



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

.....
วิทยาศาสตร์การกีฬา

.....
โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล

Effect of Caffeine on Physical Performance simulated from Rugby Football Game

นามผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีปณณวิชญ์ เคนสุมิตร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(..... อาจารย์อภัสรา อัครพันธุ์, ปร.ค.)

กรรมการ

(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิเมณฑลกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(..... รองศาสตราจารย์นายแพทย์ธงชัย อนุเคราะห์นันท, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(..... รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล

Effect of Caffeine on Physical Performance simulated from Rugby Football Game

โดย

ว่าที่ร้อยตรีปิ่นณวิษญ์ เค้นสุมิตร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัทมวิษณุ เคนสุมิตร, ว่าที่ร้อยตรี 2554: ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาการสาธารณสุขที่ปรึกษา: อาจารย์อภัสรา อัครพันธุ์, ปร.ค. 134 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อายุ 18-22 ปี เพศชาย จำนวน 10 คน ทำการทดลองแบบ double-blind crossover design การทดสอบแต่ละครั้งห่างกันไม่น้อยกว่า 3 วัน โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มีปริมาณคาเฟอีน 0 mg/kg BW(D) หรือ 3.5 mg/kg BW(M) หรือ 7 mg/kg BW(C) ในแต่ละการทดลองหลังจากดื่มเครื่องดื่มเป็นเวลา 45 นาที ทำการทดสอบสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะการทดสอบวิ่งเหยาะ การทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อ การทดสอบความแม่นยำในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล การทดสอบความเร็ว การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว โดยทำการทดสอบ 2 ครั้งเวลาๆ ละ 35 นาที พักระหว่างครั้ง 10 นาที นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการแบบ LSD กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มี ปริมาณ คาเฟอีน 0 mg/kg BW(D), 3.5 mg/kg BW(M), 7 mg/kg BW(C) ไม่มีผลทำให้สมรรถนะทางกาย ที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การได้รับเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มี ปริมาณคาเฟอีนเพียงเล็กน้อยสามารถทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น แม้ว่ากลไกของคาเฟอีน ยังไม่สามารถทำความเข้าใจได้ทั้งหมด แต่ก็คาดว่าคาเฟอีนจะไปมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Pannawit Densumit, Acting SubLt. 2011: Effect of Caffeine on Physical Performance simulated from Rugby Football Game. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Miss Apasara Arkarapanthu, Ph.D. 134 pages.

The purpose of this research was to study the effect of caffeine on physical performance simulated from rugby football game. The subjects consisted of 10 male rugby football players aged 18 to 22 years from Kasetsart university. Double-blind crossover design were used in this study. These subjects drank one of the following drinks 1) coffee containing 0 mg/kg BW(D), 2) 3.5 mg/kg BW(M) and 3) 7 mg/kg BW(C). The experiments were repeated with diverse drinks with a minimal interlude of three days. Forty-five minutes after each drink, these subjects were tested physical performance i.e. heart rate during jogging, muscular endurance, ball-passing accuracy, speed, muscular strength, agility Each test consisted of two 35-min halves with a 10-min half-time rest. The data were analysis for the mean, standard error and significant difference by using one-way analysis of variance with repeated measures along with multiple comparison using the LSD method

The results revealed that after the subjects drank coffee containing 0 mg/kg BW(D), 3.5 mg/kg BW(M), 7 mg/kg BW(C) there were no significant difference in the physical performance. To get coffee with a little caffeine can cause increase heart rate. Although the mechanism of caffeine can not understand at all. However, it is estimated that the caffeine will affect the functioning of the central nervous system.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร. อากัสรา อัครพันธุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาที่ให้ออกสื่แก่ผู้วิจัยในการทำวิจัยและที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผศ.ดร.สิริพร ศศิสมณฑลกุล กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รศ.ดร.นพ.ธงชัย อนุเคราะห์านนท์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รศ.ดร.กรรวิ บุญชัย ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เกิดความสมบูรณ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักการกีฬา เจ้าหน้าที่สำนักการกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้และขอบคุณนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชมรมรักบี้ฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้สละเวลาในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้พร้อมทั้งอบรมสั่งสอนและช่วยเหลือด้วยความเป็นห่วง นอกจากนี้ขอขอบคุณนิสิตปริญญาโทคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ทำให้กำลังใจด้วยดีมาตลอด

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อดาลัทธ คุณแม่พัชรีพรรณ เคนสุมิตร ญาติพี่น้องและเพื่อนทุกคนที่ให้ความสนับสนุนและให้ออกสื่ทางการศึกษาแก่ผู้วิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง คุณค่าและความดีใดๆที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบแก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

ปีณณวิษญ์ เคนสุมิตร

เมษายน 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
สมมติฐานการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ข้อตกลงเบื้องต้น	3
นิยามศัพท์	4
การตรวจเอกสาร	5
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคาเฟอีน	5
เภสัชจลนศาสตร์ของคาเฟอีน	9
ผลของคาเฟอีนต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย	11
การใช้พลังงานขณะออกกำลังกาย	16
ความต้องการน้ำของร่างกาย	20
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	21
ความสำคัญของสมรรถภาพอนาการศนิยม	22
ความรู้ทั่วไปในกีฬารักบี้ฟุตบอล	24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	34
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลและวิจารณ์	38
ผล	38
วิจารณ์	82
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	93
ภาคผนวก	105
ภาคผนวก ก แบบบันทึกผลการทดลอง	106
ภาคผนวก ข เอกสารชี้แจงข้อมูล	108
ภาคผนวก ค วิธีการทดสอบและแผนผังสถานีทดสอบ	113
ภาคผนวก ง คำสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	122
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์การถดถอย	125
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	134

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)อัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C	41
2	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง	42
3	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง	43
4	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก	44
5	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งหลัง	45
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งหลัง	46
7	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D	47
8	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ M	48
9	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ C	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาครั้งแรกและในช่วงเวลาครั้งหลัง	53
11	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากการที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง	56
12	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก	58
13	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งหลัง	60
14	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)จำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าไปในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C	62
15	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)จำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง	63
16	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง	64
17	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัมชนิด D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มนชนิด D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง	66
19	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความเร็วในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	67
20	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลองครั้งแรกและครึ่งหลัง	68
21	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ตลอดการทดลอง	69
22	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก	70
23	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง	71
24	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	72
25	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครึ่งหลัง	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง	74
27	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก	75
28	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งหลัง	76
29	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความเคล่วคล่องว่องไวในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C	77
30	ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความเคล่วคล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง	78
31	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเคล่วคล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง	79
32	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเคล่วคล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก	80
33	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเคล่วคล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งหลัง	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง1	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบกับค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก และช่วงเวลาค้าง	123
ง2	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบกับค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก และช่วงเวลาค้าง	124
จ1	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	126
จ2	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาค้าง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	126
จ3	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	127
จ4	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาค้าง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	127
จ5	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	128

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ6	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	128
จ7	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครึ่งแรก ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	129
จ8	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	129
จ9	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครึ่งแรก ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	130
จ10	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	130
จ11	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครึ่งแรก ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	131
จ12	การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ซึ่งมีระยะเวลา ในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์	131

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงสูตรโครงสร้างของคาเฟอีนและอนุพันธ์ของแซนทีน	8
2	แสดงการแตกตัวโครงสร้างของคาเฟอีน	10
3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้กลูโคสกับความหนักของการออกกำลังกาย	19
4	ตำแหน่งการยืนของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล	24
5	ขนาดสนาม	27
6	แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	42
7	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเฉลี่ยจาก 4 ครั้งในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	50
8	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 1 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	50
9	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 2 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	51
10	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 3 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	51
11	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 4 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C	52
12	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตลอดการทดลอง	54
13	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในช่วงเวลาครั้งแรก	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งหลัง	55
15	แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนลูกกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C	63
16	แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C	68
17	แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C	73
18	แสดงค่าเฉลี่ยความแค่วัดคอร่องว่องไวในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C	78
ภาพผนวกที่		
ก1	แผนผังสถานีทดสอบ	115
จ1	แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งแรก	132
จ2	แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งหลัง	132
จ3	แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งแรก	133
จ4	แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งหลัง	133

ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล

Effect of Caffeine on Physical Performance simulated from Rugby Football Game

คำนำ

ปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจในการแข่งขันกีฬาเพิ่มมากขึ้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าในการแข่งขันแต่ละครั้งนั้นผู้ที่ชนะเลิศจะสามารถทำลายสถิติเดิม ไม่ว่าจะเป็นด้านเวลา ระยะทาง ความทนทาน ความแข็งแรง หรือแม้แต่การแข่งขันที่เน้นทักษะเป็นสำคัญ ก็มีการพัฒนาที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะได้มีการนำความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการกีฬา ในทุกๆด้าน มาพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬา อันได้แก่ การนำความรู้ด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Exercise Physiology) เวชศาสตร์ การกีฬา (Sport Medicine) ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) การควบคุมการฝึกกีฬา (Sport Coaching) จิตวิทยาการกีฬา (Sport Psychology) รวมทั้งโภชนาการการกีฬา (Sports Nutrition)

กีฬารักบี้ฟุตบอลนั้น เป็นเกมการเล่นที่รุนแรง ต้องเข้าปะทะเหนียวรั้ง เพื่อสกัดกั้นการบุกทะลวงของฝ่ายตรงข้ามอยู่ตลอดเวลา ต้องใช้ความเร็วในการรุกตลอดเกมการแข่งขัน ดังนั้นรักบี้ฟุตบอลจึงเป็นกีฬาที่ต้องการผู้เล่นที่มีสมรรถภาพที่ดี นักกีฬาควรมีรูปร่างใหญ่ แข็งแรง รวดเร็ว มีสมรรถภาพทางกายสูงในทุกด้าน ได้แก่ ความแข็งแรง (strength) ความอดทน (endurance) ความเร็ว (speed) ความแคล่วคล่องว่องไว (agility) ความอ่อนตัว (flexibility) สมรรถภาพการไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic performance) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (aerobic capacity) ถ้านักกีฬามีสมรรถภาพทางกายไม่ดีพอร่างกายจะไม่สามารถทนทานต่อการเล่นได้ตลอดเกมการแข่งขัน อาจส่งผลกระทบต่อทำให้ทีมอ่อนลงไป และแพ้การแข่งขันในที่สุด (ชนะวงศ์, 2549)

นักกีฬาและผู้เกี่ยวข้องมีความพยายาม ที่จะแสวงหาสิ่งที่จะช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกาย สารเพิ่มความสามารถ (ergogenic aids) เป็นสิ่งหนึ่งที่นักกีฬาแสวงหาเพื่อนำมาใช้เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน คาเฟอีน (caffeine) เป็นสารหนึ่งที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารดังกล่าวคาเฟอีนเป็นสารเคมีที่พบในธรรมชาติในพืชหลายชนิด เช่น กาแฟ โกโก้และโคล่า เป็นต้น กาแฟและชาจัดเป็นพืชที่ให้ปริมาณคาเฟอีนสูงสุด (ชัยชาญ และ อุดม, 2541) คาเฟอีนมีฤทธิ์ช่วยกระตุ้นสมองให้ลดความเครียดลง ตื่นตัวอยู่เสมอไม่ง่วง กระตุ้นหัวใจ ทำให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น ถ้าดื่มใน

ปริมาณที่มากจะเพิ่มความสามารถของหัวใจให้สูบฉีดเลือดต่อนาทีเพิ่มขึ้น และกระตุ้นเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อลาย ถ้ำร่างกายได้รับคาเฟอีน 300 -500 มิลลิกรัม ก่อนการออกกำลังกายที่ต้องใช้ความอดทนเป็นระยะเวลา 1 – 2 ชั่วโมง อาจช่วยทำให้สมรรถภาพทางกายดีขึ้น โดยส่งผลให้มีการสร้างเมตาบอลิซึมของกรดไขมันเพิ่มขึ้น ชะลอการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (พิชิต, 2535) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกหลายเรื่อง que ศึกษาถึงผลของ คาเฟอีนต่อสมรรถภาพทางกายด้านความอดทน ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกัน โดยพบว่า คาเฟอีนสามารถเพิ่มสมรรถภาพด้านความอดทนได้ (Graham and Spriet, 1991; Jackman *et al.*, 1996; Gregory *et al.*, 2002)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าคาเฟอีนจะสามารถออกฤทธิ์ในการกระตุ้นการทำงานในระบบต่างๆ ของร่างกายได้ แต่ปัจจุบัน World Anti-Doping Agency (WADA) ไม่จัดให้คาเฟอีนอยู่ในรายการสารต้องห้ามประเภทสารที่ออกฤทธิ์กระตุ้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษา ผลของคาเฟอีนที่มีต่อสมรรถนะทางกายด้านต่างๆ ได้แก่ความแข็งแรง ความอดทน ความเร็ว ความแคล่วคล่องว่องไว และสมรรถภาพการไม่ใช้ออกซิเจนที่จำลองจากอเมริกันฟุตบอล โดยผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานครั้งนี้ว่าการได้รับเครื่องดื่มคาเฟที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนในปริมาณที่ต่างกันทำให้สมรรถนะทางกายแตกต่างกัน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการให้คาเฟอีนในปริมาณต่างกัน ที่มีผลต่อสมรรถนะทางกาย ที่จำลองจากอเมริกันฟุตบอล

สมมติฐานการวิจัย

การได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนในปริมาณที่ต่างกันทำให้สมรรถนะทางกายแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 10 คน โดยการสุ่มเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)
2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย
 - 2.1 ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ ปริมาณคาเฟอีน
 - 2.1.1 ปริมาณคาเฟอีนขนาด 0 มก. /กก. น้ำหนักตัว
 - 2.1.2 ปริมาณคาเฟอีนขนาด 3.5 มก. /กก. น้ำหนักตัว
 - 2.1.3 ปริมาณคาเฟอีนขนาด 7 มก. /กก. น้ำหนักตัว
 - 2.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) คือสมรรถนะทางกาย จากโปรแกรมการฝึกรักบี้ฟุตบอลจำลอง

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ก่อนเข้ารับการทดสอบทุกครั้ง ผู้เข้ารับการทดสอบ จะควบคุมอาหาร การพักผ่อน กิจกรรมประจำวัน ให้คล้ายคลึงกันทุกครั้ง และหลีกเลี่ยงอาหารและเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนอย่างน้อย 1 วันก่อนการทดสอบ

2. ในการเข้าทดสอบทุกครั้ง ผู้เข้ารับการทดสอบจะอยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ คล้ายคลึงกัน และใช้เครื่องมือชนิดเดียวกัน

นิยามคำศัพท์

1. คาเฟอีน (Caffeine) คือ สารคาเฟอีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลอง
2. สมรรถนะทางกาย (Physical Performance) คือ ความสามารถของร่างกายที่จะปฏิบัติกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันรักบี้ฟุตบอล ประกอบไปด้วย อัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่งเหยาะ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความแม่นยำในการส่งลูก ความเร็ว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเคล่วคล่องว่องไว
3. การจำลองเกมรักบี้ฟุตบอล (simulate Rugby Football Game) คือ การจำลอง ทักษะการเล่นและการเคลื่อนไหวของร่างกายจากสถานการณ์จริงในกีฬารักบี้ฟุตบอลโดยประยุกต์จากงานวิจัยของ Gene *et al.* (2005)
4. นักกีฬารักบี้ฟุตบอล (Rugby Football player) หมายถึง นักกีฬารักบี้ฟุตบอลที่เป็นสมาชิกชมรมกีฬารักบี้ฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคาเฟอีน
2. เกสัชจลนศาสตร์ของคาเฟอีน
3. ผลของคาเฟอีนต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย
4. การใช้พลังงานขณะออกกำลังกาย
5. ความต้องการน้ำของร่างกาย
6. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
7. ความสำคัญของสมรรถภาพอนากาสนิยม
8. ความรู้ทั่วไปในกีฬารักบี้ฟุตบอล
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคาเฟอีน

ประวัติของคาเฟอีน

คาเฟอีน เป็นสารเคมีที่พบในธรรมชาติ โดยเป็นสารประกอบประเภทอัลคาลอยด์ (alkaloid) ที่พบอยู่ในพืชมากกว่า 60 ชนิด ในจำนวนพืชเหล่านี้กาแฟและชาจัดเป็นพืชที่ให้คาเฟอีนสูงสุด ประวัติการค้นพบพืชที่ให้คาเฟอีนพบว่ามนุษย์ได้ค้นพบเมล็ดกาแฟในอาราเบีย โบชาในจีน เมล็ด

โคล่าในแอฟริกา เมล็ดโกโก้ในเม็กซิโก ต้นไฮเล็กซ์ (ilex) จากบราซิล และ cecina หรือ christmas berry ในอเมริกาเหนือ (Stephenson, 1977)

จากหลักฐานทางโบราณคดีระบุว่ากาแฟได้ถูกค้นพบครั้งแรกโดยคนเลี้ยงแพะชาวอาหรับ สาเหตุมาจากแพะที่เขาเลี้ยงอยู่นั้น ได้กินเมล็ดกาแฟเข้าไปและเกิดอาการกระโดดโลดเต้นรำเริง ผิดปกติ ไม่เป็นอันหลับอันนอนตลอดคืนคนเลี้ยงแพะจึงได้ลองเอาเมล็ดกาแฟมาบดขงค้่ม ทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า รำเริง ไม่ง่วงนอน ต่อมาได้มีการเผยแพร่การค้นพบดังกล่าวออกไป ทำให้กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่นิยมแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน (กล้า, 2536)

ในปัจจุบันได้มีการนำคาเฟอีนมาเป็นส่วนประกอบในของบริโภคอื่นๆ โดยมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม โดยมีวัตถุประสงค์ในการแต่งรส (ภาวิช, 2539) นอกจากนี้แล้ว ยังมีการนำคาเฟอีนที่ได้จากการสังเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของยาในกลุ่ม ergot ในการบรรเทาอาการโรคไมเกรน (migraine) ซึ่งเป็นโรคปวดศีรษะเรื้อรัง รวมทั้งยังมีการใช้คาเฟอีนร่วมกับยาแก้แพ้บางตำรับเพื่อรักษาโรคไมเกรน อีกทั้งในสมัยก่อนยังใช้คาเฟอีนร่วมกับยาแก้ปวด (ชนัญญา, 2534)

แหล่งของคาเฟอีน

คาเฟอีน ได้มาจาก 2 แหล่งสำคัญ คือ

1. จากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ พบคาเฟอีนอยู่ในพืชมากกว่า 60 ชนิด เช่น เมล็ดกาแฟ (coffee arabica) ใบชา (tea leaf) เมล็ดโกโก้ (theobroma cacao) เมล็ดโคลา (cola acuminata) เป็นต้น พืชแต่ละชนิดจะให้คาเฟอีนในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สภาพภูมิอากาศฤดูกาล วิธีการเพาะปลูก ระยะเวลา วิธีการชง รวมทั้งขนาดที่รับประทานด้วย (Graham, 1978) ในพืชเหล่านี้กาแฟและชาจัดเป็นพืชที่ให้คาเฟอีนสูงสุด

2. จากการสังเคราะห์ คาเฟอีนที่ได้จากการสังเคราะห์ส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นส่วนประกอบในยา โดยส่วนใหญ่มักพบคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบอยู่ในยาบรรเทาความเจ็บปวด เช่น แอสไพริน พาราเซตามอล (ปริมาณคาเฟอีนในยาชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และยี่ห้อของยา (Graham, 1978; Leonard *et al.*, 1987)

โครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน

คาเฟอีน เป็นสารประกอบประเภทอัลคาลอยด์ (alkaloid) ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม methylxanthine ซึ่งนิยมเรียกว่า อนุพันธ์แซนทีน (xanthine derivatives) แซนทีน (xanthine) เป็น dioxypurine ที่มีสูตรโครงสร้างสัมพันธ์กับ uric acid

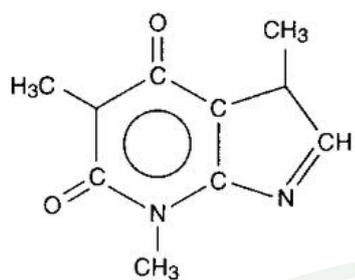
สารประกอบเคมีในกลุ่มเดียวกันที่มีความเกี่ยวข้องกับคาเฟอีนและมักพบเป็นส่วนประกอบตามธรรมชาติในพืชที่มีคาเฟอีนในอัตราส่วนต่างๆ กัน ได้แก่ ซีโอโบรมีน (theobromine) ที่มีอยู่ในโกโก้ และ ซีโอฟีลลีน (theophylline) มีมากในชา

คาเฟอีนมีสูตรโครงสร้างคือ 1,3,7-trimethyl- 1*H*-purine- 2,6(3*H*,7*H*)-dione หรือที่รู้จักกันทั่วไปคือ 1,3,7-trimethylxanthine ในขณะที่ ซีโอโบรมีนมีสูตรโครงสร้างคือ 3,7-dimethylxanthine และ ซีโอฟีลลีนคือ 1,3-dimethylxanthine การที่มีกลุ่ม methyl ในตำแหน่งที่แตกต่างกันส่งผลให้ได้สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาแตกต่างกันออกไป (Windhalz, 1983)

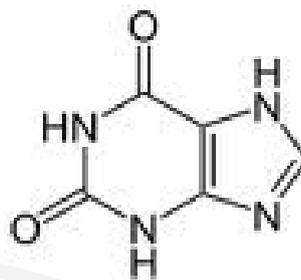
สูตรทางเคมีของคาเฟอีน คือ $C_8H_{10}N_4O_2$ และมีน้ำหนักโมเลกุล 194.19 คาเฟอีนประกอบด้วย C 49.48% H 5.19% N 28.85% และ O 16.48% (Windhalz, 1983) สูตรโครงสร้างของคาเฟอีนและอนุพันธ์ของแซนทีน ดังแสดงในภาพที่ 1

คุณสมบัติทั่วไปของคาเฟอีน (Gilbert, 1988)

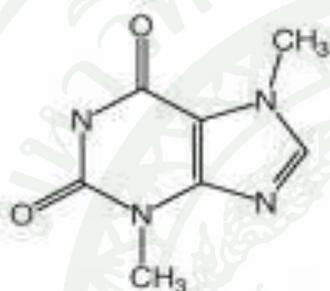
1. คาเฟอีนบริสุทธิ์ เป็นผงสีขาวหรือเป็นผลึกรูปเข็มสีขาว มีความวาว
2. ไม่มีกลิ่น มีรสขม
3. มีจุดหลอมเหลวที่ 234-239 องศาเซลเซียส
4. มีจุดเดือดที่ 178-180 องศาเซลเซียส (การระเหิด)
5. มีค่า pK_a 10.4 (ที่ 40 องศาเซลเซียส)
6. สามารถละลายได้ดีในน้ำร้อน และยังสามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อะซิโตน คลอโรฟอร์ม และ อีเทอร์



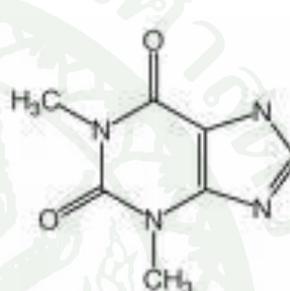
CAFFEINE



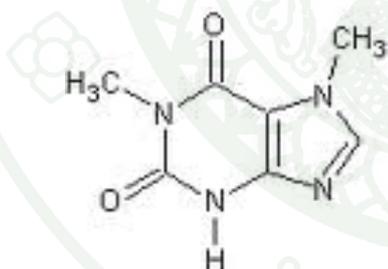
XANTHINE



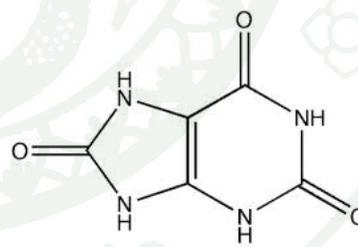
THEOBROMINE



THEOPHYLLINE



PARAXANTHINE



URIC ACID

ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของคาเฟอีนและอนุพันธ์ของแซนทีน

ที่มา: ชาววิกิพีเดีย (2007)

เภสัชจลนศาสตร์ของคาเฟอีน

การดูดซึม

คาเฟอีน เป็นกรดอ่อนมีค่า pK_a เท่ากับ 10.4 จึงแสดงให้เห็นว่าการดูดซึมของคาเฟอีนไม่ขึ้นกับ pH คาเฟอีน ถูกจัดเป็น unionized ในรูปของ nonpolar molecule (Benet and Massoud, 1984) คาเฟอีน เป็น lipophilic molecule ซึ่งมี lipid partition coefficient เท่ากับ 0.85 (Sawynok and Yaksh, 1993) ดังนั้นมันจึงแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อได้อย่างรวดเร็ว คาเฟอีนมากกว่า 99% ถูกดูดซึมได้หมดและค่อนข้างรวดเร็วในทางเดินอาหาร Axelrod and Richenthal (1953) พบว่า การได้รับคาเฟอีนโดยการกินและการได้รับทางเส้นเลือดดำ (IV) ระดับสูงสุดของคาเฟอีนในพลาสมาจากการกินคาเฟอีนมีค่าประมาณใกล้เคียงกับการได้รับทางเส้นเลือดดำ

หลังจากการดูดซึม ระดับสูงสุดของคาเฟอีนในพลาสมาเกิดขึ้นประมาณ 30-60 นาที (Sawynok and Yaksh, 1993) ค่านี้อาจมีการผันแปรได้ตั้งแต่ 15-100 นาที โดยพบว่า การดูดซึมของคาเฟอีนจะเร็วขึ้นในขณะท้องว่าง ส่วนอาหารจะชะลอการดูดซึมของคาเฟอีนให้ช้าลงได้ แต่ไม่ลดปริมาณของคาเฟอีนที่ถูกดูดซึม (ชัยชาญ, 2539) และ Robertson and Smith (1981) ได้ศึกษาหลังจากการให้คาเฟอีนในปริมาณ 250 มิลลิกรัม พบว่าคาเฟอีนในพลาสมามีค่าระหว่าง 5-25 $\mu\text{g/ml}$ ซึ่งการได้รับคาเฟอีนขนาด 5-8 mg/kg BW ทำให้มีระดับของคาเฟอีนในพลาสมาสูงสุดเพียง 8-10 $\mu\text{g/ml}$

การกระจายตัว และการจับตัวของโปรตีน

ชัยชาญ (2539) กล่าวว่า หลังจากการดูดซึม คาเฟอีนกระจายตัวอย่างรวดเร็วไปทุกส่วนของร่างกาย โดยเฉพาะอวัยวะที่มีเลือดไปเลี้ยงมาก เช่น หัวใจ สมอง และไต คาเฟอีนยังสามารถกระจายตัวเข้าสู่รกและน้ำนมได้อีกด้วย นอกจากนี้แล้ว ภักดี (2527) ยังกล่าวว่า ภายหลังจากหนึ่งชั่วโมงการกระจายตัวของคาเฟอีนจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อ

คาเฟอีนจับกับโปรตีนในพลาสมาได้ไม่มากนัก การศึกษาทั้งในหลอดทดลองและในสัตว์ทดลอง แสดงให้เห็นว่าคาเฟอีนสามารถจับกับโปรตีนในพลาสมาซึ่งส่วนใหญ่เป็น albumin ได้ 10-30% ในช่วงความเข้มข้น 1-100 $\mu\text{g/ml}$ (Bowman and Rand, 1980)

เมตาบอลิซึม

กระบวนการเมตาบอลิซึมของคาเฟอีนที่สำคัญในมนุษย์ คือ มีขบวนการเกิด N-demethylation ถึง 95% และอีก 5% เป็นเพียงการให้ trimethyl derivatives (Arnaud, 1987)

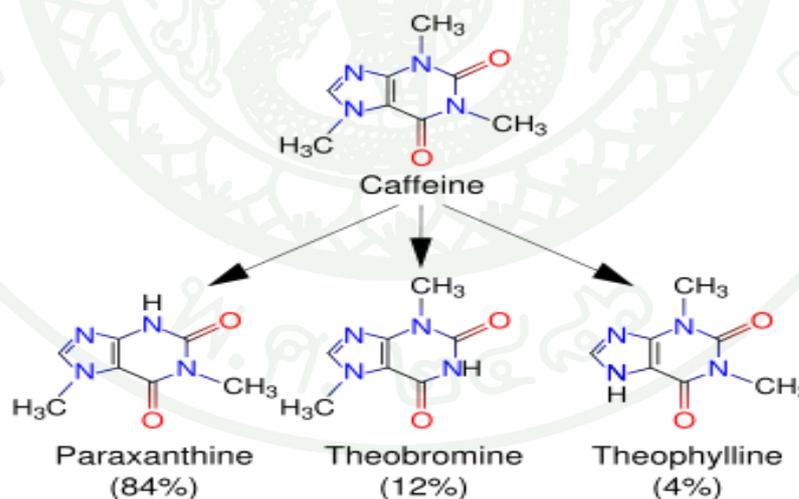
คาเฟอีนจะถูกเปลี่ยนแปลงสภาพที่ตับ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครมพี 450 ออกซิเดส (Cytochrome P450 oxidase) ซึ่งเอนไซม์นี้จะเปลี่ยนคาเฟอีนให้เป็นอนุพันธ์สามชนิด (ดังแสดงในภาพที่ 2) ได้แก่

พาราแซนทีน (Paraxanthine) มีผลในการสลายไขมัน เพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลและกรดไขมันในกระแสเลือด

ธีโอโบรมีน (Theobromine) มีผลในการขยายหลอดเลือด และเพิ่มปริมาณของปัสสาวะ

ธีโอฟิลลีน (Theophylline) มีผลทำให้กล้ามเนื้อเรียบที่อยู่ล้อมรอบหลอดลมปอดคลายตัว จึงทำให้หลอดลมขยายตัวมากขึ้น

อนุพันธ์ทั้งสามชนิดนี้จะถูกแปรสภาพต่อไป และขับออกทางปัสสาวะในที่สุด



ภาพที่ 2 แสดงการแตกตัวโครงสร้างของคาเฟอีน

ที่มา: ชาววิกิพีเดีย (2007)

การกำจัด

คาเฟอีนและสารที่เกิดจากการเมตาบอลิซึมส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางไต (Leonard *et al.*, 1987) แต่ยังสามารถพบคาเฟอีนได้ในน้ำดี อุจจาระ น้ำลาย และน้ำนม ความเข้มข้นของคาเฟอีนในน้ำลายมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของคาเฟอีนในพลาสมา 65-85% ดังนั้นความเข้มข้นของคาเฟอีนในน้ำลายจึงใช้ทำนายค่าความเข้มข้นของคาเฟอีนในพลาสมาได้ (Callahan *et al.*, 1982; Jost *et al.*, 1987)

Kalow and Tang (1993) กล่าวว่า ในคนปกติ คาเฟอีนถูกกรองที่ glomerulus ประมาณ 98-99% มีเพียง 1-2% ของคาเฟอีนที่ได้ถูกขับออกทางปัสสาวะโดยไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนค่าครึ่งชีวิตของคาเฟอีน มีค่าแตกต่างกันแล้วแต่บุคคล ในผู้ใหญ่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.5-7.5 ชั่วโมง (Graham, 1978; Curatolo and Robertson, 1983) นอกจากนี้ Aldrige *et al.* (1979) ได้รายงานถึงปริมาณของอัตราการขับคาเฟอีนในปัสสาวะมีค่า 2-3 mg/kg/hr

ผลของคาเฟอีนต่อระบบต่างๆของร่างกาย

ผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด

คาเฟอีนสามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจโดยตรงมีผลในการเพิ่มการบีบตัวของหัวใจ (cardiac force) อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) และปริมาณเลือดที่สูดฉีดออกจากหัวใจต่อนาที (cardiac output) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถไปเพิ่ม catecholamine ให้สูงขึ้น และมี rennin activity เพิ่มขึ้น (Robertson *et al.*, 1978)

ผลต่อความดันโลหิต

Robertson and Calatolo (1984) ได้รายงานว่าหลังจากได้ให้คาเฟอีนแก่ผู้ซึ่งไม่เคยได้รับคาเฟอีนมาเลยเป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน พบว่ากลุ่มทดลองมีค่าความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น 14-10 มิลลิเมตรปรอทในหนึ่งชั่วโมงแรก และจะกลับสู่ค่าเมื่อเริ่มต้นในชั่วโมงที่ 3 และพบว่าระดับของ plasma catecholamine (epinephrine, norepinephrine) และ plasma renin activity ซึ่งมีบทบาทในการทำให้เกิดความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่ในขณะเดียวกันการกระตุ้น central vagal center และ

การกระตุ้นหลอดเลือดทั่วไป ให้อายตัว จึงอาจทำให้ความดันเลือดลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง ถึงแม้จะมีผลการศึกษาที่ไม่ตรงกัน แต่มีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ ในผู้ที่ดื่มกาแฟในปริมาณมากเป็นประจำ พบว่าเมื่อหยุดดื่มกาแฟแล้ว ความดันเลือดจะลดลง แต่ค่าความดันเลือดก็ยังสูงกว่าในผู้ที่ดื่มในปริมาณเล็กน้อยหรือไม่เคยดื่มเลย

ผลต่อหัวใจ

คาเฟอีน มีฤทธิ์กระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจโดยตรง โดยทำให้การบีบตัวของหัวใจ (cardiac force) รวมถึงปริมาณเลือดที่สูดฉีดออกจากหัวใจต่อนาที (cardiac output) เพิ่มขึ้น และอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) เพิ่มขึ้น

คาเฟอีนมีฤทธิ์ต่อระบบหัวใจ เนื่องจากคาเฟอีนจะไปกระตุ้น vagal center ใน medulla oblongata เป็นผลทำให้มีฤทธิ์ต่อหัวใจที่ตรงกันข้าม 2 ทาง คือทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงกว่าปกติและทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่าปกติ โดยพบว่าการได้รับคาเฟอีนในปริมาณต่ำมีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง และการได้รับคาเฟอีนในปริมาณสูงมีผลกระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจทำให้หัวใจเต้นเร็ว และบางครั้งอาจทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ (arrhythmia) ซึ่งภาวะนี้จะพบในผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนในปริมาณมาก (Dobmeyer *et al.*, 1983)

ผลต่อหลอดเลือด

คาเฟอีนมีฤทธิ์ขยายหลอดเลือด coronary, pulmonary และหลอดเลือดอื่นทั่วไปในร่างกาย แต่มีผลทำให้หลอดเลือดในสมองหดตัว โดยคาเฟอีนจะไปออกฤทธิ์โดยตรงต่อกล้ามเนื้อของผนังหลอดเลือด (Gilbert, 1988)

ผลของคาเฟอีนต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด อาจเป็น acute effect โดย Robertson *et al.* (1981) ทำการศึกษาแล้วพบว่า ผลดังกล่าวไม่ปรากฏในผู้ที่ได้รับคาเฟอีนเป็นประจำ เนื่องจากจะเกิดภาวะที่ทนต่อฤทธิ์ของคาเฟอีน (tolerance) ภายใน 2-4 วัน แต่ก็มีการศึกษาที่พบว่าผลดังกล่าวเป็น chronic effect ที่มีผลต่อผู้ที่ได้รับคาเฟอีนเป็นประจำ โดยไม่เกี่ยวข้องกับภาวะทนคาเฟอีนแต่อย่างใด (Lane *et al.*, 1990)

ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ของอนุพันธ์ methylxanthine พบว่า theophylline และ caffeine ออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางส่วน theobromine ไม่มีฤทธิ์นี้ เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางระหว่าง theophylline และ caffeine แล้ว theophylline จะมีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางรุนแรงกว่า caffeine ซึ่งจากการกระตุ้นนี้ทำให้เกิด รีเฟล็กซ์ง่ายขึ้นและศูนย์ควบคุมการสั่งงานในระดับต่ำ (lower moter center) อาจถูกกระตุ้นโดยตรงได้ สารกลุ่ม methylxanthine ยังไปกระตุ้นสมองในส่วน cortex ก่อน แล้วจึงไปกระตุ้นศูนย์หายใจที่สมองส่วน medulla oblongata ด้วย (ยูพิน และคณะ, 2539) การกระตุ้นของคาเฟอีนจะทำให้เกิดความรู้สึกตื่นตัว ความคิดปลอดโปร่ง คิดได้เร็วขึ้น ไม่ทำให้เกิดอาการง่วงซึมหรือเมื่อยล้า ทำให้การรับความรู้สึกไว การเคลื่อนไหวตอบสนองรวดเร็วขึ้น (เกษม และ ชวลิต, 2528; พัทธนันท์, 2541)

ในกรณีที่ร่างกายได้รับคาเฟอีนในปริมาณสูงกว่า 150 mg จะทำให้อ่อนหลับยากและหลับได้ไม่นาน การได้รับคาเฟอีนในปริมาณมากยังทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ มือสั่นวิตกกังวล สมาธิในการทำงานลดลง (วิณา, 2534) กลไกการออกฤทธิ์ในการกระตุ้นของคาเฟอีนนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากคาเฟอีนมีสูตรโครงสร้างคล้ายกับสาร อะดีโนซีน (adenosine) ซึ่งเป็นสารเคมีที่จะห้ามการหลั่งของ neurotransmitters คาเฟอีนจะไปปิดช่องตัวรับ (receptor) ของ อะดีโนซีน มีผลทำให้ไม่มีการทำงานของ อะดีโนซีน จึงทำให้เซลล์ประสาทมีความไวมากกว่าปกติ และทำให้มีการหลั่ง catecholamine, dopamine และ serotonin เพิ่มขึ้น (พิลาศลักษณ์, 2537)

ผลต่อระบบทางเดินอาหาร

คาเฟอีนสามารถเพิ่มการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารได้แก่ pepsin และ gastrin secretion และบางทีก็ไปยับยั้งการทำงานของ phosphodiesterase ในเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหาร และทำให้เกิดอาการของโรคแผลในกระเพาะอาหารรุนแรงขึ้นได้ (Debas *et al.*, 1971) ดังนั้นจึงได้มีการแนะนำให้ผู้ที่มิมีแผลในกระเพาะอาหารหรือดื่มน้ำชาหรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน นอกจากนั้นการดื่มกาแฟยังมีผลทำให้อาหารผ่านลำไส้เล็กช้าลงแต่ผ่านลำไส้ใหญ่เร็วขึ้น

นอกจากนี้คาเฟอีนยังมีฤทธิ์ในการสกัดกั้น อะดีโนซีน ซึ่งทำให้ผนังกระเพาะอาหารมีการหลั่งฮิสตามีนเพิ่มมากขึ้น และ ฮิสตามีนจะไปกระตุ้นให้เพิ่มการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร (Parson and Neims, 1978)

ผลต่อเมตาบอลิกของร่างกาย

ผลต่ออัตราการสันดาป (metabolic rate) คาเฟอีนมีผลต่อระบบการสันดาปทันที พบว่าคาเฟอีนจะทำให้อัตราการเผาผลาญเพิ่มสูงขึ้น โดยทั่วไปคาเฟอีนทำให้ Basal Metabolic Rate (BMR) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเฉลี่ย 10% หรือบางครั้งอาจถึง 25% การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่จะเกิดมากในช่วง 1-3 ชั่วโมงหลังจากการได้รับคาเฟอีน (Goodman and Gilman, 1975)

ผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด (blood Glucose) คาเฟอีนสามารถไปเร่งขบวนการสลายไกลโคเจน (glycogenolysis) มีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Goodman and Gilman, 1975)

ผลต่อระดับไขมันในเลือด (free fatty acid) คาเฟอีนสามารถเพิ่มระดับกรดไขมันอิสระในเลือดให้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากผลของคาเฟอีนสามารถไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฟอสโฟไดเอสเตอเรส (phosphodiesterase) เป็นผลทำให้เกิดขบวนการสลายไขมัน (lipolysis) เพิ่มขึ้น จึงทำให้กรดไขมันอิสระออกมาในเลือดเพิ่มมากขึ้น (วิณา, 2534)

ผลต่อระบบทางเดินหายใจ

คาเฟอีนมีผลในการเพิ่มอัตราการหายใจและเพิ่มความลึกของการหายใจ (Robertson *et al.*, 1987) นอกจากนี้ยังมีผลในการขยายหลอดลมในผู้ป่วยหอบหืด (asthmatic patients) โดยปริมาณในการรักษาเท่ากับการดื่มคาเฟอีนถึง 9 ถ้วย ดังนั้นจึงไม่มีการใช้คาเฟอีนในการกระตุ้นการทำงานของปอดให้กับผู้ป่วยโรคหอบหืด แต่ใช้ธีโอฟิลลีนในการรักษามากกว่า

ผลต่อไต

คาเฟอีนมีฤทธิ์ในการขับปัสสาวะ โดยจะไปลดการดูดกลับของโซเดียม โปแทสเซียม และแคลเซียม จากหน่วยไตฝอย (renal tubules) ทำให้เพิ่มการขับ โซเดียม โปแทสเซียม และแคลเซียม รวมทั้งน้ำทางปัสสาวะ ฤทธิ์ในการขับแคลเซียมนี้นำไปสู่ข้อสงสัยและเป็นข้ออ้างอิงว่า คาเฟอีนทำให้มีการสูญเสียแคลเซียมออกจากร่างกาย และเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) โดยเฉพาะสตรีวัยหมดประจำเดือน แต่ผลต่างๆก็อาจไม่เกิดขึ้นได้เนื่องจากมีภาวะดื้อต่อฤทธิ์ของคาเฟอีน (Parson and Neims, 1978)

ผลต่อกล้ามเนื้อ

มีการศึกษาพบว่าคาเฟอีนมีศักยภาพสามารถทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้ และมีผลต่อการเคลื่อนไหว โดยจะไปมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์ จากการศึกษาด้วย Electronmicroscopy จะพบว่า เมื่อกกล้ามเนื้อได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 10 nmol จะทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของ sarcoplasmic reticulum มีผลทำให้เกิดการซึมผ่านของ Ca^{2+} เพิ่มขึ้น เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัว (Luttgau and Detliker, 1968) การส่งกระแสประสาทของกล้ามเนื้อง่ายขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มการหลั่งของ acetylcholine สำหรับกลไกการเคลื่อนไหว เนื่องจากคาเฟอีนนั้น อาจไปกระตุ้นกระบวนการ (Cyclic AMP) ซึ่งมีผลต่อกระบวนการ glycogenolysis และ lypolysis ทำให้ได้กรดไขมันและน้ำตาลกลูโคสเก็บไว้ใช้เป็นพลังงานได้ (The lancet, 1972)

ผลข้างเคียงและพิษของคาเฟอีน

ผลข้างเคียงของคาเฟอีนทำให้มือสั่น เพิ่มความเครียด กระวนกระวาย หัวใจเต้นเร็ว เบื่ออาหาร นอนไม่หลับ แต่การทำให้นอนไม่หลับอาจเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการความตื่นตัวตลอดเวลา อาการพิษของคาเฟอีนเกิดจากการบริโภคคาเฟอีนในระดับที่เป็นพิษ อาการจะรุนแรงยิ่งขึ้นถ้าคาเฟอีนเข้าสู่ร่างกายมาก แต่ขึ้นกับความไวของแต่ละบุคคลด้วย และจะเริ่มต้นเมื่อไหร่ก็ยังขึ้นอยู่กับแต่ละรายรวมทั้งขนาดของคาเฟอีนที่ได้รับ (ชัยชาญ, 2539)

การบริโภคคาเฟอีนในขนาดต่ำ (50-200 มิลลิกรัม) จะกระตุ้นทำให้ไม่่วงนอน มีความตื่นตัวและกระปรี้กระเปร่าสดชื่น ความคิดว่องไวขึ้น มีความรู้สึกว่ามีแรงและมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นและลดความอ่อนเพลีย

ขนาดกลาง (200-300 มิลลิกรัม) จะทำให้ปวดศีรษะ เกรียด กระวนกระวายมือสั่นและนอนไม่หลับ

ขนาดสูง (400 มิลลิกรัม) จะเริ่มทำให้เกิดอาการเป็นพิษของคาเฟอีนที่เรียกว่า caffeine intoxication ขึ้น ซึ่งจะมีอาการกระสับกระส่าย อยู่นิ่งไม่ได้ พุดตืดขัด หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้ อาเจียน ความดันโลหิตสูง ปวดท้องแบบตะคริว ขาดสมดุลของน้ำและเกลือแร่ โดยเฉพาะโพแทสเซียมในเลือดต่ำ เพื่อคลั่ง มีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อและชัก และอาจทำให้เสียชีวิตได้

การใช้พลังงานขณะออกกำลังกาย

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่าในการออกกำลังกายซึ่งแท้จริงเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อนั้น ต้องอาศัยขบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานทางเคมีที่ได้จากอาหารให้เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

แหล่งพลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ต้นตอที่สำคัญของพลังงานที่ใช้ในการทำงานคือ คาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน โดยปกติสารอาหารคาร์โบไฮเดรตจะสามารถสลายตัวเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็วแต่ก็ไม่ง่ายนัก เนื่องจากอวัยวะต่างๆไม่สามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ได้มากนัก และอวัยวะต่างๆต้องอาศัยกลูโคสในการหล่อเลี้ยงเพื่อการปฏิบัติงานตามปกติอยู่ตลอดเวลา ถ้าจำนวนกลูโคสในเลือดลดลงกว่าปกติเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลกระทบต่อระบบต่างๆของร่างกายในกล้ามเนื้อ หรืออวัยวะในรูปของไกลโคเจนก็ไม่สามารถเก็บไว้ได้มากตามที่ต้องการจึงต้องมีการหามาทดแทนและเพิ่มเติมเสมอ

คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตมีบทบาทหลายอย่างในการออกกำลังกาย คือ

1. เป็นต้นตอของพลังงาน คาร์โบไฮเดรตใช้เป็นเชื้อเพลิงที่จะเป็นต้นตอสำคัญของพลังงาน ดังนั้นจึงต้องรับประทานให้เพียงพอเป็นประจำ เพื่อสร้างไกลโคเจนไว้เป็นคาร์โบไฮเดรตสำรองในร่างกาย ถ้ากินมากเมื่อสร้างไกลโคเจนเพื่อเก็บสำรองไว้เต็มที่แล้วก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมันเพื่อเก็บสะสมไว้ที่อีกต่อหนึ่ง

2. เป็นอะไหล่สำหรับโปรตีน ตามปกติโปรตีนทำหน้าที่สร้างและซ่อมแซมร่างกาย มีส่วนน้อยที่นำมาใช้เป็นพลังงาน อย่างไรก็ตาม ถ้าคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสำรองไว้ลดน้อยลง ร่างกายก็จะสังเคราะห์กลูโคสจากโปรตีนและไขมันด้วย ดังนั้นจึงทำให้โปรตีนที่เก็บสำรองไว้ลดลงชั่วคราว โดยเฉพาะโปรตีนของกล้ามเนื้อ ถ้านำไปใช้มากก็จะทำให้กล้ามเนื้อลดขนาดลง อีกทั้งไตต้องจับถ่ายสารในโตรเจนที่เกิดจากการสลายโปรตีน จึงอาจทำให้ไตรับภาระมากจนเกิดอันตรายได้ ดังนั้นการกินคาร์โบไฮเดรตให้เพียงพอจึงช่วยคงสภาพของโปรตีนในเนื้อเยื่อเอาไว้

3. เป็นต้นตอสำหรับเมตาบอลิซึมของไขมัน ผลผลิตบางอย่างจากการสลายคาร์โบไฮเดรตมีความจำเป็นสำหรับเมตาบอลิซึมของไขมัน ถ้าเมตาบอลิซึมของไขมันไม่เพียงพอ เช่นการขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์ถูกจำกัดจากโรคเบาหวาน หรือไกลโคเจนที่เก็บสำรองไว้มีน้อยเนื่องจากกินอาหารไม่พอ หรือการออกกำลังกายระยะยาว ร่างกายก็ต้องนำไขมันมาใช้ เป็นผลให้มี ketone bodies ซึ่งเป็นผลผลิตของไขมันซึ่งเป็นกรดค้างอยู่ในร่างกาย ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

4. เชื้อเพลิงสำหรับระบบประสาท ส่วนกลาง ตามปกติสมองต้องใช้ กลูโคสเป็นพลังงานเกือบอย่างเดียว และไม่มีที่เก็บสะสมไว้ด้วย เมื่ออดอาหารหรือกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตน้อย ร่างกายก็ต้องปรับตัวภายใน 8 วัน สมองสามารถใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิงได้

เมื่อสมองขาดกลูโคสจะทำให้มีอาการอ่อนเพลีย หัว และมึนศีรษะ ทำให้สมรรถภาพของการออกกำลังกายเป็นไปได้ไม่ดี และถ้ากลูโคสในเลือดลดต่ำลงอยู่นาน ทำให้สมองได้รับอันตรายอย่างถาวรได้

สมมุติของคาร์โบไฮเดรตในการออกกำลังกาย

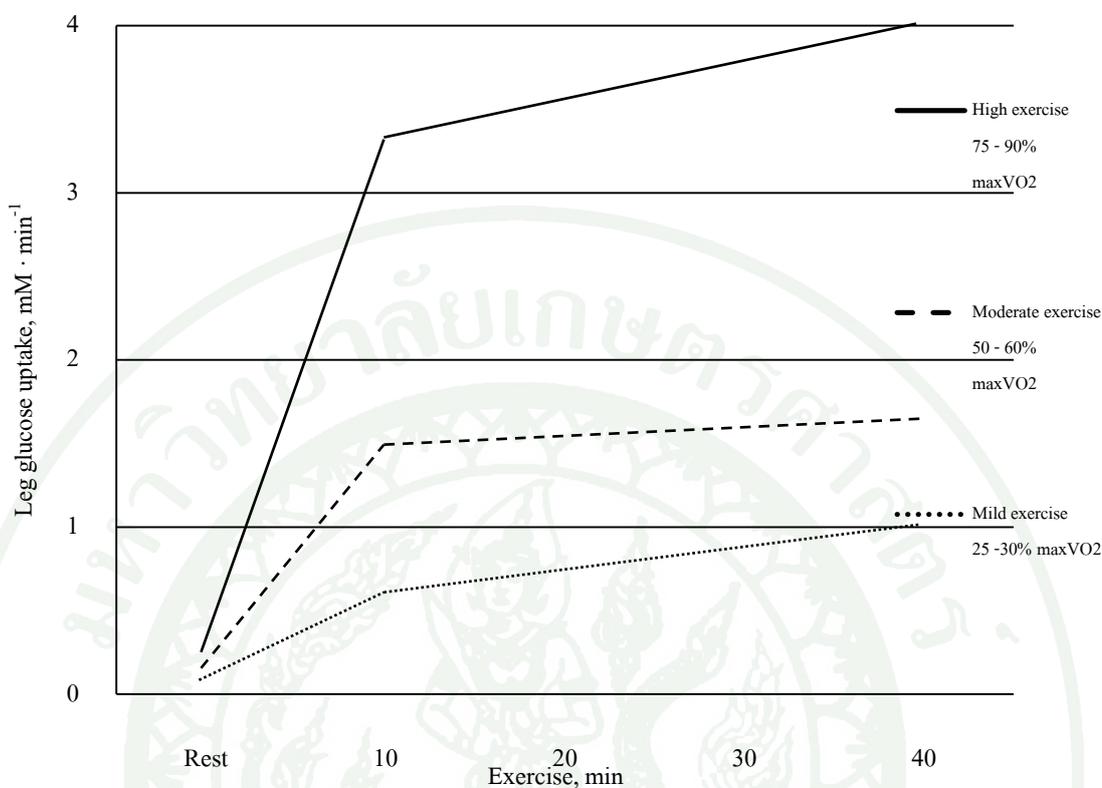
ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) ได้กล่าวว่า เชื้อเพลิงที่ใช้ในการออกกำลังกายนั้น ขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลา นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสภาพความแข็งแรงและสภาพทางโภชนาการของผู้นั้นด้วย จากการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายทำให้ตับสร้างและปล่อยกลูโคสออกไปมากขึ้นเพื่อส่งไปให้กล้ามเนื้อใช้

1. การออกกำลังกายอย่างหนัก

ในระยะ 2-3 นาทีแรกของการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อต้องอาศัยไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ และกลูโคสในเลือดเป็นเชื้อเพลิง ส่วนออกซิเจนนั้นยังส่งมาเลี้ยงไม่ทัน ตัวอย่างเช่น กลูโคสในเลือดอาจให้พลังงาน 30-40% ดังที่แสดงในภาพที่ 3 จะเห็นว่าเมื่อออกกำลังกายในระยะแรกกล้ามเนื้อต้องการกลูโคสจากเลือดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นต่อไปอีกเมื่อการออกกำลังกายดำเนินต่อไป ในนาทีที่ 40 ของการออกกำลังกายพบว่ากล้ามเนื้อต้องการกลูโคสเพิ่มขึ้นมากกว่าในขณะพัก 7-20 เท่า การที่ต้องใช้คาร์โบไฮเดรตมากเมื่อออกกำลังกายอย่างหนัก ทั้งนี้เพราะเป็นต้นตอของพลังงานอย่างเดียวที่นำมาใช้ได้เมื่อ O_2 ไม่เพียงพอ

2. การออกกำลังกายปานกลางและระยะยาว

เมื่อออกกำลังกายไปถึง 20 นาที พบว่าไกลโคเจนในตับและในกล้ามเนื้อเป็นต้นตอของพลังงานประมาณ 40 – 50% ส่วนที่เหลือได้จากการสลายไขมัน อย่างไรก็ตามเมื่อการออกกำลังกายยังคงดำเนินต่อไป จำนวนไกลโคเจนสำรองเริ่มลดลง จึงต้องใช้ไขมันเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้กลูโคสกับความหนักของการออกกำลังกาย

ที่มา: ชูศักดิ์ และ กันยา (2536)

ลำดับขั้นการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อมีดังนี้ คือ

1. เอ.ที.พี. เป็นต้นตอของพลังงานที่กล้ามเนื้อต้องใช้โดยตรงคือ



แต่ เอ.ที.พี. ที่สำรองอยู่ในกล้ามเนื้อมีไม่มากนัก

2. เครเอตินฟอสเฟต เป็นแหล่งพลังงานที่อยู่ในกล้ามเนื้อสามารถเก็บไว้ได้มากคือ



3. ไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานที่กักน้ำเนื้อสะสมไว้ แต่การที่ไกลโคเจนจะสลายตัวเพื่อให้ได้พลังงานต้องผ่านปฏิกิริยาเคมีหลายอย่าง จึงจะได้พลังงานออกมาใช้

ความต้องการน้ำของร่างกาย

สนธยา (2547) กล่าวว่า น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในร่างกาย และเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับนักกีฬาทุกประเภท โดยเป็นตัวกลางของปฏิกิริยาเคมีและเป็นตัวกลางในการขนส่งหรือแลกเปลี่ยนสารอาหารและช่วยให้ปริมาตรของโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติรวมทั้งมีหน้าที่ในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

ขณะออกกำลังกายร่างกายจะมีการหลั่งเหงื่อเพื่อช่วยลดความร้อนของร่างกาย แต่การหลั่งเหงื่อจะสูญเสียน้ำไปถึง 99% และ 1% จะเป็นเกลือแร่จำพวกโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และเหล็กปริมาณเล็กน้อย ซึ่งการออกกำลังกายทั่วๆ ไป ร่างกายจะมีการสูญเสียน้ำไปประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักร่างกาย แต่ถ้าออกกำลังกายเป็นเวลานาน เช่นการวิ่งมาราธอน ร่างกายจะสูญเสียน้ำไปประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักร่างกาย และถ้าไม่ได้รับการชดเชยที่เพียงพอจะเกิดผลเสียต่อร่างกาย โดยการออกกำลังกายเป็นเวลานานควรมีการชดเชยน้ำ 500 มิลลิลิตร หรือประมาณ 1-2 แก้ว ทุกๆ 15-20 นาที เนื่องจากการสูญเสียน้ำมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักร่างกายจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ความสามารถสูงสุดของร่างกายจะเหลือเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุด และถ้ามีการสูญเสียน้ำมากขึ้น โดยไม่มีการชดเชย ความสามารถสูงสุดของร่างกายก็จะลดลงเป็นอัตราส่วนที่สัมพันธ์กัน นอกจากนี้ หลังการออกกำลังกายหรือการแข่งขันการดื่มน้ำยังมีความสำคัญต่อการฟื้นฟูสภาพของกล้ามเนื้อและสมอง โดยการดื่มน้ำเย็นจะช่วยลดความกระหายและอุณหภูมิของร่างกายได้ดียิ่งขึ้น

โดยธรรมชาติร่างกายจะตอบสนองต่อการสูญเสียน้ำโดยการกระตุ้นให้เกิดความกระหายน้ำ แต่ความจริงการรู้สึกกระหายน้ำไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของการสูญเสียน้ำ เนื่องจากร่างกายจะขาดน้ำไปแล้วระยะหนึ่งก่อนที่จะรู้สึกกระหายน้ำซึ่งอาจมีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายลดลงแล้วก็ได้ ดังนั้นน้ำจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับนักกีฬาเมื่อเทียบกับสารอาหารตัวอื่นๆ เนื่องจากการขาดน้ำจะมีผลในระยะเวลาอันสั้น

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ชูศักดิ์ และ กัญญา (2536) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$) เป็นความสามารถของร่างกายที่จะนำออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอด เข้าไปใช้เป็นพลังงานภายในเซลล์ได้มากที่สุด ระหว่างที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างเต็มที่ในเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรของออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อเวลา 1 นาที ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันไปตามสถานะด้าน อายุ เพศ ขนาดรูปร่างและสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจะเพิ่มตามอายุ โดยจะสูงเมื่ออายุ 20-25 ปีในเพศหญิง และ 25-30 ปีในเพศชาย จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง โดยทั่วไปเพศชายจะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดประมาณ 50 มล.ตอกก.ต่อนาที เพศหญิงมีค่าประมาณ 40 มล.ตอกก.ต่อนาที หลังจากช่วงอายุดังกล่าวนี้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะคงระดับ และค่อยๆ ลดต่ำลง

การที่ร่างกายมีการประสานการทำงานกันดีของระบบไหลเวียนและระบบหายใจ จะทำให้สามารถประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้เป็นเวลานานไม่เหน็ดเหนื่อยเพราะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ดี เนื่องจากร่างกายมีหัวใจที่แข็งแรง ปอดมีพื้นที่ผิวสำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้นมีหลอดเลือดที่แข็งแรง มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลำเลียงออกซิเจน มีการใช้ออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพ (Jermuravong, 1996)

ประทุม (2527) กล่าวว่า ออกซิเจนจะถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อใช้ได้มากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสำคัญ 4 อย่าง คือ

1. ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (minute ventilation) เมื่ออากาศเข้าสู่ปอดมากในขณะที่ออกกำลังกายหรือมีความจุปอด (vital capacity) เพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันของออกซิเจนภายในปอดมีมากขึ้น การฟุ้งกระจาย การไหลของก๊าซสู่ระบบการไหลเวียนสะดวกยิ่งขึ้นออกซิเจนเข้าสู่ภายในเซลล์มากขึ้น

2. ความสามารถของโลหิตที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ตัวการสำคัญในการจับออกซิเจนในกระแสโลหิตคือ hemoglobin หากมีจำนวนมากก็สามารถพาออกซิเจนไปใช้ได้

3. ความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อ หมายถึง ความจำเป็นที่จะต้องสร้างพลังงานโดยใช้ ออกซิเจนในกิจกรรมที่ต้องออกแรงติดต่อกันเป็นเวลานาน ร่างกายใช้ออกซิเจนจึงต้องมีการนำเอา ออกซิเจนจากบรรยากาศมาทดแทนออกซิเจนที่เสียไป

4. ปริมาณเลือดที่ฉีดออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (cardiac output) หากหัวใจฉีดเลือดออก จากหัวใจมากเท่าใด การใช้ออกซิเจนจะมากไปด้วย

นอกจากนี้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดยังแตกต่างกันตาม อายุ เพศ ขนาดรูปร่าง และสมรรถภาพทางกาย ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นจนสูงสุดเมื่ออายุ 20 ปี และจากนั้นจะค่อยๆลดลง

เนื่องจากความสำคัญของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจนี้เองที่เป็นเครื่องชี้ให้เห็น ถึงสมรรถภาพทางกายว่ามีมากน้อยเพียงใด ดังนั้นได้มีผู้คิดค้นวิจัยอย่างกว้างขวาง ในการที่จะวัด สมรรถภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจออกมาเป็นปริมาณที่เปรียบเทียบ ได้อันจะเป็นประโยชน์ในการบอกความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละบุคคล ซึ่งก็พบว่าการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเกณฑ์วัดที่ดีที่สุด เพราะความสามารถ ในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับขนาดของร่างกาย จำนวนกล้ามเนื้อ ความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิต และกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ (เอมอร์, 2532)

ความสำคัญของสมรรถภาพอนาerobic

ความสามารถสูงสุดของร่างกายที่ใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วน

1. พลังแบบแอนแอโรบิก (anaerobic power) คือ ความสามารถสูงสุดที่กล้ามเนื้อทำงาน โดยใช้ระบบพลังงานแบบจับปล้น หรือค่าปริมาณงานสูงสุดที่ทำได้ในช่วง 3 – 5 วินาทีแรกของการทดสอบ เรียกว่า peak power output มีหน่วยเป็นวัตต์ watts

2. สมรรถภาพอนาerobic (anaerobic capacity) คือ ความสามารถสูงสุดในการทำงาน ของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ เป็นหลัก (Medbo and Burgers, 1989) ซึ่งมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในเกือบทุกประเภทกีฬา

โดยเฉพาะกีฬาที่ต้องใช้กำลังความเร็วสูงสุดซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานาน เช่น ฟุตบอล รักบี้ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น

การสร้างพลังงานในร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่าไว้ว่าการเผาผลาญพลังงานในการทำงานแบบไม่ ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) ในการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหว หรือการออกกำลังกายใน ลักษณะต่าง ๆ กันนั้น กล้ามเนื้อต้องการสารอาหารเพื่อใช้เป็นพลังงานในการเคลื่อนไหวที่แตกต่าง กันออกไปตามชนิดและประเภทของกิจกรรมนั้น ๆ อย่างไรก็ตามสมรรถภาพทางกายที่จะสามารถ ทำงานได้โดยได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับสมรรถภาพในการทำงานของ ระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจ และคุณภาพของเซลล์กล้ามเนื้อในการที่จะรับออกซิเจนส่วน สมรรถภาพในการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic capacity) ขึ้นอยู่กับคุณภาพ ในการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นสำคัญ แต่ภายหลังการออกกำลังกายร่างกายต้องการรับออกซิเจน มากกว่าปกติ เพื่อนำไปชดเชยหรือใช้หนี้้ออกซิเจน (Oxygen dept) ที่ติดค้างไว้ในระหว่างการ ปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วนั้น การวิ่งเร็ว หรือการวิ่งระยะสั้น มีผลทำให้ร่างกายเกิด การขาดออกซิเจน ซึ่งในสภาวะเช่นนั้นกล้ามเนื้อจะทำงานได้สูงสุดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น ซึ่ง ความหนักของงานที่ทำและระยะเวลาสั้น ๆ ในการใช้ความเร็วสูงสุดทำให้ระบบหายใจ และ ระบบไหลเวียนเลือดไม่มีเวลาพอที่จะปรับตัวนำเอาออกซิเจนจากภายนอกเข้าไปใช้ได้ทัน เพราะ ความต้องการออกซิเจนในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก ต้องการมากกว่าที่ ขบวนการผลิตพลังงานในร่างกายจะสามารถนำเอาเข้าไปใช้ได้ทัน

ความรู้ทั่วไปในกีฬารักบี้ฟุตบอล

รักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการแข่งขันทั่วทุกมุม โลก ตั้งแต่ระดับเยาวชนไปจนถึงระดับประชาชนทั่วไป การแข่งขันแต่ละเกมจะมีจำนวนผู้เล่นในสนามฝั่งละจำนวน 15 คน ดังตำแหน่งการยืนต่อไปนี้



ภาพที่ 4 ตำแหน่งการยืนของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

ที่มา: bbc sport (2007)

ซึ่งธรรมชาติของกีฬารักบี้ จะมีทั้งการดึง (pull) การเข้าปะทะ (tack) การเดิน (walk) การวิ่ง (run) การกระโดด (jump) รวมถึงการยืนอยู่กับที่ (stand) ทั้งนี้ได้มีกลุ่มนักวิจัยจากประเทศ แคนาดา ทำการศึกษา เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในเกมการแข่งขัน ด้วยภาพถ่ายวิดีโอ พบว่า จากเกมการแข่งขัน 80 นาที จะมีการวิ่ง (jog) เกิดขึ้น 47 % การวิ่งเร็ว (sprint) 6 % การเข้าปะทะ (tack) 9 % และการยืนอยู่กับที่ (stand) 38 % (Williams, 2005)

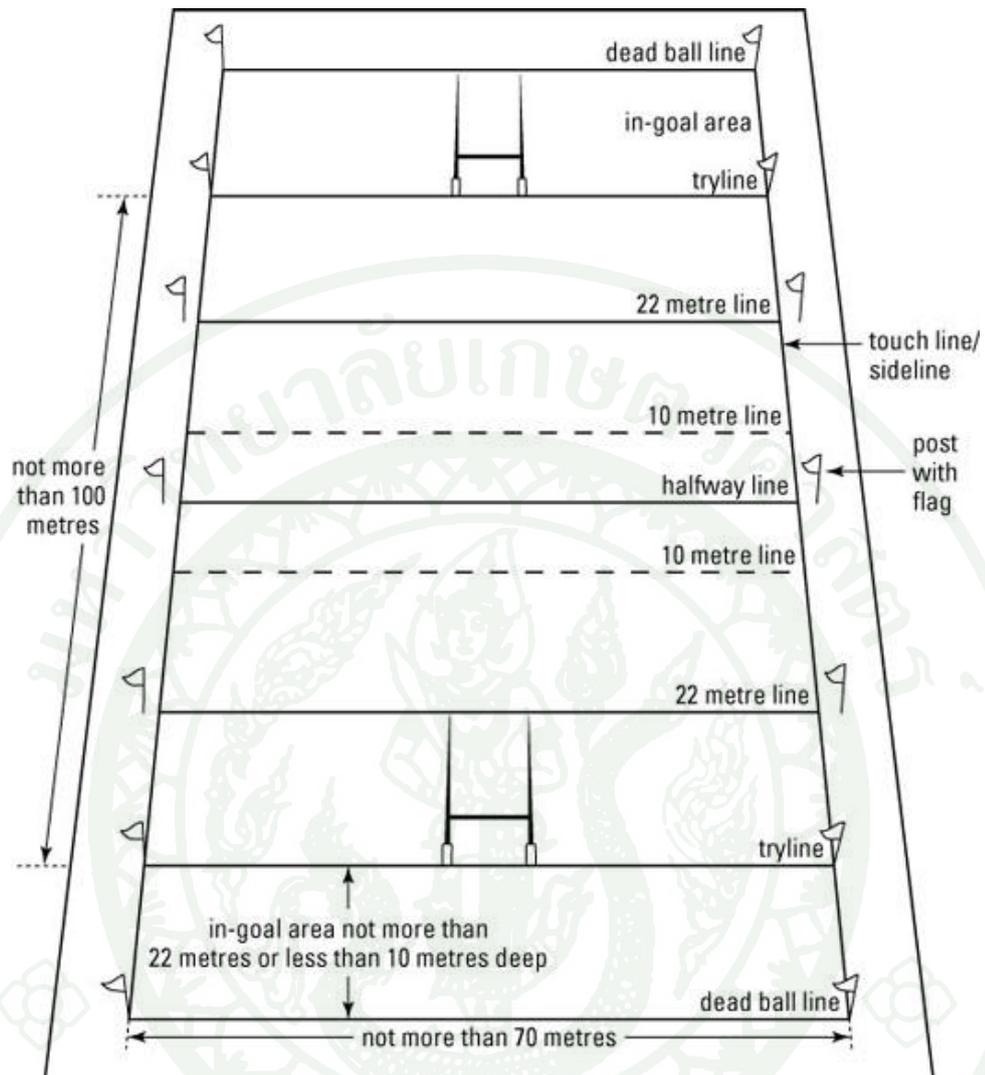
จากการวิจัยนี้ จะพบได้ว่ากิจกรรมที่เกิดขึ้นจะมีการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา (intermittent exercise) ผสมผสานกันไปตลอดทั้งเกมการแข่งขัน โดยที่มีการใช้พลังงานที่ได้มาจากการไม่ใช้ออกซิเจน และพลังงานที่ได้มาจากการใช้ออกซิเจน

ขนาดสนามและอุปกรณ์กีฬารักบี้

วิสัย (2538) ได้กล่าวถึงมาตรฐานของขนาดสนามดังนี้ คือ

1. เส้นประตู (Dead ball line) เส้นนี้เป็นเส้นสุดสนามทางด้านยาว มีความกว้างไม่เกิน 69 เมตร ห่างจากเส้นประตูไม่เกิน 22 เมตร
2. ประตู (Goal) ประตูรักบี้ เป็นประตูเหมือนอักษรตัว “H” ของภาษาอังกฤษ ตัวกานส่วนบนตรงกลางสูงจากพื้นสนาม 3 เมตร หัวเสาทั้งสองยื่นเลยขึ้นไปในอากาศ ไม่น้อยกว่า 3.4 เมตร และความกว้างจากด้านในเสาถึงด้านในเสาอีกข้างหนึ่ง 5.6 เมตร
3. เส้นประตู (Goal line) เส้นประตูเป็นเส้นบอกกำหนดของการวางทรีย เสาประตูจะตั้งอยู่บนเส้นนี้ เส้นประตูจะมีความยาวเท่าความกว้างของสนาม และขนานกับเส้นลูกออกที่ปลายสุดของเส้นทั้งสองข้างจะมีธงสัญญาณบอกกำหนดเส้น
4. เขตวางทรียหรือเขตประตู (Goal area or in goal) เป็นเขตที่ล้อมรอบด้วย เส้นลูกตาย (Dead ball line) เส้นประตู (Goal line) และเส้นลูกออกในเขตประตู (Touch-in goal) ทั้งสองข้าง บริเวณนี้ถูกกำหนดขึ้น เพื่อให้ฝ่ายรุกนำลูกบอลมาวางทรียหรือให้ฝ่าย รับนำลูกจะโดยวิธีหยิบ ถือก้อนลูกบอล หรือใช้เท้าเตะเขี่ยลูกบอลจากสนามเข้ามาในเขตวางทรีย เขตประตูแล้ว เตะลูกลงพื้น
5. ธงมุมสนาม (Corner Flag) เป็นธงสัญญาณบอกกำหนดเส้น จะปักลง ณ ปลายสุดของเส้นประตู (Goal line) ทั้งสองข้าง ทั้งฝ่ายรุก และฝ่ายรับ และอยู่นอกสนาม
6. เขต 22 เมตร (22 Metres area) เป็นบริเวณที่ล้อมรอบด้วยเส้นประตู (Goal line) เส้น 22 เมตร (22 Metres) และเส้นลูกออกด้านข้าง (Touch line) ทั้งสองด้าน
7. เส้น 22 เมตร (22 Metres line) เป็นเส้นที่ห่างจากเส้นประตูเข้าไปในสนามเล่น 22 เมตร มีความยาวเท่ากับความกว้างของสนาม และขนานกับเส้นประตู

8. ชงเส้น 22 เมตร (22 Metres flag) เป็นธงที่ปักอยู่ ณ ปลายสุด และห่างจากเส้นลูกออกด้านข้างประมาณ 1 เมตร มีทั้งหมด 4 ผืน
9. เส้น 10 เมตร (10 Metres line) เป็นเส้นที่ห่างจากเส้นแบ่งครึ่งสนาม (Halfway line) และขนานกับเส้น 22 เมตร
10. เส้นแบ่งครึ่งสนาม (Halfway line) เป็นเส้นแบ่งครึ่งแดนออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน
11. จุดกึ่งกลางสนาม (Center of the field) เป็นจุดกึ่งกลางของเส้นแบ่งครึ่งแดน จุดนี้มีไว้สำหรับให้ฝ่ายรุกเตะลูกเริ่มเล่น (Kick off)
12. ชงเส้นแบ่งครึ่งสนาม (Halfway line flag) เป็นธงที่ปัก ณ จุดห่างจากปลายสุดของเส้นแบ่งครึ่งสนามทั้งสองข้างออกไปประมาณ 1 เมตร มีสองผืน
13. เส้น 5 เมตร (5 Metres line) เป็นเส้นที่ลากขนานกับเส้นลูกออกด้านข้าง (Touchline) ห่างจากเส้นข้างเข้ามาในสนาม 5 เมตร มีความยาวเท่ากับความยาวของสนาม ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ทำแถวหุ้ม โดยให้ผู้เล่นกองหน้าของทั้งสองฝ่าย ซึ่งเป็นคนแรกยืนหลังเส้นนี้
14. เส้นลูกออกในเขตประตู (Touch in goal) เป็นเส้นที่ปิดหัวท้ายเขตวางทริย (Goal area or in goal) เป็นเส้นเดียวกันกับเส้นลูกออกด้านข้าง (Touch line) แต่ต่อเลขออกไปไม่เกิน 22 เมตร
15. เส้นลูกออกด้านข้างหรือเส้นข้าง (Touch line) เป็นเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นประตู ณ จุดปลายสุดของเส้นประตู และเป็นเส้นตรงเส้นเดียวกันกับเส้นลูกออกในเขตประตู (Touch in goal) มีสองเส้นลากขนานกัน โดยมีความห่างกันเท่ากับความกว้างของสนาม
16. ชงเส้นลูกตาย (Dead ball line flag) เป็นธงที่ปัก ณ จุดสิ้นสุดของวางทริย ที่ลากต่อจากเส้นลูกออกทางด้านข้างบรรจบกับเส้นลูกตายมีทั้งหมดสี่ธง



ภาพที่ 5 ขนาดสนาม

ที่มา: Tru Mark Athletic Field Marker (2011)

ระยะเวลาในการแข่งขัน โดยทั่วไปใช้เวลาแข่ง 2 ครั้งๆละ 40 นาที พัก 10 นาที

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

กราบแก้ว (2533) ได้ทำการศึกษาผลของคาเฟอีนต่อสมรรถภาพการออกกำลังกาย โดยใช้อาสาสมัครเพศชายจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 17 – 20 ปี ทำการทดสอบสมรรถภาพ การออกกำลังกาย โดยให้ปั่นจักรยาน 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ โดยใช้อาสาสมัครแต่ละคนจะต้องรับประทาน caffeine capsule ขนาด 5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ก่อนการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง และ 1 สัปดาห์ต่อมา รับประทาน placebo ก่อนการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง ก่อนการออกกำลังกาย ผลการทดลองพบว่า ความดันโลหิตขณะพักและที่ work rate 0 kpm/min ค่า VE/VO_2 และ R- value ที่ work rate 750 kpm/min ค่า HR , VE และ VT ในช่วง recovery period ในครั้งที่รับประทาน caffeine สูงกว่า ครั้งที่รับประทาน placebo อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ที่ work rate 450 kpm/min respiratory frequency ในครั้งที่รับประทาน caffeine กลับต่ำกว่าครั้งที่รับประทาน placebo อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สำหรับ VO_2 และ O_2 - pulse ที่งานสูงสุดต่ำกว่าในครั้งที่รับประทาน caffeine แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าสมรรถภาพการทำงานของปอด (VC , FVC , FEV1 , % FEV1 , MMEF) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในการทดลองแต่ละครั้ง สำหรับ endurance time นี้พบว่า caffeine มีผลทำให้ endurance time ยาวกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

วรรณีย์ (2535) ได้ทำการศึกษาผลของคาเฟอีนในขนาดต่างๆต่อสมรรถภาพการออกกำลังกายในอาสาสมัครเพศชาย 20 คน อายุระหว่าง 18- 20 ปี ทำการทดลอง 3 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ โดยแต่ละครั้งจะได้รับแคปซูลบรรจุกาเฟอีนที่ไม่เหมือนกัน ได้แก่ แคปซูลบรรจุกาเฟอีนขนาด 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แคปซูลบรรจุกาเฟอีนขนาด 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และ แคปซูลเปล่า ผลการทดลองพบว่า ค่าสมรรถภาพการทำงานของปอด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดลองแต่ละครั้ง ส่วนค่าต่างๆขณะออกกำลังกาย พบว่า ค่าความดันโลหิตในขณะพัก และที่ระดับงาน 0 , 150 และ 300 kpm/min ในครั้งที่รับประทานคาเฟอีนสูงกว่าในครั้งที่รับประทานแคปซูลเปล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความดันโลหิตในคาเฟอีนขนาด 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัมสูงกว่าขนาด 10 มิลลิกรัม ค่า VCO_2 ที่งานสูงสุด (900 kpm/min) พบว่า คาเฟอีนขนาด 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัม มีค่าต่ำกว่าแคปซูลเปล่า ค่า VE/ VCO_2 ในคาเฟอีนขนาด 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัม มีค่าสูงกว่า

แคปซูลเปล่า นอกจากนี้พบว่าค่า O_2 - pulse ที่ระดับงาน 300 kpm/min ในคาเฟอีนขนาด 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัม มีค่าสูงกว่าแคปซูลเปล่า สำหรับ endurance time นี้พบว่า caffeine มีผลในการเพิ่ม endurance time และมีแนวโน้มที่จะเพิ่ม work performance

ถนอมศักดิ์ (2546) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการให้เครื่องดื่มที่ไม่มีและมีส่วนผสมของคาเฟอีน ก่อนการออกกำลังกายต่อประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย 8 คน อายุเฉลี่ย 21 ± 0.53 ปี น้ำหนักตัว 60.77 ± 5.02 กิโลกรัม ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) 43.82 ± 2.08 มิลลิลิตร/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/นาที อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 199 ± 0.53 ครั้ง/นาที งานสูงสุด 200 ± 18.79 วัตต์ พบว่า อัตราการเต้นหัวใจ ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับความเหนื่อยทางจิตใจ ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระยะเวลาในการออกกำลังกายของกลุ่มทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนนานกว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของคาเฟอีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (76 ± 14.68 และ 56.67 ± 7.87 นาที ตามลำดับ)

ประยุทธ์ (2549) ได้ทำการศึกษา ผลของคาเฟอีนในกาแฟต่อความสามารถ ในการตอบสนองของระบบประสาทและการเคลื่อนไหวของนักกีฬา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเพศชายที่ สุ่มตัวอย่างมาจากประชากรสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขต สุพรรณบุรี จำนวน 12 คน ทำการ ทดสอบแบบ double- blind crossover design โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 4 คน กลุ่มควบคุมดื่มกาแฟที่สกัดคาเฟอีนออก (Decaffeinated coffee) ส่วนกลุ่มที่ 2 และ 3 ให้ดื่มกาแฟ ที่มีปริมาณคาเฟอีน 70 มิลลิกรัมเทียบเท่ากับกาแฟ 1 ช้อนชาหรือกาแฟขนาดปกติ 1 แก้ว และกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 140 มิลลิกรัมเทียบเท่ากับกาแฟ 2 ช้อนชา หรือกาแฟขนาดปกติ 2 แก้ว ทำการทดสอบเวลาการตอบสนอง เป็นช่วงระยะ เริ่มจากก่อนดื่ม หลังดื่ม 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ตามลำดับ ทำการทดสอบ 3 ครั้งห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ โดยสลับให้กลุ่มตัวอย่าง ดื่มกาแฟแต่ละความเข้มข้นเมื่อครบ 3 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้ดื่มกาแฟครบทั้ง 3 ขนาด นำ ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดย ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated measures ANOVA)

ผลการวิจัยพบว่านักกีฬาที่ดื่มกาแฟที่มีคาเฟอีน 140 มิลลิกรัมเทียบเท่ากับกาแฟ 2 ช้อน ชา 1 แก้ว มีผลทำให้เวลาการตอบสนอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.009^*$) แต่ในนักกีฬาที่

คั้มกาแพท่มีคาเฟอีน 70 มิลลิกรัมเทียบเท่ากาแฟผง 1 ซ่อนซา 1 แก้ว ไม่มีผลทำให้เวลาการตอบสนองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.053$)

ธนวุฒิ (2550) ได้ทำการศึกษาผลของคาเฟอีนที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาและความเร็วของนักวิ่งระยะสั้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่ง 100 เมตร ในนามทีมชาติไทย อายุ 17-19 ปี เพศชายจำนวน 6 คน ทำการทดลองแบบ double-blind crossover design โดยกลุ่มตัวอย่าง จะได้รับ เครื่องดื่มที่เป็นน้ำเปล่าฝาปิดสนิท (W) และ เครื่องดื่มที่เป็นสารละลาย Sucralose (S) ชนิดละ 1 ครั้ง เครื่องดื่มกาแพท่มีคาเฟอีน 0.4167mg/kg BW(D), 3.5mg/kg BW(M) และ 7mg/kg BW(C) ชนิดละ 2 ครั้ง ในปริมาตรรวม 250 ml รวมทั้งสิ้น 8 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันไม่น้อยกว่า 3 วัน ทำการทดสอบเวลาปฏิกิริยาอย่างง่ายในช่วงนาทิต่ 0 ก่อนดื่มและหลังดื่มนาทีที่ 25, 50, 75, 100 และ 125 ตามลำดับ ในนาทิต่ 60 ทำการทดสอบเวลาปฏิกิริยาการออกตัวและความเร็วในการวิ่ง 100 เมตร โดยบันทึกเวลาเมื่อกลุ่มตัวอย่างวิ่งผ่านระยะทาง 15, 30, 60 และ 100 เมตร นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแตกต่างกันทางสถิติโดยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยวิธีการแบบ LSD กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างได้รับเครื่องดื่มชนิด S, D, M และ C มีผลทำให้เวลาปฏิกิริยาอย่างง่าย เวลาในการออกตัว และความเร็วในการวิ่ง 100 เมตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่าการได้รับเครื่องดื่ม C จะส่งผลดีที่สุดในทุกตัวแปร แต่สำหรับการวิ่งระยะสั้น เวลาเพียง 0.01 วินาที ก็มีส่วนสำคัญต่อชัยชนะในการแข่งขันได้

งานวิจัยต่างประเทศ

Williams *et al.* (1988) ได้ทำการศึกษา ถึงผลของคาเฟอีนต่อกำลังของกล้ามเนื้อสูงสุดและความล้าที่เกิดขึ้นในช่วงการออกกำลังกายระยะเวลาดสั้น ที่ระดับความหนักสูงโดยมีผู้เข้าร่วมการทดลอง 9 คน โดยได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว หรือสารหลอก ผลการทดลองพบว่า ค่ากำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อ งานที่ทำได้ ระดับกรดแลคติก ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ และคาเฟอีนไม่ได้มีผลในการเพิ่มระดับของความล้าในระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักสูง

Greer *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษาดังผลของคาเฟอีนที่มีต่อสมรรถภาพในการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิคสูงสุด มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจำนวน 9 คน โดยให้ผู้เข้ารับการทดลองปั่นจักรยานด้วยวิธีของ Wingate test 4 ครั้งๆละ 30 วินาทีพัก 4 นาทีต่อเที่ยว ภายหลังจากได้รับสารหลอกหรือคาเฟอีนในปริมาณ 6 mg/kg จากผลการทดลองพบว่า คาเฟอีนไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพและระดับกรดแลคติกในเลือดจากการทดลองครั้งนี้

Graham and Spriet (1991) ได้ทำการศึกษา ผลของคาเฟอีนในปริมาณสูงต่อสมรรถนะและการสันดาปสารอาหารในร่างกายในนักวิ่งที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี 7 คน โดยแต่ละคนจะได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวและอีกครั้งจะได้รับสารหลอกในปริมาณ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบ ออกกำลังกายจนหมดแรง ผลการวิจัยพบว่าคาเฟอีนจะเพิ่มความอดทนของการวิ่งอย่างมีนัยสำคัญ (71.0 ± 7.2 นาที) เมื่อเทียบกับสารหลอก (49.2 ± 7.2 นาที) และเพิ่มความอดทนของการปั่นจักรยาน (59.3 ± 9.9 นาที) เมื่อเทียบกับสารหลอก (39.2 ± 6.5 นาที) ความเข้มข้นของคาเฟอีนในปัสสาวะหลังการออกกำลังกาย อยู่ที่ 8.7 – 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าที่โอลิมปิกสากลกำหนด (12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในปัสสาวะ)

Graham and Spriet (1995) ศึกษาถึงผลของคาเฟอีนในปริมาณต่างๆ (3 , 6 , 9 mg/kg) ในนักกีฬาจำนวน 8 คน โดยให้นักกีฬาทำการทดลองด้วยการวิ่งที่ความหนัก 85 % ของการใช้ ออกซิเจนสูงสุด จนกระทั่งหมดแรง ซึ่งผลการทดลองพบว่า คาเฟอีนในปริมาณ 3 , 6 mg/kg สามารถวิ่งได้นานกว่าเมื่อเทียบกับการให้สารหลอก แต่ในปริมาณ 9 mg/kg ไม่พบความแตกต่าง นอกจากนี้ คาเฟอีนในปริมาณ 3 mg/kg ไม่มีผลในการเพิ่มขึ้นของสาร อิพิเนพรีน แต่จะมีผลในการเพิ่มขึ้นของสารอิพิเนพรีน ต่อเมื่อคาเฟอีนที่ใช้มีปริมาณสูงขึ้น รวมทั้งยังเพิ่มการใช้ กลีเซอรอล และ กรดไขมันอิสระ

Macintosh and Wright (1995) ได้ทำการศึกษา ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถภาพการว่ายน้ำ 1500 เมตร ในอาสาสมัคร เพศชาย 7 คน และหญิง 4 คน ผลการทดลองพบว่า คาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถทำให้เวลาในการว่ายน้ำได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การได้รับสารหลอก ($20.58.8 \pm 0.36.4$ นาที, $21.21.8 \pm 0.38$ นาที)

Jackman *et al.* (1996) ศึกษาเรื่อง ผลของคาเฟอีนที่มีต่อการสันดาปพลังงานภายในกล้ามเนื้อและความทนทาน จำนวน 14 คน โดยให้ผู้ถูกทดลอง ปั่นจักรยานจนหมดแรง ผลการทดลองพบว่า ผู้ถูกทดลองที่ได้รับ คาเฟอีนในปริมาณ 6 mg/kg สามารถเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังไปเพิ่มการหลั่งสารอิพิเนฟริน

Douglas and Tom (2002) ได้ทำการศึกษา ผลของการได้รับคาเฟอีนก่อนการออกกำลังกาย 1, 3, 6 ชั่วโมง โดยมีผู้เข้ารับการทดลองจำนวน 21 คน หลังจากได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวหรือสารหลอก ผลการทดลองพบว่าในผู้ที่ได้รับคาเฟอีนสามารถปั่นจักรยานได้นานกว่ากลุ่มที่ได้รับสารหลอก

Gregory *et al.* (2002) ศึกษาถึงวิธีการให้คาเฟอีนในรูปแบบที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเผาผลาญภายในร่างกายและประสิทธิภาพความทนทาน ในนักกีฬาจำนวน 20 คน โดยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70% VO_{2peak} ผลปรากฏว่า คาเฟอีนในปริมาณ 6 mg/kg สามารถเพิ่มระยะเวลาในการออกกำลังกายได้

Gene *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลของคาเฟอีนที่มีต่อสมรรถนะทางกายในด้านต่างๆ กลุ่มตัวอย่างใช้นักกีฬารักบี้ฟุตบอลสมัครเล่นจำนวน 9 คน โดยให้รับประทานคาเฟอีนปริมาณ 6 mg/kg BW หรือ การรับประทานสารหลอก ก่อนการทดสอบ 70 นาที โดยทำการทดสอบสมรรถนะด้านต่างๆจากการจำลองเกมการเล่นรักบี้ฟุตบอล ในเวลาทั้งสิ้น 80 นาที ผลปรากฏว่าคาเฟอีนจะไปเพิ่มปริมาณ อิพิเนฟริน แต่ยังไม่สามารถเห็นผลได้อย่างชัดเจน ถึงผลของคาเฟอีนในการคงระดับสมรรถนะทางกายหรือเพิ่มระดับสมรรถนะทางกายให้สูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไอบันทึกผลการทดสอบซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น
2. เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน
 - 2.1 ปริมาณคาเฟอีน 0 มก. /กก. น้ำหนักตัว
 - 2.2 ปริมาณคาเฟอีน 3.5 มก. /กก. น้ำหนักตัว
 - 2.3 ปริมาณคาเฟอีน 7 มก. /กก. น้ำหนักตัว
3. เครื่องวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา (Leg Dynamometer) ยี่ห้อ TAKEI รุ่น T.K.K. 5002 ผลิตในประเทศญี่ปุ่น
4. แบบทดสอบ Sprint Testing
5. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar รุ่น F4 ผลิตในประเทศจีน
6. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Casio รุ่น G-shock ผลิตในประเทศญี่ปุ่น
7. เครื่องชั่งน้ำหนัก, วัดส่วนสูง
8. เครื่องให้จังหวะ (Metronome)
9. เป้าขนาด 60 × 60 เซนติเมตร
10. กรวยพลาสติก
11. ลูกกรักบี้ฟุตบอล ยี่ห้อ GILBERT รุ่น Dimension

12. เครื่องจับเวลาอินฟราเรด (Infra-red electronic timer)

2.12.1 ชุดส่ง -รับ แสงอินฟราเรด

2.12.2 ชุดรับเสียงปี่น

2.12.3 เครื่องแสดงเวลา

13. นกหวีด

วิธีการ

กลุ่มประชากร

นักกีฬารักบี้ฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 35 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้มาโดยการสุ่มเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้เล่นตำแหน่งกองหลัง และสามารถตีคาเฟ่ได้ จำนวน 10 คน

วิธีการดำเนินการทดลอง

- อธิบายเกี่ยวกับจุดมุ่งหมาย วิธีการทดลอง และให้ผู้เข้ารับการทดลองลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (ภาคผนวก ข)
- ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความดันโลหิต วัดอัตราการหายใจขณะพัก ของผู้เข้ารับการทดลอง
- ทำการทดสอบ สมรรถนะทางกายโดยโปรแกรมรักบี้ฟุตบอลจำลองภายหลังได้รับ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟ่อินปริมาณต่างๆ โดยจัดให้รูปแบบการทดลองเป็นแบบ Double blind cross-over design

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การทดสอบสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล

รูปแบบการทดสอบสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล ซึ่งประยุกต์จากงานวิจัยของ Gene *et al.* (2005) โดยปฏิบัติตามรายการต่างๆตามลำดับ ดังต่อไปนี้ จำนวนทั้งสิ้น 12 รอบ (ครั้งแรก 6 รอบ พัก 10 นาที และครั้งหลัง 6 รอบ)

1. การทดสอบวิ่งเหยาะ ระยะทาง 40 เมตร ในเวลา 35 วินาที วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยเครื่อง Heart rate monitor และทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ
2. การทดสอบแรงของกล้ามเนื้อขา เพื่อดูความอดทนของกล้ามเนื้อขา โดยการวัดแรงของกล้ามเนื้อขา 4 ครั้งติดต่อกัน และให้มีเวลาพัก 5 วินาทีระหว่างการดึงแต่ละครั้ง ทำการดึงด้วยความสามารถสูงสุดทุกครั้ง โดยการใช้เครื่อง Leg Dynamometer และทำการบันทึกแรงของกล้ามเนื้อขาทั้ง 4 ครั้ง
3. การทดสอบความแม่นยำในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล โดยการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล 5 ครั้ง ติดต่อกันให้เร็วที่สุดไปยังเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งอยู่ห่าง 4 เมตร เป้ามีขนาด 60 × 60 เซนติเมตร จุดศูนย์กลางสูงจากพื้น 2 เมตรและทำการบันทึก จำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้า
4. การทดสอบความเร็วในการวิ่ง (speed) ด้วยความเร็วสูงสุด ระยะทาง 20 เมตร และทำการบันทึกเวลาที่ทำได้
5. การทดสอบความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา เพื่อดูความแข็งแรงสูงสุด โดยการวัดแรงของกล้ามเนื้อขา 1 ครั้ง และทำการดึงด้วยความสามารถสูงสุด โดยใช้เครื่อง Leg Dynamometer และทำการบันทึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา
6. การทดสอบความเคล่วคล่องว่องไว โดยการวิ่งอ้อมหลัก และทำการบันทึกเวลาที่ทำได้

วิธีการทดสอบ

1. ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความดันโลหิต วัดอัตราชีพจรขณะพัก
2. ผู้ควบคุมการวิจัยทำการสุ่มเลือกเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของปริมาณคาเฟอีนในปริมาณต่างๆ เพื่อให้ผู้วิจัยนำไปให้กับผู้เข้ารับการทดลองดื่ม โดยที่ทั้งผู้วิจัยและผู้เข้ารับการทดลองไม่ทราบว่าเครื่องดื่มนั้นมีปริมาณคาเฟอีนเท่าใด (Double blind)
3. ก่อนการทดลองเป็นเวลา 45 นาทีให้ผู้เข้ารับการทดลองดื่มเครื่องดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีนตามที่เลือกไว้ อย่างใดอย่างหนึ่ง
 - 3.1 เครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน 0 มก./กก. น้ำหนักตัว (D) ปริมาณ 500 มิลลิลิตร
 - 3.2 เครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน 3.5 มก./กก. น้ำหนักตัว (M) ปริมาณ 500 มิลลิลิตร
 - 3.3 เครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน 7 มก./กก. น้ำหนักตัว (C) ปริมาณ 500 มิลลิลิตร
4. เมื่อครบ 45 นาที ให้เริ่มทำการทดสอบสมรรถนะทางกายโดยโปรแกรมรักบี้ฟุตบอลจำลองที่กำหนดไว้ จำนวนทั้งสิ้น 12 รอบ (ครั้งแรก 6 รอบ พัก 10 นาที และครั้งหลัง 6 รอบ) โดยแต่ละรอบประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆตามลำดับต่อไปนี้ (อธิบายวิธีการทดสอบดังภาคผนวก ค)
 - 4.1 ทดสอบการวิ่งเหยาะ ระยะทาง 40 เมตร
 - 4.2 ทดสอบแรงของกล้ามเนื้อขา 4 ครั้งติดต่อกัน
 - 4.3 ทดสอบความแม่นยำในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล
 - 4.4 ทดสอบความเร็วในการวิ่ง (Sprint) ระยะทาง 20 เมตร
 - 4.5 ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 1 ครั้ง
 - 4.6 ทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว
5. ทำการทดลองข้อ 3 และ 4 ซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยให้ผู้เข้ารับการทดลองดื่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีนที่แตกต่างกันจนครบทั้ง 3 ปริมาณ ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้การทดลองแต่ละครั้งกำหนดให้ห่างกันอย่างน้อย 3 วัน

หมายเหตุ ผู้เข้ารับการทดลองจะได้รับน้ำเปล่า ปริมาณ 100 มิลลิลิตร หลังจากทดสอบแต่ละรอบ

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สนามรักบี้ฟุตบอล สำนักการกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการทดลองเป็นเวลา 2 เดือน ระหว่างเดือนมกราคม 2552 – กุมภาพันธ์ 2552

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E)
2. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำระหว่างกลุ่มภายหลังจากการทดลองแต่ละครั้ง (One-way ANOVA with repeated measures)
3. ทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธี LSD
4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลและวิจารณ์

ผล

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดให้กลุ่มตัวอย่างดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 3 ระดับ คือ 1) ดื่มกาแฟที่สกัดคาเฟอีนออก (D), 2) ดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 3.5 mg/kg BW (M) และ 3) ดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 7 mg/kg BW (C) กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับเครื่องดื่มกาแฟครบทั้ง 3 ปริมาณ โดยมีระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 3 วัน ซึ่งการที่จะได้รับเครื่องดื่มชนิดใดนั้น ผู้วิจัยและผู้เข้ารับการทดลองจะไม่ทราบว่าได้ดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีนเท่าใด และผู้เข้ารับการทดลองได้รับเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนทั้ง 3 ปริมาณ สลับกันไป (Double blind crossover design) และภายหลังดื่มเครื่องดื่มแต่ละชนิดเป็นเวลา 45 นาที ทำการทดสอบสมรรถนะทางกายระหว่างการเล่นรักบี้ฟุตบอลในสถานการณ์จำลองทั้งสิ้น 12 รอบ ครั้งละ 6 รอบ พักครั้ง 10 นาที การทดสอบสมรรถนะทางกายในแต่ละรอบใช้เวลา 5.10 นาที ซึ่งแต่ละรอบจะประกอบไปด้วยสถานีดังต่อไปนี้

- สถานี1. ทดสอบการวิ่งเหยาะ ระยะทาง 40 เมตร
- สถานี2. ทดสอบแรงของกล้ามเนื้อขา 4 ครั้งติดต่อกัน
- สถานี3. ทดสอบความแม่นยำในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล
- สถานี4. ทดสอบความเร็วในการวิ่ง (sprint) ระยะทาง 20 เมตร
- สถานี5. ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 1 ครั้ง
- สถานี6. ทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว

ผลการวิจัยจะนำเสนอโดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายในกีฬารักบี้ฟุตบอล

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 10 คน ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 19.5 ± 0.97 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 72.1 ± 6.74 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 170 ± 1.81 เซนติเมตร

ก่อนการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการซักประวัติเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างเคยดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนจาก น้ำอัดลม กาแฟ และไม่เป็นโรคประจำตัวและในระหว่างการศึกษานี้กลุ่มตัวอย่างไม่มีการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของคาเฟอีนผู้วิจัยจึงขอให้กลุ่มตัวอย่างงดอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของคาเฟอีนและงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

ตอนที่ 2 ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกาย

ผลการทดลองส่วนนี้ได้จากการทดสอบสมรรถนะทางกาย คือ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความแคล่วคล่องว่องไว ตามลำดับ ในแต่ละรอบจากจำนวนทั้งสิ้น 12 รอบ แต่ละสถานีจะใช้เวลาในการทดสอบตั้งแต่ (5-35 วินาที) ซึ่งแต่ละรอบการทดสอบจะใช้เวลา 5.10 นาที โดยเวลาที่เหลือจากการทดสอบแต่ละรอบจะเป็นการพักหรือเดิน (5-45 วินาที) ในตอนนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์สมรรถนะทางกายแต่ละรายการ ดังต่อไปนี้

กลุ่มตัวอย่างมีชีพจรขณะพัก ก่อนดื่มกาแฟที่สกัดคาเฟอีนออก (D) ก่อนดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 3.5 mg/kg BW (M) และก่อนดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 7 mg/kg BW (C) อยู่ที่ 64.8 ครั้งต่อนาที 66.7 ครั้งต่อนาที และ 66.8 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ

อัตราการเต้นของหัวใจ

ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจต่อไปนี้ บันทึกขณะที่ผู้ เข้าร่วมการทดลองทำการวิ่งเหยาะ ระยะทาง 40 เมตร ในเวลา 35 วินาที ทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละรอบ จำนวน 12 รอบ และคำนวณหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 6

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)อัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละรอบของกลุ่ม ตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C

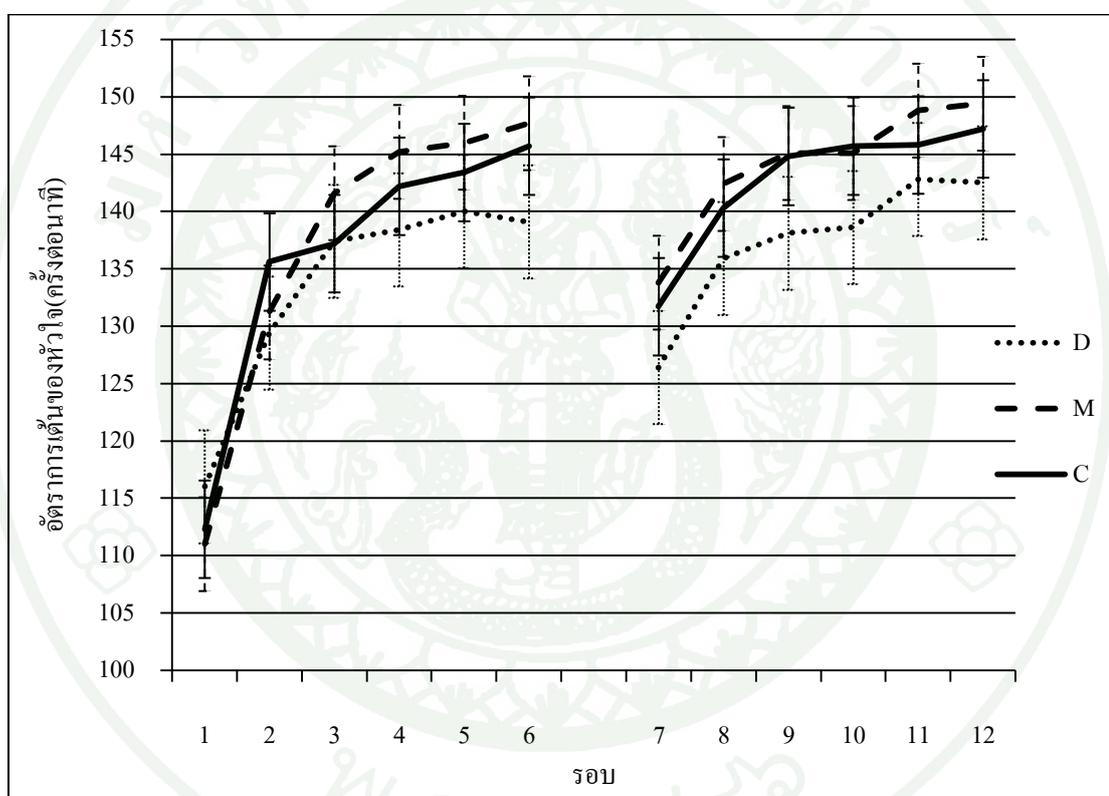
หน่วย: ครั้ง/นาที

รอบที่	เครื่องดื่มที่ได้รับ		
	D	M	C
1	116.0(5.38)	111.0(5.96)	112.3(6.14)
2	129.4(5.92)	131.2(5.05)	135.6(4.95)
3	137.4(5.57)	141.6(5.37)	137.2(5.18)
4	138.4(5.37)	145.2(4.35)	142.2(4.44)
5	140.0(5.78)	146.0(5.12)	143.4(5.24)
6	139.1(6.17)	147.7(4.58)	145.7(4.88)
	พัก		
7	126.4(4.79)	133.8(5.06)	131.7(3.96)
8	135.9(4.60)	142.4(4.16)	140.3(5.48)
9	138.1(5.42)	145.1(4.63)	144.8(5.27)
10	138.6(6.16)	145.1(4.77)	145.7(4.53)
11	142.8(5.54)	148.8(4.78)	145.8(5.03)
12	142.5(6.34)	149.4(4.46)	147.2(4.74)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
ตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง

หน่วย: ครั้ง/นาที

เครื่องคิดที่ได้รับ	ตลอดการทดลอง	ครั้งแรก	ครั้งหลัง
D	135.38(4.93)	133.38(5.21)	137.38(5.26)
M	140.62(4.09)	137.10(4.24)	144.15(4.49)
C	139.32(4.25)	136.06(4.32)	142.58(4.55)



ภาพที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องคิด D, M และ C

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่ม	149.008	2	74.504	2.458	0.114
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่ม	545.645	18	30.314		
รวม	694.653	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่ม	73.606	2	36.803	1.006	0.385
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่ม	658.191	18	36.566		
รวม	731.797	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบ ความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	250.941	2	125.470	3.55	0.050*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	636.800	18	35.378		
รวม	887.741	20			

* $p < .05$ ($F_{2,18} = 3.55$)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า มีเครื่องดื่มน้ำใดปริมาณหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ต่างไปจากเครื่องดื่มน้ำปริมาณอื่น

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภาย
หลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

เครื่องดื่มน้ำที่ได้รับ		D	M	C
	\bar{X}	137.38	144.15	142.58
D	137.38	-	6.76*	5.20*
M	144.15		-	1.56
C	142.58			-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D แตกต่างจากเมื่อได้รับเครื่องดื่มน้ำ M และ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ M กับ เครื่องดื่มน้ำ C ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ M และ C มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D

แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ

การเก็บข้อมูลแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติ ซ้ำจะให้ผู้เข้ารับการทดลองทำการดึงเครื่อง leg dynamometer 4 ครั้ง ติดต่อกัน โดยมีเวลาพัก 5 วินาทีระหว่างการดึงแต่ละครั้ง ซึ่งทุกครั้งผู้เข้ารับการทดลองจะต้องดึงด้วยความสามารถสูงสุด เพื่อวัดแรงที่กล้ามเนื้อกระทำได้ในแต่ละครั้ง จากการปฏิบัติทั้งสิ้น 12 รอบดังแสดงในตารางที่ 7, 8 และ 9

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องคัม D

หน่วย: กิโลกรัม

รอบ	ครั้งที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	160.1(12.59)	159.8(10.69)	158.0(15.29)	162.5(14.22)	160.1(12.64)
2	171.5(15.61)	162.0(14.06)	167.3(10.47)	167.0(11.76)	166.9(12.48)
3	162.5(14.61)	166.0(12.77)	165.7(11.87)	163.7(11.80)	164.4(12.29)
4	166.5(13.45)	177.5(14.12)	173.9(11.89)	173.0(12.82)	172.7(12.69)
5	170.6(12.25)	172.0(12.65)	171.8(16.09)	175.3(16.82)	172.4(13.90)
6	176.5(14.75)	169.5(13.06)	168.5(14.88)	169.2(16.75)	170.9(14.49)
	พัก				
7	164.5(16.87)	161.5(15.47)	159.3(14.39)	161.5(14.20)	161.7(14.52)
8	165.6(14.72)	162.1(11.40)	161.8(11.87)	156.1(13.60)	161.4(12.23)
9	164.4(13.28)	168.7(12.41)	166.6(11.03)	166.6(12.56)	166.5(11.89)
10	169.5(13.81)	174.0(13.43)	174.7(15.13)	171.0(13.20)	172.3(13.51)
11	167.3(13.22)	169.0(13.92)	162.0(11.45)	160.2(11.73)	164.6(12.07)
12	168.5(13.45)	171.3(12.74)	174.3(14.07)	169.0(12.26)	170.5(12.82)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบ
ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องคัม M

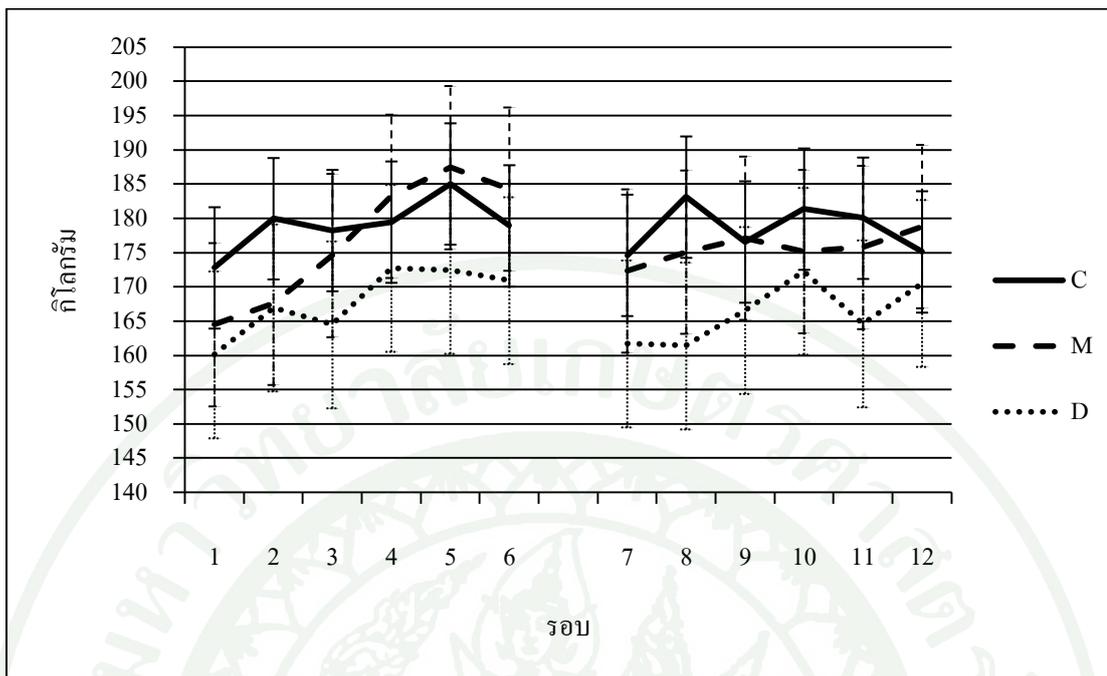
หน่วย: กิโลกรัม

รอบ	ครั้งที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	160.5(11.38)	166.0(12.71)	163.5(10.64)	167.0(15.04)	164.5(12.18)
2	165.4(14.02)	167.0(13.82)	163.0(14.08)	175.1(15.89)	167.6(14.17)
3	176.0(14.73)	171.5(15.61)	178.3(14.21)	173.6(12.76)	174.6(13.47)
4	183.0(13.37)	186.2(15.20)	185.5(13.95)	178.8(15.25)	183.2(14.06)
5	179.1(9.85)	192.4(14.65)	191.0(10.92)	188.2(13.45)	187.4(11.97)
6	179.8(13.56)	188.0(12.36)	183.6(11.73)	185.8(15.90)	184.3(12.61)
	พัก				
7	166.2(11.54)	175.6(12.00)	171.7(12.20)	166.9(13.20)	172.3(11.98)
8	175.2(14.23)	175.7(13.50)	170.2(12.92)	175.5(13.02)	175.1(13.11)
9	178.6(13.85)	180.0(12.01)	175.2(11.76)	172.9(10.65)	177.1(11.74)
10	176.4(14.09)	179.2(13.83)	171.3(12.85)	173.1(11.88)	175.1(13.14)
11	178.0(13.14)	171.0(10.21)	177.6(11.62)	176.3(13.15)	175.7(11.70)
12	183.0(13.72)	174.8(12.58)	170.0(12.08)	185.5(14.46)	178.8(12.42)

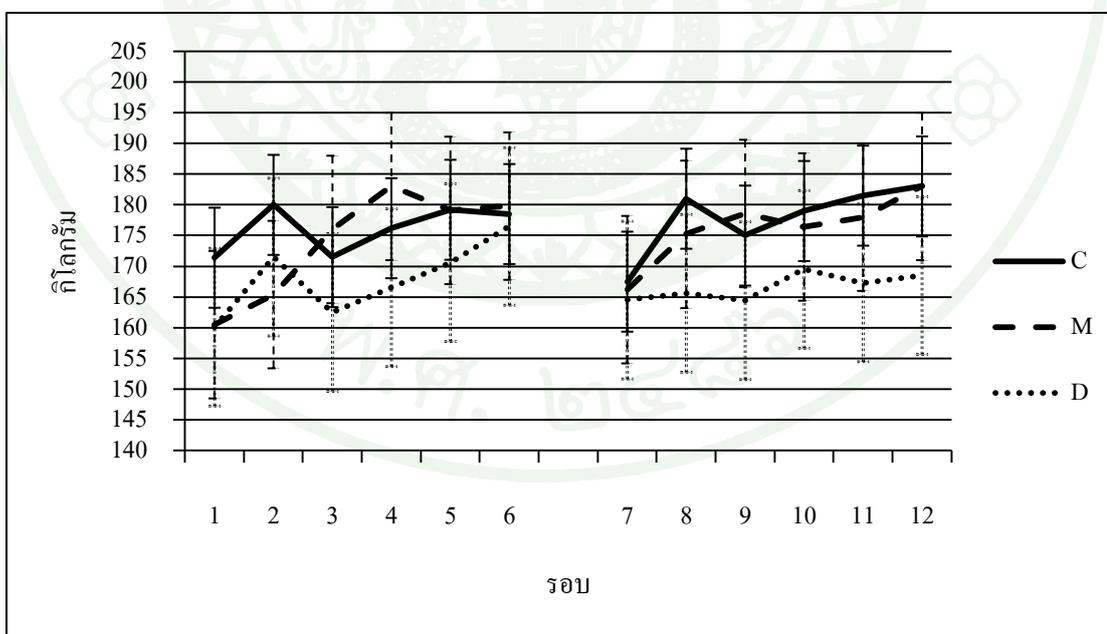
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบ
ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องคัม C

หน่วย: กิโลกรัม

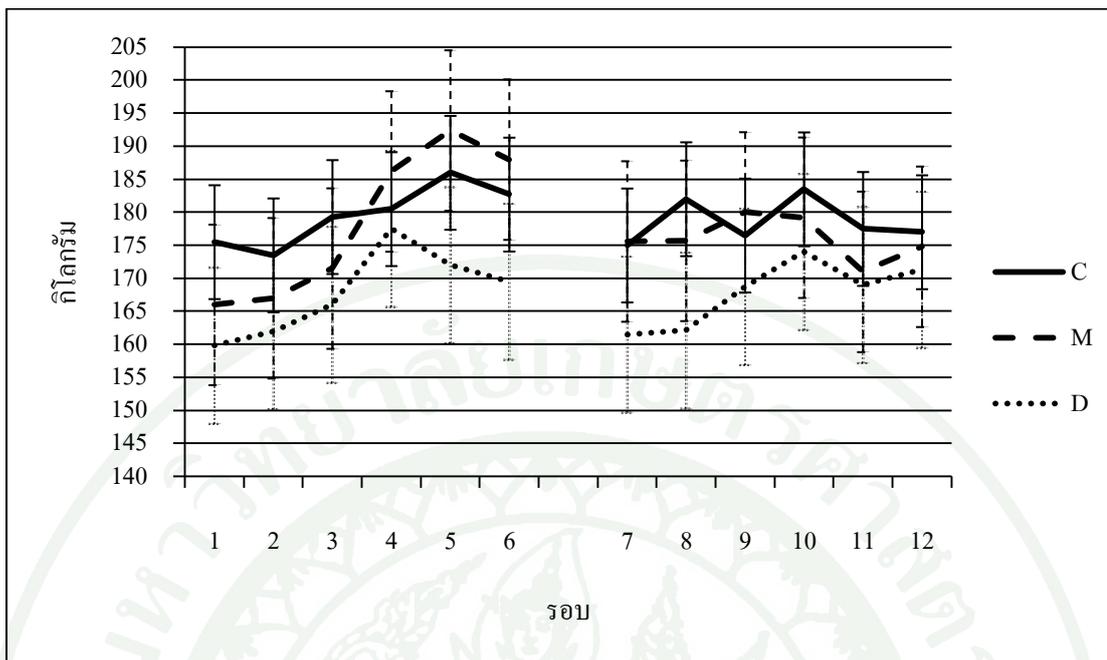
รอบ	ครั้งที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
1	171.4(13.39)	175.5(16.26)	170.9(11.08)	173.4(12.97)	172.8(11.71)
2	180.0(8.49)	173.5(9.51)	184.0(11.37)	182.4(11.36)	179.9(8.88)
3	171.5(11.90)	179.3(13.12)	180.3(11.65)	181.4(11.87)	178.2(11.22)
4	176.2(10.65)	180.5(11.14)	179.2(8.94)	182.0(10.85)	179.4(9.15)
5	179.2(7.10)	186.0(10.07)	187.0(8.30)	188.0(11.11)	185.0(8.24)
6	178.5(8.30)	182.7(10.01)	173.0(11.08)	181.5(10.90)	178.9(9.08)
	พัก				
7	167.5(9.75)	175.0(13.05)	178.5(10.93)	177.5(12.02)	174.6(10.76)
8	181.0(4.76)	182.0(8.37)	184.4(11.26)	185.1(9.56)	183.1(7.95)
9	175.0(9.54)	176.5(11.69)	175.3(12.64)	179.5(14.24)	176.5(11.65)
10	179.0(12.66)	183.5(11.35)	179.5(14.70)	183.5(10.35)	181.3(10.80)
11	181.5(10.82)	177.5(11.43)	181.5(9.45)	179.7(9.74)	180.0(9.80)
12	183.0(10.33)	177.0(9.04)	173.4(9.97)	167.1(12.73)	175.1(10.11)



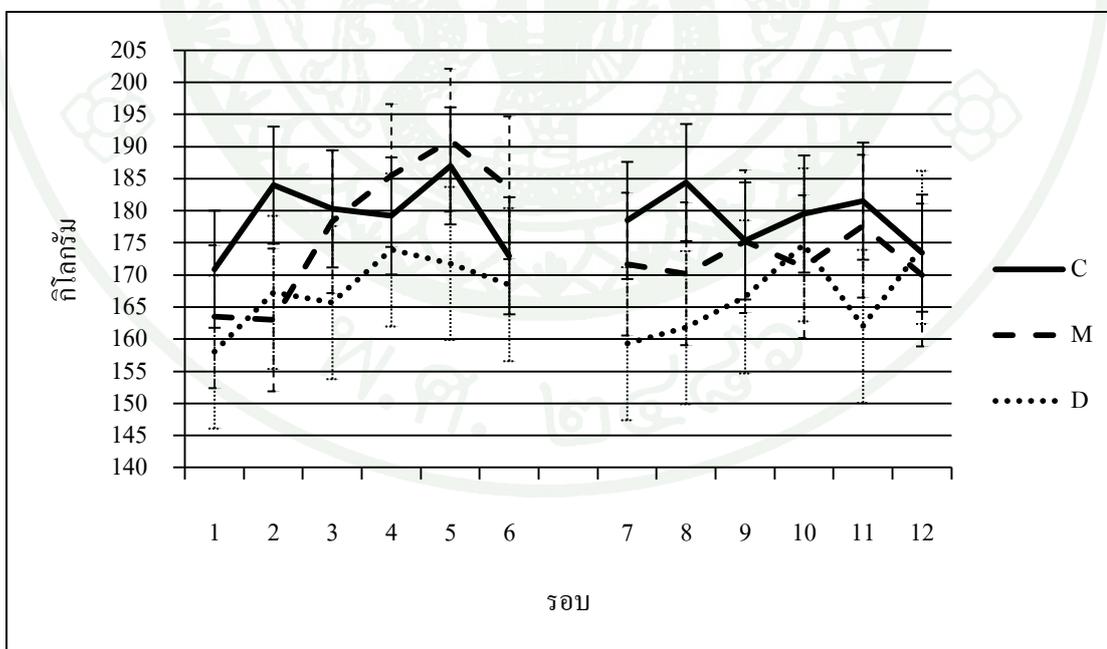
ภาพที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเฉลี่ยจาก 4 ครั้งในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C



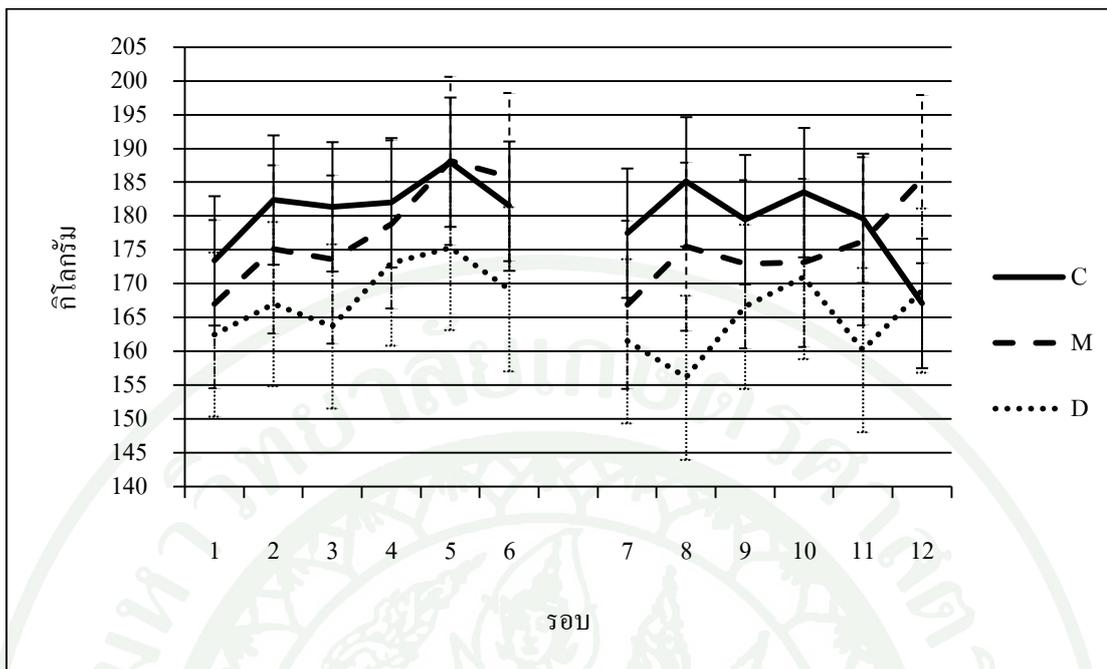
ภาพที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 1 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C



ภาพที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 2 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C



ภาพที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 3 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C

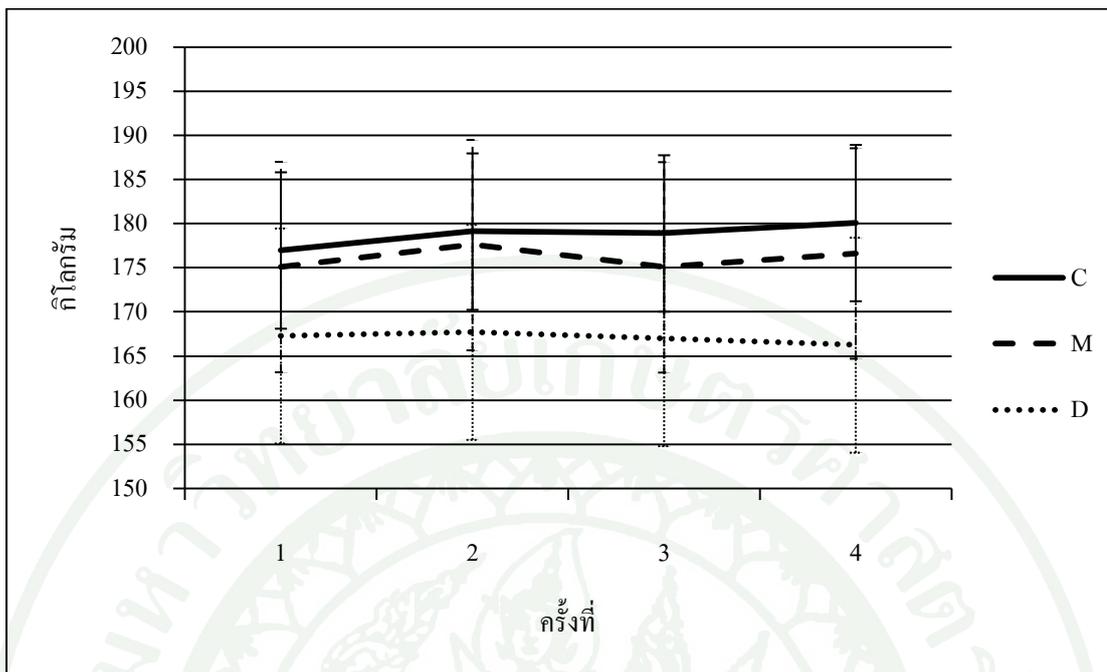


ภาพที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาครั้งที่ 4 ในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัมป์ D, M และ C

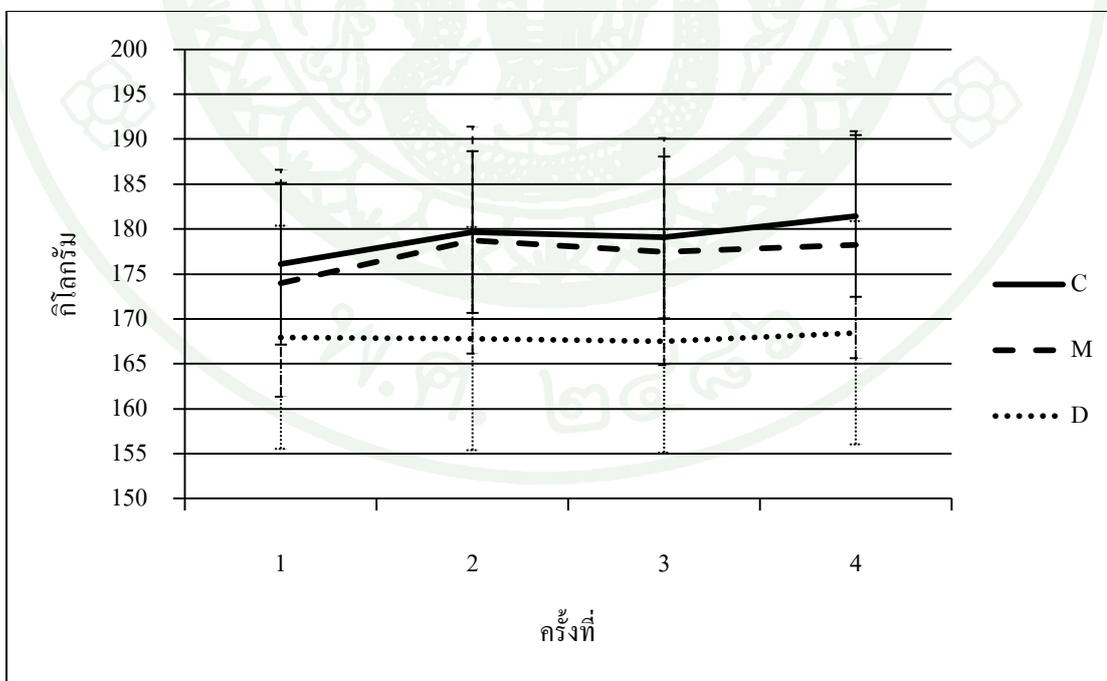
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่ม
ตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาครั้งแรกและในช่วงเวลาครั้งหลัง

หน่วย: กิโลกรัม

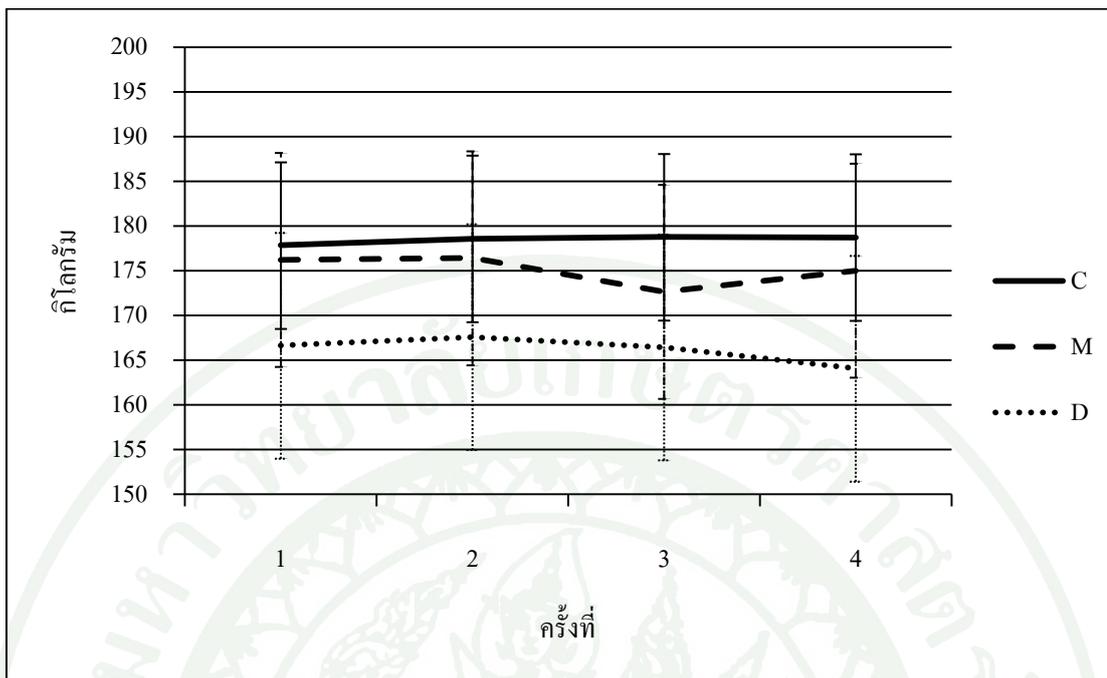
เครื่องดื่มน้ำที่ได้รับ	ช่วงเวลา	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
	ตลอดการทดลอง	167.29(12.83)	167.70(11.82)	166.99(11.92)	166.25(12.15)
D	ครั้งแรก	167.95(12.93)	167.80(11.58)	167.53(12.22)	168.45(12.96)
	ครั้งหลัง	166.63(13.39)	167.60(12.55)	166.45(12.36)	164.06(12.20)
	ตลอดการทดลอง	175.10(12.00)	177.59(12.15)	175.07(11.12)	176.64(12.44)
M	ครั้งแรก	173.96(12.10)	178.76(13.23)	177.48(11.48)	178.25(13.72)
	ครั้งหลัง	176.23(12.80)	176.41(11.82)	172.66(11.41)	175.03(11.82)
	ตลอดการทดลอง	176.98 (8.14)	179.12 (8.62)	178.91 (9.12)	180.09 (9.57)
C	ครั้งแรก	176.13 (8.28)	179.66 (8.83)	179.06 (9.10)	181.45 (9.82)
	ครั้งหลัง	177.83 (8.31)	178.58 (9.28)	178.76 (9.94)	178.73 (9.71)



ภาพที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครั้งแรก



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งหลัง

ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 1					
กลุ่มเครื่องดัม	528.153	2	264.076	1.304	0.296
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	3643.896	18	202.439		
รวม	4172.049	20			
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 2					
กลุ่มเครื่องดัม	769.100	2	384.550	1.640	0.222
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	4219.627	18	234.424		
รวม	4988.727	20			
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 3					
กลุ่มเครื่องดัม	741.003	2	370.501	1.438	0.263
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	134139.161	238	563.610		
รวม	5377.473	20			

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 4					
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	1036.923	2	518.462	1.538	0.242
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	6067.297	18	337.072		
รวม	7104.22	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C จากการทดสอบทั้งหมด 12 รอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 1					
กลุ่มเครื่องดัม	359.529	2	179.769	1.005	0.386
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	3218.313	18	178.795		
รวม	3577.852	20			
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 2					
กลุ่มเครื่องดัม	872.985	2	436.493	1.590	0.231
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	4940.811	18	274.490		
รวม	5813.796	20			
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 3					
กลุ่มเครื่องดัม	781.757	2	390.879	1.691	0.212
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	4159.854	18	231.103		
รวม	4941.611	20			

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 4					
กลุ่มเครื่องดืม	917.600	2	458.800	1.474	0.255
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดืม	5603.659	18	311.314		
รวม	6521.259	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 1					
กลุ่มเครื่องดัม	733.867	2	366.933	1.113	0.35
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	5932.985	18	329.610		
รวม	6666.852	20			
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 2					
กลุ่มเครื่องดัม	676.872	2	338.436	1.202	0.323
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	5066.072	18	281.448		
รวม	5742.944	20			
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 3					
กลุ่มเครื่องดัม	748.524	2	379.262	1.038	0.374
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	6578.180	18	365.454		
รวม	7336.704	20			

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติครั้งที่ 4					
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	1163.563	2	581.781	1.199	0.324
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	8731.456	18	485.081		
รวม	9895.019	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความแม่นยำในการส่งลูกกรักบี้ฟุตบอล

การเก็บข้อมูลความแม่นยำในการส่งลูกกรักบี้ฟุตบอลนั้นจะให้ผู้เข้ารับการทดลองทำการส่งลูกกรักบี้ฟุตบอล (pass) จำนวน 5 ลูกต่อเนื่องกันให้เข้าเป้าที่กำหนดไว้ ค่าเฉลี่ย ของจำนวนลูกกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าในแต่ละรอบได้แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)จำนวนลูกกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C

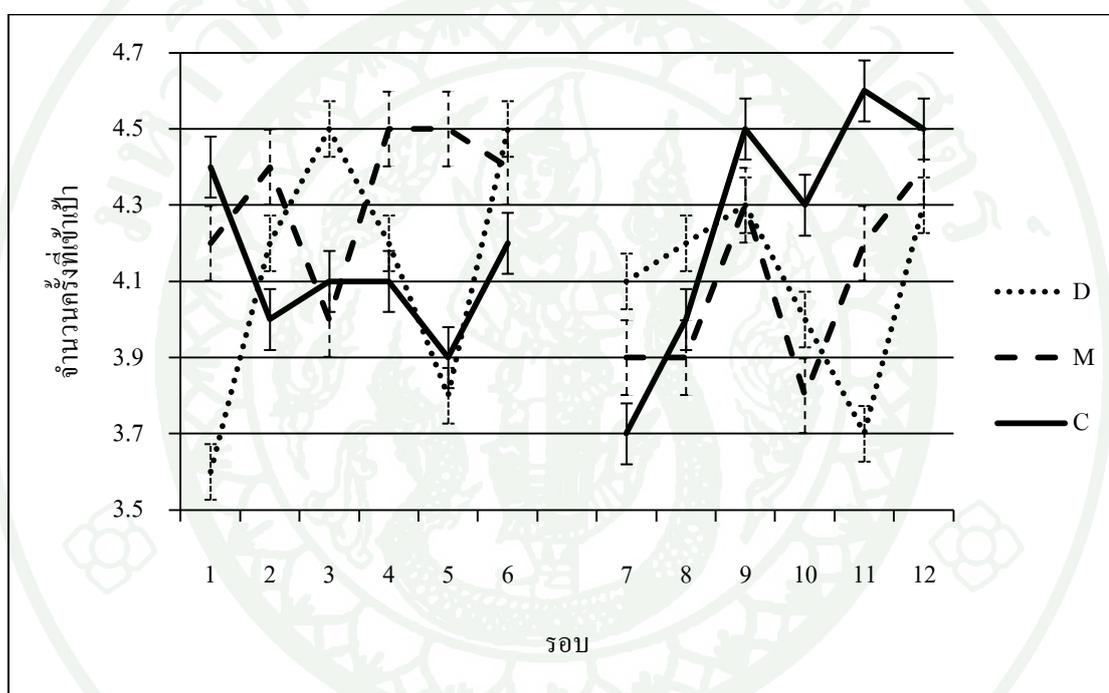
หน่วย : ลูก

รอบที่	เครื่องดืมที่ได้รับ		
	D	M	C
1	3.6(0.22)	4.2(0.20)	4.4(0.22)
2	4.2(0.24)	4.4(0.26)	4.0(0.25)
3	4.5(0.22)	4.0(0.25)	4.1(0.27)
4	4.2(0.32)	4.5(0.22)	4.1(0.23)
5	3.8(0.29)	4.5(0.16)	3.9(0.31)
6	4.5(0.22)	4.4(0.26)	4.2(0.24)
	พัก		
7	4.1(0.31)	3.9(0.31)	3.7(0.30)
8	4.2(0.35)	3.9(0.27)	4.0(0.25)
9	4.3(0.21)	4.3(0.33)	4.5(0.22)
10	4.0(0.14)	3.8(0.32)	4.3(0.15)
11	3.7(0.33)	4.2(0.24)	4.6(0.22)
12	4.3(0.26)	4.4(0.16)	4.5(0.22)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)จำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง

หน่วย: ลูก

เครื่องดืมที่ได้รับ	ตลอดการทดลอง	ครั้งแรก	ครั้งหลัง
D	4.11(0.073)	4.13(0.010)	4.10(0.010)
M	4.20(0.098)	4.33(0.010)	4.08(0.012)
C	4.19(0.080)	4.11(0.007)	4.26(0.012)



ภาพที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C

ตารางที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.048	2	0.024	0.418	0.665
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	1.027	18	0.057		
รวม	1.075	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอด การทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.291	2	0.145	2.164	0.144
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	1.209	18	0.067		
รวม	1.500	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.206	2	0.103	0.724	0.498
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	2.554	18	0.142		
รวม	2.76	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความเร็ว

การเก็บข้อมูลความเร็วนั้นจะให้ผู้เข้ารับการทดลองทำการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ระยะทาง 20 เมตรในแต่ละรอบ และทำการบันทึกเวลา ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความเร็วในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัมป์ D, M และ C

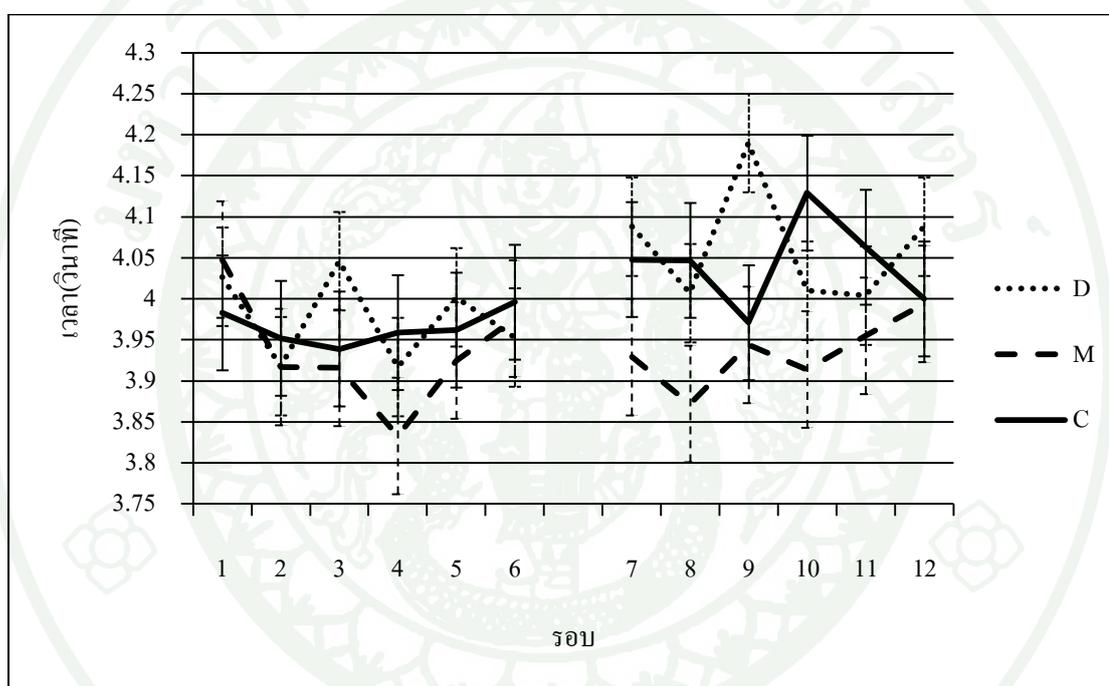
หน่วย : วินาที

รอบที่	เครื่องดัมป์ที่ได้รับ		
	D	M	C
1	4.027(0.071)	4.048(0.096)	3.983(0.082)
2	3.918(0.094)	3.917(0.077)	3.952(0.089)
3	4.046(0.060)	3.916(0.090)	3.939(0.081)
4	3.917(0.080)	3.833(0.099)	3.959(0.079)
5	4.002(0.072)	3.925(0.072)	3.962(0.089)
6	3.953(0.070)	3.976(0.088)	3.996(0.085)
	พัก		
7	4.088(0.106)	3.929(0.086)	4.048(0.065)
8	4.007(0.087)	3.872(0.080)	4.047(0.078)
9	4.190(0.217)	3.944(0.087)	3.971(0.086)
10	4.010(0.075)	3.914(0.092)	4.129(0.092)
11	4.004(0.073)	3.955(0.063)	4.063(0.077)
12	4.088(0.097)	3.994(0.063)	4.000(0.076)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
ตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง

หน่วย: วินาที

เครื่องดัดที่ได้รับ	ตลอดการทดลอง	ครั้งแรก	ครั้งหลัง
D	3.99(0.060)	3.97(0.062)	4.02(0.069)
M	3.93(0.071)	3.93(0.075)	3.93(0.069)
C	4.00(0.070)	3.96(0.076)	4.04(0.067)



ภาพที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัด D, M และ C

ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดจนการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.031	2	0.016	2.631	0.099
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.107	18	0.006		
รวม	0.138	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดจนการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.011	2	0.006	1.369	0.280
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.074	18	0.004		
รวม	0.085	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.066	2	0.033	2.580	0.103
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.299	18	0.013		
รวม	0.365	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

การเก็บข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจะให้ผู้เข้ารับการทดลองทำการดึงเครื่อง leg dynamometer 1 ครั้ง โดยผู้เข้ารับการทดลองจะต้องดึงด้วยความสามารถสูงสุด ตลอดการปฏิบัติทั้งสิ้น 12 รอบดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขาในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัมป์ D, M และ C

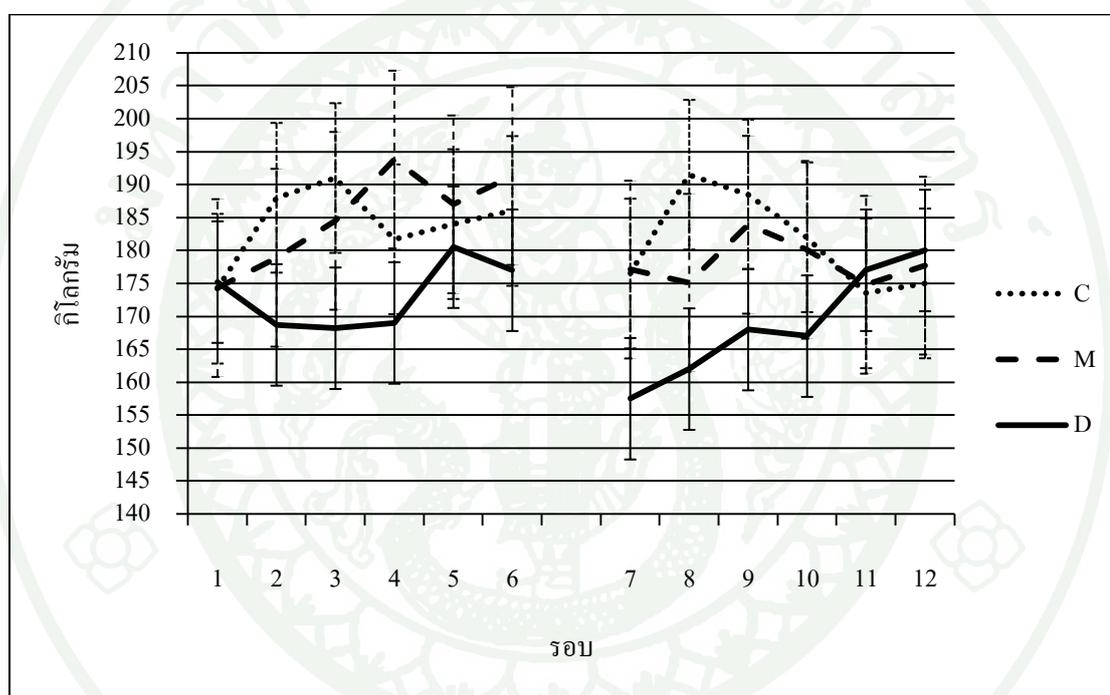
หน่วย: กิโลกรัม

รอบที่	เครื่องดัมป์ที่ได้รับ		
	D	M	C
1	175.2(16.36)	174.3(14.90)	174.2(11.55)
2	168.7(13.82)	173.9(15.55)	188.0(10.22)
3	168.2(12.11)	184.5(16.38)	191.0(10.26)
4	169.0(12.75)	193.8(12.40)	181.7(10.37)
5	180.5(14.74)	187.0(14.10)	184.0(9.42)
6	177.0(15.27)	191.3(15.31)	186.0(10.82)
	พัก		
7	157.5(14.18)	177.1(14.41)	176.5(12.82)
8	162.0(12.69)	175.1(14.67)	191.5(9.25)
9	168.0(12.00)	183.9(14.20)	188.5(13.90)
10	167.0(12.25)	180.1(15.59)	182.0(9.58)
11	177.0(14.34)	174.8(13.01)	173.5(10.82)
12	180.0(13.10)	177.7(13.98)	175.0(11.66)

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขาของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง

หน่วย: กิโลกรัม

เครื่องดัมพ์ที่ได้รับ	ตลอดการทดลอง	ครั้งแรก	ครั้งหลัง
D	170.84(11.36)	173.10(12.39)	168.58(11.98)
M	181.16(13.49)	184.21(14.08)	178.11(13.93)
C	182.65(9.22)	184.15(9.32)	181.16(9.76)



ภาพที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัมพ์ D, M และ C

ตารางที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดัม	828.203	2	414.101	1.531	0.243
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	4867.325	18	270.407		
รวม	5695.528	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ตลอดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดัม	818.957	2	409.479	1.645	0.221
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	4480.691	18	248.927		
รวม	5299.648	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดัม	861.757	2	430.879	0.925	0.414
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดัม	8381.280	18	465.622		
รวม	9243.037	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความแตกต่างของวงไว

การเก็บข้อมูลความแตกต่างของวงไวนั้นจะให้ผู้เข้ารับการทดลองทำการวิ่งอ้อมหลัก ตามรูปแบบที่กำหนด แล้วทำการบันทึกเวลา ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความแตกต่างของวงไวในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C

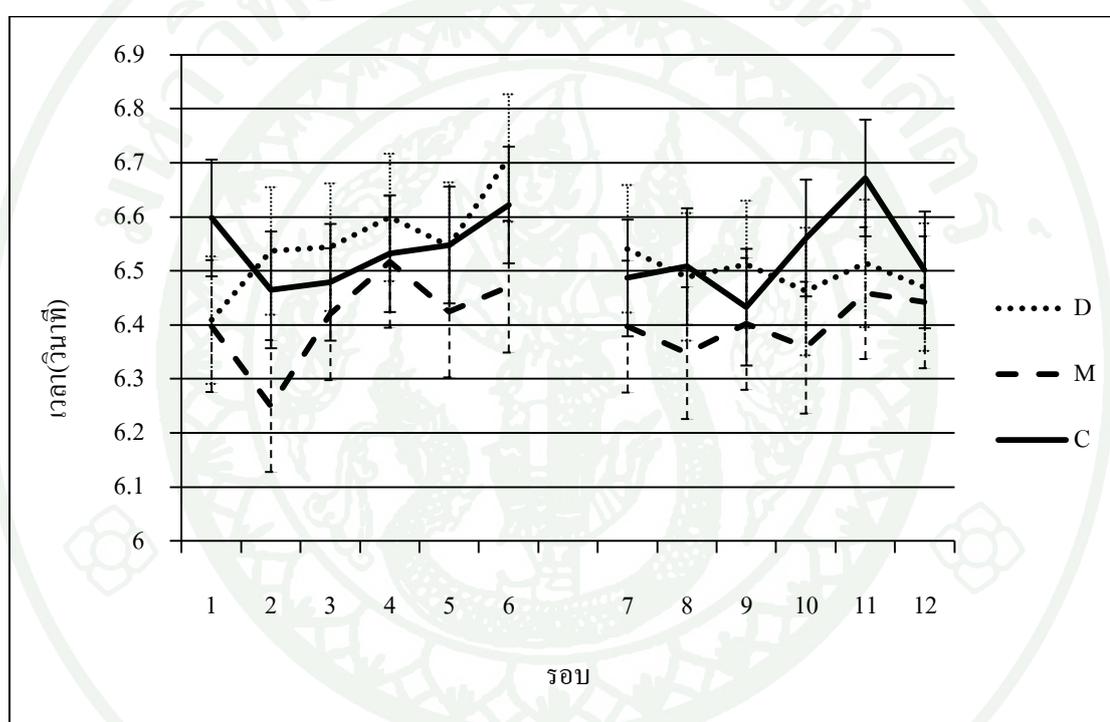
หน่วย: วินาที

รอบที่	เครื่องดัมที่ได้รับ		
	D	M	C
1	6.409(0.110)	6.398(0.148)	6.598(0.155)
2	6.537(0.130)	6.250(0.137)	6.465(0.091)
3	6.544(0.100)	6.420(0.146)	6.479(0.070)
4	6.599(0.078)	6.517(0.093)	6.532(0.101)
5	6.546(0.110)	6.425(0.095)	6.548(0.085)
6	6.709(0.071)	6.471(0.089)	6.622(0.138)
	พัก		
7	6.541(0.134)	6.397(0.118)	6.487(0.093)
8	6.489(0.137)	6.348(0.144)	6.508(0.103)
9	6.512(0.145)	6.402(0.104)	6.433(0.116)
10	6.462(0.134)	6.358(0.130)	6.561(0.134)
11	6.514(0.120)	6.459(0.123)	6.672(0.104)
12	6.470(0.150)	6.442(0.139)	6.502(0.111)

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ย(ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)ความแคว้คล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
ตลอดการทดลอง ครั้งแรกและครั้งหลัง

หน่วย: วินาที

เครื่องดื่มน้ำที่ได้รับ	ตลอดการทดลอง	ครั้งแรก	ครั้งหลัง
D	6.52(0.095)	6.55(0.076)	6.49(0.126)
M	6.40(0.101)	6.43(0.087)	6.38(0.121)
C	6.53(0.088)	6.54(0.091)	6.52(0.101)



ภาพที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยความแคว้คล่องว่องไวในแต่ละรอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C

ตารางที่ 31 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเครียดคล่องตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.100	2	0.050	1.034	0.376
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ	0.866	18	0.048		
รวม	0.966	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ย ความเครียดคล่องตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเครียดล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดืม	0.092	2	0.046	0.992	0.390
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดืม	0.838	18	0.047		
รวม	0.93	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ย ความเครียดล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเครียดล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มเครื่องดืม	0.113	2	0.056	0.799	0.465
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และกลุ่มเครื่องดืม	1.268	18	0.070		
รวม	1.388	20			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ย ความเครียดล่องว่องไวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดืม D, M และ C ในช่วงเวลาครึ่งหลังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดสอบสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล ซึ่งประยุกต์จากงานวิจัยของ *gene et al.* (2005) ที่นักกีฬาปฏิบัติขณะแข่งขันหรือฝึกซ้อม ซึ่งการเคลื่อนไหวมีตั้งแต่ การยืน การเดิน การวิ่งเหยาะ การวิ่งก้าวยาว การวิ่งเร็ว การวิ่งหลบหลีก การทำโมล การทำสกริม (*Grant et al.*, 2005; *Deutsch et al.*, 2007) นอกจากนี้ ชนะวง ศ์ (2549) ยังได้ระบุถึงสมรรถภาพทางกายที่ดีของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลควรประกอบด้วย ความแข็งแรง (strength) ที่ต้องมีการเข้าปะทะ กระแทก เหนี่ยว รั้ง อยู่เกือบตลอดทั้งเกม ความอดทน (endurance) ของกล้ามเนื้อที่ต้องมีการปฏิบัติซ้ำๆ ระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตเพราะต้องมีการเปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลา การแข่งขัน ความเร็ว (speed) ความแคล่วคล่องว่องไว (agility) ความอ่อนตัว (flexibility) สมรรถภาพการไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic capacity) ถ้าหากนักกีฬามีสมรรถภาพทางกายที่ดีแล้วนั้น จะสามารถทำอย่างไรเพื่อที่จะเสริมให้นักกีฬายังคงรักษาระดับสมรรถนะทางกายตลอดเกมการแข่งขัน

ผู้วิจัยได้ทำการ จำลองเกมรักบี้ฟุตบอลขึ้นมา เพื่อที่จะศึกษาผลของคาเฟอีนในกาแฟต่อสมรรถนะทางกาย เมื่อทำการทดสอบสมรรถนะทางกาย ที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล เป็นเวลา 70 นาที ซึ่งผู้วิจัยได้วิจารณ์ผลแต่ละสมรรถนะทางกายดังต่อไปนี้

อัตราการเต้นของหัวใจ

จากข้อมูลที่ปรากฏในตารางที่ 1, 2 และภาพที่ 6 ภายหลังจากกลุ่มตัวอย่างได้รับเครื่องดื่มชนิดใดก็ตาม พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นเกือบทันทีที่ ออกกำลังกายและจะยังเพิ่ม สูงขึ้นอยู่ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายและลดลงเมื่อหยุดออกกำลังกาย ในช่วงพัก โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับเครื่องดื่ม D ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยที่ต่ำกว่า เครื่องดื่ม M และ C

อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นในการออกกำลังกาย จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับการใช้พลังงานของร่างกาย (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) นอกจากนี้ Morton (1978) ได้รายงานเรื่องอัตราการเต้นของหัวใจในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลตลอดทั้งเกมจะอยู่ที่ระหว่าง 135 – 180 ครั้งต่อนาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการเต้นของหัวใจจากการทดลองนี้ที่อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการ

ทดลองจะอยู่ที่ 168 ครั้งต่อนาที ในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่ม D และ 174 ครั้งต่อนาที ในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่ม M และ C

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 แบบ (D, M และ C) ตลอดการทดลองนั้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างก็ น้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 3)

และเมื่อทำการศึกษาโดยแยกออกเป็นช่วงเวลาครั้งแรก และช่วงเวลาครึ่งหลัง ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าเครื่องดื่ม D ทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าที่ต่ำกว่าเครื่องดื่ม M และ C

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ในช่วงเวลาครั้งแรก พบว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดไม่ได้ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ในช่วงเวลาครึ่งหลัง เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.05$) แสดงว่า มีเครื่องดื่มชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ต่างไปจากเครื่องดื่มชนิดอื่น และจากตารางที่ 6 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างดื่มเครื่องดื่ม D แตกต่างจากเมื่อดื่มเครื่องดื่ม M และ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้สาเหตุที่อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย ภายหลังจาก ที่ได้รับเครื่องดื่ม M และได้รับเครื่องดื่ม C (140.62, 139.32 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ) สูงกว่าการดื่มเครื่องดื่ม D (135.38 ครั้งต่อนาที) นั้น เป็นเพราะคาเฟอีนมีฤทธิ์ไปกระตุ้น การทำงานของฮอร์โมนอิพิเนพริน ปกติแล้วนั้นอิพิเนพริน จะทำหน้าที่ กระตุ้นให้หัวใจบีบตัวแรงและเร็วขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gene *et al.* (2005) ที่พบว่า คาเฟอีนจะทำให้ฮอร์โมนอิพิเนพรินเพิ่มสูงขึ้นถึง 51% เมื่อเปรียบเทียบกับสถานะที่ได้รับสารหลอก นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดส่งผลทำให้ เลือดลำเลียงออกซิเจนและกลูโคสไปเลี้ยงกล้ามเนื้อจำนวนมากที่ต้องทำงานเพิ่มขึ้นรวมถึงเซลล์ต่างๆในร่างกายได้มากขึ้น

แต่ทั้งนี้ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของ อีพิเนพริน นอกเหนือจากฤทธิ์ของคาเฟอีนแล้ว ยังขึ้นอยู่กับ ความหนักและระยะเวลาของการออกกำลังกาย (ชูศักดิ์ และ กันยา , 2536) ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุอีก ประการหนึ่งที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากรับเครื่องดื่ม D, M และ C ในช่วงเวลา ครั้งหลังมีความแตกต่าง

แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ

ในกีฬารักบี้ฟุตบอลนั้น power เป็นผลที่เกิดจาก แรงกับความเร็ว ปกติการดันไปข้างหน้า หรือด้านการเคลื่อนที่ เพื่อให้ได้ระยะ การทำ mauls นั้น ต้องใช้แรงจากขาในการดันกลุ่มผู้เล่น และ ต้องทำซ้ำๆต่อเนื่องกันหลายครั้งต่อเกม โดยวิธีในการทดสอบเป็นการศึกษา แรงของกล้ามเนื้อเมื่อ ปฏิบัติงานซ้ำ เพื่อที่จะดูแรงของกล้ามเนื้อ ถ้าหากแรงของกล้ามเนื้อลดลงเมื่อต้องออกแรงซ้ำๆ กันอาจส่งผลกระทบต่อทำให้ทีมอ่อนลง ไป ถึงแม้บางครั้งระบบทีมอาจดีกว่าคู่แข่ง แต่ถ้าขาดกำลังก็ ไม่สามารถต้านทานทีมที่มีสมรรถนะ ทางกายดีกว่า ซึ่ง Deutsch *et.al.*(2007) ได้ทำการศึกษาและ วิเคราะห์การเคลื่อนไหวระหว่างการแข่งขันจากการบันทึกเป็นภาพเคลื่อนไหวพบว่า การทำ mauls ต่อเกมนั้นอยู่ที่ 66.9 ครั้งต่อเกม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดิ ขวของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อ ขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ ของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากรับเครื่องดื่ม D, M และ C ตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาครั้งแรก และช่วงเวลาค้าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่ง สอดคล้องจากการศึกษาของ Greer *et.al.* (1998) ที่ทำการศึกษารับ คาเฟอีนขนาด 6 มก.ต่อ กิโลกรัม น้ำหนักตัวที่มีผล ต่อกำลังด้วยการปั่น จักรยานโดยวิธี Wingate ทำการ ปั่นจักรยาน ซ้ำ จำนวน 4 ครั้ง ซึ่งผลการทดลอง พบว่าปริมาณของคาเฟอีนขนาด 6 มก.ต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว ทำให้ไม่มีความแตกต่าง ของกำลังที่เกิดจากการทดสอบเมื่อเทียบกับ การได้รับสารหลอก ทั้งนี้หาก สังเกตจากภาพที่ 7 จะดูเหมือนว่าการได้รับเครื่องดื่ม M ในช่วงเวลาครั้งแรกในแต่ละรอบตั้งแต่ รอบที่ 1 ถึงรอบที่ 5 แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำเพิ่มสูงขึ้น และจากรูปในภาพผนวกที่ จ 1 ซึ่ง อยู่ในช่วงเวลาค้างแรก ทำให้สามารถมองเห็นได้ว่า การกระจายระหว่างตัวแปร แรง ของกล้ามเนื้อ ขาเมื่อปฏิบัติซ้ำกับระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบ ภายหลังจากรับเครื่องดื่ม M มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง และแรงของ กล้ามเนื้อ ขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ ภายหลังจากรับ เครื่องดื่ม M เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าภายหลังจากรับเครื่องดื่ม C และ D ในช่วงเวลาครั้งแรก (ตาราง ผนวกที่ จ 1, จ 3 และ จ 5) ซึ่งแรงของ กล้ามเนื้อ ขาเมื่อกลุ่มตัวอย่างดื่มเครื่องดื่ม D และ C ไม่

เปลี่ยนแปลงเนื่องจากพบว่าแรงของกล้ามเนื้อขาไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลา (รอบ) ที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าเครื่องดัม M สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแรงกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำในแต่ละรอบของการทดสอบในช่วงเวลาครั้งแรก

แต่ในช่วงเวลาครึ่งหลัง (ตารางผนวกที่ จ 2, จ4 และ จ6) การกระจายระหว่างตัวแปร แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ กับระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบ ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ไม่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง และแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D, M และ C ไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากพบว่าแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลา (รอบ) ที่ใช้ในการทดสอบ จึงอาจสรุปได้ว่าเครื่องดัม D, M และ C ไม่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแรง กล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ ในแต่ละรอบของการทดสอบในช่วงเวลาครึ่งหลัง

จากงานวิจัยนี้สามารถที่จะบอกได้ว่า คาเฟอีนในปริมาณเพียง 3.5 มก.ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถส่งผลเพียงระยะเวลาสั้นๆ แต่ในระยะยาวคาเฟอีนจะไม่ส่ง ผลต่อแรงของ กล้ามเนื้อขา เมื่อปฏิบัติซ้ำ นอกจากนี้คาเฟอีนในปริมาณสูงจะไม่ส่งผลกระทบต่อแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ

ปกติแล้วนั้นการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดจากการทำงานของ sacroplasmic reticulum มีผลทำให้เกิดการซึมผ่านของ Ca^{2+} และมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของคาเฟอีนที่มีต่อระดับ Ca^{2+} พบว่าคาเฟอีนมีศักยภาพในการเพิ่มการปล่อย Ca^{2+} ออกมา จึงสามารถทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วและมีผลต่อการเคลื่อนไหว โดยจะไปมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์ จากการศึกษาด้วย electronmicroscope จะพบว่า เมื่อกกล้ามเนื้อได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 10 nmol จะทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของ sacroplasmic reticulum มีผลทำให้เกิดการซึมผ่านของ Ca^{2+} เพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วตัวแรงขึ้น

ในการออกกำลังกาย ที่ต้องใช้แรงของ กล้ามเนื้อ ที่สูงและเร็ว ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีการทำงานอย่างต่อเนื่องและซ้ำๆ ตั้งแต่ 10 วินาที ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 2 นาที กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานในระบบ anaerobic glycolysis โดยมีกลูโคสเป็นพลังงานหลัก และจากการทดสอบ แรงของกล้ามเนื้อเมื่อปฏิบัติซ้ำ ในครั้งนี้จะ ใช้แรงสูงสุด ซึ่งระบบพลังงานนี้ จะมีการสร้างของเสียขึ้นในกล้ามเนื้อของเสียดังกล่าวที่สร้างขึ้นมานี้คือ กรดแลคติก (Lactic acid) การที่กล้ามเนื้อมีการสะสมของกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีความล้าเกิดขึ้น ซึ่งจากการศึกษา ถนนมศักดิ์ (2546) ที่

ทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก ในเลือด ที่พบว่า ในช่วงขณะพักและช่วง 30 นาทีแรกของการปั่นจักรยานแบบหนักสลับเบา ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือดแตกต่างกันน้อยมาก แต่หลังจากนาที่ที่ 42 เป็นต้นไปค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือดเริ่มมีความแตกต่างกัน โดยปริมาณกรดแลคติกในเลือดที่สภาวะได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนสูงกว่าสภาวะการได้รับเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ซึ่งสาเหตุที่ปริมาณกรดแลคติกในเลือดที่สภาวะได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนสูงกว่าสภาวะการได้รับเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของคาเฟอีน อาจมาจากการที่คาเฟอีน ไปยับยั้งการสลายกรดแลคติกที่ตับ ทำให้มีการค้างของกรดแลคติกและสะสมอยู่ในกระแสเลือด แต่จากงานวิจัยของ Graham (2001) ที่ทำการศึกษาผลของคาเฟอีนที่มีต่อระดับกรดแลคติกในกล้ามเนื้อขาที่สภาวะการได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนและที่สภาวะการได้รับเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของคาเฟอีน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของระดับกรดแลคติกในกล้ามเนื้อขา

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

หลังจากได้ทราบถึงผลของแรงของกล้ามเนื้อเมื่อปฏิบัติงานซ้ำแล้วนั้น สมรรถนะความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อก็เป็นสิ่งสำคัญสำหรับกีฬารักบี้ฟุตบอล ในการเข้าทำสกรัม ปกตินี้นักกีฬารักบี้ฟุตบอลควรจะมีกลุ่มกล้ามเนื้อชนิดที่มีการหดตัวเร็ว Type II fiber ทั้งกล้ามเนื้อแขนและขา โยกล้ามเนื้อที่มี fast twitch (FT) มากจะมีประโยชน์ต่อนักกีฬาที่ต้องใช้กำลังในการแข่งขัน

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาครั้งแรก และในช่วงเวลาครั้งหลัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากภาพที่ 17 และตารางผนวกที่ จ 7, จ8, จ9, จ10, จ11 และ จ12 การกระจายระหว่างตัวแปร ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบ ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ไม่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลา (รอบ) ที่ใช้ในการทดสอบ จึงอาจสรุปได้ว่าเครื่องดื่ม D, M

และ C ไม่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในแต่ละรอบของการทดสอบ ตลอดช่วงเวลาคั้งแรก และในช่วงเวลาคั้งหลัง

ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากการที่คาเฟอีน มีความเป็นไปได้ว่าจะไปกระตุ้นให้เพิ่มการปล่อยของ Ca^{2+} ที่เก็บอยู่ใน Sarcoplasmic reticulum โดยการเพิ่มความถี่และระยะเวลาของการเปิดช่องทางการผ่านของ Ca^{2+} ส่งผลให้กระบวนการหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

ความเร็ว

นักกีฬารักบี้ฟุตบอลนั้นจะมีการเคลื่อนที่ในการเปลี่ยนตำแหน่งอย่างรวดเร็ว และเต็มประสิทธิภาพทั้งในการรับและการรุก การที่ผู้เล่นมีความเร็วสูง ก็เป็น โอกาสหนึ่งที่จะสามารถนำลูกไปวางเพื่อทำคะแนน โดยการวิ่งนั้นจะมีระยะทางระหว่าง 10 – 20 เมตร (Docherty *et al.*, 1988; Deutsch *et al.*, 1998)

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยความเร็ว ภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาคั้งแรกและในช่วงเวลาคั้งหลัง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แต่เมื่อสังเกตเวลาในการวิ่งจะพบว่า การที่กลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่ม M มีค่าเฉลี่ยความเร็วสูงกว่า (ใช้เวลาน้อยกว่า) กลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่ม D และเครื่องดื่ม C เกิดจากการที่คาเฟอีนไปส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง มีผลทำให้เวลาปฏิกิริยาลดลง ซึ่งน่าจะ มาจากการที่คาเฟอีนมีสูตร โครงสร้างคล้ายกับ อะดีโนซีน จึงทำให้คาเฟอีนสามารถจับกับตัวรับ อะดีโนซีน (adenosine receptor) ทำให้อะดีโนซีนไม่สามารถจับกับตัวรับได้ ซึ่งผลของการยับยั้งการทำงานของอะดีโนซีนของคาเฟอีน ทำให้ปริมาณสารสื่อประสาทโดปามีน (dopamine) มีการทำงานเพิ่มขึ้น ทำให้สมองตื่นตัว ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้เร็วขึ้น ซึ่งคาเฟอีนในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลให้เวลาปฏิกิริยาลดลง ทั้งนี้ขึ้นกับแต่ละบุคคลที่มีความไวต่อฤทธิ์คาเฟอีนไม่เท่ากัน (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) การที่มีเวลาปฏิกิริยาลดลงเมื่อ รับประทานกระตุ้นบ่อยๆ ส่งผลทำให้เกิดเป็นรีเฟล็กซ์ในการตอบสนอง ย่อมสามารถทำให้มีเวลาในการเคลื่อนไหวยุติเร็วขึ้น เวลาที่ต่างกัน

สำหรับในการวิ่งระยะสั้นๆจากการแข่งขันรักบี้ฟุตบอลก็เพียงพอที่จะทำให้กล้ามเนื้อเข้าสู่ไปทำ
คะแนนจนประสบความสำเร็จได้

ความแคล่วคล่องว่องไว

ในกีฬารักบี้ฟุตบอล นักกีฬาต้องมีการเพิ่ม ลด ความเร่งในการเปลี่ยนทิศทาง หรือตำแหน่ง
อย่างรวดเร็วเพื่อหลบหลีกฝ่ายตรงข้าม การเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว ข้อมต้องการกำลังขาอย่างมาก
เพื่อทำให้ร่างกายหยุดหรือเพื่อทำให้เปลี่ยนทิศทาง การพุ่งตัวออกไปซึ่งขึ้นอยู่กับกำลัง (power)
ข้อมต้องการอาศัยความแข็งแรง (strength) และความเร็วด้วย (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยความ
แคล่วคล่องว่องไว ภายหลังจาก ที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาครึ่ง
แรกและในช่วงเวลาครึ่งหลัง พบว่าค่าเฉลี่ยความแคล่วคล่องว่องไว ภายหลังจาก ที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ
D, M และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ถึงแม้จะไม่พบความ
แตกต่าง แต่จากตารางที่ 30 พบว่าการ ได้รับเครื่องดื่มน้ำ M สามารถพัฒนาความแคล่วคล่องว่องไว ได้
มากถึง 1.84 % ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Gene *et.al.* (2005) ที่พบว่า คาเฟอีนสามารถพัฒนา
ความแคล่วคล่องว่องไวได้ถึง 1.3 - 2.9 %

การที่ความแคล่วคล่องว่องไวจะเพิ่มขึ้นนั้น ส่วนหนึ่งอยู่ที่พลังกล้ามเนื้อ หากพลังของ
กล้ามเนื้อไม่ดี การควบคุมแรงเฉื่อยของร่างกายจะเป็นไปไม่ได้ดี ซึ่งการที่จะเปลี่ยนทิศทางให้ได้
เร็วขึ้น ข้อมต้องการกำลังขาอย่างมาก การที่จะพุ่งตัวออกไปซึ่งขึ้นอยู่กับกำลัง (power) ที่มาจาก
กล้ามเนื้อ หากกล้ามเนื้อมีความแข็งแรง รวมถึงความเร็วในการหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ดี ก็
ข้อมส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ หยุด กลับตัว และเปลี่ยนทิศทางหลบคู่ต่อสู้ได้เร็วขึ้น
อีกทั้งความแคล่วคล่องว่องไวยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญของกีฬาหลายชนิดเช่น รักบี้ฟุตบอล เทนนิส
บาสเกตบอล (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

ความแม่นยำในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล

การรับหรือส่งลูกรวมถึงการเก็บลูกบอลอย่างรวดเร็ว ถือว่าเป็นทักษะที่มีความสำคัญ แม้ว่า
ทักษะจะเป็นผลจากการร่ว มงานกันของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ แต่หน้าที่หลักนั้นเป็นของ

ระบบประสาท เพราะกล้ามเนื้อจะหดตัวได้ในเวลาเฉพาะ และด้วยแรงจำนวนหนึ่งตามต้องการอันเป็นไปตามคำสั่งของระบบประสาท

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าไปภายในหลังจากที่ได้รับเครื่องตี D, M และ C ตลอดการทดลอง ในช่วงเวลาครั้งแรก และในช่วงเวลาครั้งหลัง พบว่า ค่าเฉลี่ย จำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าไปภายในหลังจากที่ได้รับเครื่องตี D, M และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เป็นที่ทราบกันว่าการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อที่ทำงานอย่างละเอียดอ่อนนั้น จะเสียไปเมื่อมีการเมื่อยล้า (ชูศักดิ์ และ กันยา , 2536) จะทำให้กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังได้ตามที่คาดหมายไว้ แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำในการส่งลูกยังขึ้นอยู่กับ ปัจจัยอื่นอีก เช่น ทักษะการเล่นรวมถึงสมาธิของแต่ละบุคคล

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของคาเฟอีนในกาแฟต่อสมรรถนะทางกายระหว่างโปรแกรมการฝึกกรีฑาฟุตบอลจำลองเป็นเวลา 70 นาที โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬากรีฑาฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพศชายจำนวน 10 คน ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันอย่างน้อย 3 วัน เป็นการกำหนดแบบ Double blind crossover design ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับเครื่องดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีนในปริมาณต่างกัน 3 ระดับ คือ 0 mg/kg BW (D), 3.5 mg/kg BW (M) และ 7 mg/kg BW (C) จากผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ทำกรทดสอบในแต่ละกลุ่มเครื่องดื่ม เป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน อายุเฉลี่ย 19.5 ± 0.97 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 72.1 ± 6.74 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 170 ± 1.81 เซนติเมตร เคยดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ไม่เป็นโรคประจำตัวหรือได้รับการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ

ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกาย

อัตราการเต้นของหัวใจ

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มทั้งแต่ละแบบ (D, M และ C) ตลอดการทดลอง และช่วงเวลาครั้งแรก แต่ช่วงเวลาครึ่งหลัง ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่ม D จะมีค่าต่ำกว่าการได้รับเครื่องดื่ม M และ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำ

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงของกล้ามเนื้อเมื่อปฏิบัติซ้ำในกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง ช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาค้าง

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง ช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาค้าง

ความเร็ว

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วในกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง ช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาค้าง

ความเคลล่องว่องไว

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเคลล่องว่องไวในกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง ช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาค้าง

ความแม่นยำในการส่งลูกกรักบี้ฟุตบอล

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความแม่นยำในการส่งลูกกรักบี้ฟุตบอลในกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ตลอดการทดลอง ช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาค้าง

เมื่อพิจารณาถึงผลของคาเฟอีนที่มีต่อสมรรถนะทางกายนั้น พอที่จะสรุปโดยรวมได้ว่า ในทางสถิติ แม้คาเฟอีนจะไม่มีผลต่อสมรรถนะทางกายระหว่างโปรแกรมรักบี้ฟุตบอลจำลองใน ครั้งนี้ ก็ตาม แต่จากงานวิจัยนี้ การได้รับเครื่องดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีนเพียงเล็กน้อยสามารถทำ ให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น แม้ว่ากลไกของคาเฟอีนยังไม่สามารถทำความเข้าใจได้ทั้งหมด แต่ ก็คาดว่าคาเฟอีนจะไปมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการเก็บปริมาณกรดแลคติกเพื่อดูการสะสมของกรดแลคติกใน กระแสเลือด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกพร ชีระรังสิกุล. 2534. ผลของกาแฟต่อการหดตัวของท่อน้ำสุจิที่แยกมาจากหนูขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรณ์ทิพย์ ลิ้มนรรัตน์. 2546. สมรรถภาพอนาคนิยมของนักกีฬาฟุตบอลที่ได้รับเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตระหว่างพักครึ่งแบบจำลองการแข่งขัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กราบแก้ว โสภาราชกูร์. 2533. ผลของกาแฟต่อสมรรถภาพการออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

กล้า อิศราภิรมย์. 2536. คู่มือปฏิบัติการควบคุมคุณภาพชาและกาแฟ. กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

การกีฬาแห่งประเทศไทย. 2542. การทดสอบความสมบูรณ์ทางกายนักกีฬา.

เกษม สุขศรีพานิชย์ และ ชวลิต ลือกิตินันท์. 2528. ผลของกาแฟและกาแฟอื่นต่อสุขภาพของมนุษย์. ปรินญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ขอพร เต็มบุญ. 2524. การสกัดแยกที่ไอโพรมีนและกาแฟอื่นจากเปลือกผลและเมล็ดโกโก้. ปรินญาณิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาววิกิพีเดีย. 2007. **กาแฟอื่น**. แหล่งที่มา: <http://www.th.wikipedia.org/wiki/กาแฟอื่น>, 19 มิถุนายน 2007.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. ครั้งที่ 4. ชรรคมกมลการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ชนะวงศ์ หงษ์สุวรรณ. 2549. สมรรถภาพทางกายของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. สารวิทยาศาสตร์การกีฬา. 7 (73): 11-12.

ชัยชาญ แสงดี. 2539. เกล็ดชีวิตของกาเฟอีน. การสัมมนาวิชาการ เรื่องกาเฟอีน. กรุงเทพฯ.

ชัยชาญ แสงดี และ อุคม จันทรรักษ์ศรี. 2541. แคลเฟอีน. สมาคมเภสัชวิทยาแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ. 2546. ผลของการได้รับคาเฟอีนก่อนการออกกำลังกายระยะยาวแบบหนัก สลับเบาที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน. วารสารคณะพลศึกษา 6 (1-2): 101-111.

ธนวุฒิ แสงบุญ. 2550. ผลของคาเฟอีนที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาและความเร็วของนักวิ่งระยะสั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชานินทร์ ศิลปจารย์. 2551. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 9. บิซซิเนสอาร์แอนด์ดี. กรุงเทพฯ.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2547. การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลในการวิจัย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10-12. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทุม ม่วงมี. 2527. รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา. บุรพาสาน. กรุงเทพฯ.

ประยุทธ์ พุทธิรักษ์กุล. 2549. ผลของคาเฟอีนในกาเฟอีนต่อความสามารถในการตอบสนองของระบบประสาทและการเคลื่อนไหว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรชนก ปัญญาขันธ์. 2545. การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างการทดสอบด้วยการออกกำลังกายระดับต่ำกว่าสูงสุดโดยการใช้จักรยานวัดงานและการเดินทดสอบระยะทาง 1/4 ไมล์ในวัย 20-29 ปี 30-39 ปี และ 40-49 ปี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัทธนันท์ ศรีม่วง. 2541. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกาเฟอีนที่ได้รับจากเครื่องดื่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิชิต ภูติจันทร์. 2535. เวชศาสตร์การกีฬา. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

พิลาศลักษณ์ ศรีสวัสดิ์. 2537. ความเป็นพิษของกาเฟอีน. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 36 (1): 56-60.

พระพงษ์ บุญศิริ. 2538. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (วิทยาศาสตร์การกีฬา). โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และ ภมร เสนาฤทธิ. 2538. โภชนาการและการออกกำลังกาย. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

มงคล แฝงสาเคน. 2541. วิทยาศาสตร์การกีฬา. ครั้งที่ 1. ศิลปบรรณาการ, กรุงเทพฯ.

มาลีรัตน์ มณีเขียว. 2544. ผลของการฝึกวิ่งรูปแบบตัว S และรูปแบบตัว Z ที่มีต่อความแคล่วคล่องว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพิน สัจจวินทะ, สุภินันท์ อัญเชิญ, พยงค์ วณิกเกียรติ และ นพมาศ วงศ์วิทย์เดชา. 2539. เกษตรวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาเกษตรวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิชัย อิงปัญญาภท. 2538. คู่มือการสอนรักบี้ฟุตบอล. หน่วยศึกษานิเทศก์, กรมพลศึกษา, กรุงเทพมหานคร.

- วีณา จิรัจฉริยากุล. 2534. ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ. กรุงเทพมหานคร. 139-147.
- วรรณีย์ จิรัจฉริยากุล. 2535. ผลของกาแฟในขนาดต่างๆต่อสมรรถภาพการออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ภักดี โพธิศิริ. 2527. กาแฟอิน....อันตราย ?. วารสารแพทยสภา 13 (11): 581-585.
- ภาณะ บุรุษรัตนพันธ์. 2538. ชาเครื่องดื่มของคนทั่วโลก. สารคดี 10 (115): 144-160.
- ภาวิช ทองโรจน์. 2539. ประวัติและแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติของกาแฟอิน. การสัมมนาวิชาการ เรื่องกาแฟอิน. กรุงเทพมหานคร.
- ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. 2546. อาหารฟังก์ชันและการเสริมสุขภาพ. วารสารโภชนบำบัด 14 (1): 6.
- ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. 2531. การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและทางกีฬา. คณะแพทยศาสตร์, ศิริราชพยาบาล, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริศักดิ์ ธานี, ปราณีย์ เกียรติสุระชะนนท์ และ วิไล หนูนภักดี. 2534. กาแฟอินและประมวลการ ดำเนินการภายในประเทศไทย.
- สนธยา สีละมาด. 2547. หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- หทัยรัตน์ ราชนาวิ. 2543. ผลของการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและแบบไม่ ต่อเนื่องที่มีต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอมอร เอี่ยมสำอางค์. 2532. การศึกษาผลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด. วิทยานิพนธ์ การศึกษาระดับบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Aldrige, A., J.V. Aranda and A.H. Neims. 1979. **Caffeine metabolism in the newborn.**

Clinical Pharmacology and Therapeutics. 25: 447-453.

American College of Sport Medicine. 1995. **ACSM's Guideline for Exercise Testing and**

Prescription. William & Wilkins, 278-279.

Arnaud, M.J. 1984. **Product of metabolism of caffeine.** Springer-Varlag, New York.

_____. 1987. **The pharmacology of caffeine.** Progress in Drug Research. 31: 273-313.

Axelrod, J. and J. Reichenenthal. 1953. **The fate of caffeine in man and a method for its**

estimation in biological material. Journal of Pharmacology and Experimental

Therapeutics. 107: 519-523.

Barnes, M. and J. Attaway. 1996. **Agility and conditioning of the San Francisco 49ers.**

Strength and Conditioning Journal. 18(4): 10 – 16.

BBC Sport. 2007. **Rugby union positions guide.** Available Source:

http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/6250000/1170423019/img/rugby_positions_416.gif, February 2, 2007.

Benet, L.Z. and N. Massoud. 1984. **Pharmacokinetics. In : Pharmacokinetics Basis for Drug**

Treatment.. Perspectives from Recent Research. Edited by Dews PB. Springer-Raven

Press Ltd, New York.

Berthou, F., D. Ratanasavanh, C. Riehe, D. Picart, T. Voirin and A. Guillouzo. 1989.

Comparison of caffeine metabolism of slices, microsomes and hepatocyte cultures

from adult human liver. Xenobiotic 19: 401-417.

- Bowman, W.C. and M.J. Rand. 1980. **Textbook of Pharmacology**. 2nd ed. London: Blackwell Scientific Publication.
- Curatolo, P.W. and D. Robertson. 1983. **The health consequences of caffeine**. Annals of Internal Medicine. 98:641-53.
- Callahan, M.M., R.S. Robertson, J.M. Arnaud, A.R. Branfman, M.F. Comish and D.W. Yesair. 1982. **Human metabolism of 1-methy-¹⁴C and 2-¹⁴C Caffeine after oral administration**. Drug Metabolism and Disposition. 10:417-423.
- Debas, H.T., M.M. Cohen, I.B. Holubistky and R.C. Harrison. 1971. **Caffeine-Stimulated Acid and Pepsin Secretion: Dose-Response Studies**. Scandinavian journal of gastroenterology. 6(5): 453-457.
- Deutsch, M.U., G.J. Maw, D. Jenkins and P. Reaburn. 1998. **Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition**. Journal of Sports Science. 16:561-570.
- _____, G.A. Kearney and N.J. Rehrer. 2007. **Time – motion analysis of professional rugby union players during match – play**. Journal of Sports Sciences. 25(4):461-472.
- Dobmeyer, D.J., R.A. Stine, C.V. Leier, R. Greenberg and S.F, Schaal. 1983. **The arrhythmogenic effect of caffeine in man being**. The New England Journal of medicine. 308:814-816.
- Docherty, D., H.A. Wenger and P. Neary. 1988. **Time motion analysis related to the physiological demands of rugby**. Journal of Human Movement studies. 14:269-277.

- Douglas, G.B. and M.M. Tom. 2002. **Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers.** Journal of Applied Physiology. 93 (4): 1227 - 1234.
- Gene, R.S., H.G. Will, C. Christian and P.C. Simeon. 2005. **Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance.** Medicine & Science in Sports & Exercise. 37 (11): 1998-2005.
- Gilbert, R.J. 1988. **The encyclopedia of psychoactive drug : Caffeine.** Burke Publishing, London.
- Goodman, L.S. and A. Gilman. 1975. **The pharmacological basis of therapeutics.** 5th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc. 367 – 378.
- Graham, D.M. 1978. **Caffeine-Its indentsity, dietary sources, intake and biological.** Nutrition Reviews. 36: 97-102.
- Graham, T.E. 1995. **Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine.** Journal of Applied Physiology. 78(3): 867-874
- _____. 1997. **The possible action of methyanthines on various tissues.** The Clinical Pharmacology of Sport and Exercise . 257-270.
- _____. 2001. **Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance.** Sports Medicine. 31:785-807.
- _____, E. Hibbert and P. Sathasivam. 1998. **Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion.** Journal of Applied Physiology. 85: 883-889.

Graham, T.E., J.W.E. Rush and M.H. Van Soeren. 1994. **Caffeine and Exercise: metabolism and performance.** Canadian Journal of Applied Physiology. 19: 111-138.

_____ and L.L. Spriet. 1991. **Performance and Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine.** Journal of Applied Physiology. 71: 2292-2298.

Grant, D., P. David and H. Sue. 2003. **Applied Physiology and Game Analysis of Rugby Union.** Sports Medicine. 33(13): 973-991.

_____. 2005. **Time motion analysis of 2001 and 2002 super 12 rugby.** Journal of Sports Sciences. 23(5): 523-530.

Greer, F., C. McLean and T.E. Graham. 1998. **Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise test.** Journal of Applied Physiology. 85: 1502-1508.

Gregory, R. C., D. Ben, G.M. Paul, E.A Megan, R.B. Clinton, A.M. Theodore, T.M. David, M. Angela, R. Alan, A.H. John and M.B. Louise. 2002. **Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance.** Journal of Applied Physiology. 93 (3): 990 - 999.

Heyward, V.H. 1997. **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription.** 3rd ed. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

Inbar, O., O. Bar - Or and J.S. Skinner. 1996. **The Wingate Anaerobic Test.** Human Kinetic, Champaign, Illinois.

- Jackman, M., P. Wendling, D. Friars and T.E. Graham. 1996. **Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to caffeine during intense exercise.** Journal of Applied Physiology. 81(4): 1658 - 1663.
- Jermuravong, W. 1996. **The effects of low-impact aerobic dance and step aerobic on maximum oxygen uptake and muscle strength.** M.S. thesis, Kasetsart University (in thai) Cited M.L. Pollock. 1984. **Exercise in health and Disease.** W.B.Saunders company, Philadelphia.
- Jost, G., A. Wallander, U. Von Mandach and S. Preisig. 1987. **Overnight salivary caffeine clearance: A liver function test suitable for routine use.** Hepatology, 7: 338-344
- Kalow, W. 1993. **Pharmacogenetics : Its biologic roots and the medical challenge.** Clinical Pharmacology and Therapeutics. 55: 235-241.
- _____ and B.K. Tang. 1993. **The use of caffeine for enzyme assays.** Clinical Pharmacology and Therapeutics. 55: 503-514.
- Kovacs, E.M.R., J.H.C.H. Stegen and F. Brouns. 1998. **Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance.** Journal of Applied Physiology. 85: 709-715.
- Lane, J.D., R.A. Adcock, R.B. Williams and C.M. Kuhn. 1990. **Caffeine effect on cardiovascular and neuroendocrine response to level of habitual caffeine consumption.** Psychosomatic Medicine. 52: 320-336.
- Leonard, T.K., R.R. Watson. and M.E. Mohs. 1987. **The effect of caffeine on various body system.** A review Journal of the American Dietetic Association. 87: 1048-1059.

- Lin, L.I. and M. Vassalle. 1983. **Role of calcium in the inotropic effect of caffeine in cardiac purkinje fibers.** International Journal of Cardiology. 3: 421-434.
- Luttgau, H.C. and H. Detliker. 1968. **The action of caffeine on activation of the contractile mechanism in striated muscle fibers.** The Journal of Physiology. 194: 51-74
- Macintosh, B.R. and B.M. Wright. 1995. **Caffeine ingestion and performance of 1500-metre swim.** Canadian journal of applied physiology 20: 168 - 177.
- Mc Ardle, W.D., F.I. Katch and V.L. Katch. 2000. **Essentials of Exercise Physiology.** 2nd ed. William & Wilkins a waverly company, Philadelphia.
- Medbo, J.I. and S. Bergers. 1989. **Effect of training on the anaerobic capacity.** Medicine and Science in Sport Exercise, the American College of Sports Medicine, Michigan.
- Morton, A.R. 1978. **Applying physiological principles to rugby training.** Sports Coach. 2:4-9.
- Parson, W.D. and A.H. Neims. 1978. **Effect of smoking on caffeine clearance.** Clinical Pharmacology and Therapeutics. 24: 40-45.
- Pasman, W.J., M.A van Baak, A.E. Jeukendrup and A. de Haan. 1995. **The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time.** International Journal of Sports Medicine. 16 (4): 225-230.
- Robertson, D., J.C. Frolich, R.K. Carr, J.T. Watson, J.W. Hollifield, D.G. Shand and J.A. Oates. 1978. **Effects of caffeine on plasma rennin activity, catecholamines and blood pressure.** The New England Journal of medicine. 298: 181-186.
- _____ and C.R. Smith. 1981. **Manual of Pharmacology.** Baltimore: Williams and Wilkins.

Robertson, D. and P.W. Curatolo. 1984. **The cardiovascular effect of caffeine.** In : Caffeine.
 Edited by Dew PB. Berlin :Springer – Verlag . 77-85.

Sawynok, J. and T.L. Yaksh. 1993. **Caffeine as an analgesic adjuvant : A review of
 pharmacology and mechanisms of action.** Phamacological Review. 45(1): 43-84.

Spriet, L.L., D.A. Maclean, D.J. Dyck, E. Hultman, G. Cederblad and T.E. Graham. 1992.
Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in human.
 American Journal of Physiology. Endocrinology Metabolism. 262: E891-E898.

Stephenson, P.V. 1977. **Psychologic and Psychotropic Effect of Caffeine on Man.** Journal of
 the American Dietetic Association. 71: 240-247.

The Lancet. 1972. **Coffee drink and acute myocardial infraction.** 300(7,790): 1278-1281.

Thomas, L. and G.W. Alun. 2005. **Specificity of Acceleration, Maximum speed and Agility in
 Professional soccer players.** Journal of Strength and Conditioning Research. 19(1):
 76-78.

Tim, J.G. 2005. **Science of rugby league football: A review.** Journal of Sports Sciences.
 23(9): 961-976.

Tranopolsky, M.A. 1994. **Caffeine and endurance performance.** Sport Medicine.
 18: 109-125.

Tru Mark Athletic Field Marker. 2011. **Rugby Pitch/Field Dimensions and Layout Tool.**

Available Source:

<http://www.athleticfieldmarker.com/docs/images/RugbyFieldDimensions.jpg>,

April 4, 2011.

Van Soeren, M.H., P. Sathasivam and T.E. Graham. 1998. **Effect of caffeine on metabolism, exercise endurance, and catecholamine responses after withdrawal.**

Journal Applied of Physiology. 85: 1493-1501.

Williams, A. 2005. **What are the fitness standards required for this so-call high-intensity intermittent exercise; Rugby Union.** Available Source:

<http://www.pponline.co.uk/encyc/0212.html>, May 20, 2005.

Williams, J.H., J.F. Signorile, W.S. Barnes and T.W. Henrich. 1988. **Caffeine, Maximal power output and Fatigue.** British journal of sports medicine. 22 (4): 132 - 134.

Windhalz, M. 1983. **The Merck Index.** 10th ed. N.J.: Merch & Co., Inc: 225 – 226.





ใบบันทึกข้อมูลการทดสอบ

วันที่ทำการทดสอบ..... ชนิดของเครื่องวิ่ง..... เวลาที่เริ่มเครื่องวิ่ง.....
 ชื่อ - สกุล..... อายุ..... ปี ระยะเวลาพัก..... ครั้ง/นาที ความดันโลหิต..... มม.ปรอท
 น้่าน้ำหนักตัว..... กิโลกรัม ความยาวเท้า..... ความทนทานในการออกกำลังกายครั้งแรก 1..... bpm 2..... bpm
 ความทนทานในการออกกำลังกายครั้งหลัง 1..... bpm 2..... bpm

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
jog (35 s) bpm	0	5.10	10.20	15.30	20.40	25.50	0	5.10	10.20	15.30	20.40	25.50
Max.leg 1	1.10	6.20	11.30	16.40	21.50	27.00	1.10	6.20	11.30	16.40	21.50	27.00
Max.leg 2	1.20	6.30	11.40	16.50	22.00	27.10	1.20	6.30	11.40	16.50	22.00	27.10
Max.leg 3	1.30	6.40	11.50	17.00	22.10	27.20	1.30	6.40	11.50	17.00	22.10	27.20
Max.leg 4	1.40	6.50	12.00	17.10	22.20	27.30	1.40	6.50	12.00	17.10	22.20	27.30
pass ball (rep)	2.20	7.30	12.40	17.50	23.00	28.10	2.20	7.30	12.40	17.50	23.00	28.10
sprint (time)	2.45	7.55	13.05	18.15	23.25	28.35	2.45	7.55	13.05	18.15	23.25	28.35
Max.leg	3.35	8.45	13.55	19.05	24.15	29.25	3.35	8.45	13.55	19.05	24.15	29.25
zigzag (time)	4.15	9.25	14.35	19.45	24.55	30.05	4.15	9.25	14.35	19.45	24.55	30.05



เอกสารชี้แจงข้อมูล

ชื่อโครงการ ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล
(Effect of Caffeine on Physical Performance simulated from Rugby Football Game)

ผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีปัทมวิษญ์ เคนสมุทร

สถานที่วิจัย สนามรักบี้ฟุตบอล สำนักการกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)

ความเป็นมาของโครงการ

กีฬารักบี้ฟุตบอลนั้น เป็นเกมการเล่นที่รุนแรง ต้องเข้าปะทะเหนียวรั้ง เพื่อสกัดกั้นการบุกทะลวงของฝ่ายตรงข้ามอยู่ตลอดเวลา ต้องใช้ความเร็วในการรุกตลอดเกมการแข่งขัน ดังนั้นรักบี้ฟุตบอลจึงเป็นกีฬาที่ต้องการผู้เล่นที่มีสมรรถภาพที่ดี ถ้านักกีฬามีสมรรถภาพทางกายไม่ดีพอ ร่างกายจะไม่สามารถทนทานต่อการเล่นได้ตลอดเกมการแข่งขัน อาจส่งผลกระทบต่อทีมอ่อนลงไป นักกีฬาและผู้เกี่ยวข้องมีความพยายาม ที่จะแสวงหาสิ่งที่จะช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกาย สารเพิ่มความสามารถ (ergogenic aids) เป็นสิ่งหนึ่งที่นักกีฬาแสวงหาเพื่อนำมาใช้เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน คาเฟอีน (caffeine) เป็นสารหนึ่งที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารดังกล่าว ก็ตามแม้ว่าคาเฟอีนจะสามารถออกฤทธิ์ช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายได้ แต่ปัจจุบัน World Anti-Doping Agency (WADA) ไม่จัดให้คาเฟอีนอยู่ในรายการสารต้องห้าม

ดังนั้น ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของคาเฟอีนว่ามีผลต่อสมรรถนะทางกายในกีฬารักบี้ฟุตบอลอย่างไร

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการให้คาเฟอีนในปริมาณต่างกัน ที่มีผลต่อสมรรถนะทางกายสูงสุดในแต่ละช่วง จากโปรแกรมการฝึกกรีฑาฟุตบอลจำลอง

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. ทำการบันทึกอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของนักกีฬาเพื่อคำนวณปริมาณคาเฟอีนที่จะให้แก่นักกีฬาตามน้ำหนักตัวของนักกีฬา
2. ก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จะต้องไม่ได้รับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนผสมอยู่ทุกชนิด เช่น น้ำอัดลม เครื่องดื่มกาเฟอีน ชาเขียว และยาชูกำลัง เป็นต้น และนักกีฬาฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่ได้รับการฝึกในแต่ละวัน
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้รวม 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 2 ชม 5 นาที โดยในแต่ละครั้งนักกีฬาจะได้รับการทดสอบ ดังต่อไปนี้
 - เครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน 0 มก./กก. น้ำหนักตัว ปริมาณ 500 มิลลิลิตร
 - เครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน 3.5 มก./กก. น้ำหนักตัว ปริมาณ 500 มิลลิลิตร
 - เครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน 7 มก./กก. น้ำหนักตัว ปริมาณ 500 มิลลิลิตร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษานี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอนกีฬา นักกีฬา และผู้เกี่ยวข้อง ได้มีความรู้เรื่องคาเฟอีนว่ามีผลต่อสมรรถนะทางกายในกีฬารักบี้ฟุตบอลอย่างไร และนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในนักกีฬาตามความเหมาะสมต่อไป

ผลข้างเคียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. หลังได้รับคาเฟอีน ผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจเกิดอาการหัวใจเต้นเร็ว เนื่องจากฤทธิ์ของคาเฟอีน ที่มีฤทธิ์กระตุ้นทำให้เกิดการตื่นตัว ซึ่งหลังการทดลอง 2-4 ชั่วโมง หัวใจก็จะเต้นกลับสู่ระดับปกติซึ่งคาเฟอีนจะถูกขับออกจากร่างกายภายใน 24 – 48 ชั่วโมง และจะไม่สะสมในร่างกาย
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจเกิดอาการปวดปัสสาวะบ่อยเนื่องจากคาเฟอีนมีฤทธิ์ขับปัสสาวะอ่อน ๆ

หนังสือยินยอมและเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยโดยได้รับทราบรายละเอียดของโครงการอย่าง
ชัดเจน

(Informed Consent Form)

โครงการ ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล
(Effect of Caffeine on Physical Performance simulated from
Rugby Football Game)

ผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีปณณวิชญ์ เคนสุมิตร

ผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

คำยินยอมของผู้ถูกทำวิจัย

ข้าพเจ้า.....ได้รับทราบรายละเอียดของ
โครงการศึกษาวิจัยตลอดจน ประโยชน์และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อข้าพเจ้าจากผู้วิจัยแล้วอย่าง
ชัดเจน โดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น และข้าพเจ้ายินยอมให้ทำการศึกษาวิจัยดังกล่าวข้างต้นและ
ข้าพเจ้ารู้ว่าถ้าเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยเกิดขึ้น ข้าพเจ้าสามารถสอบถามผู้วิจัยได้และข้าพเจ้าสามารถ
ไม่เข้าร่วมโครงการเมื่อใดก็ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะตัวของข้าพเจ้าไว้เป็นความลับ
การเปิดเผยข้อมูลจะกระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น ทั้งนี้โดยไม่ระบุชื่อ
ของข้าพเจ้า

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ลงชื่อ.....พยาน

ลงชื่อ.....พยาน

วันที่...../...../.....

คำอธิบายของผู้วิจัย

ข้าพเจ้าได้อธิบายรายละเอียดของโครงการตลอดจนประโยชน์ของการวิจัย รวมถึง
ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบแล้วอย่างชัดเจน โดยไม่มีการปิดบังซ่อนเร้น

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

วันที่...../...../.....



วิธีการทดสอบ

การทดสอบได้มีการกำหนดเวลาการทดสอบทั้งสิ้น 70 นาที ทำการแบ่งออกเป็น 12 รอบ ในแต่ละรอบจะใช้เวลา 5.10 นาที แต่ละสถานีจะใช้เวลาในการทดสอบตั้งแต่ (5-35 วินาที) โดยเวลาที่เหลือจากการทดสอบแต่ละรอบจะเป็นการพักหรือเดิน (5-45 วินาที) โดยการทดสอบในแต่ละรอบจะเรียงลำดับการเข้าสถานีตั้งแต่สถานี 1 – สถานี 6

สถานี 1. การทดสอบวิ่งเหยาะ เริ่มทดสอบที่เวลา 0 นาที ใช้เวลาในการวิ่งไม่เกิน 35 วินาที จากระยะทาง 40 เมตร ส่วนเวลาที่เหลืออีก 35 วินาทีจะเป็นการพักหรือเดินไปสถานีต่อไป

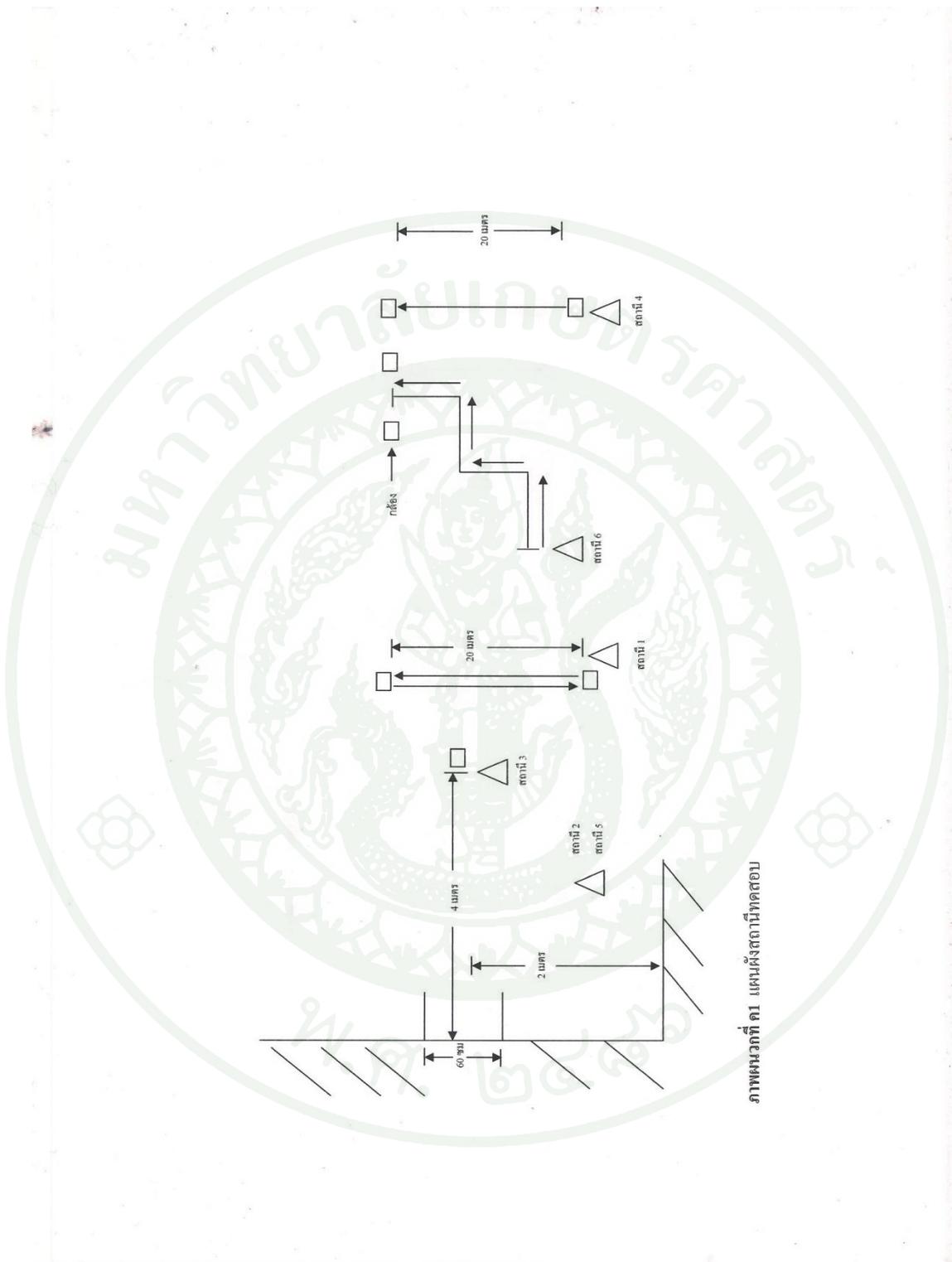
สถานี 2. การทดสอบแรงของกล้ามเนื้อขา จำนวน 4 ครั้ง เริ่มทดสอบที่เวลา 1.10 นาที ใช้เวลาในการปฏิบัติรวมเวลาพักแต่ละครั้ง ไม่เกิน 10 วินาที ส่วนเวลาที่เหลืออีก 40 วินาทีจะเป็นการพักหรือเดินไปสถานีต่อไป

สถานี 3. การทดสอบความแม่นยำในการส่งลูกกรักบี้ฟุตบอล จำนวน 5 ลูก ติดต่อกันให้เร็วที่สุด เริ่มทดสอบที่เวลา 2.20 นาที จะใช้เวลาในสถานีทั้งสิ้น 25 วินาที เวลาที่เหลือจากการทดสอบจะเป็นการพักหรือเดินไปสถานีต่อไป

สถานี 4. การทดสอบความเร็วในการวิ่ง จากระยะทาง 20 เมตร เริ่มทดสอบที่เวลา 2.45 นาที จะใช้เวลาในสถานีทั้งสิ้น 50 วินาที เวลาที่เหลือจากการทดสอบจะเป็นการพักหรือเดินไปสถานีต่อไป

สถานี 5. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 1 ครั้ง เริ่มทดสอบที่เวลา 3.35 นาที จะใช้เวลาในสถานีทั้งสิ้น 40 วินาที เวลาที่เหลือจากการทดสอบจะเป็นการพักหรือเดินไปสถานีต่อไป

สถานี 6. การทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว เริ่มทดสอบที่เวลา 4.15 นาที จะใช้เวลาในสถานีทั้งสิ้น 55 วินาที เวลาที่เหลือจากการทดสอบจะเป็นการพักหรือเดินไปสถานีต่อไป



ภาพผนวกที่ ๑๑ แผนที่สถานีทดสอบ

สถานี 1. การทดสอบวิ่งเหยาะ

1. เตรียมสถานที่ทดสอบ จากเส้นเริ่มต้นวัดระยะทางมา 20 เมตร วางกรวยจะเป็นจุดในการกลับตัว รวมระยะทางในการวิ่งเหยาะ 40 เมตร

2. เมื่อได้รับคำสั่ง “เตรียม” ผู้เข้ารับการทดสอบจะยืนอยู่หลังเส้นเริ่มต้น

3. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” จากผู้ทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบจะวิ่งเหยาะไปกลับตัวยังกรวยที่วางไว้ แล้ววิ่งผ่านเส้นเริ่มต้นภายในเวลา 35 วินาที (หากปฏิบัติเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดให้ยื่นพักรอกจนกว่าครบกำหนดเวลา)

4. ผู้เข้ารับการทดสอบไปทดสอบสถานีถัดไป

การบันทึกผล

บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้ารับการทดสอบในแต่ละรอบเมื่อวิ่งผ่านเส้นเริ่มต้น

สถานี 2. การทดสอบแรงของกล้ามเนื้อขา

1. เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบได้มาถึงสถานีให้รอเวลาตามที่กำหนด เมื่อได้รับคำสั่ง “เตรียม” ให้จัดเตรียมท่าทางยืนบนที่วางเท้าของเครื่องมือ ย่อเข่าลง หลังและแขนตรง เข่าอ้อมประมาณ 130 – 140 องศา จับที่ดิ่งในท่ามือคว่ำเหนือระหว่างเข่าทั้งสอง จัดสายให้พอเหมาะ
2. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” จากผู้ทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบ ออกแรงเหยียดขาให้เต็มความสามารถสูงสุด 4 ครั้งติดต่อกัน และให้มีเวลาพัก 5 วินาทีระหว่างการดึงแต่ละครั้ง
3. เมื่อทดสอบครบ 4 ครั้งให้ผู้เข้ารับการทดสอบไปทดสอบสถานีถัดไป

การบันทึกผล

บันทึกแรงของกล้ามเนื้อขาที่ได้จากการออกแรงเหยียดขาทั้ง 4 ครั้ง

สถานี 3. การทดสอบความแม่นยำในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล

1. เตรียมสถานที่ทดสอบ ติดตั้งเป้าขนาด 60×60 เซนติเมตร จุดศูนย์กลางสูงจากพื้น 2 เมตร ห่างจากจุดในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล 4 เมตร
2. เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบได้มาถึงสถานีให้รอเวลาตามที่กำหนด เมื่อได้รับคำสั่ง “เตรียม” ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนหลังจุดในการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล
3. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” จากผู้ทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบทำการส่งลูกรักบี้ฟุตบอล 5 ลูกติดต่อกันให้เร็วที่สุดไปยังเป้าหมายที่กำหนด
4. เมื่อทำการส่งลูกรักบี้ฟุตบอลครบทั้ง 5 ลูก ให้ผู้เข้ารับการทดสอบไปทดสอบสถานีถัดไป

การบันทึกผล

บันทึกจำนวนลูกรักบี้ฟุตบอลที่เข้าเป้า

สถานี 4. การทดสอบความเร็วในการวิ่ง (sprint)

1. เตรียมสถานที่ทดสอบ จากเส้นเริ่มต้นวัดระยะทาง 20 เมตร เป็นจุดสิ้นสุดแล้วติดตั้งชุดส่ง-รับแสงอินฟราเรด เพื่อใช้ในการจับเวลาการวิ่ง
2. เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบได้มาถึงสถานีให้รอเวลาตามที่กำหนด เมื่อได้รับคำสั่ง “เตรียม” ผู้เข้ารับการทดสอบจะยืนอยู่หลังเส้นเริ่มต้น
3. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” จากผู้ทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบทำการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดผ่านชุดส่ง-รับสัญญาณอินฟราเรด
4. เมื่อวิ่งผ่านชุดส่ง-รับสัญญาณอินฟราเรด ให้ผู้เข้ารับการทดสอบไปทดสอบสถานีถัดไป

การบันทึกผล

บันทึกเวลาเมื่อวิ่งผ่านชุดส่ง-รับสัญญาณอินฟราเรด

สถานี 5. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

1. เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบได้มาถึงสถานีให้รอเวลาตามที่กำหนด เมื่อได้รับคำสั่ง “เตรียม” ให้จัดเตรียมท่าทางยืนบนที่วางเท้าของเครื่องมือ ย่อเข่าลง หลังและแขนตรง เข่าอ้อมประมาณ 130 – 140 องศา จับที่ดิ่งในท่ามือคว่ำเหนือระหว่างเข่าทั้งสอง จัดสายให้พอเหมาะ
2. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” จากผู้ทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบ ออกแรงเหยียดขาให้เต็มความสามารถสูงสุด
3. เมื่อทดสอบเสร็จ ให้ผู้เข้ารับการทดสอบไปทดสอบสถานีถัดไป

การบันทึกผล

บันทึกแรงของกล้ามเนื้อขาที่ได้จากการออกแรงเหยียดขา

สถานี 6. การทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว

การทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวใช้รูปแบบการทดสอบของ Thomas and Alun (2005) โดยมีวิธีการเตรียมสถานที่ทดสอบและวิธีการทดสอบดังนี้

1. การเตรียมสถานที่ทดสอบ จากเส้นเริ่มวัดระยะทางมา 5 เมตร จะเป็นจุดในการวางหลักที่ 1 วัดมุม 100 องศา กับเส้นทางวิ่ง วัดระยะทางมา 5 เมตร จะเป็นจุดในการวางหลักที่ 2 วัดมุม 100 องศา กับเส้นทางวิ่ง วัดระยะทางมา 5 เมตร จะเป็นจุดในการวางหลักที่ 3 วัดมุม 100 องศา กับเส้นทางวิ่ง วัดระยะทางมา 5 เมตร เป็นจุดสิ้นสุดแล้วติดตั้งชุดส่ง-รับแสงอินฟราเรด เพื่อใช้ในการจับเวลาการวิ่ง

2. เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบได้มาถึงสถานีให้รอเวลาตามที่กำหนด เมื่อได้รับคำสั่ง “เตรียม” ผู้เข้ารับการทดสอบจะยืนอยู่หลังเส้นเริ่มต้น

3. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” จากผู้ทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบทำการวิ่งอ้อมซ้ายหลักที่ 1 แล้วอ้อมขวาหลักที่ 2 อ้อมซ้ายหลักที่ 3 วิ่งผ่านชุดส่ง-รับสัญญาณอินฟราเรด

4. เมื่อวิ่งผ่านชุดส่ง-รับสัญญาณอินฟราเรด ให้ผู้เข้ารับการทดสอบไปรอยังสถานี 1 เพื่อเตรียมทดสอบในรอบที่ 2 ต่อไป

การบันทึกผล

บันทึกเวลาเมื่อวิ่งผ่านชุดส่ง-รับสัญญาณอินฟราเรด



ตารางผนวกที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบกับค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดื่มน้ำ D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาครั้งหลัง

	ช่วงเวลาครั้งแรก	ช่วงเวลาครั้งหลัง
C	0.069 (0.290)	0.003 (0.965)
M	0.193 (0.002)**	0.052 (0.416)
D	0.093 (0.151)	0.072 (0.269)

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางผนวกที่ ๑๒ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบกับค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังการที่ได้รับเครื่องดื่ม D, M และ C ในช่วงเวลาครั้งแรกและช่วงเวลาครั้งหลัง

	ช่วงเวลาครั้งแรก	ช่วงเวลาครั้งหลัง
C	0.058 (0.661)	-0.095 (0.472)
M	0.143 (0.276)	-0.002 (0.988)
D	0.051 (0.697)	0.190 (0.146)



ตารางผนวกที่ จ1 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
174.373	1.345	1.269	0.069	1.059	0.290

R^2 ที่ปรับแล้ว = 0.0005

ตารางผนวกที่ จ2 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครั้งหลัง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
179.002	-0.055	1.269	-0.003	-0.043	0.965

R^2 ที่ปรับแล้ว = -0.004

ตารางผนวกที่ จ3 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลัง
จากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของ
การทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
160.487	4.751	1.568	0.193	3.030	0.002

R^2 ที่ปรับแล้ว = 0.033

ตารางผนวกที่ จ4 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลัง
จากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครั้งหลัง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของ
การทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
163.803	1.188	1.460	0.053	0.814	0.417

R^2 ที่ปรับแล้ว = -0.001

ตารางผนวกที่ จ5 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลัง จากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
160.053	2.251	1.563	0.093	1.440	0.151

R^2 ที่ปรับแล้ว = 0.004

ตารางผนวกที่ จ6 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำภายหลัง จากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครั้งหลัง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
150.031	1.701	1.536	0.072	1.107	0.269

R^2 ที่ปรับแล้ว = 0.0009

ตารางผนวกที่ จ7 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
180.380	1.077	2.444	0.058	0.441	0.661

R^2 ที่ปรับแล้ว = -0.014

ตารางผนวกที่ จ8 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม C ในช่วงเวลาครั้งหลัง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
199.624	-1.943	2.684	-0.095	-0.724	0.472

R^2 ที่ปรับแล้ว = -0.008

ตารางผนวกที่ ๑๑ การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
170.707	3.86	3.514	0.143	1.099	0.276

R^2 ที่ปรับแล้ว = 0.003

ตารางผนวกที่ ๑๑๐ การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม M ในช่วงเวลาครั้งหลัง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
178.578	-0.049	3.316	-0.002	-0.015	0.988

R^2 ที่ปรับแล้ว = -0.017

ตารางผนวกที่ จ11 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครั้งแรก ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

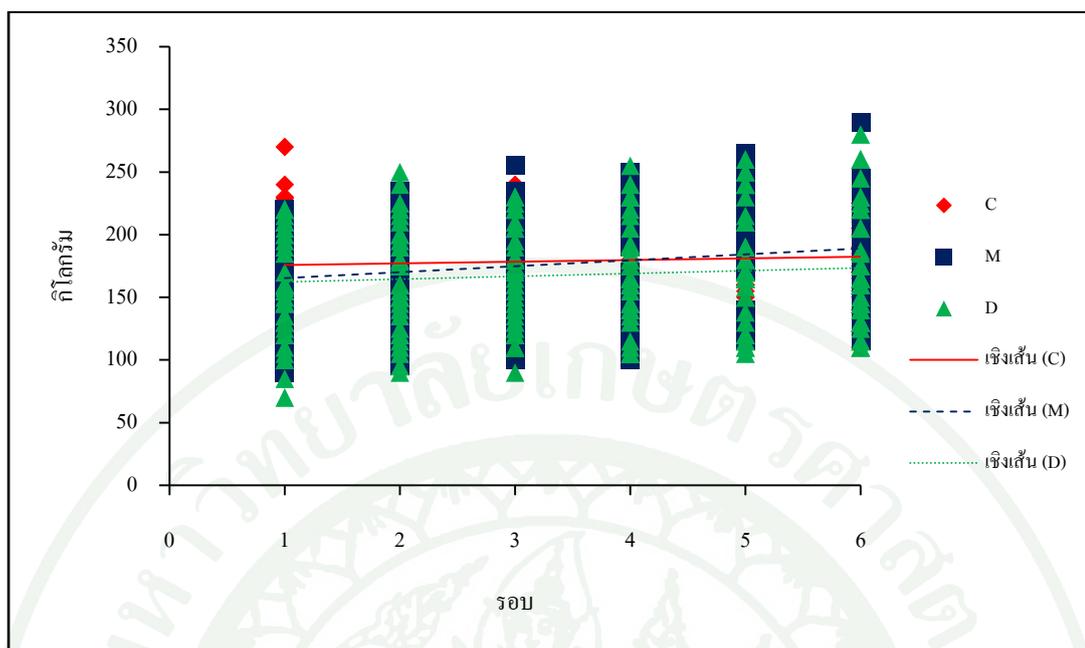
a	b	Sb	Beta	t	p
168.580	1.291	3.303	0.051	0.391	0.697

R^2 ที่ปรับแล้ว = -0.015

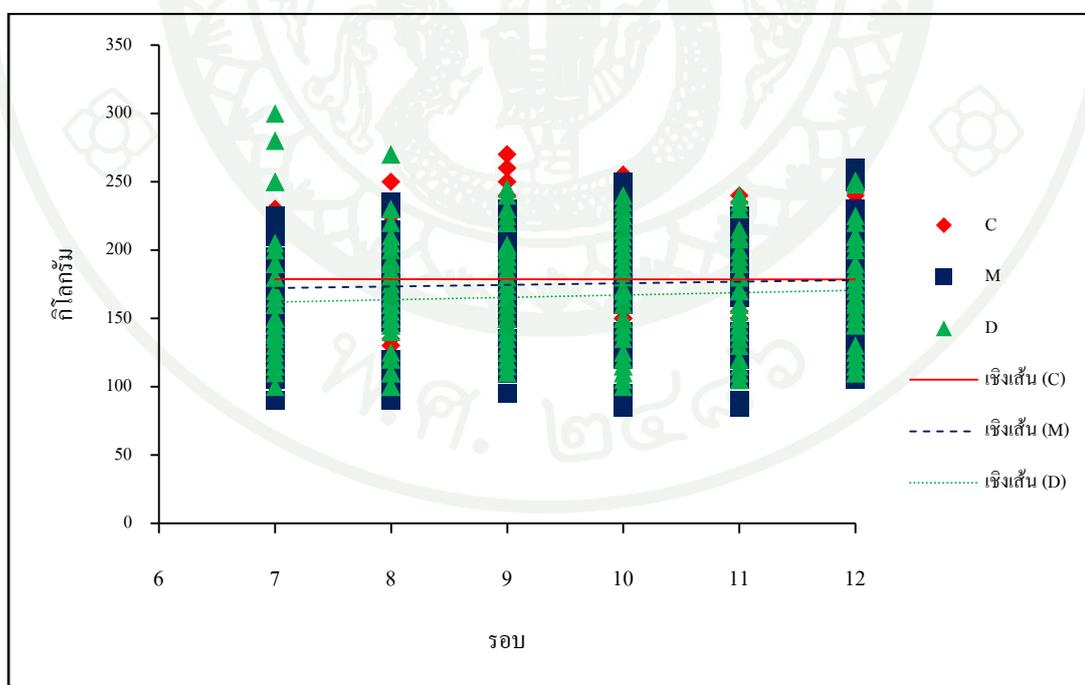
ตารางผนวกที่ จ12 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังจากที่ได้รับเครื่องดัม D ในช่วงเวลาครั้งหลัง ซึ่งมีระยะเวลาในแต่ละรอบของการทดสอบเป็นตัวพยากรณ์

a	b	Sb	Beta	t	p
126.105	4.471	3.031	0.190	1.475	0.146

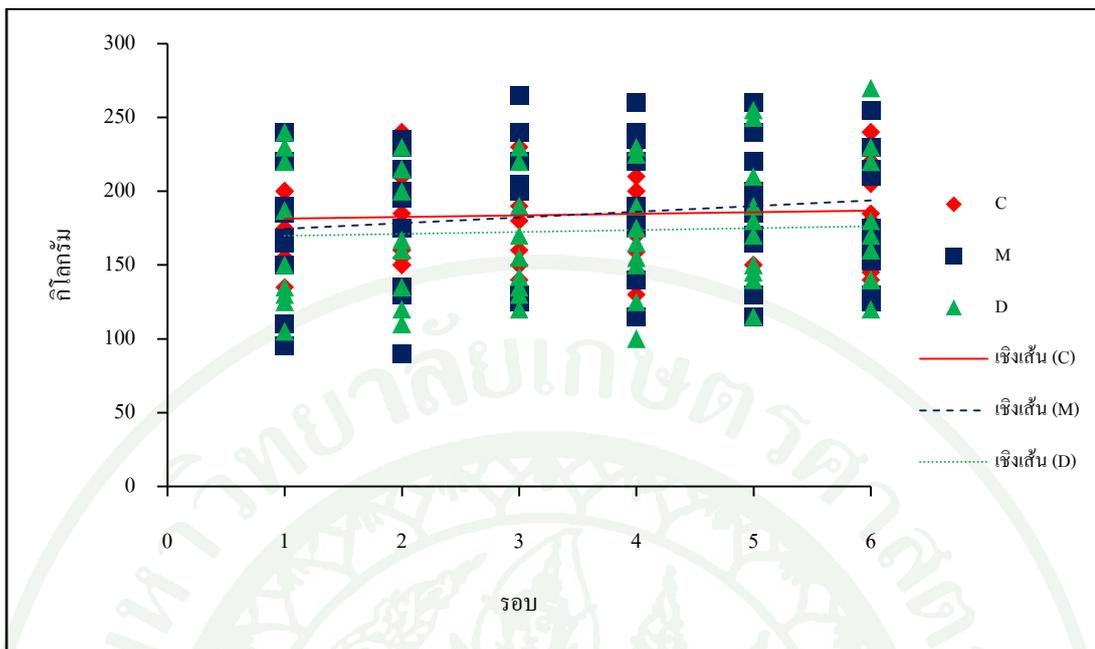
R^2 ที่ปรับแล้ว = 0.020



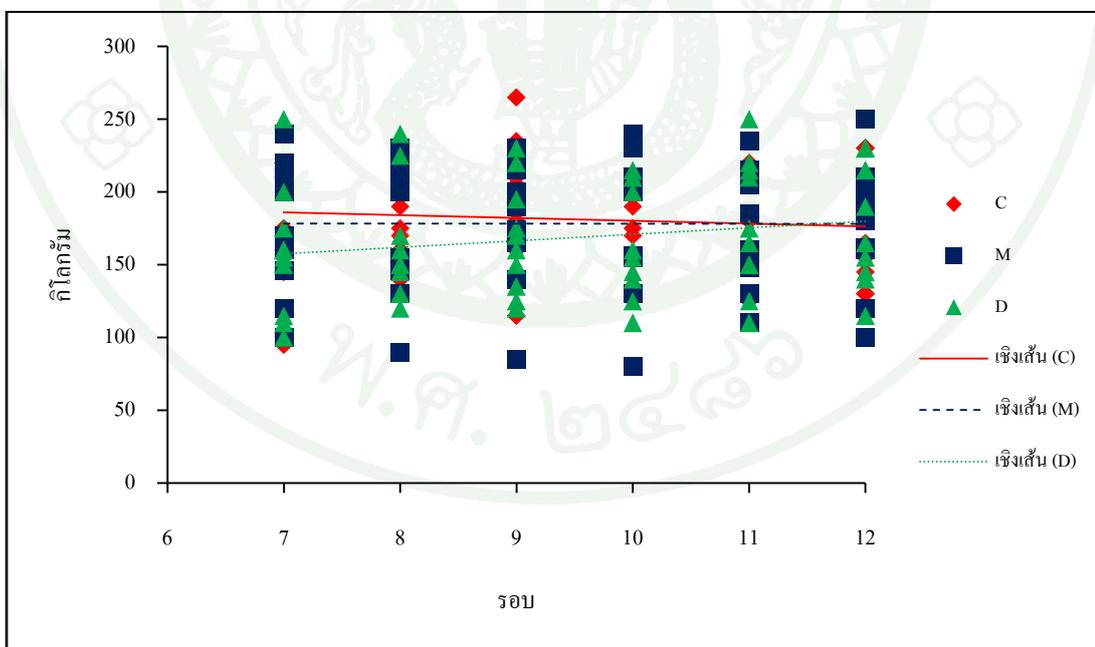
ภาพผนวกที่ ๑1 แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครั้งแรก



ภาพผนวกที่ ๑2 แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยแรงของกล้ามเนื้อขาเมื่อปฏิบัติซ้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครั้งหลัง



ภาพผนวกที่ จ3 แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งแรก



ภาพผนวกที่ จ4 แสดงสัมประสิทธิ์ความถดถอยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในช่วงเวลาครึ่งหลัง

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล

ว่าที่ร้อยตรีปณณวิชญ์ เคน์สุมิตร

วัน เดือน ปี ที่เกิด

15 พฤศจิกายน 2524

สถานที่เกิด

อำเภอเมือง จังหวัดยะลา

ประวัติการศึกษา

มัธยมศึกษาโรงเรียนคณะราษฎรบำรุงจังหวัดยะลา
วท.บ. (วิทยาศาสตร์การกีฬา)
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (พ.ศ. 2546)