ผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้น ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ในนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง

พรพล พิมพาพร

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2554
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ พรพล พิมพาพร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

.....กรรมการ

(พันตรีหญิง ดร.วรรณรัตน์ ศรีกนก)

.....กรรมการ

(ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา อนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์)

วันที่ 14 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

ประกาศคุณูปการ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ และขอกราบขอบพระคุณกรมพลศึกษา และศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการยืมอุปกรณ์และที่สำคัญขอขอบคุณนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สละเวลาเข้าร่วมทำการวิจัยและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบบูชาพระคุณ คุณพ่อร้อยตำรวจเอกนพดล คุณแม่รุ่งอรุณ พิมพาพร บุพการีผู้ที่ให้ชีวิต อบรมเลี้ยงดูและให้โอกาสทางการศึกษา ขอกราบขอบพระคุณ ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ พร้อมทั้งอบรมสั่งสอนด้านคุณธรรม จริยธรรม ขอขอบคุณนางสาวเบญจวรรณ กล้าแห่งงาน ผู้ที่คอยอยู่เคียงข้าง และขอขอบคุณทุก ๆ คนที่เกี่ยวข้อง ที่เป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนด้วยดีเสมอมา

ประโยชน์อันที่พึงมีเพียงใดที่เกิดจากดุษฎีนิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาทั้งหมด

พรพล พิมพาพร

48810267: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา; ปร.ด.
(วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา)
คำสำคัญ: การอดนอนระดับปานกลาง/ การฝึกมากเกินระยะสั้น/ เวลาปฏิกิริยา/ สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ/ สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

พรพล พิมพาพร: ผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้น ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง (EFFECT OF MODERATE SLEEP LOSS AND OVERREACHING UPON REACTION TIME, MUSCULAR AND CARDIORESPIRATORY FITNESS IN INTERMITTENT SPORT ATHLETES) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: ประทุม ม่วงมี, Ph.D. 150 หน้า. ปี พ.ศ. 2554.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชาย จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มีอายุระหว่าง 19-22 ปี จำนวน 40 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย แบ่งออก เป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น โดยใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ช่วงที่ 2 ในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลาง มีการลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลง 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และในกลุ่มที่ฝึกมากเกินระยะสั้น ได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนถูกทำการทดสอบเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรง กำลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ และปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองในช่วงที่ 2 แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Pair t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (MANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างก่อนและหลังการทดลอง (864.71 ± 61.41 ms. vs. 936.19 ± 61.79 ms.; 194.51 ± 31.75 N.m vs. 174.24 ± 35.13 N.m) มีค่าแตกต่างกัน และในกลุ่มทดลองที่ 4 ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อระหว่างก่อนและหลังการทดลอง (870.27 ± 46.21 ms. vs. 940.49 ± 65.20 ms.; 184.42 ± 28.36 N.m vs. 161.68 ± 24.66 N.m; 3026.16 ± 477.37 N.m vs. 2604.28 ± 569.41 N.m) มีค่าแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่ม พบว่า เวลาปฏิกิริยาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 (-1.18 ± 3.33 ms. vs. 8.39 ± 6.99 ms., 8.11 ± 5.68 ms.; 4.23 ± 7.01 N.m vs. -10.47 ± 8.64 N.m, -12.06 ± 8.18 N.m) และความอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 4 (2.43 ± 9.94 N.m vs. -14.05 ± 11.62 N.m) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้น มีผลเสียต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลให้สมรรถภาพของนักกีฬาลดลงได้

48810267: MAJOR: EXERCISE AND SPORT SCIENCE; Ph.D.
(EXERCISE AND SPORT SCIENCE)
KEYWORDS: MODERATE SLEEP LOSS/ OVERREACHING/ REACTION TIME/ MUSCULAR FITNESS/ CARDIORESPIRATORY FITNESS

PHORNPHON PHIMPHAPHORN: EFFECT OF MODERATE SLEEP LOSS AND OVERREACHING UPON REACTION TIME, MUSCULAR AND CARDIORESPIRATORY FITNESS IN INTERMITTENT SPORT ATHLETES. ADVISORY COMMITTEE: PRATOOM MUONGMEE, Ph.D. 150 P. 2011.

The objectives of this research were to study and compare effects of moderate sleep loss and overreaching upon reaction time, muscular strength, power, endurance and cardiorespiratory fitness on intermittent sport athletes. The subjects were 40 male athletes at Sport Science Faculty of Kasetsart University, aged between 19-22 years old. They were divided equally into four groups by simple random sampling. Group 1 was under normal sleep and normal training; Group 2 was under normal sleep and overreaching; Group 3 was under moderate sleep loss and normal training, and Group 4 was under moderate sleep loss and overreaching. The subjects were controlled and monitored for a three week period which was divided into two distinct phases. In the first phase, subjects completed two weeks of normal sleep and normal training. In the second phase, in moderate sleep loss group, each subject reduced their sleep by 2 hour for one week. In overreaching group, this phase consisted of an increase in training volume and intensity for one week. All groups were tested for reaction time, muscular strength, power, endurance and maximal oxygen consumption between before (Pre-test) and after (Post-test) Phase 2. Data were statistically analyzed using mean, standard deviation, pair t-test, one-way Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) and multiple comparison (Tukey's) method. Statistical significance was set at .05.

Results showed that in Group 3, mean of reaction time and muscular strength between pre-test and post-test (864.71 ± 61.41 ms. vs. 936.19 ± 61.79 ms.; 194.51 ± 31.75 N.m vs. 174.24 ± 35.13 N.m) were significantly difference. In group 4, mean of reaction time, muscular strength and endurance between pre-test and post-test (870.27 ± 46.21 ms. vs. 940.49 ± 65.20 ms.; 184.42 ± 28.36 N.m vs. 161.68 ± 24.66 N.m; 3026.16 ± 477.37 N.m vs. 2604.28 ± 569.41 N.m) were significantly difference. When compare the mean of percent change between pre-test and post-test of reaction time, muscular strength, power and endurance and maximal oxygen consumption showed that mean of percent change between pre-test and post-test of reaction time and muscular strength of Group 1 significantly difference from Group 3 and 4 (-1.18 ± 3.33 ms. vs. 8.39 ± 6.99 ms., 8.11 ± 5.68 ms.; 4.23 ± 7.01 N.m vs. -10.47 ± 8.64 N.m, -12.06 ± 8.18 N.m). Mean of percent change between pre-test and post-test of muscular endurance of Group 1 significantly difference from Group 4 (2.43 ± 9.94 N.m vs. -14.05 ± 11.62 N.m). The results from the study suggest that moderate sleep loss and overreaching are negative factors affecting neuromuscular fitness that cause a decrease in physical fitness.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามของการวิจัย..... 3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานของการวิจัย..... 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 6

ขอบเขตของการวิจัย..... 6

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย..... 7

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 7

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 7

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ..... 10

เวลาปฏิกิริยา..... 12

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ..... 13

กำลังของกล้ามเนื้อ..... 14

ความอดทนของกล้ามเนื้อ..... 15

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ..... 15

ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ..... 21

ภาวะง่วงนอน..... 43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การอดนอนและผลของการอดนอน	47
	การอดนอนที่มีผลต่อการทำงานของร่างกาย	49
	ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกมากเกิน	57
	ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ	64
3	วิธีดำเนินการวิจัย	67
	รูปแบบการทดลอง	67
	อุปกรณ์	68
	กลุ่มประชากร	68
	กลุ่มตัวอย่าง	68
	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	69
	สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย	73
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	73
4	ผลการวิจัย	75
5	อภิปรายและสรุปผล	96
	อภิปรายผล	96
	สรุปผลการวิจัย	107
	ข้อเสนอแนะ	108
บรรณานุกรม		110
ภาคผนวก		119
ภาคผนวก ก		120
ภาคผนวก ข		122
ภาคผนวก ค		125
ภาคผนวก ง		128
ภาคผนวก จ		131
ภาคผนวก ฉ		135
ภาคผนวก ช		137

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ซ..... 142

ภาคผนวก ฌ..... 144

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 150

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	การแบ่งความหนักของการออกกำลังกายประเภทความแข็งแรง	21
2-2	ความหนักที่มีพื้นฐานอยู่บนอัตราการเต้นของหัวใจ	21
3-1	รูปแบบการทดลอง	67
4-1	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม	76
4-2	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม	76
4-3	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ประเมินจากค่าแรงสุดสุดของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม	78
4-4	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังของกล้ามเนื้อประเมินจากค่าแรงสุดสุดของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม	80
4-5	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอดทนของกล้ามเนื้อ ประเมินจากค่างานรวมทั้งหมดของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม	82
4-6	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม	84
4-7	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 1	87
4-8	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 2	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 3 89

4-10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 4 90

4-11 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของความเท่ากันในเมตริกความแปรปรวนร่วม ของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ด้วย Box's Test 91

4-12 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่มโดยวิธีการบาร์เล็ท 92

4-13 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว 92

4-14 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา 94

4-15 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 94

4-16 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของความอดทนของกล้ามเนื้อ 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ภาคผนวก จ-1	รายละเอียดการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักต่ำ	133
ภาคผนวก จ-2	รายละเอียดการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักปานกลาง	133
ภาคผนวก จ-3	รายละเอียดการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักสูง	133
ภาคผนวก ช-1	คะแนนของการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับ	141
ภาคผนวก ฌ-1	การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test	145
ภาคผนวก ฌ-2	การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test	146
ภาคผนวก ฌ-3	การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 2 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test	147
ภาคผนวก ฌ-4	การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 3 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test	148
ภาคผนวก ฌ-5	การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 4 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test	149

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 5

3-1 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล..... 70

3-2 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย..... 71

4-1 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 77

4-2 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 79

4-3 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพกำลังของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 81

4-4 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 83

4-5 ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของ กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 85

4-6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม..... 86

ภาคผนวก ข-1 การเตรียมสถานที่สำหรับทดสอบเวลาปฏิกิริยา..... 123

ภาคผนวก ข-2 การทดสอบเวลาปฏิกิริยา โดยใช้เครื่อง Newtest Powertimer..... 124

ภาคผนวก ค-1 การทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยใช้เครื่อง Isokinetic..... 127

ภาคผนวก ง-1 การทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้ลู่วิ่งกลควบคู่กับการใช้ เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ..... 129

ภาคผนวก จ-1 ตารางการฝึกซ้อมของกลุ่มที่ได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ..... 132

ภาคผนวก จ-2 ตารางการฝึกซ้อมของกลุ่มที่ได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น..... 132

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การนอนหลับเป็นความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อร่างกายของคนเราอย่างมาก การนอนหลับไม่เพียงแต่เป็นช่วงเวลาเพื่อการพักผ่อนของร่างกายภายหลังจากความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าจากการทำงานในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น แต่จากการวิจัยทางด้านประสาท ชีววิทยาได้ค้นพบว่า มีกระบวนการและกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อชีวิตและสุขภาพหลายอย่างเกิดขึ้น ในสมองและระบบประสาทส่วนอื่น ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของการนอนหลับ เช่น การซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนที่สึกหรอ ส่งเสริมการเจริญเติบโต และยังมีความสำคัญต่อความสมดุลในการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการเรียนรู้และความจำ และปรับสภาพร่างกาย และจิตใจให้สมดุลกับความตึงเครียดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนหลายอย่างที่สำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาของร่างกาย เพื่อรักษาความสมดุลในการดำรงชีวิตระหว่างการนอนหลับ (จิราพร วรแสน, 2549, หน้า 139-140; นัยพินิจ คชภักดี, 2534, หน้า 29-30) การที่นักกีฬาจะประสบความสำเร็จในการแข่งขันได้ นอกจากการวางแผนและจัดเตรียมโปรแกรมการฝึกซ้อมให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้มีสมรรถภาพทางกายที่ดีแล้ว การนอนหลับพักผ่อนอย่างเพียงพอก็เป็นสิ่งจำเป็นมากอย่างหนึ่งสำหรับนักกีฬา เพราะร่างกายต้องทำงานหนักกว่า คนปกติทั่วไป ทำให้ได้รับความกดดันมากกว่าปกติ ดังนั้น การที่ร่างกายต้องทำกิจกรรมต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ย่อมจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งผลที่ตามมา อาจทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานลดลง ดังนั้น ถ้าหากร่างกายต้องสูญเสียการนอนหลับ แม้เพียงเล็กน้อยในแต่ละคืน ก็อาจมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในนักกีฬา ที่ต้องมีการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักสูง ดังเช่น การศึกษาของ Mougin et al. (1991) ที่กล่าวไว้ว่า การนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย เมื่อต้องทำงานหรือออกกำลังกายด้วยความหนักที่เกินกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด สอดคล้องกับสนธยา สีละมาด (2551, หน้า 148) ที่ได้เขียนไว้ว่า การนอนหลับเป็นรูปแบบการพักอย่างสมบูรณ์ (Passive Rest) ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการที่จะสร้างความสามารถในการทำงานของร่างกายให้ฟื้นสภาพกลับคืนมา โดยในขณะนอนหลับในตอนกลางคืน ร่างกายจะมีการสร้างขึ้นกลับคืน 80-90 เปอร์เซ็นต์ และการกลับคืนสู่ภาวะสมดุล (100 เปอร์เซ็นต์) อาจจะสมบูรณ์ได้จาก การงีบหลับในตอนกลางวันร่วมด้วย ดังนั้น หากร่างกายไม่ได้

รับการนอนหลับพักผ่อนอย่างเพียงพอ จะไม่สามารถฟื้นสภาพจากความเมื่อยล้าและปรับสภาพสู่ความสมบูรณ์ได้อย่างเต็มที่ ผลที่ได้รับจากการฝึกจะด้อยประสิทธิภาพไปหรือไม่ได้ผลสมบูรณ์ตามเป้าหมายที่ต้องการ

ปกติร่างกายของคนเรามีความต้องการการนอนหลับโดยเฉลี่ยประมาณ 8 ชั่วโมงต่อคืน (Ayas et al., 2003; Carskadon & Dement, 2000, p. 20) แต่จำนวนชั่วโมงของการนอนหลับอาจจะแตกต่างไปในแต่ละบุคคลตามอายุและสภาพการทำงานของร่างกาย ถึงแม้ว่าการนอนหลับจะมีความสำคัญต่อร่างกาย แต่ในบางครั้งการอดนอนก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ประกอบกับการดำเนินชีวิต ในสังคมปัจจุบันมีการแข่งขันกันมาก มีแต่ความเร่งรีบ ใช้ชีวิตแข่งกับเวลา อีกทั้งการศึกษาเล่าเรียนในปัจจุบัน นักเรียนหรือนักศึกษาจำนวนมากต้องแข่งขันกันเรียน บางคนไปเที่ยวเตร่กลับบ้านดึก บางคนต้องทำงานและเรียนไปด้วย ทำให้มีโอกาสสูงที่จะอดนอน กิจกรรมต่าง ๆ จะไปแย่งเวลาของการนอนหลับ ทำให้นอนหลับน้อยกว่าที่ควรจะเป็น บางคนนอนไม่หลับเพราะมีสิ่งแปลกใหม่ที่ทำให้รู้สึกตื่นเต้นหรือเกิดความวิตกกังวล เช่น มีการสอบ มีงานหรือภารกิจที่ต้องทำให้เรียบร้อยตามกำหนดเวลา โดยเฉพาะในนักกีฬาที่ต้องแข่งขันกีฬารายการสำคัญ หรือบางครั้งต้องเดินทาง ไปแข่งขันที่อาจเป็นลักษณะเดินทางข้ามวันข้ามคืน รวมทั้งการไม่เคยชินกับสภาพแวดล้อมและความเป็นอยู่ ก็อาจทำให้เกิดการขัดขวางการนอนหลับได้

แม้จะเป็นที่ยอมรับว่า การอดนอนจะมีผลในทางลบต่อความสามารถทางด้านจิตใจ ซึ่งเชื่อกันว่ามักจะส่งผลไปถึงการทำงานของร่างกายด้วย แต่ในผลกระทบทางด้านร่างกายนั้นยังไม่ชัดเจน จากการศึกษาการอดนอนทั้งคืน (Total Sleep Loss) พบว่า หลังจากการอดนอนจะทำให้เวลาปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (Philip et al., 2004) แรงสูงสุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง (Bulbulian, Heaney, Leake, Sucec, & Sjoholm, 1996) และปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลง (Plyley, Shephard, Davis, & Goode, 1987; Chen, 1991) แต่ในชีวิตความเป็นจริงของคนเราทั่วไปจะไม่อดนอนมาก ถึงขนาดนั้น อาจเป็นเพียงการลดจำนวนชั่วโมงของการนอนหลับลงเพียงไม่กี่ชั่วโมงต่อคืน ซึ่งการศึกษาการอดนอนเป็นบางช่วง (Partial Sleep Loss) ยังไม่ค่อยมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางในประเทศของเรา แต่จากการศึกษาของสุพจน์ ตุลารัตนพงษ์ (2533) พบว่า การอดนอน 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง ในคืนก่อนการทดสอบนั้นไม่ทำให้ความแข็งแรงและความอดทนของร่างกายลดลง ทำให้น่าสนใจว่าถ้าต้องอดนอนในลักษณะนี้ติดต่อกันหลาย ๆ คืน จะมีผลต่อการทำงานของร่างกายอย่างไร โดยเฉพาะเมื่อนักกีฬาต้องได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงร่วมด้วย

คำถามของการวิจัย

1. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติแตกต่างกันหรือไม่

2. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกิน ระยะสั้นแตกต่างกันหรือไม่

3. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อม ตามปกติแตกต่างกันหรือไม่

4. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้นแตกต่างกันหรือไม่

5. เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพ ของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่มแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของ ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติ และได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของ ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติ และได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของ ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่อดนอนระดับ ปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของ ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่อดนอนระดับ ปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

5. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของ กล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

สมมติฐานของการวิจัย

เนื่องจากยังไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดและมีข้อขัดแย้งกันอยู่ในเรื่องผลของการอดนอนและการฝึกมากเกินระยะสั้น อีกทั้งยังไม่ค่อยมีการศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงเป็นเวลาหลายวันติดต่อกัน ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในลักษณะที่เป็นแบบไม่มีทิศทาง (Non-directional Hypothesis) ซึ่งไม่กำหนดทิศทางของความแตกต่าง ดังนี้

1. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติไม่แตกต่างกัน

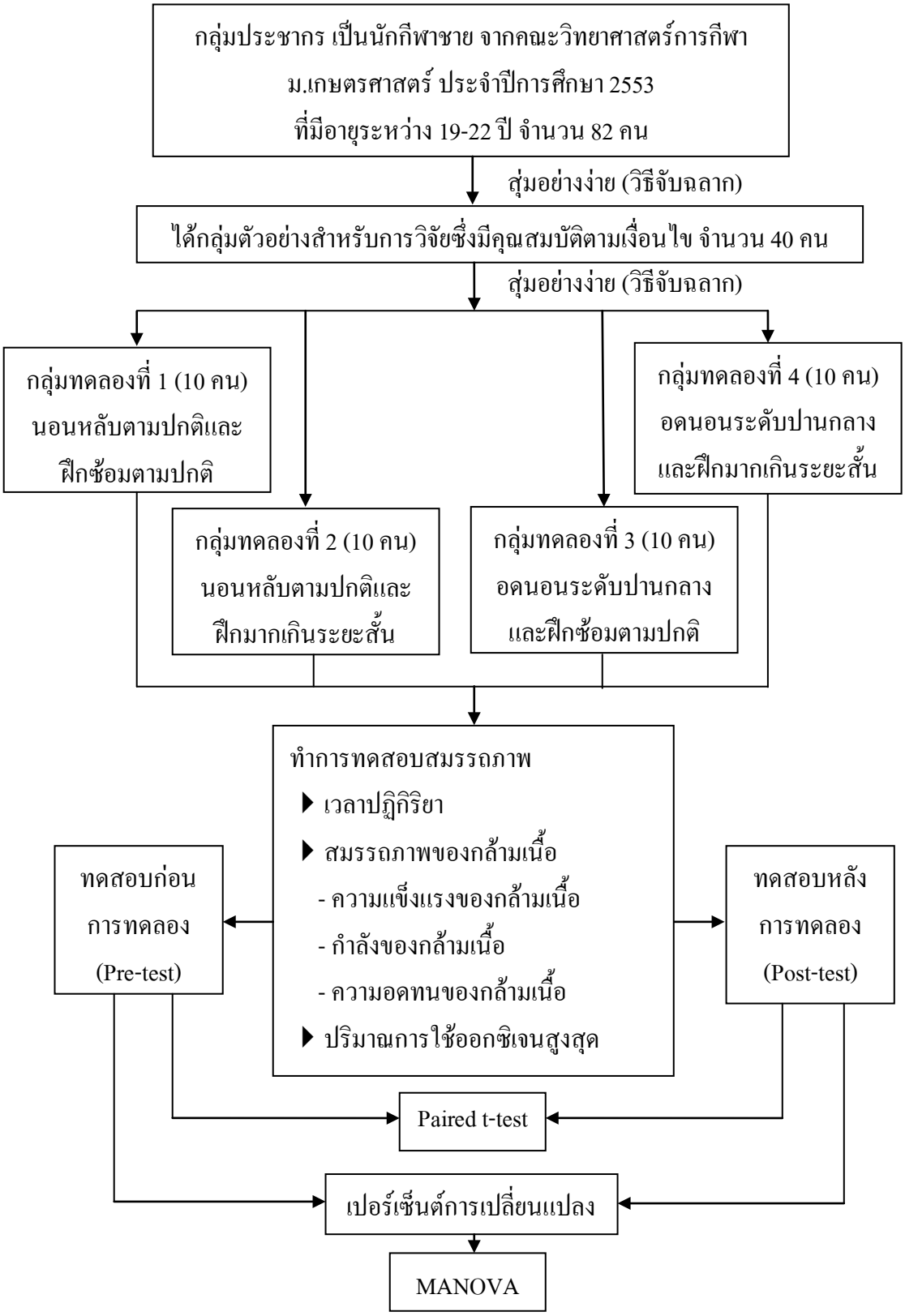
2. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกิน ระยะสั้นแตกต่างกัน

3. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อม ตามปกติแตกต่างกัน

4. เวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้นแตกต่างกัน

5. เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพ ของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกัน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

2. เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมและการพักให้เหมาะสม เพื่อช่วยในการฟื้นตัวของนักกีฬา ซึ่งจะทำให้มีพละกำลังที่จะฝึกซ้อมหรือการแข่งขันอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นในรูปแบบหรือวิธีการที่แตกต่างกันต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาชาย ที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2553 ที่ได้มาจากการสุ่ม อย่างง่าย (Simple Random Sampling) จำนวน 40 คน ซึ่งมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ คือ เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี จากการตอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q) ได้รับการฝึกซ้อมมาอย่างน้อย 2 ปี ก่อนการทดลอง และได้รับการฝึกซ้อม อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ โดยต้องไม่ได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงในช่วง 4 สัปดาห์ ก่อนการทดลอง มีเวลาการนอนหลับปกติโดยเฉลี่ยคืนละ 7-9 ชั่วโมง โดยต้องไม่มีภาวะความผิดปกติของการนอนหลับจากการตอบแบบสอบถาม Epworth Sleepiness Scale (ESS) และให้ความร่วมมือได้ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบของระยะเวลาของการอดนอนและระดับความหนักของการฝึกซ้อม ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มทดลองที่ 1 การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

กลุ่มทดลองที่ 2 การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

กลุ่มทดลองที่ 3 การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

กลุ่มทดลองที่ 4 การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ เวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ และปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเวลาปฏิกิริยา ด้วยการวัดเวลาปฏิกิริยาตลอดร่างต่อการตอบสนอง ต่อแสงแบบมีตัวเลือก โดยใช้เครื่อง Newtest Powertimer ศึกษาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยทดสอบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ด้วยการวัดแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที ทดสอบ กำลังของกล้ามเนื้อ ด้วยการวัดแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที และทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อด้วยการวัดงานรวมทั้งหมดของกล้ามเนื้อที่ความเร็ว 180 องศาต่อวินาที โดยศึกษาในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ในท่า Knee Extension โดยใช้เครื่อง Isokinetic และศึกษาสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ด้วยการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจน สูงสุด โดยการวิ่งบนลู่กลพร้อมเครื่องวิเคราะห์ก๊าซจนกระทั่งหมดแรง

2. ในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่องที่อยู่ในการฝึกซ้อมช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน (Pre-season Training)

3. การเก็บข้อมูลครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนใช้เวลา 25 วัน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โดยการทดสอบในแต่ละครั้ง กลุ่มตัวอย่างจะทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถควบคุมเรื่องการรับประทานอาหาร การเข้าร่วมกิจกรรมประเภทอื่นในระหว่างการทดลอง ไม่สามารถควบคุมเรื่องของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับภาวะของการเปลี่ยนแปลงทางด้านอารมณ์ของกลุ่มตัวอย่าง และไม่สามารถควบคุมในเรื่องของการนอนไม่หลับที่อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยภายใน เช่น อาการเจ็บป่วยหรือไม่สบายทั้งทางร่างกายและจิตใจ หรือจากปัจจัยภายนอก เช่น สิ่งแวดล้อม สภาพอากาศ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือกลุ่มตัวอย่างในการปฏิบัติตัวให้เป็นไปในลักษณะ ใกล้เคียงกันทั้งก่อนและระหว่างการวิจัย และมีการเฝ้าติดตามอย่างใกล้ชิด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การอดนอนระดับปานกลาง (Moderate Sleep Loss) เป็นการลดจำนวนชั่วโมงของการนอนหลับประมาณ 2 ชั่วโมงต่อคืน จากจำนวนชั่วโมงการนอนหลับตามปกติ เช่น ถ้าปกติใช้เวลาการนอนหลับ 8 ชั่วโมงต่อคืน จะลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลงเหลือ 6 ชั่วโมงต่อคืน โดยในการวิจัยครั้งนี้จะให้อดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 7 คืน

2. การฝึกมากเกินระยะสั้น (Overreaching) เป็น Short-term Overtraining ซึ่งเป็นอาการเมื่อยล้าและส่งผลให้สมรรถภาพทางกายลดลงในระยะสั้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในระหว่างการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันกีฬาอย่างหนัก โดยต้องอาศัยการฟื้นตัวหลายวันถึงหลายสัปดาห์ อาการลักษณะนี้ถ้ามีการฟื้นตัวที่เหมาะสม จะทำให้ร่างกายมีการปรับชดเชยมากขึ้น (Overcompensation) แต่ถ้าการฝึกและการฟื้นตัวยังไม่สมดุลกัน ก็อาจส่งผลให้เกิดภาวะของการฝึกมากเกินระยะยาวได้ (Long-term Overtraining) โดยในการวิจัยครั้งนี้ให้ฝึกซ้อมด้วยความหนักที่ระดับ 75-85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดติดต่อกันเป็นเวลา 7 วัน

3. เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มมีการกระตุ้น (แสง) และนักกีฬารับรู้ (การมองเห็น) จนกระทั่งเริ่มมีการตอบสนองต่อการกระตุ้น การมีเวลาปฏิกิริยามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของระบบประสาท โดยในการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดสอบเวลาปฏิกิริยาตลอดร่าง (Whole Boby Reaction Time) แบบมีตัวเลือก (Selection Reaction Time) ด้วยชุดอุปกรณ์การทดสอบ Newtest Powertimer

4. สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (Muscular Fitness) เป็นความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีความสำคัญทั้งการส่งเสริมและคงสภาพของการมีสุขภาพที่ดีและเพิ่มความสามารถของนักกีฬา โดยในการวิจัยครั้งนี้จะประกอบไปด้วยความแข็งแรง กำลัง และความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยจะศึกษาในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ในท่า Knee Extension โดยทดสอบข้างที่ถนัด ด้วยเครื่องทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแบบ Isokinetic ที่ความเร็วการเคลื่อนไหว 3 ระดับ คือ 60, 120 และ 180 องศาต่อวินาที

4.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งหรือกลุ่มกล้ามเนื้อต่อการสร้างแรงในการหดตัวสูงสุดเพื่อออกแรงต่อสู้กับแรงต้านทานในการหดตัวหนึ่งครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ทดสอบที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที โดยใช้ค่า Peak Torque ในการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N.m)

4.2 กำลังของกล้ามเนื้อ (Muscular Power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อส่วนหนึ่งส่วนใด หรือหลาย ๆ ส่วนของร่างกายในการหดตัวเพื่อทำงานด้วยความเร็วสูง แรงหรืองานที่ได้เป็นผลรวมของความแข็งแรงและความเร็วที่ใช้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น การยืนอยู่กับที่ กระโดดไกล การทุ่มน้ำหนัก เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ทดสอบที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที โดยจะใช้ค่า Peak Torque ในการประเมินกำลังของกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N.m)

4.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งหรือกลุ่มกล้ามเนื้อในการหดตัวซ้ำ ๆ เพื่อออกแรงต้านในระดับต่ำกว่า

สูงสุดได้เป็นระยะเวลานาน ในการวิจัยครั้งนี้ทดสอบที่ความเร็ว 180 องศาต่อวินาที โดยจะใช้ค่า Total Work ในการประเมินความอดทนของกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N.m)

5. การทำงานแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic) เป็นชนิดของการออกกำลังกายหรือทดสอบที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้าหรือยืดยาวออกโดยความเร็วในการเคลื่อนไหวคงที่ และการหดตัวสูงสุดจะเกิดขึ้นตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว

6. สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (Cardiorespiratory Fitness) เป็นความสามารถของหัวใจ ปอด และหลอดเลือดในการที่จะขนส่งออกซิเจนและสารอาหารไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรง ซึ่งเป็นไปในลักษณะการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ทำงานหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่ระดับความหนักปานกลางถึงระดับสูงสุดได้เป็นระยะเวลานาน โดยในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในการประเมินสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ โดยการวิ่งบนลู่กลพร้อมเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ที่ระดับความสามารถ สูงสุด (Maximal Exercise Test)

7. ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption: VO_2max) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายสามารถขนส่งไปให้ให้เซลล์กล้ามเนื้อทำงาน เพื่อใช้ในการสร้างพลังงานในปริมาณมากที่สุดต่อนาที มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรของออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อเวลา 1 นาที (ml./ kg./ min)

8. กีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Sport) เป็นกีฬาที่ต้องอาศัยพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เป็นหลัก ซึ่งเป็นกีฬาที่ต้องมีการเคลื่อนไหวร่างกายเกือบตลอดเวลา มีลักษณะความหนักไม่คงที่ มีทั้งเคลื่อนที่เร็วและช้าสลับกัน รวมทั้งมีการหยุดพักตามจังหวะการแข่งขัน เช่น กีฬาฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล เทนนิส เป็นต้น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับการนอนหลับและการอดนอนยังไม่ได้ศึกษากันอย่างกว้างขวางในประเทศ ของเรา โดยเฉพาะในขณะที่นักกีฬาต้องมีการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูง โดยผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นเนื้อหาสาระสำคัญ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
2. เวลาปฏิกิริยา
3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
4. กำลังของกล้ามเนื้อ
5. ความอดทนของกล้ามเนื้อ
6. สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ
7. ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ
8. ภาวะง่วงนอน
9. การอดนอนและผลของการอดนอน
10. การอดนอนที่มีผลต่อการทำงานของร่างกาย
11. ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกมากเกิน
12. ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Function)

สนธยา สีละมาด (2551, หน้า 32-33) กล่าวไว้ว่า การหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อเป็นผลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญในการกำหนดความสามารถในการเคลื่อนไหวของนักกีฬา อย่างไรก็ตาม การทำงานของกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แต่ปัจจัยที่มีความสำคัญมากก็คือ ปัจจัยทางด้านการกระตุ้นของระบบประสาท (Neural Stimulus) ความสามารถในการตอบสนองของกล้ามเนื้อ (Muscle Activation) ต่อสัญญาณประสาท และระดับพลังงานที่มีอยู่ (Energy) ภายในกล้ามเนื้อ ทั้งนี้ระดับการตอบสนองของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับระดับความแรงจากการกระตุ้นของระบบประสาทมากที่สุด ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อจะถูกควบคุมจากการทำงานของระบบประสาท

ส่วนกลาง (Central Nervous System: CNS) โดยการส่งกระแสประสาท (Action Potential) จากสมองและไขสันหลังผ่านมาตามเซลล์ประสาทไปยังกล้ามเนื้อ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหดตัว (Marieb, 2001)

หน่วยยนต์ (Motor Unit) คือ หน่วยของเซลล์ประสาทสั่งการในไขสันหลังที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจะหดตัวได้ ต้องมีสัญญาณกระตุ้นจากประสาทสั่งการในกล้ามเนื้อ แต่ละมัดจะถูกกระตุ้นอย่างอิสระ การกระตุ้นเกิดจาก Action Potential จากสมองที่บริเวณ Motor Cortex เคลื่อนที่ไปกระตุ้นเซลล์ของประสาทยนต์ในไขสันหลังทำให้เกิด Action Potential ซึ่งจะส่งต่อไปที่แต่ละใยในหน่วยยนต์ ซึ่งการควบคุมการทำงานของระบบประสาทที่มีผลต่อการเพิ่มแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ จะประกอบด้วย การเพิ่มความถี่ในการหดตัว (Firing Frequency) ซึ่งการเพิ่มความถี่ของการกระตุ้นจะทำให้ Thick และ Thin Filament ซ้อนกันได้มากขึ้นและขณะหดตัวจะมีแคลเซียมในเซลล์สูงขึ้น เมื่อใยกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นซ้ำ ๆ กัน จะเกิดการรวมกัน จึงทำให้แรงในการ หดตัวเพิ่มขึ้น และอีกประการหนึ่งคือ การเพิ่มจำนวนหน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้น (Recruitment) กล้ามเนื้อในหน่วยยนต์หนึ่งจะเป็นชนิดเดียวกัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ หน่วยยนต์ที่ควบคุม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow Twitch; Type I) จะมีขนาดเล็ก ให้แรงน้อยและหดตัวได้ช้า แต่นาน และหน่วยยนต์ที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast Twitch; Type II) จะมีขนาดใหญ่ ให้แรงมาก หดตัวได้เร็ว แต่ล้าเร็ว โดยในกล้ามเนื้อแต่ละมัดจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดประกอบอยู่ แต่จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับการทำงานของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อที่ต้องมีการหดตัวซ้ำ ๆ จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจำนวนมาก ขณะที่กล้ามเนื้อที่ต้องมีการหดตัวอย่างรวดเร็วจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจำนวนมาก โดยการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีการทำงาน จะมีความสัมพันธ์กับประสาทสั่งการที่มาควบคุม ซึ่งเป็นไปตามหลักของขนาด (Size Principle) ของหน่วยยนต์ (สนธยา สีละมาด, 2551, หน้า 33-40; พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์, 2551, หน้า 10-11)

กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้หดตัวนั้นเมื่อมีคำสั่งจากประสาทส่วนกลางในรูปของ Action Potential ส่งมาตามเส้นประสาทมาสิ้นสุดที่ปลายประสาท (Nerve Terminal) ซึ่งอยู่ชิดกับกล้ามเนื้อในบริเวณที่เรียกว่า Motor End Plate อันเป็นตำแหน่งที่มีการส่งผ่านสัญญาณระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อผ่าน Synapse ที่เรียกว่า Neuromuscular Junction โดย Action Potential ที่ปลายประสาทจะกระตุ้นการหลั่งสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) คือ Acetylcholine (ACh) ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิด Action Potential ที่ Sarcolemma ของกล้ามเนื้อ Action Potential จะกระจายจาก Sarcolemma บริเวณรอบ Motor End Plate ไปยังบริเวณอื่น ๆ ทั่วทั้งเซลล์ รวมทั้ง Transverse Tubule (T-tubule) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Sarcolemma ด้วย เมื่อ Action Potential ลงมาตาม T-tubule ถึงบริเวณ Triad

ซึ่งเป็นส่วนที่มี Terminal Cistern ของ Sarcoplasmic Reticulum (SR) เข้ามาขนาบข้าง T-tubule โดย Action Potential จะเหนี่ยวนำให้เกิดการหลั่งแคลเซียมจาก Terminal Cistern ออกมาสู่ Intracellular Fluid ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์สูงขึ้น กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาระหว่าง Actin และ Myosin จนเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวต้องการพลังงานอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการหดตัว พลังงานเหล่านี้มาจากการสลาย ATP (Marieb, 2001)

เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time)

ความหมายและองค์ประกอบของเวลาปฏิกิริยา

สนธยา สีละมาด (2551, หน้า 399) กล่าวว่า เวลาปฏิกิริยาเป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มมีการกระตุ้น (เสียง แสง) และนักกีฬามีการรับรู้ (การได้ยิน การมองเห็น) จนกระทั่งเริ่มมีการตอบสนองต่อการกระตุ้น สำหรับนักกีฬาการมีเวลาปฏิกิริยามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของระบบประสาท สอดคล้องกับชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536, หน้า 54) กล่าวว่า เวลาปฏิกิริยา คือ เวลาที่ใช้ตั้งแต่มีการกระตุ้น Receptor ให้รับความรู้สึกจนถึงกล้ามเนื้อมีการหดตัว เวลาปฏิกิริยานี้ต้องอาศัยการเดินทางที่ต้องนำกระแสประสาทจาก Receptor เข้าไปสู่สมองส่วนที่ใต้อำนาจจิตใจ โดยการผ่านเซลล์ประสาทหลายตัว แล้วจึงส่งกลับมายังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยานั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเวลาการตอบสนองทั้งหมด (Response Time) ซึ่งเป็นช่วงเวลา ตั้งแต่เริ่มต้นมีการกระตุ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นการรวมกันของเวลาปฏิกิริยาร่วมกับเวลาการเคลื่อนไหว (Movement Time) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เริ่มจากการเคลื่อนไหวครั้งแรก จนสิ้นสุดการเคลื่อนไหว

เวลาปฏิกิริยา สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536, หน้า 308 อ้างอิงจาก Tripp, 1965) ได้แก่

1. เวลารับความรู้สึก (Sense Time, Receiving of the Stimulus) คือ เวลาตั้งแต่ปลายประสาทรับความรู้สึกแล้วเดินทางมาจากกระแสประสาทมาถึงประสาทส่วนกลาง

2. เวลาตัดสินใจ (Decision, Thought Time) เป็นเวลาที่ประสาทส่วนกลางตัดสินใจเลือกวิธีการตอบสนอง

3. เวลาการเคลื่อนไหว (Movement Time, Initiation of Movement) คือ เวลาตั้งแต่ประสาท ส่วนกลางสั่งงานจนกระแสประสาทมาถึงกล้ามเนื้อเริ่มหดตัวทำงานอยู่กับช่วงเวลาตัดสินใจว่าจะสามารถเลือกพฤติกรรมที่ตอบสนองได้เร็วเพียงใด สำหรับการเคลื่อนไหวของกระแสประสาท ทั้งรับและส่งความรู้สึกไม่ค่อยแตกต่างกันนัก คือ จะใช้เวลาประมาณ 90-120 เมตรต่อวินาที

ความสำคัญของเวลาปฏิกิริยา

เพ็ญจันทร์ ศรีสุขสวัสดิ์ และเอนก สูตรมงคล (2546, หน้า 59) ได้รายงานไว้ว่า ในการเคลื่อนไหวร่างกายที่อยู่ภายใต้อำนาจจิต ถ้ามีปฏิกิริยาการรับรู้ การตัดสินใจและการสั่งงานของระบบประสาทเป็นอย่างดีย่อมจะส่งผลให้มีเวลาปฏิกิริยาที่ดีตามไปด้วย ซึ่งการมีเวลาปฏิกิริยาที่ดีจะส่งผลให้มีความได้เปรียบบุคคลอื่นในการปฏิบัติกิจกรรมที่ต้องอาศัยความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งเวลาปฏิกิริยามีความสำคัญต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เพราะในชีวิตประจำวันมนุษย์ต้องปฏิบัติภารกิจที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้ามากมาย โดยเฉพาะสิ่งเร้าเกี่ยวกับสัญญาณ เช่น สัญญาณไฟจราจร (แดง, เหลือง, เขียว) สัญญาณเสียง (แตร, นกหวีด) เป็นต้น จากสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนน พบว่ามีจำนวนไม่น้อยที่มีสาเหตุมาจากเมื่อรับรู้สัญญาณต่าง ๆ แล้วไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อบังคับยานพาหนะหรือหลบหลีกให้พ้นจากอันตรายได้ ส่วนในทางกีฬาความเร็วของเวลาปฏิกิริยามีความสำคัญ เช่น ในการวิ่ง และการว่ายน้ำ ผู้ที่มีเวลาปฏิกิริยาเร็วจะเริ่มออกตัวได้เร็วกว่าเมื่อได้รับสัญญาณปืน ในการแข่งขันกีฬาที่เล่นกันเป็นทีม เช่น ในการเล่นบาสเกตบอล การที่มีเวลาปฏิกิริยาเร็ว ย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้ เพราะสามารถ ส่งลูกบอลและรับลูกบอลได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งการนำลูกบอลหนีฝ่ายตรงข้าม หรือในกรณีติดตาม ฝ่ายตรงข้าม เป็นต้น (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536, หน้า 309) และจากการศึกษาของราตรี สินธุนาวา และคณะ (2535) ได้กล่าวถึงความสำคัญของเวลาปฏิกิริยาที่มีต่อนักกีฬามวยสากลไว้ว่า นักมวยที่มีเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของตากับมือ และตากับเท้าที่ดี แสดงว่าสามารถตอบสนอง ได้อย่างรวดเร็วและว่องไว สามารถออกหมัดและเคลื่อนไหวทั้งรุกและรับได้อย่างคล่องแคล่ว ทำให้ มีโอกาสที่จะประสบชัยชนะอย่างมาก

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength)

การเคลื่อนไหวทางกายของคนส่วนใหญ่จะกระทำกับแรงต้านทานหลายรูปแบบ เช่น น้ำหนักของร่างกาย แรงดึงดูดของโลก อุปกรณ์การแข่งขันหรือคู่แข่งขัน ความแข็งแรงซึ่งนิยามถึงความสามารถในการใช้แรง จึงมีความสำคัญสำหรับบุคคลที่พยายามจะปรับปรุงความสามารถในการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงในทางสรีรวิทยาจะนิยามถึง ความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เอาชนะแรงต้านภายนอกและแรงต้านทานภายใน ความแข็งแรงสูงสุดที่นักกีฬาสามารถแสดงออกจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหว เช่น คาน กลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง และจำนวนการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง ขณะเดียวกันความแข็งแรงสูงสุดยังขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสประสาทที่มากระตุ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยยนต์ที่ถูกระดมมาใช้งานและความถี่ของแรงกระตุ้น ซึ่งจะมีการเพิ่มขึ้นตามความหนักของการออกกำลังกาย (สนธยา

สีละมาด, 2551, หน้า 222-225) ซึ่งสอดคล้องกับ Heyward (2002, p. 113) ที่กล่าวไว้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นความสามารถของกลุ่มกล้ามเนื้อในการสร้างแรงของการหดตัวสูงสุดเพื่อออกแรงต่อสู้กับแรงต้านทานในการหดตัวหนึ่งครั้ง ซึ่งแรงในการหดตัวนี้ถูกสร้างขึ้นจากกล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อ ดังนั้น ความแข็งแรงจึงเป็นพื้นฐานของสมรรถภาพทางการกีฬาต่าง ๆ และเป็นองค์ประกอบของสมรรถภาพด้านอื่น ๆ ด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันและการแข่งกีฬาเป็นอย่างมาก ดังเช่น Westcott (1993) ที่ได้เขียนไว้ว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะช่วยพัฒนาบุคลิกท่าทาง ความสามารถทางกาย การเผาผลาญและผลิตพลังงานในร่างกาย ช่วยลดไขมันที่สะสมในร่างกายและลดโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการเล่นกีฬาหรือการปฏิบัติภารกิจการงานในชีวิตประจำวัน ช่วยเพิ่มกำลังความแข็งแรงและความหนาแน่นของกล้ามเนื้อ รวมทั้งเอ็นกล้ามเนื้อและกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย

วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร และอารีย์ ปรมัตถากร (2542) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกความแข็งแรงจะทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท ที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงภายในตัวกล้ามเนื้อเอง โดยในระยะแรกของ การฝึกความแข็งแรง ระบบประสาทจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มความถี่ในการกระตุ้นหน่วยยนต์ และจำนวนหน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้นเพิ่มขึ้น หลังจากฝึกไป 4-6 สัปดาห์ กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (Muscle Hypertrophy) ซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อมากขึ้นนั่นเอง

กำลังของกล้ามเนื้อ (Muscular Power)

กำลังของกล้ามเนื้อ เป็นชนิดของความแข็งแรงที่มีความเฉพาะเจาะจงกับการเคลื่อนไหวของนักกีฬา การเคลื่อนไหวทางการกีฬาส่วนใหญ่จะมีลักษณะการทำงานที่ต้องเอาชนะแรงต้านทาน ทั้งภายในและภายนอกร่างกายด้วยอัตราความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งการกระทำเช่นนั้น กล้ามเนื้อจะไม่ได้ต้องการความแข็งแรงสูงสุด แต่กล้ามเนื้อจะต้องการกำลังเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม สำหรับการพัฒนากำลังให้เพิ่มขึ้นต้องเข้าใจด้วยว่ากำลังเป็นความแข็งแรงชนิดหนึ่ง และความแข็งแรงจะมีความสัมพันธ์กับกำลัง และการฝึกซ้อมกำลังและความแข็งแรงจะมีผลสนับสนุนซึ่งกันและกัน การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงจึงช่วยให้กำลังเพิ่มขึ้นได้ โดยสนธยา สีละมาด (2551, หน้า 296) ได้ให้คำจำจำกัดความของกำลังของกล้ามเนื้อไว้ว่า เป็นความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการที่จะก่อให้เกิดแรงมากที่สุดในช่วงเวลาที่สั้นที่สุด หรือเป็นการเอาชนะ แรงต้านทานได้ด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว ซึ่งชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536, หน้า 301) ได้รายงานว่า การฝึกนักกีฬาเพื่อเสริมสร้างความสามารถ

ทางด้านกำลัง ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความแข็งแรงและความเร็วในการเคลื่อนที่ ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของกำลังจึงเป็นผลของการปรับปรุงในความแข็งแรงหรือความเร็วอย่างใดอย่างหนึ่งหรือการปรับปรุงทั้งสองอย่าง แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนแล้วจึงค่อยปรับเปลี่ยนเป็นกำลังด้วยการเพิ่มความเร็วในการทำงานในตอนหลังจะเป็นวิธีการที่ดีในการปรับปรุงกำลังของกล้ามเนื้อ (สนธยา สีละมาด, 2551, หน้า 297) เพราะการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนจะช่วยให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความแข็งแรง ซึ่งจะส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความเร็วในการหดตัวมากยิ่งขึ้นนั่นเอง (มาโนช บุตรเมือง, 2539)

ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance)

ความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นสมรรถภาพที่มีความสำคัญต่อนักกีฬาที่มีการปฏิบัติกิจกรรม ที่มีความหนักสูงตลอดช่วงเวลาที่ยาวนาน เช่น นักกีฬาว่ายน้ำ นักวิ่งระยะกลาง หรือนักกีฬาเรือพาย เป็นต้น ซึ่งในการปฏิบัติกิจกรรมความแข็งแรงสูงสุดหรือกำลังของกล้ามเนื้อไม่ได้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด แต่สิ่งที่มีความสำคัญจะเป็นความสามารถในการที่จะรักษาระดับความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อภายใต้สภาพการทำงานตลอดช่วงเวลาที่ยาวนาน กล่าวคือ นักกีฬาจะต้องมีความอดทนที่จะใช้ความแข็งแรงหรือกำลังในการทำงานให้ได้อย่างยาวนาน ดังเช่น Heyward (2002, p. 113) ที่ให้ความหมายของความอดทนของกล้ามเนื้อไว้ว่า เป็นความสามารถของกลุ่มกล้ามเนื้อ ในการออกแรงต้านระดับต่ำกว่าสูงสุดได้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536, หน้า 286-287) ที่เขียนไว้ว่า ความอดทนของกล้ามเนื้อ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวซ้ำ ๆ กันต่อต้านกับโหลดได้นานที่สุด หรือการทำให้การหดตัวนั้นคงอยู่ได้นานที่สุด จนกระทั่งกล้ามเนื้อเกิดอาการเมื่อยล้าขึ้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของกล้ามเนื้อ จำนวนหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อและกลไกของระบบประสาทที่ส่งมายังกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (Cardiorespiratory Fitness)

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ จัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกายที่มีความสัมพันธ์กับสุขภาพ (Health Related Fitness) และสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะทางกีฬา (Skill Related Fitness) โดยจะเป็นสมรรถภาพที่จะบ่งบอกถึงความสามารถ ของร่างกายในการทำงานหรือการออกกำลังกายว่าสามารถที่จะปฏิบัติได้นานมากน้อยเพียงใด ซึ่งสมรรถภาพดังกล่าวสามารถที่จะเรียกได้หลายชื่อ เช่น Cardiorespiratory Endurance, Cardiopulmonary Endurance, Cardiopulmonary Fitness, Cardiovascular Endurance,

Functional Capacity และ Aerobic Fitness เป็นต้น (Cooper & Storer, 2001; Lambert, Viljoen, Bosch, Pearce, & Sayers, 2008) ซึ่งบุคคลที่มีสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจอยู่ในระดับที่ดีจะช่วยลดปัจจัยเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ เบาหวาน ความดันเลือดสูง และภาวะอ้วนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถที่จะปฏิบัติ กิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานได้ โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า (American College of Sports Medicine [ACSM], 2000)

หากพิจารณาทางด้านสรีรวิทยาแล้ว พบว่า ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจจะมีการประสานการทำงานอย่างสัมพันธ์กัน ดังเช่น วรรณี เจิมสุรวงศ์ (2539) ที่ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพของ ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจที่ดี จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ

1. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด (Cardiovascular System) การทำงานที่หนักและต่อเนื่องนาน ๆ กล้ามเนื้อต้องอาศัยอาหารและออกซิเจนมาช่วยในการสร้างพลังงานเพื่อส่งไปยังกล้ามเนื้อโดยการส่งผ่านทางกระแสเลือด นอกจากนี้ เลือดจะช่วยนำของเสียที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อไปทำลาย การไหลเวียนของเลือดได้ดีหรือไม่นั้น หัวใจและหลอดเลือดมีส่วนสำคัญที่จะกำหนดประสิทธิภาพการไหลเวียนของเลือด นั่นคือ ถ้าหัวใจและหลอดเลือดมีประสิทธิภาพการทำงานดีเท่าใด การลำเลียงอาหาร ออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ และการนำของเสียออกจากกล้ามเนื้อ ก็จะมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น องค์ประกอบพื้นฐานทางสรีรวิทยาที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ความดันเลือด (Blood Pressure) ปริมาณเลือดที่ส่งออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output) ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบแต่ละครั้ง (Stroke Volume) เป็นต้น

2. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจ (Respiratory System) การทำงานของปอดด้วยการนำออกซิเจนเข้าและส่งผ่านกระแสเลือด และนำของเสียออกมาทำลายเป็นกระบวนการที่ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนเพิ่มขึ้นและทำลายของเสียได้เร็วขึ้น ดังนั้น ประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจ จึงเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการเพิ่มออกซิเจน องค์ประกอบพื้นฐานสรีรวิทยา ได้แก่ ความจุปอด (Vital Capacity) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซ เป็นต้น

การที่ร่างกายมีการประสานการทำงานอย่างสัมพันธ์กันอย่างดีของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ จะส่งผลให้มีสุขภาพดี สามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ หรือทำงานได้เป็นระยะเวลานาน ไม่เหนื่อยง่าย เพราะมีความสามารถในการจับออกซิเจนที่ดี เนื่องจากร่างกายมีหัวใจที่แข็งแรง ปอดมีพื้นที่ผิวสำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซ มีหลอดเลือดที่แข็งแรง จึงสามารถสร้างพลังงานแบบแอโรบิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่างกายจึงไม่เกิดการเมื่อยล้า

ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจเป็นความสามารถของหัวใจ ปอด และหลอดเลือดในการที่จะขนส่งออกซิเจนและสารอาหารไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรง ซึ่งเป็นไปในลักษณะการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ทำงานหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่ระดับความหนักปานกลางถึงระดับสูงสุดได้เป็นระยะเวลานาน (ACSM, 2000)

ในการที่จะประเมินและบ่งชี้ว่าร่างกายมีสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจอยู่ในระดับใดนั้น จะใช้อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายเป็นดัชนีชี้วัด โดยวัดจากค่าปริมาณ การใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption: VO_2max) ซึ่งหมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายสามารถขนส่งไปให้ให้เซลล์กล้ามเนื้อทำงาน เพื่อใช้ในการสร้างพลังงานในปริมาณมากที่สุดต่อนาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า VO_2max นั้นเกิดจากการทำงานประสานกันของหัวใจ ปอด และหลอดเลือด ในการที่จะขนส่งออกซิเจนให้เซลล์กล้ามเนื้อทำงานบริเวณไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) ดังนั้น ค่าดังกล่าวจึงสามารถนำมาบ่งบอกระดับของสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจได้ (Sutton, 1991)

หลักของการออกกำลังกายและการฝึกซ้อม

พิชิต ภูติจันทร์ (2547) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกาย เป็นความสามารถของบุคคลในอันที่จะใช้ระบบต่าง ๆ กระทำกิจกรรมใด ๆ อันเกี่ยวกับการแสดงออกซึ่งความสามารถทางร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาวะปกติได้ในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้น การออกกำลังกายและการฝึกซ้อมที่เหมาะสม จะเป็นประโยชน์และเกิดผลดีต่อร่างกาย ซึ่งหลักของการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมเพื่อสร้างเสริมสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (ACSM, 2000) มีปัจจัยสำคัญ ได้แก่

1. รูปแบบของการฝึก (Mode) หมายถึง ชนิดหรือรูปแบบของการออกกำลังกายหรือการฝึกการเคลื่อนไหวที่ทำให้ร่างกายหรืออวัยวะต่าง ๆ ต้องทำงาน รูปแบบของการออกกำลังกายต้องเป็นกิจกรรมที่มีความต่อเนื่อง เป็นจังหวะและเกี่ยวข้องกับการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ได้แก่ การเดิน การวิ่ง การว่ายน้ำ การปั่นจักรยาน นอกจากนี้ อาจใช้กิจกรรมกีฬาอื่น ๆ มาออกกำลังกาย เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล เทนนิส แบดมินตัน เป็นต้น

2. ความหนัก (Intensity) หมายถึง ปริมาณงานหรือความหนักของงานที่ทำให้ร่างกายต้องใช้แรงหรือใช้พลังงานขณะออกกำลังกาย การฝึกควรกำหนดความหนักให้เหมาะสม โดยให้อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายอยู่ระหว่าง 60-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal Heart Rate) หรืออยู่ระหว่าง 50-85 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสำรอง (Oxygen Uptake Reserve) หรือของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart Rate Reserve) สำหรับ

บุคคลที่มีระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจเริ่มต้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ควรใช้ความหนักที่ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสำรอง

3. ความถี่ (Frequency) หมายถึง ความบ่อยครั้งในออกกำลังกายหรือการฝึกโดยทั่วไป ควร จะมีการออกกำลังกาย 3-5 วันต่อสัปดาห์ หรือฝึกวันเว้นวันก็ได้ การออกกำลังกายให้มีสุขภาพดีต้องออกกำลังกายอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ การออกกำลังกายน้อยกว่า 2 วันต่อสัปดาห์ ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการปรับตัวแบบแอโรบิคและสัดส่วนของร่างกาย

4. ระยะเวลา (Duration) หมายถึง ระยะเวลาของการออกกำลังกายหรือการฝึกในแต่ละครั้ง ควรใช้เวลาระหว่าง 20-60 นาที ต่อเนื่องกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกายหรือการฝึก การออกกำลังกายที่หนักขึ้น ระยะเวลาก็จะสั้นลง ในคนทั่วไปออกกำลังกายด้วยความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต้องใช้เวลา 20-30 นาที แต่ถ้าออกกำลังกายด้วยความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ควรใช้เวลานานขึ้นเป็น 30-50 นาที ถ้าต้อง ออกกำลังกายด้วยระดับความหนักสูง 70-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ควรใช้เวลาเพียง 15-20 นาที ก็เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

5. การเพิ่มงาน (Rate of Progression) หมายถึง การปรับโปรแกรมการออกกำลังกายหรือการฝึกให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการออกกำลังกายหรือฝึกซ้อม หรือผลของการทดสอบสมรรถภาพ ครั้งล่าสุด ซึ่งอัตราการปรับเพิ่มงานขึ้นอยู่กับอายุ ความสามารถและเป้าหมายของแต่ละคน โดยทั่วไป จะประกอบด้วย 3 ขั้น คือ ขั้นเริ่มต้น ขั้นพัฒนา และขั้นคงสภาพ

การกำหนดและควบคุมความหนักของการฝึกซ้อม

การกำหนดความหนักเบาที่เหมาะสมของแต่ละคนไม่จำเป็นต้องเป็นความหนักเบาที่เท่ากัน ปัจจุบันตัวชี้วัดความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคมีหลายวิธีการ เช่น กำหนดจากเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) กำหนดจากเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ สำรอง (HRR) การกำหนดจากปริมาณการเผาผลาญพลังงานของกิจกรรมการออกกำลังกายแต่ละชนิด โดยกำหนดจากเปอร์เซ็นต์ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เปอร์เซ็นต์ความสามารถของการใช้ออกซิเจนสำรอง (VO_2R) และการกำหนดจากอัตราการรับรู้ความเหนื่อย (Rating Perceived Exertion: RPE) ขณะที่ออกกำลังกาย

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536, หน้า 57-59) กล่าวว่า การกำหนดความหนักของการออกกำลังกาย สามารถวัดได้ด้วยวิธีที่ง่ายที่สุดคือ วิธีนับอัตราการเต้นของหัวใจ (ใช้จับชีพจรแทน) ที่ตอบสนองต่อการออกกำลังกาย ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถแบ่งได้เป็น

1. อัตราการเต้นของหัวใจปกติขณะพัก ในผู้ใหญ่เพศชายมีค่าเฉลี่ยประมาณ 72 ครั้งต่อนาที ผู้หญิงจะเร็วกว่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าปกตินี้ยังเปลี่ยนแปลงได้มาก สมาคมโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดค่าปกติของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักไว้ อยู่ระหว่าง 50-100 ครั้งต่อนาที อย่างไรก็ตาม ไม่ได้หมายความว่าผู้ที่มีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้จะผิดปกติ ทั้งนี้ต้องพิจารณาเป็นราย ๆ ไป

2. อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย เมื่อออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นเกือบทันที และจะยังเพิ่มอยู่เช่นนี้ตลอดระยะการออกกำลังกาย การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจในระยะต้นเกิดจากกลไกทางระบบประสาทที่ส่งมาควบคุมโดยตรง เช่น กระแสประสาทที่ส่งมาตามเส้นประสาท Autonomic ในระยะต่อมาส่วนใหญ่เกิดจากกลไกทางรีเฟล็กซ์ (Reflex) ซึ่งเป็นผลผลิตของการออกกำลังกายมากระตุ้น เช่น กรดแลคติก (Lactic Acid) การขาดออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในการออกกำลังกายขนาดต่าง ๆ โดยแบ่งเป็น

2.1 การออกกำลังกายอย่างเบา อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นทันที แต่เพิ่มไม่มาก และต่อมากลับลดลงเล็กน้อย แล้วคงเพิ่มอยู่ด้วยอัตรานั้นตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย ที่เป็นเช่นนี้เกิดจากเริ่มออกกำลังกาย หัวใจต้องเตรียมพร้อมที่จะทำงานมากกว่างานที่ต้องทำจริง เมื่อออกกำลังกายไประยะหนึ่ง ร่างกายจึงปรับให้พอเหมาะกับงานที่ทำได้ เมื่อหยุดออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจค่อย ๆ เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลาเพียง 1-2 นาที เท่านั้น

2.2 การออกกำลังกายปานกลาง อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน มีอัตราประมาณ 120-140 ครั้งต่อนาที ขึ้นกับความหนักเบาของการออกกำลังกาย อัตราที่เพิ่มขึ้นนี้จะคงอยู่ด้วยอัตราค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่ออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกายจะค่อย ๆ กลับสู่สภาพปกติแต่ใช้เวลานานกว่าอย่างเบา อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการใช้พลังงานของร่างกาย ดังนั้น วิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบอัตราการใช้พลังงานของร่างกายในการออกกำลังกายได้ คือ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

2.3 การออกกำลังกายอย่างหนัก อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มสูงขึ้นโดยทันทีและจะมีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกายจะค่อย ๆ ลดลง แต่ใช้เวลามากกว่าการออกกำลังกายอย่างเบาและปานกลาง การออกกำลังกายแบบนี้ ร่างกายสามารถ ทำได้เพียงระยะสั้น เพราะเมื่อทำต่อไปจะทนไม่ไหว เกิดภาวะหัวใจล้มเหลว อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มมากขึ้นจะเพิ่มจนถึงระดับหนึ่งที่เรียกว่า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

นอกจากนี้ ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536, หน้า 165-169) ยังได้แบ่งชนิดของการออกกำลังกายตามการเกิดกรดแลคติก ได้แก่

1. การออกกำลังกายอย่างเบา เป็นการออกกำลังกายที่ความหนัก 40-49 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 2-4 มิลลิโมลต่อลิตร ภายหลังการออกกำลังกายประเภทนี้กรดแลคติกจะไม่เพิ่มขึ้นจากสภาวะพัก

2. การออกกำลังกายปานกลาง เป็นการออกกำลังกายที่ความหนัก 50-74 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 4-8 มิลลิโมลต่อลิตร กรดแลคติกจะแพร่กระจายไปในเลือดดำ เมื่อออกกำลังกายต่อไปกรดแลคติกจะลดลงสู่ระดับปกติ สามารถทำงานต่อไปได้นานหลายชั่วโมง

3. การออกกำลังกายอย่างหนัก เป็นการออกกำลังกายที่ความหนัก 75-84 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 8-12 มิลลิโมลต่อลิตร กรดแลคติกในเลือดมีความเข้มข้นมากและยังคงคั่งอยู่ตลอดระยะการทำงาน สามารถทำงานได้นานถึง 30 นาที หรือนานกว่านั้น

4. การออกกำลังกายอย่างหนักมาก เป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 12-20 มิลลิโมลต่อลิตร กรดแลคติกในเลือดมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น การออกกำลังกายชนิดนี้ไม่สามารถทำงานได้เกิน 2-3 นาที

ความหนักของการฝึกซ้อมเป็นคุณภาพของการทำงานที่นักกีฬาปฏิบัติในช่วงเวลาที่กำหนด โดยความหนักของการฝึกซ้อมจะพิจารณาบนพื้นฐานการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด ระบบประสาทและการทำงานของกล้ามเนื้อขณะฝึกซ้อมหรือแข่งขันเป็นสำคัญ ความแรงของกระแส ประสาทที่ใช้ในการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ อัตราการเต้นของหัวใจและความตึงเครียดของสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายจะเป็นตัวบ่งบอกถึงระดับความหนักของการฝึกซ้อมได้เป็นอย่างดี โดยในขณะฝึกซ้อม ผู้ฝึกสอนสามารถวัดระดับการตอบสนองของร่างกายได้จากผลของงานในแต่ละชนิดของการออกกำลังกาย การออกกำลังกายที่ต้องปฏิบัติกับแรงต้านทานสามารถวัดความหนักได้จากขนาดของแรงต้านทานหรือน้ำหนักที่สามารถยกได้ (ตารางที่ 2-1) ขณะที่การออกกำลังกายประเภทอดทน ระดับอัตราการเต้นของหัวใจจะเป็นตัวกำหนดความหนักของการฝึกซ้อม (ตารางที่ 2-2) ดังนั้น ความหนักของการฝึกซ้อมจึงมีความแตกต่างกันตามชนิดของการฝึกซ้อม (สนธยา สีละมาด, 2551, หน้า 189)

ตารางที่ 2-1 การแบ่งความหนักของการออกกำลังกายประเภทความแข็งแรง

ระดับความหนัก	เปอร์เซ็นต์ของความสมบูรณ์ทางกายสูงสุด	ความหนัก
1	30-50%	ต่ำ
2	50-70%	ต่ำกว่าปานกลาง
3	70-80%	ปานกลาง
4	80-90%	ต่ำกว่าสูงสุด
5	90-100%	สูงสุด
6	100-105%	สูงกว่าสูงสุด

ตารางที่ 2-2 ความหนักที่มีพื้นฐานอยู่บนอัตราการเต้นของหัวใจ

โซน	ชนิดของความหนัก	ครั้งต่อนาที
1	ต่ำ	120-150
2	ปานกลาง	150-170
3	สูง	170-185
4	สูงที่สุด	>185

ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ

ความหมายของการนอนหลับ

ในความหมายอย่างกว้าง ๆ การนอนหลับ หมายถึง การเอนตัวลงกับพื้นหรือที่ใด ๆ อาการที่สัตว์เอนตัวลงกับพื้นเพื่อพักผ่อนหรือยืนหลับอยู่กับที่ อาการที่พรรณไม้บางชนิด เช่น จามจุรี ผักกะเฉด ไมยราบ หลุบใบในเวลาใกล้จะสิ้นแสงตะวัน หรือลักษณะที่ตรงข้ามกับยืนหรือตั้ง เช่น แนวนอน บางครั้งการนอนหลับมีความหมายว่า อาการที่ทำให้ของสูง ๆ ทอดลงมา เช่น เอาเสานอนลง เป็นต้น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2525)

ในความหมายที่แคบลง การนอนหลับ คือ การที่ร่างกายต้องการการพักผ่อน โดยสมองจะเป็นตัวการสั่งให้หลับ เพราะการนอนหลับเป็นช่วงเวลาที่ร่างกายลดปฏิกิริยาต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเป็นวงจร นอกจากนั้น กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะคลายตัว การเต้นของหัวใจจะช้าลง ร่างกายมีการพักผ่อนอย่างเต็มที่ จึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตและสุขภาพของ

มนุษย์ สอดคล้องกับ Neri et al. (1997) ที่กล่าวว่า การนอนหลับเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการมีชีวิตอยู่รอดของมนุษย์ เช่นเดียวกับอาหาร น้ำและออกซิเจน ซึ่งร่างกายจะขาดไม่ได้ โดยเป็นความต้องการทางสรีรวิทยาขั้นพื้นฐาน

นอกจากนี้ Siegel (2003) ยังกล่าวว่า นักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถให้นิยามของการนอนหลับได้อย่างชัดเจนหรือแน่นอน อย่างไรก็ตาม การนอนหลับโดยทั่วไป หมายถึง สภาวะที่ไม่รับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมและโดยปกติจะไม่เคลื่อนที่ จะมียกเว้นในสัตว์บางชนิด เช่น ปลาโลมาและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล (Marine Mammals) จะนอนหลับพร้อม ๆ กับการว่ายน้ำ ไปมาด้วย นกบางชนิดสามารถนอนหลับในระหว่างการเดินทางอพยพข้ามถิ่นที่ใช้เวลานาน ๆ

การนอนหลับเป็นการเปลี่ยนแปลงจากการรู้สติไปเป็นการหมดสติเพียงชั่วคราวและสามารถกลับคืนสู่ปกติเมื่อตื่นขึ้น ถือว่าการนอนหลับเป็นภาวะหมดสติทางสรีรวิทยา (Physiological Unconsciousness) และพร้อมจะกลับคืนสู่การรู้สติอย่างเดิมถ้ามีการกระตุ้นที่เหมาะสม (ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับ Carskadon and Dement (2000) ที่ให้ความหมายของการนอนหลับว่า เป็นสภาวะทางพฤติกรรมซึ่งมีการหลุดพ้นของการรับรู้และไม่ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมโดยที่สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ ซึ่งคล้ายกับ ดารัสนี โพธารส (2539) ที่กล่าวว่า การนอนหลับ คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของอวัยวะต่าง ๆ ไปในทางที่ผ่อนคลาย มีระดับความรู้สึกตัวลดลง มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและการเคลื่อนไหวน้อยลงหรือไม่มีเลย โดยแสดงพฤติกรรมออกมาในลักษณะสงบนิ่งและหลับตา เป็นภาวะที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราว ถูกปลุกให้ตื่นได้โดยสิ่งเร้าที่เหมาะสม

การนอนหลับ เป็นการเปลี่ยนจากภาวะมีสติรู้สึกตัวเป็นภาวะไม่มีสติรู้สึกตัว มีพฤติกรรม ต่างจากการตื่น คือ สูญเสียการโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงจากการตื่นเป็นการนอนหลับเป็นภาวะที่เปลี่ยนกลับไปกลับมาด้วยตนเองได้ การนอนหลับจึงเป็นการเปลี่ยนจากรู้สึกตัวเป็นไม่รู้สึกตัว ต่างจากสลบหรือโคม่าที่เป็นภาวะไม่รู้สึกตัวที่เปลี่ยนกลับเองไม่ได้ (กนกวรรณ ติลกสกุลชัย, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับ Guyton and Hall (2006) ที่กล่าวว่า การนอนหมายถึง สภาพของการหมดสติ ซึ่งสามารถถูกกระตุ้นให้ตื่นโดยตัวรับรู้ความรู้สึกหรือตัวกระตุ้นอื่น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างจากภาวะ Coma ที่ไม่สามารถรับรู้ต่อตัวกระตุ้นใด ๆ

โดยสรุปแล้ว การนอนหลับ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของมนุษย์ เป็นกระบวนทางสรีรวิทยาที่มีความสลับซับซ้อน ส่วนใหญ่มักอยู่ในท่านอนราบ สงบนิ่ง หลับตา เป็นภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของร่างกาย เป็นช่วงเวลาที่มีการสูญเสียความรู้สติชั่วคราว การ

ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมลดลง อวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ผ่อนคลาย เกิดขึ้นเพียงชั่วคราว เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เหมาะสม

แหล่งที่มาของคลื่นไฟฟ้าสมอง

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) เป็นการตรวจการทำงานของสมอง โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า คลื่นไฟฟ้าสมองที่ใช้ในทางการแพทย์ส่วนมากจะทำการวัดที่หนังศีรษะ ดังนั้น เราจึงเห็นเฉพาะคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความแรงพอที่จะผ่านเยื่อหุ้มสมอง กะโหลกและหนังศีรษะได้ คลื่นไฟฟ้าสมองที่วัดได้ส่วนมากเกิดจากการรวมกันของประจุที่บริเวณ Dendrite ซึ่งก่อให้เกิดการกระตุ้น หรือการยับยั้งของเซลล์ประสาท (Excitatory and Inhibitory Postsynaptic Potentials: EPSP and IPSP) ที่อยู่ติดผิวนอกของสมอง (Cortex) และแทบจะไม่ได้เกิดจาก Action Potential ซึ่งเป็นประจุที่เกิดบริเวณ Axon เลย ทั้งนี้เนื่องจาก Action Potential ซึ่งเกิดในส่วนลึกจะเกิดไม่พร้อมกันในแต่ละเซลล์ ทำให้ขนาดของสนามไฟฟ้าที่เห็นได้ที่ผิวสมองมีขนาดเล็ก เมื่อรวมกับระยะเวลาของ Action Potential ซึ่งน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งในพันของวินาที ทำให้เราไม่สามารถตรวจวัด Action Potential ที่ผิวสมอง ตรงกันข้ามกับ EPSP และ IPSP ที่มีการกระจายของประจุกว้างในชั้นของ Dendrite ซึ่งอยู่ตื้น รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เราจึงสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงนี้ได้มากกว่า ทำให้คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจากการรวมตัวกันของประจุที่บริเวณที่ Dendrite เป็นสำคัญ

ในคลื่นไฟฟ้าสมองปกติจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นจังหวะ (Rhythmic) เช่น ในผู้ใหญ่จะมี 8-10 Hz Sinusoidal Background การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากประจุที่ Dendrite ได้รับสัญญาณจากตัวกำเนิดจังหวะที่อยู่ใน Thalamus ผ่าน Projecting Fiber เข้ามาก่อให้เกิด EPSP และ IPSP ที่ Dentrite ของเซลล์ประสาทบริเวณผิวสมอง (Cortical Neuron) เป็นบริเวณกว้าง ถ้าตัดเนื้อสมองส่วนผิว แยกจาก Thalamus จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงการทำงานทั้งที่ผิวสมองและที่ตัวกำเนิดจังหวะจะทำให้ Rhythmic Activity ลดลงและคลื่นไฟฟ้าสมองมีแนวโน้มที่จะช้าลงซึ่งเกิดใน Encephalopathy ชนิดต่าง ๆ (ทายาท ดีสุดจิต, 2549, หน้า 1-2)

วงจรการหลับตื่น

ทั้งคนและสัตว์ส่วนใหญ่จะมีวงจรการหลับตื่นในหนึ่งวัน ซึ่งเรียกว่า Circadian Ryhthm ซึ่งจะมีอยู่ตลอด ถึงแม้ว่าจะให้อยู่ในที่มืดตลอดเวลา หรืออยู่ในที่สว่างตลอดเวลาก็ตาม วงจรนี้เกิดขึ้นจากการควบคุมภายในของร่างกาย แต่สามารถปรับแต่งวงจรนี้ให้สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ จากการศึกษา พบว่า Circadian Rhythm นี้ถูกควบคุมโดยบริเวณของสมองที่ทำหน้าที่เป็นนาฬิกาในร่างกาย (Biological Clock) ซึ่งได้แก่ Suprachiasmatic Nuclei (SCN) ของ Hypothalamus ซึ่งมีการติดต่อใกล้ชิดกับจอตาทาง Retinohypothalamic Tract การใช้ไฟฟ้ากระตุ้น

SCN ของ Hypothalamus พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของ Circadian Rhythm นอกจากนี้ ยังพบว่า SCN ยังถูกควบคุมมาจากหลายทาง เช่น ทางฮอร์โมนหรือทางวิถีประสาทอื่น จึงจัด SCN เป็นศูนย์กลางประสานงานในการควบคุม Circadian Rhythm ของร่างกาย

ถึงแม้ว่า วิถีประสาทที่แสดงการติดต่อของ SCN กับสมองบริเวณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหลับตื่นยังไม่ทราบรายละเอียด แต่อาจสรุปการติดต่อของ SCN กับสมองอื่น ๆ ได้ดังนี้ คือ SCN รับข้อมูลจากจอตาทั้งทางตรงและทางอ้อมจาก SCN จะส่งเส้นประสาทส่วนใหญ่ไปยัง Anterior Hypothalamic Area และ Retrochiasmatic Area และส่งเส้นประสาทส่วนน้อยไปยัง Lateral Hypothalamic Area, Tuberal Hypothalamus, Basal Forebrain และ Midline Thalamus พบว่า มีการติดต่ออย่างกว้างขวางระหว่าง Anterior Hypothalamic Area, Retrochiasmatic Area และ Lateral Hypothalamic Area กับ Pontine และ Isthmic Reticular Formation ซึ่งรวมถึง Locus Coeruleus, Dorsal Raphe และ Laterodorsal Tegmental Nucleus และตามที่ทราบแล้วว่า Reticular Formation จะส่งกระแสประสาทไปทุกส่วนของ Cerebral Cortex อาจทางตรงหรือผ่านทาง Nonspecific Thalamic Nuclei, Lateral Hypothalamus หรือ Nucleus Basalis ดังนั้น จึงมีวิถีประสาทจำเพาะสำหรับ SCN ในการควบคุม Circadian Rhythm ของวงจรหลับตื่นผ่านทางวงจรประสาทดังกล่าวแล้ว (ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม, 2545)

ชนิดของการนอนหลับ

การนอนหลับจะเกิดเป็นลำดับ เริ่มจากอาการง่วงซึม (Drowsiness) จนถึงการนอนหลับสนิท (Deep Sleep) ซึ่งสามารถตรวจโดยการบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นขณะนอนหลับ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อตา (Electrooculogram: EOG) การแลกเปลี่ยนอากาศทางจมูกและปาก การเคลื่อนไหวของหน้าอกและหน้าท้องในขณะหายใจ การเคลื่อนไหวของร่างกาย ระดับก๊าซในเลือด ระดับฮอร์โมน อุณหภูมิของร่างกาย ความดันเลือด ความเป็นกรดด่างของหลอดอาหาร เป็นต้น ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามระยะต่าง ๆ ของการนอนหลับ โดยทั่วไปจะตรวจบันทึกเพียง 3 ตัวแปร คือ คลื่นไฟฟ้าสมอง คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อตา ซึ่งสามารถแบ่งการนอนหลับได้เป็น 2 แบบ (Carskadon & Dement, 2000) คือ

1. Non Rapid Eye Movement Sleep (NREM Sleep, Slow Wave Sleep)

เมื่อคนเรานอนหลับเราจะค่อย ๆ ผ่านจากช่วงที่เรานอนแบบเคลิ้มหลับหรือหลับแบบตื้น ๆ (Light Sleep) เข้าไปสู่ช่วงเวลาที่นอนหลับแบบลึก (Deep Sleep) NREM เป็นการนอนหลับ

แบบไม่ได้ฝัน ซึ่งนับตั้งแต่เริ่มนอนหลับไปจนถึงนอนหลับลึก ถ้าดูจาก EEG อาจแบ่งได้เป็น 4 ระยะ ด้วยกัน ดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นช่วงที่มีการนอนหลับตื้น EEG เริ่มเปลี่ยนจาก Alpha Wave เป็นคลื่นไม่สม่ำเสมอ ขนาดเล็ก และมี Vertex Wave ปรากฏด้วย คลื่นไฟฟ้าสมองมี Low Amplitude และ Fast Frequency (Desynchronized) คล้ายตอนตื่นอยู่ จัดว่าเป็นช่วงที่เปลี่ยนจากการตื่นไปสู่การนอนหลับ จะมีความรู้สึกเคลิบเคลิ้ม ระยะนี้ใช้เวลาราว 5 เปอร์เซ็นต์ ของการนอนหลับตามปกติของผู้ใหญ่

ระยะที่ 2 EEG พบ K Complexes และ Sleep Spindle (Burst of Alpha Like) เป็นช่วงเวลา 2-3 วินาที มีความถี่ของคลื่น 14-15 รอบต่อวินาที การนอนหลับในระยะนี้ถูกปลุกให้ตื่นได้ง่ายระยะนี้ ใช้เวลาราว 50 เปอร์เซ็นต์ ของการนอนหลับ

ระยะที่ 3 นอนหลับลึกลงไปอีก คลื่นสมองจะช้าลงอีกและมีขนาดใหญ่ขึ้น พบ Sleep Spindle บ้าง แต่ซ้อนทับอยู่บนคลื่นที่มีความถี่ช้า 1-2 รอบต่อวินาที ที่เรียกว่า Delta Wave

ระยะที่ 4 EEG มีแต่ Delta Wave มีความถี่ช้าและ Voltage สูง ไม่มี Sleep Spindle ระยะนี้ปลุกให้ตื่นยาก

ระยะที่ 3 และ 4 จัดว่าเป็นระยะที่มีการนอนหลับลึก สองระยะนี้อาจเรียกรวมกันว่า Slow Wave Sleep เนื่องจาก EEG ในระยะนี้จะปรากฏคลื่นความถี่ช้า (Low Frequency Waves) สองระยะนี้จะใช้เวลาราว 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของการนอนหลับ

ในการนอนหลับปกติระยะต่าง ๆ จากระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 4 จะมีช่วงเวลาสั้นยาวแตกต่างกัน ได้ในแต่ละคน และจะมีลักษณะของระยะต่าง ๆ ผันแปรต่อเนื่องกันตามลำดับ ระยะ NREM นี้จะพบว่า พฤติกรรมของการนอนหลับมีการเต้นของหัวใจ การหายใจ และการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายช้าลง กล้ามเนื้ออาจมีความตึงอยู่บ้าง แต่ไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกาย ภายหลังจากระยะที่ 4 แล้ว จะมีการสลับของคลื่นสมองกลับเป็นคลื่นที่มีขนาดเล็กลง และมีความถี่สูงขึ้นเรื่อย ๆ กับจะมีการวนกลับมาสู่ระยะที่ 1 ใหม่ แต่จะเป็นการเกิดการนอนหลับชนิดที่ 2 คือ การนอนหลับแบบฝัน

2. Rapid Eye Movement Sleep (REM Sleep, Paradoxical, Active, Dream หรือ EEG-Desynchronized Sleep) พบในระหว่างนอนหลับสนิทหลังจากระยะที่ 4 ของ NREM กล้ามเนื้อคอคลายตัวเต็มที่ (Hypotonia) เนื่องจากมีการเพิ่มการทำงานของ Reticular Inhibiting Area ใน Medulla เปิดหนังตาดูพบตากลอกไปมา คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นแบบ Rapid Low Voltage เหมือนกับ Aroused Stage EEG จะเกิดพร้อมกับกำลังฝัน และพบมีการกัดฟัน (Bruxism) ในคนที่ชอบนอน

กัดฟัน ระยะนี้ จะพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด การหายใจ และอุณหภูมิของร่างกาย เปลี่ยนแปลงไป คือ ไม่สม่ำเสมอ (Irregular) REM Sleep นี้พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิด

ในขณะที่พบ REM Sleep แล้วปลุกให้ตื่นขึ้นจะพบว่า ผู้ถูกวัดอารมณ์เสีย (Anxious และ Irritable) แต่ถ้าปล่อยให้นอนหลับต่อไปโดยไม่รบกวน เขาจะนอนหลับต่อไปโดยมี REM มากกว่าปกติไปหลายคืน (Rebound Effect) ซึ่งพบได้เช่นเดียวกันในสัตว์ แสดงว่า ความฝันมีความสำคัญสำหรับสุขภาพจิต

การศึกษาต่อมา พบว่า REM Sleep ที่สัมพันธ์กับความฝันนี้ จะเป็นช่วงที่มีการถ่ายทอดพฤติกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ไปเก็บรักษาไว้เป็นความจำในเวลาที่เรานอนหลับ นอกจากนี้ พบว่า การนอนหลับภายหลังจากมีความกดดันหรือความเครียดทางอารมณ์ จะทำให้มี REM Sleep มากขึ้น เนื่องจากการทำงานของสมองในช่วง REM Sleep นอกจากจะช่วยเก็บรักษาความจำจากประสบการณ์ ที่เกิดขึ้นในเวลาตื่น ยังช่วยให้การระบายอารมณ์เพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับภาวะกดดันทางจิตใจด้วย ขณะนอนหลับฝันระบบประสาทจะไม่ไวในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น สามารถปลุกให้ตื่นได้ยาก เพิ่มการหลั่ง Cortisol และ Testosterone ดังนั้น อาจพบมีการแข็งตัวของอวัยวะเพศด้วย

โดยปกติแล้วในการนอนหลับคืนหนึ่ง ๆ จะผ่านระยะที่ 1 และ 2 ไปอย่างรวดเร็ว เข้าระยะที่ 3 และ 4 ซึ่งอาจอยู่ได้นานประมาณ 70-100 นาที ต่อมามี REM Sleep และตามมาด้วย NREM เป็นวงจรแต่ละวงจรนานประมาณ 90-120 นาที ในการนอนหลับคืนหนึ่ง ๆ จะมีประมาณ 4-6 วงจร วงจรของ NREM Sleep และ REM Sleep จะผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันตลอดคืน โดยที่ความยาวนานของ NREM Sleep แต่ละครั้งจะสั้นลงเรื่อย ๆ ในขณะที่ความยาวนานของ REM Sleep จะยาวขึ้นเรื่อย ๆ หากแบ่งการนอนออกเป็น 3 ส่วน การนอนส่วนใหญ่ในช่วงหนึ่งในสามแรกจะเป็นแบบ Slow Wave Sleep ส่วนการนอนในช่วงหนึ่งในสามหลัง ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ REM Sleep โดยในทุกอายุจะมี REM Sleep ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงเวลานอนหลับทั้งหมด ในเด็กแรกเกิดถึง 6 เดือน จะมี REM Sleep ประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ก่อนตื่นนอนตอนเช้าจะมี REM Sleep มากกว่า Stage 3 และ 4 ในเด็กมี Stage 3 และ 4 มากกว่าในหนุ่มสาว แต่คนแก่จะมี Stage 3 และ 4 น้อยกว่าในหนุ่มสาว (ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม, 2545)

ความแตกต่างในรูปแบบการนอนหลับ

กนกวรรณ ติลกสกุลชัย (2545, หน้า 1047-1049) เขียนไว้ว่า โดยทั่วไปเวลาที่ใช้นอนหลับ จะต่างกันตามอายุในแต่ละรอบวัน เด็กทารกหลับรวม 16 ชั่วโมง เด็กเล็ก 9 ชั่วโมง ผู้ใหญ่ปกติต้องการนอนหลับเฉลี่ยวันละ 7-8 ชั่วโมง จำนวนชั่วโมงที่นอนหลับไม่ขึ้นกับวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม บุคคลประเภทนอนหลับน้อย (Short Sleeper) จะใช้เวลานอนหลับเฉลี่ยน้อยกว่า 4.4

ชั่วโมงต่อคืน และบุคคลประเภทนอนหลับมาก (Long Sleeper) จะใช้เวลานอนหลับเฉลี่ยมากกว่า 9.5 ชั่วโมงต่อคืน คือ ประมาณ 10-12 ชั่วโมงต่อคืน การศึกษาทางระบาดวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการนอนหลับกับสุขภาพของแต่ละคน พบว่า คนที่นอนหลับน้อยและนอนหลับมากกว่าปกติจะมีอัตราการตายด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ มะเร็ง โรคหลอดเลือดสมองมากกว่ากลุ่มที่นอนหลับโดยเฉลี่ย 7-8 ชั่วโมง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพและสุขภาพจิตระหว่างกลุ่มคนเหล่านี้ ปกติบุคคลที่นอนหลับน้อย จะมีสัดส่วนการนอนหลับแบบ REM และ NREM เปลี่ยนไป คือใช้เวลาในการนอนหลับระยะที่ 1 และ 2 ของช่วง NREM น้อยลง แต่ไปใช้เวลามากในช่วง REM และระยะที่ 4 ของช่วง NREM

การนอนหลับของคนแต่ละวัย รูปแบบการนอนหลับ นอกจากเปลี่ยนเป็นวงจรในแต่ละคืนแล้ว ยังเปลี่ยนตามวัย เวลาที่ใช้ในการนอนหลับในแต่ละวันของคนจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้นจนถึงวัยกลางคนและเริ่มลดลงอีกเมื่อเข้าสู่วัยชรา ที่เปลี่ยนแปลงมากคือ เวลาที่ใช้ในการนอนหลับช่วง REM และระยะที่ 4 ของ NREM

ความต้องการ REM Sleep ทางชีววิทยา พบว่า เด็กทารกในครรภ์ใช้เวลามากใน REM Sleep เด็กคลอดก่อนกำหนด 10 สัปดาห์ ใช้เวลาใน REM Sleep ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของเวลานอนหลับทั้งหมด เด็กคลอดก่อนกำหนด 2-4 สัปดาห์ ใช้เวลา 60-65 เปอร์เซ็นต์ ทารกคลอดครบกำหนดใช้เวลาใน REM Sleep 8 ชั่วโมง ของเวลานอนหลับทั้งหมด 16 ชั่วโมง โดยในเด็กแรกเกิดเริ่มนอนหลับด้วย REM Sleep พร้อมกับแขนขาที่ไม่หยุดนิ่ง อายุ 2-9 ขวบ REM Sleep ลดลงเหลือ 30-35 เปอร์เซ็นต์ อายุ 10 ขวบจนถึงอายุ 70-80 ปี เหลือแค่ 25 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้ในการนอนหลับแบบ REM ลดลงมากจาก 8 ชั่วโมง ในเด็กแรกเกิดเหลือเพียง 1.5-1.75 ชั่วโมง เมื่อหนุ่มสาว ไม่เพียงแต่ REM Sleep เท่านั้นที่ลดลง NREM ก็ลดลงเรื่อย ๆ ตั้งแต่แรกเกิดจนอายุวัยกลางคน เมื่ออายุมากกว่า 60 ปี ระยะ 4 ของ NREM มักหายไป การลดลงนี้สัมพันธ์กับการตื่นบ่อย ตามด้วยการกลับไปมีการนอนหลับวันละ 2 ครั้ง

บริเวณของสมองที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ

สมัยก่อนเชื่อว่าการนอนหลับเกิดจากการลดการทำงานของ Ascending Reticular Activating System (ARAS) แต่การศึกษาระยะ ต่อมา พบว่า การกระตุ้น Reticular Formation ของ Medulla ส่วน Dorsal ทำให้สัตว์ทดลองหลับ EEG เป็นแบบ Slow Wave Sleep ซึ่งเชื่อว่า Medulla น่าจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการนอนหลับ การศึกษาระยะหลังได้มีการค้นพบเซลล์ประสาทที่ทำให้เกิดการหลับ (Sleep Inducing Neurons) กระจายอยู่ในสมองส่วนอื่น ๆ อีก เช่น Anterior Hypothalamus, Preoptic Area และ Basal Forebrain

1. เซลล์ประสาทที่ควบคุม REM Sleep จากการศึกษาพบว่า REM Sleep ถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทในสมองระดับ Pons คือ บริเวณ Lateral ต่อ Nucleus Reticularis Pontis Oralis และ Ventral ต่อ Locus Coeruleus โดยที่เซลล์ประสาทเหล่านี้ในภาวะตื่น หรือ NREM Sleep จะถูกยับยั้งโดยเซลล์ประสาทใน Locus Coeruleus และ Necleus Raphe แต่เมื่อเกิดการทำงานของเซลล์ประสาทใน Pons ดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ต่อมา เช่น ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของตา มีการยับยั้งต่อ Motor Neuron ในไขสันหลัง ซึ่งทำให้ลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ และมี EEG เป็นแบบ Desynchronization

2. เซลล์ประสาทที่ควบคุม NREM Sleep พบว่า ในขณะที่เข้าสู่ NREM Sleep เซลล์ประสาทที่ทำให้เกิดการนอนหลับ (Sleep Inducing Neurons) ซึ่งได้แก่ Medullary Reticular Formation, Anterior Hypothalamus, Preoptic Area และ Basal Forebrain จะมีการทำงานเพิ่มมากขึ้น การศึกษาทางประสาทเภสัชวิทยาได้รายงานถึงความสำคัญของ Serotonergic Neuron ที่อยู่ที่ Nucleus Raphe ว่ามีความสำคัญที่ทำให้เกิด NREM Sleep แต่จากการบันทึกศักย์ไฟฟ้าในขณะ NREM Sleep พบว่าบริเวณนี้ทำงานลดลง แต่ถ้าทำลายสมองส่วน Nucleus Raphe จะทำให้เกิด Insomnia และการใช้สารยับยั้งการสร้าง Serotonin ก็พบ Insomnia เช่นเดียวกัน ซึ่งสรุปว่า Serotonin มีความสำคัญในการเริ่มให้นอนหลับ (Initition) แต่ไม่มีผลในการควบคุม (Maintaining) เชื่อว่าทำหน้าที่เป็นตัวปรับเปลี่ยน (Neuromodulator) การตอบสนองของเซลล์ประสาทอื่น ๆ ในระบบรับความรู้สึกหรือไปกระตุ้นสารสื่อประสาทอื่นที่มีผลทำให้เกิดการนอนหลับแบบ REM

การนอนหลับแบบ NREM ที่พบ EEG เป็นแบบ Synchronization นั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ Sleep Spindle และ Slow Wave พบว่า Sleep Spindle มีต้นกำเนิดจากเซลล์ประสาทใน Thalamus ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษเกี่ยวกับการนำผ่านของไอออนเข้าและออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดดีโพลาไรเซชันและไฮเปอร์โพลาไรเซชันสลับกันเรียกว่าเกิด Oscillation ซึ่งเชื่อว่าเป็น Pacemarker ของ Sleep Spindle Rhythm ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกิด Spindle คือ การลดการทำงานของ Ascending Cholinergic Brainstem Reticular Projection ซึ่งปกติจะทำหน้าที่ยับยั้งการเกิด Oscillation ของเซลล์ประสาทของ Thalamus

สารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพอสรุปได้ว่า การควบคุมการนอนหลับต้องอาศัยสารสื่อประสาทหลายชนิด ได้แก่ (ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม, 2545, หน้า 407; วิภาวรรณ ตั้งนิพนธ์, 2534, หน้า 68-74)

1. Serotonin มีหลายรายงานที่กล่าวถึงความสำคัญของ Serotonin ในการทำให้เกิดการนอนหลับ แต่พบว่า มีผลแตกต่างกันระหว่างคนและสัตว์ทดลอง เนื่องจาก Serotonin มีตัวรับที่มี Subtype มากมาย

2. Norepinephine พบว่า มีเซลล์ประสาทบางส่วนใน Locus Coeruleus ที่ใช้ Norepinephine เป็นสารสื่อประสาทและเกี่ยวข้องกับการนอนหลับ

3. Acetylcholine เป็นสารสื่อประสาทที่มีความสำคัญในขณะที่ร่างกายตื่นตัว และการศึกษาในสัตว์ พบว่า จะมีปริมาณสูงขึ้นใน REM Sleep ดังนั้น การทำงานของ Cholinergic System จะมีผลทั้งในขณะตื่นตัวและ REM Sleep ขึ้นกับระดับการกระตุ้น

4. สารสื่อประสาทอื่น ๆ เช่น Histamine ซึ่งพบว่า มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมการนอนหลับตื่น โดยเฉพาะ Histaminergic Pathway จาก Magnocellular Nuclei ของ Hypothalamic Mamillary Region ไปสู่ Forebrain สารสื่อประสาทอื่น ๆ ได้แก่ Adenosine, GABA, Opiate Peptides, Somatostatin และ Sleep Inducing Factor ปัจจุบันก็ได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ถึงความสำคัญของสารสื่อประสาทเหล่านี้ในการควบคุมการนอนหลับ

กลไกการเกิดการหลับตื่น

เชื่อว่าการนอนหลับเป็นผลจาก Reciprocal Interaction ของระบบของสารสื่อประสาท 3 ระบบ คือ ด้านหนึ่งเป็น Serotonin และ Norepinephine กับอีกด้านหนึ่งเป็น Acetylcholine ในระยะ REM Sleep พบว่า Cholinergic Neuron ใน Giganto-Cellular Tegmental Field เพิ่มการทำงานขึ้นมาก เนื่องจากมีการลดการทำงานของ Serotonergic Neuron จาก Nucleus Raphe และ Noradrenergic System จาก Locus Coeruleus แต่ต่อมาจะพบว่า Serotonergic และ Noradrenergic Neurons กลับเพิ่มการทำงานมากขึ้น ทำให้ยับยั้ง REM Sleep และเข้าสู่ NREM สลับกันไปมาเช่นนี้ตลอดช่วงระยะการนอนหลับ จนกระทั่ง Cholinergic Neuron ใน ARAS ทำงานมากขึ้น (จาก Circadian Control) ทำให้ยับยั้ง Reticular Thalamic Neuron และหยุดกระบวนการนอนหลับ

ในภาวะตื่นร่างกายจะมี Tonic Activity ของสมองส่วน ARAS ซึ่งกระตุ้นสมองส่วนอื่น ๆ เช่น Nonspecific Thalamic Nuclei และซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ ในขณะเดียวกันก็ยับยั้งการทำงานของ Reticular Thalamic Nuclei เมื่อระยะเวลาผ่านไปเซลล์ประสาทใน Reticular Formation จะทำงานลดลง เนื่องจากมีการควบคุมจังหวะภายในของตนเอง (Autochthonous Rhythm) ดังนั้น Reticular Thalamic Neuron จะทำงานมากขึ้น แต่เนื่องจากบริเวณนี้มีคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีลักษณะพิเศษ ทำให้มีดีโพลาไรเซชันและไฮเปอร์โพลาไรเซชันสลับกัน ทำให้เกิด EEG เป็นแบบ Sleep Spindle ซึ่งพบใน Stage 1 และ 2 ของ NREM Sleep ระยะทั้ง 2 นี้ถูกควบคุมโดย Serotonergic และ Noradrenergic Neuron ของ Nucleus Raphe และ Locus Coeruleus ซึ่งมีคุณลักษณะควบคุม

จังหวะภายในของตนเองได้เช่นเดียวกัน เมื่อลดการทำงานลง จะเกิดการปลดปล่อยกลุ่มเซลล์ประสาทใน Gigantocellular Tegmental Field ใน Pontine Reticular Formation ซึ่งกลุ่มเซลล์ประสาทเหล่านี้เป็นต้นกำเนิดของ REM Sleep ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของตาผ่านทาง Pontogeniculooccipital Cortex (PGO) และกล้ามเนื้อคลายตัว วงจร Ultradian (จังหวะที่ระยะเวลาสั้นกว่า 24 ชั่วโมง) จะเกิดสลับ ไปมาระหว่าง NREM และ REM ตลอดช่วงระยะเวลาที่นอนหลับ เนื่องจากผลของการควบคุมจังหวะ ภายในของตนเองของ Nucleus Raphe จนกระทั่ง ARAS กลับมาทำงานใหม่ เป็นการสิ้นสุดการนอนหลับ

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ระดับความรู้สึกตัวของมนุษย์ มีการควบคุมโดยเซลล์ประสาทที่กระจาย อยู่ทั่วแกนกลางของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า Reticular Formation ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์รับความรู้สึกต่าง ๆ จากสภาวะแวดล้อมและส่งกระแสประสาทไปยังสมองใหญ่ (Cerebral Cortex) กระตุ้นให้ร่างกายมีการตื่นตัวควบคุมการเคลื่อนไหวและระบบประสาทอัตโนมัติ โดยมีการติดต่อกับสมองส่วนอื่น ๆ อย่างกว้างขวาง ไม่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่าเป็นหน้าที่ของสมองส่วนหนึ่งส่วนใดที่ทำให้เกิดการนอนหลับ แต่เป็นผลจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาทส่วนต่าง ๆ ที่ซับซ้อน โดยได้รับการกระตุ้นจากสารสื่อประสาทอื่น ๆ หลายชนิด

สมมติฐานเกี่ยวกับกลไกควบคุมการนอนหลับ ได้แก่

1. ระบบ Reticular Activating System (RAS) บริเวณหน้าก้านสมอง ทำหน้าที่ควบคุมร่างกายในภาวะตื่น ทำให้สมองตื่นตัวต่อการรับรู้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ รอบตัว

2. กลุ่มเซลล์ประสาท Raphe Nuclei บริเวณตอนล่างของสมอง Pons ต่อกับ Medulla ทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาทไปสู่สมองส่วนต่าง ๆ ได้แก่ Hypothalamus, ระบบ Limbic, Cortex และไขสันหลัง โดยหลั่ง Serotonin (Serotonin, 5-Hydroxy-tryptamine) เป็นสารสื่อประสาท เชื่อว่าเป็นสารที่ยับยั้งการส่งสัญญาณไปยัง RAS มีผลให้ RAS มีการทำงานลดลง ซึ่งมีความสำคัญต่อการนอนหลับแบบ NREM และช่วยลดความวิตกกังวล สาร Serotonin จะมีการผลิตในเวลากลางวันและสะสมไว้จนถึงเวลากลางคืน จะมีระดับสูงพอที่จะหลั่งออกมาช่วยให้เกิดการนอนหลับที่ดี และร่างกายยังสามารถรับสารนี้ได้จากอาหารในรูปของกรดอะมิโน เช่น L-trytophan ถ้ามีการขัดขวางการสังเคราะห์ Serotonin หรือมีการทำลายบริเวณเซลล์ประสาท Raphe Nuclei ร่างกายจะอยู่ในภาวะที่ตื่นตัวตลอดเวลา นอนหลับยากหรือทำให้การนอนหลับระยะที่ 3 และ 4 และการนอนหลับแบบ REM เกิดน้อยลง

3. เซลล์ประสาท Locus Coeruleus เป็นเซลล์ประสาทบริเวณสมองส่วน Pons แขนงของเซลล์ประสาททอดติดต่อกับกลุ่มเซลล์อื่น ๆ ใน Reticular Formation และหลั่งสาร Norepinephine เป็นสารสื่อประสาทที่มีความสัมพันธ์กับการทำหน้าที่ทางจิตใจ (Mental Function)

ภาวะอารมณ์ (Mood) การทำงานของสมองใหญ่และสมองน้อยเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการนอนหลับแบบ REM ถ้ามีการทำลายเซลล์ประสาท Raphe และ Locus Coeruleus จะทำให้นอนหลับได้ลดลงหรือระยะต่าง ๆ ของการนอนหลับเปลี่ยนแปลงไป

4. เซลล์ประสาท Suprachiasmatic Nuclei บริเวณ Hypothalamus ภายในร่างกาย (Body Clock) ที่ควบคุมให้มีการปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของร่างกาย ให้เป็นไปและสอดคล้องกับจังหวะวงจรในรอบวัน (Circadian Rhythm) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการกระตุ้นของสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ความมืด ความสว่าง และจากเหตุการณ์ต่าง ๆ

ความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยาและการควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติในขณะนอนหลับ (สุริยาพันธุ์ สุขใจ, 2534)

1. การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติขณะนอนหลับ

การเปลี่ยนแปลงของหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติที่ปรากฏในขณะนอนหลับเป็นผลมาจากการตรวจวัดอวัยวะส่วนปลาย (End Organs) ต่าง ๆ มากกว่าที่จะตรวจวัดจากกิจกรรมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากว่าประสาท Sympathetic ค่อนข้างจะมีลักษณะบอบบาง และแม้แต่ในทางปฏิบัติก็ค่อนข้างยากที่จะทำการตรวจวัดในสัตว์ทดลองได้ เพื่อการอธิบายในสิ่งเหล่านี้ หน้าที่การทำงานรูปแบบต่าง ๆ ของประสาทอัตโนมัติที่ปรากฏระหว่างการนอนหลับจึงแสดงออกมาในรูปการศึกษาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบหายใจ รวมทั้งกลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย จากการที่ม่านตาได้รับแขนงเส้นประสาทจาก Parasympathetic และ Sympathetic นั้น ในแมวได้มีการทดลองในระหว่างการนอนหลับช่วง NREM จะพบว่า Pupilloconstriction เกิดขึ้นและระหว่างการนอนหลับช่วง REM รูม่านตาจะหดตัวด้วย ทั้งในช่วง Phasic Dilations ร่วมกับ Rapid Eye Movement จากการตัดเส้นประสาท Sympathetic นั้น จะมี Central Inhibition ของ Parasympathetic Outflow ที่ไปยังม่านตา ดังนั้น Pupilloconstriction จะยังคงอยู่ โดยเป็นผลของ Tonic Parasympathetic Drive

หัวใจถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติทั้ง 2 ระบบ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ การลดอัตราการเต้นของหัวใจจะปรากฏในช่วงการเปลี่ยนแปลงจากภาวะตื่นนอนปกติไปในช่วง NREM ทั้งนี้ส่วนใหญ่เนื่องมาจากการเพิ่ม Tone ในกิจกรรมทำงาน Parasympathetic เพราะ Sympathetic อย่างเดียวมีผลน้อยมาก การค่อย ๆ ลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง REM เป็นผลมาจากการลด Tone ของ Sympathetic Discharge การเปลี่ยน Phase ของอัตราการเต้นของหัวใจเกิดร่วมกับ Rapid Eye Movement (ซึ่งจะพบลักษณะ Short-Lasting Change) ทั้งการทำงานของ Parasympathetic และ Sympathetic ถูกควบคุมโดย Phasic Alteration จากการทำงานของประสาทก้านสมอง (Brain Stem)

รูปแบบของ Sympathetic Nerve Activity ได้รับการศึกษาวิจัยในแมวระหว่างการนอนหลับ ข้อมูลที่ได้มาจากการทำงานของไต และ Cervical Sympathetic Nerves บ่งชี้ว่ากิจกรรมต่าง ๆ นั้น ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงก็ลดลงอย่างช้า ๆ เล็กน้อยระหว่างช่วง NREM อย่างไรก็ตาม ระหว่างช่วง REM จะพบการลดลงอย่างมากของ Firing Rate ปรากฏเป็น Intermittent Phasic ร่วมกับ REM การตัด Midbrain เส้นประสาท Vagus และ Sinoaortic ในแมวจะแสดงการเพิ่มกิจกรรมการทำงานของ Sympathetic Fibers ที่ไปยังกล้ามเนื้อของขาหลังและลด Neural Activity ใน Sympathetic Fibers ที่ไปยังไต ทางเดินอาหารส่วนกระเพาะและลำไส้และอวัยวะในช่องท้องส่วนล่าง (Pelvic Viscera) และยังพบว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่ Nucleus Raphe Obscurus ทำให้เกิดรูปแบบที่คล้ายกับรูปแบบการทำงานของ Sympathetic Nerve สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า Raphe Obscurus หรือ Neural Pathway อาจจะเกี่ยวข้องกับการตอบสนองเหล่านี้

กล่าวได้ว่า แนวโน้มสำคัญของ Parasympathetic เป็นตัวกำหนดกิจกรรมหลักในระหว่างการนอนหลับ ภาระหน้าที่การทำงานของ Sympathetic Tone ที่ลดลงนั้น จะปรากฏชัดในการนอนหลับช่วง REM ทั้ง ๆ ที่มีบางส่วนเพิ่มขึ้นและปรากฏร่วมในช่วง REM

2. หน้าที่การทำงานของหัวใจและหลอดเลือดขณะนอนหลับ

กิจกรรมการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับช่วงการนอนหลับแบบ Autonomic Neural ทำให้เกิดผลกระจายไปยังระบบหัวใจและหลอดเลือด ในการนอนหลับช่วง NREM นั้น Cardiac Output ของสัตว์ทดลองค่อนข้างจะลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับภาวะตื่นปกติ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ Stroke Volume แรงดันในเลือดแดง (Arterial Pressure) ลดลง โดยเป็นผลมาจากการลดลงของ Cardiac Output และรวมกับการลดความต้านทานของหลอดเลือดรอบนอก (Peripheral Vascular Resistance) มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ผิวหนัง, Mesenteric, Iliac และของ Renal Vascular Conductance ในช่วง REM จะมีลักษณะหัวใจเต้นช้า (Bradycardia) และความดันเลือดลดลง โดยเป็นผลมาจากการลดลงอย่างเห็นได้ชัดใน Peripheral Vascular Resistance โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เนื่องมาจากการขยายตัวของเลือดของ Gastrointestinal Vascular Beds ในช่วงที่เกิด REM และ Myoclonic Twitches ความดันเลือดจะไม่คงที่ทั้งในสัตว์ทดลองและมนุษย์ เพราะว่าเป็นผลมาจาก Phasic Periods ของ Vagal Inhibition และการทำงานของ Sympathetic ทั้งสองปัจจัยนี้ทำให้เกิดการผันแปรตรงต่ออัตราการเต้นของหัวใจ และเกิดการเปลี่ยนแปลงจังหวะการทำงานในการสั่งงานของประสาท Sympathetic โดยจะทำให้เกิดการลดความต้านทานในหลอดเลือดลง

ช่วงการนอนหลับแบบ REM นั้น การเกิดการขยายตัวของหลอดเลือด ไม่ได้เป็นผลมาจากการลดกิจกรรมการทำงานของประสาท Sympathetic อย่างเดียว ตัวอย่างเช่น การเกิดการหดตัว

ของหลอดเลือดจะปรากฏใน Vascular Beds ที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อของขาหลัง แม้แต่ในช่วงที่เกิด Atonia การเกิด Vasomotor Tone นี้ ในขณะกล้ามเนื้ออ่อนแรง (Flaccid Muscles) จะทำให้ลดวงจร Reflex ที่ทำให้เกิดความดันเลือดต่ำ (Hypotension) ที่ปรากฏในระยะการนอนหลับช่วงนี้ ซึ่งกิจกรรมการทำงาน ในช่วงนี้ขึ้นกับ Spinal Reflex ที่ถูกกระตุ้นจากเส้นประสาทรับความรู้สึกจากกล้ามเนื้อ (Muscle Afferents) ในแมว Lumber Sympathetic Trunks นั้น พบว่าทำให้เกิด Tonic Vasoconstriction สามารถที่จะเปลี่ยนกลับไปเป็น Vasodilation หลังจากการทำ Dorsal Rhizotomy หรือการตัด Spinal Cord โดยเฉพาะเมื่อตัดไปทางด้านท้ายของ Sympathetic Trunk การตัดเส้นประสาทที่ Sinoaortic จะมีผลต่อวงจร Reflex โดยการเปลี่ยนแปลงของ Buffering Action ของเส้นประสาทเหล่านี้ต่อ Brain Stem Inhibitory Mechanism ที่คอยควบคุม Sympathetic Outflow

จากการทดลองทำ Decerebrate และการทำ Sinoaortic Vagotomy ในแมว พบว่ามีการเพิ่มของ Sympathetic Vasoconstriction Outflow ที่ไปยังขาหลัง อย่างไรก็ตาม พบว่า Somatic Reflex ที่พบในช่วง REM สามารถถูกทำให้เพิ่มขึ้นหรือถูกยังยั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ Midbrain Level ของการทำการตัด (Transaction) บริเวณของ CNS ที่ควบคุม Sympathetic Response เหล่านี้ยังไม่ทราบแน่ชัด

ใน REM การกระจายตัวของ Blood Flow ปรากฏใน Vascular Beds พบว่า Blood Flow ที่ไปยัง Red Muscle (Slow Twitch) ลดลง ในขณะที่ Blood Flow ที่ไปยัง White Muscle (Fast Twitch) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเลือดที่ส่งไปยัง Red Muscle ซึ่งจะคงอยู่ใน Postural Tones ควรจะลดลงในช่วง Atonic REM

การลดลงของความดันเลือดที่ปรากฏระหว่าง REM อาจมีผลถึงชีวิตถ้าไม่มี Buffering Action ของ Peripheral Reflexes การตัด Aortic และ Carotid Sinus Nerve ทำให้ความดันเลือดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการตื่นปกติ และลดลงเล็กน้อยกว่าปกติในระหว่าง NREM การตัด Sinoaortic เหนี่ยวนำให้เกิดภาวะหลอดเลือดขยายตัว (Vassodilation) มากใน Splanchnic Vascular Bed และในสัตว์ทดลองที่ถูกทำ Debuffered จะพบ Blood Pressure ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยจะเกิด Cerebral Ischemia และ Flattening EEG การตัดไม่ว่า Baroreceptor หรือ Chemoreceptor จะพบว่ามีผลอย่างมาก ทั้งนี้โดยปกติความดันเลือดต่ำขณะนอนหลับในภาวะ REM จะถูกปรับให้อยู่ในระดับปกติโดย Chemoreceptor Reflexes ขณะที่ Baroreceptor Reflexes จะถูก Depressed เอาไว้

อย่างไรก็ตาม สัตว์บางชนิด เช่น หนู (Kangaroo Rat) นั้น Baroreceptor Reflexes มีความสำคัญมากในการนอนหลับช่วง REM โดยเฉพาะต่อ Cardiovascular Phenomena สัตว์ชนิดนี้แรงดันในเลือดเลือดแดง (Arterial Pressure) จะเพิ่มขึ้นระหว่างการนอนหลับในภาวะ REM ทั้งนี้เป็นผลจาก Higher Sensitivity ของ Baroreceptor Reflex เราจะพบ Tone ที่ลดลงของความดันใน

หลอดเลือดแดงในทุกภาวะของ NREM อาจอธิบายได้บนพื้นฐานเดียวกันกับที่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ, Cardiac Output และ Peripheral Vascular Resistance เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นในแมว อัตราการเต้นของหัวใจและแรงดันเลือดแดงอาจจะไม่ลดลงมาก กล่าวได้ว่า NREM มีลักษณะเป็นช่วงที่ควบคุมหน้าที่การทำงานของหัวใจและหลอดเลือด โดยการลดอัตราการเต้นของหัวใจ และ REM มีลักษณะทำให้เกิดการผิดปกติและกดการทำงานของ Reflexes (ซึ่งอาจเป็นลักษณะเฉพาะของสัตว์แต่ละชนิด)

3. หน้าที่การทำงานของระบบหายใจขณะนอนหลับ

กลไกการหายใจมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับประสาทส่วนกลางในกลไกการนอนหลับและภาวะที่ตื่นปกติ ตัวประสาทของการหายใจบางตัวใน Pons และ Medulla Oblongata จะลดกิจกรรมลงโดยการเปลี่ยนจากภาวะตื่นปกติไปยังภาวะ NREM และจากนั้นไปเป็น REM Neurons ของการหายใจอื่น ๆ จะร่วมอยู่ในช่วง Phasic ของกิจกรรมนั้น ๆ

ผลกระทบต่อการหายใจตามการเปลี่ยนแปลงของ Neuronal Activity ขณะที่สัตว์เริ่มผ่านจากภาวะตื่นปกติเข้าสู่ Phase ของการนอนหลับ จะพบได้ใน Deactivation ของ Neurons ใน Reticular Formation จะพบร่วมกับการเกิดของ NREM และการลดลงทั้งหมดของการหายใจใน NREM ระยะที่ 4 Neural Substrate ของการกระตุ้นให้ตื่น ยังไม่ทราบแน่ชัด อย่างไรก็ตาม พบว่ามีบาง Lesion ที่ทำให้เกิด Simple Linkage กับ Reticular Activation System ระหว่าง REM นั้น การหายใจอาจพบว่า มีความผิดปกติในอัตราและความลึก ทั้งนี้ขึ้นกับรูปแบบของ Phasic Activation ที่พบ

การทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการหายใจเปลี่ยนแปลงมากในช่วงการนอนหลับที่พบกันส่วนใหญ่ คือ การเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วง REM ทั้งนี้พบในกรณี Postural และ Locomotor Musculature มีรายงานพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยใน Tonic Intercostals Activity ระหว่าง NREM และการเพิ่มขึ้นของ Phasic Contrating นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความลึกของการหายใจ ในขณะที่ร่างกายเริ่มเข้าสู่ REM ทั้งที่ Tone ของ Intercostals Muscles หายไป และ Phasic Respiratory Activity ในหลาย ๆ ส่วนของกล้ามเนื้อเหล่านี้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด หรือแม้แต่หยุดลงชั่วคราว ในช่วงระหว่าง REM นั้น Phasic Activity ของกล้ามเนื้อกระบังลมยังคงทำงานเกือบจะต่อเนื่อง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในสัตว์ทุกชนิดที่ศึกษา ขณะที่ Tonic Activity ของการทำงานของกล้ามเนื้อกระบังลมซึ่งพบในระหว่าง NREM (แต่ไม่พบในแมว) จะลดกิจกรรมลงอย่างเห็นได้ชัด

Tone ของกล้ามเนื้อในช่องการหายใจส่วนบน (Upper Airways Muscles) มีการเปลี่ยนแปลงในขณะนอนหลับ สิ่งเหล่านี้มีความสำคัญมากที่บ่งชี้ถึงการที่อาจจะเกิด Obstrucive

Apnea หลาย ๆ ครั้งระหว่างการนอนหลับ Tone ของ Tongue, Pharynx และ Larynx จะลดลงใน NREM และที่สำคัญคือจะหายไปหมดในช่วง REM และมักจะมีการเพิ่มขึ้นของความต้านทานในช่องการหายใจส่วนบนในช่วงของการนอนหลับสูงสุดที่ REM ทั้งนี้เนื่องจากมีการยุบตัวเป็นบางส่วน (Partial Collapse) ของทางเดินหายใจและการลดลงหรือหายไปของ Phasic Inspiration Activity ของกลุ่มกล้ามเนื้อเหล่านั้น

ช่วงการเปลี่ยนแปลงจากภาวะตื่นไปยัง NREM ประกอบด้วยขบวนการเกิดการหยุดการทำงานของกลไกควบคุมทางจิตใจ (Voluntary Control Mechanism) และเริ่มเข้าสู่การควบคุมของกลไกการควบคุมโดยประสาทอัตโนมัติ การหายใจระยะนี้เริ่มจาก ระยะ 3 และ 4 ของช่วง NREM ที่จุดนี้ การหายใจจะทำงานโดยกลไกการควบคุมของประสาทอัตโนมัติ การถ่ายเทอากาศเพื่อแลกเปลี่ยนออกซิเจนจะลดลง เนื่องจากการลดลงของ Metabolic Rate การทดลองต่าง ๆ เช่น การตัดเส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 การตัดเส้นประสาทไขสันหลังและการทำ Pontine Lesion ในบริเวณ Pneumotaxic Area จะไม่รบกวนรูปแบบของการหายใจ ซึ่งหมายถึงว่าการนอนหลับเปลี่ยนกลไกหลาย ๆ อย่าง รวมทั้งลดการทำงานของ Medullary Respiratory Neurons สิ่งที่ตามมา คือ การเพิ่มขึ้นของ Alveolar และ Arterial CO_2 Pressure ร่วมกับการลดลงของ Alveolar Arterial O_2 Partial Pressure การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ในการหายใจค่อนข้างจะผันแปรมาก ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการนอนหลับ ด้วยการลดการใช้พลังงานให้ต่ำสุดโดยเฉพาะช่วง NREM

ถึงแม้ว่าการทำงานของกลไกประสาทอัตโนมัติดูเหมือนจะพยายามลดกิจกรรมต่าง ๆ ลงในช่วง NREM แต่กิจกรรมทางสรีรวิทยาก็ยังคงชดเชยให้เป็นปกติ การรับรู้การเปลี่ยนแปลง CO_2 และ O_2 ค่อนข้างจะลดลง Pulmonary Inflation และ Deflation Reflexs ยังคงทำงานอยู่ระหว่างช่วง NREM มีหลักฐานจากการทดลอง รายงานว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่ Hypothalamus ของแมวบ่งชี้ว่า Hypothalamus มีอิทธิพลต่อกลไกการควบคุมการทำงานในช่วงการตื่นและ NREM แต่ไม่พบในช่วง REM การกระตุ้น Hypothalamus ทำให้ทราบความจริงเกี่ยวกับผลของ Lung Inflation หรือ Deflation-Like ในระยะ 1-2 States แรกของ NREM แต่ไม่ทราบแน่ชัดใน REM

การกระตุ้นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 จะมีผลการนอนหลับแบบ REM ทั้งที่ทราบว่า State-Related Changes จะพบไปทางด้านหน้าของ Lower Brain Stem วิธีการใช้ Hypothalamic Structure ในกลไกควบคุมประสาทอัตโนมัติของการหายใจใน NREM เพื่ออธิบายการควบคุมภาวะสมดุลในร่างกาย (Homeostatic Regulation) นั้น ยังใช้อธิบายถึงภาพรวมของความผันแปรต่าง ๆ ที่ได้รับซึ่งมีอิทธิพลต่อการหายใจในภาวะปกติด้วย การตัดส่วนของ Spinal Cord ที่ T1-T2 Afferent Denervation ของ Mild-Thoracic ที่ผนังช่องอก ตัดเส้นประสาทหรือการยังยั้งที่ Carotid และ Aortic Chemo และ Baroreceptors ช่วยอธิบาย Hypercapnia และ Hypoxia การตอบสนองของการหายใจ

ต่อ Hypercapnia จะลดลง ขณะที่ Hypoxia จะไม่เปลี่ยนแปลง Inflation Reflex จะหมดไประหว่าง REM Arousal Threshold จะเพิ่มขึ้นใน REM เมื่อเทียบกับ NREM จากเหตุผลเหล่านี้ อาจจะคาดได้ว่าการเปลี่ยนแปลงใน Chemoreceptive และ Mechanoreceptive Respiratory Reflexs ระหว่าง REM ที่แตกต่างกันขึ้นกับ Degree ของ Normal Subordination ต่อ Higher Levels ของ Integration ในสัตว์ชนิดต่าง ๆ

4. การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายขณะนอนหลับ

การเปลี่ยนแปลงในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายขณะนอนหลับ ทำให้เกิดตัวอย่างที่ชัดเจนต่อผลของ Behavioral State และ Physiological Functions รวมทั้งกิจกรรมทางประสาทอัตโนมัติ ใน NREM ทั้งอุณหภูมิที่สมองและในร่างกายจะลดลงเป็นอิสระกันกับอุณหภูมิภายนอก (Ambient Temperature) ปรากฏการณ์นี้เกิดเมื่อร่างกายอยู่ในสภาพที่สงบนิ่ง อย่างไรก็ตาม ใน REM อุณหภูมิของสมองจะเพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิของร่างกายทั่วไป จะมีผลมาจากการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ในสัตว์พวก Poikilothermic อุณหภูมิสมองจะลดลงระหว่างช่วง REM ในขณะที่อุณหภูมิของ สภาพแวดล้อมภายนอกมีบทบาทสำคัญที่จะบ่งชี้ถึงสภาพของการนอนหลับที่อุณหภูมิสูงนั้น ทั้งปริมาณและคุณภาพของการนอนหลับจะเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดทั้งในมนุษย์และสัตว์

ระหว่างการนอนหลับช่วง NREM อุณหภูมิของร่างกายจะอยู่ในระดับต่ำกว่าในภาวะตื่น เนื่องจากการลดลงของการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นรูปแบบปกติของการนอนหลับทั่วไป ทั้งนี้เป็นผลมาจาก การปรับตัวของอุณหภูมิในร่างกาย (Threshold Temperature) ของการตอบสนองต่อกลไกของการควบคุม อุณหภูมิที่ต่างกัน แต่จากงานวิจัยในหนู แมว และในมนุษย์ให้ผลว่า กลไกการควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกัน จะมีผลในระหว่างการนอนหลับช่วง NREM ปริมาณของ Thermosensitive Cells ใน Hypothalamus ที่มีผลต่อการเปลี่ยนภาวะทางพฤติกรรม (Behavioral Stage) โดยตัว Hypothalamus เองเป็นกุญแจสำคัญของโครงสร้างต่อผลกระทบที่เกิดขึ้น การเกิด Sleep-Dependent Depression ของ Metabolic Heat Production หรือการเกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยไม่ใช่จากอาการสั่น (Nonshivering Thermogenesis) เกิดร่วมกับการเพิ่มขึ้นของกลไกการควบคุมอุณหภูมิที่ตอบสนองอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น อาการสั่น (Shivering) และหายใจหอบ (Panting) ในช่วง NREM

การควบคุมอุณหภูมิจะหยุดลงระหว่างการนอนหลับช่วง REM อาการหอบจะพบได้ในบางเวลาของการนอนหลับช่วง REM เมื่อแมวอยู่ในอุณหภูมิแวดล้อมมากกว่า 30^0C เป็นเวลาหลายชั่วโมง ก่อนที่จะเข้าสู่ภาวการณ์นอนหลับช่วง REM อัตราการหอบจะมากกว่า 100 ครั้งต่อนาที ผลลัพธ์นี้อาจอธิบายได้ว่าเป็นการกระตุ้นกลไก Extrahypothalamic Thermoregulatory การหายไปของอาการหนาวสั่นใน REM ไม่ใช่เนื่องจากการเกิด Muscle Atonia พบว่า การที่เกิดขึ้นที่

Dorsolateral Pontine Tegmentum จะเป็นตัวกำจัด Skeletal Muscle Atonia และยอมให้มี Complex Behaviors ทั้งที่ยังมี REM อยู่

การลดลงของ Sympathetic Activity ใน REM เป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงการควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป การลุกตั้งชันของขนในอากาศหนาวจะหายไป การนอนเข้าในช่วง REM นั้น พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวหนังที่บริเวณหู ซึ่งตอบสนองต่อการผันแปรของอุณหภูมิภายนอก โดยขึ้นกับอัตราการไหลเวียนของเลือด ทั้งนี้แสดงถึงการสูญเสียของ Thermoregulatory Vasomotor Control ในช่วง REM ที่อุณหภูมิต่ำกว่า Thermoneutrality อุณหภูมิที่ผิวหนังลดลงเนื่องจากการต่ำลงของความดันเลือดร่วมกับ Passive Vasoconstriction ที่เป็นผลมาจากการลดลงใน Transmural Pressure ไม่พบว่ามีการตอบสนองต่อ Metabolism ต่อความหนาวเย็นที่ Hypothalamus ในหนูบางชนิด (Kangaroo Rat) และในช่วง REM การเพิ่มอุณหภูมิที่ Hypothalamus ในแมวจะไม่เหนี่ยวนำให้เกิดอาการหายใจหอบ

การศึกษา Thermosensitive Neurons ในสัตว์สองชนิด คือ แมวและหนู แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันใน Neuronal Thermosensitivity ที่เป็น State Dependent โดยการใช้ Short-lasting Thermal Stimuli ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในแมวนั้น การศึกษา Temporal Relationship ของ Hypothalamic Preoptic Neuronal Thermosensitivity เปลี่ยนแปลงรูปแบบของ EEG และ Thermoregulatory Effector Activity ของ Cold หรือ Warm Sensitive Neurons โดยการตอบสนองตรงกันข้ามกับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงใน Firing Rate ระหว่างการตื่นและ NREM ทั้งนี้ขึ้นกับทิศทางของการเปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งถูกเหนี่ยวนำด้วย Thermodes ที่วางอยู่ใน Hypothalamic Preoptic Region

ความสำคัญของการนอนหลับ

จิราพร วรแสน (2549) ได้กล่าวไว้ว่า การนอนหลับทั้งชนิด NREM และชนิด REM ก็มีความสำคัญต่อมนุษย์ โดยการนอนหลับชนิด NREM มีความสำคัญในการซ่อมแซมร่างกายเด็กให้เจริญเติบโต การออกกำลังกายอย่างเหน็ดเหนื่อย จะทำให้มีการนอนหลับชนิด NREM เกิดขึ้นมากกว่าปกติ ในการนอนหลับชนิดนี้อุณหภูมิของร่างกายจะลดต่ำกว่าปกติ เป็นการประหยัดพลังงานไม่ให้สูญเสียไป อัตราการเผาผลาญสารต่าง ๆ ในร่างกายอยู่ในอัตราต่ำที่สุด มีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในอวัยวะต่าง ๆ และมีการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และพบว่ามีฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโตจากต่อมใต้สมองหลั่งออกมามากที่สุดในการนอนระยะที่ 3 และ 4 ฮอร์โมนชนิดนี้มีความสำคัญในการกระตุ้นให้เจริญเติบโตและซ่อมแซมอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้นการนอนหลับชนิดนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในเด็กที่กำลังเจริญเติบโต นอกจากนั้น การนอนหลับ

ชนิด NREM นี้ยังช่วยสร้าง เสริมความต้านทานต่อการติดเชื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากเชื้อไวรัส โดยจะมีสารต่าง ๆ ซึ่งควบคุมภูมิต้านทานของร่างกายหลั่งออกมา

ส่วนการนอนหลับชนิด REM ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในสมองคล้ายกับภาวะตื่นตัว เซลล์สมองเริ่มทำงานโดยทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความจำ ซึ่งได้สะสมไว้ในตอนกลางวัน ทำให้มนุษย์สามารถเก็บความจำใหม่ ๆ ไว้ได้ การจัดความจำให้เข้าสู่ระบบมีความสำคัญในการทำให้เราจำได้ในระยะยาว ในตอนกลางวันขณะที่คนใช้ความคิดและความจำจะมีการใช้สารเคมีในสมอง 2 ชนิด คือ Norepinephrine และ Serotonin ซึ่งมีความสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ สารเหล่านี้จะถูกใช้ไปในเวลากลางวันขณะที่ตื่นอยู่ และเซลล์สมองจะหยุดใช้สารนี้ และมีการสร้างสาร Norepinephrine ขึ้นมาชดเชยในระยะที่มีการนอนหลับชนิด REM เพื่อที่จะเก็บไว้ใช้ในวันต่อไป ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การนอนหลับชนิด REM ไม่ได้มีหน้าที่เกี่ยวกับความฝันเพียงอย่างเดียว การนอนหลับชนิดนี้อย่างเพียงพอ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสะสมความจำ ทำให้จำไว้ได้นาน รวมทั้งจัดความจำให้เป็นระบบ ทำให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ เกิดขึ้น และมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการเตรียมจิตใจและสมองให้มีประสิทธิภาพในการทำงานอย่างดีในวันต่อมา ถ้านอนหลับไม่พอในช่วงการนอนหลับชนิด REM จะทำให้มีผลเสียต่อการเรียนรู้ การใช้ความคิด ความจำ และไม่สามารถปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ในวันต่อมา

ปัจจัยที่มีผลต่อการนอนหลับ

1. ปัจจัยทางโภชนาการที่เพิ่มคุณภาพของการนอนหลับ

สารอาหารหลาย ๆ ชนิดจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มคุณภาพของการนอนหลับ นักวิจัยเริ่มที่จะค้นคว้าเกี่ยวกับความมีประสิทธิภาพของสารอาหารต่าง ๆ (Halson, 2008) ได้แก่

1.1 Valerian หรือ Valerian Root เป็นพืชชนิดหนึ่งในตระกูล Valeriana มีดอกเป็นกลุ่มสีขาว ชมพู แดง และม่วง ถูกนำมาใช้เพื่อรักษาอาการนอนไม่หลับและอาการวิตกกังวล ซึ่งนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีผลต่อการนอนหลับ ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างมากทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา และในแถบยุโรป จากการศึกษาในปัจจุบัน พบว่า Valerian มีประสิทธิภาพสำหรับการเพิ่มคุณภาพของการนอนหลับ โดยปราศจากผลข้างเคียงต่อการใช้ และมีแนวโน้มในการลดระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับลง (Sleep Onset Latency)

1.2 Tryptophan เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายชนิดหนึ่งซึ่งได้จากสารโปรตีน เป็นสารตั้งต้นที่สมองใช้ในการสังเคราะห์ Serotonin การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเมื่ออัตราส่วนของ Free Tryptophan กับ Branched-Chain Amino Acids เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มใน Tryptophan ของสมอง ซึ่ง 5-Hydroxytophan และ Free Tryptophan จะเปลี่ยนเป็น Serotonin และเปลี่ยนกลับไปเป็น Melatonin โดยความไม่สมดุลของ Serotonin แสดงให้เห็นเกี่ยวกับการควบคุมในกระบวนการของ

การนอนหลับ และการลดลงของ Plasma Tryptophan จะทำให้เกิดการขัดขวางการนอนหลับ เพราะฉะนั้น ถ้ามีการ เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Free Tryptophan กับ Branched-Chain Amino Acids อาจจะทำให้มีการเพิ่มคุณภาพของการนอนหลับ จากผลการศึกษา พบว่า การได้รับ Tryptophan จะมีผลในการลดระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับ (Sleep Onset Latency) และเพิ่มระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับในช่วง REM Sleep (REM Sleep Onset Latency) อาหารที่มี Tryptophan สะสมอยู่ ได้แก่ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ นม ไข่ ถั่ว เนยแข็งและผักใบเขียว

1.3 อาหารที่มี Glycaemic Index (GI) สูง (High Glycaemic Index Meals) เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Serotonin โดยคาร์โบไฮเดรตที่มี Glycaemic Index สูง จะเพิ่มอัตราส่วนของ Free Tryptophan กับ Branched-Chain Amino Acids ซึ่งจะก่อให้เกิดการหลั่งของ Insulin โดยจะช่วยเพิ่ม Branched-Chain Amino Acids ไปในกล้ามเนื้อ ดังนั้น Branched-Chain Amino Acids ใน Plasma จะลดลง อัตราส่วนของ Free Tryptophan กับ Branched-Chain Amino Acids จะเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มใน Free Tryptophan และ Serotonin ในสมอง อีกทางหนึ่ง อาหารที่มี Glycaemic Index สูง อาจจะไปลด Free Fatty Acids ทำให้เกิดการหลั่งของ Insulin จากการศึกษาของ Afaghi, O'Conner and Chow (2007) ศึกษาการได้รับอาหารที่มี Glycaemic Index สูงที่ 1 และ 4 ชั่วโมง ก่อนเข้านอนและอาหารที่มี Glycaemic Index ต่ำที่ 4 ชั่วโมง ก่อนเข้านอน จากผลการศึกษา พบว่า อาหารที่มี Glycaemic Index สูง ที่ได้รับก่อนเข้านอน 4 ชั่วโมง จะทำให้ระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับสั้นลง 48.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มี Glycaemic Index ต่ำ และ 38.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการได้รับ Glycaemic Index สูง ก่อนเข้านอน 1 ชั่วโมง ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การจัดการที่ดีในเรื่องของโภชนาการจะช่วยลดระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับและการกำหนดเวลาการรับประทานอาหารก็มีความสำคัญ เพราะอัตราส่วนของ Free Tryptophan กับ Branched-Chain Amino Acids สูงสุด จะเกิดเมื่อ 2-4 ชั่วโมง หลังจากได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง

1.4 Melatonin เป็นฮอร์โมนของต่อมไพเนียล ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมของนาฬิกาชีวภาพ (Circadian Rhythms) โดย Melatonin ถูกเปลี่ยนมาจาก Serotonin และ Tryptophan โดยที่มีแสงสว่างเป็นตัวยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ดังนั้น ร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนในช่วงกลางคืน ซึ่ง Melatonin มีบทบาทในการควบคุมนาฬิกาชีวภาพ โดยมีอิทธิพลกับอุณหภูมิของร่างกาย โดยจะไปลดอุณหภูมิ ของร่างกายลงระหว่าง 0.01-0.3 องศาเซลเซียส จากผลของการค้นคว้า จะพบว่า จะใช้ Melatonin ในการรักษาอาการนอนไม่หลับ ดังเช่น การศึกษาของ Atkinson, Drust, Reilly and Waterhouse (2003) ที่พบว่า Melatonin จะลดระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับ และจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับจะเพิ่มมากขึ้น และยังมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมวงจรการนอนหลับ

และตื่น โดยเฉพาะในรายที่มีอาการเจ็บป่วยและความผิดปกติต่าง ๆ ที่ทำให้การนอนหลับผิดปกติไป นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในคนที่ต้องทำงานเป็นกะ (Shift-Workers) หรือคนที่ต้องเดินทางไปต่างประเทศ ทำให้เกิดอาการเหนื่อยล้าจากการเดินทางข้ามโซนเวลา (Jet Lag)

2. ปัจจัยทางโภชนาการที่ลดคุณภาพของการนอนหลับ ได้แก่

2.1 แอลกอฮอล์ (Alcohol) สามารถมีผลทั้งทางบวกและทางลบต่อการนอนหลับ โดยทั่ว ๆ ไป การดื่มแอลกอฮอล์ก่อนการนอนหลับ จะมีผลเสียต่อคุณภาพและจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับ เป็นเพราะการเผาผลาญที่ค่อนข้างจะรวดเร็วของแอลกอฮอล์ ผลของการดื่มแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการนอนหลับจะแตกต่างกันระหว่างในช่วงต้นและช่วงท้ายของการนอนหลับ จากการวิจัยแสดง ให้เห็นว่า ในช่วงต้นของการนอนหลับ จะทำให้ระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับลดลง ช่วงของการนอนหลับในช่วง REM Sleep ลดลงและเพิ่มการนอนหลับในช่วง NREM Sleep มากขึ้น แต่ในช่วงท้ายของการนอนหลับ จะถูกรบกวนโดยจะทำให้ต้องตื่นบ่อย เพิ่มการนอนหลับในช่วง REM Sleep มากขึ้น นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับการดื่มแอลกอฮอล์ด้วย เช่น ภาวะหัวใจเต้นเร็วผิดปกติ มีการขับเหงื่อ มีอาการปวดศีรษะ ปวดหรือความไม่สบายของกระเพาะอาหารและกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งอาจจะไปรบกวนการนอนหลับได้ ซึ่งมีผลทำให้ความสามารถลดลงและสะสมความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการถูกรบกวนการนอนหลับ

2.2 คาเฟอีน (Caffeine) เป็นสารกระตุ้นที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางได้เล็กน้อย ซึ่งสามารถพบได้ในส่วนผสมของชา กาแฟ โดยเชื่อว่า คาเฟอีนจะมีผลเสียต่อการนอนหลับ แต่ขึ้นอยู่กับ ความแตกต่างของการตอบสนองของแต่ละคน ในการศึกษาของ Bonnet and Arand (1992) ศึกษา ผลของคาเฟอีนที่มีต่อการนอนหลับ พบว่า การดื่มคาเฟอีนก่อนนอน 2 ชั่วโมง จะทำให้ระยะเวลาในการเข้าสู่การนอนหลับเพิ่มมากขึ้น การนอนหลับในช่วงที่มี Slow Wave ซึ่งเป็นช่วงที่มีการนอนหลับลึกลดน้อยลง และจำนวนชั่วโมงของการนอนหลับลดลงด้วย ซึ่งผลเหล่านี้ สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีปริมาณของคาเฟอีน 100 มิลลิกรัม หรือมากกว่านั้น

2.3 การดื่มน้ำมากเกิน (Hyper-Hydration) จากการศึกษาของ Australian Institute of Sport เพื่อสำรวจพฤติกรรมการนอนหลับของนักกีฬา พบว่า สาเหตุสำคัญที่ไปขัดขวางการนอนหลับ คือ การตื่นระหว่างการนอนหลับหลายครั้ง เพื่อที่ลุกขึ้นมาปัสสาวะ ซึ่งเหตุผลหนึ่งที่ต้องทำเช่นนี้เพื่อที่จะให้นักกีฬามีการชดเชยน้ำหลังจากที่ต้องฝึกซ้อมหรือแข่งขันในช่วงบ่ายหรือช่วงเย็น ส่งผลให้อาจมีการชดเชยที่มากเกินไป ซึ่งอาจจะสัมพันธ์กับการได้รับของเหลวที่มีโซเดียมต่ำ เช่น น้ำในปริมาณที่สูงในช่วงระหว่างช่วงพักของการฝึกซ้อมและระหว่างการนอนหลับ

ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการนอนหลับ

1. เสียงและอุณหภูมิ ขึ้นอยู่กับระยะต่าง ๆ ของภาวะการนอนหลับในระยะที่ 1 เสียงเบา ๆ ก็สามารถปลุกให้ตื่นได้ แต่ถ้าระยะที่ 2 หรือระยะ REM นอนหลับลึกขึ้น ต้องใช้เสียงดังขึ้นจึงจะปลุกตื่น ระยะที่ 4 ต้องใช้เสียงดังที่สุด ระหว่างการนอนหลับแบบ REM ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิจะทำงานน้อยลง ดังนั้น การนอนในที่ที่อุณหภูมิร้อนหรือเย็นเกินไป อาจเป็นอันตรายได้

2. แคลอรีที่ได้รับมีผลต่อการนอนหลับ ในสัตว์ที่ได้รับแคลอรีอย่างเพียงพอ จะทำให้นอนหลับได้นานกว่าและไม่ตื่นเป็นช่วง ๆ ถ้าอาหารที่รับประทาน มี Precusor ของ Serotonin เช่น L-tryptophan อยู่อาจทำให้นอนหลับได้ดีขึ้น

3. ท่านอนเริ่มต้นของการนอนหลับก็มีความสำคัญ ควรเป็นท่าที่ทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลายเต็มที่ ลดสิ่งเร้าต่อระบบประสาทรับความรู้สึกและลดความคิดหรือความวิตกกังวล

4. อายุ โดยเด็กต้องการนอนหลับมากกว่าผู้ใหญ่ ผู้สูงอายุต้องการการนอนในช่วงกลางวันเสริมจากการนอนไม่ค่อยหลับในตอนกลางคืน

5. ความอ่อนเพลีย ความเจ็บป่วยอาจส่งผลถึงระยะต่าง ๆ ของการนอนหลับ

6. ความวิตกกังวลและอารมณ์ขุ่นมัว ทำให้นอนหลับยากขึ้น

7. ยาบางชนิด เช่น ยานอนหลับและยากล่อมประสาทจะลดการนอนหลับชนิด REM แม้ว่าจะเพิ่มเวลานอนทั้งหมด ยาพวกแอมเฟตามีนและแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ลดการนอนหลับแบบ REM เช่นเดียวกัน ดังนั้น ถ้าใช้ไปนาน ๆ อาจทำให้เกิด REM Sleep Deprivation ได้ หลังจากผู้ป่วยลดการใช้ยาเหล่านี้ จะมีการนอนแบบ REM เพิ่มมากขึ้น ทำให้ฝันร้ายเกิดขึ้นได้บ่อย

ข้อปฏิบัติเพื่อการนอนหลับที่ดี

การปฏิบัติตนและการฝึกพฤติกรรมที่ส่งเสริมให้นอนหลับได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้มีสุขอนามัยของการนอนหลับที่ดี ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1. นอนหลับและตื่นให้เป็นเวลา แม้ในวันหยุดเพื่อให้เกิดความเคยชิน ห้องที่นอนควรมืดและเงียบ ไม่หนาวหรือร้อนจนเกินไป

2. ไม่ทำกิจกรรมอื่นในที่นอน ไม่ควรอ่านหนังสือหรือดูโทรทัศน์บนที่นอน ถ้านอนไม่หลับภายหลังเข้านอน 20-30 นาที ให้ลุกไปทำกิจกรรมอื่นก่อน เช่น ฟังเพลงเบา ๆ

3. ไม่นอนกลางวัน ถ้าจำเป็นไม่ควนนอนเกิน 30 นาที เพราะจะทำให้รบกวนช่วงเวลานอนในตอนกลางคืนได้

4. ไม่ควรออกกำลังกายใกล้เวลานอน เพราะจะทำให้อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น ซึ่งจะไปกระตุ้นให้สมองไม่นอนหลับ จึงควรออกกำลังกายเบา ๆ หลังจากตื่นนอนตอนเช้าอย่างน้อย 15

นาที เพื่อช่วยให้สมองและร่างกายตื่นตัว ทำให้ทำกิจวัตรประจำวันได้ดีขึ้น และอาจออกกำลังกายในตอนเย็นหลังเลิกงานเพื่อช่วยคลายความตึงเครียดจากการทำงาน

5. หลีกเลี่ยงการใช้ยานอนหลับ เพราะจะทำให้เกิดความเคยชินกับการใช้ยา

6. ควรหลีกเลี่ยงอาหารหนักในมื้อเย็น เช่น อาหารประเภทเนื้อสัตว์หรือมีโปรตีนมาก หากจำเป็นต้องทานก่อนนอน ควรเป็นนมสดหรือน้ำผลไม้

7. ไม่ควรดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือคาเฟอีนในช่วงเย็นหรือก่อนนอน ถึงแม้ว่าการดื่มแอลกอฮอล์ในจำนวนเล็กน้อยจะช่วยให้ผ่อนคลาย แต่ถ้าดื่มเป็นจำนวนมากจะไปรบกวนการนอนหลับได้ เพราะแอลกอฮอล์จะไปกระตุ้นระบบประสาท Sympathetic และการหลั่งสาร Catecholamine ทำให้มีอาการปวดศีรษะ เหงื่อออกมาก ฝันร้ายและกดการหายใจขณะนอนหลับ ส่วนคาเฟอีนจะไปกระตุ้นระบบประสาท ซึ่งฤทธิ์ของคาเฟอีนอยู่ได้นานประมาณ 8-14 ชั่วโมง คนที่มีปัญหานอนหลับยากจึงไม่ควรดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนในช่วงเย็น

ความผิดปกติของการนอนหลับ (Sleep Disturbances)

ในทางคลินิก ความแปรปรวนของการนอนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ (มานิต ศรีสุรภานนท์, 2549)

1. การนอนไม่หลับ (Insomnia) คือ การมีความยากลำบากในการเริ่ม (Initiating) หรือการคงสภาพ (Maintaining) การนอนหลับ ส่วนใหญ่แล้ว ผู้ที่นอนไม่หลับมักมีอาการอื่นร่วมด้วย โดยเฉพาะความเจ็บ อาการของความเจ็บป่วยทางกายที่มักเกิดขึ้นในช่วงกลางคืน ความวิตกกังวล (Anxiety) และการซึมเศร้า (Depression) การทราบถึงช่วงเวลาที่นอนไม่หลับจะเป็นแนวทางในการหาสาเหตุดังนี้ คือ

1.1 การนอนไม่หลับในช่วงแรก (Initial Insomnia) คือ การใช้เวลานานกว่าจะเริ่มนอนหลับ พบได้บ่อยในช่วงระยะที่มีความวิตกกังวล การกลัวผิดธรรมดาว่าจะนอนไม่หลับ (Sleeplessness Phobia) การตื่นตัวสูง (High Levels of Arousal) ความคิดซ้ำซาก (Obsessive Thoughts) และการรบกวนจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Disturbances)

1.2 การนอนไม่หลับในช่วงกลาง (Middle Insomnia) คือ การตื่นบ่อยหลังจากเริ่มนอนไปแล้ว มักมีสาเหตุมาจาก Sleep Apnea Syndromes การไอ การหายใจไม่ออก (Breathlessness) การปัสสาวะตอนกลางคืน (Nocturia), Migraine, Nocturnal Asthma, Peptic Ulcer และการชัก (Seizure)

1.3 การนอนไม่หลับในช่วงท้าย (Terminal Insomnia) คือ การตื่นนอนแต่เช้ามืดแล้วไม่สามารถนอนต่อได้ซึ่งมักสัมพันธ์กับการซึมเศร้า (Depression)

2. การนอนมากหรือการง่วงนอนตอนกลางวัน (Hypersomnia or Daytime Sleepiness) คือ การไม่สามารถตื่นอยู่ได้แม้ในขณะที่ทำกิจวัตรหรือกิจกรรมอยู่ หรือการง่วงนอนอย่างมากจนไม่สามารถตื่นอยู่ได้ในเวลาและสถานที่ ๆ ไม่เหมาะสม เช่น ขณะคุยหรือรับประทานอาหาร ขณะขับรถหรือทำงาน อาการที่อาจพบร่วมไปกับการนอนมาก คือ การกรน (Snoring) การปวดศีรษะ การหยุดหายใจ (Apnea) การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแบบทันทีทันใด (Cataplexy), Hypnagogic Hallucination และ Sleep Paralysis

3. Parasomnia คือ กลุ่มของปรากฏการณ์ทางพฤติกรรมที่เกิดขึ้นขณะนอนหลับหรือมีการเป็นมากขึ้นในขณะนอนหลับ ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นแบบทันทีทันใด (Acute) ไม่เป็นที่ต้องการ (Undesirable) และเกิดเป็นครั้งคราว (Episodic)

ภาวะง่วงนอน (Sleepiness)

ความหมายของภาวะง่วงนอน

กันตพร ยอดไชย, อารีย์วรรณ อ่วมตานี และทิพมาส ชิณวงศ์ (2550) ได้ให้ความหมายของภาวะง่วงนอนไว้ว่า เป็นความรู้สึกที่เป็นนามธรรม บุคคลรับรู้ได้ด้วยตนเองว่ามีความรู้สึกอยากนอนในขณะที่ยังตื่น บุคคลเมื่อเข้าสู่ภาวะง่วงนอน ระดับความรู้สึกตัวจะลดลง เกิดอาการง่วงซึม หาว กล้ามเนื้อเกิดการหย่อนตัว หนังตาเริ่มปิด กล้ามเนื้อเสียความตึงตัว คออ่อนพับได้ คลื่นไฟฟ้าสมองมีลักษณะคล้ายตื่น คือ ทำงานไม่พร้อมเพรียงกัน (Desynchronized) ความเข้มต่ำและความถี่สูง การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติช้าลง เกิดการสูญเสียการควบคุมตัวเอง เมื่อมีระดับภาวะง่วงนอนที่มากขึ้น อาจเกิดอาการวูบหรืองีบหลับได้ อาการดังกล่าวเป็นสัญญาณเตือนว่าบุคคลควรได้รับการพักผ่อน ภาวะง่วงนอนสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกคนที่มีการพักผ่อนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

นอกจากนี้ จันทร์จิรา ความรู้ (2548) ยังได้ให้ความหมายของภาวะง่วงนอนไว้ว่า ภาวะง่วงนอนเกิดจากกระบวนการทางร่างกาย อันได้แก่ Homeostatic-Monotonic ที่แสดงให้เห็นถึงช่วงระยะเวลาการตื่นและช่วงระยะเวลาการนอนหลับร่วมกับจังหวะชีวภาพในร่างกายที่ควบคุมช่วงเวลาการนอนหลับและการตื่น และทฤษฎีความง่วงนอนเกิดจากความโน้มเอียงการนอนหลับที่เป็นผลมาจากแรงขับดันการนอนหลับและแรงขับดันการตื่น ช่วงที่เกิดความโน้มเอียงการนอนหลับระดับความง่วงนอนจะสูงขึ้น แรงขับดันการนอนหลับจะสูงขึ้นตาม และระดับความตื่นตัวจะลดลง ทำให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้น การเกิดภาวะง่วงนอนนอกเหนือจากทฤษฎีต่าง ๆ แล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย อีกประการหนึ่ง ลักษณะของภาวะง่วงนอนที่เกิดขึ้น จะประกอบด้วยภาวะง่วงนอนที่เกิดขึ้นเป็นประจำจนเป็นลักษณะของบุคคลนั้น ๆ หรือเกิดขึ้นเป็นครั้ง

คราวจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการนอนหลับ แต่สาเหตุที่เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด คือ การขาดการนอนหลับที่เพียงพอกับร่างกายจะทำให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้นได้

โดยสรุปแล้ว ภาวะง่วงนอน เกิดจากการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ที่ทำให้ร่างกายเกิดความต้องการการนอนหลับ จึงนำไปสู่ภาวะง่วงนอนได้ โดยร่างกายจะแสดงออกทางลักษณะท่าทางต่าง ๆ เช่น การหาว ตาเริ่มปิด สัปหงกศีรษะ ความรู้สึกตัวเริ่มลดลง แต่เมื่อร่างกายได้รับการนอนหลับพักผ่อน ภาวะง่วงนอนก็จะลดลงหรือหายไป ระดับของภาวะง่วงนอน จะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับ ซึ่งจะมีความแตกต่างในแต่ละบุคคล โดยผลกระทบต่อการอดนอนจะส่งผลต่อการเพิ่มระดับภาวะง่วงนอนในระหว่างวัน

ลักษณะของภาวะง่วงนอน (Nature of Sleepiness)

1. ภาวะง่วงนอนที่เกิดจากความต้องการทางสรีรวิทยา

ภาวะง่วงนอน เป็นภาวะที่ร่างกายต้องการการนอนหลับ ซึ่งเป็นความจำเป็นพื้นฐานทางสรีรวิทยาคล้าย ๆ กับการที่ร่างกายต้องการน้ำและอาหาร เมื่อร่างกายได้รับน้ำและอาหารทดแทนเข้าไปความกระหายและความหิวก็ลดลง เช่นเดียวกัน เมื่อร่างกายขาดการนอนหลับเกิดความง่วงขึ้น ร่างกายจึงต้องการการนอนหลับพักผ่อน เมื่อเกิดการนอนหลับความง่วงก็หายไป (Cluydts, Valck, Verstraeten, & Theys, 2002; Roehrs, Carskadon, Dement & Roth, 2000) การกระตุ้นให้เกิดความง่วง นอกเหนือจากกลไกของร่างกายแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อมทางด้านสังคม ได้แก่ อาชีพการงาน ครอบครัว เพื่อนฝูง และสิ่งแวดล้อมทางด้านกายภาพ ได้แก่ แสง สี เสียง ลักษณะห้องนอนที่อาจจะกระตุ้นให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้นได้ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดขึ้นอย่างปกติ ก็จะทำให้เกิดภาวะง่วงนอนที่เป็นปกติ เมื่อเกิดการรบกวนที่มีผลกระทบต่อการนอนหลับมาก ก็จะเกิดภาวะง่วงนอนที่ผิดปกติได้ (Roehrs et al., 2000; Bliwise, 2000)

ภาวะง่วงนอนที่เกิดขึ้นจะแสดงออกให้เห็นทางพฤติกรรม เช่น การหาว ตาปรือ สัปหงก การลดภาวะง่วงนอนสามารถทำได้ด้วยการสร้างแรงจูงใจ การออกกำลังกายเพื่อให้ร่างกายตื่นตัว หรือการนอนหลับ ภาวะง่วงนอนที่เกิดเมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่มีความตื่นตัวลดลง มีลักษณะการเคลื่อนไหวน้อยหรือการอยู่กับที่เป็นเวลานาน เช่น ขับรถระยะทางไกลเป็นเวลานาน มีกิจกรรมที่น่าเบื่อ เช่น เรียนหนังสือ หรืออยู่ในห้องที่มีอากาศร้อน และหลังการรับประทานอาหารจนอิ่มมากก็กระตุ้นให้เกิดภาวะง่วงนอนได้ ซึ่งเป็นภาวะง่วงนอนที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเหตุผลที่ได้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าภาวะง่วงนอนที่เกิดขึ้นเกิดจากความต้องการการนอนหลับของร่างกายหรือไม่ (Roehrs et al., 2000)

โดยปกติภาวะง่วงนอนสามารถจะเกิดขึ้นได้ใน 3 ช่วงเวลาของวัน คือ หลังจากตื่นนอนทันที ในช่วงบ่ายหลังรับประทานอาหารกลางวัน และในช่วงกลางคืนก่อนเข้านอน (Himashree,

Banerjee, & Selvamurthy, 2002) แต่ช่วงเวลาประมาณเที่ยงคืนจะเกิดภาวะง่วงนอนสูงสุด เมื่อบุคคลตื่นและทำงานหลังช่วงเวลานี้ จะพบว่าร่างกายจะเกิดความเมื่อยล้า อ่อนเพลีย ไม่มีสมาธิ ความตั้งใจในการทำงานลดลงและความจำลดลง (Roehrs et al., 2000)

2. ภาวะง่วงนอนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมของระบบประสาท

ภาวะง่วงนอนเกิดจากการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง พบว่ามีหลากหลายแนวคิดที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดกระบวนการสร้างและส่งสัญญาณประสาทหรือสารสื่อประสาทต่าง ๆ ที่มีผลต่อภาวะง่วงนอน

ทางด้านไฟฟ้าสรีรวิทยา (Electrophysiological) พบว่า ผลจากการปฏิบัติกิจกรรมหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ส่งผลให้เกิดการขัดขวางการนอนหลับ จึงทำให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้นได้ ในการศึกษาการรบกวนการนอนหลับในสัตว์ พบว่า การนอนหลับในระยะ NREM จะพบการเคลื่อนไหวของ Ventral Hippocampal Spike เป็นปกติ คือ เพิ่มขึ้นในขณะที่ร่างกายอยู่ในภาวะตื่นตัว และจะหายไปเมื่อเกิดการนอนหลับขึ้น สามารถประเมินได้จากการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะนั้น ในมนุษย์ที่มีการรบกวนการนอนหลับหรือนอนหลับไม่เพียงพอจะเกิดการนอนหลับในช่วงสั้น ๆ ขึ้น ประเมินได้จากการเกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมอง จะมีการเกิดคลื่น Alpha และ Theta ขึ้นขณะที่ร่างกายยังตื่นอยู่ ซึ่งในวงจรการนอนหลับ เมื่อประเมินด้วยการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง จะพบคลื่นไฟฟ้าชนิดนี้ เมื่ออยู่ในการนอนหลับ NREM ระยะที่ 1 และ 2 จึงสรุปได้ว่า ภาวะง่วงนอนเกิดจากกระบวนการทางไฟฟ้าสรีรวิทยา

ข้อจำกัดในการศึกษาด้านโครงสร้างและการทำหน้าที่ทางประสาท พบว่า คุณสมบัติบางอย่างของกระบวนการทางสมองทำให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้น การขาดการนอนหลับในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อย ทำให้กระบวนการเผาผลาญของกลูโคสลดลง ซึ่งประเมินได้จากการปล่อยประจุอิเล็คตรอนใน Thalamic Basal Ganglia และสมองส่วน Limbic ลดลง การตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging: MRI) ภายหลังจากกลุ่มตัวอย่างได้รับยาคลอเฟนิรามีนเพื่อให้เกิดการนอนหลับขึ้น พบว่า เกิดการทำงานของ Frontal และ Temporal เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับยาที่ไม่มีฤทธิ์ทางยานอนหลับ (Placebo) (Roehrs et al., 2000, p. 45 citing Starbuck et al., 1998) เพราะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจับประจุอิเล็คตรอนได้ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างยังตื่นอยู่ และเกิดกระบวนการทางความคิด จึงสามารถแปลผลได้ว่า การเพิ่มการกระตุ้นของกระบวนการทางสมองเป็นผลมาจากการเพิ่มกระบวนการทางจิตใจ ทำให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้นได้ ในผู้ป่วย Paramedian Thalamic Stroke จำนวน 2 กลุ่ม ที่มีภาวะง่วงนอนอย่างรุนแรงและง่วงนอนเล็กน้อย พบว่า เมื่อตรวจด้วยเครื่อง MRI พบการเปลี่ยนแปลง คือ การมีรอยโรคที่ Dorsomedial และ Centromedial Thalamic Nuclei ทั้งสองด้านในกลุ่มที่มีอาการรุนแรงและการมี

รอยโรคที่ Dorsomedial และ Centromedial Thalamic Nuclei ข้างใดข้างหนึ่งในกลุ่มที่มีอาการเล็กน้อย แต่แนวคิดนี้ยังไม่สามารถสรุปการเกิดภาวะง่วงนอนได้อย่างชัดเจน

ทางด้านคุณสมบัติทางเคมีของสารสื่อประสาท (Neurochemistry) พบว่า ยังไม่มีผลการศึกษาที่กล่าวได้ชัดเจนว่า ภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัวเกิดขึ้นได้อย่างไร บางการศึกษาได้ศึกษาว่าคุณสมบัติทางเคมีของสารสื่อประสาท ทำให้เกิดภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัวแตกต่างกัน แต่ไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจนว่าภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัวที่เกิดขึ้นเกิดจากการทำงานของสารสื่อประสาทเฉพาะตัวหรือการทำงานร่วมกัน จึงทำให้หาข้อสรุปที่แน่นอนไม่ได้ นอกจากนั้นยังไม่มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเคมีของสารสื่อประสาทต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัวขึ้น และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า จังหวะชีวภาพมีความสัมพันธ์ต่อการนอนหลับของสิ่งมีชีวิต จึงมีข้อขัดแย้งที่ว่า การเกิดภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัวของมนุษย์มาจากกลไกการทำงานของจังหวะชีวภาพหรือการทำงานทางเคมีของสารสื่อประสาทกันแน่ ซึ่งปัจจุบันยังหาข้อสรุปไม่ได้ว่าทำให้คุณสมบัติทางเคมีของสารสื่อประสาทมีกลไกต่อการเกิดภาวะง่วงนอนได้อย่างไร

ทางด้านประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiological) ได้มีการศึกษาถึงกลไกการนอนหลับและการตื่นนอน มีความเกี่ยวพันกับ Histamine, Serotonin, Catecholamine และ Acetylcholine ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าสารสื่อประสาทดังกล่าวมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดการนอนหลับมานาน (Roehrs et al., 2000, p. 45 citing Monnier & Gaillard, 1980) มีบางงานวิจัยได้ศึกษาเฉพาะสารสื่อประสาทบางตัว เช่น Peptide และ Endocrine ว่าเป็นตัวควบคุมการนอนหลับและสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัวขึ้น

ทางด้านเภสัชวิทยา (Pharmacological) มีการศึกษาเกี่ยวกับสมมติฐานทางคุณสมบัติทางเคมีของสารสื่อประสาททำให้เกิดภาวะง่วงนอนและภาวะตื่นตัว เช่น Benzodiazepine ซึ่งเป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดภาวะง่วงนอนและช่วยให้เกิดการทำงานของ Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) ที่ตัวรับของ GABA ได้ง่ายขึ้น ดังนั้น หากเกิดการขัดขวางในการทำงานของสารสื่อประสาทก็จะมีผลต่อการเกิดภาวะง่วงนอนขึ้น หรือ Histamine ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทของระบบประสาทส่วนกลาง จะกระตุ้นให้ระบบประสาทส่วนกลางตื่นตัว ส่วน Antihistamine จะขัดขวางการทำงานของระบบ ประสาทส่วนกลางทำให้เกิดภาวะง่วงนอนได้ ยาบางชนิดก็มีผลต่อภาวะตื่นตัว เช่น แอมเฟตามีน ซึ่งออกฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งของ Catecholamine ทำให้เกิดการขัดขวางการนอนหลับ และฤทธิ์ของ Methylxanthines, Caffeine และ Theophylline ซึ่งเป็นตัวขัดขวางตัวรับของ Adenosine มีฤทธิ์ยับยั้งตัวกระตุ้นการนอนหลับจากระบบประสาทส่วนกลาง สมองจึงถูกกระตุ้นให้ตื่นตัว จึงไม่ทำให้เกิดภาวะง่วงนอนขึ้นได้

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับภาวะง่วงนอนที่ผ่านมายังมีข้อจำกัดและเหตุผลที่ขัดแย้งกันในหลายด้านทั้งในด้านภาวะง่วงนอนที่เกิดจากความต้องการทางสรีรวิทยาหรือภาวะง่วงนอนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมของระบบประสาท ยังต้องมีการศึกษาต่อไปเพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจนขึ้น

ระดับความรุนแรงของภาวะง่วงนอน

การกำหนดความรุนแรงของภาวะง่วงนอน มีหลักเกณฑ์ของ International Classification of Sleep Disorder (Thorpy, 1992) กำหนดไว้ดังนี้

1. ภาวะง่วงนอนระดับเล็กน้อย (Mild Sleepiness) เป็นภาวะที่เกิดขึ้นเฉพาะเมื่ออยู่ในขณะพักหรือเมื่อไม่มีความตั้งใจ สนใจใด ๆ โดยเฉพาะ เช่น ขณะนอนพักในที่สงบ ในระหว่างการดูโทรทัศน์ อ่านหนังสือ หรือในขณะที่เป็นผู้โดยสารในพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่ ภาวะง่วงนอนในระดับนี้อาจไม่เกิดขึ้นทุกวัน ดังนั้น จึงมีผลกระทบต่อการงานและสังคมน้อย ถ้าทดสอบด้วยวิธี Multiple Sleep Latency Test (MSLT) จะมีค่าเฉลี่ย Sleep Latency Period ระหว่าง 10-15 นาที ซึ่งพบได้ในคนปกติทั่วไป

2. ภาวะง่วงนอนระดับปานกลาง (Moderate Sleepiness) เป็นภาวะที่เกิดขึ้นเป็นประจำเมื่อการทำงานของร่างกายอยู่ในระดับต่ำ (Mild Physical Activities) แม้จะพยายามฝืนบ้างแล้ว เช่น ในระหว่างขับรถหรือชมมหรสพ เป็นต้น ภาวะง่วงนอนในระดับนี้อาจเกิดผลเสียต่อการงานและสังคม ถ้าทดสอบด้วยวิธี MSLT จะมีค่าเฉลี่ย Sleep Latency Period ระหว่าง 5-10 นาที

3. ภาวะง่วงนอนระดับรุนแรง (Severe Sleepiness) เป็นภาวะที่เกิดขึ้นเป็นประจำ เมื่อการทำงานของร่างกายอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (Mild to Moderate Physical Acitivities) แม้จะพยายามฝืนแล้ว เช่น ในระหว่างการรับประทานอาหาร ระหว่างการสนทนา ระหว่างขับรถหรือเดิน เป็นต้น ภาวะง่วงนอนในระดับนี้อาจเกิดผลเสียอย่างมากต่อการงานและสังคม ถ้าทดสอบด้วยวิธี MSLT จะมีค่าเฉลี่ย Sleep Latency Period น้อยกว่า 5 นาที

การอดนอนและผลของการอดนอน (Sleep Loss)

การนอนหลับจัดว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งในการดำรงชีวิต มนุษย์เราใช้เวลาราวหนึ่งในสามของชีวิตไปกับการนอนหลับ ความผิดปกติของการนอนหลับ เช่น การนอนไม่หลับ ก็ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของการก่อให้เกิดโรคทางกาย การเสื่อมเสียหน้าที่ในด้านการเรียนการทำงาน ปัญหาทางจิตสังคม และการมีเวลาสำหรับงานอดิเรกและการหาความสุขลดลง ในทางการแพทย์โรคของการนอนเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งเช่นกัน จากการศึกษาพบว่า ประมาณหนึ่งในสามของผู้ป่วยที่ไปพบแพทย์เวชปฏิบัติทั่วไป และประมาณ

สองในสามของผู้ป่วยที่ไปพบจิตแพทย์รู้สึกไม่พึงพอใจต่อการนอนของตน (มานิต ศรีสุรภานนท์, 2549)

ระดับของการอดนอน

จากงานวิจัยของ Hanangan (2004) ได้แบ่งระดับของภาวะอดนอนออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การอดนอนทั้งคืน (Total Sleep Loss) คือ การอดนอนติดต่อกันมากกว่า 24 ชั่วโมง และการอดนอนเฉพาะบางช่วง (Partial Sleep Loss) คือ การอดนอนเพียงบางช่วงภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งการอดนอนเฉพาะบางช่วงสามารถแบ่งออกเป็น การอดนอนระดับรุนแรง (Severe Sleep Loss) คือ การอดนอนน้อยกว่าปกติ 4-5 ชั่วโมงต่อคืน และการอดนอนระดับปานกลาง (Moderate Sleep Loss) คือ การอดนอนน้อยกว่าปกติประมาณ 2 ชั่วโมงต่อคืน ซึ่งการอดนอนระดับปานกลางเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นได้บ่อยในชีวิตประจำวัน

ผลของการอดนอน

การนอนหลับที่เหมาะสมทั้งในเรื่องของจำนวนชั่วโมง และคุณภาพของการนอนหลับมีความจำเป็นต่อความสามารถสูงสุดและภาวะตื่นตัว (Alertness) การลดการนอนหลับลงจะทำให้ความสามารถลดลงหรือไม่มีประสิทธิภาพได้ การอดนอน (Sleep Loss) จะลดระดับความสามารถของร่างกายรวมไปถึงความจำ (Memory) ภาวะตื่นตัว (Vigilance) การตัดสินใจ (Decision-Making) อารมณ์ (Mood) และเวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) การอดนอนสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งแบบทันทีทันใด (Acutely) และสะสม (Accumulate) เป็นเวลานาน จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่า การลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลง 2 ชั่วโมง จากจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับที่ต้องการตามปกติ จะมีผลต่อความสามารถและภาวะตื่นตัว ดังนั้น คนที่นอนหลับ 8 ชั่วโมง และต้องนอนเพียง 6 ชั่วโมง ในหนึ่งคืน ก็จะมีผลต่อความสามารถของร่างกาย โดยเฉพาะถ้ามีการอดนอนเป็นระยะเวลานาน ก็จะก่อให้เกิดการสะสม (Sleep Debt) ถ้าเราอดนอน 1 ชั่วโมงติดต่อกัน 7 คืน จะมีผลทำให้เกิดการสะสมเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับต้องสูญเสียการนอนไปเกือบหนึ่งคืนเต็ม ซึ่งการฟื้นสภาพ (Recovery) จากการอดนอน ร่างกายจะมีการปรับตัวโดยเพิ่มการนอนหลับลึกมากขึ้น และการชดเชยจำนวนชั่วโมงของการอดนอน 1 ชั่วโมง ไม่สามารถชดเชยได้ด้วยการนอนหลับเพิ่ม 1 ชั่วโมง จากการศึกษา พบว่า โดยเฉลี่ยทั่วไป ผู้ใหญ่จะต้องการการนอนหลับประมาณ 8-8.25 ชั่วโมงต่อคืน โดยช่วงของความต้องการการนอนหลับอยู่ที่ประมาณ 6-10 ชั่วโมง ดังนั้น มันมีความสำคัญมากที่จะต้องวางแผนและจัดการในเรื่องของการนอนหลับให้ถูกต้องและเพียงพอต่อความต้องการ (Neri et al., 1997)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การอดนอนทำให้เกิดอันตรายหรือปัญหาต่อระบบภูมิคุ้มกัน และต่อมไร้ท่อ ทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยที่ร้ายแรง เช่น โรคอ้วน (Obesity) โรคเบาหวาน

(Diabetes) และโรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) โดยที่ USA National Sleep Foundation แนะนำว่า ควรนอนคืนละ 8 ชั่วโมง จากการศึกษาระยะยาวเป็นรายบุคคลกับความแตกต่างของระยะเวลาในการนอนหลับ พบว่า การลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลงเพียง 1 ชั่วโมง จะมีความสัมพันธ์ต่ออัตราการเสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้นและมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด โดยเฉพาะในเพศชายวัยกลางคน

การอดนอนที่มีผลต่อการทำงานของร่างกาย

ผลของการอดนอนที่มีต่อการออกกำลังกายยังมีการศึกษากันน้อย และยังมีผลและความคิดเห็นที่แตกต่างกันออกไป ในหัวข้อนี้จะนำเสนอในส่วนของการอดนอนที่มีผลต่อการทำงานของร่างกายในด้านต่าง ๆ เช่น เวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรง กำลัง ความอดทนของกล้ามเนื้อ และความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ เป็นต้น

การอดนอนกับเวลาปฏิกิริยา

Buck (1975) ได้ศึกษากลุ่มตัวอย่าง โดยการทดสอบ Subject-Paced Step-Tracking Task 3 ครั้ง ทุก ๆ 4 ชั่วโมง ใน 2 สถานการณ์ คือ ให้กลุ่มตัวอย่างนอนเป็นเวลา 6.30 ชั่วโมง และให้อดนอน พบว่า เวลาปฏิกิริยาและเวลาการเคลื่อนไหวมีการเพิ่มขึ้นหลังจากการอดนอน นอกจากนี้ Philip et al. (2004) ได้ศึกษาเวลาปฏิกิริยา (Simple Reaction Time) ในคนหนุ่มสาว อายุระหว่าง 20-25 ปี และในผู้สูงอายุ อายุระหว่าง 52-63 ปี โดยให้กลุ่มตัวอย่างอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากการวิจัย พบว่า เวลาปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นหลังจากอดนอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การอดนอนกับความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

Bulbulian et al. (1996) ได้ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบ Isokinetic และอาการเมื่อยล้า ถูกวัดในอาสาสมัครที่เป็นนาวิกโยธิน ประเทศสหรัฐอเมริกา เพศชาย จำนวน 24 คน ซึ่งถูกกระตุ้นด้วยการอดนอนและแผนการทำงานที่หนักกว่าปกติ การวัดแรงสูงสุด (Peak Torque) ในท่า Knee Extension และ Flexion วัดที่ความเร็ว Isokinetic 3 ระดับ (1.57, 2.62 และ 3.66 $rad.s^{-1}$) ตามด้วยการออกแรงต้านสูงสุดต่อเนื่องกัน 45 ครั้ง ที่ 3.14 $rad.s^{-1}$ เพื่อวัดดัชนีความเมื่อยล้า (Fatigue Index) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะถูกวัดซ้ำอีกครั้งใน 2 วันต่อมา พร้อมกับให้อดนอน 30 ชั่วโมง กลุ่มที่ได้ออกกำลังกายจะเดิน 1.61 กิโลเมตรพร้อมกับถ่วงด้วยน้ำหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ต้องทำกิจกรรมใด ๆ จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ แสดงให้เห็นว่า แรงสูงสุด ในท่า Flexion ที่ 1.57 $rad.s^{-1}$ ลดลง หลังจากการอดนอน การออกกำลังกายไม่ได้มีผลต่อดัชนีความเมื่อยล้า แต่ทำให้แรงสูงสุดลดลง จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การออกกำลังกายด้วยการถ่วงน้ำหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จะลดแรงสูงสุดทั้งในท่า

Extension และ Flexion แต่มีผลต่อท่า Flexion มากกว่า และการอดนอนมีผลต่อแรงสูงสุด แต่ไม่มีผลต่อดัชนีความเมื่อยล้า

Reilly and Piercy (1994) ได้ทดสอบผลของการอดนอนเฉพาะบางช่วงที่มีต่อความสามารถในการยกน้ำหนักแบบต่ำกว่าสูงสุดและแบบสูงสุด โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นเพศชาย จำนวน 8 คน อายุระหว่าง 18-24 ปี จะถูกลดจำนวนชั่วโมงในการนอนลง 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 คืน หลังจากวัดค่าพื้นฐาน (Baseline) ในวันแรก ในขณะที่การนอนตามปกติจะจัดให้อยู่ในสภาพที่ถูกควบคุมการทดสอบจะห่างกัน 10 วัน ท่าที่ใช้ยกน้ำหนัก ประกอบด้วย Biceps Curl, Bench Press, Leg Press และ Dead Lift ผลการวิจัย พบว่า ไม่มีความแตกต่างของผลของการนอนหลับที่มีต่อความสามารถในการยกน้ำหนักสูงสุดในท่า Biceps Curl แต่มีผลในท่า Bench Press, Leg Press และ Dead Lift แต่จากการวิเคราะห์แนวโน้มของการวิจัย แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการยกน้ำหนักแบบต่ำกว่าสูงสุดทั้ง 4 ท่าลดลงทั้งหมด ซึ่งจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากการอดนอนในคืนที่ 2

การถูกรบกวนการนอนหลับ เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยของการอดนอนในคนที่ต้องเดินทาง คนที่ต้องทำงานเป็นกะ นักกีฬาที่ต้องแข่งขันในวันรุ่งขึ้นหรือในรายพ่อแม่ที่ต้องเลี้ยงลูกเล็ก ซึ่งอิทธิพลของการอดนอนเฉพาะบางช่วงที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อาจจะแตกต่างตามเวลาของการทดสอบ ดังเช่น การศึกษาของ Bambaeichi, Reilly, Cable and Giacomoni (2005) ที่ออกแบบมาเพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลของการอดนอนเฉพาะบางช่วงและช่วงเวลาของวัน ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในเพศหญิงที่มีประจำเดือนจำนวน 8 คน อายุเฉลี่ย 30 ปี การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะวัดที่เวลา 6.00 น. และ 18.00 น. หลังจากคืนที่นอนตามปกติและคืนที่ได้รับการอดนอนเฉพาะบางช่วงในระหว่างมีประจำเดือน การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยการวัดแรงสูงสุดแบบ Isokinetic และ Isometric ในท่า Knee Extension และ Flexion โดยวัดข้างที่ถนัด นอกจากนี้ การวัดแรง Isometric ในท่า Knee Extension กับการกระตุ้นไฟฟ้า การวัดอุณหภูมิทางทวารหนัก (Rectal Temperature) จะวัดในระหว่าง 30 นาที ก่อนวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การอดนอนเฉพาะบางช่วง จะให้กลุ่มตัวอย่างอดนอน 2.5 ชั่วโมง ระหว่าง 3.00-5.30 น. ในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่มีการอดนอน โดยให้เข้านอนระหว่าง 22.30-23.30 น. และตื่นเวลา 5.30 น. การทดสอบทั้งหมดจะทำในช่วงแรกของการมีประจำเดือน เพื่อป้องกันผลกระทบที่เนื่องมาจากความแตกต่างของช่วงของการมีประจำเดือน ผลการวิจัย พบว่า ในความแตกต่างของแต่ละวันของทั้ง 2 กลุ่ม ที่ทดสอบแรงสูงสุด ในท่า Knee Flexion ที่ 1.05 และ 3.14 $rad.s^{-1}$ ที่ทดสอบในเวลา 18.00 น. คือ 4.5 และ 5.9 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการทดสอบในเวลา 6.00 น. ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันที่ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออื่น ๆ และไม่มีความแตกต่างของผลของการอดนอนเฉพาะบางช่วง หรือปฏิสัมพันธ์ของผลของการอดนอนและ

ช่วงเวลาของวัน สำหรับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แสดงให้เห็นว่า การอดนอนเฉพาะบางช่วงเป็นเวลา 1 คืน ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ

นอกจากนี้ สุพจน์ ตุลารัตนพงษ์ (2533) ยังได้มีการศึกษาผลของการอดนอนระยะสั้นที่มีต่อความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อของนิสิตชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย ที่กำลังศึกษาอยู่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ปีการศึกษา 2532 จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน แต่ละกลุ่มทำการทดลอง 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ การทดลองครั้งที่ 1 ให้กลุ่มนอนในเวลากลางคืนตามปกติ 8 ชั่วโมง การทดลองครั้งที่ 2 ให้แต่ละกลุ่มเข้านอนในเวลากลางคืนตามที่กำหนด เพื่อให้ได้นอนหลับ 8, 6, 5, 4, 3 และ 2 ชั่วโมง ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน โดยใช้เครื่องวัดแรงบีบมือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยใช้เครื่องวัดแรงเหยียดขา และทำการทดสอบความอดทนของร่างกายโดยการขี่จักรยานวัดงานจนถึงจุดล้า ผลการวิจัย พบว่า การอดนอน 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง ในคืนก่อนการทดสอบนั้นไม่ทำให้ความแข็งแรงและความอดทนของร่างกายลดลง

จากการศึกษาของ Neri et al. (1997) แสดงให้เห็นว่า การลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลง 2 ชั่วโมง จากจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับที่ต้องการตามปกติ จะมีผลต่อความสามารถของร่างกาย โดยเฉพาะถ้ามีการอดนอนติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ก็จะก่อให้เกิดการอดนอนสะสม ซึ่งจากการวิจัยของ Henaghan (2004) ที่ศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลาง ที่มีต่อภาวะง่วงนอนและการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 9 คน อายุระหว่าง 30-50 ปี โดยการวิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลง 2 ชั่วโมงต่อคืน เป็นเวลา 7 คืนติดต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า หลังจากการอดนอนจะทำให้เกิดภาวะง่วงนอนมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลเสียต่อสภาวะทางอารมณ์ แต่พบว่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน ถึงอย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าความแข็งแรงสูงสุดแบบอยู่กับที่ของกล้ามเนื้อขาและแขนมีการลดลง 9 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การอดนอนกับระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ยังไม่มีความชัดเจนและแน่นอนของการศึกษาเกี่ยวกับผลของการอดนอนที่มีต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

จากการศึกษาการอดนอนตลอดทั้งคืน แสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังเช่นการทดลองของ Plyley et al. (1987) ที่ศึกษาผลของการอดนอนติดต่อกันเป็น เวลา 64 ชั่วโมง ที่มีต่อการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง เพศชาย จำนวน 12 คน ที่มีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) 55.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที การออกแบบงานวิจัยจะเป็นแบบ Cross-Over Design ซึ่งกลุ่มควบคุม ในระหว่าง

การอดนอนให้ทำกิจกรรมตามปกติ และกลุ่มที่ออกกำลังกายจะให้เดินบนลู่กล ที่ความหนัก 28 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ การใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในทุก ๆ 3 ชั่วโมง จากผลการวิจัย พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ทดสอบหลังจากการอดนอนทันที มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีค่าแตกต่างกันระหว่างกลุ่มออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม โดยที่ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าเศษส่วน ของการหายใจ และระดับกรดแลคติกในเลือด ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากการอดนอน อย่างไรก็ตาม ระดับการรับรู้ความเหนื่อยกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากการอดนอน

Chen (1991) ได้ศึกษาผลของการอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 30 ชั่วโมงที่มีต่อการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจทั้งในขณะพักและออกกำลังกาย โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง เพศชายที่มีสุขภาพดี จำนวน 15 คน ทั้งหมดจะทดสอบการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงาน โดยเพิ่มความหนักทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งหมดแรง และทดสอบความอดทนที่ความหนัก 3 ใน 4 ของอัตรางานสูงสุด โดยจะเจาะเลือดในขณะพักและระหว่างการออกกำลังกายเพื่อดูผลของการอดนอนที่มีต่อแก๊สในเลือด (Blood Gases) นอกจากนี้ยังวัดระดับ Plasma Catecholamine ขณะพัก จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ในขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจ, Plasma Catecholamine และความเป็นกรด-ด่างในเลือดลดลง ในขณะที่การระบายอากาศและปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้นเพิ่มขึ้นหลังจากการอดนอน และระหว่างการออกกำลังกาย พบว่า ความสามารถในการออกกำลังกายสูงสุดลดลงจากอาการง่วงนอนที่เป็นผลมาจากการอดนอน โดยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้นและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้นมีการลดลง รวมถึงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนหมดแรง ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 30 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ทั้งในขณะพักและในการออกกำลังกายที่ความสามารถสูงสุด

การอดนอนแสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลต่อการออกกำลังกาย จากการศึกษาของ Martin (1986) ทดสอบโดยให้กลุ่มตัวอย่างอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลที่มีต่อความสามารถในการสร้างและรักษาระดับการระบายอากาศสูงสุด (Maximal Ventilation) ซึ่งพบว่าการอดนอนจะลดการระบายอากาศสูงสุด และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านอารมณ์ นอกจากนี้การอดนอนจะส่งผลต่อความสามารถของการระบายอากาศสูงสุด ทั้งในการออกกำลังกายในระยะสั้นและระยะยาวด้วย

การอดนอนแบบฉับพลัน (Acute Loss of Sleep) จะสร้างผลกระทบทางสรีรวิทยาอย่างเห็นได้ชัดในขณะพัก อย่างไรก็ตาม จากบทความและงานวิจัยส่วนมาก แนะนำว่า การนอนหลับที่

เพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นต่อความสามารถของนักกีฬาประเภทความอดทน จากการศึกษาของ Martin (1981) โดยให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 คน ให้ออกกำลังกายอย่างหนัก หลังจากอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับคืนที่นอนตามปกติ ในระหว่างการออกกำลังกายบนลู่กลเป็นเวลา นานที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด การอดนอนจะลดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนหมดแรงลงเฉลี่ย 11 เปอร์เซ็นต์ การลดลงนี้ เกิดขึ้นทั้ง ๆ ที่มีการจูงใจโดยให้สิ่งตอบแทนเพิ่มสำหรับกลุ่มตัวอย่างในระหว่างทำงานหลังจากการอดนอน ในกลุ่มตัวอย่าง 4 คน แสดงให้เห็นว่า ความสามารถลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากอดนอน ในขณะที่อีก 4 คน แสดงให้เห็นว่า มีการลดลงของความอดทนต่อการออกกำลังกายจาก 15-40 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการออกกำลังกาย การอดนอนส่งผลในการรับรู้ความเหนื่อยเพิ่มขึ้น การระบายอากาศเพิ่มขึ้นในระหว่างการออกกำลังกาย ถึงแม้ว่า อัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการเผาผลาญพลังงานจะไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากอดนอน โดยการอดนอนจะส่งผล ต่อการเปลี่ยนแปลงในการเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ต่อเนื่องในการระบายอากาศและอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อต้องทำงานเป็นระยะเวลานาน ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ผลทางด้านจิตวิทยาของการอดนอนแบบฉับพลัน อาจจะเกี่ยวข้องกับการลดลงของความอดทนต่อการออกกำลังกายที่ความหนักสูงเป็นระยะเวลานาน

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นที่แสดงให้เห็นว่า การอดนอนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ดังเช่นการทดลองของ Horne and Pettitt (1984) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการอดนอนและการตอบสนองของร่างกายต่อการออกกำลังกาย ในสภาวะคงที่ โดยทดสอบในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 7 คน ให้อดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง และปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพื่อประเมินปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ระดับอัตราการเต้นของหัวใจที่ 150 ครั้งต่อนาที และค่าเศษส่วนของการหายใจ จากการวิจัย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในการทำงานของร่างกาย

Martin and Gaddis (1981) ได้ศึกษาอิทธิพลของการอดนอนแบบฉับพลันที่มีต่อการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 คน โดยให้ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน ทำการทดลองใน 3 วัน ประกอบด้วย ให้อดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 30 ชั่วโมง ก่อนวันที่ 2 แล้วให้นอนเต็มที่ก่อนวันที่ 3 แต่ละวันให้ออกกำลังกาย 8 นาที ที่แต่ละระดับของความหนักของการออกกำลังกาย 3 ระดับ คือ ประมาณ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในวันที่ 2 และ 3 หลังจากการอดนอนให้ออกกำลังกายที่ความหนักของงานทั้งหมด ผลการวิจัย พบว่า ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจน ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น การ

ระบายอากาศ อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันของหลอดเลือดแดง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ถึงแม้ว่า ตัวแปรทางสรีรวิทยาจะไม่เปลี่ยนแปลงต่อภาวะการอดนอน แต่อัตราการรับรู้ความเหนื่อยมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการออกกำลังกายระดับปานกลางถึงสูงในวันที่ 2 แต่กลับสู่สภาพปกติในคืนที่ 3

ถึงแม้ว่าการอดนอนทั้งคืนจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ แต่พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการลดลงของระยะเวลาตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนหมดแรง ดังเช่นการศึกษาของ Martin and Chen (1984) ได้ทดสอบว่าการนอนหลับมีความสำคัญต่อการตอบสนองของระบบประสาท Sympathetic ต่อการออกกำลังกายหรือไม่ โดยเปรียบเทียบในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 คน โดยให้เดินบนลู่กลที่อัตราคงที่ โดยให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ประมาณ 160 ครั้งต่อนาที หลังจากการนอนในคืนปกติและหลังจากการอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 50 ชั่วโมง จากผลการวิจัย พบว่า อาการง่วงนอนไม่ส่งผลต่อการตอบสนองของระบบประสาท Sympathetic หลังจาก 12 นาทีของการออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ, Plasma Norepinephine, Epinephrine และ Dopamine ไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่ม นอกจากนี้ พบว่า หลังจากการอดนอน การระบายอากาศ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความเข้มข้นของกรดแลคติกและอุณหภูมิทางทวารหนักและที่ผิวหนังไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่ม อย่างไรก็ตาม การอดนอนจะลดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนหมดแรงลงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การอดนอนไม่ส่งผลต่อการตอบสนองของระบบประสาท Sympathetic ต่อการออกกำลังกาย แม้ว่ามันจะลดความอดทนต่อการออกกำลังกายก็ตาม

จากงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมา ผู้ทดลองอาจจะทดสอบให้อดนอนติดต่อกันตั้งแต่ 30-72 ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบ แต่ในสภาพความเป็นจริงทั่วไปคงไม่อดนอนมากถึงขนาดนั้น อาจเป็นเพียงการลดจำนวนชั่วโมงลงในการนอนหลับของแต่ละคืน ดังเช่นการวิจัยของ Mougin et al. (1989) ที่ศึกษาการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาประเภทความอดทน โดยให้ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงาน ภายหลังจากคืนที่นอนตามปกติและหลังจากคืนที่อดนอนในช่วงกลางของการนอนหลับ ผลการวิจัย พบว่า หลังจากคืนที่อดนอน ปริมาณการใช้ออกซิเจนลดลงที่ระดับการออกกำลังกายสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การอดทนแบบฉับพลัน (Acute Sleep Loss) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความสามารถความอดทน โดยจะไปขัดขวางกระบวนการการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Pathway)

การอดนอนกับการทำงานแบบ Anaerobic

Mougin et al. (1996) ได้ศึกษาผลของการอดนอนเฉพาะบางช่วง ที่มีต่อการออกกำลังกายเกินกว่าระดับสูงสุด โดยประเมินจากการทดสอบด้วยการปั่นจักรยานวัดงานโดยวิธีของ Wingate 30 วินาที และการฟื้นตัวหลังจากการออกกำลังกาย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาจำนวน 8 คน ที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดี โดยจะทดสอบด้วยวิธีของ Wingate ก่อนเริ่มการทดลอง 1 สัปดาห์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของการระบายอากาศ และกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ในระหว่างและหลังสิ้นสุดการออกกำลังกาย 30 วินาที การทดลองโดยให้อดนอน จะให้กลุ่มตัวอย่าง เข้านอนช้ากว่าเดิม ช่วงเวลาประมาณ 3.00 น. และทดสอบด้วยวิธีของ Wingate ในช่วงเวลา 9.00-12.00 น. ของวันรุ่งขึ้น จากการวิจัย พบว่า การนอนตามปกติและการอดนอน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศ ความเข้มข้นของกรดแลคติก และระดับความเป็นกรดด่าง รวมถึงค่ากำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ยด้วย

นอกจากนี้ Souissi et al. (2008) ได้ทำการทดสอบผลของการอดนอนและช่วงเวลาของวัน ที่มีต่อความสามารถในการออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 คน จะวัดค่ากำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ย โดยใช้วิธีการทดสอบของ Wingate การทดสอบจะทดสอบวันละ 2 ครั้ง ที่เวลา 7.00 น. และ 18.00 น. หลังจากการนอนตามปกติ การอดนอนในช่วงต้นของการนอนหลับและการอดนอนในช่วงท้ายของการนอนหลับ อุณหภูมิของร่างกายที่วัดทางปาก จะวัดทุก ๆ 4 ชั่วโมง แต่ละการทดลองจะใช้เวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ จากการวิจัย พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการนอนหลับและช่วงเวลาของการทดสอบ ที่มีต่อค่ากำลังสูงสุดและกำลังเฉลี่ย โดยค่าเหล่านี้ มีการเพิ่มขึ้นจากการทดสอบช่วงเช้าไปยังช่วงเย็นในการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ในขณะที่การเพิ่มขึ้นนี้ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม และไม่มีความแตกต่างกันของผลของการอดนอนที่มีต่อความสามารถในการออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่เวลา 7.00 น. และ 18.00 น. ภายใต้ภาวะการอดนอนใน ช่วงต้นของการนอนหลับ ซึ่งเปรียบเทียบการนอนตามปกติ อย่างไรก็ตาม ตัวแปรความสามารถ มีค่าต่ำกว่า เมื่อทดสอบที่เวลา 18.00 น. ภายหลังจากการอดนอนในช่วงท้ายของการนอนหลับ แสดงให้เห็นว่า การอดนอน 4 ชั่วโมง ในช่วงท้ายของการนอนหลับจะไปขัดขวางการนอนหลับมากกว่าการอดนอนในช่วงต้นของการนอนหลับ

การอดนอนกับความรู้สึกที่มีต่อการออกกำลังกาย

Myles (1985) ได้ศึกษาผลการทดลอง 3 กลุ่ม เพื่อศึกษาผลของการอดนอนและความเมื่อยล้าทางกายที่มีต่ออัตราการรับรู้ความเหนื่อย สำหรับการออกกำลังกายระยะสั้น (30 วินาที) และระยะยาว (15-50 นาที) ในกลุ่มแรก กลุ่มตัวอย่าง เป็นเพศชาย จำนวน 12 คน โดยให้อดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 60 ชั่วโมง และให้ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่กล 50 นาที ทุก ๆ 3 ชั่วโมง ที่

ระดับ ความหนัก 28 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการรับรู้ความเหนื่อยจะถูกบันทึกที่ช่วงกลางของช่วงการออกกำลังกายในแต่ละครั้ง ในกลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นเพศหญิง จำนวน 12 คน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน 30 วินาที เป็นช่วง ๆ ทั้งหมด 10 ช่วง ของก่อนและหลังการอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 54 ชั่วโมง ในกลุ่มที่ 3 ศึกษาผลของความเมื่อยล้าทางกายที่มีต่ออัตราการรับรู้ความเหนื่อย กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 7 คน ให้ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน จำนวน 2 เซต ของการออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ 30 วินาที ทั้งหมด 10 ครั้ง ของก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่กล ที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจนกระทั่งหมดแรง จากผลการทดลอง พบว่า ในกลุ่มแรก อัตราการรับรู้ความเหนื่อยจะเพิ่มขึ้น ในกลุ่มที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันของการเพิ่มขึ้นของอัตราการรับรู้ความเหนื่อย ในกลุ่มที่ 3 ในระหว่างการวิ่งบนลู่กล มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการรับรู้ความเหนื่อย ซึ่งเป็นผลมาจากความเมื่อยล้า และความเมื่อยล้านี้เป็นสาเหตุการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในอัตราการรับรู้ความเหนื่อย และ Power Output สำหรับการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน ๆ หลายนาที อัตราการรับรู้ความเหนื่อยจะเพิ่มขึ้นจากการอดนอนและความเมื่อยล้าทางกาย ในขณะที่การออกกำลังกายช่วงสั้น ๆ ประมาณ 30 วินาที การอดนอนไม่มีผลกระทบและความเมื่อยล้าทางกายเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในการรับรู้ความเหนื่อยในการออกกำลังกาย

การอดนอนกับระบบต่อมไร้ท่อ

Mougin et al. (2001) ได้ทดสอบการตอบสนองทางด้านฮอร์โมนต่อการออกกำลังกายภายหลังจากการอดนอนเฉพาะบางช่วง และหลังจากการนอนหลับที่ได้รับยานอนหลับ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาประเภทความอดทนที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดี จำนวน 8 คน ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย 63.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ซึ่งมีพื้นฐานการนอนหลับที่เป็นปกติ โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายหลังจากการนอนตามปกติ หลังจากอดนอนเฉพาะบางช่วง 2 คืน โดยให้เข้านอนช้ากว่าปกติหรือให้ตื่นเร็วขึ้น และสุดท้ายให้นอน 2 คืน ตามปกติ หลังจากให้ยานอนหลับ (10 mg Zolpidem) หรือให้สารหลอก (Placebo) จากการบันทึกการนอนหลับ โดยใช้คลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่า การอดนอนเฉพาะบางช่วงทั้ง 2 คืน จะลดการนอนหลับในระยะที่ 2 และช่วงที่มีการฝัน (REM Sleep) ลง การเข้านอนช้ากว่าปกติ จะลดการนอนในระยะที่ 1 ลง โดยยา Zolpidem ไม่มีผลต่อระดับของการนอนหลับ และในช่วงบ่ายหลังจากการทดลองแต่ละครั้ง ให้ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานในระดับคงที่ ที่ความหนัก 75 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 30 นาที และให้เพิ่มความหนักเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถทำต่อได้ โดยจะมีการเจาะเลือด เพื่อวัดค่า GH, Prolactin, Cortisol, Catecholamine และกรดแลคติก ทั้งใน

ขณะพัก ระหว่างการออกกำลังกาย และหลังการฟื้นตัว จากการวิจัย พบว่า ความเข้มข้นของ GH และ Catecholamine ไม่มีผลกระทบจากการอดนอนเฉพาะบางช่วง ในขณะที่ Prolactin มีค่าสูงกว่าในระหว่างการทดลองหลังจากการตื่นนอนเร็ว Cortisol มีค่าต่ำกว่าในระหว่างการฟื้นตัว หลังจากการอดนอนเฉพาะบางช่วงทั้ง 2 คืน กรดแลคติกมีค่าสูงกว่า ในระหว่างการออกกำลังกายแบบต่ำกว่าสูงสุด ภายหลังจากการอดนอนเฉพาะบางช่วงทั้ง 2 คืน โดย Zolpidem ไม่มีผลต่อการตอบสนองทางด้านฮอร์โมนและกระบวนการ Metabolism ภายหลังการออกกำลังกาย ดังนั้น สรุปได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในการตอบสนองทางด้านฮอร์โมนต่อการออกกำลังกายภายหลังได้รับการอดนอนเฉพาะบางช่วง

การอดนอนกับการควบคุมอุณหภูมิ

Sawka, Gonzalez and Pandolf (1984) ได้ศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คนที่มีสุขภาพดี ทำการทดสอบโดยการปั่นจักรยาน เป็นเวลา 40 นาที ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม โดยการวัดอุณหภูมิทาง Esophageal (Tes) อัตราการหลั่งเหงื่อ (Local Sweat Rate: mds) และ Chest Thermal Conductance (kch) ในระหว่างการออกกำลังกาย กลุ่มที่อดนอนมี Tes เท่ากับ 0.7 กลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.5 การเพิ่มขึ้นนี้ใน Tes จากช่วงพักจนถึงสิ้นสุดการออกกำลังกายจะเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่อดนอนมากกว่ากลุ่มควบคุม อัตราการหลั่งเหงื่อทั่วร่างกาย คำนวณจาก Potter Balance กลุ่มที่อดนอน มีอัตราการหลั่งเหงื่อน้อยกว่า 27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้ง mds และ kch กลุ่มที่อดนอนมีค่าต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในระหว่างการอดนอน mds Sensitivity เท่ากับ 38 เปอร์เซ็นต์ และ kch Sensitivity เท่ากับ 42 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าในระหว่างกลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การอดนอนจะลดการระบายความร้อนออกจากร่างกายและสูญเสียความร้อนในระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลาง

ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกมากเกิน (Overtraining & Overreaching)

ความหมายและลักษณะที่ก่อให้เกิดภาวะของการฝึกมากเกิน

วันใหม่ ประพันธ์บัณฑิต (2549) ได้เขียนไว้ว่า การฝึกมากเกิน เป็นปัญหาปกติในนักกีฬามืออาชีพที่มีความทุ่มเทให้กับการฝึกฝนอย่างหนักเพื่อให้สมรรถภาพร่างกายอยู่ในระดับที่ดีมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการขาดความสมดุลกับการฟื้นตัวในระยะเวลาที่ไม่เพียงพอ รวมทั้งมีความเหนื่อยล้าทั้งทางกายและจิตใจเป็นเวลานาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดที่นักกีฬาไม่สามารถฝึกซ้อมต่อเนื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักกีฬาอาจรู้สึกถึงความจำเจและเหนื่อยล้าง่าย การฝึกมากเกินนำไปสู่ความเจ็บป่วยบ่อยและสมรรถภาพลดลง บ่อยครั้งที่นักกีฬาไม่สามารถรักษาระดับความ

หนักในการฝึกและทำได้ไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน สาเหตุเกิดจากนักกีฬาเพิ่มความหนักการฝึกเร็วเกินไป และเพิ่มความถี่ในการฝึกสูงกว่าระดับที่เหมาะสมกับสภาพร่างกายของตนเอง จึงนำไปสู่อาการของการฝึกมากเกิน ประกอบกับนักกีฬามีเวลาในการฟื้นตัวไม่เพียงพอในช่วงฤดูการฝึกซ้อมดังกล่าว การแก้ปัญหาของอาการเหล่านี้ทำได้โดยให้นักกีฬามีการพักผ่อนที่ใช้เวลาหลายสัปดาห์หรือเป็นเดือน แต่ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้นักกีฬามีสมรรถภาพกลับคืนสู่สภาพเดิม ซึ่งสอดคล้องกับ Alves, Costa, and Samulski (2006) ที่ได้รายงานไว้ว่า การฝึกมากเกิน เป็นลักษณะของการขาดความสมดุลระหว่างความเครียดที่เกิดขึ้นกับการฟื้นตัว นักกีฬาต้องพยายามทำการฝึกซ้อมอย่างหนัก เพื่อให้ระดับสมรรถภาพร่างกายอยู่ในระดับสูง ซึ่งอาจจะทำให้นักกีฬาฝึกมากจนเกินไป ลักษณะอาการของการฝึกมากเกิน จะทำให้สมรรถภาพร่างกายลดลง เกิดความเมื่อยล้าแบบเรื้อรังและมีอารมณ์แปรปรวน ถึงแม้ว่าจะไม่มีตัวบ่งชี้ว่า การฝึกมากเกินเป็นสาเหตุที่ทำให้นักกีฬาเกิดอาการบาดเจ็บหรือมีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หรือถอนตัวจากการแข่งขันกีฬาเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ Budgelt (1998) ได้อธิบายความหมายของการฝึกมากเกินว่า เป็นอาการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ และลดความสามารถของร่างกาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในระหว่างการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันกีฬาอย่างหนัก ซึ่งการฝึกมากเกินสามารถที่จะเรียกได้หลายชื่อ เช่น Chronic or Persistent Fatigue (Overfatigue), Physical Fatigue (Staleness), Emotional Exhaustion (Burnout), Excessive Use (Overuse) และ Excessive Work (Overwork) เป็นต้น

รัชนีวรรณ บูลกุล (2552) ได้อธิบายว่ามีลักษณะการฝึก 3 ประการ ที่จะกระตุ้นให้เกิดอาการของการฝึกมากเกิน ได้แก่

1. การฟื้นตัวระหว่างการฝึกแต่ละครั้งไม่เพียงพอ ซึ่งการฟื้นตัวในที่นี้ หมายถึง การลดงานหรือการฝึกให้ต่ำกว่าระดับสูงสุด เพื่อให้ยังคงเกิดความกดดันที่เหมาะสม ไม่ใช่การหยุดพักการฝึกซ้อม (Passive rest)

2. มีการฝึกด้วยความเข้มข้นหรือความหนักสูงมากเกินไปและติดต่อกัน (จากการฝึกครั้งหนึ่งไปยังอีกครั้งหนึ่ง) ซึ่งมีปริมาณและความถี่เกินกว่าจะสามารถรับได้

3. มีการเพิ่มงาน ทั้งระยะทางหรือความเข้มข้นอย่างกะทันหัน

ประเภทของภาวะการฝึกมากเกิน

เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ (2542) ได้แบ่งประเภทของภาวะการฝึกมากเกินเป็น 2 ประเภท คือ Sympathetic Overtraining และ Parasympathetic Overtraining อาการของภาวะการฝึกมากเกินที่เกิดขึ้น จะแตกต่างและแสดงออกทางการเปลี่ยนแปลงในระบบของร่างกายที่ระบบประสาทอัตโนมัตินั้น ๆ ควบคุม อาการแสดงของ Sympathetic Overtraining นั้นจะเกิดขึ้นโดยสังเกตเห็นได้

อย่างชัดเจนและมีระดับความรุนแรงของภาวะสูง มักเกิดกับนักกีฬาที่มีอายุน้อย นักกีฬาที่ต้องออกแรงในระยะเวลาอันสั้น ส่วนอาการประเภท Parasympathetic Overtraining นั้น มีระดับความรุนแรงปานกลางหรือ ไม่มีอาการแสดงเลย เพราะมีผลทำให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายทำงานช้ากว่าปกติ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจช้าลง มักเกิดกับนักกีฬาที่มีโปรแกรมการฝึกเพื่อเพิ่มความอดทน แต่ในทางปฏิบัตินักกีฬาที่เกิดภาวะการฝึกมากเกินนั้นมักเกิดอาการของทั้งสองประเภท

ภาวะการฝึกมากเกินยังสามารถแบ่งประเภทได้ตามระยะเวลา คือ การฝึกมากเกินระยะสั้น (Overreaching หรือ Short-Term Overtraining) และการฝึกมากเกินระยะยาว (Overtraining หรือ Long-Term Overtraining) ซึ่งเป็นได้ทั้งประเภท Sympathetic Overtraining และ Parasympathetic Overtraining แต่ก็มีความแตกต่างในแง่ของระยะเวลาของอาการที่เกิดและระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัว ดังเช่น Halson et al. (2002) ได้ให้คำจำกัดความของภาวะการฝึกมากเกินระยะยาวว่า เป็นการสะสม ความกดดันที่อาจเกิดจากการฝึกซ้อมหรือไม่ได้ฝึกซ้อม ส่งผลให้ความสามารถของร่างกายลดลงเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจจะสัมพันธ์หรือไม่สัมพันธ์กับอาการแสดงทางสรีรวิทยาและจิตวิทยา โดยอาการของภาวะการฝึกมากเกินระยะยาว ต้องอาศัยการฟื้นตัวหลายสัปดาห์ถึงหลายเดือน ส่วนภาวะการฝึกมากเกินระยะสั้น เป็นการสะสมความกดดันที่อาจเกิดจากการฝึกซ้อมหรือไม่ได้ฝึกซ้อม ส่งผลให้ความสามารถของร่างกายลดลงในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งอาจจะสัมพันธ์หรือไม่สัมพันธ์กับอาการแสดงทางสรีรวิทยาและจิตวิทยา โดยอาการของภาวะการฝึกมากเกินระยะสั้น ต้องอาศัยการฟื้นตัวหลายวันถึงหลายสัปดาห์ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าภาวะการฝึกมากเกินระยะสั้น จะมีระยะเวลาของอาการที่เกิดสั้นกว่า และใช้เวลาในการฟื้นตัวที่เร็วกว่า และถ้ามีการฟื้นตัวที่เหมาะสม จะทำให้ร่างกายมีการปรับตัวชดเชยมากขึ้น (Overcompensation) แต่ถ้าการฝึกซ้อม และการฟื้นตัวยังไม่สมดุลกัน ก็อาจส่งผลให้เกิดภาวะของการฝึกมากเกินระยะยาวตามมาได้ (Jeukendrup & Hesselink, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับเฉลิม ชัยวัชราภรณ์ (2542) ที่ได้เขียนไว้ว่า นักกีฬาที่มีภาวะการฝึกมากเกินในระดับเล็กน้อยและถ้ามีการพักร่างกายระยะหนึ่ง ร่างกายจะเกิดการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้าม ถ้าไม่ได้พัก ภาวะจะรุนแรงขึ้น คือ เกิดอาการอ่อนเพลียมาก ซึ่งอาการอ่อนเพลียนี้ มักเกิดกับนักกีฬาที่ฝึกเพื่อเพิ่มความอดทน ซึ่งอาการอ่อนเพลียและอาการของภาวะการฝึกมากเกินจะเกิดแตกต่างกันในนักกีฬาแต่ละคน ซึ่งขึ้นอยู่กับการเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ระบบประสาทอัตโนมัติ ระดับฮอร์โมน ระบบภูมิคุ้มกัน หรือระบบกล้ามเนื้อและกระดูก อาการที่พบ คือ นักกีฬารู้สึกเหนื่อยมากกว่าปกติ อาการล้าและหมดแรงของกล้ามเนื้อมักเป็นอาการบ่งชี้ถึงการลดต่ำลงของสมรรถภาพทางการกีฬา ถ้าไม่มีการหยุดพักจากการฝึกซ้อม

การฝึกกล้ามเนื้อโดยการใช้น้ำหนักสูง (Overloading) เพื่อเพิ่มการพัฒนาของกล้ามเนื้อหลังช่วงการฝึกนั้น แตกต่างกับการเปลี่ยนแปลงของร่างกายหลังการฝึกที่ความหนักมากเกิน ซึ่งไม่

สามารถวัดอัตราการฝึกนั้นออกมาเป็นตัวเลขได้ แต่อย่างไรก็ตาม การฝึกกล้ามเนื้อโดยใช้น้ำหนักสูงมากอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาที่นาน ก็มีผลก่อให้เกิดภาวะการฝึกมากเกินตามมาได้เช่นกัน

รูปแบบของการศึกษาภาวะของการฝึกมากเกิน

โดยทั่วไป จะมีรูปแบบของการศึกษาภาวะของการฝึกมากเกินอยู่ 2 รูปแบบ (Mackinnon & Hooper, 2000) ได้แก่

1. การศึกษาภาวะของการฝึกมากเกินระยะยาว ซึ่งการศึกษาในรูปแบบนี้ต้องใช้เวลาในการติดตามการฝึกซ้อม โดยปกติประมาณ 3-8 เดือน การทดสอบสมรรถภาพด้านต่าง ๆ รวมถึงตัวแปรอื่น ๆ ทางสรีรวิทยาและจิตวิทยา จะถูกสุ่มทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ในช่วงที่มีการฝึกซ้อมด้วยความหนักต่ำและความหนักสูง ตัวแปรเหล่านี้ จะถูกนำมาเปรียบเทียบตลอดฤดูการฝึกซ้อมในนักกีฬาคนเดิม หรืออาจจะเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาที่แสดงอาการและไม่แสดงอาการของภาวะการฝึกมากเกิน เนื่องจากรูปแบบของการศึกษานี้ ต้องใช้ข้อมูลการตอบสนองในระหว่างที่มีการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลานาน ทั้งในการฝึกซ้อมตามปกติหรือมีการแข่งขัน มันจึงเป็นไปได้ยากที่จะควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เช่น ระดับความเครียด การแข่งขัน การเดินทาง การรับประทานอาหาร และการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมการฝึกซ้อม นอกจากนี้ นักกีฬาอาจเกิดภาวะเจ็บป่วยหรือได้รับบาดเจ็บระหว่างที่ทำการฝึกซ้อม ทำให้ต้องลดหรือหยุดการฝึกซ้อมก่อนที่จะแสดงอาการของภาวะการฝึกมากเกินออกมา

2. การศึกษาภาวะของการฝึกมากเกินระยะสั้น ซึ่งการศึกษาในรูปแบบนี้จะมีการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกันในช่วงเวลาที่จำกัด โดยปกติจะใช้เวลาประมาณ 1-4 สัปดาห์ เนื่องจากเวลา 4 สัปดาห์เป็นเวลาสูงสุดที่นักกีฬาสามารถที่จะปรับสภาพรับกับการเพิ่มความหนักที่สูงในการฝึกซ้อมได้ เนื่องจากเวลาที่สั้น นักกีฬาจึงไม่แสดงอาการของภาวะการฝึกมากเกินระยะยาวได้ ในการศึกษารูปแบบนี้ จากการทบทวนงานวิจัยในปัจจุบัน จึงสามารถจำแนกเป็นรูปแบบของการฝึกมากเกินระยะสั้น หรือที่เรียกว่า Overreaching การทดสอบสมรรถภาพด้านต่าง ๆ รวมถึงตัวแปรอื่น ๆ จะถูกนำมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูง หรืออาจจะเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาที่ฝึกด้วยความหนักสูงกับนักกีฬาที่ฝึกซ้อมตามรูปแบบปกติ ถึงแม้ว่า การศึกษาในรูปแบบนี้จะสามารถควบคุมในเรื่องของปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมได้ แต่ก็อาจจะมีบางคนที่สามารถจะปรับตัวต่อการตอบสนองต่อการเพิ่มความหนักได้ นอกจากนั้น การเพิ่มความหนักและปริมาณการฝึกซ้อมที่ถูกนำมาใช้ เช่น การเพิ่มปริมาณการฝึกซ้อมอีกเท่าตัว ก็ไม่ได้สะท้อนถึงกฎของการฝึกซ้อมในรูปแบบปกติ ที่ต้องมีการเพิ่มปริมาณหรือความหนักแบบค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งการศึกษารูปแบบนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Halson et al.

(2002) ที่พบว่า ภาวะของการฝึกมากเกินระยะสั้นจะเกิดขึ้นได้ เมื่อได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกันเป็นเวลา 7 วัน และมีการจำกัดการฟื้นสภาพร่วมด้วย

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างมีการฝึกมากเกิน

1. การเปลี่ยนแปลงทางด้านความสามารถทางกีฬา

การลดลงของความสามารถทางกีฬาจัดเป็นตัวชี้วัดที่เห็นได้อย่างชัดเจนในการประเมินภาวะของการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาว และมีหลักฐานเกิดขึ้นในกีฬาหลาย ๆ ชนิด การลดลงของความสามารถในการฝึกซ้อมและการแข่งขันเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้นักกีฬาไม่สามารถที่จะรักษาระดับน้ำหนักของการฝึกซ้อมไว้ได้ ในการศึกษาของนักกีฬาวิ่งระยะไกลที่มีการฝึกมากเกิน พบว่า ความเร็วในการวิ่งในช่วงฝึกซ้อมลดลง 11-15 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงการแข่งขันลดลง 6-17 เปอร์เซ็นต์ และระยะทางในการฝึกซ้อมลดลง 43-71 เปอร์เซ็นต์ (Barron, Noakes, Levy, Smith & Millar, 1985) ความสามารถทางกีฬาที่ลดลงในห้องทดสอบและการแข่งขันจริง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ดังเช่นการศึกษาของ Hooper, Mackinnon, Howard, Gordon and Bachmann (1995) ที่ศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำที่มีการฝึกมากเกิน พบว่า จะมีความสามารถทางกีฬาลดลง 0.7 เปอร์เซ็นต์ และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ในห้องทดลองและการแข่งขันจริง ตามลำดับ แต่ในนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมอย่างดี จะมีความสามารถที่เพิ่มขึ้น 3.1 เปอร์เซ็นต์และ 1.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการลดลงของความสามารถทางกีฬาจะเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการประเมินภาวะของการฝึกมากเกิน แต่ไม่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดเดียวในการประเมินอาการนี้ เนื่องจากความสามารถทางกีฬาที่ลดลงอาจเป็นผลกระทบจากภาวะของความเมื่อยล้าในช่วงสั้น ๆ ได้

2. การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ

ถึงแม้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงเช้าตรู่ หรืออัตราการเต้นของหัวใจขณะพักส่วนใหญ่ จะถูกนำมาใช้เพื่อติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา แต่จากการศึกษาส่วนมากจะพบว่าตัวแปรเหล่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างมีการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาวในนักกีฬาที่ฝึกความอดทน ดังเช่นการศึกษาของ Hooper, Mackinnon, Gordon, and Bachmann (1993) ที่พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ของอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงเช้าตรู่ในนักกีฬาว่ายน้ำ หลังจากการฝึกซ้อมเป็นเวลา 6 เดือน และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างนักกีฬาที่มีการฝึกมากเกินกับนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมอย่างดี จากการศึกษาของ Flynn et al. (1994) พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในนักกีฬาวิ่งและ ว่ายน้ำ ในระหว่างการฝึกด้วยความหนักสูงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับการศึกษาของ Snyder, Jeukendrup, Hesselink, Kuipers and Foster (1993) ที่ศึกษาในนักกีฬาปั่นจักรยานที่มี การฝึกซ้อมตามปกติเป็นเวลา 7 วัน ตามด้วยการฝึกด้วยความหนักสูงเป็นเวลา 15 วัน และการฝึกในช่วงฟื้นสภาพเป็นเวลา 7 วัน

ในทางตรงกันข้าม พบว่ามีตัวชี้วัดที่ดีในการประเมินภาวะของการฝึกมากเกิน คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งทดสอบที่อัตราการทำงานสูงสุดในการทดสอบแบบเพิ่มความหนักขึ้นเรื่อย ๆ โดยพบว่า ในระหว่างที่มีการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาว อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะลดลง 5-10 ครั้งต่อนาที ในนักกีฬาที่ฝึกความอดทน ดังเช่นการศึกษาของ Costill et al. (1988) ที่ศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำ หลังจากมีการฝึกด้วยความหนักสูงเป็นเวลา 10 วัน พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจลดลงในระหว่างให้นักกีฬาว่ายน้ำอย่างเต็มความสามารถระยะทาง 366 เมตร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lehmann et al. (1992) ที่ศึกษาในนักวิ่งระยะไกล หลังจากมีการฝึกซ้อมด้วยการเพิ่มปริมาณการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า มีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในระหว่างการทดสอบโดยการเพิ่มความหนักขึ้นเรื่อย ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Snyder, Kuipers, Cheng, Servais and Fransen (1995) ที่ศึกษาในนักกีฬาปั่นจักรยาน หลังจากมีการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงเป็นเวลา 15 วัน พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจจะต่ำกว่าในระหว่างการทดสอบแบบเพิ่มความหนักขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกซ้อมตามปกติ ดังนั้น จะเห็นว่าการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นตัวชี้วัดที่มีความแน่นอนในการประเมินภาวะของการฝึกมากเกิน ซึ่งเป็นความผิดปกติของการควบคุมการทำงานของระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ ซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของ Catecholamine และการลดลงของการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติแบบ Sympathetic

3. การเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติกในเลือด

ถึงแม้ว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพักจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด แต่การลดลงของความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดที่อัตราการทำงานสูงสุด จะเป็นตัวชี้วัดที่มีความแน่นอนในการประเมินภาวะของการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาว ดังเช่น การศึกษาของ Synder et al. (1993, 1995) ที่ศึกษาในนักกีฬาปั่นจักรยาน โดยให้ฝึกด้วยความหนักสูงเป็นเวลา 14-15 วัน ตามด้วยการฝึกในช่วงฟื้นสภาพเป็นเวลา 6-14 วัน จะพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะแสดงอาการของภาวะของการฝึกมากเกินระยะสั้นในช่วงท้ายของการฝึกด้วยความหนักสูง จากการทดสอบ ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานแบบเพิ่มความหนักขึ้นเรื่อย ๆ พบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะต่ำกว่าที่อัตราการทำงานทั้งหมด รวมทั้งอัตราการทำงานสูงสุดด้วย โดยในช่วงระหว่างที่มีการฝึกมากเกิน อัตราส่วนของระดับกรดแลคติกในเลือดกับอัตราการรับรู้ความเหนื่อย (RPE; HLa/ RPE) ลดลงมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ในนักกีฬาทั้งหมด โดยความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะลดลง โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า RPE ที่แต่ละอัตราการทำงาน แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของ HLa/ RPE เป็นตัวชี้วัดที่ไวต่อการกระตุ้นต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของการฝึกซ้อม จากการศึกษาของ Pelayo, Mujika, Sidney and Chatard

(1996) ที่ศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำ พบว่า การฟื้นตัวที่ช้ากว่าของระดับกรดแลคติกในเลือดหลังจากการออกกำลังกายแบบสูงสุด จะสัมพันธ์กับความสามารถทางกีฬาที่ลดลงและอาการของการฝึกมากเกิน

4. การเปลี่ยนแปลงไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ

การลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลายจะเกี่ยวข้องกับความเมื่อยล้าและการที่ไม่สามารถ ฝึกซ้อมในช่วงระหว่างมีการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาว ดังเช่น การศึกษาของ Costill et al. (1988) ที่ศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 8 คน มีการเพิ่มปริมาณของการฝึกซ้อมเป็น 2 เท่า จากปกติ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า มีนักกีฬาจำนวน 4 คน ที่ไม่สามารถรักษาระดับของการเพิ่มความหนักขึ้นได้ โดยพบว่ามีการลดลงอย่างมากของความเข้มข้นของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลายบริเวณกล้ามเนื้อ Deltoid ส่วนหลัง เมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาอีก 4 คน ซึ่งสามารถทนต่อการปรับเพิ่มปริมาณของการฝึกซ้อมได้ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาที่โต้แย้งกับการลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่เป็นปัจจัยต่อการฝึกมากเกินระยะสั้น ดังเช่น การศึกษาของ Snyder et al. (1995) ที่ศึกษาผลของการฝึกด้วยความเข้มข้นสูง เป็นเวลา 15 วัน ในนักกีฬาปั่นจักรยาน จำนวน 8 คน ซึ่งได้รับสารอาหารคาร์โบไฮเดรตชนิดเหลวในระหว่าง 2 ชั่วโมง หลังจากการฝึกแต่ละครั้ง การได้รับสารคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดจะถูกควบคุมในช่วงเวลานี้ พบว่า นักกีฬาทั้งหมดจะแสดงอาการของการฝึกมากเกินระยะสั้น คือ มีการลดลงของความสามารถในการทำงานสูงสุด และอัตราส่วนของ HLa/ RPE ในขณะที่ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลายบริเวณกล้ามเนื้อ Vastus Lateralis ขณะพักมีการ เพิ่มขึ้นใน 15 วัน แสดงให้เห็นว่า อาการของการฝึกมากเกินอาจเกิดขึ้นทั้ง ๆ ที่มีการรักษาระดับของความเข้มข้นของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อปกติ

5. การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

ถึงแม้ว่าการศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นในนักกีฬาที่ฝึกความอดทน แต่ภาวะของการฝึกมากเกินระยะสั้นและระยะยาวนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในนักกีฬาที่ต้องใช้ความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อ เช่น กีฬายกน้ำหนัก ยูโด เป็นต้น นักกีฬาเหล่านี้จะเพิ่มปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อม ซึ่งอาจทำให้ความสามารถทางกีฬาลดลงและมีอาการแสดงของภาวะการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาว ได้แก่ ความเมื่อยล้า การเปลี่ยนแปลงทางฮอร์โมน และการลดลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาของ Fry et al. (1994) ได้ศึกษาโดยการเพิ่มปริมาณและความหนักในนักกีฬา ยกน้ำหนักที่มีประสบการณ์มาก่อน ซึ่งได้รับการฝึกซ้อมด้วยการยกน้ำหนักสูงสุดทุกวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการฝึกเหมือนกัน แต่ไม่มีการฝึกมากเกิน พบว่า มีการลดลงของความแข็งแรงในท่า Leg Extension ของความสามารถในการยกน้ำหนักสูงสุด

1 ครั้ง (1 RM Strength) ความแข็งแรงแบบ Isokinetic ที่ความเร็วต่ำและสูง ความแข็งแรงแบบ Isometric และความอดทนของกล้ามเนื้อ (ให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบซ้ำ ๆ กันที่ความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM จนหมดแรง) นอกจากนี้ พบว่า มีการลดลงของความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังจาก 2 สัปดาห์ ของการฝึกมากเกิน และจากการศึกษาของ Callister, Callister, Fleck and Dudley (1990) ศึกษาในนักกีฬายูโดอาชีพ ในระหว่าง 10 สัปดาห์ ของการฝึกด้วยความหนักสูง โดยมีการเพิ่มแรงต้านขึ้น 50-100 เปอร์เซ็นต์ มีการฝึกแบบหนักสลับเบา โดยการวิ่งและปั่นจักรยาน และมีการเพิ่มปริมาณของการฝึกซ้อมยูโด โดยนักกีฬาจะฝึก 4-7 ชั่วโมงต่อวัน และ 6 วันต่อสัปดาห์ จากการศึกษา พบว่า ในระหว่างการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูง มีการลดลงของความแข็งแรงแบบ Isokinetic ของส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายที่ความเร็วต่างกัน และมีการลดลงของความสามารถในการวิ่งเต็มที่ระยะทาง 300 เมตร ถึงแม้ว่านักกีฬาจะไม่มีอาการแสดงของภาวะของการฝึกมากเกิน เช่น อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับของกรดแลคติกในเลือด ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การลดลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับภาวะของการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาวจะมีผลเสียต่อความสามารถทางกีฬาในกีฬาหลาย ๆ ประเภท ทั้งที่เป็นกีฬาที่ต้องใช้ความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้ออย่างมาก เช่น ยกน้ำหนัก วิ่งระยะสั้น กีฬาที่ต้องเล่นเป็นทีม เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล รวมถึงกีฬาที่ต้องใช้ความอดทนเป็นหลัก เช่น พายเรือ ว่ายน้ำระยะไกล วิ่งระยะไกล เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาค่อนข้างน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีการควบคุมตัวแปรอย่างดีในระหว่างภาวะของการฝึกมากเกิน ซึ่งไม่ชัดเจนว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นมาจากความเมื่อยล้าในช่วงสั้น ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการฝึกซ้อมหรือเป็นผลมาจากความเมื่อยล้าสะสมที่เกี่ยวข้องกับภาวะของการฝึกมากเกิน

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular Fatigue) คือ การที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังที่คาดหมายได้ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536, หน้า 37) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนนอก (Peripheral Fatigue) หรือจากความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนกลาง (Central Fatigue) ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความหนักของงานและระยะเวลาที่กำหนดให้

Davis (1995) ได้รายงานไว้ว่า ความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนกลางจะไปขัดขวางหรือจำกัดการส่งกระแสประสาทของเส้นประสาทยนต์ ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อลดลง จึงเป็น

สาเหตุให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลต่อแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการออกแรงซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้งลดน้อยลง ซึ่งกลไกที่เกี่ยวข้องกับความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนกลางยังไม่ชัดเจน แต่สมมติฐานที่เป็นไปได้ อาจจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของ Serotonin ในสมองต่อการตอบสนองของการเพิ่มความเข้มข้นของ Tryptophan ในสมอง ซึ่งกรดอะมิโนนี้ เป็นสารตั้งต้นของ Serotonin ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับภาวะง่วงนอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (Kirkendall, 2000) โดยการเพิ่มระดับของ Serotonin จะเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการออกกำลังกายเพื่อฝึกความอดทน ซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมกับภาวะเริ่มต้นของความเมื่อยล้า (Onset of Fatigue) ซึ่งเป็นไปได้ว่า การเพิ่มของ Serotonin อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการของสารสื่อประสาทตัวอื่น ๆ ด้วย เช่น Dopamine และ Acetycholine ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจจะมีผลต่อภาวะตื่นตัวของร่างกาย

ส่วนความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนนอก เป็นการลดแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อเอง อาจจะเกี่ยวข้องกับการส่งกระแสประสาทที่บริเวณ Neuromuscular Junction น้อยลง ส่งผลให้การหลั่งสาร Acetylcholine ลดน้อยลงด้วย หรืออาจเกิดจากกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่น การสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมากขึ้น ทำให้การปล่อยแคลเซียมจาก Sarcoplasmic Reticulum ลดลง และไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ Phospho Fructokinase ซึ่งเป็นเอ็นไซม์สำคัญของกระบวนการ Aerobic System รบกวนการจับของแคลเซียม ทำให้ขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อ โดย Actin และ Myosin จับตัวกันได้ยาก กล้ามเนื้อหดตัวได้ยาก ส่งผลให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Kirkendall, 2000)

นิรัชชลา ภู่สี (2549, หน้า 25 อ้างอิงจาก Grandjean, 1988, pp. 156-159) กล่าวว่า เมื่อร่างกายเราเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อนั้น เราสามารถทราบได้จาก

1. อาการที่พบเห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ ความสามารถในการกระทำกิจกรรมนั้น ๆ ลดลง
2. การเปลี่ยนแปลงด้านชีวเคมี จะเกิดกรดแลคติกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดมากขึ้น
3. ปรากฏการณ์ทางสรีระไฟฟ้า เมื่อกล้ามเนื้อทำงานจนอ่อนล้าจะเกิดการกระตุ้นทางไฟฟ้าที่ผิวหนัง ซึ่งเป็นผลมาจากระบบประสาทส่วนกลาง
4. คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyogram) ของกล้ามเนื้อที่ล้า

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

1. ปัจจัยทางด้านท่าทางการออกกำลังกาย ในการทำงานหรือการออกกำลังกาย ซึ่งรวมทั้ง ท่าทางการวิ่งบนลู่วิ่งซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ลักษณะอยู่กับที่เป็นเวลานาน ประกอบกับความเร็วที่ใช้ในการวิ่งก็เป็นสิ่งสำคัญที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อได้

2. ปัจจัยทางด้านเกี่ยวกับผู้ออกกำลังกายเอง ปัจจัยทางด้านนี้นับว่ามีความสำคัญต่อความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้ออย่างมาก เพราะถ้าผู้ที่ออกกำลังกายมีสุขภาพร่างกายที่ไม่แข็งแรงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อได้เร็วกว่าและง่ายกว่าผู้ที่มีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง หรือบุคคลที่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ยาเสพติด ปัญหาการดื่มสุรา สูบบุหรี่ ปัญหาทางโภชนาการ หรือการนอนหลับพักผ่อนไม่เพียงพอ ก็จัดได้ว่าเป็นปัญหาที่อาจจะก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง เพศชาย จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2553 ซึ่งมีอายุระหว่าง 19-22 ปี จำนวน 40 คน โดยมีรูปแบบการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 3-1 รูปแบบการทดลอง

กลุ่มทดลอง	ทดสอบก่อน	ทดลอง	ทดสอบหลัง
1	T1	X1	T2
2	T1	X2	T2
3	T1	X3	T2
4	T1	X4	T2

ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้

X1 = Treatment ที่ให้กับกลุ่มทดลองที่ 1 การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

X2 = Treatment ที่ให้กับกลุ่มทดลองที่ 2 การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

X3 = Treatment ที่ให้กับกลุ่มทดลองที่ 3 การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

X4 = Treatment ที่ให้กับกลุ่มทดลองที่ 4 การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

T1 = การทดสอบก่อนทำการทดลอง (Pre-Test)

T2 = การทดสอบหลังทำการทดลอง (Post-Test)

อุปกรณ์

1. ชุดอุปกรณ์การทดสอบ Newtest Powertimer SW-300 ผลิตในประเทศฟินแลนด์
2. เครื่องทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแบบ Isokinetic ยี่ห้อ Biodex ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) พร้อมชุดอุปกรณ์ Metabolic Cart ยี่ห้อ SensorMedics รุ่น Vmax Series ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา
4. ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อ SensorMedics ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา
5. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Monitor) ยี่ห้อ Polar ผลิตในประเทศฟินแลนด์
6. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) ยี่ห้อ Casio ผลิตในประเทศญี่ปุ่น
7. สเกลบอกระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Rating Perceived Exertion: RPE) ของ Borg โดยใช้สเกล 6-20
8. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง ยี่ห้อ Detecto ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา
9. แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionaire: PAR-Q)
10. แบบสอบถามภาวะความผิดปกติของการนอนหลับ Epworth Sleepiness Scale (ESS)
11. แบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับของเยาวพา ชูถึง (2547)
12. แบบบันทึกผลการทดสอบ

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง เพศชาย จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2553 ซึ่งมีอายุระหว่าง 19-22 ปี จำนวน 82 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง เพศชาย จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2553 โดยมีขั้นตอนการได้มาของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. รวบรวมรายชื่อนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง เพศชาย ประจำปีการศึกษา 2553

2. นำนักกีฬาที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งมีจำนวน 60 คน มาสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อการทดลอง จำนวน 40 คน

3. นำกลุ่มตัวอย่างที่ได้ มาสุ่มอย่างง่าย เพื่อจัดเข้ากลุ่ม แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน ได้แก่ กลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ กลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ และกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์ในการคัดเข้า (Inclusion Criteria)

1. เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี จากการตอบแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (PAR-Q) โดยต้องตอบว่า “ไม่เคย” ทุกข้อ จึงจะสามารถผ่านเกณฑ์ เพื่อเป็นการประเมินความพร้อมด้านร่างกายเบื้องต้น เพื่อความปลอดภัยก่อนออกกำลังกายและการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

2. ได้รับการฝึกซ้อมมาอย่างน้อย 2 ปี ก่อนการทดลอง และได้รับการฝึกซ้อมอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ โดยต้องไม่ได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงในช่วง 4 สัปดาห์ ก่อนการทดลอง

3. มีเวลาการนอนหลับปกติเฉลี่ยคืนละ 7-9 ชั่วโมง และต้องไม่มีภาวะความผิดปกติของการนอนหลับ จากการตอบแบบสอบถาม Epworth Sleepiness Scale (ESS) โดยต้องได้คะแนนรวมไม่เกินกว่า 9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน

4. มีความสมัครใจและสามารถให้ความร่วมมือได้ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัยและยินดีทำการลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion Criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น มีอาการเจ็บป่วย เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ เป็นต้น

2. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ผ่านกระบวนการกลั่นกรองของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย และได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยแล้ว

การทำวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ขอยืมอุปกรณ์เพื่อการวิจัย จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ถึงอธิบดีกรมพลศึกษา และผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา

การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 และทำหนังสือขอความร่วมมือในการใช้กลุ่มตัวอย่างของการทำวิจัยถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รวมทั้งกำหนดวันเวลาและขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

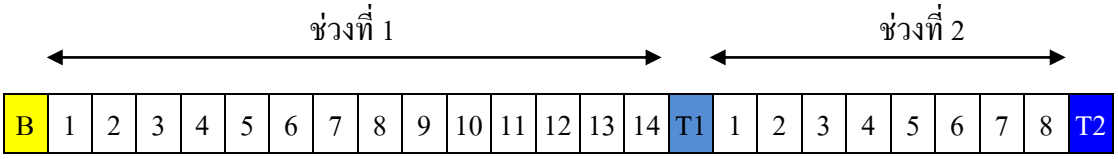
1.2 ศึกษาเทคนิคและวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบเวลาปฏิกิริยา โดยชุดอุปกรณ์การทดสอบ Newtest Powertimer SW-300 การทดสอบความแข็งแรง กำลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยเครื่องทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแบบ Isokinetic และการทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิธี Incremental Exercise Test โดยใช้ลู่วิ่งควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ตามงานวิจัยของ Brovo et al. (2008) จากเอกสาร งานวิจัยและผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติและศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูลและสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย

1.3 จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4 ประชุม อธิบายและชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างได้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ลำดับขั้นตอนการทดสอบและวิธีการทดสอบ รวมไปถึงข้อตกลงต่าง ๆ ในระหว่างการเข้าร่วมทำการวิจัยครั้งนี้ และให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. ขั้นดำเนินการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ แต่ละกลุ่มจะใช้เวลาในการทดลองประมาณ 3 สัปดาห์ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 จะใช้เวลา 14 วัน และช่วงที่ 2 จะใช้เวลาประมาณ 8 วัน (ภาพที่ 3-1)



ภาพที่ 3-1 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล (B: Baseline, T1: Pre-Test, T2: Post-Test)

เนื่องจากข้อจำกัดในการดำเนินการเก็บข้อมูลไม่สามารถกระทำได้ในช่วงเวลาเดียวกันทั้งหมด ผู้วิจัยจึงออกแบบให้เหลื่อมเวลากันในการเก็บข้อมูลวิจัย โดยจะแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มย่อย (ภาพที่ 3-2) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 1-2, กลุ่ม B คนที่ 1, กลุ่ม C คนที่ 1 และกลุ่ม D คนที่ 1

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 3, กลุ่ม B คนที่ 2-3, กลุ่ม C คนที่ 2 และกลุ่ม D คนที่ 2

กลุ่ม 3 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 4, กลุ่ม B คนที่ 4, กลุ่ม C คนที่ 3-4 และกลุ่ม D คนที่ 3

กลุ่ม 4 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 5, กลุ่ม B คนที่ 5, กลุ่ม C คนที่ 5 และกลุ่ม D คนที่ 4-5

กลุ่ม 5 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 6-7, กลุ่ม B คนที่ 6, กลุ่ม C คนที่ 6 และกลุ่ม D คนที่ 6

กลุ่ม 6 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 8, กลุ่ม B คนที่ 7-8, กลุ่ม C คนที่ 7 และกลุ่ม D คนที่ 7

กลุ่ม 7 ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 9, กลุ่ม B คนที่ 9, กลุ่ม C คนที่ 8-9 และกลุ่ม D คนที่ 8

กลุ่ม 8 ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม A คนที่ 10, กลุ่ม B คนที่ 10, กลุ่ม C คนที่ 10 และกลุ่ม D คนที่ 9-10

วันที่ / กลุ่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2							
2		B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2						
3			B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2					
4				B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2				
5					B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2			
6						B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2		
7							B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2	
8								B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	T2

ภาพที่ 3-2 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย (B: Baseline, T1: Pre-Test, T2: Post-Test)

2.1 ก่อนการทดลองช่วงที่ 1 (Baseline) จะบันทึกอายุ ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิธี Incremental Exercise Test โดยใช้ลู่วิ่งควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ตามงานวิจัยของ Brovo et al. (2008) (ภาคผนวก ง) เพื่อใช้เป็นค่าพื้นฐานสำหรับการฝึกซ้อม

2.2 ในช่วงที่ 1 กลุ่มตัวอย่างจะปฏิบัติเหมือนกันทุกคน โดยในช่วงเย็นจะให้ฝึกซ้อมด้วยการวิ่งบนลู่กล โดยความหนักของการฝึกซ้อมจะมีการสลับกันระหว่างความหนักต่ำ (ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 25 นาที) ความหนักปานกลาง (ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 30 นาที) และความหนักสูง (ระดับ

75-85 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 45-55 นาที) และตามด้วยการพัก ซึ่งเริ่มต้นวงจรการฝึกซ้อมจากความหนักต่ำขึ้นไปสูง (ภาคผนวก จ) และให้กลุ่มตัวอย่างเข้านอนและตื่นนอนตามเวลาปกติ โดยในช่วงที่ 1 จะใช้เวลา 14 วัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมและปรับระดับของการฝึกซ้อมและการนอนหลับของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ก่อนที่จะได้รับ Treatment ที่แตกต่างกันออกไป โดยในช่วงเย็นก่อนการฝึกซ้อมแต่ละวัน กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะทำการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับในคืนที่ผ่านมา และก่อนการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-Test) กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้พักเป็นเวลา 1 วัน

2.3 ก่อนการทดลองช่วงที่ 2 (Pre-Test) กลุ่มตัวอย่างจะเริ่มทดสอบในช่วงเช้า ตั้งแต่เวลา 7.30-8.00 น. โดยเริ่มจากทดสอบเวลาปฏิกิริยา โดยชุดอุปกรณ์การทดสอบ Newtest Powertimer SW-300 (ภาคผนวก ข) หลังจากนั้น เวลา 8.00-9.00 น. จะทดสอบความแข็งแรง กำลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยเครื่องทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแบบ Isokinetic (ภาคผนวก ค) และในช่วงเย็น จะเริ่มทดสอบตั้งแต่เวลา 16.00-18.00 น.โดยทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิธี Incremental Exercise Test โดยใช้ลู่วิ่งควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ตามงานวิจัยของ Brovo et al. (2008)

2.4 ในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน ในช่วงที่ 2 จะใช้เวลา 8 วัน โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับ Treatment แตกต่างกันออกไป ดังนี้ (ภาคผนวก จ)

กลุ่มทดลองที่ 1 การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ กลุ่มตัวอย่างจะปฏิบัติเช่นเดียวกับในช่วงที่ 1 โดยให้เข้านอนและตื่นนอนตามเวลาปกติ และฝึกซ้อมด้วยการวิ่งบนลู่กล โดยความหนักของการฝึกซ้อมจะสลับกันระหว่างระดับความหนักต่ำ ความหนักปานกลาง และความหนักสูง และตามด้วยการพัก ซึ่งเริ่มต้นวงจรการฝึกซ้อมจากระดับความหนักต่ำขึ้นไปสูง

กลุ่มทดลองที่ 2 การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น กลุ่มตัวอย่างจะเข้านอนและตื่นนอนตามเวลาปกติ และฝึกซ้อมด้วยการวิ่งบนลู่กลที่ระดับความหนักสูงติดต่อกัน เป็นเวลา 7 วัน

กลุ่มทดลองที่ 3 การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ กลุ่มตัวอย่างจะลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลง 2 ชั่วโมง ในแต่ละคืน เป็นเวลา 7 คืน โดยจะเข้านอนช้ากว่าเดิมประมาณ 2 ชั่วโมง แต่ตื่นนอนตอนเช้าเวลาเดิม และฝึกซ้อมด้วยการวิ่งบนลู่กล โดยความหนักของการฝึกซ้อมจะสลับกันระหว่างระดับความหนักต่ำ ความหนักปานกลาง และความหนักสูง และ ตามด้วยการพัก ซึ่งเริ่มต้นวงจรการฝึกซ้อมจากระดับความหนักต่ำขึ้นไปสูง

กลุ่มทดลองที่ 4 การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น กลุ่มตัวอย่างจะลดจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับลง 2 ชั่วโมง ในแต่ละคืน เป็นเวลา 7 คืน โดยจะ

เข้านอนช้ากว่าเดิมประมาณ 2 ชั่วโมง แต่ตื่นนอนตอนเช้าเวลาเดิม และฝึกซ้อมด้วยการวิ่งบนลู่กลที่ระดับความหนักสูงติดต่อกันเป็นเวลา 7 วัน

โดยในช่วงเย็นก่อนการฝึกซ้อมแต่ละวัน กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะทำการตอบแบบสอบถาม คุณภาพของการนอนหลับในคืนที่ผ่านมา และก่อนการทดสอบหลังการทดลอง (Post-Test) กลุ่มตัวอย่าง แต่ละคนจะได้พักเป็นเวลา 1 วัน

2.5 หลังสิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 2 (Post-Test) กลุ่มตัวอย่างจะทดสอบเวลาปฏิกิริยาโดยชุดอุปกรณ์การทดสอบ Newtest Powertimer SW-300 การทดสอบความแข็งแรง ความอดทนและกำลังของกล้ามเนื้อ โดยเครื่องทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแบบ Isokinetic การทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิธี Incremental Exercise Test โดยใช้ลู่วิ่งควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ตามงานวิจัยของ Brovo et al. (2008) อีกครั้ง โดยกลุ่มตัวอย่างจะทดสอบแต่ละรายการในช่วงเวลาเดียวกับก่อนการทดลอง

2.6 นำผลที่ได้จากการทดลองก่อนการทดลอง (Pre-Test) และหลังการทดลอง (Post-Test) ไปบันทึกผลทางสถิติ

2.7 นำผลการทดสอบของการอดนอนระดับปานกลาง และการฝึกมากเกินระยะสั้นที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติ

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย ณ ห้องทดสอบทางสรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา และหอพักนิสิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยใช้ระยะเวลาของการวิจัย ตั้งแต่เดือนเดือนเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงกันยายน พ.ศ. 2553

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี (Test Goodness of Fit) ว่าข้อมูลทั้งหมด และข้อมูลในแต่ละกลุ่ม มีการกระจายเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test

2. คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้สถิติ Paired t-Test

4. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-Way Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) หากพบความแตกต่างภายหลัง ใช้การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey

5. ทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ผ่านการทดสอบความถูกต้องของทฎษฎี (Test Goodness of Fit) โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test และพบว่าข้อมูลมีการกระจายของข้อมูลเป็นโค้งปกติ (ภาคผนวก ฌ) โดยผลการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้สถิติ Paired t-test

ตอนที่ 3 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-way Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	อายุ (ปี)		น้ำหนัก (ก.ก.)		ส่วนสูง (ซ.ม.)	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลองที่ 1	20.90	0.99	65.90	8.84	170.60	4.90
กลุ่มทดลองที่ 2	21.00	0.82	69.50	6.02	172.80	6.02
กลุ่มทดลองที่ 3	20.90	0.99	69.30	11.30	173.50	7.04
กลุ่มทดลองที่ 4	20.60	1.17	63.25	9.60	172.60	7.01

จากตารางที่ 4-1 แสดงลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ในด้านอายุ พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีอายุเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือประมาณ 20-21 ปี ในด้านน้ำหนักตัว พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 กับ 4 และ กลุ่มทดลองที่ 2 กับ 3 มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 63-65 และ 69 กิโลกรัม ตามลำดับ ในด้านส่วนสูง พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีส่วนสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 170-173 เซนติเมตร

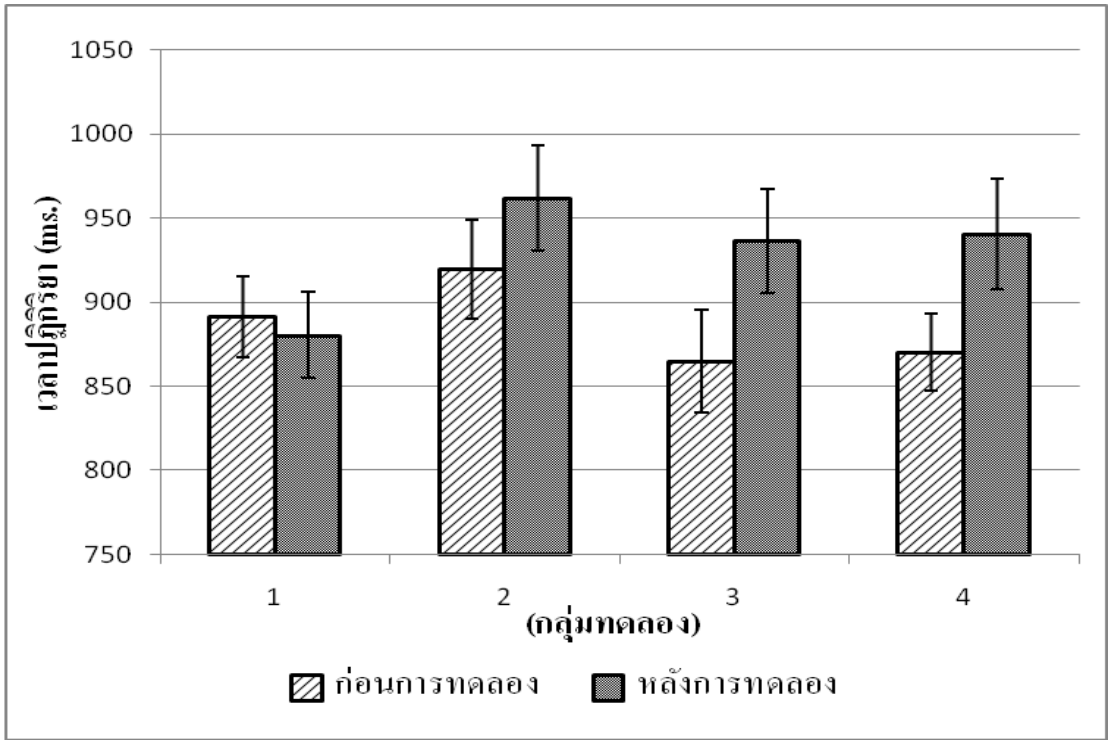
ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา (ms.)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลองที่ 1	891.12	48.53	880.30	51.04	-1.18	3.33
กลุ่มทดลองที่ 2	919.54	58.26	962.05	62.27	4.83	7.18
กลุ่มทดลองที่ 3	864.71	61.41	936.19	61.79	8.49	6.99
กลุ่มทดลองที่ 4	870.27	46.21	940.49	65.20	8.11	5.68

จากตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 891.12 ± 48.53 ms. โดยมีค่า

ลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 880.30 ± 51.04 ms. กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 919.54 ± 58.26 ms. โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 962.05 ± 62.27 ms. กลุ่มทดลองที่ 3 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 864.71 ± 61.41 ms. โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 936.19 ± 61.79 ms. และกลุ่มทดลองที่ 4 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 870.27 ± 46.21 ms. โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลองที่มีค่าเฉลี่ย 940.49 ± 65.20 ms. (ดังภาพที่ 4-1)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา พบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 มีเวลาปฏิกิริยาลดลง 1.18 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีเวลาปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น โดยที่เวลาปฏิกิริยาในกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็น 8.49 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่ 4 และ 2 คิดเป็น 8.11 เปอร์เซ็นต์ และ 4.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

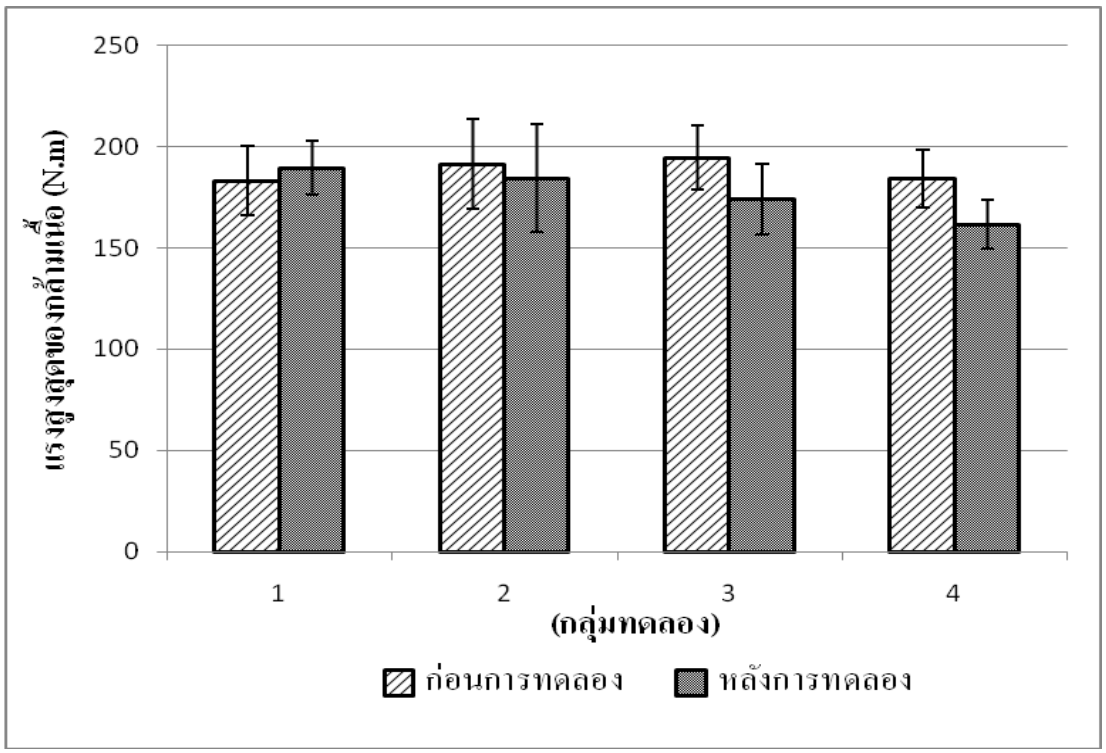
จากภาพที่ 4-1 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 เท่านั้นที่มีเวลาปฏิกิริยาที่ลดลง ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีเวลาปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) ประเมินจากค่าแรงสุดสุดของกล้ามเนื้อ (Peak Torque) ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	แรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (N.m)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลองที่ 1	183.38	33.92	189.69	26.73	4.23	7.01
กลุ่มทดลองที่ 2	191.55	44.67	184.65	53.44	-4.63	7.43
กลุ่มทดลองที่ 3	194.51	31.75	174.24	35.13	-10.47	8.64
กลุ่มทดลองที่ 4	184.42	28.36	161.68	24.66	-12.06	8.18

จากตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 183.38 ± 33.92 N.m โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 189.69 ± 26.73 N.m กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 191.55 ± 44.67 N.m โดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 184.65 ± 53.44 N.m กลุ่มทดลองที่ 3 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 194.51 ± 31.75 N.m โดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 174.24 ± 35.13 N.m และกลุ่มทดลองที่ 4 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 184.42 ± 28.36 N.m โดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 161.68 ± 24.66 N.m (ดังภาพที่ 4-2)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 4.23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง โดยที่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลองที่ 4 ลดลงมากที่สุด คิดเป็น 12.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่ 3 และ 2 คิดเป็น 10.47 เปอร์เซ็นต์ และ 4.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

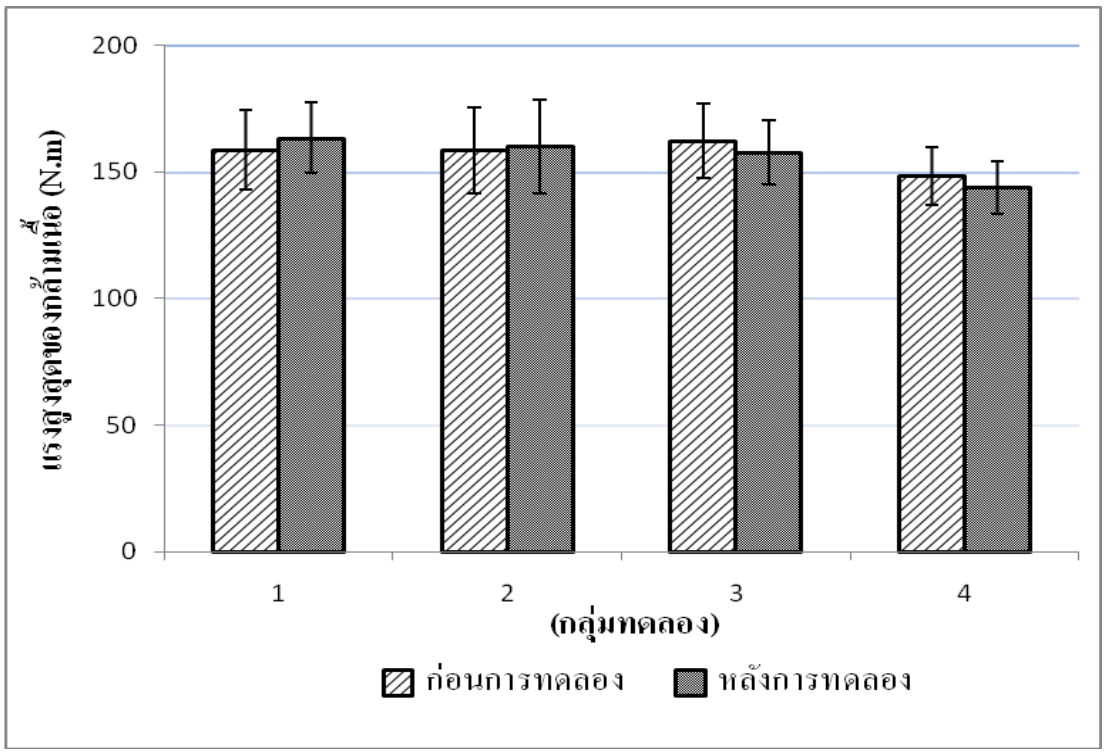
จากภาพที่ 4-2 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 เท่านั้นที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง

ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของกำลังของกล้ามเนื้อ (Muscular Power) ประเมินจากค่าแรงสุดสุดของกล้ามเนื้อ (Peak Torque) ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	แรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (N.m)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลองที่ 1	158.88	31.72	163.36	27.89	3.80	8.86
กลุ่มทดลองที่ 2	158.43	34.19	160.03	36.55	0.96	5.13
กลุ่มทดลองที่ 3	162.36	29.08	157.84	25.68	-2.41	5.21
กลุ่มทดลองที่ 4	148.41	22.78	143.78	20.65	-2.83	6.12

จากตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 158.88 ± 31.72 N.m โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 163.36 ± 27.89 N.m กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 158.43 ± 34.19 N.m โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 160.03 ± 36.55 N.m กลุ่มทดลองที่ 3 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 162.36 ± 29.08 N.mโดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 157.84 ± 25.68 N.m และกลุ่มทดลองที่ 4 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 148.41 ± 22.78 N.mโดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 143.78 ± 20.65 N.m (ดังภาพที่ 4-3)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของกำลังของกล้ามเนื้อ พบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีกำลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยที่กำลังของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลองที่ 1 เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็น 3.80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่ 2 คิดเป็น 0.96 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 มีกำลังของกล้ามเนื้อลดลง โดยที่กำลังของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลองที่ 4 ลดลงมากที่สุด คิดเป็น 2.83 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่ 3 คิดเป็น 2.41 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพกำลังของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

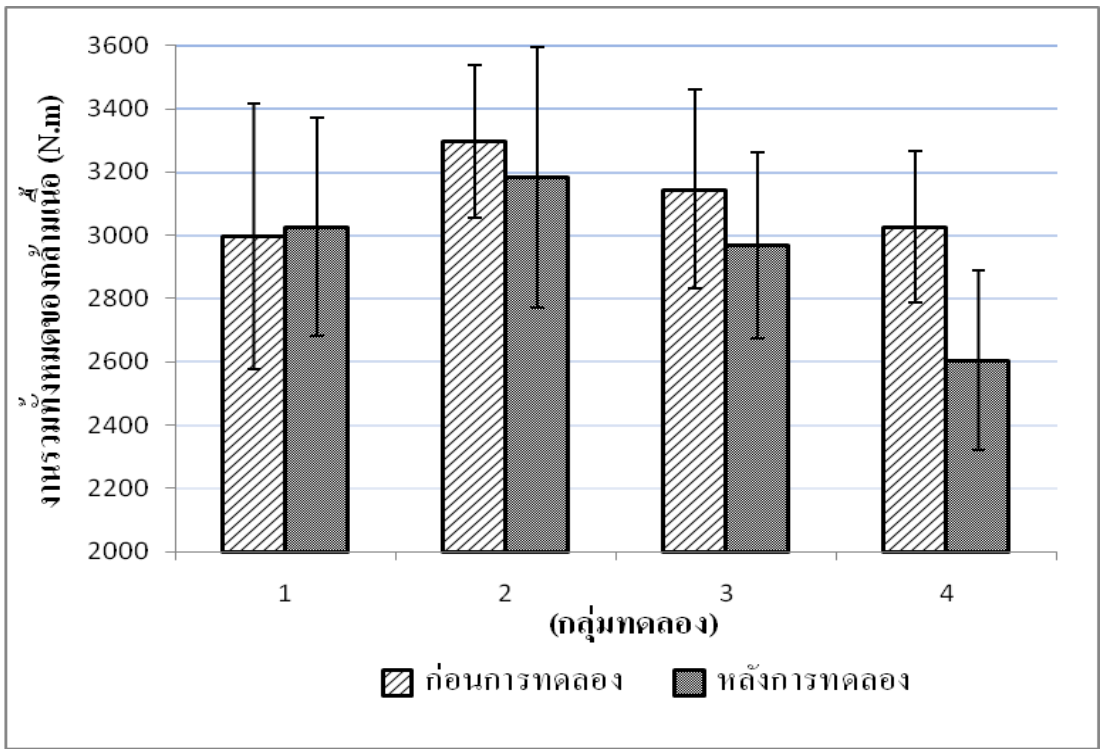
จากภาพที่ 4-3 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีกำลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 มีกำลังของกล้ามเนื้อลดลง

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance) ประเมินจากค่างานรวมทั้งหมดของกล้ามเนื้อ (Total Work) ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	งานรวมทั้งหมดของกล้ามเนื้อ (N.m)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD
กลุ่มทดลองที่ 1	2997.30	841.72	3027.35	690.11	2.43	9.94
กลุ่มทดลองที่ 2	3297.17	483.52	3182.92	823.79	-4.62	14.72
กลุ่มทดลองที่ 3	3144.93	627.99	2968.54	591.07	-4.98	11.62
กลุ่มทดลองที่ 4	3026.16	477.37	2604.28	569.41	-14.05	11.62

จากตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 2997.30 ± 841.72 N.m โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 3027.35 ± 690.11 N.m กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 3297.17 ± 483.52 N.m โดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 3182.92 ± 823.79 N.m กลุ่มทดลองที่ 3 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 3144.93 ± 627.99 N.m โดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 2968.54 ± 591.07 N.m และกลุ่มทดลองที่ 4 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 3026.16 ± 477.37 N.m โดยมีค่าลดลงหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 2604.28 ± 569.41 N.m (ดังภาพที่ 4-4)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความอดทนของกล้ามเนื้อ พบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 มีความอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 2.43 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีความอดทนของกล้ามเนื้อลดลง โดยที่ความอดทนของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลองที่ 4 ลดลงมากที่สุด คิดเป็น 14.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่ 3 และ 2 คิดเป็น 4.98 เปอร์เซ็นต์ และ 4.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

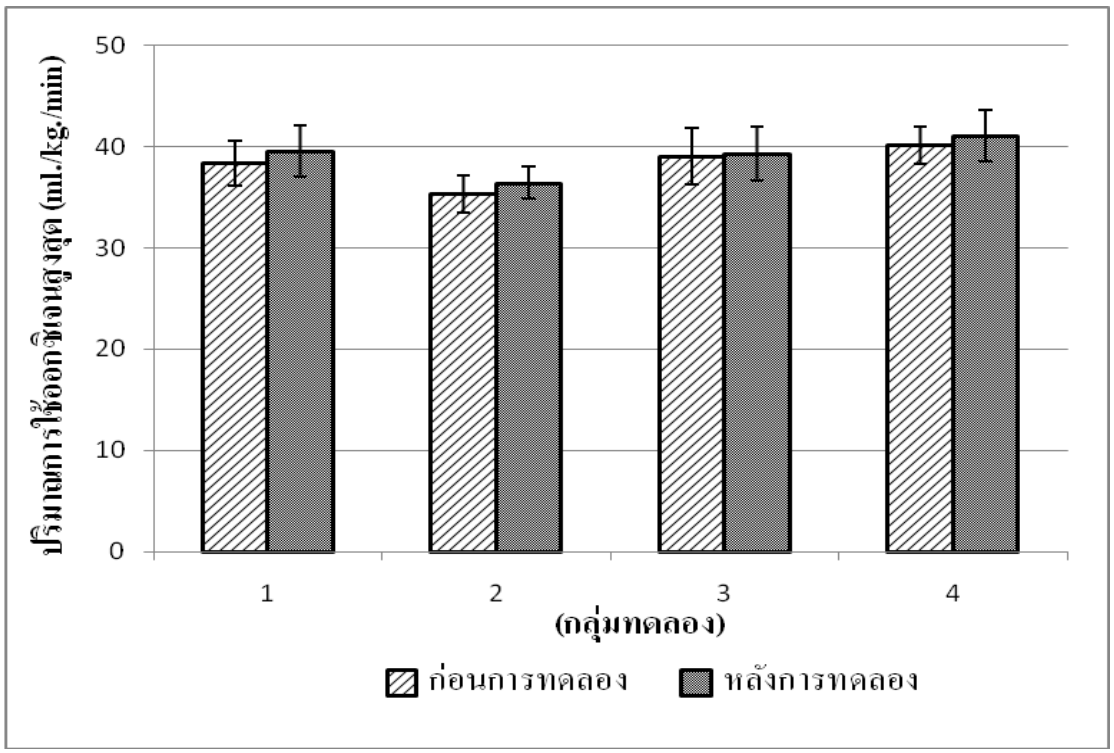
จากภาพที่ 4-4 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 เท่านั้นที่มีความอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีความความอดทนของกล้ามเนื้อลดลง

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption) ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ml./ kg./ min)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลองที่ 1	38.35	4.42	39.55	5.09	3.27	7.59
กลุ่มทดลองที่ 2	35.35	3.65	36.43	3.19	3.51	8.51
กลุ่มทดลองที่ 3	39.04	5.51	39.32	5.26	1.30	10.78
กลุ่มทดลองที่ 4	40.16	3.67	41.11	4.99	2.60	10.76

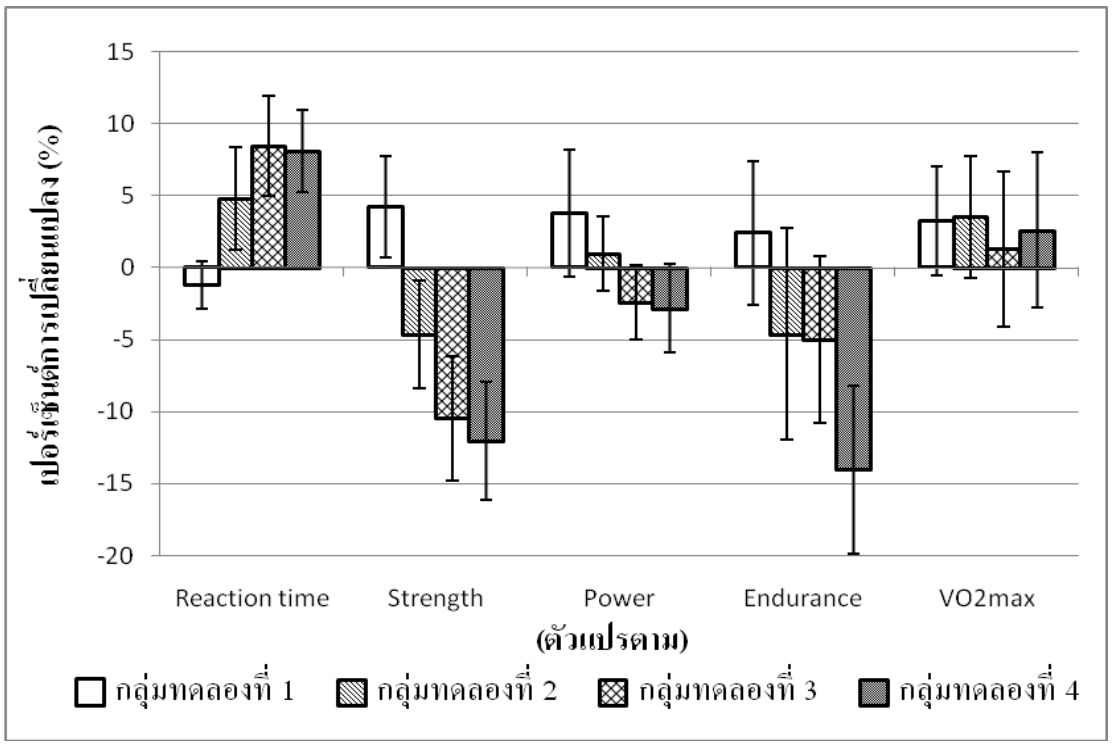
จากตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 38.35 ± 4.42 ml./ kg./ min โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 39.55 ± 5.09 ml./ kg./ min กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 35.35 ± 3.65 ml./ kg./ min โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 36.43 ± 3.19 ml./ kg./ min กลุ่มทดลองที่ 3 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 39.04 ± 5.51 ml./ kg./ min โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 39.32 ± 5.26 ml./ kg./ min และกลุ่มทดลองที่ 4 ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 40.16 ± 3.67 ml./ kg./ min โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย 41.11 ± 4.99 ml./ kg./ min (ดังภาพที่ 4-5)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด พบว่า ทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มทดลองที่ 2 เพิ่มขึ้นมากที่สุด คิดเป็น 3.51 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่ 1, 4 และ 3 คิดเป็น 3.27 เปอร์เซ็นต์, 2.60 เปอร์เซ็นต์ และ 1.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

จากภาพที่ 4-5 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นทั้งหมด



ภาพที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

จากภาพที่ 4-6 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแต่ละตัวแปร ในการทดสอบเวลาปฏิกิริยา พบว่า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 เท่านั้น ที่มีเวลาปฏิกิริยาลดลง โดยที่กลุ่มทดลองที่ 3 มีอัตราการเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มทดลองที่ 4 และ 2 ตามลำดับ ในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 เท่านั้นที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยที่กลุ่มทดลองที่ 4 มีอัตราการลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มทดลองที่ 3 และ 2 ตามลำดับ ในการทดสอบกำลังของกล้ามเนื้อ พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 กำลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยที่กลุ่มทดลองที่ 4 มีอัตราการลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มทดลองที่ 3 ในการทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อพบว่า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 เท่านั้น ที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยที่กลุ่มทดลองที่ 4 มีอัตราการลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มทดลองที่ 3 และ 2 ตามลำดับ และในการทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีการเพิ่มขึ้นทั้งหมด โดยที่กลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มทดลองที่ 1, 4 และ 3 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้สถิติ Paired t-test

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 1

		$\bar{X}$	SD	t	P
เวลาปฏิกิริยา	ก่อนการทดลอง	891.12	48.53	1.168	.273
(ms.)	หลังการทดลอง	880.30	51.04		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	183.38	33.92	-1.603	.143
(N.m)	หลังการทดลอง	189.69	26.73		
กำลังของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	158.88	31.72	-1.089	.305
(N.m)	หลังการทดลอง	163.36	27.89		
ความอดทนของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	2997.30	841.72	-0.335	.745
(N.m)	หลังการทดลอง	3027.35	690.11		
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด	ก่อนการทดลอง	38.35	4.42	-1.321	.219
(ml./ kg./ min)	หลังการทดลอง	39.55	5.09		

$P < .05$

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 2

		$\bar{X}$	SD	t	P
เวลาปฏิกิริยา	ก่อนการทดลอง	919.54	58.26	-2.147	.060
(ms.)	หลังการทดลอง	962.05	62.27		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	191.55	44.67	1.568	.151
(N.m)	หลังการทดลอง	184.65	53.44		
กำลังของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	158.43	34.19	-0.563	.587
(N.m)	หลังการทดลอง	160.03	36.55		
ความอดทนของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	3297.17	483.52	0.788	.451
(N.m)	หลังการทดลอง	3182.92	823.79		
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด	ก่อนการทดลอง	35.35	3.65	-1.120	.292
(ml./ kg./ min)	หลังการทดลอง	36.43	3.19		

$P < .05$

จากตารางที่ 4-8 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 3

		$\bar{X}$	SD	t	P
เวลาปฏิกิริยา	ก่อนการทดลอง	864.71	61.41	-3.850	.004*
(ms.)	หลังการทดลอง	936.19	61.79		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	194.51	31.75	3.225	.010*
(N.m)	หลังการทดลอง	174.24	35.13		
กำลังของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	162.36	29.08	1.642	.135
(N.m)	หลังการทดลอง	157.84	26.30		
ความอดทนของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	3144.93	627.99	1.480	.173
(N.m)	หลังการทดลอง	2968.54	591.07		
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด	ก่อนการทดลอง	39.04	5.51	-0.210	.838
(ml./ kg./ min)	หลังการทดลอง	39.32	5.26		

* $P < .05$

จากตารางที่ 4-9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ภายในกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเวลาปฏิกิริยา ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าหลังการทดลอง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหลังการทดลอง

ตารางที่ 4-10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 4

		$\bar{X}$	SD	t	P
เวลาปฏิกิริยา	ก่อนการทดลอง	870.27	46.21	-4.624	.001*
(ms.)	หลังการทดลอง	940.49	65.20		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	184.42	28.36	4.502	.001*
(N.m)	หลังการทดลอง	161.68	24.66		
กำลังของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	148.41	22.78	1.596	.145
(N.m)	หลังการทดลอง	143.78	20.65		
ความอดทนของกล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง	3026.16	477.37	3.471	.007*
(N.m)	หลังการทดลอง	2604.28	569.41		
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด	ก่อนการทดลอง	40.16	3.67	-0.718	.491
(ml./ kg./ min)	หลังการทดลอง	41.11	4.99		

* $P < .05$

จากตารางที่ 4-10 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อ และปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ ภายในกลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเวลาปฏิกิริยา ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าหลังการทดลอง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหลังการทดลอง และความอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหลังการทดลอง

ตอนที่ 3 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-Way Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ตารางที่ 4-11 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของความเท่ากันในเมตริกความแปรปรวนร่วม (Variance-Covariance Matrix) ของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ด้วย Box's Test

Box's M	**df1**	**df2**	**F**	**P**
52.63	45	3207.98	.864	.726

$P < .05$

จากตารางที่ 4-11 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของความเท่ากันในเมตริกความแปรปรวนร่วม พบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของความเท่ากันในเมตริกความแปรปรวนร่วมของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ

ตารางที่ 4-12 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยวิธีการบาร์เล็ท (Bartlett's Test)

Likelihood Ratio	Approx. Chi-square	df	P
.000	37.93	14	.001*

*P < .05

จากตารางที่ 4-12 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-13 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-Way Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

แหล่งของความแปรปรวน	ตัวแปรตาม	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา	3	600.91	200.30	5.58	.003*
	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	3	1629.37	543.12	8.84	.000*
	กำลังของกล้ามเนื้อ	3	291.49	97.16	2.29	.094
	ความอดทนของกล้ามเนื้อ	3	1367.88	455.96	3.11	.038*
	ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด	3	29.43	9.81	.11	.955

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

แหล่งของความแปรปรวน	ตัวแปรตาม	df	SS	MS	F	P
ภายในกลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา	36	1292.99	35.92		
	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	36	2211.98	61.44		
	กำลังของกล้ามเนื้อ	36	1524.49	42.35		
	ความอดทนของกล้ามเนื้อ	36	5270.61	146.41		
	ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด	36	3259.56	90.54		

*P < .05

จากตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกำลังของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จึงต้องทำการตรวจสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ (Multiple Comparison) ด้วยวิธีการของ Tukey

ตารางที่ 4-14 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา

กลุ่ม	$\bar{x}$	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มทดลองที่ 3	กลุ่มทดลองที่ 4
		-1.18	**4.83**	**8.49**	**8.11**
กลุ่มทดลองที่ 1	-1.18	-	6.01	9.67*	9.29*
กลุ่มทดลองที่ 2	4.83	-	-	3.66	3.28
กลุ่มทดลองที่ 3	8.49	-	-	-	0.38
กลุ่มทดลองที่ 4	8.11	-	-	-	-

*P < .05

จากตารางที่ 4-14 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2, กลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 3, กลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 4 และกลุ่มทดลองที่ 3 กับกลุ่มทดลองที่ 4 ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 3 และกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่าเวลาปฏิกิริยาในกลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 มีการเพิ่มขึ้นมากใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4-15 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

กลุ่ม	$\bar{x}$	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มทดลองที่ 3	กลุ่มทดลองที่ 4
		4.23	**-4.63**	**-10.47**	**-12.06**
กลุ่มทดลองที่ 1	4.23	-	8.86	14.70*	16.29*
กลุ่มทดลองที่ 2	-4.63	-	-	5.84	7.43
กลุ่มทดลองที่ 3	-10.47	-	-	-	1.59
กลุ่มทดลองที่ 4	-12.06	-	-	-	-

*P < .05

จากตารางที่ 4-15 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2, กลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 3, กลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 4 และกลุ่มทดลองที่ 3 กับกลุ่มทดลองที่ 4 ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 3 และกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลองที่ 4 มีการลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4-16 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของความอดทนของกล้ามเนื้อ

กลุ่ม	$\bar{x}$	**กลุ่มทดลองที่ 1**	**กลุ่มทดลองที่ 2**	**กลุ่มทดลองที่ 3**	**กลุ่มทดลองที่ 4**
		2.43	**-4.62**	**-4.98**	**-14.05**
กลุ่มทดลองที่ 1	2.43	-	7.05	7.41	16.48*
กลุ่มทดลองที่ 2	-4.62	-	-	0.36	9.43
กลุ่มทดลองที่ 3	-4.98	-	-	-	9.07
กลุ่มทดลองที่ 4	-14.05	-	-	-	-

*P < .05

จากตารางที่ 4-16 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของความอดทนของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2, กลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 3, กลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 3, กลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 4 และกลุ่มทดลองที่ 3 กับกลุ่มทดลองที่ 4 ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่าความอดทนของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลองที่ 4 มีการลดลงมากที่สุด

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในนักกีฬาชายที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง โดยจะอภิปรายผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในแต่ละตัวแปร ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

จากคะแนนของการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับระหว่างก่อนการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) 7 วัน และก่อนการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) 7 วัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 25.1 คะแนน เป็น 26.1 คะแนน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพของการนอนหลับที่ดีขึ้น (ภาคผนวก ช)

เวลาปฏิกิริยา

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 1 (กลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ) พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อน (891.12 ± 48.53 ms.) และหลังการทดลอง (880.30 ± 51.04 ms.) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไป ทำให้ไม่สามารถทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ฝึกขึ้นได้ (Conditioned Reflex) ซึ่งเป็นการทำงานที่เกิดขึ้นได้เป็นอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยการทำงานของสมองที่อยู่ในอำนาจจิตใจ ซึ่งต้องอาศัยการฝึกแบบเฉพาะเจาะจง โดยการฝึกซ้อมกระทำการเคลื่อนไหวชนิดนั้นบ่อย ๆ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2538) แต่จากผลการทดลอง พบว่า เวลาปฏิกิริยามีแนวโน้มลดลง 1.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ถ้าร่างกายมีการนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอและมีการฝึกซ้อมอย่างถูกต้องและเหมาะสม ก็อาจจะส่งผลให้เวลาปฏิกิริยาลดลงได้ ดังที่ เจริญ กระบวนรัตน์ (2538) กล่าวว่า เวลาปฏิกิริยาจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการกระตุ้นสภาพร่างกาย และ

การทำงานของระบบประสาท ซึ่งสอดคล้องกับ Hazeldine (1987) ที่กล่าวไว้ว่า เมื่อมีการออกกำลังกาย จะเกิดการพัฒนาต่อการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ การตอบสนองของระบบประสาทจะเป็นไปในด้านการเพิ่มการตอบสนองของกระแสประสาทที่มาจากระบบประสาทส่วนกลาง การระดม เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละหน่วยภายในกล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ความเร็วต่าง ๆ ในการปฏิบัติ กิจกรรมต่าง ๆ จึงดีขึ้น เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Dupuy, Renaud, Bherer and Bosquet (2010) ที่พบว่า เมื่อมีการฝึกซ้อมอย่างเหมาะสม เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในนักกีฬาที่ฝึกความอดทน จะทำให้เวลาปฏิกิริยาลดลงจาก 1066 ± 175 เป็น 963 ± 171 ms.

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 1 (กลุ่มที่นอนหลับตามปกติ และได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ) พบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อน (183.38 ± 33.92 N.m) และหลังการทดลอง (189.69 ± 26.73 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อระหว่างก่อน (158.88 ± 31.72 N.m) และหลังการทดลอง (163.36 ± 27.89 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยของความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อน (2997.30 ± 841.72 N.m) และหลังการทดลอง (3027.35 ± 690.11 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไป ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่จากผลการทดลอง พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4.23, 3.80 และ 2.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมากจากรูปแบบการฝึกซ้อมดังกล่าวอาจมีส่วนในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของเรวดี วงศ์จันทร์ (2544) ที่พบว่า เมื่อมีการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีช่วงระยะห่างของการฝึกต่างกัน ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 2 เพิ่มขึ้น 3.6-5.6 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า จะมีความแตกต่างหลังจากการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับ Willmore and Costill (1999) ที่ได้รายงานไว้ว่า ภายหลังจากการฝึกการออกกำลังกายแล้ว พบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อที่มีการฝึกเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 อีกทั้งในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยไม่ได้ควบคุมการเข้าร่วมกิจกรรมอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกลุ่มตัวอย่าง เช่น การฝึกด้วยน้ำหนัก กิจกรรมการเรียนการสอนวิชาทางพลศึกษา เป็นต้น จึงทำให้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นได้

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 1 (กลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ) พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อน (38.35 ± 4.42 ml./ kg./ min) และหลังการทดลอง (39.55 ± 5.09 ml./ kg./ min) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไป ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3.27 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าระดับความหนักของงาน ความถี่และระยะเวลาของการฝึกซ้อมที่นำมาใช้มีความเหมาะสมต่อการกระตุ้นการตอบสนองของร่างกาย รวมทั้งร่างกายมีการนอนหลับพักผ่อนอย่างเพียงพอ จะมีผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด ทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับเริ่มต้น ซึ่งเป็นผลมาจากร่างกายมีการปรับชดเชยมากขึ้น (Overcompensation) กว่าก่อนการทดลอง สอดคล้องกับงานวิจัยของพิศาล สมทรง (2545) ที่ศึกษาการวิ่งบนพื้นราบที่มีต่อระบบการไหลเวียนโลหิต พบว่า หลังจากการฝึก 2 สัปดาห์ มีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มขึ้นจาก 39.37 เป็น 43.13 ml./ kg./ min แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่าง ก่อนการทดลองและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า จะมีความแตกต่างหลังจากการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดังที่นิคม ภูละมุล (2544) ที่ได้กล่าวว่า ระบบต่าง ๆ ของร่างกายจะมีการปรับตัวให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น เมื่อต้องทำงานเกินกว่าระดับหนึ่ง โดยสามารถทำให้กล้ามเนื้อหัวใจแข็งแรง ทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น สูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้ปริมาณมากขึ้น เช่นเดียวกับพิชิต ภูติจันทร์ (2547) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายที่ต้องใช้ความอดทนจะทำให้การไหลเวียนของโลหิตในหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น หัวใจสูบฉีดเลือด แต่ละครั้งได้มากขึ้น ซึ่งปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งสูงสุดนี้จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคล (สนธยา สีละมาด, 2551) ซึ่งการทำงานของไหลเวียนเลือดและระบบหายใจจะสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยกิจกรรมที่ทำให้มีการพัฒนาสมรรถภาพดังกล่าว เป็นกิจกรรมที่ต้องมีความต่อเนื่อง มีความถี่ 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึกแต่ละครั้ง 20-60 นาที และฝึกด้วยความหนัก 50-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ACSM, 2000)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ในกลุ่มที่นอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

จากคะแนนของการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับระหว่างก่อนการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) 7 วัน และก่อนการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) 7 วัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 26.4 คะแนน เป็น 27.1 คะแนน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพของการนอนหลับที่ดีขึ้น (ภาคผนวก ช)

เวลาปฏิกิริยา

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 2 (กลุ่มที่นอนตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น) พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อน (919.54 ± 58.26 ms.) และหลังการทดลอง (962.05 ± 62.27 ms.) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น ในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไปที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา แต่จากผลการทดลองพบว่า เวลาปฏิกิริยามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า เมื่อร่างกายได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกัน อาจส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ความเร็วในกระบวนการ ส่งข้อมูลจากสมองทำงานได้ช้าลง โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากสลับซับซ้อนมากขึ้น (Rietjens et al., 2005) ถึงแม้ร่างกายจะได้รับการนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอก็อาจจะส่งผลให้เวลาปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dupuy et al. (2010) ที่พบว่า เมื่อมีการฝึกมากเกินระยะสั้น ด้วยการเพิ่มความหนักขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในนักกีฬาที่ฝึกความอดทน จะทำให้เวลาปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจาก 1188 ± 261 เป็น 1297 ± 231 ms.

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 2 (กลุ่มที่นอนตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น) พบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อน (191.55 ± 44.67 N.m) และหลังการทดลอง (184.65 ± 53.44 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อระหว่างก่อน (158.43 ± 34.19 N.m) และหลังการทดลอง (160.03 ± 36.55 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยของความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อน (3297.17 ± 483.52 N.m) และหลังการทดลอง (3182.92 ± 823.79 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกซ้อมมากเกินระยะสั้น ในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไป ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่จากผลการทดลอง พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มลดลง 4.63 และ 4.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อร่างกายได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกัน อาจก่อให้เกิดความเมื่อยล้า ทำให้แรงที่เกิดจากการหดตัวจะลดลง การศึกษาในนักกีฬา พบว่า การเมื่อยล้าที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณไกลโคเจนที่ลดลง ดังนั้นการที่กล้ามเนื้อเกิดอาการล้า จึงอาจเกิดจากความบกพร่องของกระบวนการหดตัวและเมตาบอลิซึมของเส้นใยกล้ามเนื้อที่พยายามทำงานปริมาณเท่าเดิมให้ได้อย่างต่อเนื่อง ดังเช่น การศึกษาของ Costill et al. (1988) ที่ศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 8 คน มีการเพิ่มปริมาณของการฝึกซ้อมเป็น 2 เท่า จากปกติ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า มีนักกีฬาจำนวน 4 คน ที่ไม่สามารถรักษาระดับของการเพิ่มความหนักขึ้นได้ โดยพบว่ามีการลดลงอย่างมากของความเข้มข้นของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลายบริเวณกล้ามเนื้อ Deltoid ส่วนหลัง เมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาอีก 4 คน ซึ่งสามารถทนต่อการปรับเพิ่มปริมาณของการฝึกซ้อมได้ นอกจากนี้ จากการทดลองพบว่า การส่งผ่านกระแสประสาทที่บริเวณจุดประสานประสาทและกล้ามเนื้อลดลง หลังจากการฝึกซ้อมเป็นเวลานาน อาจทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงได้ (พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์, 2551; Davis, 1995) สอดคล้องกับ Mackinnon and Hooper (2000) ที่เขียนไว้ว่า นักกีฬาที่เพิ่มปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อม อาจจะมีอาการแสดงของภาวะการฝึกมากเกินทั้งระยะสั้นและระยะยาวได้ เช่น เกิดความเมื่อยล้า เกิดการเปลี่ยนแปลงทางฮอร์โมน และการลดลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจจะทำให้ความสามารถทางกีฬาลดลงได้ แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่ชัดเจนว่า การลดลงของ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นนั้นมาจากความเมื่อยล้าในช่วงสั้น ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการฝึกซ้อมหรือเป็นผลมาจากความเมื่อยล้าสะสมที่เกี่ยวข้องกับภาวะของการฝึกมากเกินระยะสั้น

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 2 (กลุ่มที่นอนตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น) พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อน (35.35 ± 3.65 ml./ kg./ min) และหลังการทดลอง (36.43 ± 3.19 ml./ kg./ min) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การนอนหลับตามปกติและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น ในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของระบบไหลเวียน

เลือดและระบบหายใจ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไปที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3.51 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Halson (2003) ที่พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีการเพิ่มขึ้นจาก 59.0 เป็น 60.0 ml./ kg./ min หลังจากได้รับการฝึกด้วยความหนักสูงติดต่อกันเป็นเวลา 7 วัน แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มระยะเวลาการฝึกด้วยความหนักสูงติดต่อกันเป็นเวลา 14 วัน พบว่า ปริมาณ การใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงจาก 60.0 เป็น 55.5 ml./ kg./ min ซึ่งสอดคล้องกับการ ศึกษาของ Jeukendrup et al. (1992) ที่พบว่า หลังจากได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกันเป็นเวลา 14 วัน ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลง 8 เปอร์เซ็นต์ จาก 4.8 เป็น 4.4 ลิตรต่อนาที และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Snyder et al. (1995) ที่พบว่า หลังจากมีการเพิ่มการฝึกด้วยความหนักสูงติดต่อกันเป็นเวลา 15 วัน ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงจาก 4.94 เป็น 4.65 ลิตรต่อนาที ประกอบกับก่อนการทดสอบครั้งที่ 2 กลุ่มตัวอย่างได้พักอย่างเต็มที่ รวมทั้งผู้วิจัยไม่ได้ควบคุมเรื่องการรับประทานอาหาร เมื่อนักกีฬาได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักที่สูง ก็อาจจะชดเชยด้วยการรับประทานอาหารที่มีพลังงานสูง ทำให้ร่างกายสามารถฟื้นสภาพกลับมา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Halson (2003) ที่ศึกษาผลของการเสริมคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถและอาการของการฝึกมากเกินระยะสั้นในระหว่างที่มีการฝึกด้วยความหนักสูง โดยพบว่า กลุ่มที่ได้รับสารละลายคาร์โบไฮเดรตสูง (ได้รับ 6% CHO Solution ก่อนและระหว่างการฝึกซ้อมและ 20% CHO หลังจากการฝึกซ้อม 1 ชั่วโมง) มีการลดลงของความอดทนของกล้ามเนื้อ 17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสารละลายคาร์โบไฮเดรตต่ำ (ได้รับ 2% CHO Solution ในช่วงเวลาเดียวกัน) ที่มีการลดลง 26 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการเสริมคาร์โบไฮเดรตสามารถจะลดความรุนแรงของอาการของการฝึกมากเกินระยะสั้นได้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

จากคะแนนของการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับระหว่างก่อนการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-Test) 7 วัน และก่อนการทดสอบหลังการทดลอง (Post-Test) 7 วัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 25.5 คะแนน เป็น 23.5 คะแนน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพของการนอนหลับที่ลดลงโดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีภาวะง่วงนอนมากขึ้น (จาก 8.3 คะแนน เป็น 5.7 คะแนน) (ภาคผนวก ช)

เวลาปฏิกิริยา

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 3 (กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ) พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อน (864.71 ± 61.41 ms.) และหลังการทดลอง (936.19 ± 61.79 ms.) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ ในเวลา 1 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้น 8.49 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า เมื่อร่างกายมีการอดนอน จะทำให้เพิ่มระดับของภาวะง่วงนอนในระหว่างวัน ซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของระบบประสาท โดยทำให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้าลง หรือลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Buck (1975) และ Philip et al. (2004) ที่พบว่าเวลาปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นหลังจากร่างกายมีการอดนอน

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 3 (กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ) พบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างก่อน (194.51 ± 31.75 N.m) และหลังการทดลอง (174.24 ± 35.13 N.m) มีค่าแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อระหว่างก่อน (162.36 ± 29.08 N.m) และหลังการทดลอง (157.84 ± 25.68 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยของความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อน (3144.93 ± 627.99 N.m) และหลังการทดลอง (2968.54 ± 591.07 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติในเวลา 1 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยมีอัตราการลดลง 10.47 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มการลดลงของกำลังของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ 2.41 และ 4.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เมื่อร่างกายมีการอดนอนจะส่งผลเสียต่อการทำงานของระบบประสาท โดยจะไปจำกัดหรือขัดขวางการระดมจำนวนเส้นใยของกล้ามเนื้อของหน่วยยนต์และการเพิ่มความถี่ในการกระตุ้น ดังนั้น แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงลดลง ส่งผลให้ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อลดลงด้วย และอีกเหตุผลหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การอดนอนอาจจะมีผลต่อระดับของสารสื่อประสาทในสมอง โดยเฉพาะ Serotonin ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ อาจจะไปขัดขวางการส่งกระแสประสาทจากระบบประสาทส่วนกลางไปยังกล้ามเนื้อ ทำให้มีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Reilly and

Piercy (1994) ที่พบว่า การอดนอนเฉพาะบางช่วง โดยถูกลดจำนวนชั่วโมงในการนอนลง 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 คืน มีผลต่อแรงในการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อลดลงในท่า Bench Press, Leg Press และ Dead Lift ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Henaghan (2004) ที่ศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลางเป็นเวลา 7 วัน พบว่า หลังจากการอดนอนทำให้เกิดภาวะง่วงนอนมากขึ้น และมีแนวโน้มว่าความแข็งแรงสูงสุดแบบอยู่กับที่ของกล้ามเนื้อขาและแขนมีการลดลง 9 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 3 (กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ) พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อน (39.04 ± 5.51 ml./ kg./ min) และหลังการทดลอง (39.32 ± 5.26 ml./ kg./ min) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกซ้อมตามปกติในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไปที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าระดับความหนักของงาน ความถี่และระยะเวลาของการฝึกซ้อมที่นำมาใช้มีความเหมาะสมต่อการกระตุ้นการตอบสนองของร่างกาย ถึงแม้ว่าร่างกายจะมีการอดนอน ก็ไม่ส่งผลต่อการลดลงของสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ซึ่งทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับเริ่มต้น หรืออาจเนื่องมาจากการอดนอนอาจจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเลือดที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac Output) และการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Martin and Gaddis (1981) และ Horne and Pettitt (1984) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการอดนอนทั้งคืน โดยให้อดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 30-72 ชั่วโมง พบว่า การอดนอนไม่มีผลต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในการทำงานของร่างกายและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ในกลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

จากคะแนนของการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับระหว่างก่อนการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-Test) 7 วัน และก่อนการทดสอบหลังการทดลอง (Post-Test) 7 วัน พบว่า

มีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 25.9 คะแนน เป็น 23.4 คะแนน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพของการนอนหลับที่ลดลงโดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีภาวะง่วงนอนมากขึ้น (จาก 8.1 คะแนน เป็น 3.6 คะแนน) (ภาคผนวก ช)

เวลาปฏิกิริยา

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 4 (กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น) พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาระหว่างก่อน (870.27 ± 46.21 ms.) และหลังการทดลอง (940.49 ± 65.20 ms.) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้นในเวลา 1 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาปฏิกิริยา โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้น 8.11 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า เมื่อร่างกายมีการอดนอน จะทำให้เพิ่มระดับของภาวะง่วงนอนในระหว่างวัน อีกทั้งร่างกายต้องได้รับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกันร่วมด้วย จึงทำให้เกิดความเมื่อยล้ามากกว่าปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อและมีผลต่อการทำงานของระบบประสาท โดยทำให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้าลงหรือลดลง ดังที่ ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวไว้ว่า ความเมื่อยล้าจะทำให้เวลาปฏิกิริยายาวออกไป

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 4 (กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น) พบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างก่อน (184.42 ± 28.36 N.m) และหลังการทดลอง (161.68 ± 24.66 N.m) มีค่าแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อระหว่างก่อน (148.41 ± 22.78 N.m) และหลังการทดลอง (143.78 ± 20.65 N.m) มีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยของความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อน (3026.16 ± 477.37 N.m) และหลังการทดลอง (2604.28 ± 569.41 N.m) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้นในเวลา 1 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยมีอัตราการลดลง 12.06 เปอร์เซ็นต์ และ 14.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีแนวโน้มการลดลงของกำลังของกล้ามเนื้อ 2.83 เปอร์เซ็นต์ ด้วย โดยปกติเมื่อร่างกายมีการฝึกซ้อมอย่างหนัก ร่างกายจะมีกระบวนการในการรักษาสมดุลของร่างกาย (Homeostasis) โดยให้ร่างกายมีการพักผ่อนมากขึ้น เพื่อช่วยสงวนพลังงานและปรับตัวต่อความกดดันทั้งทางร่างกายและจิตใจ แต่เมื่อร่างกายมีการ

อดนอน อาจจะทำให้กระบวนการในการฟื้นสภาพของร่างกายทำงานได้ลดลง ทำให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้าของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ดังที่ Davis (1995) ได้รายงานไว้ว่า ความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนกลางจะไปขัดขวางหรือจำกัดการส่งกระแสประสาทของเส้นประสาทยนต์ ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อลดลง ซึ่งส่งผลต่อแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการออกแรงซ้ำ ๆ กัน หลาย ๆ ครั้งลดน้อยลง ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของ Serotonin ในสมองซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีความสัมพันธ์กับภาวะง่วงนอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (Kirkendall, 2000) โดยการเพิ่มระดับของ Serotonin จะเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการออกกำลังกาย เพื่อฝึกความอดทน ซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมกับภาวะเริ่มต้นของความเมื่อยล้า ซึ่งเป็นไปได้ว่า การเพิ่มของ Serotonin อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการของสารสื่อประสาทตัวอื่น ๆ ด้วย เช่น Dopamine และ Acetycholine ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจจะมีผลต่อภาวะตื่นตัวของร่างกาย ส่วนความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อนั้น อาจจะเกี่ยวข้องกับการส่งกระแสประสาทที่บริเวณ Neuromuscular Junction น้อยลง ส่งผลให้การหลั่งสาร Acetylcholine ลดน้อยลงด้วย หรืออาจเกิดจากกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อ แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงลดลง (Kirkendall, 2000)

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มทดลองที่ 4 (กลุ่มที่อดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น) พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อน (40.16 ± 3.67 ml./ kg./ min) และหลังการทดลอง (41.11 ± 4.99 ml./ kg./ min) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การอดนอนระดับปานกลางและได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้นในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกซ้อมที่สั้นเกินไปที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2.60 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงร่วมกับการอดนอนไม่ส่งผลต่อการลดลงของสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ และสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการเปรียบเทียบภายหลัง พบว่า เวลาปฏิกิริยาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 และกลุ่มทดลองที่ 4 และความอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อร่างกายมีการอดนอนหรือฝึกมากเกินระยะสั้น จะทำให้มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ จะเกี่ยวข้องกับการส่งกระแสประสาทที่บริเวณ Motor Cortex และของหน่วยยนต์ (Motor Unit) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสารสื่อประสาทในสมอง ดังที่กล่าวมาแล้วในการอภิปรายตอนต้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง ดังเช่น Piper (1993) ได้กล่าวว่า การนอนหลับที่ไม่เพียงพอและไม่มีคุณภาพในตอนกลางคืน จะทำให้ง่วงนอนมากในเวลากลางวัน และเกิดความเมื่อยล้ามากขึ้น โดยเฉพาะในนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมอย่างหนัก ซึ่งอาจจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายและสมรรถภาพของนักกีฬาลดลงมากกว่าการอดนอนหรือการฝึกมากเกินระยะสั้นเพียงอย่างเดียว

จากค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ที่ไม่มีความแตกต่างกันนั้น อาจเนื่องมาจากระยะเวลาและงานที่ทำการทดสอบ เนื่องจากการทดสอบกำลังของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถในการประยุกต์ใช้แรงสูงสุดในเวลาที่น้อยที่สุด ซึ่งเป็นการทำงานในระยะเวลาที่สั้นเกินไป ที่จะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเหล่านี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rodger et al. (1995) และ Vardar et al. (2007) ที่ได้ศึกษาไว้ว่า การอดนอนไม่มีผลต่อ Anaerobic Power โดยที่ Souissi et al. (2008) ได้รายงานว่า ระยะเวลาของการอดนอนจะมีความสำคัญต่อ Peak Power เมื่อต้องอดนอนติดต่อกันเป็นเวลา 36 ชั่วโมง จึงจะทำให้ Peak Power ลดลง แต่การทดลองครั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างอดนอนโดยลดจำนวนการนอนหลับลง 2 ชั่วโมงต่อคืน เป็นเวลา 7 วัน จึงอาจไม่ส่งผลต่อกำลังของกล้ามเนื้อ และสาเหตุที่ทำให้การอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นไม่มีผลต่อ

ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดอาจเนื่องมาจากช่วงระยะเวลาของการอดนอนอาจจะสั้นเกินไปที่จะมีผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพราะจากงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า จะมีผลเมื่อร่างกายต้องอดนอนทั้งคืน (Chen, 1991; Plyley et al., 1987) อีกสาเหตุที่เป็นไปได้ คือ การอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Cardiac Output และการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น นอกจากนี้อาจเกิดจากสภาพจิตใจของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากการทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นแบบทดสอบสุดท้ายของการทดลองครั้งนี้ ทำให้นักกีฬามีแรงจูงใจในการทำการทดสอบ ซึ่งสังเกตได้จากเวลาตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนกระทั่งหมดแรง (Time to Exhaustion) ของกลุ่มทดลองที่ 1 (จาก 434 วินาที เป็น 493 วินาที), กลุ่มทดลองที่ 2 (จาก 422 วินาที เป็น 428 วินาที), กลุ่มทดลองที่ 3 (จาก 491 วินาที เป็น 496 วินาที)ไม่มีการลดลง ยกเว้นในกลุ่มทดลองที่ 4 ที่มีการอดนอนระดับปานกลางร่วมกับการฝึกมากเกินระยะสั้น ที่มีเวลาตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนกระทั่งหมดแรงลดลงเพียงเล็กน้อย (จาก 503 วินาที เป็น 486 วินาที)

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า เมื่อได้รับการฝึกซ้อมอย่างถูกต้องและเหมาะสมและมีการนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอ จะทำให้สมรรถภาพของร่างกายมีการพัฒนามากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อร่างกายมีการอดนอนระดับปานกลางเป็นเวลา 7 คืน ติดต่อกัน จะทำให้การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพน้อยลง โดยเฉพาะเมื่อต้องอดนอนร่วมกับมีการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกันหลายวัน จะทำให้มีการสะสมการอดนอนและอาการเมื่อยล้าเพิ่มมากขึ้น ก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายลดลงมากขึ้นด้วย ดังนั้นการควบคุมในเรื่องโปรแกรมการฝึกซ้อมและการพักผ่อนของนักกีฬาจึงมีความจำเป็นอย่างมากในการที่จะพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาให้สูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในนักกีฬาชายที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4-7)

2. ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4-8)

3. ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ภายในกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4-9)

4. ค่าเฉลี่ยของกำลังของกล้ามเนื้อ และปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ ภายในกลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4-10)

5. ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกำลังของกล้ามเนื้อและปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของเวลาปฏิกิริยาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่เวลาปฏิกิริยาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 และกลุ่มทดลองที่ 4 และความอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4-13 ถึง 4-16)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

จากผลการทดลอง ทำให้ได้ข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่า การอดนอนในระยะสั้น ๆ ร่วมกับการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงติดต่อกัน 1 สัปดาห์ จะทำให้เวลาปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อลดลงมากกว่าการอดนอนหรือการฝึกด้วยความหนักสูงเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การนอนหลับจึงมีความสำคัญเพิ่มขึ้น เมื่อต้องทำกิจกรรมที่หนักและเป็นเวลานาน จึงอาจกล่าวได้ว่า การอดนอนเป็นปัญหาและอุปสรรคอย่างหนึ่งที่จะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้การศึกษาทั้งผู้ที่อยู่ในวัยเรียนหรือทำงานในอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนนักกีฬาชนิดต่าง ๆ เพื่อที่จะปฏิบัติตนให้ถูกต้อง โดยควรตระหนักถึงความสำคัญของการนอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอ และหลีกเลี่ยงภาวะที่อาจนำไปสู่การอดนอน

มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนั้น ข้อมูลที่ได้อาจเป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นแยกตามชนิดกีฬาต่าง ๆ

2. ควรมีการศึกษาผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้นที่มีต่อสมรรถภาพด้านอื่น ๆ หรือกลุ่มกล้ามเนื้อมัดอื่นที่เกี่ยวข้อง

บรรณานุกรม

กนกวรรณ ติลกสกุลชัย. (2545). สรีรวิทยาระบบประสาทส่วนกลาง. ใน สุพรพิมพ์ เจียสกุล (บรรณาธิการ), *สรีรวิทยา 3* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

กันตพร ยอดไชย, อารีย์ อ่วมตานี และทิพมาส ชิณวงศ์. (2550). ภาวะง่วงนอนในพยาบาลวิชาชีพ: ผลของความเมื่อยล้าและคุณภาพการนอนหลับ. *วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *30*(2), 38-48.

จันทร์จิรา ความรู้. (2548). *ปัจจัยคัดสรรที่สัมพันธ์กับความง่วงในพนักงานขับรถโดยสารประจำทาง*. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพยาบาลศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิราพร วรแสน. (2549). การนอนหลับและความผิดปกติในการนอนหลับ. *วารสารรามคำแหง*, *23*, 132-145.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการฝึกความเร็ว*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิม ชัยวัชราภรณ์. (2542). Overtraining Test. ใน *การอบรมเชิงปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา เรื่อง การพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อเตรียมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 วันที่ 2-6 สิงหาคม 2542 ณ กรมพลศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ*. กรุงเทพฯ: บางกอกบล็อก.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ธรรกมลการพิมพ์.

ดารัสนี โพธารส. (2539). ทำอย่างไรเมื่อนอนไม่หลับ. *วารสารคณะพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา*, *4*(1), 13-18.

ทายาท ดีสุดจิต. (2549). Physiological Basis of EEG Recording. ใน กนกวรรณ บุญญพิสิฏฐ์ (บรรณาธิการ), *ตำราการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง* (หน้า 1-22). กรุงเทพฯ: โฮลิสติก พับลิชชิ่ง.

นัยพินิจ คชภักดี. (2534). ประสาทชีววิทยาเบื้องต้นของการนอนหลับ. ใน *การประชุมวิชาการด้านประสาทวิทยาศาสตร์ วันที่ 27-28 พฤศจิกายน 2534 ณ คณะสาธารณสุขศาสตร์* (หน้า 29-46). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิคม ภูละมุล. (2544). *ผลของโปรแกรมการฝึก 2 โปรแกรมที่มีต่อความเร็วในการวิ่ง 800 เมตร*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรัชชลา ภู่สี. (2549). *ผลของการนวดไทยและการนวดสากลต่อการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อและการฟื้นสภาพ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์. (2551). *สรีรวิทยาระบบกล้ามเนื้อ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.

พิชิต ภูติจันทร์. (2547). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิศาล สมทรง. (2545). *ผลของการฝึกวิ่งบนชายหาดกับบนพื้นราบที่มีต่อระบบการไหลเวียนโลหิต.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ญจันทร์ ศรีสุขสวัสดิ์ และเอนก สูตรมงคล. (2546). เวลาปฏิกิริยาของบุคคลในแต่ละช่วงอายุทั้งชายและหญิง. *วารสารศึกษาศาสตร์, 15*(1), 57-72.

มานิต ศรีสุรภานนท์. (2549). *Sleep and Its Abnormalities*. เชียงใหม่: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาโนช บุตรเมือง. (2539). *ผลของฝึกความอ่อนตัวแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ ที่มีต่อความเร็วในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 50 เมตร.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยาวพา ชูถึง. (2547). *ผลของการฟังดนตรีไทยประยุกต์ต่อคุณภาพการนอนหลับของผู้สูงอายุในสถานสงเคราะห์คนชรา.* วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รัชนีวรรณ บูลกุล. (2552). การฝึกว่ายน้ำมากเกินไปจนเกิดอาการ Burnout. *ใน การอบรม 2009 FINA ASEAN COACH CLINIC วันที่ 19-25 กุมภาพันธ์ 2552 ณ การกีฬาแห่งประเทศไทย* (หน้า 98-101). กรุงเทพฯ: สมาคมผู้ฝึกสอนว่ายน้ำแห่งประเทศไทย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2525). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525.* กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

ราตรี สินธุนาวา, สุนันท์ พฤกษาชีวะ, ชัยสิทธิ์ ลีชนะวาณิชพันธ์, ไถอ้อน ชินธเนศ, เพิ่มพร ภูธรใจ, ลักษมณ วงศ์วรรณ และสุรศักดิ์ เกิดจันทึก. (2535). *ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของมือและเท้า ความเร็วและความอดทนของกล้ามเนื้อ กับผลของการแข่งขันของนักมวยสากลในการแข่งขันกีฬาแห่งชาติ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2535.* กรุงเทพฯ: ไทยมิตรการพิมพ์.

ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม. (2545). *ประสาทสรีรวิทยา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เรวดี วงศ์จันทร์. (2544). *ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีช่วงระยะห่างของการฝึกต่างกันที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณี เจิมสุรวงศ์. (2539). *ผลของการเต้นแอโรบิคแบบแรงกระแทกต่ำและสเต็ปแอโรบิคต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันใหม่ ประพันธ์บัณฑิต. (2549). การฝึกมากเกิน (Overtraining). *สารวิทยาศาสตร์การกีฬา*, *7*(77), 2-4.

วิภาวรรณ ตั้งนิพนธ์. (2534). ประสาทเคมีของการนอนหลับ. ใน *การประชุมวิชาการด้านประสาทวิทยาศาสตร์ วันที่ 27-28 พฤศจิกายน 2534 ณ คณะสาธารณสุขศาสตร์* (หน้า 47-67). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร และอารีย์ ปรมัตถากร. (2542). *วิทยาศาสตร์การกีฬา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

สนธยา สีละมาด. (2551). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพจน์ ตุลารัตนพงษ์. (2533). *ผลการอดนอนระยะสั้นที่มีต่อความแข็งแรงและอดทนของนิสิตชาย*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

สุริยาพันธุ์ สุขใจ. (2534). ความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยาและการควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติในระหว่างการนอนหลับ. ใน *การประชุมวิชาการด้านประสาทวิทยาศาสตร์ วันที่ 27-28 พฤศจิกายน 2534 ณ คณะสาธารณสุขศาสตร์* (หน้า 84-103). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

Afaghi, A., O'Connor, H., & Moi Chow, C. (2007). Highglycemic-Index Carbohydrate Meals Shorten Sleep Onset. *American Journal of Clinical Nutrition*, *85*, 426-430.

Alves, R. N., Costa, L. O. P., & Samulski, D. M. (2006). Monitoring and Prevention of Overtraining in Athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *12*(5), 262-266.

American College of Sports Medicine. (2000). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (6th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.

Atkinson, G., Drust, B., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2003). Therelevance of Melatonin to Sports Medicine and Science. *Sports Medicine, 33*, 809-831.

Ayas, N. T., White, D. P., Al-Delaimy, W. K., Manson, J. E., Stampfer, M. J., Speizer, F. E., Patel, S., & Hu, F. B. (2003). A Prospective Study of Self-Reported Sleep Duration and Incident Diabetes in Women. *Diabetes Care, 26*(2), 380-384.

Bambaeichi, E., Reilly, T., Cable, N., & Giacomoni, M. (2005). The influence of time of day and partial sleep loss on muscle strength in eumenorrheic females. *Ergonomics, 48*(11-14), 1499-1511.

Barron, J. L., Noakes, T. D., Levy, W., Smith, C., & Miller, C. P. (1985). Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 60, 803-806.

Bliwise, D. L. (2000). Normal Aging. In M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (3rd ed., pp. 26-42). Philadelphia: W. B. Saunders.

Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (1992). Caffeine Use as a Model of Acute and Chronic Insomnia. *Sleep, 15*, 526-536.

Bravo, D. F., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. Interval Training in Football. *International Journal of Sports Medicine*, *29*(8), 668-674.

Buck, L. (1975). Sleep Loss Effects on Movement Time. *Ergonomics, 18*, 415-425.

Budgett, R. (1998). Fatigue and Underperformance in Athletes: The Overtraining Syndrome. *British Journal of Sports Medicine, 32*, 107-110.

Bulbulian, R., Heaney, J. H., Leake, C. N., Sucec, A. A., & Sjoholm, N. T. (1996). The Effect of Sleep Deprivation and Exercise Load on Isokinetic Leg Strength and Endurance. *European Journal of Applied Physiology, 73*(3), 273-277.

Callister, R., Callister, R. J., Fleck, S. J., & Dudley, G. A. (1990). Physiological and Performance Responses to Overtraining in Elite Judo Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *22*(6), 816-824.

Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (2000). Normal Human Sleep: An Overview. In M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (3rd ed., pp. 15-25). Philadelphia: W. B. Saunders.

Chen, H. I. (1991). Effects of 30-h Sleep Loss on Cardiorespiratory Functions at Rest and in Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *23*(2), 193-198.

Cluydts, R., Valck, E. D., Verstraeten, E., & Theys, P. (2002). Daytime Sleepiness and Its Evaluation. *Sleep Medicine Review*, *6*(2), 83-96.

Cooper, B. C., & Storer, W. T. (2001). *Exercise Testing and Interpretation: A Practical Approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

Costill, D. L., Flynn, M. G., Kirwan, J. P., Houmard, J. A., Mitchell, J. B., Thomas, R., & Park, S. H. (1988). Effects of Repeated Days of Intensified Training on Muscle Glycogen and Swimming Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(3), 249-254.

Davis, J. M. (1995). Carbohydrates, Branched-Chain Amino Acids, and Endurance: The Central Fatigue Hypothesis. *International Journal of Sport Nutrition, 5*, s29-s38.

Dupuy, O., Renaud, M., Bherer, L., & Bosquet, L. (2010). Effect of functional overreaching on executive functions. *International Journal of Sports Medicine, 31*(9), 617-623.

Flynn, M. G., Pizza, F. X., Boone, J. B. Jr., Andres, F. F., Michaud, T. A., & Rodriguez-Zayas, J. R. (1994). Indices of Training Stress During Competitive Running and Swimming Seasons. *International Journal of Sports Medicine, 15*, 21-26.

Fry, A. C., Kraemer, W. J., van Borselen, F., Lynch, J. M., Marsit, J. L., Roy, E. P., Triplett, N. T., & Knuttgen, H. G. (1994). Performance Decrements with High-Intensity Resistance Exercise Overtraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *26*(9), 1165-1173.

Guyton, C., & Hall, J. E. (2006). *Textbook of Medical Physiology* (11th ed.). Baltimore: Elsevier.

Halson, S. L., Bridge, M. W., Meeusen, R., Busschaert, B., Gleeson, M., Jones, D. A., & Jeukendrup, A. E. (2002). Time Course of Performance Changes and Fatigue Markers During Intensified Training in Trained Cyclists. *Journal of Applied Physiology, 93*, 947-956.

Halson, S. L. (2003). *Performance, Metabolic and Hormonal Alterations During Overreaching.* Doctoral dissertation, School of Human Movement Studies, Queensland University of Technology.

Halson, S. L. (2008). Nutrition, Sleep and Recovery. *Europian Journal of Sport Science, 8*(2), 119-126.

Hazeldine, R. (1978). *Fitness for Sport.* Mailbrourh, London: The Crorood Press.

Henaghan, S. M. (2004). *The Effects of Moderate Sleep Loss on Sleepiness Levels and Neuromuscular Function in Healthy Males*. Master's thesis, Health Science, Auckland of Technology.

Heyward, V. H. (2002). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription* (4th ed.). Champaign: Human Kinetics.

Himashree, G., Banerjee, P., & Selvamurthy, W. (2002). Sleep and Performance-Recent Trends. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, *46*(1), 6-24.

Hooper, S., Mackinnon, L. T., Gordon, R. D., & Bachmann, A. W. (1993). Hormonal Responses of Elite Swimmers to Overtraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 25*, 741-747.

Hooper, S., Mackinnon, L. T., Howard, A., Gordon, R. D., & Bachmann, A. W. (1995). Markers for monitoring overtraining and recovery in elite swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 27*, 106-112.

Horne, J. A., & Pettitt, A. N. (1984). Sleep Deprivation and the Physiological Response to Exercise Under Steady-State Conditions in Untrained Subjects. *Sleep, 7*(2), 168-179.

Jeukendrup, A. E., & Hesselink, M. K. (1994). Overtraining-What do Lactate Curve Tell Us?, *British Journal of Sports Medicine*, *28*(4), 239-240.

Jeukendrup, A. E., Hesselink, M. K., Snyder, A. C., Kuipers, H., & Keizer, H. A. (1992). Physiological Changes in Male Competitive Cyclists after Two Weeks of Intensified Training. *International Journal of Sports Medecine, 13*(7), 534-541.

Kirkendall, D. (2000). Fatigue from Voluntary Motor Activity. In W. E. Garrett & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 97-104). Philadelphia: Lippincott, William & Wilkins.

Lambert, M. I., Viljoen, W., Bosch, A., Pearce, A. J., & Sayers, M. (2008). *The Olympic Textbook of Medicine in Sport*. n.p.

Lehmann, M., Baumgartl, P., Wiesenack, C., Seidel, A., Baumann, H., Fischer, S., Spöri, U., Gendrisch, G., Kaminski, R., & Keul, J. (1992). Training-Overtraining: Influence of a Defined Increase in Training Volume vs Training Intensity on Performance, Catecholamines and Some Metabolic Parameters in Experienced Middle-and Long-Distance Runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *64*(2), 169-177.

Mackinnon, L. T., & Hooper, S. L. (2000). Overtraining and Overreaching: Causes, Effects, and Prevention. In W. E. Garrett, & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 487-498). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Marieb, E. N. (2001). *Human Anatomy and Physiology* (5th ed.). San Francisco: Benjamin Cummings.

Martin, B. J. (1981). Effect of Sleep Deprivation on Tolerance of Prolonged Exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 47*(4), 345-354.

Martin, B. J. (1986). Sleep Deprivation and Exercise Tolerance. In *Annual Rept.* n.p.

Martin, B. J., & Chen, H. I. (1984). Sleep Loss and the Sympathoadrenal Response to Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *16*(1), 56-59.

Martin, B. J., & Gaddis, G. M. (1981). Exercise after Sleep Deprivation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *13*(4), 220-223.

Mougin, F., Bourdin, H., Simon-Rigaud, M. L., Didier, J. M., Toubin, G., & Kantelip, J. P. (1996). Effects of a Selective Sleep Deprivation on Subsequent Anaerobic Performance. *International Journal of Sports Medicine, 17*(2), 115-119.

Mougin, F., Bourdin, H., Simon-Rigaud, M. L., Nguyen Nhu, U., Kantelip, J. P., & Davenne, D. (2001). Hormonal Responses to Exercise after Partial Sleep Deprivation and after a Hypnotic Drug-Induced Sleep. *Journal of Sports Sciences, 19*(2), 89-97.

Mougin, F., Davenne, D., Simon-Rigaud, M. L., Renaud, A., Garnier, A., & Magnin, P. (1989). Disturbance of Sports Performance after Partial Sleep Deprivation. *Comptes Rendus Des Séances De La Société De Biologie Et De Ses Filiales, 183*(5), 461-466.

Mougin, F., Simon-Rigaud, M. L., Davenne, D., Renaud, A., Garnier, A., Kantelip, J. P., & Magnin, P. (1991). Effects of Sleep Disturbances on Subsequent Physical Performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 63*(2), 77-82.

Myles, W. S. (1985). Sleep Deprivation, Physical Fatigue, and the Perception of Exercise Intensity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *17*(5), 580-584.

Neri, D. F., Dinges, D. F., & Rosekind, M. R. (1997). *Sustained Carrier Operations: Sleep Loss, Performance, and Fatigue Countermeasures.* CA: NASA Ames Research Center Moffett Field.

Pelayo, P., Mujika, I., Sidney, M., & Chatard, J. C. (1996). Blood Lactate Recovery Measurements, Training, and Performance During a 23-Week Period of Competitive Swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *74*, 107-113.

Philip, P., Taillard, J., Sagaspe, P., Valtat, C., Sanchez-Ortuno, M., Moore, N., Charles, A., & Bioulac, B. (2004). Age, Performance and Sleep Deprivation. *Journal of Sleep Research, 13*, 105-110.

Piper, B. F. (1993). Fatigue. In V. Carrieri-Kohlman, A. M. Linsey, & C. M. West (Eds.), *Pathophysiological Phenomena in Nursing* (pp. 279-302). Philadelphia: Saunders.

Plyley, M. J., Shephard, R. J., Davis, G. M., & Goode, R. C. (1987). Sleep Deprivation and Cardiorespiratory Function: Influence of Intermittent Submaximal Exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 56*(3), 338-344.

Reilly, T., & Piercy, M. (1994). The Effect of Partial Sleep Deprivation on Weight-Lifting Performance. *Ergonomics, 37*, 107-115.

Rietjens, G. J., Kuipers, H., Adam, J. J., Saris, W. H., Van Breda, E., Van Hamont, D., & Keizer H. A. (2005). Physiological, Biochemical and Psychological Markers of Strenuous Training-Induced Fatigue. *International Journal of Sports Medecine, 26*(1), 16-26.

Rodgers, C. D., Paterson, D H., Cunningham, D. A., Noble, E. G, Pettigrew, F. P., Myles, W. S., & Taylor, A. W. (1995). Sleep Deprivation: Effects on Work Capacity, Self-Paced Walking, Contractile Properties and Perceived Exertion. *Sleep, 18*(1), 30-38.

Roehrs, T., Carskadon, M. A., Dement, W. C., & Roth, T. (2000). Daytime Sleepiness and Alertness. In M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (3rd ed., pp. 43-52). Philadelphia: W. B. Saunders.

Sawka, M. N., Gonzalez, R. R., & Pandolf, K. B. (1984). Effects of Sleep Deprivation on Thermoregulation During Exercise. *The American Journal of Physiology, 246*, 72-77.

Siegel, J. M. (2003, November). Why We Sleep: The Reasons That We Sleep are Gradually Becoming Less Enigmatic. *Scientific American, 5*, 92-97.

Snyder, A. C., Jeukendrup, A. E., Hesselink, M. K. C., Kuipers, H., & Foster, C. (1993). A physiological/ psychological indicator of over-reaching during intensive training. *International Journal Sports Medicine*, *14*, 29-32.

Snyder, A. C., Kuipers, H., Cheng, B., Servais, R., & Fransen, E. (1995). Overtraining Following Intensified Training with Normal Muscle Glycogen. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 27*(7), 1063-1070.

Souissi, N., Souissi, M., Souissi, H., Chamari, K., Tabka, Z., Dogui, M., & Davenne, D. (2008). Effect of Time of Day and Partial Sleep Deprivation on Short-Term, High Power Output. *Chronobiology International, 25*(6), 1062-1076.

Sutton, J. R. (1991). VO_2 Max-New Concepts and Old Theme. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 24*, 26-29.

Thorpy, M. J., Westbrook, P., Ferber, R., Fredrickson, P., Mahowald, M., Perez-Guerra, F., Reite, M., & Smith, P. (1992). The Clinical Use of the Multiple Sleep Latency Test. *Sleep*, *15*, 268-276.

Vardar, S. A., Öztürk, L., Kurt, C., Bulut, E., Sut, N., & Vardar, E. (2007). Sleep Deprivation Induced Anxiety and Anaerobic Performance. *Journal of Sports Science and Medicine, 6*, 532-537.

Westcott, W. L. (1993). Sensible Weight Training. In IDEA Resource Series (Ed.), *The International Association of Fitness Professionals: Strength Training* (pp. 12-16). n.p.

Willmore, J. H., & Costill, D. L. (1999). *Physiology of Sport and Exercise* (2nd ed.). Illinois: Human Kinetic.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent Form)

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent Form)

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการอดนอนระดับปานกลางและการฝึกมากเกินระยะสั้น ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจในนักกีฬาที่มีลักษณะการแข่งขันแบบไม่ต่อเนื่อง

วันที่ให้คำยินยอม **วันที่……..เดือน……...……พ.ศ……...**

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้โดยสมัครใจ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม……..ผู้ยินยอม

(…….)

ลงนาม……..พยาน

(…….)

ลงนาม……..ผู้ทำวิจัย

(…….)

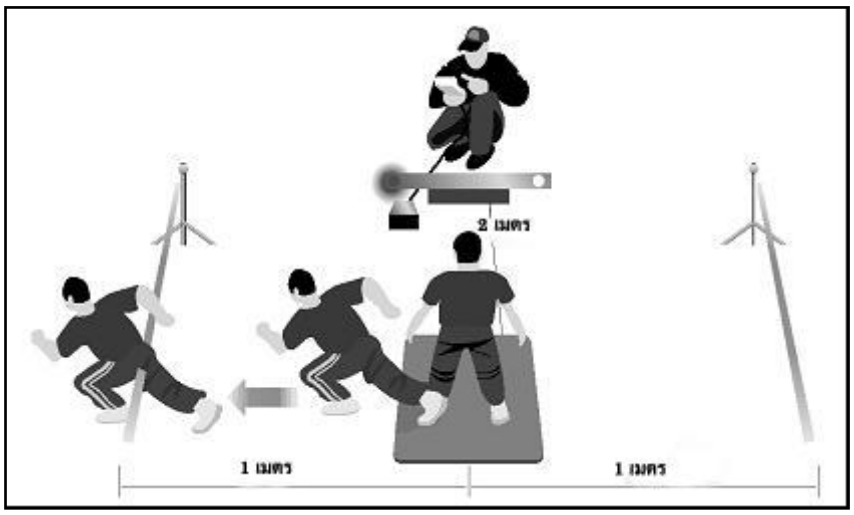
ภาคผนวก ข

การทดสอบเวลาปฏิกิริยา

การทดสอบเวลาปฏิกิริยา

การเตรียมสถานที่

วางเสื่อรับสัญญาณของ Newtest ไว้ตรงกลาง โดยวาง Speed Light ห่างจากเสื่อรับสัญญาณด้านละ 1 เมตร และเสื่อรับสัญญาณวางห่างจากผู้ทำการวัด 2 เมตร (ดังภาพ)



ภาพภาคผนวก ข-1 การเตรียมสถานที่สำหรับทดสอบเวลาปฏิกิริยา

วิธีการทดสอบ

1. ผู้เข้ารับการทดสอบสังเกตสัญญาณไฟจากผู้ทำการวัดซึ่งมีสองด้าน คือ ด้านซ้ายมือและด้านขวามือของผู้เข้ารับการทดสอบ

2. เมื่อเห็นสัญญาณไฟ ให้ผู้เข้ารับการทดสอบออกตัววิ่งหรือกระโดดไปในทิศทางตามสัญญาณไฟให้เร็วที่สุด โดยวิ่งหรือกระโดดผ่าน Speed light ที่วางอยู่จากจุดเริ่มในระยะทาง 1 เมตร

3. ผู้เข้ารับการทดสอบจะทำการทดสอบทั้งหมด 7-8 ครั้ง ตามการสุ่มการให้สัญญาณจากเครื่องวัด โดยจะใช้เวลาการทดสอบ 3 ครั้งแรกที่ไปทางด้านซ้ายและ 3 ครั้งแรกที่ไปทางด้านขวา รวมทั้งสิ้น 6 ครั้งนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

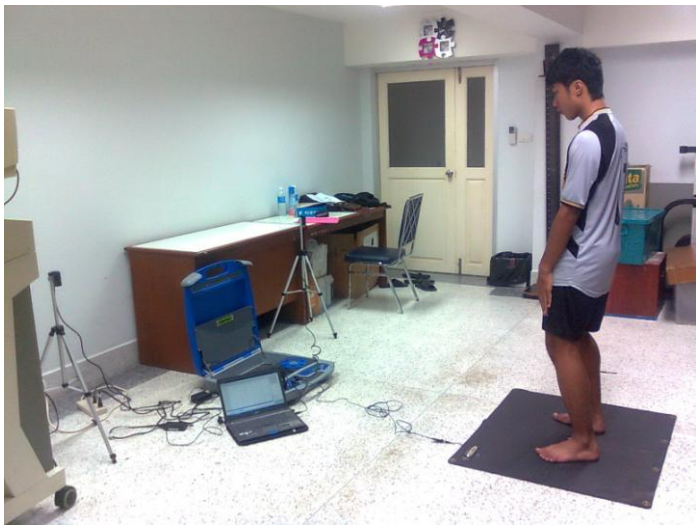
การบันทึกผล

บันทึกเวลาเฉลี่ยของการทดสอบมีหน่วยเป็นms.

แบบบันทึกผลการทดสอบเวลาปฏิกิริยา

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัส .....
ครั้งที่ ..... วันที่ทำการทดสอบ ..... เวลาที่ทำการทดสอบ .....

วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ
The Selection Reaction Time Test	ครั้งที่ 1 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 2 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 3 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 4 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 5 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 6 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 7 ……ms. ด้าน ..... ครั้งที่ 8 ……ms. ด้าน ..... ค่าเฉลี่ย ……ms.



ภาพภาคผนวก ข-2 การทดสอบเวลาปฏิกิริยา โดยใช้เครื่อง Newtest Powertimer

ภาคผนวก ค

การทดสอบความแข็งแรง กำลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ

การทดสอบความแข็งแรง กำลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ

Isokinetic Dynamometer เป็นเครื่องมือที่มีการควบคุมความเร็วของเครื่อง ดังนั้น แรงที่กระทำได้มากที่สุด จะสามารถใช้ได้กับทุกระยะของการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งเครื่อง Isokinetic มีความแม่นตรงและความเชื่อมั่นสูงในการวัดความแข็งแรง กำลังและความอดทนของกล้ามเนื้อ ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การทดสอบกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ในท่า Knee Extension ในข้างที่ถนัด

วิธีการทดสอบ

1. ทำการปรับ (Calibrate) เครื่องมือให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และบันทึกวันที่ทำการทดสอบ ชื่อ เพศ อายุ น้ำหนักและส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง
2. ให้กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
3. จัดตำแหน่งของร่างกาย โดยให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนที่นั่ง หลังพิงพนัก สะโพกงอประมาณ 100 องศา
4. รัดสายรัดของเครื่องมือที่บริเวณกระดูกหน้าแข้ง (Tibial) เหนือตาตุ่ม (Malleoli)
5. จัดแกนจุดหมุนของข้อต่อ (Lateral Femoral Epicondyle) ให้อยู่แนวเดียวกับแกนของเครื่องมือ โดยการปรับตำแหน่งของกลุ่มตัวอย่างหรือปรับที่นั่งของเครื่องให้เหมาะสม
6. รัดสายรัดที่บริเวณต้นขา ขาข้างตรงข้ามที่ทำการทดสอบ สะโพก หน้าอกและแขนให้มั่นคง เพื่อไม่ให้ส่วนอื่น ๆ ของร่างกายเข้ามาเกี่ยวข้องต่อการทดสอบ
7. ตั้งช่วงของการเคลื่อนไหว (Range of Motion) และแก้ไขตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Correction)
8. เริ่มการทดสอบ โดยเริ่มการทดสอบที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที ก่อนทำการทดสอบให้อบอุ่นร่างกายด้วยความหนักต่ำกว่าระดับสูงสุด (Submaximal) จำนวน 3 ครั้ง หลังจากนั้นจึงให้ออกแรงเต็มที่ (Maximal) จำนวน 3 ครั้ง เพื่อวัดแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Peak Torque) หลังจากนั้นให้พักประมาณ 3 นาที และเริ่มทดสอบที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ก่อนทำการทดสอบให้อบอุ่นร่างกายด้วยความหนักต่ำกว่าระดับสูงสุด จำนวน 3 ครั้ง หลังจากนั้นจึงให้ออกแรงเต็มที่ จำนวน 3 ครั้ง เพื่อวัดแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Peak Torque) และให้พักประมาณ 3 นาที แล้วเริ่มทดสอบที่ความเร็ว 180 องศาต่อวินาที โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงเต็มที่ จำนวน 25 ครั้ง เพื่อวัดงานรวมทั้งหมด (Total Work in a 25-repetition Test)

แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัส .....
ครั้งที่ ..... วันที่ทำการทดสอบ ..... เวลาที่ทำการทดสอบ .....

ความเร็วในการทดสอบ	ค่าที่วัดได้
60 องศาต่อวินาที	ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Peak Torque) ……. N.m
120 องศาต่อวินาที	ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Peak Torque) ……. N.m
180 องศาต่อวินาที	งานรวมทั้งหมด (Total Work) ……. N.m

ภาพภาคผนวก ค-1 การทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยใช้เครื่อง Isokinetic

ภาคผนวก ง

การทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

สมรรถภาพทางด้านระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ จะประเมินจากค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ซึ่งได้จากการทดสอบโดยวิธี Incremental Exercise Test โดยใช้ลู่วิ่งกลควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ตามงานวิจัยของ Brovo et al. (2008) ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที เริ่มต้นการทดสอบ กำหนดการวิ่งที่ระดับความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มระดับความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุกนาที จนสิ้นสุดการทดสอบ โดยการทดสอบจะใช้ระยะเวลาประมาณ 8-12 นาที

2. การทดสอบจะสิ้นสุดลงก็ต่อเมื่อถึงเกณฑ์ที่กำหนดอย่างน้อย 2 ข้อจากเกณฑ์พิจารณาต่อไปนี้

2.1 ปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) อยู่ในระดับคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 150 มิลลิลิตรต่อนาที หรือ 2 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ถึงแม้มีการเพิ่มระดับความหนักให้สูงขึ้น

2.2 อัตราการเต้นของหัวใจถึงระดับ 90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2.3 ค่าเศษส่วนของการหายใจ (Respiratory Exchange Ratio: RER) มากกว่า 1.15

2.4 ค่าสเกลรับรู้ระดับความเหนื่อย (Rating Perceived Exertion: RPE) มากกว่า 17

3. ถ้าหากผู้เข้ารับการทดสอบได้หยุดการทดสอบลง หรือไม่สามารถที่จะทดสอบต่อไปได้ โดยไม่เป็นไปตามเกณฑ์ข้างต้น ปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการทดสอบจะเรียกว่า Peak Oxygen Consumption (VO_2 peak) แทน Maximal Oxygen Consumption (VO_2max)

ภาพภาคผนวก ง-1 การทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้ลู่วิ่งกลควบคู่กับการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ

แบบบันทึกผลการทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัส .....
ครั้งที่ ..... วันที่ทำการทดสอบ ..... เวลาที่ทำการทดสอบ .....

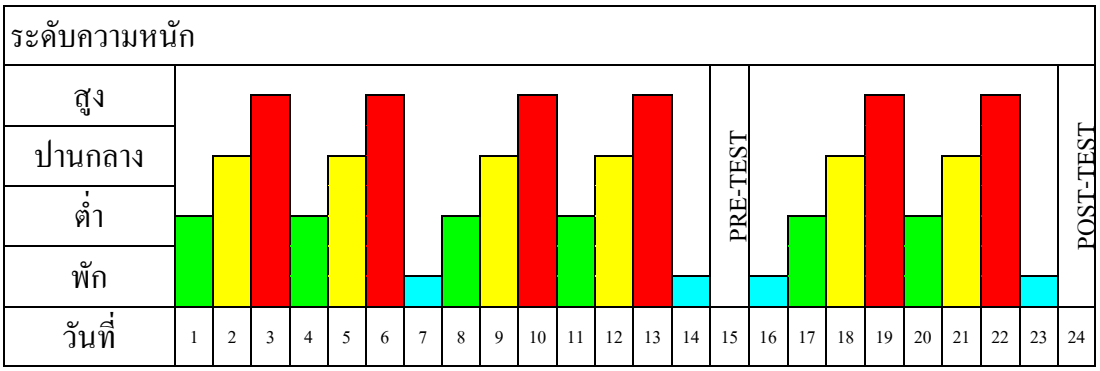
	นาทีที่	ความเร็วในการวิ่ง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	อัตราการรับรู้ความเหนื่อย
ขณะพัก	00:00	0		
อบอุ่นร่างกาย	01:00	8		
	02:00	8		
	03:00	8		
ขณะออกกำลังกาย	01:00	9		
	02:00	10		
	03:00	11		
	04:00	12		
	05:00	13		
	06:00	14		
	07:00	15		
	08:00	16		
	09:00	17		
	10:00	18		
	11:00	19		
	12:00	20		
คลายอุ่นร่างกาย	01:00	8		
	02:00	8		
	03:00	8		

ภาคผนวก จ

โปรแกรมการฝึกซ้อม

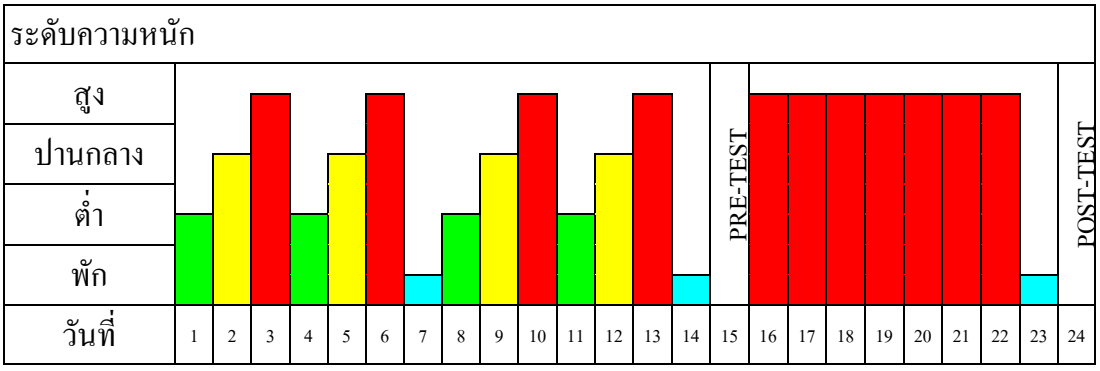
โปรแกรมการฝึกซ้อม

การฝึกซ้อมรายสัปดาห์ที่มีการฝึกซ้อมหนักสูงสองวันต่อสัปดาห์ เป็นรูปแบบการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมสำหรับนักกีฬาทั่ว ๆ ไป ซึ่งเริ่มต้นวงจรการฝึกซ้อมจากระดับความหนักต่ำขึ้นไปสูงตลอดการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ ระดับความเมื่อยล้าและการพัฒนาจึงเกิดขึ้นเหมือนกับลูกคลื่นเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดรอบการฝึกซ้อม สำหรับความหนักของการฝึกซ้อมควรจะมีการสลับกันระหว่างความหนักต่ำ ความหนักปานกลาง และความหนักสูง และตามด้วยการพัก (สนธยา สีละมาด, 2551)



ภาพภาคผนวก จ-1 ตารางการฝึกซ้อมของกลุ่มที่ได้รับการฝึกซ้อมตามปกติ

การฝึกมากเกินระยะสั้นจะเกิดจากการได้รับการฝึกซ้อมด้วยความเข้มข้นสูงติดต่อกัน ซึ่งพบว่า ภาวะของการฝึกมากเกินระยะสั้นจะเกิดขึ้นหลังจากการได้รับการฝึกซ้อมด้วยความเข้มข้นสูงเป็นเวลา 7 วันพร้อมกับช่วงเวลาของการฟื้นตัวที่สั้น (Halson et al., 2002)



ภาพภาคผนวก จ-2 ตารางการฝึกซ้อมของกลุ่มที่ได้รับการฝึกมากเกินระยะสั้น

โปรแกรมการฝึกซ้อม

ตารางภาคผนวก จ-1 รายละเอียดการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักต่ำ

กิจกรรม	ความเข้มของการฝึก	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	ระยะเวลา (นาที)
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ		80	10
- วิ่งบนลู่กล	40% ของ VO_2max	120-130	25
- คลายอุ่นร่างกาย		100	5
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ		80	15

ตารางภาคผนวก จ-2 รายละเอียดการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักปานกลาง

กิจกรรม	ความเข้มของการฝึก	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	ระยะเวลา (นาที)
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ		100	10
- วิ่งเหยาะและกายบริหาร		120	5
- วิ่งบนลู่กล	60% ของ VO_2max	150-160	30
- คลายอุ่นร่างกาย		120	5
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ		80	10

ตารางภาคผนวก จ-3 รายละเอียดการฝึกซ้อมที่ความหนักสูง

กิจกรรม	ความเข้มของการฝึก	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	ระยะเวลา (นาที)
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ		120	10
- วิ่งเหยาะและกายบริหาร		140	5
- วิ่งบนลู่กล	75-85% ของ VO_2max	170-180	45-55
- คลายอุ่นร่างกาย		140	5
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ		100	10

การคำนวณความเร็วในการวิ่งบนลู่กล

VO_2max (ml/ kg/ min) = Resting Component [3.5 ml/ kg/ min] + Horizontal Component [Speed (m/ min) x O_2 Cost of Horizontal Movement (0.2 ml/ kg/ min) + Vertical Component [Percent Grade x Speed (m/ min)] x O_2 Cost of Vertical Movement (0.9 ml/ kg/ min)

การฝึกซ้อมด้วยที่ระดับความหนักต่ำ

ตัวอย่าง ถ้า VO_2max ของนักกีฬา เท่ากับ 38 ml/ kg/ min ดังนั้น 40% ของ VO_2max จะเท่ากับ 15.2 ml/ kg/ min

VO_2max (ml/ kg/ min) = 3.5 ml/ kg/ min + [Speed (m/ min) x 0.2] : ความชัน 0%

15.2 ml/ kg/ min = 3.5 ml/ kg/ min + [Speed (m/ min) x 0.2]

Speed (m/ min) = 15.2 ml/ kg/ min - 3.5 ml/ kg/ min / 0.2

= 58.5 m/ min

= 2.18 mph หรือ 4 km./ h.

ดังนั้น จะใช้ความเร็วในการออกกำลังกายบนลู่กลประมาณ 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

การฝึกซ้อมที่ระดับความหนักปานกลาง

ตัวอย่าง ถ้า VO_2max ของนักกีฬา เท่ากับ 38 ml/ kg/ min ดังนั้น 60% ของ VO_2max จะเท่ากับ 15.2 ml/ kg/ min

VO_2max (ml/ kg/ min) = 3.5 ml/ kg/ min + [Speed (m/ min) x 0.2] : ความชัน 0%

22.8 ml/ kg/ min = 3.5 ml/ kg/ min + [Speed (m/ min) x 0.2]

Speed (m/ min) = 96.5 m/ min

= 3.60 mph หรือ 6 km./ h.

ดังนั้น จะใช้ความเร็วในการออกกำลังกายบนลู่กลประมาณ 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

การฝึกซ้อมที่ระดับความหนักสูง

ตัวอย่าง ถ้า VO_2max ของนักกีฬา เท่ากับ 38 ml/ kg/ min ดังนั้น 75% ของ VO_2max จะเท่ากับ 15.2 ml/ kg/ min

VO_2max (ml/ kg/ min) = 3.5 ml/ kg/ min + [Speed (m/ min) x 0.2] : ความชัน 0%

28.5 ml/ kg/ min = 3.5 ml/ kg/ min + [Speed (m/ min) x 0.2]

Speed (m/ min) = 125 m/ min

= 4.66 mph หรือ 7 km./ h.

ดังนั้น จะใช้ความเร็วในการออกกำลังกายบนลู่กลประมาณ 7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q)

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q)

แบบสอบถามนี้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในประเทศแคนาดา และนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อเป็นการประเมินความพร้อมด้านร่างกายเบื้องต้นของบุคคล เพื่อความปลอดภัยก่อนออกกำลังกาย และการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ซึ่งมีข้อคำถามรวม 7 ข้อ สำหรับผู้ที่มีอายุ 15-69 ปี การตอบคำถามในแบบประเมินนี้จะช่วยประเมินบุคคลนั้นว่าสมควรเข้ารับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่ท่านจะเริ่มต้นออกกำลังกายหรือทดสอบสมรรถภาพหรือไม่ สำหรับผู้ที่อายุเกิน 69 ปี แนะนำให้ไปพบแพทย์ก่อนที่จะเริ่มออกกำลังกาย หากประเมินแล้ว พบว่า มีการตอบ “เคย” แนะนำให้ไปพบแพทย์ เพื่อตรวจร่างกายและขอคำแนะนำ

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย สำหรับบุคคลอายุ 15-69 ปี (PAR-Q)		
ชื่อ-นามสกุล ..... อายุ ..... ปี น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก .....ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตขณะพัก		
ขอให้ท่านอ่านคำถามต่อไปนี้อย่างใคร่ครวญ และตอบตามความจริง	เคย	ไม่เคย
1. แพทย์ที่ตรวจรักษาเคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปรกติของหัวใจ และควรออกกำลังกายภายใต้คำแนะนำของแพทย์เท่านั้น		
2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ออกกำลังกายหรือไม่		
3. ในเดือนที่ผ่านมา ท่านมีอาการเจ็บหน้าอก ขณะที่อยู่เฉย ๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่		
4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่ หรือท่านเคยเป็นลมหมดสติหรือไม่		
5. ท่านมีปัญหากระดูกหรือข้อต่อ ซึ่งจะมีอาการแย่ลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่		
6. แพทย์ที่ตรวจรักษามีการสั่งยารักษาความดันโลหิต หรือความผิดปกติของหัวใจให้ท่านหรือไม่		
7. เท่าที่ท่านทราบ ยังมีเหตุผลอื่นๆอีกหรือไม่ ที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้		

ที่มา: Excerpted from the 2002 revised version of the Physical Activity Readiness Questionnaire [PAR-Q]. Reprinted with permission of the Canadian Society for Exercise Physiology.

ภาคผนวก ช

แบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับ

แบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับ

แบบสอบถามคุณภาพการนอนหลับได้พัฒนามาจากแบบประเมินคุณภาพการนอนหลับพิทท์เบิร์ก (The Pittisburgh Sleep Quality Index: PSQI) ของบูซซี่ (Buysse et al., 1989) และแบบสอบถามการนอนหลับของโรงพยาบาลเซนต์แมรี่ (SMH Sleep Questionnaire) (Richardson, 1997) เป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 4 อันดับ คือ 0, 1, 2, 3 มีจำนวน 11 ข้อ ๆ ละ 3 คะแนน โดยมีคะแนนรวม 33 คะแนน ประกอบด้วยคำถามการนอนหลับเป็น 4 ด้าน ได้แก่ การเข้าสู่การนอนหลับ 2 ข้อ ระยะเวลาการนอนหลับ 1 ข้อ ความต่อเนื่องของการนอนหลับ 3 ข้อ ความรู้สึกต่อการนอนหลับ 3 ข้อ และผลต่อการทำกิจกรรมในตอนกลางวัน 2 ข้อ มีคะแนนอยู่ในช่วง 0-33 คะแนน คะแนนที่สูงกว่าแสดงถึงคุณภาพการนอนหลับที่ดีกว่า

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัส .....
ครั้งที่ ..... วันที่ทำการทดสอบ ..... เวลาที่ทำการทดสอบ .....

<u>คำชี้แจง</u> คำถามต่อไปนี้จะถามความรู้สึกเกี่ยวกับการนอนหลับเมื่อคืนที่ผ่านมาเท่านั้น แต่ละคำถามจะมี 4 ตัวเลือก โดยให้ทำเครื่องหมาย “ ✓ ” ลงใน ( ) หน้าคำตอบเพียง 1 ตัวเลือก

1. ท่านเข้าสู่การนอนหลับยากเพียงใด
( ) 0. ยากมาก
( ) 1. ยาก
( ) 2. ค่อนข้างยาก
( ) 3. ไม่ยากเลย

2. ท่านใช้ระยะเวลาตั้งแต่ตั้งใจจะหลับแล้วเข้าสู่การนอนหลับได้นานเท่าไร
( ) 0. มากกว่า 60 นาที
( ) 1. 31 - 60 นาที
( ) 2. 16 - 30 นาที
( ) 3. น้อยกว่า 15 นาที

3. ท่านนอนหลับได้จริงกี่ชั่วโมง

( ) 0. น้อยกว่า 5 ชั่วโมง

( ) 1. 5 - 6 ชั่วโมง

( ) 2. มากกว่า 6 - 7 ชั่วโมง

( ) 3. มากกว่า 7 ชั่วโมง

4. ท่านตื่นขึ้นมาระหว่างการนอนหลับกี่ครั้ง

( ) 0. 5 ครั้งหรือมากกว่า

( ) 1. 3 - 4 ครั้ง

( ) 2. 1 - 2 ครั้ง

( ) 3. ไม่ตื่นเลย

5. ท่านรู้สึกว่าการเข้าสู่การนอนหลับได้อีกครั้ง หลังจากตื่นขึ้นมาระหว่างหลับมีความยากมากน้อยเพียงใด

( ) 0. ไม่ยากเลย

( ) 1. ค่อนข้างยาก

( ) 2. ยาก

( ) 3. ยากมาก

6. ท่านใช้ระยะเวลาหลังจากตื่นขึ้นมาระหว่างการนอนหลับนานเท่าไรจึงจะเข้าสู่การนอนหลับต่อได้อีก

( ) 0. มากกว่า 60 นาที หรือไม่สามารถหลับต่อได้

( ) 1. 31 - 60 นาที

( ) 2. 16 - 30 นาที

( ) 3. น้อยกว่า 15 นาที

7. ท่านนอนหลับเพียงพอหรือไม่

( ) 0. ไม่เพียงพอเลย

( ) 1. ไม่ค่อยเพียงพอ

( ) 2. ค่อนข้างเพียงพอ

( ) 3. เพียงพอมาก

8. ท่านนอนหลับสนิทเพียงใด

( ) 0. หลับสนิทมาก

( ) 1. หลับสนิทเป็นส่วนใหญ่

( ) 2. ส่วนใหญ่หลับไม่สนิท

( ) 3. หลับไม่สนิท

9. ท่านนอนหลับดีเพียงใด

( ) 0. ไม่ดีเลย

( ) 1. ค่อนข้างแย่

( ) 2. ค่อนข้างดี

( ) 3. ดี

10. ท่านรู้สึกอย่างไรในขณะตื่นนอนในตอนเช้า

( ) 0. ง่วงมาก

( ) 1. ค่อนข้างง่วง

( ) 2. ค่อนข้างสดชื่น

( ) 3. สดชื่น

11. ท่านมีปัญหาจากอาการง่วงนอนในขณะที่ทำกิจวัตรประจำวันหรือเข้าร่วมกิจกรรมหรือไม่ เพียงใด

( ) 0. มีมากจนทำกิจกรรมไม่ได้

( ) 1. มีแต่ทำกิจกรรมได้บ้าง

( ) 2. มีเล็กน้อยแต่ทำกิจกรรมได้ดี

( ) 3. ไม่มีอาการง่วงนอนเลย

ตารางภาคผนวก ช-1 คะแนนของการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับ

ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม
คะแนนเต็ม	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**33**
กลุ่มทดลองที่ 1												
ก่อนการทดลอง	17.5	16.0	21.0	17.3	18.4	18.7	11.9	14.8	15.9	10.8	13.5	25.1
หลังการทดลอง	17.8	16.9	21.0	18.0	18.3	18.8	13.2	16.0	17.3	12.2	13.1	26.1
กลุ่มทดลองที่ 2												
ก่อนการทดลอง	18.9	18.2	21.0	17.5	19.7	18.7	12.8	15.8	17.1	11.1	13.8	26.4
หลังการทดลอง	19.7	20.0	21.0	17.7	20.2	18.7	13.9	15.6	18.2	11.1	13.3	27.1
กลุ่มทดลองที่ 3												
ก่อนการทดลอง	17.9	15.6	21.0	18.2	20.7	20.4	10.7	16.6	16.2	8.3	13.2	25.5
หลังการทดลอง	20.1	18.0	7.0	18.7	20.9	20.6	9.4	16.4	15.3	5.7	12.6	23.5
กลุ่มทดลองที่ 4												
ก่อนการทดลอง	19.2	17.2	21.0	19.5	20.6	18.3	10.4	16.2	17.3	8.1	13.4	25.9
หลังการทดลอง	20.8	20.3	7.0	20.6	20.9	19.6	3.9	19.6	17.2	3.6	10.5	23.4

ในช่วงเย็นก่อนการฝึกซ้อมแต่ละวัน กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะทำการตอบแบบสอบถามคุณภาพของการนอนหลับในคืนที่ผ่านมา โดยจะเก็บข้อมูลในช่วงระหว่างก่อนการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) 7 วัน และก่อนการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) 7 วัน

จากตารางภาคผนวก ช-1 จะพบว่า ในข้อคำถามที่ 7 กลุ่มทดลองที่ 4 มีการนอนหลับไม่ค่อยเพียงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และในข้อคำถามที่ 10 ในกลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 ที่ต้องมีการอดนอนระดับปานกลาง พบว่า จะทำให้มีภาวะง่วงนอนมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มทดลองที่ 4 มีภาวะง่วงนอนมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลต่อการทำกิจวัตรประจำวันหรือเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ พอสมควร เมื่อมองภาพโดยรวมพบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีคุณภาพการนอนหลับที่ดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง แต่ในกลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 มีคุณภาพการนอนหลับลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง

ภาคผนวก ซ

แบบทดสอบหาภาวะความผิดปกติของการนอนหลับ

(Epworth Sleepiness Scale: ESS)

แบบทดสอบหาภาวะความผิดปกติของการนอนหลับ (Epworth Sleepiness Scale: ESS)

Epworth Sleepiness Scale (ESS) เป็นแบบสอบถามที่ใช้วัดภาวะความง่วงนอนในตอนกลางวัน ซึ่งเป็นคำถามสั้น ๆ สามารถช่วยในการวินิจฉัยความผิดปกติของการนอนหลับได้ โดยถูกสร้างขึ้นมาในปี ค.ศ. 1991 โดย Dr. Murray John แห่งโรงพยาบาล Epworth ในเมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งแบบทดสอบมีค่า Specificity 100% และมีค่า Sensitivity 93.5%

เกณฑ์การประเมิน

ช่วง 0-9 อยู่ในเกณฑ์ปกติ

ช่วง10-24 อยู่ในเกณฑ์ผิดปกติ

สถานการณ์	ไม่ง่วง (0)	ง่วงเล็กน้อย (1)	ง่วงปานกลาง (2)	ง่วงมาก (3)
นั่งอ่านหนังสือ				
ดูโทรทัศน์				
นั่งเล่นหรือนั่งเฉยๆในที่สาธารณะ				
นั่งในรถเป็นผู้โดยสาร				
ขับรถหรือนั่งขณะรถติดไฟแดง				
นั่งเอนหลังช่วงบ่าย				
นั่งพักหลังอาหารมื้อกลางวัน				
นั่งสนทนา				

รวมคะแนน .....

ภาคผนวก ฌ

การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี (Test Goodness of Fit)

โดยใช้สถิติ Komogorov-Sminov One Sample Test

ตารางภาคผนวก ฌ-1 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test

ตัวแปร	$\overline{X}$	SD	P
เวลาปฏิกิริยา (ก่อนการทดลอง)	886.41	56.25	.884
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	188.46	34.15	.980
กำลังของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	157.02	29.06	.966
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	3116.39	612.66	.873
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (ก่อนการทดลอง)	38.23	4.58	.879
เวลาปฏิกิริยา (หลังการทดลอง)	929.75	65.51	.941
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	177.56	36.97	.535
กำลังของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	156.25	28.34	.899
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	2945.77	684.19	.969
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (หลังการทดลอง)	39.10	4.84	.900
เวลาปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	5.06	6.97	.217
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-5.73	9.92	.970
กำลังของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-0.12	6.82	.554
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-5.31	13.05	.983
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	2.67	9.18	.662

$P > .05$

จากตารางภาคผนวก ฌ-1 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัว พบว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางภาคผนวก ฌ-2 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test

ตัวแปร	$\overline{X}$	SD	P
เวลาปฏิกิริยา (ก่อนการทดลอง)	891.12	48.53	.942
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	183.38	33.92	.579
กำลังของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	158.88	31.72	.972
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	2997.30	841.72	.906
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (ก่อนการทดลอง)	38.35	4.42	.983
เวลาปฏิกิริยา (หลังการทดลอง)	880.30	51.04	.840
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	189.69	26.73	.641
กำลังของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	163.36	27.89	.608
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	3027.35	690.11	.896
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (หลังการทดลอง)	39.55	5.09	.947
เวลาปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-1.18	3.33	.805
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	4.23	7.01	.995
กำลังของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	3.80	8.86	.875
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	2.43	9.94	.895
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	3.27	7.59	.894

$P > .05$

จากตารางภาคผนวก ฌ-2 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางภาคผนวก ฌ-3 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 2โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test

ตัวแปร	$\overline{X}$	SD	P
เวลาปฏิกิริยา (ก่อนการทดลอง)	919.54	58.26	.907
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	191.550	44.67	.964
กำลังของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	158.43	34.19	.907
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	3297.17	483.52	.958
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (ก่อนการทดลอง)	35.35	3.65	.848
เวลาปฏิกิริยา (หลังการทดลอง)	962.05	62.27	.920
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	184.65	53.44	.974
กำลังของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	160.03	36.55	.974
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	3182.92	823.79	.690
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (หลังการทดลอง)	36.43	3.19	.945
เวลาปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	4.83	7.18	.842
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-4.63	7.43	.993
กำลังของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	0.96	5.13	.731
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-4.62	14.72	.987
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	3.51	8.51	.998

$P > .05$

จากตารางภาคผนวก ฌ-3 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางภาคผนวก ฌ-4 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 3 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test

ตัวแปร	$\overline{X}$	SD	P
เวลาปฏิกิริยา (ก่อนการทดลอง)	864.71	61.41	.419
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	194.51	31.75	.958
กำลังของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	162.36	29.08	.964
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	3144.93	627.99	.985
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (ก่อนการทดลอง)	39.04	5.51	.867
เวลาปฏิกิริยา (หลังการทดลอง)	936.19	61.79	.711
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	174.24	35.13	.944
กำลังของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	157.84	26.30	.958
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	2968.54	591.07	.733
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (หลังการทดลอง)	39.32	5.26	.926
เวลาปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	8.49	6.99	.440
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-10.47	8.64	.985
กำลังของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-2.41	5.21	.759
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-4.98	11.62	.995
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	1.30	10.78	.997

$P > .05$

จากตารางภาคผนวก ฌ-4 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 3 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางภาคผนวก ฌ-5 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 4 โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Sminov One Sample Test

ตัวแปร	$\overline{X}$	SD	P
เวลาปฏิกิริยา (ก่อนการทดลอง)	870.27	46.21	.635
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	184.42	22.78	.728
กำลังของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	148.41	22.78	.991
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (ก่อนการทดลอง)	3026.16	477.37	.614
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (ก่อนการทดลอง)	40.16	3.67	.833
เวลาปฏิกิริยา (หลังการทดลอง)	940.49	65.20	1.000
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	161.68	24.66	.558
กำลังของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	143.78	20.65	.918
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (หลังการทดลอง)	2604.28	569.41	.863
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (หลังการทดลอง)	41.11	4.99	.991
เวลาปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	8.11	5.68	.986
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-12.06	8.18	.943
กำลังของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-2.83	6.12	.848
ความอดทนของกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	-14.05	11.62	.987
ปริมาณการใช้ O_2สูงสุด (เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง)	2.60	10.76	.834

$P > .05$

จากตารางภาคผนวก ฌ-5 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีของตัวแปรตามแต่ละตัวของกลุ่มทดลองที่ 4 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05