

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของการใช้ N-acetylcysteine (NAC) ต่อการเปลี่ยนแปลงของภาวะการบาดเจ็บและการล้าของกล้ามเนื้อ จากการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้นเฉียบพลัน ในอาสาสมัครเพศชายที่ไม่ได้เป็นนักกีฬาหรือออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอติดต่อกันอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ที่มีอายุระหว่าง 20-24 ปี การประเมินภาวะการบาดเจ็บและการล้าของกล้ามเนื้อจากการวัดปริมาณสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ทูเมอร์ เนคโรติก แฟกเตอร์ แอลฟา (tumor necrotic factor alpha: TNF-alpha) และครีเอทีน ไคเนส (creatin kinase: CK) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของภาวะการอักเสบหรือการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของแลคเตต (lactate) และค่าดัชนีการล้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps fatigue index) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของภาวะการล้าของกล้ามเนื้อ รวมไปถึงค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม (gross VO₂)

ในการวิจัยครั้งนี้ มีอาสาสมัครเพศชายที่ไม่ได้เป็นนักกีฬา หรือออกกำลังกายไม่เกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์เข้าร่วมจำนวนทั้งหมด 29 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่มแบบบล็อก (block randomization) โดยกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC มีจำนวน 16 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับ NAC จำนวน 13 คน โดยก่อนเริ่มการทดลอง พบว่าทั้งสองกลุ่มการศึกษามีค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย (body mass index: BMI) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ รวมถึงผู้เข้าร่วมการศึกษามีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในช่วงปกติ (18.5-14.9 กิโลกรัมต่อเมตร²) ดังแสดงในตาราง 1 และมีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดต่าง ๆ (complete blood count: CBC) อยู่ในภาวะปกติเช่นกัน ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ของผู้เข้าร่วมการศึกษารวมทั้งหมด

กลุ่ม	จำนวน (คน)	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)	ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตร ²)
ควบคุม	13	19.08 ± 1.04	62.08 ± 8.30	170.69 ± 4.70	21.34 ± 3.14
ทดลอง	16	20.69 ± 0.79	62.69 ± 9.80	171.97 ± 4.43	21.14 ± 2.74

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าปกติของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (complete blood count: CBC) ของผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด

ข้อมูล	กลุ่มควบคุม (n=13)	กลุ่มทดลอง (n=16)	ค่าปกติ
	MEAN ± SD (MIN-MAX)	MEAN ± SD (MIN-MAX)	
White Blood Cell ($10^3/\mu\text{L}$)	6.84 ± 1.12 (4.20-9.00)	6.04 ± 1.16 (4.80-7.90)	5 - 10
Red Blood Cell ($10^6/\mu\text{L}$)	56.81 ± 0.61 (49.20-66.00)	54.69 ± 0.40 (49.70-61.90)	38 - 53
Hemoglobin (g/dL)	14.65 ± 1.38 (11.70-16.80)	15.45 ± 0.70 (14.10-16.40)	10 - 16
Hematocrit (%)	45.31 ± 3.54 (37.10-50.90)	47.46 ± 2.13 (43.70-50.90)	36 - 50
Platelet ($10^3/\mu\text{L}$)	318.85 ± 64.7 (185.00-428.00)	246.50 ± 49.68 (155.00-354.00)	140 - 440
Neutrophil (%)	59.45 ± 7.56 (49.90-72.10)	34.29 ± 18.12 (5.60-67.00)	40 - 75
Lymphocyte (%)	32.98 ± 7.74 (17.70-43.00)	53.81 ± 18.22 (22.80-86.60)	25 - 35
Monocyte (%)	3.76 ± 1.21 (1.60-5.50)	6.80 ± 3.07 (2.80-13.70)	2 - 10
Eosinophil (%)	3.43 ± 3.63 (1.00-12.10)	3.22 ± 1.37 (0.90-6.20)	1 - 3
Basophil (%)	0.38 ± 0.22 (0.10-0.80)	1.88 ± 1.92 (0.20-7.00)	0 - 1

ระยะเวลาการเก็บข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงก่อนและหลังการทดลอง โดยช่วงก่อนการทดลอง (วันที่ 0) อาสาสมัครทุกคนจะได้รับการเจาะเลือดครั้งที่ 1 เพื่อตรวจวัดปริมาณ Lactate, Total creatine kinase และ TNF-alpha ขณะพัก และได้รับการประเมินความกล้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม จากนั้นจะได้รับการเจาะเลือดครั้งที่ 2 หลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้นจบครบ 20 นาที แล้วพักเป็นเวลา 20 นาที

ในวันถัดมา กลุ่มทดลองจะเริ่มรับประทาน NAC ในปริมาณ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 7 วันติดต่อกัน ส่วนกลุ่มควบคุมในช่วงเวลา 7 วันนี้จะไม่ได้รับ NAC เมื่อเวลาผ่านไปครบ 7 วัน ก็จะเข้าสู่ช่วงหลังการทดลอง (วันที่ 8) โดยอาสาสมัครทุกคนจะได้รับการเจาะเลือดครั้งที่ 3 และ 4 แล้วประเมินความล้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับก่อนได้รับ NAC

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองพบว่า ผู้เข้าร่วมการศึกษาในกลุ่มทดลองทั้ง 16 รายได้ทาน NAC หรือ FLUIMUCIL A600 จนครบ 7 วัน และการทำงานของตับอยู่ในภาวะปกติหลังจากทาน NAC ในปริมาณ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จากการสอบถามหลังการทาน NAC ครั้งแรกพบว่ามี 8 รายที่ไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ 3 รายมีอาการปวดท้องและท้องเสีย 4 รายมีอาการวิงเวียนศีรษะและปวดท้อง และ 1 รายมีอาการวิงเวียนศีรษะ โดยอาการดังกล่าวไม่พบหลังการทาน NAC ครั้งที่ 2 ซึ่งอาการดังกล่าวถือเป็นอาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นได้ในช่วงแรกของการได้รับ NAC เข้าไปในร่างกาย (Matuszczak และคณะ, 2005)

ตาราง 3 ได้แสดงถึงค่าตัวแปรต่าง ๆ ของอัตราการเต้นของหัวใจขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้น ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยค่าประมาณของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (predicted maximal heart rate) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุม (199.38 ± 1.78 ครั้งต่อนาที) และกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC (199.31 ± 0.19 ครั้งต่อนาที) และเมื่อคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (target heart rate) ของทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก็พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (169.47 ± 1.52 และ 169.4 ± 0.16 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ, $p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (resting heart rate) ในช่วงก่อน (วันที่ 0) และหลัง (วันที่ 8) การทดลอง พบว่าในกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ (86.85 ± 3.11 และ 94.00 ± 2.74 ครั้งต่อนาที, $p = 0.018$) แต่ในกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (85.68 ± 2.80 และ 88.31 ± 2.47 ครั้งต่อนาที, $p = 0.345$) เมื่อออกกำลังกายไปแล้วพบว่าค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายหรือค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะหยุดออกกำลังกายของกลุ่มควบคุม ในวันที่ 0 และ 8 มีค่า 169.54 ± 2.36 และ 172.31 ± 1.21 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มทดลอง ในวันที่ 0 และ 8 มีค่า 169.12 ± 2.13 และ 172.94 ± 1.09 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในกลุ่มเดียวกันและต่างกลุ่มการศึกษา อย่างไรก็ตาม แม้ว่าค่า RPE ขณะหยุดออกกำลังกาย ทั้งในวันที่ 0 และ 8 ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่หลังจากการได้รับ NAC ของกลุ่มทดลอง พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการได้รับ NAC ($p = 0.003$) ขณะที่กลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวันที่ 0 และ 8 ($p = 0.576$)

ตาราง 3 แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ของอัตราการเต้นของหัวใจและค่าระดับความเหนื่อย (RPE) ขณะที่ทำการออกกำลังกายหนักระยะสั้น (short heavy exercise) ก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	Predicted MHR	THR	ก่อนการทดลอง (วันที่ 0)			หลังการทดลอง (วันที่ 8)		
			RHR	HRstop	RPEstop	RHR	HRstop	RPEstop
ควบคุม (n=13)	199.38 (1.78) (178-202)	169.47 (1.52) (151.3-171.7)	86.85 (3.11) (66-106)	169.54 (2.36) (148-178)	13.46 (0.34) (11-15)	94.00 (2.74) (77-108)	172.31 (1.21) (157-178)	13.77 (0.32) (11-15)
ทดลอง (n=16)	199.31 (0.19) (197-200)	169.4 (0.16) (167.5-170.0)	85.68 (2.80) (75-117)	169.12 (2.13) (144-176)	14.37 (0.31) (13-15)	88.31 (2.47) (70-107)	172.94 (1.09) (170-177)	13.06 (0.34) (10-15)

หมายเหตุ

- MHR = maximal heart rate, THR = target heart rate at 85% MHR, RHR = resting heart rate, RPE = rating of perceived exertion, stop = stopped exercise
- ค่าที่แสดงคือ mean (SE) ส่วนค่าในวงเล็บที่อยู่ใต้ค่าที่แสดงคือช่วงของค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

จากผลการศึกษาที่ได้พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความล้าของต้นขาด้านหน้า (fatigue index: FI) ของขาข้างถนัดและค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม (gross VO₂) ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าดังตารางที่ 4

ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของค่าดัชนีความล้าของต้นขาด้านหน้า (fatigue index: FI) และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม (gross VO₂) ก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=13)		กลุ่มทดลอง (n=16)	
	ก่อนการทดลอง (วันที่ 0)	หลังการทดลอง (วันที่ 8)	ก่อนการทดลอง (วันที่ 0)	หลังการทดลอง (วันที่ 8)
Fatigue index (%)	80.50 (3.11) (62.21-99.38)	86.07 (2.19) (71.84-96.35)	81.42 (2.99) (53.80-97.22)	90.67 (2.07)* (75.94-99.65)
Gross VO ₂ (ml/kg/min)	36.03 (1.92) (24.14-52.01)	34.58 (1.73) (24.13-42.22)	38.32 (1.45) (33.21-52.01)	41.14 (1.35) *# (33.02-52.01)

หมายเหตุ

- ค่าที่แสดงคือ mean (SE) ส่วนค่าในวงเล็บด้านใต้คือช่วงของค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด
- * = p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ในแต่ละกลุ่ม (within group) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test
- # = p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ภายหลังจากการได้รับ NAC โดยใช้สถิติ Mann-Whitney-U-Test

จากตาราง 4 และภาพ 4 แสดงการเก็บข้อมูลของค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของขาข้างที่ถนัด และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวมที่ได้จากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวน 2 ครั้ง คือก่อนและหลังการทดลอง โดยก่อนการทดลอง (วันที่ 0) พบว่า ค่าของดัชนีความล้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (80.50 ± 3.11 และ 81.42 ± 2.99 %, $p=0.779$) และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวมก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (36.03 ± 1.92 และ 38.32 ± 1.45 %, $p=0.351$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง ในกลุ่มเดียวกันด้วย Wilcoxon signed ranks test พบว่า หลังการได้รับ NAC (วันที่ 8) ค่าเฉลี่ยดัชนีความล้าในกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.020$) ขณะที่ในกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.087$) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวมในกลุ่มทดลองหลังการได้รับ NAC (วันที่ 8) ก็มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.025$) ขณะที่ในกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.180$) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความล้าและความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย Mann-Whitney-U-Test โดยหลังการได้รับ NAC (วันที่ 8) พบว่าค่าเฉลี่ยดัชนีความล้าในกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.101$) แต่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวมในกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.010$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับ NAC

ส่วนค่าเฉลี่ยของสารชีวเคมีในเลือดที่ทำการวัดโดยการเจาะเลือดทั้ง 4 ครั้ง คือก่อนและหลังการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้น (short heavy exercise) ทั้งในช่วงก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าดังตารางที่ 5

จากตาราง 5 แสดงปริมาณสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ แลคเตต (lactate) ทูเมอร์ เนคโรติก แฟกเตอร์ แอลฟา (tumor necrotic factor alpha: TNF-alpha) และครีเอทีน ไคเนส (creatin kinase: CK) ที่ได้จากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการออกกำลังกายอย่างหนักทั้งก่อนและหลังการทดลอง รวมจำนวน 4 ครั้ง ผลที่ได้พบว่า

ค่าเฉลี่ยของ Lactate ก่อนการออกกำลังกาย ทั้งในวันที่ 0 และวันที่ 8 ในกลุ่มควบคุม (1.96 ± 0.35 และ 2.06 ± 0.48 mmol/L) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง (1.91 ± 0.32 mmol/L, $p=0.919$ และ 2.05 ± 0.43 mmol/L, $p=0.982$) โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติ หลังการออกกำลังกายทั้งในวันที่ 0 และ 8 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษา ส่วนค่า Lactate หลังการออกกำลังกาย ในวันที่ 0 ทั้งกลุ่มควบคุม (จาก 1.96 ± 0.35 เป็น 3.67 ± 0.74 mmol/L, $p=0.049$) และกลุ่มทดลอง (จาก 1.91 ± 0.32 เป็น 3.72 ± 0.66 mmol/L, $p=0.029$) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในวันที่ 8 กลุ่มควบคุม มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จาก 2.06 ± 0.48 เป็น 3.84 ± 0.61 mmol/L, $p=0.034$) แต่กลุ่มทดลอง มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกันแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (จาก 2.05 ± 0.43 เป็น 2.72 ± 0.55 mmol/L, $p=0.353$) (ตาราง 5 และภาพ 5)

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของปริมาณ Lactate, Tumor necrotic factor alpha และ Creatine kinase ทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้น (Short heavy exercise) ก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=13)				กลุ่มทดลอง (n=16)			
	ก่อนการทดลอง (วันที่ 0)		หลังการทดลอง (วันที่ 8)		ก่อนการทดลอง (วันที่ 0)		หลังการทดลอง (วันที่ 8)	
	ก่อนออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 1)	หลังออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 2)	ก่อนออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 3)	หลังออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 4)	ก่อนออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 1)	หลังออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 2)	ก่อนออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 3)	หลังออกกำลังกาย อย่างหนัก (ครั้งที่ 4)
Lactate (mmol/L)	1.96 (0.35) (0.56-4.78)	3.67 (0.74) # (0.34-7.45)	2.06 (0.48) (0.11-6.12)	3.84 (0.61) # (0.53-6.67)	1.91 (0.32) (0.11-1.21)	3.72 (0.66) # (0.11-11.30)	2.05 (0.43) (0.45-6.12)	2.72 (0.55) (0.23-6.34)
TNF- α (pg/mL)	1.76 (0.22) (0.78-3.12)	5.71 (0.56) # (4.81-8.45)	1.40 (0.15) (0.78-2.34)	5.69 (0.52) # (2.56-7.65)	1.87 (0.20) (0.87-3.56)	6.93 (0.51) # (3.42-9.89)	1.38 (0.14) * (0.67-2.12)	5.07 (0.47) # * (2.12-9.48)
CK (U/L)	148.84 (14.07) (89-282)	164.77 (16.06) # (90-290)	147.69 (17.79) (87-310)	163.92 (20.07) # (95-372)	176.44 (12.68) (123-285)	190.50 (14.48) # (111-301)	137.75 (16.03) * (56-248)	155.44 (18.09) # * (95-290)

หมายเหตุ

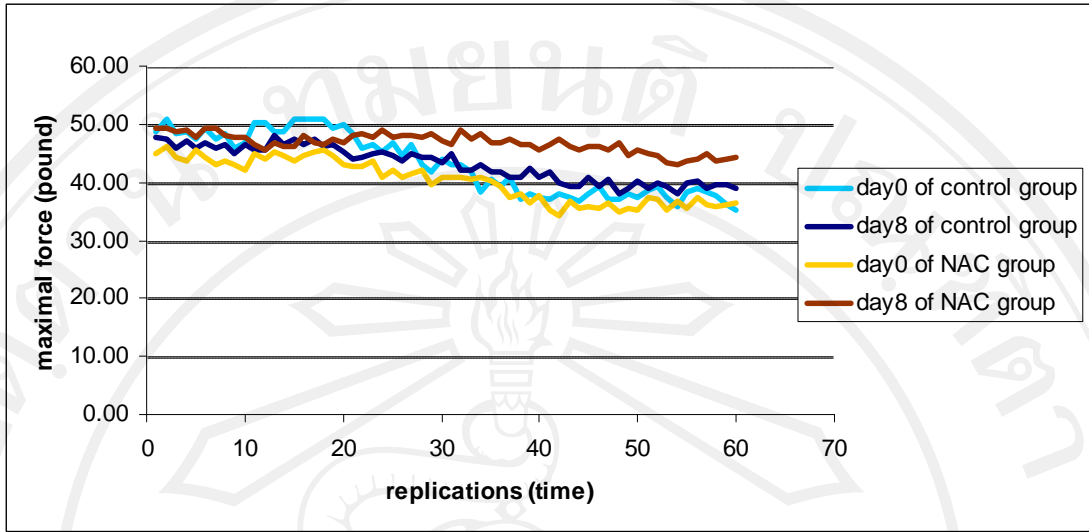
- ค่าที่แสดงคือ mean (SE) ส่วนค่าในวงเล็บด้านใต้คือช่วงของค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

- # = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้นในการทดสอบวันเดียวกัน ของแต่ละกลุ่มการศึกษา (within group) โดยใช้สถิติ repeated measurement ANOVA test และ Least Significant Difference (LSD) test

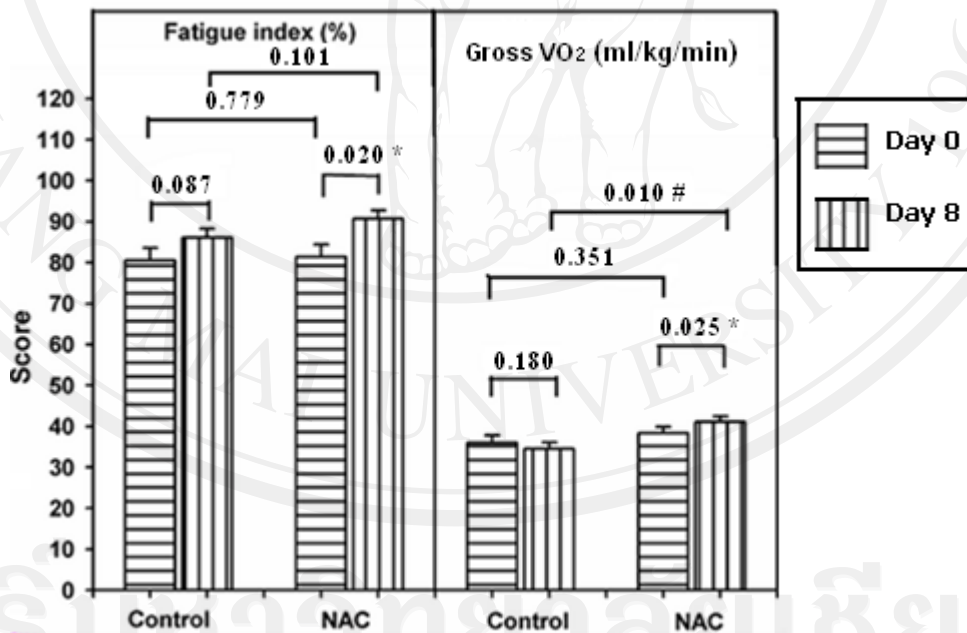
- * = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองของแต่ละกลุ่มการศึกษา (within group) โดยใช้สถิติ repeated measurement ANOVA test และ Least Significant Difference (LSD) test

ค่าเฉลี่ยของ TNF-alpha ก่อนการออกกำลังกาย ทั้งในวันที่ 0 และวันที่ 8 ในกลุ่มควบคุม (1.76 ± 0.22 และ 1.40 ± 0.15 pg/mL) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง (1.87 ± 0.20 pg/mL, $p=0.157$ และ 1.38 ± 0.14 pg/mL, $p=0.915$) และไม่พบความแตกต่างทางสถิติหลังการออกกำลังกายทั้งในวันที่ 0 และ 8 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษา ส่วนค่าเฉลี่ยของ TNF-alpha หลังการออกกำลังกาย ในวันที่ 0 ทั้งกลุ่มควบคุม (จาก 1.76 ± 0.22 เป็น 5.71 ± 0.56 pg/mL, $p=0.000$) และกลุ่มทดลอง (จาก 1.87 ± 0.20 เป็น 6.93 ± 0.51 pg/mL, $p=0.000$) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกัน เช่นเดียวกับในวันที่ 8 ทั้งกลุ่มควบคุม (จาก 1.40 ± 0.15 เป็น 5.69 ± 0.52 pg/mL, $p=0.000$) และกลุ่มทดลอง (จาก 1.38 ± 0.14 เป็น 5.07 ± 0.47 pg/mL, $p=0.000$) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกัน อีกทั้ง ในกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่า TNF-alpha ก่อนการออกกำลังกายในวันที่ 8 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จาก 1.87 ± 0.20 เป็น 1.38 ± 0.14 pg/mL, $p=0.006$) และหลังการออกกำลังกายในวันที่ 8 ก็มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จาก 6.93 ± 0.51 เป็น 5.07 ± 0.47 pg/mL, $p=0.001$) (ตาราง 5 และภาพ 6)

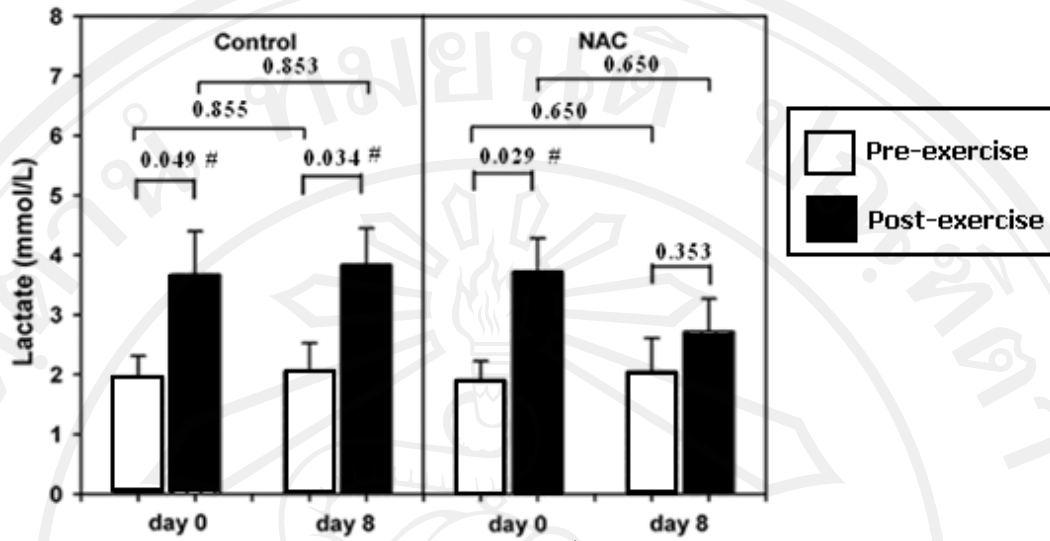
และค่าเฉลี่ยของ CK ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษา ทั้งในวันที่ 0 (ก่อนการออกกำลังกาย $p=0.157$ และหลังการออกกำลังกาย $p=0.244$) และในวันที่ 8 (ก่อนการออกกำลังกาย $p=0.681$ และหลังการออกกำลังกาย $p=0.756$) ส่วนค่าเฉลี่ยของ CK หลังการออกกำลังกาย ในวันที่ 0 ทั้งกลุ่มควบคุม (จาก 148.84 ± 14.07 เป็น 164.77 ± 16.06 U/L, $p=0.032$) และกลุ่มทดลอง (จาก 176.44 ± 12.68 เป็น 190.50 ± 14.48 U/L, $p=0.035$) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกัน เช่นเดียวกับในวันที่ 8 ทั้งกลุ่มควบคุม (จาก 147.69 ± 17.79 เป็น 163.92 ± 20.07 U/L, $p=0.015$) และกลุ่มทดลอง (จาก 137.75 ± 16.03 เป็น 155.44 ± 18.09 U/L, $p=0.004$) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายในวันเดียวกัน อีกทั้ง ในกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่า CK ก่อนการออกกำลังกายในวันที่ 8 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จาก 176.44 ± 12.68 เป็น 137.75 ± 16.03 U/L, $p=0.010$) และหลังการออกกำลังกายในวันที่ 8 ก็มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จาก 190.50 ± 14.48 เป็น 155.44 ± 18.09 U/L, $p=0.007$) (ตาราง 5 และภาพ 7)



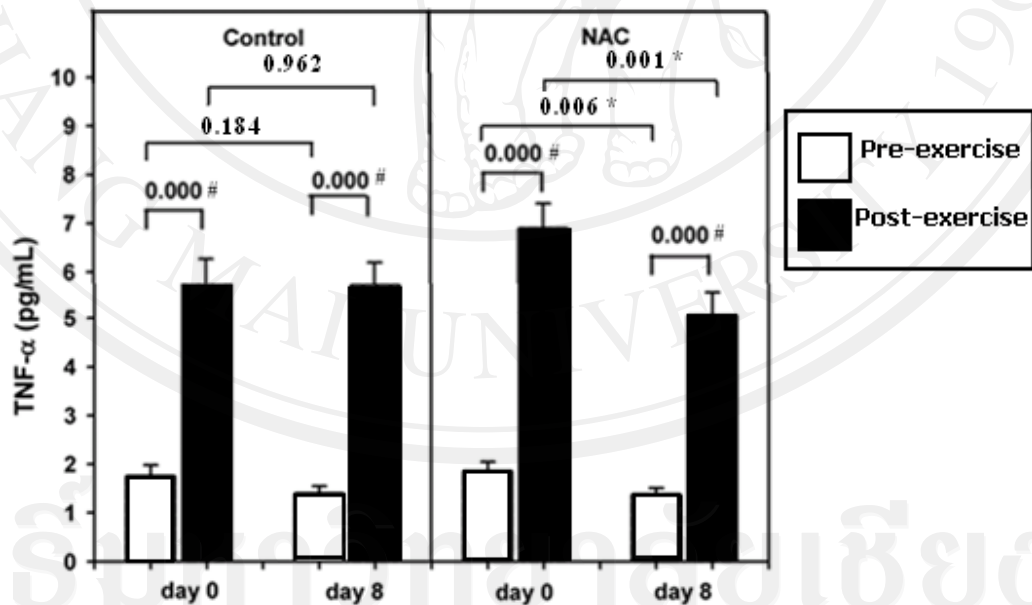
ภาพ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าข้างฉับจาก การวัดประเมินค่าดัชนีการล้า โดยเปรียบเทียบในช่วงก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC



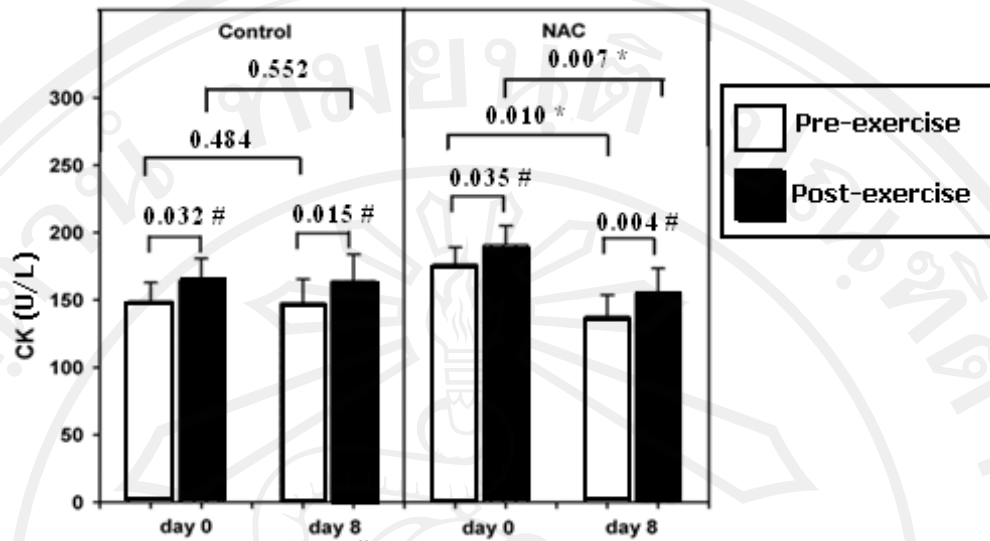
ภาพ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ FI และ Gross VO₂ ทั้งช่วงก่อน (วันที่ 0; สายเส้นแนว ขวาง) และหลังการทดลอง (วันที่ 8; สายเส้นแนวตั้ง) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่ม ทดลองที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน [* = p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและ หลังการทดลอง ในแต่ละกลุ่ม, # = p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมภายหลังจากการ ทดลอง]



ภาพ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Lactate ทั้งก่อน (เส้นโปร่ง) และหลังการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน [# = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการออกกำลังกายในการทดสอบวันเดียวกันของแต่ละกลุ่มการศึกษา]



ภาพ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ TNF- α ทั้งก่อน (เส้นโปร่ง) และหลังการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน [# = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการออกกำลังกายในการทดสอบวันเดียวกันของแต่ละกลุ่มการศึกษา, * = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองของแต่ละกลุ่มการศึกษา]



ภาพ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ CK ทั้งก่อน (เส้น โปร่ง) และหลังการออกกำลังกาย (เส้น ทึบ) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และ กลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน [# = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ ก่อนการออกกำลังกายในการทดสอบวันเดียวกันของแต่ละกลุ่มการศึกษา, * = $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองของแต่ละกลุ่มการศึกษา]