

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
สมมติฐานของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
การออกกำลังกาย	7
อนุมูลอิสระ	8
การออกกำลังกายและกระบวนการอักเสบ	9
การล้างของกล้ามเนื้อ	12
สารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารแอนติออกซิแดนท์	16
N-acetylcysteine	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	26
กลุ่มตัวอย่าง	26
เกณฑ์คัดเข้าร่วมการวิจัย	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เกณฑ์คัดออกหรือยกเลิกในขณะร่วมการวิจัย	27
สถานที่ทำการวิจัย	27
ขั้นตอนการวิจัย	27
การทดสอบค่าดัชนีความถี่ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า	28
โปรแกรมสำหรับการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้น และการทดสอบหาค่า	30
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม	
วิธีการตรวจวัดปริมาตรสารต่าง ๆ ในเลือด	31
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	33
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	44
สรุปผลการวิจัย	45
อภิปรายผล	46
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย	64
ภาคผนวก ข ใบยินยอม และแบบบันทึกผล	69
ภาคผนวก ค เอกสารรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย	76
ภาคผนวก ง ภาพประกอบการวิจัย	78
ประวัติผู้เขียน	84

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด	33
2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าปกติของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count: CBC) ของผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด	34
3 แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ของอัตราการเต้นของหัวใจและค่าระดับความเหนื่อย (RPE) ขณะที่ทำการออกกำลังกายอย่างหนักระยะสั้น (Short heavy exercise) ก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	36
4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของค่าดัชนีความล้าของต้นขาด้านหน้า (Fatigue index: FI) และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยรวม (gross VO ₂) ก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	37
5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของปริมาณ Lactate, Tumor necrotic factor alpha (TNF-alpha) และ Creatine kinase (CK) ทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก (Exhaustive exercise) ก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	39
6 แสดงข้อมูลของอายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ค่า target HR, resting HR, HR and RPE at stopped exercise, speed and grade of treadmill at stopped exercise และค่าการใช้ออกซิเจนโดยรวม ที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดของผู้เข้าร่วมการศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC ทั้งก่อนและหลังการทดลอง	65
7 แสดงข้อมูลของอายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ค่า target HR, resting HR, HR and RPE at stopped exercise, speed and grade of treadmill at stopped exercise และค่าการใช้ออกซิเจนโดยรวม ที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดของผู้เข้าร่วมการศึกษากลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการทดลอง	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
8 แสดงข้อมูลของค่าดัชนีการล้า ปริมาณสาร Lactate, TNF-alpha และ Creatine kinase ที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดของผู้เข้าร่วมการศึกษากลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการทดลอง รวมถึงก่อนและหลังการออกกำลังกาย	67
9 แสดงข้อมูลของค่าดัชนีการล้า ปริมาณสาร Lactate, TNF-alpha และ Creatine kinase ที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดของผู้เข้าร่วมการศึกษากลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการทดลอง รวมถึงก่อนและหลังการออกกำลังกาย	68

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงสูตร โครงสร้างของ N-acetylcysteine (NAC)	17
2 แสดงค่าระดับความเหนื่อย (Rate perceived exertion: RPE)	31
3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าข้าง ถนัดจากการวัดประเมินหาค่าดัชนีการล่า โดยเปรียบเทียบในช่วงก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC	41
4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ FI และ Gross VO ₂ ทั้งก่อน (ลายเส้นแนวขวาง) และหลังการออกกำลังกาย (ลายเส้นแนวตั้ง) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่มทดลองที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน	41
5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Lactate ทั้งก่อน (เส้นโปร่ง) และหลัง การออกกำลังกาย (เส้นทึบ) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่มทดลอง ที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน	42
6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ TNF- α ทั้งก่อน (เส้นโปร่ง) และหลัง การออกกำลังกาย (เส้นทึบ) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่มทดลอง ที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน	42
7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ CK ทั้งก่อน (เส้นโปร่ง) และหลัง การออกกำลังกาย (เส้นทึบ) ในระยะก่อน (วันที่ 0) และหลังการทดลอง (วันที่ 8) ระหว่างกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน และกลุ่มทดลอง ที่ได้รับ NAC 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 16 คน	43
8 แสดงรูปภาพและขนาดของ NAC ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งเป็นเม็ดฟู กลมสีขาว (FLUIMUCIL A600) ผลิตโดย ZAMBON Switzerland Ltd.	79
9 แสดงเครื่องวัดแรง hand-held dynamometer รุ่น Chatillon DMG-250 (250x2.5) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
10 แสดงรูปภาพของเครื่องวัดชีพจรและออกซิเจนในกระแสเลือด โดยหนีบที่ปลายนิ้ว รุ่น PM-50 pulse oximeter ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	80
11 แสดงสายพานเลื่อนไฟฟ้า (treadmill) รุ่น Turbofitness 3.0 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	80
12 แสดงการทดสอบค่าดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า	81
13 แสดงการทดสอบบนสายพานเลื่อนไฟฟ้าด้วยวิธี Modified Bruce Treadmill Protocol	81
14 แสดงการตรวจวัดปริมาณสาร Lactate ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแยกสารเคมีภายใต้ความดันของเหลว (High Performance Liquid Chromatography: HPLC)	82
15 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสาร TNF-alpha ด้วย Human TNF-alpha Quantikine ELISA Kit test (R&D systems: Europe, Ltd.; United Kingdom) และเครื่อง BIO-TEK ELx800 Universal Microplate Reader	83

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ACSM	American College of Sports Medicine
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ATP	Adenosine Triphosphate
ATPase	Adenosine Triphosphatase
ATS	American Thoracic Society
BMI	Body Mass Index
bpm	Beat per Minute
Ca ²⁺	Calcium Ion
CBC	Complete Blood Count
CK	Creatine Kinase
CK-BB	Creatine Kinase BB Isoenzyme
CK-MB	Creatine Kinase MB Isoenzyme
CK-MM	Creatine Kinase MM Isoenzyme
CO ₂	Carbon Dioxide
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
COX-2	Cyclooxygenase-2
cm	Centimeter
CP	Creatine Phosphate
CPK	Creatine Phosphokinase
DIC	Disseminated Intravascular Coagulation
DNA	Deoxyribonucleic Acid
DOMS	Delayed Onset Muscle Soreness
FDA	Food and Drug Administration
FI	Fatigue Index
g/dL	Grams per Deciliter
GSH	Glutathione
GSH-Px	Glutathione Peroxidase

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

H ⁺	Hydrogen Ion
HO ₂ [°]	Perhydroxy Radical
H ₂ O ₂	Hydrogen Peroxide
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
HR	Heart Rate
HRstop	Heart Rate at Stopped Exercise
ICU	Intensive Care Unit
IL-1	Interleukin-1
IL-2	Interleukin-2
IL-6	Interleukin-6
IL-8	Interleukin-8
K ⁺	Potassium Ion
kg	Kilogram
kg/m ²	Kilogram per Square Metre
LDH	Lactate Dehydrogenase
LSD	Least Significant Difference
MAPK	Mitogen-Activated Protein Kinase
MDA	Malondialdehyde
mg/d	Miligrams per Day
MHR	Maximum Heart Rate
ml/kg/min	Mililiter per Kilogram per Minute
mmol/L	Milimole per Liter
mph	Mile per Hour
mtDNA	Mitochondrial Deoxyribonucleic Acid
Na ⁺	Sodium Ion
NAC	N-Acetylcysteine
NAPQI	N-Acetyl-P-Benzoquinoneimine
NF-kB	Nuclear Factor Kappa-Light-Chain-Enhancer of Activated B Cells

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

NMJ	Neuromuscular Junction
NO	Nitric Oxide
NO [•]	Nitric oxide radical
O ₂ ^{•-}	Superoxide Anion Radical
O ₃	Ozone
OH [•]	Hydroxyl Radical
OTC	Oxytetracycline
pg/mL	Picogram per Mililiter
pH	Potential of Hydrogen ion
Pi	Inorganic Phosphate
PMN	Polymorphonuclear
RCS	Reactive Chlorine Species
RHR	Resting Heart Rate
RO [•]	Alkoxy Radical
ROS	Reactive Oxygen Species
RNS	Reactive Nitrogen Species
RPE	Rating of Perceived Exertion หรือ Rate Perceived Exertion
RPEstop	Rate Perceived Exertion at Stopped Exercise
rRNAs	Ribosomal Ribonucleie Acids
RS	Reactive Species
SD	Standard Deviation
SE	Standard Error
SOD	Superoxide Dismutase
SR	Sarcoplasmic Reticulum
THR	Target Heart Rate
TNF	Tumor Necrotic Factor
TNFR	Tumor Necrosis Factor Receptor
TNF- α	Tumor Necrotic Factor Alpha

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

TNF- β	Tumor Necrotic Factor Beta
tRNAs	Transfer Ribonucleie Acids
U/L	Unit per Liter
VO ₂	Oxygen Consumption
WHO	World Health Organization
$\mu\text{mol/L}$	Micromole per Liter
4-HNE	4-Hydroxynonenal Enzyme