริเวณไมโทคอนเดรียของเซลล์และคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขจัดออกจากร่างกาย ขณะที่ร่างกายออกกำลังกายหนักขึ้น กระบวนการขนถ่ายออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะทำงานเร็วขึ้น หากการออกกำลังกายมีความหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเซลล์และเนื้อเยื่อไม่สามารถสกัดและรับออกซิเจนเพิ่มขึ้นได้อีก คือไม่สามารถสกัดมาใช้ได้ ถึงแม้ว่าความหนักของงานหรือออกกำลังกายจะมีความหนักเพิ่มขึ้น เมื่อนั้นร่างกายได้ออกกำลังกายที่ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (พีระพงษ์, 2538)

บัวรอง (2557) กล่าวว่า เนื่องจากออกซิเจนละลายได้น้อยในพลาสมา ดังนั้นการขนส่งออกซิเจนโดยละลายไปในพลาสมาเพียงอย่างเดียว ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์ทั่วร่างกาย พบว่าออกซิเจนส่วนใหญ่ถึง 99% ถูกขนส่งโดยจับกับ Hb ในเม็ดเลือดแดงหรือเรียกว่าออกซิเจนอาศัย Hb เป็นตัวพา (carrier) ซึ่งในเลือด 100 มิลลิลิตรมี Hb อยู่ประมาณ 15 กรัม และ Hb 1 กรัมสามารถจับออกซิเจนได้ประมาณ 1.34 มิลลิลิตร หาก Hb ทั้งหมดในเลือดจับกับออกซิเจนได้เต็มที่ เรียกว่า Hb อิ่มตัวด้วยออกซิเจนหรือ 100% saturation และเลือด 100 มิลลิลิตรสามารถขนส่งออกซิเจนได้จำนวน 20.1 มิลลิลิตร ใน Hb 1 โมเลกุลประกอบด้วยฮีม 4 โมเลกุลและแต่ละฮีมประกอบด้วยเหล็ก 1 อะตอม ซึ่งสามารถจับออกซิเจนได้ 1 โมเลกุล ดังนั้น Hb 1 โมเลกุลจึงจับกับ

ออกซิเจนได้ 4 โมเลกุลหรือ 8 อะตอม ซึ่งเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า ออกซิฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเวลา 0.01 วินาที

เฟอร์รัสซัลเฟต

เฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulfate) หมายถึง เกลือของธาตุเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูปแบบรับประทาน ใช้สำหรับเสริมธาตุเหล็กสำหรับผู้ที่มีภาวะโลหิตจางจากธาตุเหล็ก หรือมีความเสี่ยงจากการขาดธาตุเหล็ก ในหนึ่งเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัม มีส่วนประกอบของธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม ขนาดและวิธีการใช้รับประทานครั้งละ 1-2 เม็ด วันละ 3 ครั้งหลังอาหาร เมื่อรับประทานไปแล้ว 7-10 วันจึงจะเห็นผล ควรรับประทานติดต่อกันนาน 1-2 เดือน (สภากาชาดไทย, 2554)

ธาตุเหล็ก

ธาตุเหล็กมีอยู่มากในอาหารหลายชนิด หากรับประทานอาหารได้ตามปกติและรับประทานอาหารครบถ้วน ก็ไม่จำเป็นต้องได้รับธาตุเหล็กเสริม อย่างไรก็ตาม มีคนบางกลุ่มที่มีความต้องการธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น เช่น ผู้สูญเสียเลือด ผู้ป่วยโรคไตที่ทำฮีโมไดลิซิส (haemodialysis) ผู้มีปัญหาเกี่ยวกับกระเพาะและลำไส้ ผู้รับประทานอาหารได้น้อยหรือรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กไม่เพียงพอ ทารกที่ได้รับนมแม่หรือนมผสมที่มีธาตุเหล็กต่ำ และหากได้รับไม่เพียงพอจะทำให้เกิดอาการของการขาดธาตุเหล็กได้ ผู้ที่ขาดธาตุเหล็กจะมีอาการเหนื่อยง่าย หายใจได้สั้น เคลื่อนไหวเชื่องช้าลง และมีปัญหาในการเรียนรู้ และทำให้มีโอกาสดูดซึมได้ง่ายขึ้น แหล่งของอาหารที่มีธาตุเหล็กมากคือ เนื้อสัตว์ ปลา สัตว์ปีก ถั่ว ผลไม้แห้งและเมล็ดธัญพืช ธาตุเหล็กในอาหารมีสองรูปแบบคือ เหล็กในรูปแบบฮีม (heme iron) ซึ่งดูดซึมในทางเดินอาหารได้ดี และสารประกอบเหล็กที่ไม่ใช่ฮีม (non-heme iron) ซึ่งดูดซึมได้น้อยกว่ารูปแบบฮีม แหล่งของอาหารที่ธาตุเหล็กในรูปแบบฮีม คือ เนื้อแดงไม่ติดมัน สำหรับเนื้อสัตว์ปีกและปลามีธาตุเหล็กเช่นกันแต่นี้น้อยกว่าเนื้อแดง ส่วนเมล็ดธัญพืช ถั่วและผักบางชนิดมีธาตุเหล็กในรูปแบบที่ไม่ใช่ฮีม (สภากาชาดไทย, 2554)

เมตาบอริซึมของเหล็ก

ทุกเซลล์ในร่างกายมีความต้องการเหล็กเพื่อใช้สันดาปพลังงานโดยใช้ออกซิเจน การเจริญเติบโตของเซลล์ การเพิ่มจำนวนเซลล์ และการขนส่งออกซิเจน ในร่างกายเหล็กจะจับกับ

โปรตีนเสมอ เพราะเหล็กจะมีพิษต่อร่างกายถ้าเป็นสารอนินทรีย์ (inorganic) ซึ่งโปรตีนที่จับกับเหล็กมีไม่เพียงพอหรือมีเหล็กมากเกินไป จะส่งผลให้เกิดเหล็กเป็นพิษ (iron toxicity) โดยเกิดการตายของเซลล์ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีเหล็กไม่เพียงพอ กระบวนการต่างๆ ที่ต้องการเหล็กจะทำงานได้ไม่ปกติ ในร่างกายมี iron-containing compounds อยู่ 2 ชนิด ได้แก่

1. ฟังก์ชันนอลฟอร์ม (Functional forms) เช่น Hb ไมโอโกลบิน และไซโตโครมมีประมาณ 25-55 มิลลิกรัมเหล็กต่อน้ำหนักตัว เป็น Hb ถึง 90-95%
2. สตอเรจฟอร์ม (Storage forms) เช่น Ferritin และฮีโมไซเดอริน มีประมาณ 5-25 มิลลิกรัมเหล็กต่อน้ำหนักตัว (ปราณี, 2552)

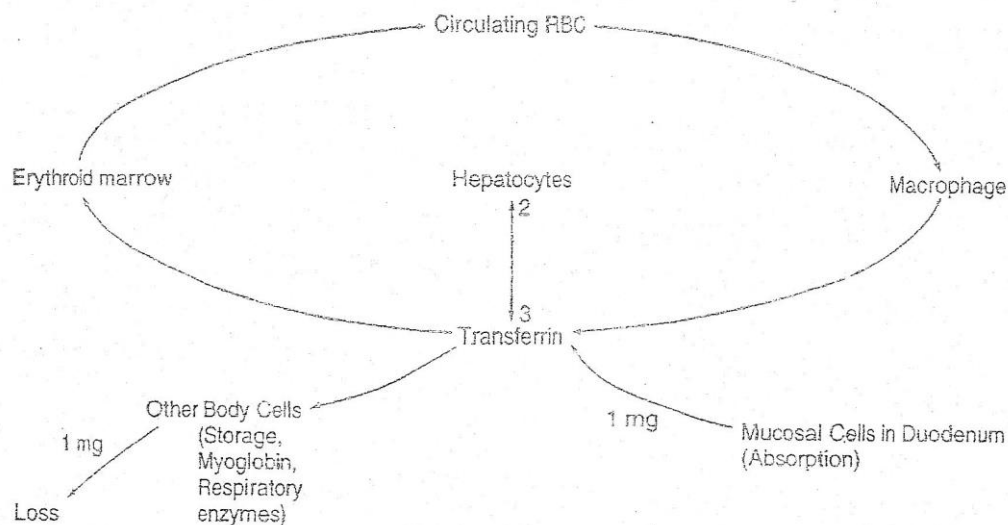
ferritin เป็นฟอร์มของเหล็กที่มีมากที่สุด ละลายน้ำได้ดี พบได้ในไขกระดูก ตับและม้าม ซึ่ง ferritin ประกอบด้วยโปรตีนเซลล์ (protein shell) ที่หุ้มเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีสเซลล์ (ferric hydroxide miscelles) อยู่ภายใน ซึ่งจะมีเหล็กประมาณ 17-33% ส่วนของโปรตีนเซลล์ที่ไม่มีเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีสเซลล์ เรียกว่าแอปโปเฟอร์ดิน ปริมาณการสร้าง ferritin จะขึ้นอยู่กับระดับของเหล็กสะสมซึ่งมีหน้าที่นำเหล็กกลับมาใช้ใหม่ (recycling iron) สำหรับขบวนการ erythropoiesis เนื่องจากสามารถปล่อยเหล็กได้ง่ายกว่าสตอเรจฟอร์มชนิดอื่น (ปราณี, 2552)

ฮีโมไซเดอรินเป็นสารละลายน้ำได้โดยสามารถจับเหล็กได้ถึง 50% โดยน้ำหนัก ฮีโมไซเดอริน เป็นเหล็กที่สะสมมานานจึงปล่อยเหล็กได้ยากซึ่งสัดส่วนระหว่าง Serum ferritin ต่อฮีโมไซเดอรินมักแปรผกผันตามรูปแบบการสะสมเหล็กของร่างกาย ถ้าปริมาณ Serum ferritin สูง ฮีโมไซเดอรินจะสูง (ปราณี, 2552)

น้ำหนักเหล็กทั้งสิ้นในร่างกายผู้ใหญ่ปกติมีประมาณ 2-4 กรัม อยู่ในรูปของ Hb มากที่สุด ซึ่งมีอยู่ถึง 1 กรัมเหล็กต่อกิโลกรัมเม็ดเลือดแดง เมื่อเม็ดเลือดแดงแก่ตัวลงจะถูกจับกินแล้วถูกสลายโดย macrophages ในตับหรือม้าม เหล็กที่ได้จะถูกนำกลับไปใช้ได้ใหม่ประมาณ 85% โดยจับกับ Transferrin แล้วส่งกลับเข้าสู่ไขกระดูกเพื่อส่งให้ erythroid precursor cells นำกลับไปสร้างฮีโมไซเดอรินใหม่ กระบวนการนำเหล็กกลับมาใช้ใหม่ (iron recycling) มีความสำคัญมากเนื่องจากปริมาณเหล็กที่ใช้ผ่านระบบมีมากกว่าการบริโภคเหล็กในชีวิตประจำวัน (ปราณี, 2552)

Transferrin saturation เมื่อ Fe^{2+} ถูกดูดซึมเข้าสู่ mucosal cells จะจับกับ apoferritin กลายเป็น Ferritin หรือมีบางส่วนผ่านเข้าไปในเลือดแล้วถูกออกซิไดซ์เป็น Fe^{3+} ซึ่งจะจับกับ Transferrin โดยขนส่งเหล็กไปสู่เนื้อเยื่อทั่วร่างกายรวมทั้งไขกระดูก ซึ่ง 1 กรัมของ Transferrin สามารถจับ Fe^{3+} ได้ 1.25 ไมโครกรัม และ 1 เดซิลิตรของเลือดจะมี Transferrin สำหรับจับ Fe^{3+} ได้ ประมาณ 240-440 ไมโครกรัม ซึ่งเรียกว่า total iron binding capacity (TIBC) คนปกติมีเหล็กใน ซีรัม (serum iron) ประมาณ 65-185 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยจับกับ Transferrin เกือบทั้งหมด ประมาณ 95% คิดเป็น 1 ต่อ 3 ของ TIBC ซึ่งนิยมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของทรานสเฟอริน (transferrin saturation) สามารถคำนวณได้จาก Serum iron ต่อ TIBC x 100 จะได้ประมาณ 33% ส่วน Transferrin ที่ไม่ได้จับกับ Fe^{3+} เรียกว่า unsaturated iron binding capacity (UIBC) มีประมาณ 66% ของ TIBC เมื่อมีการสะสมเหล็กเพิ่มขึ้น Serum iron จะเพิ่ม โดย Transferrin saturation จะเพิ่มขึ้น ถ้า TIBC คงที่ UIBC จะลดลง ถ้า Transferrin saturation ต่ำกว่า 15% จะมีภาวะโรคโลหิตจาง (iron deficiency anemia) แต่ถ้าสูงกว่า 55% จะมีภาวะธาตุเหล็กเกิน (iron overload) (ปราณี, 2552)

Transferrin สามารถกระจายอยู่ได้ทั้งในเลือดและสารต่างๆ ที่เป็นของเหลว (extracellular fluid) โดยมี normoblasts ในไขกระดูกเป็นเป้าหมายหลักที่ขนส่งเหล็กไปให้เพื่อใช้สร้างฮีโมโกลบิน



ภาพที่ 1 แสดงวงจรของเหล็กในร่างกาย

ที่มา: ปราณี (2552)

โดยทั่วไปสารประกอบเหล็กที่ไม่ใช่ฮีม (non-heme iron) จะอยู่ใน storage forms ของฮีโมไซเตอรินและ Ferritin ในเซลล์ตับที่พร้อมจะถูกนำไปใช้ทันที ถ้าปริมาณ Serum ferritin ลดลง เซลล์ตับจะปล่อยเหล็กให้จับกับ Transferrin (ปราณี, 2552)

ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อร่างกาย

เฟอร์รัสซัลเฟต (ferrous sulfate) เป็นเกลือของธาตุเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูปแบบรับประทานใช้สำหรับเสริมธาตุเหล็กสำหรับผู้ที่มีความโลหิตจางจากธาตุเหล็ก หรือมีความเสี่ยงจากการขาดธาตุเหล็ก แพทย์อาจสั่งใช้ยาเพื่อรักษาโรคหรืออาการอื่น ที่นอกเหนือจากนี้ ควรสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากแพทย์และเภสัชกร ธาตุเหล็กเป็นเกลือแร่ที่มีความจำเป็นในการสร้าง Hb ซึ่งเป็นส่วนประกอบในเม็ดเลือดแดง หากร่างกายได้รับไม่เพียงพอจะเกิดโรคโลหิตจาง เพราะฉะนั้นจึงไม่ควรเริ่มต้นรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเองโดยไม่ได้รับการตรวจจากแพทย์ เนื่องจากภาวะโลหิตจางไม่ได้เกิดจากการขาดธาตุเหล็กเพียงอย่างเดียว แต่เกิดได้ทั้งจากการขาดสารอาหารอื่นด้วย เช่น วิตามินบี 12 กรดโฟลิก นอกจากนี้ อาจเกิดจากการสูญเสียเลือด หรือเม็ดเลือดแดงถูกทำลายด้วยสาเหตุต่างๆ เช่น โรคธาลัสซีเมีย (thalassaemia) โดยเฉพาะผู้ที่เม็ดเลือดแดงถูกทำลายจะมีเหล็ก

ออกมาจากเม็ดเลือดที่ถูกทำลายและสะสมอยู่ในร่างกายอยู่แล้ว เมื่อได้รับธาตุเหล็กจากยาที่รับประทานเข้าไปจะยิ่งเสริมทำให้เกิดพิษจากธาตุเหล็กได้ ดังนั้นจึงมีการคำนวณขนาดของเฟอร์รัสซัลเฟตก่อนเริ่มรับประทาน โดยใช้ขนาดยาของเฟอร์รัสซัลเฟตสำหรับรับประทานต้องคำนวณในรูปของธาตุเหล็ก (elemental iron) เช่น เฟอร์รัสซัลเฟตซึ่งมีน้ำ 7 โมเลกุล (heptahydrate) 300 มิลลิกรัม มีธาตุเหล็ก 60 มิลลิกรัม และเฟอร์รัสซัลเฟตแบบไม่มีน้ำ (anhydrous) 200 มิลลิกรัม มีธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม ส่วนอาหารที่มีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็กคือเมื่อรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตร่วมกับอาหารบางชนิดได้แก่ นม อาหารเสริมแคลเซียมและไข่แดง จะทำให้ลดการดูดซึมธาตุเหล็กเข้าสู่กระแสเลือดทำให้ลดประสิทธิภาพของเฟอร์รัสซัลเฟต จึงควรหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารเหล่านี้ในปริมาณมาก ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต หากท่านจะรับประทานอาหารเหล่านี้ ควรรับประทานอาหารเหล่านี้ให้ห่างจากการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง (สภากาชาดไทย, 2554)

ไม่มีรายงานว่าพบปัญหาใดในเด็กที่รับประทานยาเฟอร์รัสซัลเฟต ตามปริมาณปกติที่ควรได้รับต่อวัน อาการข้างเคียงของยาเฟอร์รัสซัลเฟตที่พบในเด็กและผู้ใหญ่ไม่ได้มีความแตกต่างกัน แต่ก็ต้องระมัดระวังเพราะมีรายงานเด็กที่รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตมากเกินไปโดยอุบัติเหตุ จนทำให้เกิดพิษต่อร่างกาย เนื่องจากเด็กเข้าใจผิดว่ายามีธาตุเหล็กเป็นลูกอมหรือขนมกินเล่น และไม่มีรายงานว่าพบปัญหาใด ในผู้สูงอายุที่รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต ตามปริมาณปกติที่ควรได้รับต่อวัน บางครั้งผู้สูงอายุอาจต้องการยาที่มีธาตุเหล็กในปริมาณสูงกว่าคนหนุ่มสาว เนื่องจากมีปัญหาในการดูดซึมธาตุเหล็กเข้าสู่ร่างกาย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2553)

โลหิตจางจากการขาดเหล็ก

โรคโลหิตจางจากการขาดเหล็ก (Iron deficiency anemia) เป็นโรคที่พบได้มากที่สุดในกลุ่ม Microcytic Hypochromic anemia ซึ่งสาเหตุของการขาดเหล็กมีดังต่อไปนี้

1. ภาวะที่ไม่สามารถดูดซึมสารอาหารที่ย่อยแล้ว (Malabsorption)
2. ได้รับเหล็กลดลง (Low iron intake)

3. โรคต่างๆ เช่น โรคตับ โรคไต โรคเรื้อรัง หรือคนสูงอายุ
4. การได้รับโลหะหนัก เช่น แคดเมียม พลูโตเนียม ยับยั้งการดูดซึมเหล็ก
5. เกิดจากเป็นแผลในระบบทางเดินอาหารเรื้อรัง จนมีการลดลงของเหล็กที่สะสมไว้ติดต่อกันเป็นเวลานาน
6. การสูญเสียเม็ดเลือดแดงไปพร้อมกับการสูญเสียเลือด เช่น อุบัติเหตุ
7. ร่างกายมีความต้องการเหล็กเพิ่มขึ้น เช่น ในช่วงตั้งครรภ์ หรือ มีประจำเดือน
8. เด็กเล็ก เพราะมีเมตาบอลิซึมสูง ต้องการเหล็กมาก
9. หญิงตั้งครรภ์ เพราะมีเมตาบอลิซึมสูง ต้องสร้างเลือดให้เลือด
10. ผู้สูงอายุ เพราะต้องการเหล็กไปซ่อมแซมร่างกายส่วนที่สึกหรอ
11. วิถีรุ่มชายมักเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมทางสังคม เช่น การกินเหล้าจะทำให้เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินอาหารทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กได้ การสูบบุหรี่ทำให้แผลในระบบทางเดินอาหาร หายช้า ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กได้
12. พฤติกรรมต่างๆ เช่น การกินเจหรือมังสวิรัต การกินของดิบ ไม่ชอบใส่รองเท้าเดิน พยาธิจะทำให้ขาดเหล็กได้ (ปราณี, 2552)

ระยะของการพร่องเหล็ก

ระยะที่ 1 ปริมาณเหล็กสะสมลดลง (Iron depletion) มี Serum iron และ Serum ferritin ลดลงแต่สารประกอบเม็ดเลือดแดงยังปกติ

ระยะที่ 2 การสร้างเม็ดเลือดแดงลดลง (Iron deficient erythropoiesis) มี Serum ferritin ปกติ Serum iron และ Transferrin saturation ลดลง แต่มี TIBC เพิ่มขึ้น ระยะนี้อาจพบเม็ดเลือดแดงขนาดเล็กกว่าปกติได้ ในขณะที่ยังไม่พบ hypochromic

ระยะที่ 3 ภาวะซีดจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency anemia) มี Serum ferritin ปกติ Serum iron และ Transferrin saturation ลดลงแต่มี TIBC เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เกิดภาวะโลหิตจางโดย Hb Hct ต่ำลง มีเม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กกว่าปกติ (ปราณี, 2552)

การเสริมธาตุเหล็ก

1. สารประกอบเหล็กที่เป็นฮีม (Heme iron) มักมาจากสัตว์ เช่น หอย หอยนางรม ตับสัตว์ เนื้อสัตว์ เป็นต้น สารประกอบเหล็กที่เป็นฮีมคุณภาพดีกว่าสารประกอบเหล็กที่ไม่ใช่ฮีม แต่ถ้าเสริมสารประกอบเหล็กที่ไม่ใช่ฮีมในปริมาณมากก็สามารถทดแทนฮีมได้

2. สารประกอบเหล็กที่ไม่ใช่ฮีม (Non heme iron) มักมาจากพืช เช่น ข้าวกล้อง ธัญพืช ข้าวโอ๊ต ถั่วเหลือง มะเขือเทศ เป็นต้น

การให้ธาตุเหล็กทดแทน (Iron supplement) อาจให้เป็นยาเดี่ยวหรือยาผสม เช่น FBC ยาบำรุงสตรีมีครรภ์ก็ได้ ซึ่งมียาหลายรูปแบบทั้งยารับประทานและยาฉีด สำหรับการรักษาโรคโลหิตจางเรื้อรังทำได้โดยการให้ธาตุเหล็กเสริมในรูปแบบยาฉีดและ erythropoietin และควรทำการรักษาโรคเรื้อรังที่เป็นสาเหตุ ส่วนการขาดธาตุเหล็กที่เกิดในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วย erythropoietin ควรแก้ไขโดยการปรับขนาดยาของ erythropoietin และอาจให้เหล็กในรูปแบบยาฉีดร่วมด้วย ข้อบ่งใช้สำคัญในการเลือกใช้เหล็กในรูปแบบยาฉีด คือ ผู้ป่วยมีภาวะเสียเลือดที่ไม่สามารถควบคุมได้ ผู้ที่ไม่สามารถทนต่อการใช้ยารูปแบบรับประทาน ผู้ที่มีปัญหาในการดูดซึม หรือผู้ที่ไม่ตอบสนองในการใช้เหล็กในรูปแบบรับประทาน รูปแบบของเหล็กทดแทนมีหลายรูปแบบ ได้แก่

1. Iron dextran เป็น dextran ที่จับอยู่กับเฟอร์ริกออกไซด์อยู่ในรูปแบบของสารละลาย ซึ่งมีเหล็กอยู่ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ขนาดที่ให้ผู้ป่วยอยู่ในช่วง 500-2,000 มิลลิกรัมเหล็กสามารถให้โดยวิธีฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (IM) หรือหลอดเลือดดำ (IV) อาการข้างเคียงที่รุนแรงคือ

ปฏิกิริยา anaphylactic ซึ่งเกิดภายในไม่กี่นาทีหลังจากให้ยาและเป็นอันตรายถึงชีวิต ดังนั้น จึงต้องมีการทดสอบปริมาณยาเพื่อดูอาการแพ้ก่อนทุกครั้ง

2. Sodium ferric gluconate (SFG) คือ SFG ในน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นโมเลกุลที่จับซ่อนอยู่ในรูปแบบสารละลายสีแดง มีเหล็ก 62.5 มิลลิกรัมต่อ 5 มิลลิลิตร ขนาดยาที่ให้ต่อวันไม่เกิน 125 มิลลิกรัมเหล็ก โดยให้ทางหลอดเลือดดำ

3. Iron sucrose มีลักษณะเป็นสารละลายน้ำตาล มีเหล็กอยู่ 100 มิลลิกรัมต่อ 5 มิลลิลิตร สามารถให้ทางหลอดเลือดดำ

4. เฟอรัสฟูมาเรต (ferrous fumarate) เป็นเกลือของธาตุเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูปแบบรับประทานใช้สำหรับเสริมธาตุเหล็กสำหรับผู้ที่มิภาวะโลหิตจางจากธาตุเหล็ก หรือมีความเสี่ยงจากการขาดธาตุเหล็ก ขนาด 200 มิลลิกรัม ให้เหล็กเฟอรัส 65 มิลลิกรัม คิดเป็น 33% ของน้ำหนักรวม

5. เฟอรัสกลูโคเนต (ferrous gluconate) เป็นเกลือของธาตุเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูปแบบรับประทานใช้สำหรับเสริมธาตุเหล็กสำหรับผู้ที่มิภาวะโลหิตจางจากธาตุเหล็ก หรือมีความเสี่ยงจากการขาดธาตุเหล็ก ขนาด 300 มิลลิกรัม ให้เหล็กเฟอรัส 35 มิลลิกรัม คิดเป็น 12% ของน้ำหนักรวม

6. เฟอรัสซัลเฟต (ferrous sulfate) เป็นเกลือของธาตุเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูปแบบรับประทานใช้สำหรับเสริมธาตุเหล็กสำหรับผู้ที่มิภาวะโลหิตจางจากธาตุเหล็ก หรือมีความเสี่ยงจากการขาดธาตุเหล็ก ขนาด 300 มิลลิกรัม ให้เหล็กเฟอรัส 60 มิลลิกรัม คิดเป็น 20% ของน้ำหนักรวม (ปราณี, 2552)

ธาตุเหล็กเสริมจะมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กที่ต่างกัน การดูดซึมก็แตกต่างกัน โดยยาจะถูกดูดซึมในรูปธาตุเหล็กดังนั้น เกสัชรต้องทำการคำนวณปริมาณต่อวันที่คนไข้ควรได้รับให้ได้ โดยจะใช้เฟอรัสซัลเฟต 20% เป็นหลักในการคำนวณโดยขนาดยาในผู้ใหญ่ควรได้รับ 2-3 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กก.ต่อวัน วันละ 1-3 เม็ดและในเด็กอายุ 6 เดือนถึง 12 ปีขึ้นไปควรได้รับ 6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กก.ต่อวัน ส่วนเด็กอายุต่ำกว่า 6 เดือนควรได้รับ 10-25 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1

กก.ต่อวัน โดยในเด็กมักจะให้ยาน้ำผสมวิตามินมากกว่าที่ให้ในรูปแบบเฟอร์รัสซัลเฟต ซึ่งการประเมินการตอบสนองในระยะแรกเปอร์เซ็นต์ของอัตราการสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นในสัปดาห์แรกประมาณ 1-2% และฮีโมโกลบิน เพิ่มขึ้น 2-4 กรัมต่อเดซิลิตรทุก 3 สัปดาห์ และอาจเกิดอาการข้างเคียงที่สำคัญได้แก่ อุจจาระดำ (Black tarry stool) คลื่นไส้ อาเจียน ทางเดินอาหารผิดปกติและอาจพบอาการท้องเสียหรือท้องผูกในผู้ป่วยบางราย อาจช่วยบรรเทาอาการข้างเคียงโดยการลดขนาดยาหรือเปลี่ยนเป็นให้รับประทานยาพร้อมอาหาร หรือ ตอนก่อนนอน และให้ยารักษาอาการท้องเสียหรือท้องผูก (ปราณี, 2552)

ปัจจัยที่ส่งเสริมการดูดซึมธาตุเหล็กของร่างกาย

1. ความต้องการเหล็กของร่างกายในภาวะที่ร่างกายต้องการเหล็กเพิ่มจะช่วยส่งเสริมการดูดซึมเหล็ก
2. สภาวะของลำไส้ โดยในสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะและลำไส้เล็กตอนบน Fe^{3+} จะถูกเปลี่ยนเป็น Fe^{2+} ซึ่งเป็นรูปที่ละลายได้ง่าย จึงดูดซึมได้ดี
3. ส่วนผสมของอาหารที่บริโภค เหล็กที่มีอยู่ในอาหารจากสัตว์จะดูดซึมได้ดีกว่าเหล็กที่อยู่ในพืช (ปราณี, 2552)

อาหารที่ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็ก

1. วิตามินบี12 ทำหน้าที่ช่วยในการทำหน้าที่ของเหล็ก
2. กรดโฟลิกช่วยให้เหล็กเคลื่อนย้ายฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีขึ้น
3. ยาหรือสารที่ทำให้เกิดสภาวะเป็นกรด เช่น วิตามินซี 1 กรัมสามารถเพิ่มการดูดซึมของเหล็กได้ 10% (ปราณี, 2552)

ข้อควรระวังในการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต

1. ไม่ควรใช้ยาในรูปแบบที่มีฤทธิ์เคลือบลำไส้ เพราะเป็นการให้ยาที่ไม่ได้แตกต่างจากการให้ยาในรูปแบบปกติ ซึ่งเป็นการดูดซึมของยาปกติก็ได้อยู่แล้ว และไม่จำเป็นเพราะมีราคาแพง ทำให้ระคายเคืองกระเพาะอาหาร
2. ควรเริ่มต้นด้วยขนาดยาต่ำๆ ก่อน แล้วค่อยเพิ่มปริมาณขึ้นทีละน้อย เพื่อลดการระคายเคืองกระเพาะอาหาร
3. ควรให้ยาขณะท้องว่าง เพราะอาหารสามารถลดการดูดซึมได้ 40-60% ดังนั้น เมื่อมีอาการระคายเคืองทางเดินอาหารเป็นประจำอยู่แล้วควรรับประทานอาหารก่อน
4. ต้องให้ยาต่อไปอีก 4-6 เดือนหลังจากแก้ไขภาวะโลหิตจางได้แล้ว เพื่อให้เข้าไปทดแทนปริมาณเหล็กที่ขาดในเนื้อเยื่อ
5. ควรเลี่ยงรับประทานพร้อมกับนม อาหารเสริมแคลเซียม ไข่แดง ควรรับประทานห่างกัน
6. หลีกเลี่ยงการรับประทานพร้อมกับอาหารหรือยาที่มีปฏิกริยาต่อกัน ได้แก่ Antacids, H₂ blockers, Proton Pump Inhibitors (PPI), Aspirin, Vitamin E และสารลดนอมอาหาร (ปราณี, 2552)

ผู้ที่ไม่ควรได้ หรือให้ใช้ยาเสริมธาตุเหล็กอย่างระมัดระวัง ได้แก่

1. ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ
2. ผู้ที่มีภาวะตับแข็ง (Cirrhosis of liver) หรือเป็นโรคตับอักเสบเรื้อรัง ซึ่งมีเมตาบอลิซึมของเหล็กผิดปกติ
3. สตรีวัยหมดประจำเดือนที่ประเมินแล้วว่าไม่ได้ขาดธาตุเหล็ก (ปราณี, 2552)

ความหมายของค่าต่างๆ ในการตรวจทางโลหิตวิทยาในห้องปฏิบัติการ

ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) หมายถึง โปรตีนที่อยู่ในเม็ดเลือดแดงที่สร้างขึ้นโดยโปรตีนสองตัวคืออัลฟาและเบต้าซึ่งควบคุมโดยสายพันธุกรรมซึ่งมีค่าปกติคือ ชาย 11.5-17.0 กรัมต่อเดซิลิตร หญิง 12.1-15.1 กรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งบอกถึงความสามารถในการพาออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ขึ้นอยู่กับปริมาณของ Hb ว่ามากหรือน้อย

ฮีมาโตคริต (Hematocrit) หมายถึง เซลล์เม็ดเลือดแดงที่ตกตะกอนเรียกว่า ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume) ค่าปกติในผู้ชายคือ ร้อยละ 45-52 ในผู้หญิงจะต่ำกว่าคือ ร้อยละ 38-54 หรือเป็นการวัดความเข้มข้นของเลือดอีกแบบหนึ่งโดยเปรียบเทียบปริมาตรของเม็ดเลือดต่อปริมาตรของเลือด

Red blood cells count (RBC) คือ จำนวนเม็ดเลือดแดงที่ร่างกายสร้างขึ้นคือ ค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติบ่งถึงภาวะโลหิตจาง การสูญเสียเลือดปริมาณมากหรือความผิดปกติของการสร้างเม็ดเลือด ส่วนค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ปกติบ่งถึงความเข้มข้นของเลือดที่มากเกินไป อาจมาจากการขาดแคลนออกซิเจน การสูญเสียน้ำ ค่าปกติอยู่ที่ ชาย 4.5-6.5 ล้านเซลล์ หญิง 4.0-5.5 ล้านเซลล์

White Blood Cells Count (WBC) คือ จำนวนเม็ดเลือดขาวในกระแสเลือด ซึ่งเม็ดเลือดขาวมีหน้าที่ในการป้องกันเชื้อโรคและกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดจะมีหน้าที่แตกต่างกันไปมีหน่วยเป็น cell/cu.mm ค่าปกติจะอยู่ที่ 4-11 cell/cu.mm ได้แก่

Mean corpuscular volume (MCV) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาตรของเม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์ โดยจะมีค่าที่ใช้ดูว่าอาจมีความผิดปกติคือ < 80 ฟิโตลิตร ค่าปกติจะอยู่ที่ 83-97 ฟิโตลิตร

Mean corpuscular hemoglobin (MCH) คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์ มีหน่วยเป็น พิโคกรัม ค่าปกติจะอยู่ที่ 27-32 พิโคกรัม

Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) คือ ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเฉลี่ยในเม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีเม็ดเลือดที่ผิดปกติ ซึ่งจะมีหน่วยเป็นกรัมต่อเดซิลิตร ค่าปกติจะอยู่ที่ 31-37 กรัมต่อเดซิลิตร

Platelet Count (PLT) คือ ปริมาณเกร็ดเลือด ซึ่งสร้างจากไขกระดูก มีหน้าที่ช่วยการแข็งตัวของเลือด และป้องกันการสูญเสียเลือด ค่าปกติจะอยู่ที่ 150,000-450,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

เซรัมเฟอริติน (Serum ferritin) เป็นการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่ดีที่สุดสำหรับวัดปริมาณธาตุเหล็กสะสม โดยถ้ามีค่า < 12 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร แสดงถึงภาวะพร่องเหล็กแต่ข้อจำกัดที่สำคัญในการใช้ค่า Serum ferritin คือค่าจะถูกกระทบด้วยหลายภาวะ เช่น อักเสบเรื้อรัง โรคตับและติดแอลกอฮอล์ โดยในภาวะพร่องเหล็กจะมีค่า Serum ferritin ลดลง

Total iron binding capacity (TIBC) คือปริมาณของเหล็กที่สามารถจับกับ Transferrin ทั้งหมดในเลือด ทำให้สามารถใช้ประมาณค่าของ Transferrin saturation ได้ โดย TIBC คือค่า UIBC บวกกับค่า Serum iron โดยปกติ TIBC มีค่าเท่ากับ 250-450 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ในคนที่ เป็นโลหิตจาง เมื่อปริมาณ Serum ferritin ลดลง ร่างกายจะมีการปรับตัวให้ Transferrin เพิ่มขึ้น ดังนั้น ในภาวะโลหิตจางจะมีค่า TIBC สูงขึ้น

เหล็กในเซรัม (Serum iron) เป็นตัวชี้วัดที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการวัด Transferrin saturation และ TIBC โดย Serum iron คือ ปริมาณของเหล็กที่จับอยู่กับ Transferrin โดยปกติ Serum iron มีค่าเท่ากับ 65-175 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งในภาวะโลหิตจางจะมีค่า Serum iron ลดลง

เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของทรานสเฟอริน (Transferrin saturation) คือจำนวนตำแหน่ง Transferrin ที่มีเหล็กจับอยู่ มักคิดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณได้จากการนำค่า Serum iron หารด้วย TIBC ค่าปกติอยู่ในช่วง 25-45% ในภาวะโลหิตจางจะมี Transferrin saturation ที่มีเหล็กจับอยู่ลดลง

สารต้องห้ามทางการกีฬา

สารต้องห้ามทางการกีฬา หมายถึง การที่นักกีฬาได้รับยาหรือสารที่มีใช้อาหาร ตามธรรมชาติ อันอาจทำให้เพิ่มประสิทธิภาพทางการกีฬาไม่ว่าจะโดยเจตนา หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก็ตามแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ยาและฮอร์โมนประกอบด้วย สารออกฤทธิ์กระตุ้น สารออกฤทธิ์แก้ปวด ฮอร์โมนแอนาโบลิกสเตียรอยด์ ยาขับปัสสาวะ เพพไทด์ฮอร์โมน

กลุ่มที่ 2 ได้แก่การใช้สารกระตุ้นโดยกรรมวิธีประกอบด้วย การได้ปเลือด การเปลี่ยน สมบัติและปริมาณของปัสสาวะ โดยทางยาเคมี หรือ ปฏิบัติ

กลุ่มที่ 3 ได้แก่สารที่อนุญาตให้ใช้ได้โดยมีข้อจำกัด การใช้ต้องรายงานให้คณะกรรมการ ฝ่ายแพทย์ของการแข่งขันทราบ สารในกลุ่มนี้ประกอบด้วย แอลกอฮอล์ กัญชา ยาชาเฉพาะที่ คอร์ติโคสเตียรอยด์ ยาปิดกั้นเบต้า (Beta-blocker) (World Anti-Doping Agency, 2011)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาแล้วว่า เฟอร์ริสซัลเฟตไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่มของสารต้องห้ามทางการกีฬา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้นักกีฬาที่มีภาวะพร่องเหล็กได้โดยที่ไม่มีความผิดในเรื่องของสารต้องห้ามทางการกีฬาและไม่เกิดอันตรายใดๆ กับร่างกาย (Zoller *et al.*, 2004) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการกีฬาและใช้ในการทำวิจัยได้

จักรยานประเภทเสือภูเขา

จักรยานเสือภูเขา (A mountain bike or mountain cycling) หรือเรียกย่อว่า MTB ซึ่งเป็นจักรยานที่เหมาะสมกับทุกสภาพภูมิประเทศ โดยทั่วไปจะปั่นในเส้นทาง ภูเขา เทือกเขา โคลน ดิน โดยมีอุปสรรคต่างๆ เช่น ก้อนหิน ร่องน้ำ ทราบ รากไม้และทางลาดชัน โดยกีฬาประเภทนี้จะใช้ระยะเวลาในการแข่งขันไม่เกิน 120 นาทีโดยประมาณ มีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดและมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดถึง 84% ซึ่งเป็นกีฬาที่มีความหนักในการออกกำลังกายสูงมาก ซึ่งบางช่วงเป็นเส้นทางขึ้นเขา นักกีฬาจึงต้องใช้พลังของกล้ามเนื้อแขนขาถึง 500 วัตต์ โดยทางสรีรวิทยาบ่งชี้ว่ากีฬาจักรยานประเภทเสือภูเขาใช้พลังงานแบบแอโรบิก (>70 mL/kg/min) (Franco *et al.*, 2007)

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Brownlie *et al.* (2000) รายงานว่านักกีฬาที่รับประทานเฟอร์ริสซัลเฟตในรายที่มีภาวะพร่องเหล็ก ส่งผลให้สารเคมีต่างๆ ในเลือดเพิ่มขึ้น Serum ferritin เพิ่มขึ้น ความสามารถในการใช้

ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ลดอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที ลดการคั่งของกรดแลคติก จะให้เฟอร์ริตัลเฟตเสริมเป็นระยะเวลา 4-6 สัปดาห์ โดยให้ 100 มิลลิกรัมของธาตุเหล็กต่อวัน

Zoller *et al.* (2004) รายงานว่าในนักกีฬาทั่วไปมีการเสริมเหล็กน้อย แต่ในนักกีฬาชั้นยอดมีการเสริมเหล็กมากกว่า การเพิ่มขึ้นของ Serum ferritin ในร่างกายมักพบในนักกีฬาที่ได้รับประทานเฟอร์ริตัลเฟตเป็นเวลานาน มีนักกีฬาชั้นยอดคนหนึ่งมีปัญหาเลือดออกในลำไส้จึงเสริมเหล็กโดยการรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบ พบว่ามีปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้น

Joyner (2003) ทำการศึกษาการเพิ่มขึ้นของระดับ Hb ในร่างกายจะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากขึ้นในนักกีฬาระดับแชมป์ และพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output) จะส่งผลให้มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากขึ้นเช่นกัน สามารถอธิบายได้ว่าปริมาตรเลือดและปริมาณ Hb ในเลือดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายเพิ่มขึ้น

Martinez *et al.* (1992) ทำการศึกษาการวัดระดับธาตุเหล็ก Transferrin haptoglobin หลังออกกำลังกายในผู้ชาย ทำการปั่นจักรยานวัดงานเพื่อดูความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเก็บตัวอย่างเลือดขณะพัก ก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายเสร็จทันที พบว่าหลังออกกำลังกายทันที ระดับของ Hb Hct MCV เพิ่มขึ้น แต่ระดับของ Transferrin saturation และ haptoglobin ไม่เปลี่ยนแปลงส่วนระดับของ Serum ferritin ลดลง

Edgar *et al.* (2010) ทำการศึกษาการทดแทนธาตุเหล็กในภาวะขาดธาตุเหล็กสามารถเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายและเพิ่มคุณภาพชีวิตในคนไข้ที่เป็นโรคหัวใจพิการแต่กำเนิดแบบ (Eisenmenger syndrome) โดยเสริมเฟอร์ริตัลเฟตขนาด 200 มิลลิกรัมต่อครั้ง โดยให้ 3 ครั้งต่อวัน ใช้วิธี The CAMPHOR QOL questionnaire, 6 minute walk test และ cardiopulmonary exercise testing พบว่าหลังให้เฟอร์ริตัลเฟต 3 เดือนจะทำให้ Hb เพิ่มขึ้นและการเพิ่มของระดับ Hb จะทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้น ปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (cardiac output) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้น

Érika *et al.* (2008) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการให้เฟอร์รัสซัลเฟตและเฟอร์รัสไกลซิเนต ในการรักษาภาวะซีดในคนไข้ผ่าตัดกระเพาะอาหาร กลุ่มแรกให้เฟอร์รัสซัลเฟตขนาด 200 มิลลิกรัมวันละ 2 ครั้ง กลุ่มที่ 2 ให้เฟอร์รัสไกลซิเนต 250 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าการรักษาภาวะซีดในคนไข้หลังผ่าตัดกระเพาะอาหาร โดยใช้เฟอร์รัสซัลเฟตดีกว่าเฟอร์รัสไกลซิเนต

Uicich *et al.* (1999) ทำการศึกษาผลของการเสริมเฟอร์รัสซัลเฟตที่ผสมในน้ำนมวัวพบว่าการเติมเหล็ก 15 มิลลิกรัมต่อลิตรในนมวัวโดยให้เด็กดื่มจะส่งผลช่วยเพิ่ม Serum ferritin ได้และไม่ มีผลข้างเคียง

Duque *et al.* (2010) ทำการศึกษาผลของการทำลาย *Helicobacter pylori* และการให้เฟอร์รัสซัลเฟตในเด็กที่ขาดธาตุเหล็ก การให้เฟอร์รัสซัลเฟตเสริมทุกวันเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า อัตราการทำลายเชื้อเพิ่มขึ้น ระดับ Hb เพิ่มขึ้น ระดับ Serum ferritin เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้ Placebo

Dustin *et al.* (2010) ทำการศึกษาผลของการฝึกที่มีความหนักมาก 21 วันที่ส่งผลต่อ ภาวะการฝึกที่มากเกินไป พบว่าการฝึกที่มีความหนักมากต่อเนื่องเป็นเวลา 21 วัน ส่งผลให้ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้วิธีเพิ่มความหนักแบบขั้นบันได (Ramp protocol) งานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max และความสามารถในการฝึกซ้อมลดลง เวลาในการปั่นจักรยานแบบจับเวลาแย่ง

Christine *et al.* (1991) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนักปานกลางออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน ความหนัก 70-80% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการให้เฟอร์รัสซัลเฟตเสริม โดยกลุ่มที่ 1 ให้ Placebo กลุ่มที่ 2 ให้เฟอร์รัสซัลเฟตที่มีธาตุเหล็ก 50 มิลลิกรัมเหล็กต่อวัน พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจน ระดับ Hb Hct Serum iron TIBC Transferrin saturation เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 หลังจากวิเคราะห์แล้วพบว่าระดับ Serum ferritin ของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสรุปได้ว่าการให้เฟอร์รัสซัลเฟตเสริม สัมพันธ์กับการออกกำลังกายระดับปานกลาง

Tuomainen *et al.* (1999) ทำการศึกษาผลของการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตคู่กับน้ำตาลมอลโทสที่ส่งผลปฏิกิริยาออกซิเดชันของไลโปโปรตีน โดยให้เฟอร์รัสซัลเฟตที่มีปริมาณของธาตุเหล็ก 180 มิลลิกรัมต่อวัน อีกกลุ่มได้รับเหล็กคู่กับมอลโทสโดยมีปริมาณธาตุเหล็ก 200 มิลลิกรัมต่อวันและอีกกลุ่มได้รับ Placebo พบว่ากลุ่มที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาในกระแสเลือดได้เร็วขึ้น สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้

Hinton *et al.* (2000) ทำการศึกษาผลของการให้เฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเพิ่มความทนทานในหญิงที่ขาดธาตุเหล็กแต่ไม่มีภาวะซีด โดยการปั่นจักรยานวัดงาน 15 กิโลเมตรแบบไทม์ไทรอัล โดยให้เฟอร์รัสซัลเฟตที่มีธาตุเหล็ก 100 มิลลิกรัมต่อวัน อีกกลุ่มได้รับ Placebo เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ออกกำลังกาย 30 นาทีต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ ความหนัก 75-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด พบว่ากลุ่มที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม ค่า Serum ferritin Serum iron และ Transferrin saturation เพิ่มขึ้น

Franco *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาสมรรถภาพของกีฬาจักรยานเสือภูเขา พบว่ากีฬาประเภทนี้จะใช้ระยะเวลาในการแข่งขันไม่เกิน 120 นาทีโดยประมาณ มีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดและมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดถึง 84% ซึ่งเป็นกีฬาที่มีความหนักในการออกกำลังกายสูงมาก ซึ่งบางช่วงเป็นเส้นทางขึ้นเขา นักกีฬาจึงต้องใช้พลังของกล้ามเนื้อแขน ขา ถึง 500 วัตต์ โดยทางสรีรวิทยาบ่งชี้ว่ากีฬาจักรยานประเภทเสือภูเขาใช้พลังงานแบบแอโรบิก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (gas analyser)
2. เฟอร์รัสซัลเฟตขนาด 200 มิลลิกรัมต่อ 1 เม็ดมีส่วนประกอบของธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม ใส่ไว้ในแคปซูล
3. Placebo เป็นแป้งข้าวโพด ใส่ไว้ในแคปซูล ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อ 1 แคปซูล
4. จักรยานส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง
5. หลอดเก็บตัวอย่างเลือด
6. เข็มเจาะเลือด กระบอกฉีดยา
7. สำลี แอลกอฮอล์ และถุงมือยาง
8. ใบบันทึกผลการทดลอง

วิธีการ

กลุ่มประชากร

นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาเพศชาย อายุระหว่าง 20-40 ปี มีประสบการณ์ในการแข่งขันไม่ต่ำกว่า 2 ปี จากทีม MTB Singburi GT Thailand จำนวน 11 คน ทีม Deep จำนวน 2 คน อดีตนักจักรยานเสือภูเขาทีมชาติ พังงาเกมส์จำนวน 4 คนและได้มาจากนักกีฬาที่เข้าร่วมการแข่งขัน สิงห์บุรีเมาเท่ไบค์ ครั้งที่ 3 จำนวน 15 คน รวมทั้งหมด 32 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาเพศชาย อายุระหว่าง 20-40 ปี มีประสบการณ์ในการแข่งขันไม่ต่ำกว่า 2 ปี จำนวน 20 คน โดยนักกีฬาทุกคนมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย นักจักรยานเสือภูเขาสัญชาติไทย เพศชาย อายุระหว่าง 20-40 ปี ไม่มีประวัติแพ้เฟอร์รัสซัลเฟต ไม่มีภาวะธาตุเหล็กเกิน (iron overload) ไม่ติดแอลกอฮอล์ ไม่สูบบุหรี่เป็นประจำ มีประสบการณ์ในการแข่งขันไม่ต่ำกว่า 2 ปี เป็นนักจักรยานที่มีการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมการทดลองมีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและมีความพร้อมที่จะปฏิบัติตามเงื่อนไขของการวิจัย ทั้งหมด 32 คน จากนั้นทำการสุ่มโทรศัพท์ทาบตามนักกีฬา หากนักกีฬาคนใดรับสายและยินดีเข้าร่วมงานวิจัย จะได้รับเลือกให้เป็นกลุ่มตัวอย่าง มีจำนวนทั้งสิ้น 20 คน แล้วจึงสุ่มเข้ากลุ่มทดลอง (T) และกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มละ 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซและจักรยานวัดงาน โดยทำการอบอุ่นร่างกายที่ความหนัก 0 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นปั่นที่ความหนัก 20 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นความหนักถูกปรับเพิ่มขึ้น 20 วัตต์ ทุกนาทีแบบ Ramp (Dustin *et al.*, 2010) จนกระทั่งผู้ทดสอบไม่สามารถที่จะปฏิบัติต่อไปได้

การทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา โดยการให้นักกีฬาปั่นจักรยานในสนามจำลองสำหรับการปั่นแบบเสือภูเขา ลักษณะพื้นผิวเป็นดิน เป็นเส้นทางแบบ Single track รอบละ 1 กิโลเมตร จำนวน 30 รอบ เป็นระยะทางรวม 30 กิโลเมตร โดยใช้เวลาน้อยที่สุดโดยใช้จักรยานของผู้ทดสอบเอง เลือกใช้เกียร์ได้ตามความต้องการของนักกีฬา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎี และหลักการจากบทความ ตำราผลงานวิจัยต่างๆ วิธีการดำเนินการทดลองและรายละเอียดการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย
2. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการดำเนินการทำการทดลอง
3. กำหนดกลุ่มประชากรและสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง
4. กลุ่มตัวอย่างทุกคน ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการทดลองด้วยความสมัครใจในการทำวิจัยและได้รับการอธิบายวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยละเอียด และคำชี้แจงเกี่ยวกับจุดประสงค์ในการทำการวิจัย และมีความเข้าใจอย่างดี รวมถึงประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยครั้งนี้
5. สานิตวิธีการและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง เช่น ข้อพึงปฏิบัติขณะทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการเก็บข้อมูล
6. อธิบายผลของการได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตและผลกระทบต่างๆ รวมถึงข้อห้ามของการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต
7. เก็บรวบรวมข้อมูล
8. วิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยวิธีการทางสถิติ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

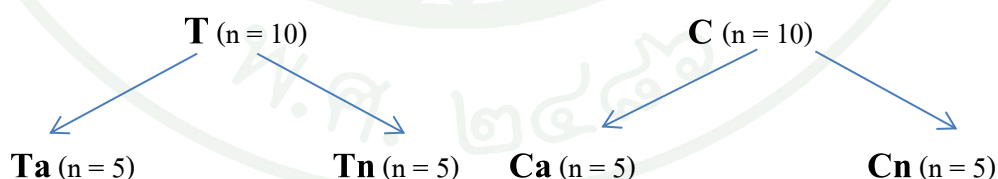
การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์การคัดเข้าและมีความสมัครใจเข้าร่วมการทำวิจัยทั้งสิ้นจำนวน 20 คน มาทำการ Pretest ดังนี้

1.1 ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำปริมาณทั้งหมด 10 ซีซี โดยพยาบาลวิชาชีพ ใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อไปตรวจค่าต่างๆ ทางโลหิตวิทยา ก่อน โดยแบ่งใส่หลอดที่ 1 (ฟาสีม่วง) ที่มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA ปริมาณ 2 ซีซี เพื่อนำไปตรวจ Hb, MCV, MCHC หลอดที่ 2 (ฟาสีแดง) ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว ปริมาณ 8 ซีซี เพื่อนำไปตรวจ Serum ferritin, Serum iron, TIBC, Transferrin saturation (ภาคผนวก ค)

1.2 ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซและจักรยานวัดงาน โดยทำการอบอุ่นร่างกายที่ความหนัก 0 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นปรับที่ความหนัก 20 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นความหนักถูกปรับเพิ่มขึ้น 20 วัตต์ ทุกนาทีแบบ Ramp จนกระทั่งผู้ทดสอบไม่สามารถที่จะปฏิบัติต่อไปได้ (ภาคผนวก ง)

1.3 หลังจากได้ผลการตรวจทางโลหิตวิทยาแล้ว ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง (T) และกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มละ 10 คน โดยการนำค่า Serum ferritin มาเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้วทำการแบ่งกลุ่มทดลอง (T) ออกเป็นกลุ่มที่มีปริมาณ Serum ferritin มาก (Tn) 5 คนและกลุ่มที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อย (Ta) 5 คน และทำการแบ่งกลุ่มควบคุม (C) ออกเป็นกลุ่มที่มีปริมาณ Serum ferritin มาก (Cn) 5 คนและกลุ่มที่มีปริมาณ Serum ferritin น้อย (Ca) 5 คน ตามแผนผังดังนี้



1.4 ทำการทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา โดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองปั่นจักรยานในสนามจำลองสำหรับการปั่นแบบเสือภูเขา ลักษณะพื้นผิวเป็นดิน เป็นเส้นทางแบบ Single track รอบละ 1 กิโลเมตร จำนวน 30 รอบ เป็นระยะทางรวม 30 กิโลเมตร โดยใช้เวลาน้อยที่สุดโดยใช้จักรยานของผู้เข้าร่วมการทดลองและสามารถเลือกใช้เกียร์ได้ตามความต้องการ (ภาคผนวก จ)

2. หลังจากการทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาแล้ว

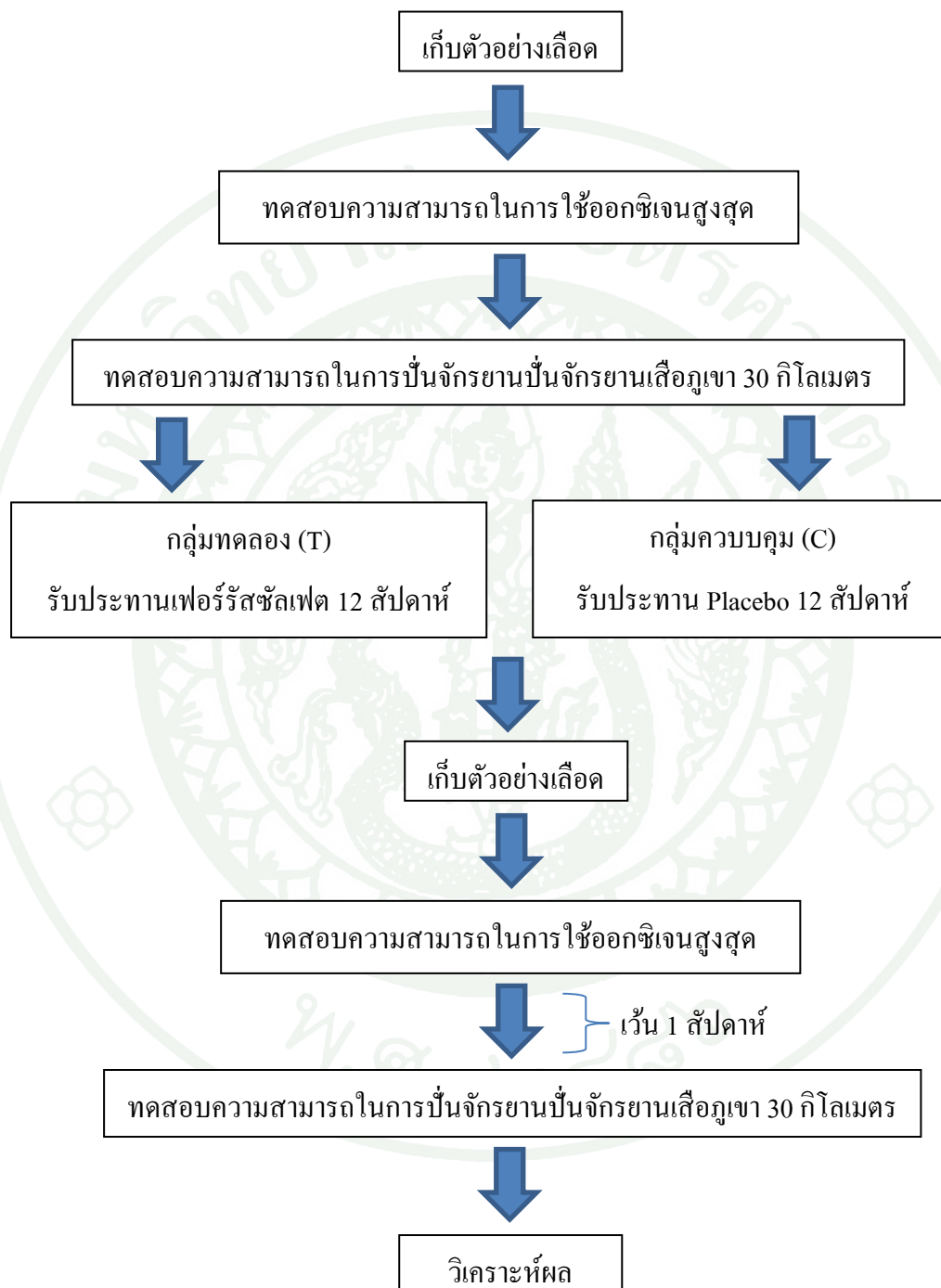
2.1 ในกลุ่มทดลอง (T) ให้เฟอร์รัสซัลเฟตชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัม รับประทานทุกวันเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ รับประทานครั้งละ 1 เม็ด รับประทาน 3 ครั้งต่อวัน หลังอาหารเช้า อาหารกลางวันและอาหารเย็นทันที ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างลืมนับรับประทาน จะให้รับประทานชดเชยครั้งละ 2 เม็ดจนชดเชยได้ครบตามจำนวนที่ลืมนับรับประทาน

2.2 ในกลุ่มควบคุม (C) ให้ Placebo ชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัม รับประทานทุกวันเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ รับประทานครั้งละ 1 เม็ด รับประทาน 3 ครั้งต่อวัน หลังอาหารเช้า อาหารกลางวันและอาหารเย็น ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างลืมนับรับประทาน จะให้รับประทานชดเชยครั้งละ 2 เม็ดจนชดเชยได้ครบตามจำนวนที่ลืมนับรับประทาน (ในระหว่างช่วงเวลาที่กลุ่มทดลองรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตหรือกลุ่มควบคุมได้รับ Placebo เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ห้ามรับประทานอาหารเสริม เช่น วิตามินบี 12 วิตามินซี เพราะจะมีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็กซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ และเลี่ยงการรับประทานพร้อมกับนมหรืออาหารเสริมแคลเซียม โดยให้รับประทานห่างกัน เพราะมีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็ก ตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทั้งกลุ่มทดลอง (T) และกลุ่มควบคุม (C) ทำการฝึกซ้อมตามปกติ และผู้วิจัยจะติดตามการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตและ Placebo ให้เป็นไปตามกำหนดอย่างใกล้ชิดทุกคนตลอดระยะเวลาการทำวิจัย)

3. หลังจากรับประทาน เฟอร์รัสซัลเฟต ในกลุ่มทดลอง (T) และ Placebo ในกลุ่มควบคุม (C) ครบ 12 สัปดาห์แล้ว ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนทำการ Posttest เช่นเดียวกับการทำ Pretest ในข้อที่ 1 อีกครั้ง

4. นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อนำมาสรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ขั้นตอนการทดลอง



การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อคำนวณค่าสถิติดังต่อไปนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาและค่าต่างๆทางโลหิตวิทยา ระหว่างกลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลอง (T) ทั้งก่อนและหลังให้เฟอร์รัสซัลเฟตและ Placebo โดยใช้ independent t-test
2. เปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาและค่าต่างๆทางโลหิตวิทยาภายในกลุ่มทดลอง (T) ทั้งก่อนและหลังให้เฟอร์รัสซัลเฟต โดยใช้ Paired sample t-test
3. เปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาและค่าต่างๆทางโลหิตวิทยาภายในกลุ่มควบคุม (C) ทั้งก่อนและหลังให้ Placebo โดยใช้ Paired sample t-test
4. ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max, Hb, MCV, MCHC, Serum iron, Transferrin saturation และ Serum ferritin ของกลุ่มทดลอง (T) ทั้งก่อนและหลังให้เฟอร์รัสซัลเฟต โดยใช้ Pearson Product-Moment Correlation Coefficient
5. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และห้องปฏิบัติการตรวจผลทางโลหิตวิทยาของคลินิกแห่งหนึ่งในอำเภอบางปะกง สถานที่ในการทดสอบการปั่นจักรยานเสือภูเขาอยู่บริเวณอุทยานแม่ลา จังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้ระยะเวลาของการวิจัยตั้งแต่เดือนธันวาคม 2555 ถึงเดือนตุลาคม 2556

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อให้ให้นักกีฬาได้ทราบว่าเฟอร์รัสซัลเฟตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน เสือภูเขาได้หรือไม่
2. ได้ทราบถึงผลจากการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อค่าต่างๆทางโลหิตวิทยาและความสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

แหล่งทุนสนับสนุน

ทุนส่วนตัว

ผลและวิจารณ์

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยานเสือภูเขา เพศชาย มีอายุระหว่าง 20-40 ปี จำนวน 20 คน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอายุน้ำหนัก และส่วนสูง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง ($\bar{X} \pm SD$)

รายการ	$\bar{X} \pm SD$
อายุ (ปี)	27.9 \pm 0.9
น้ำหนัก (kg)	68.5 \pm 2.0
ส่วนสูง (cm)	173.8 \pm 1.4

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา ได้แก่ ความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาระยะทาง 30 กิโลเมตร ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและงานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max และค่าทางโลหิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับปริมาณเหล็กในร่างกาย ได้แก่ Serum ferritin, Serum iron, TIBC, Transferrin saturation, Hb, MCV, MCHC ทั้งก่อนและหลังได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม ในกลุ่มทดลอง (T) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับ Placebo (C) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และยังสามารถแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นกลุ่มที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) และกลุ่มควบคุมแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรต่างๆ อีกด้วย

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ Serum ferritin ในร่างกาย

กลุ่ม	Serum ferritin ($\mu\text{g/dl}$)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	132.0 \pm 67.0	281.4 \pm 116.3
C	116.9 \pm 70.4	144.2 \pm 99.7
Ta	76.7 \pm 38.7	251.6 \pm 128.3
Ca	57.0 \pm 13.4	114.3 \pm 123.2
Tn	187.2 \pm 30.9	311.2 \pm 108.4
Cn	176.8 \pm 44.6	174.1 \pm 70.3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า Serum ferritin ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g/dl}$)	t	P
Pre T vs Pre C	15.1 \pm 30.7	0.491	0.629
Post T vs Post C	137.2 \pm 48.4	2.833	0.011*
Post T vs Pre T	149.4 \pm 101.2	-4.672	0.001**
Post C vs Pre C	27.3 \pm 90.5	-0.954	0.365
Post Ta vs Pre Ta	174.9 \pm 99.4	-3.933	0.017*
Post Tn vs Pre Tn	124.0 \pm 107.3	-2.584	0.061
Post Ca vs Pre Ca	57.3 \pm 121.4	-1.056	0.350
Post Cn vs Pre Cn	-2.7 \pm 38.3	0.157	0.883

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม (T) พบว่ามีปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม (C) ไม่พบการเปลี่ยนแปลง เมื่ออยู่ในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) หลังจากได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริมแล้ว พบว่าปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริมแล้ว พบว่าปริมาณ Serum ferritin มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Brownlie *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาพบว่านักกีฬาที่รับประทานเฟอร์ริตซัลเฟตเสริมในรายที่มีภาวะพร่องเหล็ก ส่งผลให้ Serum ferritin เพิ่มขึ้น ส่วนในนักกีฬาในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม (C) ที่มี Serum ferritin เพิ่มขึ้น แต่ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม อาจจะด้วยสาเหตุอื่น โดยปกติแล้วถ้าได้รับการควบคุมการกินอาหารและการฝึกซ้อมให้เหมือนกันแล้ว ปริมาณของ Serum ferritin และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดควรจะไม่เปลี่ยนแปลงหรือไม่เกิดความแตกต่างกัน แต่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ลดลงของกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) ที่ลดลงอาจเกิดได้จากการฝึกซ้อมอย่างหนักใกล้ภาวะ Over training และอยู่ในภาวะพร่องเหล็กแต่ไม่ได้มีการให้รับประทานเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dustin *et al.* (2010) กล่าวว่านักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมที่มีความหนักมากเกินไป ต่อเนื่องและมีการพักผ่อนที่ไม่เหมาะสม หรือไม่เพียงพอจะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max ลดลงและการปั่นจักรยานแบบจับเวลามีสถิติที่แย่ลง หรืออาจเกิดจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยเกินไป

จากการทดลอง แสดงให้เห็นว่านักกีฬাজักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Zoller (2004) ที่พบว่า การให้ธาตุเหล็กเสริมเป็นเวลานาน สามารถเพิ่ม Serum ferritin ในร่างกายนักกีฬาได้ โดยเฉพาะนักกีฬาที่มี Serum ferritin ในร่างกายน้อย เมื่อได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริมเข้าไปจะส่งผลให้ Serum ferritin สูงขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Edgar (2010) ที่พบว่า การให้เฟอร์ริตซัลเฟตในผู้ที่ร่างกายขาดธาตุเหล็กนั้นจะทำให้

ให้ร่างกายมี Serum ferritin และค่าต่างๆ ทางโลหิตวิทยาเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเป็นระยะเวลา 3 เดือน ส่วนนักกีฬาที่มีปริมาณ Serum ferritin มากอยู่แล้ว เมื่อได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเข้าไปจึงส่งผลให้ Serum ferritin เพิ่มขึ้นไม่มากเท่ากับนักกีฬาที่มี Serum ferritin น้อย ส่วนนักกีฬาที่ไม่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมแต่มี Serum ferritin เพิ่มขึ้น เช่นกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) นั้น เมื่อเทียบปริมาณ Serum ferritin ที่เพิ่มขึ้นกับกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) นั้นพบว่า มีปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้นเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของ Serum ferritin ของกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) นั้น อาจเกิดได้จากอาหารที่รับประทานเข้าไปในแต่ละคนที่ไม่เหมือนกัน และการวิจัยนี้ไม่ได้ควบคุมเรื่องอาหารในชีวิตประจำวันที่มีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบ เช่น ดับ เครื่องในสัตว์ ผักใบเขียวและอีกหลายอย่างซึ่งนักกีฬบางคนรับประทานในปริมาณที่มากก็ส่งผลให้ปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน แต่การเพิ่มขึ้นของ Serum ferritin นั้น จะเพิ่มขึ้นไม่มากเท่ากับนักกีฬาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ Serum iron ในร่างกาย

กลุ่ม	Serum iron ($\mu\text{g/dl}$)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	102.1 \pm 31.5	119.0 \pm 36.1
C	90.5 \pm 22.5	96.5 \pm 25.2
Ta	101.0 \pm 34.6	117.9 \pm 41.5
Ca	73.8 \pm 13.3	81.1 \pm 19.7
Tn	103.2 \pm 32.2	120.0 \pm 34.7
Cn	107.2 \pm 16.5	111.8 \pm 21.3

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า Serum iron ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g/dl}$)	t	P
Pre T vs Pre C	11.6 \pm 12.2	0.947	0.356
Post T vs Post C	22.5 \pm 13.9	1.616	0.124
Post T vs Pre T	16.9 \pm 13.4	-3.974	0.003**
Post C vs Pre C	6.0 \pm 19.1	-0.990	0.348
Post Ta vs Pre Ta	16.9 \pm 14.1	-2.675	0.056
Post Tn vs Pre Tn	16.8 \pm 14.3	-2.624	0.059
Post Ca vs Pre Ca	7.3 \pm 24.5	-0.671	0.539
Post Cn vs Pre Cn	4.6 \pm 14.7	-0.702	0.521

** $P < 0.01$

จากตารางที่ 4 และตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม (T) หลังจากได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่า Serum iron มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณากลุ่มย่อยลงมา ทั้งกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่า มีปริมาณ Serum iron มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นใกล้เคียงระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Christine *et al.* (1991) ได้กล่าวว่า เมื่อร่างกายได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่าค่าของ Serum iron มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 4, 8, 12 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม (C) ทั้งกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) ที่ไม่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม เมื่อผ่านไป 12 สัปดาห์ พบว่าค่าของ Serum iron มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งค่า Serum iron เป็นตัวชี้วัดที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการวัดค่า Transferrin saturation และ TIBC โดย Serum iron คือ ปริมาณของเหล็กที่จับอยู่กับ Transferrin โดยปกติ Serum iron จะมีค่าเท่ากับ 65-185 ไมโครกรัม ซึ่งในภาวะโลหิตจางจะมีค่า Serum iron ลดลง

อธิบายได้ว่า การเพิ่มขึ้นของ Serum iron เกิดจากการได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเข้าไประยะเวลา 12 สัปดาห์ จึงทำให้มีปริมาณ Serum ferritin เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณของเหล็กที่จับอยู่กับ Transferrin เพิ่มมากขึ้นตาม

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ TIBC ในร่างกาย

กลุ่ม	TIBC ($\mu\text{g/dl}$)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	329.8 \pm 41.8	349.5 \pm 56.5
C	305.1 \pm 44.6	249.3 \pm 62.4
Ta	336.6 \pm 28.7	363.4 \pm 51.1
Ca	329.7 \pm 33.6	266.1 \pm 67.9
Tn	323.0 \pm 54.6	335.6 \pm 64.0
Cn	280.4 \pm 42.8	232.4 \pm 58.6

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า TIBC ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g/dl}$)	t	P
Pre T vs Pre C	24.8 \pm 19.3	1.281	0.216
Post T vs Post C	100.2 \pm 26.6	3.765	0.001**
Post T vs Pre T	19.7 \pm 44.9	-1.383	0.200
Post C vs Pre C	-55.8 \pm 86.4	2.042	0.072
Post Ta vs Pre Ta	26.7 \pm 29.8	-2.005	0.115
Post Tn vs Pre Tn	12.6 \pm 59.4	-0.473	0.661
Post Ca vs Pre Ca	-63.6 \pm 97.2	1.464	0.217
Post Cn vs Pre Cn	-48.0 \pm 84.9	1.264	0.275

** $P < 0.01$

จากตารางที่ 6 และตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า TIBC ในกลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (T) ทั้งกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์ริสซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่ามีค่า TIBC เพิ่มมากขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (C) ทั้งกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) พบว่ามีค่า TIBC ลดลง ซึ่งไม่สอดคล้องตามทฤษฎี อาจเกิดได้จากระยะเวลาในการเสริมเหล็กมีระยะเวลาสั้นไปจึงทำให้ค่า TIBC ยังไม่มีการปรับตัว โดยปกติแล้วเมื่อ Serum ferritin มีค่ามากขึ้น ค่า TIBC จะลดลง



ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ Transferrin saturation ในร่างกาย

กลุ่ม	Transferrin saturation (%)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	28.1 \pm 7.0	32.2 \pm 7.3
C	28.0 \pm 7.5	28.6 \pm 7.3
Ta	29.6 \pm 8.9	33.4 \pm 9.6
Ca	22.6 \pm 5.4	24.6 \pm 7.8
Tn	26.5 \pm 4.9	31.0 \pm 4.8
Cn	33.4 \pm 4.6	32.7 \pm 4.3

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า Transferrin saturation ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (%)	t	P
Pre T vs Pre C	0.1 \pm 3.2	0.019	0.985
Post T vs Post C	3.6 \pm 3.3	1.099	0.286
Post T vs Pre T	4.2 \pm 1.4	-9.358	0.000**
Post C vs Pre C	0.6 \pm 5.0	-0.406	0.694
Post Ta vs Pre Ta	3.8 \pm 2.0	-4.249	0.013*
Post Tn vs Pre Tn	4.5 \pm 0.4	-28.936	0.000**
Post Ca vs Pre Ca	2.0 \pm 6.6	-0.693	0.526
Post Cn vs Pre Cn	-0.8 \pm 2.8	0.610	0.575

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (T) ทั้งกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์ริสซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่า Transferrin saturation เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Christine *et al.* (1991) ได้กล่าวว่า เมื่อร่างกายได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า Transferrin saturation มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 4, 8, 12 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (C) ทั้งกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) ที่ไม่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม เมื่อผ่านไป 12 สัปดาห์ พบว่า Transferrin saturation มีค่าไม่แตกต่างกัน อธิบายได้ว่าเมื่อ Transferrin saturation เพิ่มขึ้นหมายความว่าจำนวนตำแหน่งบน Transferrin ที่มีเหล็กจับอยู่มีมากขึ้นนั่นเอง เมื่อร่างกายมีจำนวนตำแหน่งบน Transferrin ที่มีเหล็กจับอยู่มีมากขึ้น

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ Hb ในร่างกาย

กลุ่ม	Hb (g/dl)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	12.6 \pm 2.0	15.2 \pm 1.5
C	12.3 \pm 2.3	11.9 \pm 2.6
Ta	12.0 \pm 1.3	15.2 \pm 1.1
Ca	12.9 \pm 2.4	11.5 \pm 1.9
Tn	13.2 \pm 2.5	15.2 \pm 2.0
Cn	11.8 \pm 2.3	12.3 \pm 3.3

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า Hb ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (g/dl)	t	P
Pre T vs Pre C	0.3 \pm 1.0	0.335	0.741
Post T vs Post C	3.3 \pm 0.9	3.469	0.003**
Post T vs Pre T	2.5 \pm 1.1	-7.026	0.000**
Post C vs Pre C	-0.4 \pm 2.5	0.555	0.593
Post Ta vs Pre Ta	3.1 \pm 0.8	-8.955	0.001**
Post Tn vs Pre Tn	2.0 \pm 1.2	-3.590	0.023*
Post Ca vs Pre Ca	-1.4 \pm 2.7	1.125	0.324
Post Cn vs Pre Cn	0.5 \pm 2.2	-0.493	0.648

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 10 และตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (T) ทั้งกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) หลังจากได้รับเฟอร์ริสซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่ามีปริมาณ Hb เพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) พบว่ามีปริมาณ Hb เพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (C) ทั้งกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) จะมีการเพิ่มขึ้นของ Hb ในเลือดมากกว่า ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ Hb ในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) อาจเป็นเพราะก่อนการทดลอง กลุ่มตัวอย่างมี Serum ferritin ไม่มากพอเมื่อเสริมเฟอร์ริสซัลเฟตเข้าไปร่างกายจึงสร้าง Hb มาเสริมให้เต็ม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Duque *et al.* (2010) ได้กล่าวว่า การให้เฟอร์ริสซัลเฟตเสริมทุกวันเป็นระยะเวลา 3 เดือน ส่งผลให้ Hb ในเลือดเพิ่มขึ้น ระดับ Serum ferritin เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ Placebo

การเพิ่มขึ้นของ Hb ในเลือดนั้น บอกลักษณะความสามารถในการพาออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย ขึ้นอยู่กับปริมาณของ Hb ว่ามากหรือน้อย ซึ่งหมายความว่า เมื่อ Hb ในเลือดมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังผลการทดลอง ตารางที่ 4 Hb นั้นคือ โปรตีนที่อยู่ในเม็ดเลือดแดงที่สร้างขึ้นโดยโปรตีนสองตัวคืออัลฟาและเบต้า ซึ่งควบคุมโดยสายพันธุกรรมซึ่งมีค่าปกติคือ ชาย 13.0-18%, หญิง 10-17% หรือ ชาย 13.8-17.2 กรัมต่อเดซิลิตร หญิง 12.1-15.1 กรัมต่อเดซิลิตร เมื่อนักกีฬามีการเสริมเฟอร์ริสซัลเฟต จะส่งผลให้ปริมาณ Serum ferritin เพิ่มขึ้น ดังผลตารางที่ 8 จึงทำให้ปริมาณ Hb จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Duque *et al.*, 2010)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ MCV ในร่างกาย

กลุ่ม	MCV (fl)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	85.0 \pm 10.1	89.8 \pm 9.1
C	85.8 \pm 8.0	84.2 \pm 7.7
Ta	91.2 \pm 9.9	95.8 \pm 8.6
Ca	85.5 \pm 9.2	82.7 \pm 8.5
Tn	78.8 \pm 5.9	83.8 \pm 4.8
Cn	86.2 \pm 7.6	85.8 \pm 7.4

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า MCV ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (fl)	t	P
Pre T vs Pre C	-0.8 \pm 1.6	-0.206	0.839
Post T vs Post C	5.6 \pm 3.8	1.479	0.156
Post T vs Pre T	4.8 \pm 1.8	-8.578	0.000**
Post C vs Pre C	-1.6 \pm 3.8	1.349	0.210
Post Ta vs Pre Ta	4.6 \pm 1.6	-6.320	0.003**
Post Tn vs Pre Tn	5.0 \pm 2.1	-5.436	0.006**
Post Ca vs Pre Ca	-2.8 \pm 4.8	1.305	0.262
Post Cn vs Pre Cn	-0.4 \pm 2.3	0.401	0.709

** $P < 0.01$

จากตารางที่ 12 และตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (T) ทั้งกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์ริสซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่า MCV เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม (C) กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) พบว่าค่า MCV ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของ MCHC ในร่างกาย

กลุ่ม	MCHC (g/dl)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	32.4 \pm 1.5	34.8 \pm 0.9
C	32.5 \pm 2.1	31.1 \pm 2.8
Ta	32.0 \pm 1.1	35.0 \pm 0.6
Ca	32.5 \pm 1.9	31.1 \pm 2.6
Tn	32.8 \pm 1.9	34.7 \pm 1.1
Cn	32.4 \pm 2.5	31.0 \pm 3.2

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า MCHC ในร่างกาย ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (g/dl)	t	P
Pre T vs Pre C	-0.1 \pm 0.8	-0.146	0.886
Post T vs Post C	3.8 \pm 0.9	4.133	0.002**
Post T vs Pre T	2.5 \pm 1.1	-7.299	0.000**
Post C vs Pre C	-1.4 \pm 1.5	3.083	0.013*
Post Ta vs Pre Ta	3.0 \pm 0.5	-13.031	0.000**
Post Tn vs Pre Tn	1.9 \pm 1.3	-3.435	0.026*
Post Ca vs Pre Ca	-1.4 \pm 1.9	1.675	0.169
Post Cn vs Pre Cn	-1.4 \pm 1.1	2.848	0.046*

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 14 และตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม (T) ทั้งกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) หลังจากได้รับเฟอร์ริตซัลเฟต 12 สัปดาห์แล้ว พบว่า MCHC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) พบว่า MCHC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อธิบายได้ว่าเมื่อ MCHC เพิ่มขึ้นแสดงว่าปริมาณ Hb ในเลือดเพิ่มขึ้น ดังผลในตารางที่ 10 และตารางที่ 11 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเสริม (C) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) พบว่ามีค่า MCHC ลดลง



ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร

กลุ่ม	เวลาในการปั่นจักรยานระยะทาง 30 กิโลเมตร (sec)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	4855.4 \pm 292.8	4775.0 \pm 326.3
C	4754.7 \pm 245.1	4823.4 \pm 176.9
Ta	4884.4 \pm 300.4	4787.0 \pm 294.9
Ca	4700.2 \pm 244.6	4797.4 \pm 201.6
Tn	4826.4 \pm 317.0	4763.0 \pm 390.1
Cn	4809.2 \pm 260.5	4849.4 \pm 167.6

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (sec)	t	P
Pre T vs Pre C	100.7 \pm 120.7	0.834	0.415
Post T vs Post C	-48.4 \pm 117.4	-0.412	0.685
Post T vs Pre T	-80.4 \pm 72.2	3.520	0.007**
Post C vs Pre C	68.7 \pm 99.2	-2.191	0.056
Post Ta vs Pre Ta	-79.4 \pm 52.9	4.118	0.015*
Post Tn vs Pre Tn	-63.4 \pm 90.7	1.564	0.193
Post Ca vs Pre Ca	97.2 \pm 95.4	-2.277	0.085
Post Cn vs Pre Cn	40.2 \pm 104.8	-0.857	0.440

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 16 และตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริตซินเฟตเสริม (T) โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) พบว่าใช้เวลาในการปั่นจักรยาน 30 กิโลเมตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์ริตซินเฟตเสริมแล้ว พบว่าใช้เวลาในการปั่นจักรยาน 30 km. ลดลงเช่นกันแต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตซินเฟตเสริม (C) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) พบแนวโน้มว่าใช้เวลาในการปั่นจักรยาน 30 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาจเกิดได้จากการฝึกซ้อมอย่างหนักใกล้ภาวะ Over training และอยู่ในภาวะพร่องเหล็กแต่ไม่ได้มีการให้รับประทานเฟอร์ริตซินเฟตเสริม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dustin *et al.* (2010) กล่าวว่านักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมที่มีความหนักมากเกินไป ต่อเนื่องและมีการพักผ่อนที่ไม่เหมาะสมหรือไม่เพียงพอจะส่งผลให้การปั่นจักรยานแบบจับเวลามีสถิติที่แย่ลง

ความสามารถในการปั่นจักรยาน 30 กิโลเมตร ในกลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริตซินเฟตเสริม (T) ที่ดีขึ้นเกิดจาก เมื่อร่างกายมี Serum ferritin มากขึ้น ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 จะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นตาม ดังผลการทดลองตารางที่ 18 และตารางที่ 19 และเมื่อนักกีฬามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้นักกีฬาสามารถทำเวลาในการปั่นจักรยานเสถียรขึ้น เพราะร่างกายสามารถนำออกซิเจนมาใช้ในการสันดาปพลังงานในเซลล์ได้มากขึ้น (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) หลังจากได้รับเฟอร์ริตซินเฟตเสริมไปแล้ว 12 สัปดาห์ พบว่า สามารถทำเวลาในการปั่นจักรยานเสถียร 30 กิโลเมตรได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) พบเพียงแนวโน้มว่าสามารถทำเวลาได้ดีขึ้น แต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

กลุ่ม	ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ml/kg/min)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	41.7 ± 7.9	50.2 ± 8.1
C	48.0 ± 9.4	44.6 ± 8.7
Ta	41.1 ± 3.0	49.8 ± 6.0
Ca	47.5 ± 11.3	46.5 ± 11.6
Tn	42.3 ± 10.1	50.6 ± 6.4
Cn	48.4 ± 3.4	42.6 ± 1.3

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (ml/kg/min)	t	P
Pre T vs Pre C	-6.2 ± 3.4	-1.858	0.080
Post T vs Post C	5.7 ± 3.2	1.797	0.089
Post T vs Pre T	8.5 ± 8.5	-3.170	0.011*
Post C vs Pre C	-3.4 ± 6.5	1.671	0.129
Post Ta vs Pre Ta	8.7 ± 5.4	-3.632	0.022*
Post Tn vs Pre Tn	8.3 ± 11.5	-1.605	0.184
Post Ca vs Pre Ca	-1.0 ± 8.0	0.269	0.801
Post Cn vs Pre Cn	-5.9 ± 3.9	3.384	0.028*

* $P < 0.05$

จากตารางที่ 18 และตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม (T) พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของการปั่นจักรยานเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่ออยู่ในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) หลังจากได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมแล้ว พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของการปั่นจักรยานเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ส่วนกลุ่มที่มี Serum ferritin มาก (Tn) หลังจากได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมแล้ว พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของการปั่นจักรยานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) ที่ไม่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม มีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของการปั่นจักรยานลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับผลการทดสอบตอน Pretest อาจเกิดได้จากการฝึกซ้อมอย่างหนักใกล้ภาวะ Over training และอยู่ในภาวะพร่องเหล็กแต่ไม่ได้มีการให้รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม

จากการทดลอง แสดงให้เห็นว่านักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของการปั่นจักรยานเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Brownlie *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาพบว่านักกีฬาที่รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมในรายที่มีภาวะพร่องเหล็ก ส่งผลให้สารเคมีต่างๆ ในเลือดเพิ่มขึ้น Serum ferritin เพิ่มขึ้น ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่า เมื่อร่างกายมีปริมาณ Serum ferritin เพิ่มมากขึ้นดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 จะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้นตาม ซึ่งเมื่อร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร่างกายมีประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนมาผลิตพลังงานซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถในอันที่จะออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานๆ (พีระพงศ์, 2538) อย่างเช่นกีฬาจักรยานเสือภูเขาเป็นกีฬาที่ใช้เวลาในการแข่งขันมากกว่าหนึ่งชั่วโมง ร่างกายจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนมาช่วยในการสันดาปพลังงาน ยิ่งร่างกายมีประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนมากจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานโดยใช้ความเร็วที่สูงขึ้นได้เป็นเวลานาน

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของงานสูงสุดในการทดสอบ VO2max

กลุ่ม	งานสูงสุดในการทดสอบ VO2max (w)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์
T	233.9 \pm 44.1	251.5 \pm 43.4
C	251.3 \pm 47.5	227.4 \pm 16.4
Ta	229.0 \pm 61.6	252.2 \pm 47.6
Ca	266.6 \pm 51.3	231.4 \pm 21.6
Tn	238.8 \pm 22.7	250.8 \pm 44.4
Cn	236.0 \pm 43.1	223.4 \pm 9.9

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่า งานสูงสุดในการทดสอบ VO2max ($\bar{X} \pm SE$)

กลุ่ม	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (w)	t	P
Pre T vs Pre C	-17.4 \pm 20.5	-0.849	0.407
Post T vs Post C	24.1 \pm 14.7	1.642	0.127
Post T vs Pre T	17.6 \pm 28.1	-1.981	0.079
Post C vs Pre C	-23.9 \pm 42.1	1.795	0.106
Post Ta vs Pre Ta	23.2 \pm 21.7	-2.390	0.075
Post Tn vs Pre Tn	12.0 \pm 35.0	-0.766	0.486
Post Ca vs Pre Ca	-35.2 \pm 48.1	1.635	0.177
Post Cn vs Pre Cn	-12.6 \pm 36.7	0.767	0.486

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 20 และตารางที่ 21 แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริตัลเฟตเสริม (T) พบว่านักกีฬามีค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max มากขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตัลเฟตเสริม (C) พบว่านักกีฬามีค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max ลดลง โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) หลังจากได้รับเฟอร์ริตัลเฟตเสริมแล้ว พบว่านักกีฬามีค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max มากขึ้น โดยมากกว่ากลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Brownlie *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษา พบว่านักกีฬาที่รับประทานเฟอร์ริตัลเฟตเสริมในรายที่มีภาวะพร่องเหล็ก ส่งผลให้ Serum ferritin เพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 18 และตารางที่ 19 ซึ่งจะส่งผลให้งานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max ลดลงได้

ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเฟอร์ริตัลเฟตเสริม (C) กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) และกลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) พบว่านักกีฬามีค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max ลดลง ซึ่งผลของ งานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max จะสอดคล้องกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬา ดังตารางที่ 18 และตารางที่ 19 อาจเกิดได้จากการฝึกซ้อมอย่างหนักใกล้ภาวะ Over training และอยู่ในภาวะพร่องเหล็กแต่ไม่ได้มีการให้รับประทานเฟอร์ริตัลเฟตเสริม เพราะการทดลองนี้ไม่ได้ออกแบบให้มีการควบคุมการฝึกซ้อมของนักกีฬา ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ที่นักกีฬาบางคนมีการฝึกซ้อมที่มากเกินไปและพักผ่อนไม่เพียงพอ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dustin *et al.* (2010) กล่าวว่านักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมที่มีความหนักมากเกินไปต่อเนื่องและมีการพักผ่อนที่ไม่เหมาะสมหรือไม่เพียงพอจะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและงานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max ลดลง

ตารางที่ 22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานสูงสุดในการทดสอบ VO2max, MCV
และ Transferrin saturation ของกลุ่มทดลอง (T)

ความสัมพันธ์ระหว่าง	r	P
เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร กับ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	-0.427	0.060
เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร กับ งานสูงสุดในการทดสอบ VO2max	-0.619	0.004**
เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร กับ MCV	-0.461	0.041*
เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร กับ Transferrin saturation	-0.494	0.027*

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักกีฬาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานสูงสุดในการทดสอบ VO2max, MCV และ Transferrin saturation โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่าง เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรกับงานสูงสุดในการทดสอบ VO2max อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยที่เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรพบว่าดีขึ้นดังผลในตารางที่ 16 กับตารางที่ 17 ซึ่งสอดคล้องกับงานสูงสุดในการทดสอบ VO2max ที่ดีขึ้นหลังจากนักกีฬาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ ดังผลในตารางที่ 20 กับตารางที่ 21 มีความสัมพันธ์กันระหว่างเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรกับ MCV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรพบว่าดีขึ้นดังผลในตารางที่ 16 กับตารางที่ 17 ซึ่งสอดคล้องกับ MCV ที่เพิ่มขึ้นหลังจากนักกีฬาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ ดังผลในตารางที่ 12 กับตารางที่ 13 นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์กันระหว่าง เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรกับ Transferrin saturation อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรพบว่าดีขึ้นดังผลในตาราง

ที่ 16 กับตารางที่ 17 ซึ่งสอดคล้องกับ Transferrin saturation ที่เพิ่มขึ้นหลังจากนักกีฬาได้รับเฟอร์ริตซัลเฟต 12 สัปดาห์ ดังผลในตารางที่ 8 กับตารางที่ 9

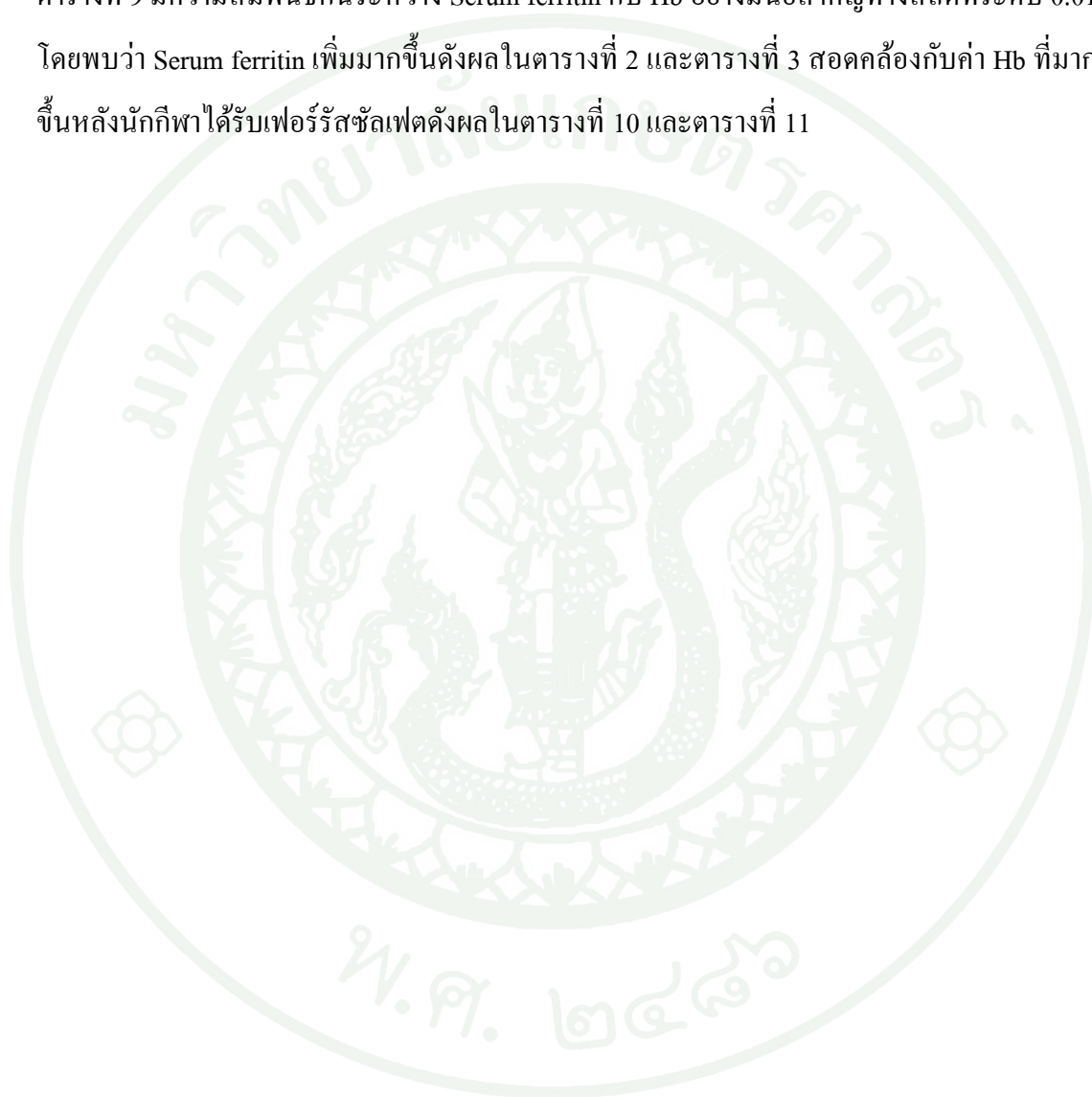
ตารางที่ 23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด Serum ferritin, Transferrin saturation, Hb และ MCHC ของกลุ่มทดลอง (T)

ความสัมพันธ์ระหว่าง	r	P
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ Hb	0.541	0.014*
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ MCHC	0.422	0.064
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ Serum ferritin	0.571	0.009**
Serum ferritin กับ Transferrin saturation	-0.494	0.027*
Serum ferritin กับ Hb	0.691	0.001**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

จากตารางที่ 23 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักกีฬาได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด Hb และ MCHC โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่าง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับ Hb อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ดีขึ้น ดังผลในตารางที่ 18 กับตารางที่ 19 ซึ่งสอดคล้องกับ Hb ที่เพิ่มขึ้นหลังจากนักกีฬาได้รับเฟอร์ริตซัลเฟต 12 สัปดาห์ ดังผลในตารางที่ 10 กับตารางที่ 11 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Joyner (2003) ได้กล่าวว่า ปริมาณ Hb ในเลือดที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายเพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กันระหว่าง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับ Serum ferritin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยพบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่ามากขึ้นดังตารางที่ 18 และตารางที่ 19 สอดคล้องกับค่า Serum ferritin ที่มากขึ้นหลังนักกีฬาได้รับเฟอร์ริตซัลเฟตดังผลในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับ MCHC พบว่า มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์กัน แต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทาง

สถิติ มีความสัมพันธ์กันระหว่าง Serum ferritin กับ Transferrin saturation อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยพบว่าค่า Serum ferritin เพิ่มขึ้นดังผลในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 สอดคล้อง กับค่า Transferrin saturation ที่มากขึ้นหลังนักกีฬาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตดังผลในตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9 มีความสัมพันธ์กันระหว่าง Serum ferritin กับ Hb อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยพบว่า Serum ferritin เพิ่มขึ้นดังผลในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 สอดคล้องกับค่า Hb ที่มากขึ้นหลังนักกีฬาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตดังผลในตารางที่ 10 และตารางที่ 11



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของเฟอร์ริสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา เพศชาย มีอายุระหว่าง 20-40 ปี จำนวน 20 คน โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เก็บตัวอย่างเลือดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจค่าต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ Hb, MCV, MCHC, Serum ferritin, Transferrin saturation, TIBC และ Serum iron จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานโดยวิธีวัด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขาระยะทาง 30 กิโลเมตร จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์ริสซัลเฟต (T) โดยมีกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) กลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับ Placebo (C) โดยมี กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin มาก (Cn) กลุ่มควบคุมที่มี Serum ferritin น้อย (Ca) โดยกลุ่มทดลองจะได้รับเฟอร์ริสซัลเฟต 12 สัปดาห์และกลุ่มควบคุมได้รับ Placebo 12 สัปดาห์เช่นกัน เมื่อครบ 12 สัปดาห์แล้ว จะทำการเก็บตัวอย่างเลือดและทดสอบความสามารถของนักกีฬาอีกครั้ง เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max และค่าทางโลหิตวิทยา ซึ่งผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์ริสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ Serum ferritin มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) พบว่ามีปริมาณ Serum ferritin ในร่างกายเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3) ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) มีแนวโน้มที่ Serum ferritin จะมากขึ้น ($P=0.061$)

2. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า Serum iron ในเลือดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) แต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P=0.059$, $P=0.056$ ตามลำดับ) แต่เมื่อนำผลของกลุ่มทดลองที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คนของกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) มาวิเคราะห์ พบว่า Serum iron ในเลือดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4 และตารางที่ 5)

3. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า TIBC แตกต่างจากนักกีฬาที่ได้รับ Placebo 12 สัปดาห์ แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่ม (ตารางที่ 6 และตารางที่ 7)

4. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า Transferrin saturation มากขึ้นทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) มี Transferrin saturation มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 8 และตารางที่ 9)

5. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ Hb ในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) มีปริมาณ Hb เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 10 และตารางที่ 11)

6. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า MCV มีค่าเพิ่มมากขึ้นทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 12 และตารางที่ 13)

7. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่าค่า MCHC มีค่าเพิ่มขึ้นทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) มีค่า MCHC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 14 และตารางที่ 15)

8. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่านักกีฬาสามารถทำเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขาระยะทาง 30 กิโลเมตรได้ดีขึ้น ทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) พบว่านักกีฬาสามารถทำเวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขาระยะทาง 30 กิโลเมตรได้ดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) มีแนวโน้มที่เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรจะดีขึ้น ($P=0.193$) (ตารางที่ 16 และตารางที่ 17)

9. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้น ทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 18 และตารางที่ 19) ส่วนกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) มีแนวโน้มที่ Serum ferritin จะมากขึ้น ($P=0.184$)

10. หลังจากนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่าค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max มากขึ้นทั้งในกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) และกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) โดยเฉพาะกลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) พบว่าค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นแต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 20 และตารางที่ 21)

11. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาในกลุ่มที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรกับงานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 22)

12. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรกับ MCV มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 22)

13. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรกับ Transferrin saturation มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 22)

14. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน กับ Hb มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 23)

15. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ Serum ferritin มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 23)

16. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า Serum ferritin กับ Transferrin saturation มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 23)

17. นักกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริม 12 สัปดาห์ พบว่า Serum ferritin กับ Hb มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 23)

เมื่อนักกีฬารับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเข้าไปเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เหล็กจะถูกดูดซึมที่ Mucosal cells ที่ลำไส้ส่วน Duodenum เมื่อเหล็กเข้ามาในร่างกายแล้วเหล็กเกือบทั้งหมดจะจับกับ Transferrin โดย Transferrin ทำหน้าที่ขนส่งเหล็กไปยังเนื้อเยื่อและไขกระดูก และบางส่วนจะถูก

เก็บในรูปของ Ferritin ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนเซลล์ ที่หุ้มเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีสเซลล์อยู่ภายใน ประกอบด้วยเหล็กประมาณ 17-33% เมื่อนักกีฬาได้รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตเข้าไปเป็นเวลา 12 สัปดาห์ จะส่งผลให้ Serum iron หรือปริมาณเหล็กที่จับกับ Transferrin เพิ่มขึ้น ($P=0.003$) (ตารางที่ 4 และตารางที่ 5) จึงส่งผลให้ค่า Transferrin saturation ของนักกีฬาเพิ่มขึ้นหลังรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต (ตารางที่ 8 และตารางที่ 9) และส่งผลต่อค่า Serum ferritin มีค่ามากขึ้น ($P=0.001$) โดยนักกีฬากลุ่ม Ta พบว่า Serum ferritin มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.017$) และมีแนวโน้มว่า Serum ferritin ในกลุ่ม Tn จะเพิ่มมากขึ้น ($P=0.061$) (ตารางที่ 2 และตารางที่ 3) Transferrin ที่สามารถจับกับเหล็กได้ทั้งหมดในเลือด เรียกว่า TIBC พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี หลังนักกีฬารับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ อาจเกิดได้จากระยะเวลาในการเสริมเหล็กมีระยะเวลาสั้นไปจึงทำให้ค่า TIBC ยังไม่มีการปรับตัว โดยปกติแล้วเมื่อ Serum ferritin มีค่ามากขึ้น ค่า TIBC จะลดลง (ตารางที่ 6 และตารางที่ 7) เมื่อเหล็กถูกขนส่งไปที่ไขกระดูก จะเข้าสู่กระบวนการ erythropoiesis เพื่อสร้างเม็ดเลือดแดง ซึ่งกระบวนการนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมน erythropoietin ที่ส่งมาจากต่อมหมวกไต ในขบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงนั้น เซลล์เม็ดเลือดแดงประกอบด้วย Hb ซึ่ง Hb 1 โมเลกุลประกอบด้วยฮีม 4 โมเลกุล แต่ละฮีมประกอบด้วยเหล็ก 1 อะตอม ซึ่งสามารถจับกับออกซิเจนได้ 1 โมเลกุล ดังนั้น Hb 1 โมเลกุลจึงจับกับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุลหรือ 8 อะตอม ซึ่งเรียก Hb ที่จับกับออกซิเจนว่า ออกซิฮีโมโกลบิน พบว่าออกซิเจนส่วนใหญ่ถึง 99% ถูกขนส่งโดยจับกับ Hb ในเม็ดเลือดแดงหรือเรียกว่าออกซิเจนอาศัย Hb เป็นตัวพาเพื่อขนส่งไปเลี้ยงร่างกายและสันดาปพลังงาน (บัวรอง, 2557) ซึ่งนักกีฬาที่รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ พบว่า Hb มีค่ามากขึ้น (ตารางที่ 10 และตารางที่ 11) และส่งผลให้เม็ดเลือดแดงมีความสมบูรณ์ขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากค่า MCV และ MCHC ที่มีค่ามากขึ้น (ตารางที่ 12, 13 และตารางที่ 14, 15 ตามลำดับ) จึงทำให้เม็ดเลือดแดงมีประสิทธิภาพในการจับออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬา จะทำให้นักกีฬาสามารถทำกิจกรรมที่มีความหนักต่อเนื้อได้ดี ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดส่วนหนึ่งเป็นผลจากประสิทธิภาพในการจับออกซิเจนของเม็ดเลือดแดง โดยพบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬามีค่ามากขึ้นหลังรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ โดยเฉพาะในกลุ่ม Ta พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้น ($P=0.022$) ส่วนในกลุ่ม Tn พบว่าความสามารถ

ในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีแนวโน้มมากขึ้น (ตารางที่ 18 และตารางที่ 19) ซึ่งในการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีค่างานสูงสุดในการทดสอบ VO₂max ตามมา โดยพบเพียงแนวโน้มมีค่ามากขึ้นในกลุ่มนักกีฬาที่รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ ($P=0.079$) (ตารางที่ 20 และตารางที่ 21) ซึ่งความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจำเป็นมากโดยเฉพาะนักกีฬาที่ต้องใช้ความทนทานและมีระยะเวลานานในการทำกิจกรรม โดยเฉพาะกีฬาจักรยานเสือภูเขาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ เพราะกีฬาจักรยานประเภทเสือภูเขาเป็นกีฬาที่ใช้ระยะเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมงในการแข่งขันและฝึกซ้อม โดยมีระยะทางที่ใช้ปั่นประมาณ 30-50 กิโลเมตร ซึ่งต้องมีสมรรถภาพด้านแอโรบิกที่ดีจึงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร ซึ่งผลการทดลองพบว่า เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรของนักกีฬาที่ได้รับประทานเฟอร์รัสซัลเฟต 12 สัปดาห์ดีขึ้น ($P=0.007$) โดยเฉพาะในกลุ่ม Ta พบว่า เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรดีขึ้น ($P=0.015$) ส่วนในกลุ่ม Tn พบว่า เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรมีแนวโน้มดีขึ้น ($P=0.193$) (ตารางที่ 16 และตารางที่ 17)

นอกเหนือจากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยยังได้พบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตเสริมอีกด้วย กล่าวคือ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transferrin saturation กับ Serum ferritin ($P=0.027$), Serum ferritin กับ Hb ($P=0.001$), Hb กับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($P=0.014$) และพบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ เวลาในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร ($P=0.060$) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ เมื่อนักกีฬาได้รับธาตุเหล็กเสริม (ตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 21)

นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin น้อย (Ta) ซึ่งมีค่า Serum ferritin ก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 32.6 ถึง 135 $\mu\text{g}/\text{dl}$ นั้น เมื่อเสริมเฟอร์รัสซัลเฟตแล้ว ส่งผลให้ค่าตัวแปรต่างๆ เกือบทุกตัวได้แก่ Hb, MCV, MCHC, Transferrin saturation, Serum ferritin ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นที่น่าสังเกตว่า กลุ่มทดลองที่มี Serum ferritin มาก (Tn) ซึ่งมีค่า Serum

ferritin ก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 145 ถึง 218 $\mu\text{g}/\text{dl}$ กลับพบว่า ค่าตัวแปรหลายตัวแปร ได้แก่ Hb, MCV, MCHC และ transferrin saturation มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่หลายตัวแปร มีแนวโน้มว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะให้นักกีฬาที่มีค่า Serum ferritin อยู่ในช่วงเดียวใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ (32.6 ถึง 218 $\mu\text{g}/\text{dl}$) เสริมเฟอร์รัสซัลเฟต จะสามารถช่วยเพิ่มความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้มา มีความชัดเจนและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการออกแบบควบคุมความหนักในการซ้อมของนักกีฬาให้เหมือนกันทุกคน เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะ over training ของนักกีฬา
3. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรควบคุมอาหารที่นักกีฬารับประทานที่มีปริมาณธาตุเหล็ก นอกเหนือจากการเสริมเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เกล็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. 2543. **พื้นฐานกายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์**. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กัญญา ปาละวิวัฒน์. 2536. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. ชรรคมถการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- บัวรอง ลีเฉลิมวงศ์. 2557. **สรีรวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เทกแอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.
- ปราณี ฟูไพบเราะ. 2552. **คู่มือยา**. พิมพ์ครั้งที่ 6. NP Press Limited Partnership, กรุงเทพฯ.
- พีระพงษ์ บุญศิริ. 2538. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร และ อารี ปรมัตถากร. 2542. **วิทยาศาสตร์การกีฬา**. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- สภากาชาดไทย. 2554. **ธาตุเหล็กสำคัญต่อการสร้างโลหิต**. แหล่งที่มา: <http://www.blooddonationthai.com>, 1 มิถุนายน 2554.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2553. **ธาตุเหล็ก**. แหล่งที่มา: <http://www.fad.moph.go.th>, 15 มิถุนายน 2554.
- Carola, R., J. P. Harley and C. R. Noback. 1992. **Human Anatomy**. McGraw - Hill., New York.
- Christine A.J., C.M. Weaver and D.A. Sedlock. 1991. Iron supplementation and iron status in exercising young women. **Nutritional Biochemistry** 7: 368–373

- Conway, K.J., R. Orr and S.R. Stephen. 2002. **Effect of a Divided Caffeine Dose on Endurance Cycling Performance, Postexercise Urinary Caffeine Concentration and Plasma Paraxanthine.** *Journal of Applied Physiology* 94: 1557-1562.
- Dustin R. Slivka, Walther S. Hailes, John S. Cuddy, and Brent C. Ruby. 2010. **Effects of 21 days of intensified training on markers of overtraining.** *J Strength Cond Res* 24(10): 2604–2612.
- Edgar L.W., A. Peset, M. Papaphylactou and R. Inuzuka. 2010. **Replacement therapy for iron deficiency improves exercise capacity and quality of life in patients with cyanotic congenital heart disease and/or the Eisenmenger syndrome.** *International of Cardiology* 3: 307–312.
- Erika C., M. Mimura, J.W. Bregano, J.B. Dichi, E.P. Gregorio and I. Dichi. 2008. **Comparison of Ferrous Sulfate and Ferrous Glycinate Chelate for the Treatment of Iron Deficiency Anemia in Gastrectomized Patients.** *Nutritional* 24: 663-668.
- Franco M.I. and Samuele M.M. 2007. **The Physiology of Mountain Biking.** *Sports Med* 37(1): 59-71.
- Hinton, P.S., C. Giordano, T. Brownlie and J.D. Haas. 2000. **Iron Supplementation Improves Endurance after Training in Iron-depleted Nonanemic Women.** *Journal of Applied Physiology* 88: 1103-1111.
- Jensen, C. A., C.M. Weaver and D.A. Sedlock. 1991. **Iron Supplementation and Iron Status in Exercising Young Women.** *The Journal of Nutritional Biochemistry* 2: 368-373.
- Joyner, M.J. 2003. **O₂MAX, Blood Doping, and Erythropoietin.** *Journal Sports Med* 37: 190-191.

Little, C.R. 1985. **Physiology of the Heart and Circulation**. Chicago: Year Book Medical Publisher, Inc., New York.

Martinez, A.C. and J.F.Escanero. 1992. **Iron Transferrin and Haptoglobin Levels after a Single Bout of Exercise in Men**. *Physiology and Behavior* 51: 719-722.

Uicich, R., F. Pizarro, C. Almeida, M. Diaz, J. Boccio, M. Zubillaga and E. Cermuega. 1999. **Bioavailability of Microencapsulated Ferrous Sulfate in Fluid Cow's Milk Studies in Human Beings**. *Nutritional* 19: 893-897.

Zoller, H. and W. Vogel. 2004. **Iron Supplementation in Athletes-First do no Harm**. *Nutrition* 20: 615-619.





ภาคผนวก ก
ใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
และเอกสารแนะนำกลุ่มตัวอย่าง

ใบยินยอมด้วยความสมัครใจ

การวิจัยเรื่อง ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

Effects of Ferrous Sulfate on Mountain Bike Athlete's Performance

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีวิจัย อันตรายหรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยหรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจและการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาที่ข้าพเจ้าจะได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปแบบผลการวิจัยหรือการเปิดเผยข้อมูลต่อผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนและกำกับการดูแลการวิจัย

ผู้วิจัยรับรองว่าหากเกิดอันตรายใดๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการชดเชยรายได้ที่สูญเสียไป และจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่คิดมูลค่า ตลอดจนเงินทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นและรายละเอียดเกี่ยวกับการรักษาพยาบาลหรือเงินชดเชยดังกล่าว

ชื่อผู้วิจัย นายกนกนิต บัวหลวง

ตำแหน่ง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ปฏิบัติงาน บริษัท ASRAS MEDICAL จำกัด 129/199 หมู่ 11 ซ.นวมิน 163

แขวง คลองกุ่ม เขต บึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230

โทรศัพท์ ที่ทำงาน 02-9307391 กด 0

เคลื่อนที่ 080-4414233

บุคคลที่รับผิดชอบเรื่องนี้เป็น นายกนกนิต บัวหลวง ที่อยู่ 105 หมู่ 1 ถ.ลพบุรี-สิงห์บุรี ต.ท่าวัง

อ.ท่าวัง จ.ลพบุรี 15150

หมายเลขโทรศัพท์ 080-4414233, 089-9668679, 084-1553423

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบ
ยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ศาสสมักร

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2555

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2555

ลงนาม.....พยาน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2555

ลงนาม.....พยาน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2555

เอกสารแนะนำสำหรับกลุ่มตัวอย่าง

ชื่อโครงการวิจัย

ผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

Effects of Ferrous Sulfate on Mountain Bike Athlete's Performance

ผู้วิจัยหลัก

นาย กนกนธิ บัวหลวง

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ปฏิบัติงาน

บริษัท ASRAS MEDICAL จำกัด 129/199 หมู่ 11 ซ.นวมิน 163

แขวง คลองกุ่ม เขต บึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230

โทรศัพท์ที่สะดวกต่อการติดต่อตลอด 24 ชั่วโมง

ที่ทำงาน : 02-9307391 กด 0

โทรศัพท์เคลื่อนที่ : 080-4414233

เหตุผลและความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาวิจัย

การรับประทานอาหารเสริมในนักกีฬาในบางกรณีเป็นเพียงความเชื่อว่าจะสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพในการการเล่นกีฬาได้ แต่ในบางกรณีการรับประทานอาหารเสริมสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาดีขึ้นได้ เช่น การได้รับธาตุเหล็กเสริมสามารถช่วยแก้ไขปัญหของภาวะโลหิตจางของนักกีฬาได้ ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาผลของเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานเสือภูเขาทั้งในนักกีฬาที่ขาดธาตุเหล็กและนักกีฬาที่ไม่ขาดธาตุเหล็ก เพื่อทราบถึงผลของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อร่างกายและเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวปฏิบัติที่ถูกต้องเหมาะสมเกี่ยวกับการเสริมธาตุเหล็กในนักกีฬาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการได้รับเฟอร์ริตซินซัลเฟต ในระยะเวลา 12 สัปดาห์ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา

วิธีการศึกษาวิจัยโดยสังเขป

งานวิจัยนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาเพศชาย จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 20-40 ปี มีประสบการณ์ในการแข่งขันอย่างน้อย 2 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง จำนวนกลุ่มละ 10 คน กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองได้รับธาตุเหล็กเสริมไปรับประทานทั้งสองกลุ่มและทำการฝึกซ้อมจักรยานตามปกติ ทั้งสองกลุ่มจะเข้าร่วมการทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยการวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อดูค่าทางโลหิตวิทยา โดยดูค่า CBC, Serum ferritin, TIBC, Serum iron, Transferrin saturation และมีการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการปั่นจักรยานโดยจับเวลาระยะทาง 30 กิโลเมตร ในช่วงก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

ระยะเวลาที่ท่านต้องเกี่ยวข้องในการศึกษาวิจัย

ท่านต้องเข้าร่วมการวิจัยเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยก่อนเริ่มต้นการวิจัยท่านต้องมาพบผู้วิจัยก่อน เพื่อรับฟังการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตรายหรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด จนกระทั่งมีความเข้าใจดีแล้ว ซึ่งท่านมีระยะเวลาในการตัดสินใจเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถสอบถามข้อมูลหรือข้อสงสัยต่างๆ ได้จากผู้วิจัยตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ที่ได้แจ้งให้ทราบแล้ว ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมด้วยความสมัครใจ การวิจัยครั้งนี้มีการเก็บข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐาน และทำการทดสอบตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยกำหนดให้ เมื่อครบ 12 สัปดาห์แล้ว ท่านต้องมาพบผู้วิจัยอีกครั้ง เพื่อทำการเก็บข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ หลังได้รับประทานธาตุเหล็กเสริม

ผู้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย และผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย คือ ผู้วิจัยหลัก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและการนำไปใช้

1. เพื่อให้ให้นักกีฬาได้ทราบว่าเฟอร์รัสซัลเฟตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานเสียภูเขาได้หรือไม่
2. ได้ทราบถึงจากการรับประทานเฟอร์รัสซัลเฟตที่มีต่อค่าทางโลหิตวิทยาและความสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

ความเสี่ยงหรือความไม่สบายทุกประการที่อาจเกิดในการเข้าร่วมการศึกษา

1. จะมีอุจจาระเป็นสีดำซึ่งเป็นปกติของการได้รับเฟอร์รัสซัลเฟต
2. อาจมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน จากภาวะเหล็กเกินมากๆ ในร่างกาย แต่ในการวิจัยนี้ไม่สามารถทำให้เหล็กเกินได้จากการคำนวณสมดุลเหล็กในร่างกาย

การป้องกันความเสี่ยง และการแก้ไขกรณีเกิดปัญหา

1. ไม่ควรใช้ยาในรูปแบบที่มีฤทธิ์เคลือบลำไส้
2. เมื่อมีอาการระคายเคืองทางเดินอาหารเป็นประจำอยู่แล้วควรรับประทานอาหารก่อน ซึ่งในวิธีการวิจัยได้ให้รับประทานหลังอาหารอยู่แล้ว
3. หากมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ให้หยุดรับประทานแล้วแจ้งให้ผู้วิจัยหรือแพทย์ทราบทันที

การดูแลรักษาที่ผู้วิจัยจัดให้

กรณีท่านได้รับผลข้างเคียงจากการรับประทานธาตุเหล็กเสริม ซึ่งเกิดขึ้นจากการวิจัย ผู้วิจัยจะให้การช่วยเหลือดูแลจนหายจากอาการข้างเคียงจากการรับประทานธาตุเหล็กเสริม โดยท่านจะได้รับการดูแลรักษาโดยไม่ต้อง เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ค่าตอบแทนชดเชย

ท่านจะได้รับเงินค่าชดเชยเป็นค่าเสียเวลา ค่าอาหาร ครั้งละ 250 บาท 4 ครั้ง

หมายเหตุ: กรณีมีเหตุจำเป็นหรือฉุกเฉิน บุคคลที่ท่านสามารถติดต่อทั้งในและนอกเวลาราชการได้แก่

1. นาย กนกนธิ บัวหลวง บริษัท ASRAS MEDICAL จำกัด 129/199 หมู่ 11 ซ.นวมินทร์ 163 แขวง คลองกุ่ม เขต บึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230 ที่ทำงาน: 02-9307391 กด 0 โทรศัพท์เคลื่อนที่: 080-4414233





ใบตอบรับโครงการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ-นามสกุล.....

อายุ.....เพศ.....

ทีม.....

จังหวัด.....อาชีพ.....

โรคประจำตัว มี..... ไม่มี

แพ้ยา มี..... ไม่มี

เบอร์โทรศัพท์.....

E-mail.....

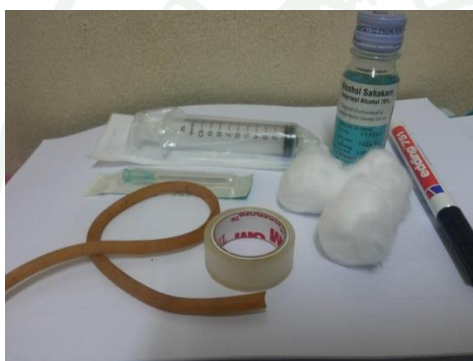
ขอขอบพระคุณนักกีฬาทุกท่านที่ให้ความสนใจเข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้



ภาคผนวก ค
การเก็บตัวอย่างเลือด

วิธีการ

การเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำปริมาณทั้งหมด 10 ซีซี โดยพยาบาลวิชาชีพ ใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อไปตรวจหาค่าต่างๆทางโลหิตวิทยา ก่อน โดยแบ่งใส่หลอดที่ 1 (ฝาสีม่วง) มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA ปริมาณ 2 ซีซี เพื่อนำไปตรวจ Hb, MCV, MCHC หลอดที่ 2 (ฝาสีแดง) ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว ปริมาณ 8 ซีซี เพื่อนำไปตรวจ Serum ferritin, Serum iron, TIBC, Transferrin saturation



ภาพผนวกที่ ๑ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือดทางหลอดเลือดดำ ประกอบด้วย กระจกน็ด ขาขนาด 10 ซีซี เข็มฉีดยา ขางรัดแขน สำลี แอลกอฮอล์ เทปกาว ปากกาเมจิก หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ 1 (ฝาสีม่วง) มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA เพื่อนำไปตรวจ Hb, MCV และ MCHC หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ 2 (ฝาสีแดง) ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว เพื่อนำไปตรวจ Serum ferritin, Serum iron, TIBC, Transferrin saturation



ภาคผนวก ง

การทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด

วิธีการ

ทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้วิธีการเพิ่มความหนักของจักรยานทดสอบแบบ Ramp (Dustin *et al.*, 2010) ลำดับการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

- ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 2 นาที เพื่อหาค่า การใช้ออกซิเจนขณะพัก
- ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเริ่มทำการปั่นจักรยานอยู่บนร่างกายที่ความหนัก 0 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที
- หลังจากนั้นปรับความหนักของจักรยานทดสอบเป็น 20 วัตต์ ทำการปั่นเป็นเวลา 1 นาที
- หลังจากนั้นเพิ่มความหนักของจักรยานทดสอบอย่างต่อเนื่อง 20 วัตต์ ทุกนาทีแบบ Ramp จนไม่สามารถปั่นต่อได้
- บันทึกค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่างานสูงสุดที่นักกีฬาทำได้
- ในช่วงฟื้นตัวให้ปั่นจักรยานที่ความหนัก 20 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที
- ทำการทดสอบอีกครั้งเมื่อครบระยะเวลา 12 สัปดาห์ หลังจากนักกีฬาได้รับ เฟอร์รัสซัลเฟต (กลุ่มทดลอง) หรือ Placebo (กลุ่มควบคุม)



ภาพผนวกที่ ๑1 การทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผ่านเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ



วิธีการ

การทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา โดยการให้นักกีฬาปั่นจักรยานในสนามจำลองสำหรับการปั่นแบบเสือภูเขา ลักษณะพื้นผิวเป็นดิน เป็นเส้นทางแบบ Single track รอบละ 1 กิโลเมตร จำนวน 30 รอบ เป็นระยะทางรวม 30 กิโลเมตร โดยใช้เวลาน้อยที่สุดโดยใช้จักรยานของผู้เข้าร่วมการทดลองและสามารถเลือกใช้เกียร์ได้ตามความต้องการ



ภาพผนวกที่ จ1 สภาพเส้นทางจำลองที่ใช้ทดสอบปั่นจักรยานเสือภูเขา รอบละ 1 กิโลเมตร เป็นเส้นทางแบบ Single track



ภาพผนวกที่ จ2 การทดสอบความสามารถในการปั่นจักรยานเสือภูเขา 30 กิโลเมตร



ภาคผนวก ฉ
เฟอร์ริซซัลเฟต และ Placebo

กลุ่มทดลองจะได้รับเฟอร์รัสซัลเฟตชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อ 1 เม็ดมีส่วนประกอบของธาตุเหล็กเฟอร์รัสซัลเฟต 65 มิลลิกรัม มีสีดำ เคลือบแข็ง โดยมีการบรรจุลงในแคปซูลสีแดง หลังอาหารทันที ครั้งละ 1 เม็ด 3 เวลาต่อวัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



ภาพผนวกที่ ฉ1 เฟอร์รัสซัลเฟตชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อ 1 เม็ดมีส่วนประกอบของธาตุเหล็ก 65 มิลลิกรัม



ภาพผนวกที่ ฉ2 เฟอร์รัสซัลเฟตชนิดเม็ด ขนาด 200 มิลลิกรัมที่ถูกบรรจุลงในแคปซูลสีแดง

กลุ่มควบคุมจะได้รับ Placebo ที่เป็นแป้งข้าวโพดบรรจุลงในแคปซูลสีแดงหลังอาหารทันที
ครั้งละ 1 เม็ด 3 เวลาต่อวัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



ภาพผนวกที่ ๓ แป้งข้าวโพดที่นำมาใช้เป็น Placebo บรรจุในแคปซูลสีแดง เช่นเดียวกับเฟอรัล
รัสซัลเฟต



ภาพผนวกที่ ๔ แป้งข้าวโพดที่บรรจุอยู่ในแคปซูลสีแดง



ภาพผนวกที่ ๕ ซองบรรจุยาป้องกันแสงพร้อมสารกันชื้นด้านใน



ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายกนกนธิ บัวหลวง
เกิดวันที่	14 กันยายน พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์การกีฬา) วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้เชี่ยวชาญการรักษาโรคนิ้วโดยการสลายนิ้ว
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงพยาบาลวชิระพยาบาล โรงพยาบาลสงฆ์ โรงพยาบาลราชวิถี