ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด องค์ประกอบของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

เรือเอกหญิงโชติรส สุขขี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชากายภาพบำบัด ภาควิชากายภาพบำบัด
คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF AQUATIC INTERVAL TRAINING ON PREDICTED PEAK OXYGEN UPTAKE, LUNG VOLUMES, BODY COMPOSITION AND QUALITY OF LIFE IN OBESITY

Lieutenant Chotirot Sukkee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Physical Therapy
Department of Physical Therapy
Faculty of Allied Health Sciences
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	EFFECTS OF AQUATIC INTERVAL TRAINING ON PREDICTED PEAK OXYGEN UPTAKE, LUNG VOLUMES, BODY COMPOSITION AND QUALITY OF LIFE IN OBESITY
By	Lieutenant Chotirot Sukkee
Field of Study	Physical Therapy
Thesis Advisor	Sukanya Eksakulkla, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Sujitra Boonyong, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Dean of the Faculty of Allied Health Sciences

(Assistant Professor Palanee Ammaranond, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman

(Montakarn Chaikumarn, Ph.D.)

.....Thesis Advisor

(Sukanya Eksakulkla, Ph.D.)

.....Thesis Co-Advisor

(Assistant Professor Sujitra Boonyong, Ph.D.)

.....External Examiner

(Nantinee Nualnim, Ph.D.)

โชติรส สุขขี : ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด องค์ประกอบของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน (EFFECTS OF AQUATIC INTERVAL TRAINING ON PREDICTED PEAK OXYGEN UPTAKE, LUNG VOLUMES, BODY COMPOSITION AND QUALITY OF LIFE IN OBESITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.สุกัญญา เอกสกุลกล้า, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร.สุจิตรา บุญหยง, 138 หน้า.

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด องค์ประกอบของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน วิธีการวิจัย คนอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งจำนวน 21 คน ถูกแบ่งโดยการสุ่มออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม (เพศหญิง 5 คน เพศชาย 5 คน อายุ 38.6 ± 9.68 ปี ดัชนีมวลกาย 31.77 ± 4.73 กก./ม.^{2}) และกลุ่มทดลอง (เพศหญิง 6 คน เพศชาย 5 คน อายุ 33.73 ± 9.13 ปี ดัชนีมวลกาย 30.96 ± 3.47 กก./ม.^{2}) กลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วง 3 ครั้ง/สัปดาห์ ที่ความหนักร้อยละ 60-75 ของชีพจรสำรอง ต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ กลุ่มควบคุมได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อด้วยตนเองที่บ้าน ต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ วัดค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด องค์ประกอบของร่างกายและคุณภาพชีวิตก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย ผลการวิจัย กลุ่มทดลองมีค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 6.74 ± 5.56% (p = 0.002) ระยะทางจากการทดสอบเดินจับเวลา 6 นาทีเพิ่มขึ้น 8.40 ± 6.01% (p = 0.001) ปริมาตรอากาศที่สามารถหายใจออกใน 1 วินาทีเพิ่มขึ้น 8.92 ± 6.52% (p = 0.036) การไหลของอากาศหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้น 42.32 ± 42.27% (p = 0.017) สัดส่วนกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น 1.26 ± 1.72% (p = 0.020) แขนเพิ่มขึ้น 1.44 ± 1.91% (p = 0.002) คะแนนแบบสอบถามวัดคุณภาพชีวิตในเรื่องความอ้วนและการลดน้ำหนักเพิ่มขึ้น 19.38 ± 15.15% (p = 0.003) คะแนนแบบสอบถามวัดอาการที่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัวลดลง 66.43 ± 20.71% (p < 0.001) รอบเอวลดลง 2.35 ± 3.62% (p = 0.028) และสัดส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกลดลง 2.59 ± 2.64% (p = 0.022) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สรุปผลการวิจัย การออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการออกกำลังกายในกลุ่มคนอ้วนเพื่อเพิ่มสมรรถภาพปอดและหัวใจ คุณภาพชีวิต และลดองค์ประกอบของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ หมายเลขงานวิจัย TCTR20160818003

ภาควิชา กายภาพบำบัด	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา กายภาพบำบัด	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5776655737 : MAJOR PHYSICAL THERAPY

KEYWORDS: OBESITY / AQUATIC EXERCISE / INTERVAL TRAINING / PEAK OXYGEN UPTKE

CHOTIROT SUKKEE: EFFECTS OF AQUATIC INTERVAL TRAINING ON PREDICTED PEAK OXYGEN UPTAKE, LUNG VOLUMES, BODY COMPOSITION AND QUALITY OF LIFE IN OBESITY. ADVISOR: SUKANYA EKSAKULKLA, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. SUJITRA BOONYONG, Ph.D., 138 pp.

Objective: To investigate effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted peak oxygen uptake (VO_{2peak}), lung volumes, body composition and quality of life (QOL) in obesity. Methods: 21-sedentary obesity were randomly assigned to a control (5 females and 5 males, age 38.6 ± 9.68 years, BMI 31.77 ± 4.73 kg/m^2) and a training group (6 females and 5 males, age 33.73 ± 9.13 years, BMI 30.96 ± 3.47 kg/m^2). The training group performed 6-week aquatic interval training at 60-75% of heart rate reserve 3 days/week. The control group received 6-week home program of self-stretching exercise. Predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL were measured before and after the training. Results: The trained obesity had significant alterations in predicted VO_{2peak} 6.74 ± 5.56% (p = 0.002) , 6-minute walk distance 8.40 ± 6.01% (p = 0.001), force expiratory volume in 1^{st} second 8.92 ± 6.52% (p = 0.036) , peak expiratory flow 42.32 ± 42.27% (p = 0.017), waist circumference -2.35 ± 3.62% (p = 0.028), waist-hip ratio -2.59 ± 2.64% (p = 0.022), %skeletal muscle for legs 1.26 ± 1.72% (p = 0.020) and arms 1.44 ± 1.91% (p = 0.002), Weight Related Symptom Measure score -66.43 ± 20.71% (p < 0.001), and Obesity and Weight Loss QOL score 19.38 ± 15.15% (p = 0.003) compared to the control group. Conclusion: Six-week aquatic interval training contributes to improve predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity. This program would be another modality to apply in obesity for enhancing cardiorespiratory fitness and QOL, and reduction in body composition. Trial registration: TCTR20160818003.

Department:	Physical Therapy	Student's Signature .....
Field of Study:	Physical Therapy	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature .....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deepest gratitude to Lect. Sukanya Eksakulkla (Ph.D.), my major thesis advisor for her valuable guidance, recommendations, encouragement, and great support to complete this thesis.

I would like to express my sincere appreciation to Asst. Prof. Sujitra Boonyong (Ph.D.), my thesis co-advisor for her valuable guidance, recommendations and great encouragement to accomplish this thesis.

I would like to thank Asst. Prof. Akkradate Siriphorn (Ph.D.) for his valuable suggestions in statistical analysis.

I wish to thank my external examiner, Lect. Nantinee Nualnim (Ph.D.) for her helpful advices and valuable suggestions.

I would like to thank Asst. Prof. Adit Chiradejnant (Ph.D.) for his suggestions and assistances.

I would like to thank all participants for their willingness and intention to participate in this study.

I would also like to thank the Royal Thai Fleet Headquarter for the courtesy to use their swimming pool at Sattahip district, Chonburi, Thailand.

This study was funded by the 90th Anniversary of Chulalongkorn University Fund (Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund), Bangkok, Thailand.

Finally, I would like to express my gratefulness appreciation to my beloved parents for their encouragement throughout master degree course.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

CONTENTS

Page

THAI ABSTRACT iv

ENGLISH ABSTRACT v

ACKNOWLEDGEMENTS vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES xiii

LIST OF FIGURES xv

LIST OF EQUATIONS xvi

ABBREVIATIONS xvii

CHAPTER 1 INTRODUCTION 1

1.1 Background 1

1.2 Rationale 4

1.3 Objective of the study 5

1.4 Parameters of the study 5

1.4.1 Independent variable 5

1.4.2 Dependent variable 5

1.5 Scope of the study 6

1.6 Research question 6

1.7 Hypothesis of the study 6

1.8 Brief methodology 6

1.9 Advantage of the study 7

CHAPTER 2 REVIEW LITERATURE 8

2.1 Comorbidities of overweight and obesity 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Page

2.1.1 Cardiac manifestations of obesity 9
2.1.1.1 Cardiovascular disease 9
2.1.1.2 Cardiac structure and obesity 10
2.1.2 Respiratory manifestation of pathogenic obesity 10
2.1.2.1 Obstructive sleep apnea 10
2.1.2.2 Asthma 11
2.1.3 Malignancy in obesity 11
2.1.4 Skin manifestation of obesity 12
2.1.5 Musculoskeletal disability and pain associated with obesity 12
2.1.5.1 Osteoarthritis 13
2.1.5.2 Plantar fasciitis 13
2.2 Respiratory physiological changes in obesity 13
2.2.1 Respiratory compliance 13
2.2.2 Lung volumes: spirometric variables 14
2.2.3 Effects of aerobic exercise on lung function in obesity 15
2.3 Exercise-related cardiorespiratory physiological changes in obesity 19
2.3.1 Maximal oxygen uptake 19
2.3.2 Cardiorespiratory fitness and mortality 20
2.3.2.1 Definition of cardiorespiratory fitness 20
2.3.2.2 Cardiorespiratory fitness and mortality 20
2.4 Water-based exercise in obesity 21
2.5 High intensity interval training (HIIT) in obesity 26
2.6 Outcome measurements 37

Page

2.6.1 Cardiorespiratory fitness measurement 37
2.6.1.1 Direct measurement of maximal oxygen uptake 37
2.6.1.2 Indirect measurement of maximal oxygen uptake 38
2.6.1.2.1 Six-minute walk test 39
2.6.2 Lung volumes 42
2.6.2.1 Introduction 42
2.6.2.2 Indications and contraindications for spirometer testing 42
2.6.2.2.1 Indications 43
2.6.2.2.2 Contraindications 44
2.6.2.3 Variables in forced spirometry 44
2.6.2.3.1 Force vital capacity 45
2.6.2.3.2 Force expiratory volume in first second 45
2.6.2.3.3 Force expiratory volume in first second/force vital capacity ratio 46
2.6.2.3.4 Peak expiratory flow 47
2.6.2.4 Procedure 47
2.6.2.4.1 Preparation of the participant and equipment 47
2.6.2.4.2 Description of the maneuver 48
2.6.2.4.3 Acceptance criteria 48
2.6.2.4.4 Repeatability and selection of results 49
2.6.3 Body composition 50
2.6.3.1 Body mass index 50
2.6.3.2 Circumferences 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Page

2.6.2.3 Bioelectrical impedance analysis 54
2.6.4 Quality of life assessment 55
2.7 Conceptual framework of the study 57
CHAPTER 3 MATERIALS AND METHODS 59
3.1 Ethical consideration 59
3.2 Study design 59
3.3 Pre-inclusion screening 60
3.4 Participants 60
3.4.1 Inclusion criteria 61
3.4.2 Exclusion criteria 61
3.5 Sample size calculation 62
3.6 Instrumentation 62
3.7 Research setting 62
3.8 Aquatic interval training 63
3.9 Self-stretching exercise 66
3.10 Outcome measurements 67
3.10.1 Predicted peak oxygen uptake 67
3.10.2 Lung volumes 68
3.10.3 Body composition 68
3.10.3.1 Body mass index 68
3.10.3.2 Circumferences 69
3.10.3.3 Total and segmental body fat percentage 69
3.10.4 Quality of life questionnaire 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Page

3.11 Statistical analysis 70
3.12 Flow chart of this study 71
CHAPTER 4 RESULTS 72
4.1 Participants 72
4.2 Exercise intensity, ratings of perceived exertion, resting heart and blood pressure 72
4.3 Predicted peak oxygen uptake and six-minute walk distance 73
4.4 Lung volumes 73
4.5 Body composition 73
4.5.1 Body mass index 73
4.5.2 Circumferences and waist-hip ratio 75
4.5.3 Total and segmental body fat percentage 76
4.5.4 Total and segmental skeletal muscle percentage 76
4.6 Quality of life 76
CHAPTER 5 DISSCUSSION 81
REFERENCES 89
APPENDIX 100
APPENDIX A CERTIFICATE OF APPROVAL 101
APPENDIX B SCREENING QUESTIONNAIRE 102
APPENDIX C BAECKE HABITUAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE 104
APPENDIX D SCREENING INFORMATION SHEET FOR THE CONTROL GROUP 109
APPENDIX E SCREENING INFORMATION SHEET FOR THE EXPERIMENTAL GROUP 115
APPENDIX F SCREENING INFORMED CONSENT FORM FOR THE CONTROL GROUP 121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Page

APPENDIX G SCREENING INFORMED CONSENT FORM FOR THE EXPERIMENTAL GROUP 124
APPENDIX H SAMPLE SIZE CALCULATION 127
APPENDIX I DATA COLLECTING SHEET DURING EXERCISE 128
APPENDIX J STRETCHING EXERCISE BROCHURE 129
APPENDIX K PERSONAL DATA COLLECTION SHEET 133
APPENDIX L DATA COLLECTIONS SHEET DURING SIX-MINUTE WALK TEST 137
VITA 138

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LIST OF TABLES

Page

Table 2.1 Effects of aerobic exercise on lung function in obesity. 17

Table 2.2 Effects of aerobic exercise on lung function in obesity. 18

Table 2.3 Effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 23

Table 2.4 Effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 24

Table 2.5 Effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 25

Table 2.6 Effects of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 28

Table 2.7 Effects of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 29

Table 2.8 Effect of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 30

Table 2.9 Effects of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 31

Table 2.10 Effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 34

Table 2.11 Effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 35

Table 2.12 Effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity. 36

Table 2.13 The 15-grade scale for ratings of perceived exertion, the RPE scale 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Table 2.14 Classification of body mass index categories for Europeans, African American and White Adults..... 51

Table 2.15 Classification of body mass index categories for Asians..... 52

Table 4.1 Baseline characteristics between experimental and control groups..... 74

Table 4.2 Baseline characteristics between experimental and control groups (continued)..... 75

Table 4.3 Alterations of resting HR and BP as compared within the experimental group (mean ± SD)..... 76

Table 4.4 Cardiorespiratory fitness and lung volumes variables at pre- and post-training (mean ± SD)..... 78

Table 4.5 Body composition, and total body fat and skeletal muscle percentage variables at pre- and post-training (mean ±SD)..... 79

Table 4.6 Segmental subcutaneous fat and skeletal muscle percentage, and quality of life variable at pre- and post- training (mean ± SD)..... 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LIST OF FIGURES

Page

Figure 2.1 Relationship of fitness and health..... 8

Figure 2.2 Lung volumes and capacities represented on a volume-time spirogram. .. 45

Figure 2.3 Multivariate relative risks of mortality according to quintiles of waist circumference and WHR in men and women participating in the EPIC study..... 54

Figure 2.4 Conceptual framework..... 58

Figure 3.1 Star jumps. 64

Figure 3.2 Forward jumps 64

Figure 3.3 Heart rates monitor..... 65

Figure 3.4 Life vest jacket. 65

Figure 3.5 Flow chart of this study..... 71

Figure 4.1 Changes in predicted VO_{2peak} from pre- to post-training in the control and the experimental group..... 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LIST OF EQUATIONS

Page

Equation 2.1 Estimated maximal oxygen uptake calculation..... 42

Equation 2.2 Body mass index calculation..... 51

Equation 3.1 Prescribing exercise intensity using heart rate reserve method..... 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ABBREVIATIONS

1HIIT	10 x 1-min high intensity interval training
4HIIT	4 x 4-min high intensity interval training
6MWD	six-minute walk distance
6MWT	six-minute walk test
ACC	American College of Cardiology
ACSM	American College of Sports Medicine
AHA	American Heart Association
APMHR	age predicted maximal heart rate
BF	body fat percentage
BIA	bioelectrical impedance analysis
BM	body mass
BMI	body mass index
BP	blood pressure
BW	body weight
CHD	coronary heart disease
ConT	continuous training
COPD	chronic obstructive pulmonary disease
CPET	cardiopulmonary exercise test
CRF	cardiorespiratory fitness
CT	circuit training
CV	coefficient of variation
CVD	cardiovascular disease
DBP	diastolic blood pressure
DWR	deep water running
EPIC	European Prospective Investigation on Cancer
FEF_{25-75}	forced expiratory flow at 25% and 75% of FVC
FEV_1	force expiratory in first second
FFAs	free fatty acids
FFM	fat free mass
FM	fat mass
FRC	functional residual capacity

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

FVC	force vital capacity
GT	glucose tolerance
HC	hip circumference
HDL	high-density lipoprotein
HIIT	high intensity interval training
HR	heart rate
HR_{max}	maximal heart rate
HRR	heart rate reserve
ICC	intraclass correlation
IGF-1	insulin-like growth factor-1
IGT	impaired glucose tolerance
IL-6	interleukin-6
IOTF	International Obesity Taskforce
LDL	low-density lipoprotein
LVEDV	left ventricular end diastolic volume
LW	land walking
Max-AP	maximal aerobic power
MCID	minimal clinically important difference
METs	metabolic equivalents
MICT	moderate intensity continuous training
MIT	moderate intensity training
MVV	maximal voluntary ventilation
NGT	normal glucose tolerance
NHES	National Health Examination Survey
NWB	non-weight-bearing
OA	osteoarthritis
OSA	obstructive sleep apnea
OWLQOL	Obesity and Weight Loss Quality of Life
PEF	peak expiratory flow
QOL	quality of life
RCT	randomized control trial
RPE	ratings of perceived exertion
RR	relative risk
RV	residual volume
SBP	systolic blood pressure
SF	skin fold
SpO_2	oxygen saturation
SV	stroke volume

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SW	swimming	VO_{2peak}	peak oxygen uptake
TBW	total body water	WC	waist circumference
TCTR	Thai Clinical Trial Registry	WHO	World Health Organization
TLC	total lung capacity	WHR	waist-hip ratio
TNF-α	tumor necrosis factor-alpha	WPRO	Western Pacific Region of WHO
TOS	The Obesity Society	WRSM	Weight Related Symptoms Measures
TV	total volume		
VO_{2max}	maximal oxygen uptake	WW	water walking

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

CHAPTER 1
INTRODUCTION

1.1 Background

The prevalence of overweight and obesity are an important public health concern. It cannot be denied that it has vulnerability and risks for the number of diseases such as progressive cardiovascular disease (CVD), metabolic disorders and other chronic non-modified diseases (6, 9, 12). Obesity has dramatically increased globally since the early 1980 (13). In 2008, more than 200 million (9.8 percents) men and almost 300 million (13.8 percents) women were found as obese individuals (9, 13). In 2010, there was a significant growth in the number of obesity which led to the cause of mortality, approximately 3.4 million people. Furthermore, it was also found that the number of life expectancy and disability-adjusted life-years decreased markedly which stood at 3.9 percents and 3.8 percents respectively (14).

The most favorite clinical definition of obesity is based on body mass index (BMI) calculated by divided body weight in kilograms by height in meters squared (kg/m^2) (15). As focused in Asia, BMI ≥ 25 kg/m^2 is used to classify the obesity in adults (16). From the National Health Surveys between 1995 and 1998, it was reported that Thailand has the highest obesity prevalence in Asia, at around 23.8 percents on overweight and 6.8 percents on obesity in adults while the lowest obesity rates in this region were reported to 2.2 percents in India and 3.3 percents in Philippines (17).

In Thailand, the sequences of National Health Examination Survey (NHES) were provided consecutively in 1991, 1997 and 2004. Overall of Thai adults, age adjusted mean BMI with aged ≥ 18 years rose from 22.0 kg/m^2 in 1991 to 22.7 kg/m^2 in 1997 and 23.2 kg/m^2 in 2004. The prevalence of obesity with BMI ≥ 25 kg/m^2 in adults vastly increased from 18.2 percents to 24.1 percents and 28.1 percents in

1991, 1997 and 2004 respectively. In adults with BMI ≥ 30 kg/m^2, the prevalence increased from 3.5 percents to 5.8 percents and 6.9 percents in the corresponding years. The highest rates of obesity prevalence were reported in the 45-54 years' age group with BMI ≥ 25 and ≥ 30 kg/m^2 in both male and female. For both group of these BMI, urban areas had a higher prevalence of obesity than rural areas in both genders (18). In 2009, data from the Diabetes Association of Thailand reported the prevalence of obesity in women was higher than men, with the number 11.3 and 4.7 million, respectively (19). The health care cost attributable to obesity in Thailand was estimated at 12,142 million baht (725.3 million US$) per year (20).

According to one of the strategic objectives of the Naval Medical Department which standards require the naval officers are in good health and physical fitness for the duty. The key performance indicator in this strategic objective is the naval officers have a BMI in normal range (18.5 to 22.9 kg/m^2) (21). Focus on the data from the annual health examination in the last fiscal year, naval officers who stationed in the East region with a BMI ≥ 25 kg/m^2 is 35.51 percents (22).

Obesity is considered in many health problems consequences such as diabetes mellitus, hypertension, hyperlipidemia, coronary heart diseases (CHD), obstructive sleep apnea (OSA), stroke, premature death, osteoporosis, some type of cancer (endometrial, breast, prostate and colon) and lowering in the overall quality of life (QOL) (6, 23, 24). Two meta-analysis studies found that obesity (evaluated as BMI) independently increased risk of the mortality by 20 percents in women and 28 percents in men (25). Moreover, the respiratory system is affected by obesity as well (23). Obese individual is also associated with increased risk of respiratory symptoms, such as breathlessness especially during exercise, although they have not explicitly respiratory illness (26, 27). Pulmonary function tests of obese individuals, who typically are a restrictive pattern and may describe an obstructive pattern (28). The progressive increase in BMI is associated with decreased lung volumes (27, 29-31)

such as forced vital capacity (FVC) (29, 30), forced expiratory volume in first second (FEV_1) (29, 30), FEV_1/FVC ratio (29) and peak expiratory flow rate (PEF) (23). The reduction of FEV_1 is a strong predictor of CHD, chronic obstructive pulmonary disease (COPD)-related mortality, and the death from CVD (32). In clinical practice, the FEV_1/FVC ratio less than 70 percents was used to determine an obstructive disorder (33, 34). Decreased FVC is also an indicative of increased asymptomatic mortality in adults or metabolic syndrome individuals (32). Each 1 percents higher in FEV_1 percents predicted is associated with a 1-1.5 percents lowering in all-cause mortality (35). The effect of obesity on absolute lung function in men might be greater than women, probably as a result of excessive central fat distribution in men (36). Alteration of resting in lung volumes is reduced during exercise, whereas dyspnea and oxygen cost of breathing are also enlarged in this group (27).

Cardiorespiratory fitness (CRF) is one of the most important physical health measurements in obviously healthy people, individuals with increased risk for CVD and practically patient population. It is expressed as either peak metabolic equivalents (METs) or maximal oxygen uptake (VO_{2max}) (28). A relative value of VO_{2max} typically decreased in obese individuals when compared those with normal weight (28, 36-38). Overweight adults with the highest level of CRF have a lower risk of CVD than those are at a normal body weight but with low level of CRF (15). According to previous study has demonstrated the improvement of prognosis as CRF, increase each 1 MET (3.5 ml O_2/kg/min) is associated with a 13 percents and 15 percents decrease in all-cause mortality and CVD, respectively (28).

The important processes of lowering in body mass included caloric restriction and comprehensive lifestyle intervention (39, 40). Prescribe on-site with ≥ 14 sessions of high-intensity in 6 months was recommended for comprehensive weight loss intervention in obesity (39). Over the past decade research, high intensity interval training (HIIT) has been grown interested (41) and extensively used to improve

aerobic performance and facilitate conditioning (42). Although the HIIT has been significantly increased VO_{2max} compared with continuous training in individuals with cardiometabolic disorders and obesity (5, 43) but there is still controversy in several studies (1, 6). According to previous studies demonstrated that HIIT in obesity can be performed in either land-based (1, 2, 5, 43) or water-based environment (6). However, land-based exercise such as jogging or running, may be required to disturb that activity if and musculoskeletal injury presents. The cessation of activity resulted in significant reduction in a 14 to 16 percents of VO_{2max} over a 4 to 6 weeks' period of inactivity. Therefore, alternative training modalities such as water-based exercise are frequently achieved in an effort to preserve functional capacity (44). Water-based exercise is in consistent with recommendations stating that non-weight-bearing (NWB) activities are special considerations in providing exercise prescription for obesity (45). This type of exercise was considered as the safest and most protective environment for obesity because of the buoyancy of water reduces the risk of injury to joints (46, 47).

Considering the benefits of HIIT in water, this may be improving peak oxygen uptake (VO_{2peak}) for obese individuals. To the best our knowledge, there were the studies reporting the effects of water-based exercise on body composition, CRF, strength and QOL in obese adults (4, 7, 9), but rare in the effects of HIIT in water, particularly in obese group (6, 48). Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 Rationale

Obesity have increased dramatically in global since the early 1980 (13), and it is considered in many health consequences, lowering in the overall QOL and increased premature death (6, 23, 24, 49). In Asia, obesity is defined as the individuals who had a BMI ≥ 25 kg/m^2 (16). The higher in BMI has been associated with lowering

in lung volumes (27, 29-31) and VO_{2max}, which lead to increased risk for CVD (28, 36-38). Considering the benefits of HIIT in water, this may be improving VO_{2max} in obese individuals. To the best our knowledge, there were the studies reporting the effects of continuous training in water environment on body composition, CRF, strength and QOL in obese adults (4, 6, 7, 9), but rare in HIIT, particularly in obesity (48). Therefore, six weeks of aquatic interval training could be improved predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity.

1.3 Objective of the study

The objective of the study was to investigate the effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted peak oxygen uptake, lung volumes, body composition and quality of life in obesity.

1.4 Parameters of the study

1.4.1 Independent variable

Independent variable in this study was 6-week aquatic interval training.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4.2 Dependent variable

Dependent variables included percent changes of predicted peak oxygen uptake, lung volumes (force vital capacity, force expiratory in first second, force expiratory in first second/ force vital capacity ratio and peak expiratory flow), body composition (body weight, body mass index, waist circumference, hip circumference, waist-hip ratio, total body fat percentage, total and segmental subcutaneous fat percentage, total and segmental skeletal muscle percentage), and quality of life.

1.5 Scope of the study

This study investigated the effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition, and QOL in obesity. Participants who met inclusion and absent of exclusion criteria were recruited and randomized into either the control or the experimental group. Participants in the experimental group received 3 sessions a week of aquatic interval training for 6 weeks. Each session was started with 10-min warm-up, then followed by 4-min HIIT altered with 3-min recovery phase, and 3-min cool-down. The control group received a home program of self-stretching exercise 3 times/week, totally 6 weeks. All of outcomes measurements were at baseline and post-training period, and were conducted at Somdej Phranangchaosirikit hospital, Sattahip, Chonburi, Thailand. Aquatic interval training performed at the swimming pool of the Royal Thai Fleet Headquarter in Chonburi, Thailand.

1.6 Research question

Does 6-week aquatic interval training improve predicted peak oxygen uptake, lung volumes, body composition and quality of life in obesity?

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 Hypothesis of the study

After the trained obesity accomplished 6-week aquatic interval training, predicted peak oxygen uptake, lung volumes and quality of life would be significantly increased compared to the control group. Body composition in the experimental group would be significantly improved compared to the control group.

1.8 Brief methodology

Obese participants in the experimental group received 3 sessions a week of aquatic interval training for 6 weeks. In control group, participants received a home program of self-stretching exercise 3 times per week for 6 weeks. Moreover, participants in both groups were required to maintain their physical activity level,

usual dietary intake and alcohol consumption throughout the study. All of outcome measurements were performed at baseline and after the training by the secondary investigators.

1.9 Advantage of the study

Six-week aquatic interval training may result in obese individuals to improve predicted peak oxygen uptake, lung volumes, body composition, and quality of life. This training may be another alternative efficient modality to apply in obesity for enhancing cardiorespiratory fitness, lung volumes, quality of life, and alternating body composition. Besides exercise in water environment can reduces the risk of injury to musculoskeletal system in obesity.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

CHAPTER 2

REVIEW LITERATURE

2.1 Comorbidities of overweight and obesity

The epidemic obesity is caused by both imbalance energy intake and energy expenditure. The excessive energy intake is stored as fat in adipocytes, which are the largest body part of endocrine unit. Fat within the adipocytes are oxidized to release free fatty acids (FFAs) for gluconeogenesis and energy use when energy expenditure is required (50). Obesity is important cause of comorbidities which affected to further morbidity and mortality. The evidences that linked obesity with a various health conditions are also observed (49). The persistence of obesity is associated with dyslipidemia, CVD, CAD, type 2 diabetes mellitus (DM), respiratory problems, several cancers and hypertension (15, 49). Type 2 DM is powerfully associated with obese individuals with insulin resistance. The relationship between increased obesity and fitness level in individuals with type 2 DM is shown in Figure 2.1 (15).

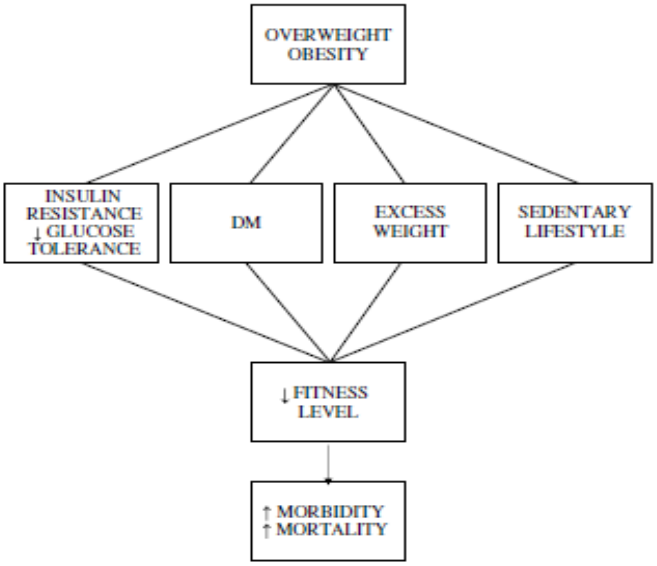


Figure 2.1 Relationship of fitness and health.

The increased in body weight is a strongly predictor of radiographically confirmed osteoarthritis (OA) of the knee in middle-aged women and a simple predictor of OA of distal interphalangeal and carpometacarpal joints. It can be seen that every 5 kg of weight gain resulted in an increased the risk 35 percents of knee arthritis. Approximately increased 60 percents of ground-reaction forces at the knees were presented in obese patients compared to normal weight patients during walking. Reduction in ground-reaction forces for obese individuals was observed when walking at a slower pace (15).

2.1.1 Cardiac manifestations of obesity

2.1.1.1 Cardiovascular disease

Obesity is a major risk factor for CVD, nevertheless the levels of abdominal obesity is seem to be more important for cardiovascular and metabolic risk (7). Visceral obesity increased risk of CVD through the mechanisms of hyperglycemia, prothrombotic state, proinflammatory mediation, elevated blood pressure, and atherogenic dyslipidemia. Insulin resistance and adipokines are the cause of the atherogenic process-atherosclerosis, inflammation, and thrombosis. Increased exposure of hepatocytes to FFAs by inadequate adipocyte fatty acid oxidation influences to dyslipidemia. Elevation of circulating FFAs, especially low-density lipoprotein (LDL), which is rich in lipids and macrophages lead to enlarges of atherosclerotic plaque. Atherosclerotic plaque progression is accelerated by decreased high-density lipoprotein (HDL) levels, increased BP, inflammatory cytokines, and increased plasma glucose levels, all of these are mediated by insulin resistance and elevated FFA circulation. More importantly, the unstable advanced atherosclerotic plaque could be ruptured and caused an acute coronary syndrome (50).

2.1.1.2 Cardiac structure and obesity

Obesity may be related to remodeling of the myocardial structure. However, it is unexplained if obesity is the causal mechanism or if comorbid conditions, such as OSA, diabetes, and hypertension, are the causal mechanisms. All of these conditions, and possibly a direct effect of adiposity mediated by leptin and adiponectin, resulted in hypertrophy and heart failure. In obese patients, cardiac arrhythmias may be presented, but arrhythmias develop in the setting of OSA or left ventricular hypertrophy occurred more often. These arrhythmias may elevate the consequence of sudden death in patients with absent other obvious risk factor for hypertrophy or heart failure other than obesity (50).

2.1.2 Respiratory manifestation of pathogenic obesity

It seems to be that obesity caused of important mechanical effects on the respiratory system. Excess soft tissue mass and fatty infiltration of the chest wall and elevated pulmonary blood volume resulted in a decreased in respiratory muscle compliance, functional residual capacity (FRC) and total volume (TV), and peripheral airway diameter, which also altered in pulmonary blood volume and a ventilation-perfusion mismatch. Although obesity may also influence to an increase in airway hyper-responsiveness but this claim remained controversial (50).

2.1.2.1 Obstructive sleep apnea

Obstructive sleep apnea is referred as a repetitive upper airway collapse during sleep, which leads to hypoxia, sympathetic nervous system surges, airway edema, and inflammation of upper airway. The intermittent airflow obstruction has been influence to increase in local and systemic inflammatory markers and oxidative stress. Alteration of these proinflammatory cytokines levels, such as interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), and leptin, and reduced adiponectin levels are suggested that obesity may mediate these responses both of cause and effect. A vicious cycle can be worsening and resulted in significant

changes in sleep patterns during OSA, which can promote weight gain through modulating appetite-regulating hormones (50).

2.1.2.2 Asthma

The previous cross-sectional studies have demonstrated a higher prevalence of asthma in obesity. However, biological mechanisms between obesity and asthma have not yet been fully clarified, a powerful suspected contributor is leptin, which stimulates increased an eotaxin levels (an eosinophil chemoattractant), and changes in lung volume. Studies in animal models found that leptin causes an important immunomodulatory role that may be affected airway function and immune response. Moreover, leptin also affects normal lung development, particularly in the synthesis of mediating pulmonary surfactant and the differentiation of lipofibroblasts into mature normal fibroblasts in the lung (50).

2.1.3 Malignancy in obesity

Several malignancies are expected to be related to obesity. The important candidates relating obesity to cancer are those cytokines (leptin, IL-6, TNF-α, adiponectin, and FFAs), which lead to insulin resistance. These cytokines are associated with the promotion of cellular proliferation and in the inhibition of apoptosis. Adiponectin is the amplest hormone secreted by adipocytes, which is likely a major protector and regulator in cell proliferation in this process, both by acting directly on cancer cells and indirectly through the insulin resistance pathway. Insulin resistance and hyperinsulinemia related to an increase in production of insulin-like growth factor-1 (IGF-1). Many cancer cell lines have IGF-1 receptors which those consisted of prostate, breast, and colon cancer. In addition, increased the circulating level of FFAs may directly affect cancer potential through cellular proliferation, and indirectly through insulin resistance pathway. Moreover, FFAs and other cytokines are related to recruit the sympathetic nervous system and resulted in cell proliferation directly through stimulating IGF-1 as well as other growth factors,

consisting of platelet-derived growth factor-BB, but these relationships are yet to be proved (50).

2.1.4 Skin manifestation of obesity

Obesity involved in several abnormalities functions of the skin which consisted of the effects on the sebaceous gland, sebum production, skin barrier function, and sweat production. Additionally, it also related to promotes changes in lymphatic, collagen structure and function, wound healing, and subcutaneous fat. In obese individuals, the major metabolic manifestations of skin disorders are regulated by insulin resistance. As well obesity caused the severity of the acne worsen by hyperandrogenism and elevated IGF-1 production, which promoted the activity of sebaceous glands (50). Skin problems are also as a result of mechanical means and among obese individuals are included chronic venous insufficiency, lymphedema, striae, cellulite development, and adiposis dolorosa (painful multiple subcutaneous lipomas). Moreover, lymphedema and venous stasis are related to cause a chronic inflammatory state. Patients with these conditions are more associated with cellulitis, panniculitis, venous stasis ulcers, necrotizing fasciitis, and angiosarcoma (50).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.5 Musculoskeletal disability and pain associated with obesity

Individuals with obesity are positively related to musculoskeletal pain and injury, particularly in the back, hip, knee, ankle, and foot. Biomechanical adaptions as a resulted of the sheer bulk and force of increased fat mass affected locomotion, balance, and strength and lead to pain. A center of gravity and some inertia in obese individuals have altered, which caused obviously increased anteroposterior sway. Postural control and balance may be not changed and is quite depended on physical activity. Gait patterns of obesity are different from the normal gait patterns by increased hip abduction, decreased hip flexion, and decreased ankle plantar flexion. These alterations may have an influence on the maladaptation's development (50).

2.1.5.1 Osteoarthritis

Osteoarthritis is defined as a degenerative joint disorder in which obese individuals have a higher risk of incidence and development in weight-bearing joints. Obese patients have an increased load on the medial compartment in the knee due to varus joint ligament. Even though the load is increased, but no correspondence increase in subchondral cartilage volume happens to support this load. Muscular fatigues are less able to reduce the shock of a load on the joint. Individuals with obesity have higher absolute but lower relative muscle strength, therefore strengthening of muscle and physical activity can decrease the disability and pain associated with OA knee (50).

2.1.5.2 Plantar fasciitis

Obese individuals had a 5-time higher risk of developing plantar fasciitis than normal weight individuals. Previous studies in obesity has demonstrated that plantar pressures correlated moderately with body weight, with higher pressures under the heel, midfoot, and central metatarsal heads during walking. This relationship is particularly strong in obese women because of those have weaker ligaments in the medial longitudinal arch than those of men (50).

Chulalongkorn University

2.2 Respiratory physiological changes in obesity

Obesity results in alteration of resting respiratory physiologic variables such as compliance, neuromuscular strength, work of breathing, lung volumes, spirometry measurement, respiratory resistance, diffusing capacity and gas exchange (26, 27, 36). In this section, we reviewed some variables that are associated with this study.

2.2.1 Respiratory compliance

Respiratory compliance is the capability of the respiratory system to extend while alteration of volume relative to pressure (36). Total respiratory system in obese

individual is characterizing stiffening, which contributes to a combine effects on lung and chest wall compliance (26). Excessive adipose tissue affects to reduce the thoracic distensibility, particularly at the chest wall as a consequence of the restriction of the ribcage and diaphragm expansion (51-53). Decreased lung compliance in obesity is caused by increased the weight of chest wall and the higher position of the diaphragm in the thoracic cavity (23), these contributed to increased work and oxygen cost of breathing, particularly in patients with morbid obesity (23, 53). Reduction in lung compliance resulted in excessive bibasal airway closure and pulmonary gas trapping, diffuse micro-atelectasis (alveolar collapse), and relatively increased intrathoracic blood volume collectively increase static lung elastic recoil pressure (26, 36, 51, 53). From the previous studies found that a reduction in lung compliance in obesity compared with BMI is exponential relationship (26).

2.2.2 Lung volumes: spirometric variables

Increasing BMI is associated with a reduction in spirometric variables such as vital capacity (VC) (36, 51), FVC (26, 29, 30) and FEV_1 (26, 29, 30, 36), depending upon the age, type of body fat distribution (having a relatively greater effect in central obesity) (36). The FEV_1/FVC ratio is usually normal or increased with obesity, even in morbidly obese individuals, demonstrating that both FEV_1 and FVC are affected in the same range (26). Consequently, it has been clearly that spirometric abnormalities in patients with mild to moderate obesity express a restrictive defect existed on the system whereas with severe and morbid obesity, it represents air flow obstruction (54). Obesity may be directly impact on the respiratory function by various mechanisms. Mechanical causes consist of the accumulation of fat may be resisted to the diaphragm and thoracic expansion, may be due to invade into the chest by the chest wall or diaphragm or by impeding the movement of the diaphragm during forced inhalation (54, 55).

2.2.3 Effects of aerobic exercise on lung function in obesity

Effects of aerobic exercise on lung function or pulmonary index in obese participants have been reported in many studies. These studies were summarized and shown as in Table 2.1 and 2.2.

Azad et al. reported the effects of aerobic exercise on lung function (FVC, FEV_1 and MVV) in overweight and obese students with poor endurance performance and mild deterioration of respiratory indices (Table 2.1). Twenty-four weeks of aerobic exercises program, 3 days a week of 30-min continuous running on treadmill at 75-85 percents of predicted maximal HR (HR_{max}) were applied to all participants. In intervention group, this program resulted in significantly greater post-exercise respiratory indices as compared to those of pre-exercise values. However, the post-exercise respiratory indices did not extend to the predicted values. No significant differences were found in BMI reduction in intervention group (3).

Ferdowsi et al. investigated the effects of eight-week aerobic exercise on airway trachea indexes included FEV_1, FVC, FEV_1/FVC ratio, forced expiratory flow at 25 and 75 percents of FVC (FEF_{25-75}), BMI and VO_{2max} level in overweighed male students (Table 2.1). All of participants achieved the aerobic exercise protocol 3 sessions/week with the intensity of 70-85 percents of heart rate reserve (HRR) for 8 weeks. Each training session included continuous running for 35 minutes. After accomplished the training, a significant enhancement were observed in all airway trachea indices and VO_{2max} level in the exercise group (10).

Askarabadi et al. evaluated the effects of aerobic exercise on some pulmonary indexes (FVC and FEV_1), BMI, body fat distribution and VO_{2max} level in normal and fat men (Table 2.2). All of participants followed the 3 sessions per week of 8-week aerobic training program. Each session composed of treadmill running for 30 minutes at 70 percents of the peak work rate. The peak work rate as the target

training intensity is obtained during the baseline incremental exercise test. Significantly increased in all pulmonary indices and VO_{2max} were observed at post-training in both groups. Body fat distribution and BMI in the post training period had significantly decreased compared to the prior training period for both groups (8).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Table 2.1 Effects of aerobic exercise on lung function in obesity.

First author	Year	Population	Age (years)	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Azad (3)	2011	Obese M	16.6 ± 0.81	24 3 d/wk	continuous treadmill running at 75-85% of HR_{max}, 30 min	RCT	C = 15 I = 15	BMI, FVC, FEV_1, MVV	I: significantly increase FVC, FEV_1, MVV C: no alteration
Ferdowsi (10)	2011	Overweight M	21.06 ± 3	8 3 d/wk	running at 75-85% of HRR, 35 min	Non RCT	C = 20 I = 20	FEV_1, FVC, FEV_1/FVC ratio, FEF_{25-75}, BMI, VO_{2max}	I: significantly increased in all airway trachea indices and VO_{2max}

Notes. M = male, HR_{max} = maximal heart rate, C = control group, I = intervention group, BMI = body mass index, FVC = forced vital capacity, FEV_1 = force expiratory volume in 1 second, FEF_{25-75} = Forced expiratory flow at 25% and 75% of FVC, MVV = maximal voluntary ventilation, HRR = heart rate reserve, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, RCT = randomized control trial.

Table 2.2 Effects of aerobic exercise on lung function in obesity.

First author	Year	Population	Age (years)	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Askarabadi (8)	2012	Obese M	35-45	8 3 d/wk	treadmill running at 70% of peak work rate, 30 min	Non RCT	C = 17 Fat = 15	FVC, FEV_1, BMI, %BF, VO_{2max}	Fat: significantly increase FVC, FEV_1, VO_{2max} level, significantly decrease BMI

Notes. M = male, HRmax = maximal heart rate, C = control group, Fat = fat men group, BMI = body mass index, FVC = forced vital capacity, FEV_1 = force expiratory volume in 1 second, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, %BF = body fat percentage, RCT = randomized control trial.

2.3 Exercise-related cardiorespiratory physiological changes in obesity

2.3.1 Maximal oxygen uptake

Maximal oxygen uptake or maximal oxygen consumption or maximal aerobic power (VO_{2max}) represents the highest rate of oxygen that can be taken up and utilized by the body during perform maximal exercise (37, 56, 57). It is expressed in the milliliters of oxygen consumed in one minute per kilogram of body weight (ml/min/kg) and frequently used as a variable for assessing cardiovascular (aerobic) capacity (37). Measurement of VO_{2max} indicates the optimal integration of oxygen uptake, transport, and delivery by the pulmonary and cardiovascular systems and oxygen consumption at the muscle levels (56).

Obesity is associated with a higher basal metabolic rates (27) and oxygen uptake at rest (36). Because fat tissue has a lower metabolic rate than other tissues, thus oxygen uptake in obese individuals is lower than normal value when expressing it per kilogram actual body weight. Similar to otherwise active healthy, decreased VO_{2max} is correlated to actual body weight, but if it is correlated to either height, predicted body weight, or lean body mass, normal or increase value are preserved in obesity (36).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Oxygen consumption is markedly increased in obese subjects as compared to normal weight subjects during exercise at a given workload, since extra energy is needed to move heavier body parts (27, 36). Furthermore, the ability of cardiac and ventilatory reserves in obese individuals are restricted to support the increased muscle oxygen requirement during exercise as a consequence of the size of the heart and the lungs do not increase comparable with additional body weight. This physiological alteration affect peak exercise performance in obese participants who are not able to attain the same peak work rates as normal weight participants (36). According to the study published by Radovanovic et al. investigated the relationship between VO_{2max} and BMI, a significant negative correlation was found suggesting an

essentiality to preserve body mass in the optimal range (18.5 to 24.9 kg/m^2), because of the greater body mass affected on cardiorespiratory function (37).

2.3.2 Cardiorespiratory fitness and mortality

2.3.2.1 Definition of cardiorespiratory fitness

Cardiorespiratory fitness also known as aerobic fitness, defined as the capacity of the circulatory and respiratory systems to provide oxygen to skeletal muscle during prolonged physical activity and can be measured directly from respiratory gas exchange during an incremental exercise testing (58, 59). It is also associated with the ability to function of large muscle, dynamic, moderate-to-vigorous intensity exercise during prolonged period of time (60). Moreover, CRF is determined as a component of physical fitness for health-related because (a) low levels of CRF resulted in particularly increased risk of premature death from all causes especially from CVD; (b) CRF increased is associated with decreased in death from all causes; and (c) large amount of CRF levels are associated with larger levels of habitual physical activity and affected to many health benefits (60).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.2.2 Cardiorespiratory fitness and mortality

The convincing evidence from the past studies found that a moderate or high level of CRF is associated with decreased risk of all-cause and CVD mortality in both men and women. Age, ethnicity, adiposity, tobacco used, alcohol consumption, and health conditions are independent of the protective effect of CRF on mortality (61). The meta-analysis study of the relationship between CRF and all-cause mortality and CHD or CVD events in healthy men and women demonstrated that a 1-MET higher level of CRF (corresponding to 1-km/h higher running/jogging speed) was associated with 13 percents and 15 percents reduction in risk of all-cause deaths and CHD or CVD events, respectively. In this research, it explained that a 1-MET higher level of CRF is comparable to a 7-cm, 5-mmHg, 1-mmol/L, and 1-mmol/L reduction in waist circumference, systolic blood pressure (SBP), triglyceride level (in

male), and fasting plasma glucose, respectively, and a 0.2-mmol/L increase in HDL. In addition to after adjusted the heterogeneity of study characteristics, individuals with low CRF (< 7.9 METs) had a substantially higher risk of all-cause deaths and CHD or CVD events compared with individuals with moderate and high CRF (7.9-10.8 and ≥ 10.9 METs, respectively). The minimal level of CRF associated with significant lower event rates for men and women were approximately 9 and 7 METs in those 40 years old, 8 and 6 METs in those 50 years old, and 7 and 5 METs in those 60 years or older, respectively (62). Moreover, the Aerobics Center Longitudinal Study has been reported the median followed-up period of 43,356 patients for mortality was 14.5 years. Of these, 627 from a total of 1,934 participants died from CVD. From this study, they revealed that each 1-MET increased was associated with decreased risk for CVD approximately 10 percents to 20 percents (63). Another study had evaluated two large cohorts of individual CVD patients. The participants were referred to cardiac rehabilitation and accomplished a progressive cycle ergometer test to exhaustion at the beginning of the program which directly measured VO_{2max} is a strong predictor of cardiovascular and all-cause mortality. The cutoff points above of VO_{2max} that is a marked survival benefit are 13 mL/kg/min (3.7 METs) in women and 15 ml/kg/min (4.3 METs) in men. Each 1 ml/kg/min higher level in oxygen consumption is associated with lower 9 percents and 10 percents in cardiac mortality in men and women, respectively (60). Overweight adults with the highest level of CRF have a lower risk of CVD than those are at a normal body weight (BW) but with low level of CRF (15).

2.4 Water-based exercise in obesity

The benefits of water-based exercise for cardiovascular and metabolic health are extensive and well-established. Water-based exercise is classified as a natural non-weight bearing, is considered to be a safe and effective alternative to land-based exercise to improve CRF and strength (47). Previous studies that reported the effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity have shown as in Table 2.3, 2.4 and 2.5.

The study of Meredith-Jones et al. evaluated the effects of a circuit based deep water running exercise program on VO_{2max}, strength and abdominal obesity in older, overweight/obese females (Table 2.3). A circuit based deep water running program consisted of continuous deep water running with 70-75 percents of the HR_{max}, interspersed with resistance exercises for 90 seconds. The participants have been performed this program for 60 min/day, 3 days/week, totally 12 weeks. After accomplished a circuit based deep water running program, all participants had significantly improved in VO_{2max}, and upper and lower body muscle strength. Furthermore, they had significantly decreased in waist circumference (WC) and waist-hip ratio (WHR) (7).

According to the study of Jones et al., this studied the effects of water-based circuit-type training intervention on glucose and insulin response in overweight women (BMI > 25 kg/m^2) with normal or impaired glucose tolerance (Table 2.3). The training was conducted a 12-week combination of aerobic and resistance exercises in an aquatic environment with an intensity at 70 to 75 percents of specific HR_{max}, performed 60 min/session, 3 sessions/week. Followed up to the 12-week period, WC had significantly decreased in all of participants, but WHR had only significantly decreased in normal glucose tolerance group (11).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A study published by Rica et al., where investigated the effects of short-term follow-up intervention by water-based exercise on indicators of obesity in frail obese older women (Table 2.4). Water-based exercise program consisted of 60-min sessions, 3 times per week, over 12 weeks. Each training session included warm-up 10 min, endurance training with 70 percents of HR_{max} for 45 min, and cool-down 5 min. After completed the water-based exercise program, no alterations were observed in any anthropometric parameters, but had a significant improvement in all functional aerobic parameters and self-reported QOL questionnaire (9).

Table 2.3 Effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

First author	Year	Population	Age (years)	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Meredith-Jones (7)	2009	Overweight and obese sedentary F	59 ± 9	12	CT in deep water, 60 min/session, 3 day/week, 70-75% of HR_{max}	Uncontrolled trial	W = 18	BW, BMI, WC, WHR, VO_{2max}, strength	Significantly improved VO_{2max} 13%, WC 4.9%, WHR 3.2%, body strength: upper 20% and lower 32-33%
Jones (11)	2009	Overweight, obese NGT and IGT F	57 ± 4	12	CT in deep water, 60 min/session, 3 day/week, 70-75% of HR_{max}	Uncontrolled non-RCT	NGT = 7 IGT = 8	BW, BMI, WC, WHR, VO_{2max}, glucose, insulin	IGT improved WC, 2-hr glucose NGT improved only anthropometric measure

Notes. F = female, CT = circuit training, W = water-based group, HR_{max} = maximal heart rate, BW = body weight, BMI = body mass index, WC = waist circumference, WHR = waist-hip ratio, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, NGT = normal glucose tolerance, IGT = impaired glucose tolerance, RCT = randomized control trial.

Table 2.4 Effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

First author	Year	Population	Age (years)	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Rica (9)	2013	Obese sedentary F	69 ± 7	12	Aquatic CT in deep water, 60 min/session, 3 day/week, 70% APM HR	Uncontrolled, non-randomized trial	W = 28 C = 10	BW, BMI, WC, HC, WHR, Functional aerobic test, QOL	Significantly improved in functional aerobic test, QOL. No altered in BW, BMI, WC, HC, WHR

Notes. F = female, CT = circuit training, APMHR = age predicted maximal heart rate, W = water-based group, C = control group, BW = body weight, BMI = body mass index, WC = waist circumference, HC = hip circumference, WHR = waist-hip ratio, QOL = quality of life, RCT = randomized control trial.

Table 2.5 Effects of water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

First author	Year	Population	Age (years)	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Gappmaier (4)	2006	Obese F	35 ± 6	13	Shallow water walking, swimming or land-based walking. 4 day/week, 70% APMHR, 40 min + caloric restriction	Uncontrolled randomized trial	WW = 13 SW = 12 LW = 13	BW, SF, WC, VO_{2max} predicted	WW and LW groups decreased 5.3 kg, 6.3cm WC. Similar increased VO_{2max} between groups

Notes. F = female, APMHR = age predicted maximal heart rate, WW = water walking, SW = swimming, LW = land walking, BW = body weight, SF = skin fold, WC = waist circumference, VO_{2max} = maximal oxygen uptake.

Gappmaier et al. compared the effects of aerobic exercise between in water-base versus walking on land on indices of fat reduction and weight loss changes in obese women (Table 2.5). Participants were randomly allocated to 1 of 3 exercise groups included 1) walking on land, 2) swimming at 27 ºC water temperature and 3) walking in 29 ºC water temperature at the navel height. All participants were assigned to perform exercise intensity at 70 percents of HR_{max}. Supervised exercise included 40 min/session, and performed 4 times a week for 13 weeks. After the training, there were significant reductions in BW, body fat percentage, skin fold and girth measurements in all groups. No significant differences were found when compared between groups (4).

2.5 High intensity interval training (HIIT) in obesity

High intensity interval training consisted of repeated short to long active phase of relatively high-intensity exercise alternated with recovery periods of either low-intensity exercise or rest (60, 64). The target of intensity and duration of the intervals can be varied depending on the exercise session and physical fitness level of the participants (60). In adults, the most common reason for not participating in exercise is a perceived lack of time. Generally, HIIT is typically consumed time to exercise lesser than standard continuous exercise (2, 65). The benefit of HIIT has contributed to increase in the total volume of high intensity exercise that is accumulated during an exercise session when compared to energy expenditure-matched steady state of moderate intensity continuous training (MICT) (42, 60, 64). Of several studies, obese individuals using HIIT methods achieved greater positive changes in VO_{2peak} than did MICT (2, 43, 66). It has been clearly that VO_{2peak} is a strong predictor of all-cause and CVD mortality (1, 64, 65). High intensity interval training also resulted in improvement of cardiomyocyte contractile function (67) and increased stroke volume (SV) (68). Besides a recovery phase during the HIIT session greatly improved and accelerated removing blood lactate level preventing lactate accumulation, thereby probably extensively increased the tolerable exercise time in obesity (42, 43).

Previous studies of the effects of interval training to improve cardiovascular function, CRF and metabolic health in obesity were summarized in Table 2.6, 2.7, 2.8 and 2.9.

Pasetti et al. compared the effects of continuous versus interval training (IT) through deep water running on body composition, cardiorespiratory conditions and quality of life in obese women (Table 2.6). All participants were determined the target HR based on the HRR method. The training step lasted 12 weeks for both training, 3 sessions a week. In continuous training (ConT) group, intensity of training was progressed from 65 percents of HRR in 2^{nd} week to 85 percents HRR in 12^{th} week. For IT group, a sequence of deep water running was started at 70-75 percentages HRR associated with the high intense stimulus set of sprints that included 15-sec of sprints with 30-sec for active recovery, totally 40 minutes. After the training completed, found that ConT group had significantly decreased body mass than IT group, while IT group had promoted twice as much body fat reduction as ConT group. Considering to the CRF level indicated that the fitness level improved in both ConT and IT groups, but more significantly increased in the IT (6).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

According to the study of Fisher et al. assessed the effects of 6-week of HIIT versus MICT for the improvement of body composition, insulin sensitivity, BP, blood lipids, and cardiovascular fitness in sedentary overweight or obese young men (Table 2.7). Participants in HIIT group were assigned to performed a 20-min protocol, included cycling 4 minutes at 15 percents of maximal anaerobic power (Max-AP) (defined as the peak power derived from the Wingate Test) followed by 30 seconds at 85 percents of Max-AP. The training was performed 3 days/week, with at least 1-day rest between each session, totally 6 weeks. In MICT group, they were received continuous cycling 45-60 minutes at 55-65 percents of VO_{2max} for 5 days/week, totally 6 weeks. After the training, a higher improvement in VO_{2max} was found in MICT group compared to HIIT group, and no significant differences in other groups (1).

Table 2.6 Effects of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Author/ Year	Population	Length (week)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Pasetti et al., 2012 (6)	Obese F, 46 ± 8 years	12 3 d/wk	ConT: 1st week: adaptation, 2nd-3rd week: 65-70% HRR, 4th-6th week: 70-75 %HRR, 7th-9th week: 75-80% HRR, 10th-12th week: 80-85% HRR. IT: 1st week: same ConT, 2nd-3rd week: DWR 70-75% HRR altered with 8 sprints in 2 periods, 4th-6th week: DWR 70-75% HRR altered with 10 sprints in 3 periods, 7th-9th week: DWR 70-75% HRR altered with 12 sprints in 3 series, 10th-12th week: DWR 70-75% HRR altered with 15 sprints in 3 series.	Non-RCT	ConT = 12 IT = 18	BM, SF, %BF HR_{peak}, Movement rhythms QOL	Significantly decreased SF and %BF in both groups, BM significant for ConT. IT had twice as much fat reduction as ConT. Significantly increased movement rhythms in both groups, more in IT. Significantly improved QOL in both groups.

Notes. F = female, ConT = continuous training, IT = interval training, DWR = deep water running, HRR = heart rate reserve, BM = body mass, SF = skin fold, %BF = body fat percentage, HR_{peak} = peak heart rate, QOL = quality of life, RCT = randomized control trial.

Table 2.7 Effects of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Author/ Year	Population	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Fisher et al., 2015 (1)	Overweight or obese M, 20 ± 1.5 years	6	HIIT: 4-min of cycling at 15% of Max-AP interspersed with 30 sec at 85% of Max-AP, totally 20 min, 3 day/wk. MICT: 45-60 min of continuous cycling at 55-65% of VO_{2peak}, 5 day/wk.	RCT HIIT vs. MICT	HIIT = 15 MICT = 13	FM, %BF, FFM, VO_{2peak}, GT, lipoprotein, BP	MICT has significantly greater improved VO_{2peak} than HIIT. No other significant group differences were observed.

Notes. M = male, HIIT = high intensity interval training, MICT = moderate intensity continuous training, Max-AP = maximum aerobic power, FM = fat mass, %BF = body fat percentage, FFM = fat free mass, VO_{2peak} = peak oxygen uptake, GT = glucose tolerance, BP =blood pressure, RCT = randomized control trial.

Table 2.8 Effect of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Author/Year	Population	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Ingul et al., 2010 (5)	Obese adolescent, 14.8 ± 1.2 years	13	AIT: 4 intervals of 4-min walking or running with elevation on a treadmill at 90-95% HR_{max} altered with 3-min recovery at 70% HR_{max}, totally 40 min, 2 day/wk.	Controlled trial	Obese = 10 C = 10 (lean counterparts)	LVEDV, SV, VO_{2max}, WC, fat content, BMI	Obese group has significantly increased VO_{2peak} 8.6%, but still lower than lean counterparts. No group differences were observed after the intervention.

Notes. AIT = aerobic interval training, HR_{max} = maximal heart rate, C = control group, LVEDV = left ventricular end-diastolic volume, SV = stroke volume, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, WC = waist circumference, BMI = body mass index.

Table 2.9 Effects of interval training to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Author/Year	Population	Length (weeks)	Exercise description	Study design	N	Outcome measures	Physiological response
Bækkerud et al. 2016 (2)	overweight and obese individuals 41 ± 9 years	6 3 d/wk	4HIIT group: 4 intervals of 4-min treadmill walking at 85-95% HR_{max} altered with 3-min recovery at 70% HR_{max}. 1HIIT group: 10 intervals of 1-min treadmill walking at 90% HR_{max} altered with 3-min recovery at 70% HR_{max}. MICT group: 45 min of steady state either running or walking at 70% $HR_{max.}$	Prospective RCT Compared between 3 groups	4HIIT = 12 1HIIT = 9 MICT = 9	VO_{2max}	Only 4HIIT significantly increased VO2max when compared with 1HIIT and MICT group (4HIIT: 10%, 1HIIT: 3.3% and MICT: 3.1%)

Notes. 4HIIT = 4 x 4-min high intensity interval training, 1HIIT = 10 x 1-min high intensity interval training, MICT = moderate intensity continuous training, HR_{max} = maximal heart rate, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, RCT = randomized control trial.

Ingul et al. studied effects of aerobic interval training to improve cardiac function (left ventricular end-diastolic volume, SV, and VO_{2max}) in obese adolescents, and compared the findings with those in lean counterparts (Table 2.8). Only 10 obese adolescents participated in aerobic interval training group. They were assigned to perform 2 sessions per week of walking or running with elevation on a treadmill for 13 weeks. Interval training session consisted of warm-up 10 minutes at 70 percents of HR_{max} followed by an interval for 4 minutes at 90-95 percents of HR_{max}, and then 3-min active recovery at 70 percents of HR_{max}, totally 4 cycles. Each training session ended with cool-down for 5 minutes, 40 minutes of training in total. After the training, obese subjects had a significant reduction in waist circumference and fat content, whereas no altered in BMI. Aerobic interval training affected significantly increased VO_{2max} in obese adolescents, but the VO_{2max} was still lower than that observed in lean counterparts. Obese adolescents had essentially decreased left ventricular size and function when compared with lean counterparts even at rest and during exercise (5).

The study reported by Bækkerud et al., compared the effects of three popular exercise modalities on VO_{2max} in overweight and obese individuals (Table 2.9). After recruitment, all participants were randomized to achieve one of three exercise modalities, 1) 4 x 4 min high intensity interval training (4HIIT) at 85-95 percents of HR_{max}, 2) 10 x 1 min high intensity interval training (1HIIT) at VO_{2max} load, and 3) 45 minutes of moderate intensity continuous training (MICT) at 70 percents of HR_{max}. All groups performed the training 3 days per week for a total of 6 weeks. For 4HIIT group, included a 10 minutes of warm-up period at 70 percents of HR_{max} followed by 4 intervals of 4 minutes, each at 85-95 percents of HR_{max}, alternated with 3 minutes of treadmill walking at 70 percents of HR_{max}. This session ended with cool-down for 3 minutes at 70 percents of HR_{max}. Participants in 1HIIT group performed warm-up and cool down periods same as the 4HIIT group. For intervals, 10 x 1 min intervals training were executed at the speed and inclination from the results of subjects VO_{2max} test (corresponded to ~ 90 percents of their HR_{max}). The

active recovery followed intervals was done by walking on the floor in the training room. In MICT group, they performed 45 minutes of steady state either running or walking at 70 percents of HR_{max}. After accomplished the training, only participants in 4HIIT group had significantly increased VO_{2max} compared with 1HIIT and MICT group (4HIIT: 10 percents, 1HIIT: 3.3 percents and MICT: 3.1 percents) (2).

Additionally, the previous studies had demonstrated that both land-based and water-based exercise all contribute to improving cardiovascular and metabolic heath in obesity (1, 2, 4-7, 9, 47). The advantages of interval training are increase the total volume and/or average exercise intensity performed during an exercise session; improve CRF levels and cardiometabolic biomarkers within short-term (≤ 3 months); and similar to or higher than with single intensity exercise in healthy adults and individuals with metabolic, cardiovascular, or pulmonary disease (60). Therefore, the researchers applied protocol from Bækkerud et al (2) by way of interval training was performed in the water. This protocol was chosen because the period of interval training protocol lasted in 6 weeks, performed in obese individuals, and VO_{2max} had significantly increased after accomplished the training. Water-based exercise was considered as the safest and most protective environment for obesity because of the buoyancy of water besides reduces the risk of joint injury (46, 47). Additionally, increased in breathing frequency at maximal effort and decreased in tidal volumes at the ventilatory threshold and at maximal effort during immersion in water. The cost of breathing was elevated during exercise in water and a higher minute ventilation response was required to produce an oxygen consumption equivalent when compared to exercise on land (69).

Previous studies on the effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity were presented in Table 2.10, 2.11 and 2.12.

Table 2.10 Effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Type of exercise	First author	Year/N	Exercise description	Land-based exercise		Water-based exercise	
				Outcome measures	Physiological response	Outcome measures	Physiological response
Circuit training	Meredith-Jones (7)	2009 W = 18	CT in deep water, 60 min/session, 3 d/wk, 70-75% of HR_{max}, 12 wks			BW, BMI, WC, WHR, VO_{2max}, strength	Significantly improved VO_{2max} 13%, WC 4.9%, upper body strength 20% & lower body strength 32-33%
	Jones (11)	2009 NGT = 7 IGT = 8	CT in deep water, 60 min/session, 3 d/wk, 70-75% of HR_{max}, 12 wks			BW, BMI, WC, WHR, VO_{2max}, glucose, insulin	IGT group improved WC, 2-hr glucose. NGT group improved only anthropometric measure.
	Rica (9)	2013 W = 28 C = 10	CT in deep water, 60 min/session, 3 d/wk, 70% APM HR, 12 wks			BW, BMI, WC, HC, WHR, Functional aerobic test, QOL	Significantly improved functional aerobic test, QOL. No altered in BW, BMI, WC, HC, WHR
Walking	Gappmaier (4)	2006 WW = 13 SW = 12 LW = 13	Shallow water (WW) walking, swimming (SW) or land-based walking (LW). 4 d/wk, 70% APMHR, 40 min + caloric restriction, 13 wks	BW, SF, WC, VO_{2max} predicted	LW group decreased 5.3 kg, 6.3 cm WC	BW, SF, WC, VO_{2max} predicted	WW group decreased 5.3 kg, 6.3 cm WC. Similar increased VO_{2max} between groups.

Notes. CT = circuit training, W = water-based group, HRmax = maximal heart rate, BW = body weight, BMI = body mass index, WC = waist circumference, WHR = waist-hip ratio, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, NGT = normal glucose tolerance, IGT = impaired glucose tolerance, C = control group, APMHR = age predicted maximal heart rate, HC = hip circumference, QOL = quality of life, WW = water walking, SW = swimming, LW = land walking, SF = skin fold

Table 2.11 Effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Type of exercise	First author/ Year	N	Exercise description	Land-based exercise		Water-based exercise	
				Outcome measure	Physiological response	Outcome measure	Physiological response
Interval training	Pasetti/ 2012 (6)	CT = 12 IT = 18	CT: 65-85% HRR, 40 min IT: DWR 70-75% HRR altered with sprints, 40 min, 12 wks.			BM, SF, %BF, duration time, HR_{peak}, QOL	Significantly decreased SF, %BF in both groups, BM significant only CT group. IT group shown 2 times of fat reduction. Significantly improved QOL in both groups.
	Fisher/ 2015 (1)	HIIT = 15 MIT = 13	HIIT: cycling at 15% Max-AP 4 min altered with 30 sec at 85% Max-AP, 20 min, 3 d/wk, 6 wks. MIT: continuous cycling at 55-65% VO_{2peak} 45-60 min, 5 d/wk, 6 wks.	FM, %BF, FFM, BP, VO_{2peak}, GT, lipoprotein	MIT significantly greater improved VO_{2peak} than HIIT. No other significant group differences.		

Note. CT = continuous training, IT = interval training, DWR = deep water running, HRR = heart rate reserve, BM = body mass, SF = skin fold, %BF = percent body fat, HR_{peak} = peak heart rate, HIIT = high intensity interval training, MIT = continuous moderate intensity training, Max-AP = maximum aerobic power, FM = fat mass, FFM = fat free mass, VO_{2peak} = peak oxygen uptake, GT = glucose tolerance, BP = blood pressure.

Table 2.12 Effects of multiple types of exercises to improve cardiovascular and metabolic health in obesity.

Type of exercise	First author	Year/N	Exercise description	Land-based exercise		Water-based exercise	
				Outcome measures	Physiological response	Outcome measures	Physiological response
Interval training	Bækkerud (2)	2016 4HIIT = 12 1HIIT = 9 MICT = 9	4HIIT group: 4 intervals of 4-min treadmill walking at 85-95% HR_{max} altered with 3-min recovery at 70% HR_{max} 1HIIT group: 10 intervals of 1-min treadmill walking at 90% HR_{max} altered with 3-min recovery at 70% HR_{max} MICT group: 45 min of steady state running or walking at 70% HR_{max} All groups performed 6 weeks	VO_{2max}	Only 4HIIT group significantly increased VO_{2max} when compared with 1HIIT and MICT group (4HIIT: 10%, 1HIIT: 3.3% and MICT: 3.1%)		

Note. 4HIIT = 4 x 4 min high intensity interval training, 1HIIT = 10 x 1 min high intensity interval training, MICT = moderate intensity continuous training, VO_{2max} = maximal oxygen uptake, HR_{max} = maximal heart rate.

2.6 Outcome measurements

2.6.1 Cardiorespiratory fitness measurement

Maximal oxygen uptake was referred as the highest amount of oxygen that and individual can be taken up and utilized by the body during maximal exercise session (35, 57). It is the gold-standard measurement procedure to investigate the CRF, which corresponding to a comparison between individuals with various body weights and expressed clinically in relative (ml/kg/min) as opposed to absolute (ml/min). VO_{2max} is derived from the product of the maximal cardiac output (L blood/min) and arterial-venous oxygen difference (ml O_2/L blood). This variable is similarly related to the functional capacity of the heart, and used to describe CRF in individuals with CVD or pulmonary disease, chronic diseases and health conditions (60, 70). In healthy subjects, VO_{2max} involved in the transportation of oxygen and also was the restrictions of cardiovascular system that were most responsibility of exercise limitation, as ventilation and gas exchange were adequate to preserve the capacity of arterial oxygen up to peak exercise (70). However, the influence of a male-female differences on VO_{2max} those males generally having a greater VO_{2max} than females. When males and females obtained similar fitness level train at the same frequency, intensity, and duration, they have shown no differences in the relative higher in VO_{2max}. Furthermore, previous research evidences demonstrated that no differences between the genders in central or peripheral adaptations after acquired the aerobic endurance training (35).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.6.1.1 Direct measurement of maximal oxygen uptake

The measurement of CRF including the directly via expired gas analysis or estimation from maximal or submaximal exercise tests which generally use by a treadmill or cycle ergometer (61). The cardiopulmonary exercise test (CPET) is a considerable physiological investigation that can be assisted clinicians in their diagnostic evaluation of exercise intolerance, exercise related symptoms and dyspnea (70). This method involved in the measurement of respiratory gas exchange

such as oxygen uptake, carbon dioxide output, and minute ventilation. Electrocardiography, BP and pulse oximetry are also essentially monitored during a symptom-limited maximal progressive exercise tolerance test. Nevertheless, a constant work rate protocol would be used in some conditions. The results form CPET provided a global evaluation of the progressive exercise response indicated to pulmonary, cardiovascular, neuropsychologic, hematopoietic and musculoskeletal systems (71).

2.6.1.2 Indirect measurement of maximal oxygen uptake

When direct measurement of VO_{2max} is not practicable, various submaximal and maximal exercise tests can be used to estimate VO_{2max}. Consider using a maximal or submaximal exercise test depends on the reason of testing, risk level of the participant, and accessible appropriate equipment. Submaximal exercise test is commonly used to evaluate the CRF because maximal exercise testing is not always practicable in the fitness setting. For submaximal exercise test in the fitness setting, the basic objective is to determine the HR response to one or more submaximal work rates and applies the results to predict VO_{2max} (60).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

The most accurate estimate of VO_{2max} is derived from the HR response to submaximal exercise tests if all of the following assumptions are achieved (60):

(1) For each exercise work rate, a steady state HR is obtained

(2) A linear relationship between HR and work rate is existed

(3) Minimal different between actual and predicted HR_{max}

(4) Mechanical efficiency (i.e., oxygen uptake at a given work rate) is the same for everyone

(5) The participant is not on medications, consume high quantities of caffeine, under large amounts of stress, ill, or in a high temperature environment, all of which may change HR

General modes are used for exercise testing consist of treadmills, cycle ergometers, steps, and field tests. Using the mode of exercise testing is depending of the setting, available equipment, and individual training (60).

Field tests is one of exercise test included walking or running in a destine time or distance such as 12-min and 1.5-mi (2.4 km) walk or run test, shuttle-walking test, and the 1-mi and 6-min walk test (60). Although field tests are not as precise as laboratory tests, their advantages are easy to allow for the large number of participants at a time, a simple time-effective measurement of physical fitness without technical equipment, and require little equipment (60, 72). Moreover, the estimation of VO_{2max} can be derived from the test results (60).

2.6.1.2.1 Six-minute walk test

The six-minute walk test (6MWT) is one of functional walking test that is a practical simple test, easy to conduct, better approved, and reflects the activities of daily living more than the other walk tests. This test requires 30 meters hallway but no exercise equipment or advanced training for investigators (73). Six-minute walk test was opted in this study because it is easy to use, inexpensive, no advanced training for investigators. Moreover, walking is an activity performed daily, can be done easily, and safe for obese individuals. The participants will be asked to quickly walk on a flat, hard floor in the 6 minutes' period. This method could investigate the integrated responses of all the systems included the pulmonary and cardiovascular, systemic circulation, peripheral circulation, blood, neuromuscular units, and muscle metabolism during exercise (73). From the study of Larsson et al. demonstrated that 6MWT had good reproducibility and known group validity and can be recommended for evaluating walking ability in obese individuals. Reproducibility was also analyzed by means of coefficient of variation (CV) was 4.7 percents, intraclass correlation (ICC) was 0.96. For an improved walking distance in obese

individuals evaluation, however, at least 80 meters was required to affect the difference clinically significant (74).

(1) Indications and contraindications for six-minute walk test

Six-minute walk test is used to measure at one time of functional status of patients, and also used as a predictor of morbidity and mortality. Indications for using the 6MWT include the following: compare between pretreatment and post treatment, a single measurement of functional status, and a predictor of morbidity and mortality. On the other hand, absolute contraindications for using the 6MWT consisted of unstable angina and myocardial infarction within the previous month. Relative contraindications included a resting HR is more than 120 beat/min; SBP and DBP are more than 180 and 100 mmHg respectively (73).

(2) Preparing for six-minute walk test

Participant should be informed to wear the comfortable clothing and appropriate shoes for walking. A light meal should be eaten before early morning or early afternoon tests. Moreover, vigorous exercise should be avoided within 2 hours before starting the test (73).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) Procedure

Participant should be sat at rest in a chair before starting the test for at least 10 minutes, located near the starting position. Resting HR, BP, baseline dyspnea scale and oxygen saturation (SpO_2) will be measured during this time. Then participant will be instructed to walk back and forth around the cones in the hallway as far as they can for 6 minutes. Walking slow down, stop and rest during the test can be done as necessary, but they have to resume walking as soon as possible. In addition, the participant will be required to avoid talking to anyone

during the test. Post-walk dyspnea scale, fatigue level, HR, BP, SpO_2 and distance covered will be recorded after accomplished the test (73).

Overall dyspnea and fatigue levels during 6MWT are rated by the Borg's ratings of perceived exertion (RPE) scale (75). This scale has become very popular and extensively applied in many clinical researches (74-76). The values of RPE scale ranged from 6 to 20 and can be used to signify HR ranging from 60 to 200 beats/min. Borg's RPE is categorized into 15 grade scales for ratings of perceived exertion and is summarized in Table 2.13 (75).

Table 2.13 The 15-grade scale for ratings of perceived exertion, the RPE scale.

6	
7	Very, very light
8	
9	Very light
10	
11	Fairly light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard
16	
17	Very hard
18	
19	Very, very hard
20	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) Prediction of maximal oxygen uptake

Predicted VO_{2max} is expressed as ml/kg/min and is calculated from the equation according to American College of Sports Medicine (ACSM)'s guidelines (Equation 2.1). The variables that used to calculate predicted VO_{2max} were

distance from the test, age, height, body weight and rate pressure product (RPP) (45, 60). Rate pressure product is used to estimate myocardial oxygen consumption under dynamic and static exercise condition, and is achieved from HR in beat/min and SBP in mmHg (35).

VO_{2max} = (0.02 × distance [m]) – (0.191 × age [yr]) – (0.07 × weight [kg]) + (0.09 × height [cm]) + (0.26 × RPP × [10^{-3}]) + 2.45

Where m = distance in meters; yr = year; kg = kilogram; cm = centimeter; RPP = rate pressure product (45, 60).

Equation 2.1 Estimated maximal oxygen uptake calculation.

2.6.2 Lung volumes

2.6.2.1 Introduction

Spirometry is a simple, noninvasive technique and basis for pulmonary function testing (60), and its performance is essential for the investigation and follow-up of the diseases of respiratory system (77). The benefit of spirometry transcends the field of Respiratory Medicine, and has been gradually important in primary care and other fields of respiratory diseases (77). This measurement is related to the air moving in and out of the lungs during different respiratory procedure and measure whether there is air in and out, how much and how fast (34, 78).

2.6.2.2 Indications and contraindications for spirometer testing

Spirometry is essential tool for the investigation, diagnosis and monitoring of most respiratory diseases. It provides the influence of other organic or systemic diseases on lung function to be evaluated. Therefore, spirometry should be

separated from any routine health investigation, particularly in participants is associated with risk of progressing lung diseases (77).

2.6.2.2.1 Indications

Spirometry was used for several purposes, but the main indications for using spirometry are ordered:

(1) Diagnosis: spirometry was used to investigate signs and symptoms of respiratory diseases, measure the effects of the disease on lung function, evaluate subjects at risk of pulmonary disease, evaluate risk of surgical procedures (chest or upper abdominal surgery), investigates health status prior to the vigorous physical activity programs, and routine physical health examinations (60, 77-79).

(2) Monitoring: spirometry was used to assess the effect of therapeutic interventions and monitor the course of diseases which affect lung function. Additionally, to screen and monitor persons with occupational exposed to toxic substances in occupational surveys (60, 77-79).

(3) Investigation of disability: spirometry was derived in using for rehabilitation program and also used to evaluate dysfunction for medical insurance and legal evaluation (social security, expert reports, etc.) (60, 77-79).

(4) Public health: spirometry was used in epidemiological studies, used for generate the reference equations, and also used in clinical research (60, 77-79).

2.6.2.2.2 Contraindications

The complications in forced spirometry in any case are rare. However, spirometry is also contraindicated in adoption, which followed as:

(1) Absolute contraindications

The absolute contraindications of spirometry consisted of hemodynamic instability, pulmonary embolism (until adequately anti-coagulated), recent pneumothorax (2 weeks after re-expansion), acute hemoptysis, active respiratory infections (tuberculosis, norovirus, and influenza), recent myocardial infarction within 7 days, unstable angina, thoracic artery aneurysm that is large in size (> 6 cm), intracranial hypertension, and acute retinal detachment (77).

(2) Relative contraindications

Spirometry also had relative contraindications that followed: used in children with aged less than 5-6 years old, persons with confused or dementia, persons who have recently received abdominal, thoracic, brain, eye, ear, nose or throat surgery, acute diarrhea or vomiting, nausea, hypertensive crisis, and dental or facial conditions that affect the restriction of insertion and holding the mouthpiece (77).

2.6.2.3 Variables in forced spirometry

The components of the respiratory cycle are classified as lung volumes and lung capacities (capacity is the summation of one or more than one volumes) (78). Although a spirometry test can be provided multiple measurements, the most commonly used consist of the FVC, FEV_1, FEV_1/FVC ratio and PEF (60). These forced spirometry variables are shown in Figure 2.2.

2.6.2.3.1 Force vital capacity

Force vital capacity is defined as the total volume that can be forcefully expired from a deep inspiratory effort (34, 77-79). It represents the difference between the total lung capacity (TLC) and residual volume (RV) (34). The process of measuring FVC with spirometer begins from the participant inhale as deep as possible. Then participant exhales as long and as powerfully as possible, expressed in L (34, 77, 78). Generally, normal value range is 3-6 L, and predicted values ± 20 percents depended on height, gender and race (80).

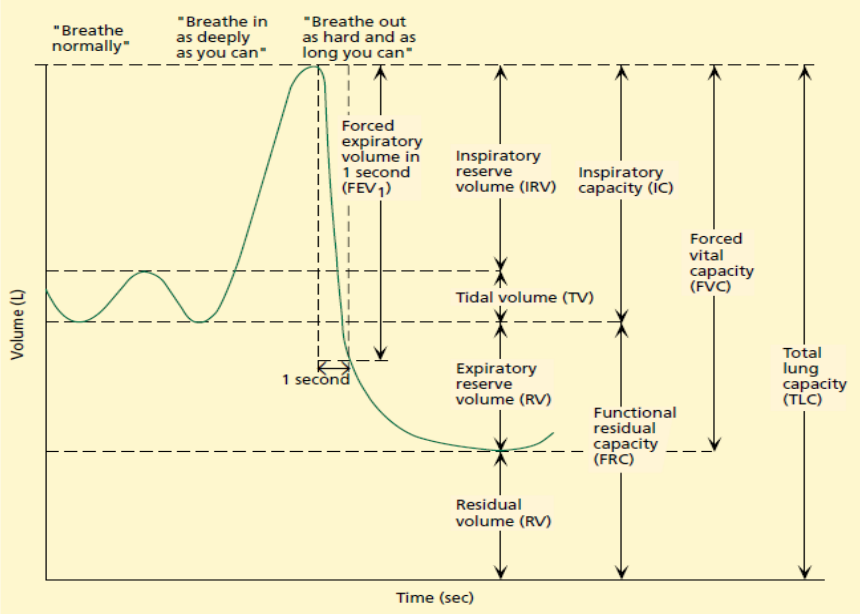


Figure 2.2 Lung volumes and capacities represented on a volume-time spirogram.

2.6.2.3.2 Force expiratory volume in first second

Force expiratory volume in first second is referred as the maximal volume of the air exhaled in the first second of the FVC procedure, also expressed in L (34, 77-79). It is decreased by the airways obstruction, loss of pulmonary recoil and, rarely, by a severe respiratory muscles weakness. Normally, FEV_1 value is more than 75-80 percents of normal vital capacity (80). A reduction in FEV_1 may also indicate to a lowering in TLC, which occurs in patients with restrictive

lung disease (e.g. pulmonary fibrosis) or after pneumonectomy (81). However, FEV_1 is a more repeatable measurement than FVC, especially in patients with the airflow obstruction, and corresponds to measure intrathoracic airway obstruction and evaluate the response rate of the treatment with bronchodilators (81).

The previous research indicated that men who remained in the active life style during the follow-up (19 months) found 50 ml increased in their FEV_1 and 70 milliliter (ml) in their FVC, whereas subjects who remained in sedentary life style had 30 and 20 ml decreased in their FEV_1 and FVC, respectively (3). Moreover, FEV_1 is a significant predictor of all-cause mortality by each 1 percent higher in FEV_1 percent predicted is associated with a 1-1.5 percents lowering in all-cause mortality. Although the reason of this result was unclear, but it was suggested that 1) Impaired pulmonary function contributed to a lowering in tolerance against environmental toxins, 2) oxidative stress has negatively related to FEV_1 percent predicted and affected the overall health status, and 3) physical inactivity may simply affected the low FEV_1 values (35).

2.6.2.3.3 Force expiratory volume in first second/force vital capacity ratio

Force expiratory volume in first second/force vital capacity (FEV_1/FVC) ratio is a calculated ratio, and represented the relationship between both FEV_1 and FVC (34, 77). It is used to differentiate the pattern of obstructive, restrictive defects or normal (34, 78). Normally, the FEV_1/FVC ratio is 70 percents or above (there is some decreased as age increased), lower than 65 percents being definitely abnormal in those less than 65 years of age (82). According to the Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease COPD guidelines, which defined an obstructive disorder as consisted with a ratio of lower than 70 percents (34).

2.6.2.3.4 Peak expiratory flow

Peak expiratory flow rate is defined as the maximal speed of expiratory airflow and expressed in L (34, 77). It is used to measure of airflow obstruction and is useful in order to quick and simply as in asthma patients who require several measurements per day (34). PEF is also indicated the maximum speed of the airflow that can be hold for 10 milliseconds at the beginning of a maximal expiration after maximal inhalation, and wide normal range is 300-700 L/minute (varying as for vital capacity) (80).

Results from these measurements can help to identify the presence of restrictive or obstructive respiratory abnormalities, sometimes before symptoms or signs of disease are present. The FEV_1/FVC ratio is diminished with obstructive airway diseases (e.g., asthma, chronic bronchitis, emphysema, COPD) but remains normal with restrictive disorders (e.g., kyphoscoliosis, neuromuscular disease, pulmonary fibrosis, other interstitial lung diseases) (60).

2.6.2.4 Procedure

2.6.2.4.1 Preparation of the participant and equipment

Before starting the investigation, the procedure should be explained to participants for their collaboration. They should be asked about smoking, drugs withdrawal, recent illness and possible contraindications or infectious conditions (77, 79). Participants should be performed the test in sitting position and not wearing tight-fitting clothing (77). Position that was used in the test should be written in the report (34). The back of the participant must be attached to the backrest as to ensure that the participant dose not lean forward during achieving the test (77). False teeth should be left in except it impedes around the mouthpiece or hard to perform the test (34, 77). Moreover, the participants will be asked to use a nose clip to prevent possible air leaks and not being measured (34).

Activities that should be avoided before the spirometry maneuver are consisted of alcohol consumption within 4 hours prior to testing, a large meal consumed within 2 hours before testing, smoking within 1 hour before testing, perform a vigorous exercise within 30 minutes before testing. In addition to the participants should be instructed not to tight, restrictive clothing as this may also affect a sub-optimal reading (34).

2.6.2.4.2 Description of the maneuver

Before starting the test, the participants must be informed accurate, explicit and concise instructions. Participant should be assumed in corrected posture with slightly elevated (79). Attach nose clip, then place the mouthpiece in the mouth and close lips around the mouthpiece (77, 79). Investigator should be checked that there are no leaks and the participant does not cause an obstruction or bending the devices (77). The participant will be asked to breathe in maximally with a pause of < 1 second at TLC, and followed by a hardly and fast breathing out for as long as they can into the spirometer (34, 77, 79, 81).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.2.4.3 Acceptance criteria

Considering the spirometry maneuver that can be accepted, it must take into account the start, course and completion of the test. However, there are three acceptance criteria, which is as follows (77).

1) Begin the test with fast and without hesitation. A suitable start requires a back extrapolated volume lower than 0.15 L or 5 percents of the FVC in the main criterion. Another additional criterion is the time to reach the PEF must be lower than 120 ms^2, which is assessed at the beginning of the test. If it is larger, inform the participant to exhale faster at the start (77).

2) The course of the exhalation test should be uninterrupted, without any artificial or evident coughing in the first second that could impact the FEV_1. If the course of the maneuver is inaccurate as a result of coughing or increase pressure and closure of the glottis, ask the participant to do it over again in a more relaxed manner (while forced expiration is continuous) and without a reduction of the force generated until the end of the exhalation (77).

3) At the end of the test must not manifest early disruption of the exhalation, so the changing of the volume must be less than 0.025 L for ≥ 1 second (77). The maneuver will be accepted when breathing out for at least 6 seconds (34, 77). In participant with poor ending, they will be required not to stop blowing out until told to do so, even though there is no expiratory airflow (77).

A maneuver will be considered beneficial when it has a good start and without an obstruction in the first second. It is considered to be acceptable if there are no errors at the beginning, during or at the end of the test (77).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.6.2.4.4 Repeatability and selection of results

The different value between the best two acceptable FVC and FEV_1 should be lower than 0.15 L. In participants who has the FVC lower than 1 L, a repeatability criterion < 0.1 L is recommended (77). A minimum of 3 acceptable maneuvers should be performed to ensure the outcomes are accurate (34, 77). The maximal value of FVC and FEV_1 should be selected from all the acceptable maneuvers without artifacts (77, 79).

In clinical testing from the study of Barr *et al*, CV and limits of agreement of hand-held spirometer were 3.3 percents and 0.24 L for the FVC; 2.6 percents and 0.18 L for the FEV_1; and 1.9 percents and 0.05 for the FEV_1/FVC ratio,

respectively. Therefore, hand-held spirometer generally reproducible resulted that were generally valid compared to laboratory-based spirometry (83).

2.6.3 Body composition

The composition of human body is consisted of fat and fat-free compartments (84) or expressed in relative percentage of body mass (60). The assessment of body composition involved with one or many of the accurate measurements (84). Body composition can be investigated at the molecular, cellular, and tissue levels using several different laboratory and field techniques (60, 84). An investigation of body composition in obese individuals played an important role outcome measurement in research and clinical practice to determine the effectiveness of community-based obesity prevention procedures (72, 84). It is well establishing that excessive amounts of body fat, particularly central body fat distribution, are associated with a higher risk of progressing hypertension, metabolic syndrome, type 2 DM, stroke, CVD, cancer, renal failure, and dyslipidemia (60, 84). However, obesity is noticed to increase in body fat and alters the difference in body composition from those of normal body weight individuals, which provides investigating body composition in the obese is challenging (84). This section briefly focuses on simple field-based methods for investigating body composition in obese individuals of this study.

2.6.3.1 Body mass index

Overweight and obesity are defined as the condition with excessive body weight increased using BMI as the criterion to determine these conditions (60). BMI is one of the most regularly field assessment of body size because it is a simple and inexpensive method, and there are national cut points to determine overweight and obese individuals (72). Evaluating BMI is the relation of body weight to high and is calculated by divided body weight in kilograms by height in meters squared (kg/m^2) as demonstrated in Equation 2.2 (60, 84).

Overweight defined as weight heavier than the standards, whereas obesity defined as excessive body fat (72). However, BMI did not distinguish between weight associated with muscle and weight associated with fat (60), but highly correlate with total body fat and is very helpful for epidemiological studies (85). Furthermore, the classification of BMI is different according to each race (60).

$$\text{BMI} = \frac{\text{Body weight (kg)}}{\text{Height (m}^2\text{)}} \quad (60, 84)$$

Equation 2.2 Body mass index calculation.

The classification of BMI categories for Europeans, African American and White Adults are based on the same criteria which comprised of 6 categories as shown in Table 2.14 (16, 60).

Table 2.14 Classification of body mass index categories for Europeans, African American and White Adults.

Classification	**BMI (kg/m^2)**
Underweight	< 18.5
Normal	18.5-24.9
Pre-obese or overweight	25.0-29.9
Obesity class I	30.0-34.9
Obesity class II	35.0-39.9
Obesity class III	≥ 40.0

In other hand, the classifications of obesity according to BMI in Asians adults are different from the Europeans, African American and White. It is proposed according to the criteria of Western Pacific Region of WHO (WPRO) (16), and the

International Obesity Taskforce (IOTF) (86). For Asians adults, BMI is categorized into 5 levels as summarized in Table 2.15.

Table 2.15 Classification of body mass index categories for Asians.

Classification	**BMI (kg/m^2)**
Underweight	< 18.5
Normal	18.5-22.9
Pre-obese or overweight	23.0-24.9
Obesity class I	25.0-29.9
Obesity class II	≥ 30

2.6.3.2 Circumferences

Considering about the health risks associated with obesity not only the magnitude of obesity relevant, but also with the body fat distribution (85). The pattern of body fat distribution is divided into 2 main types, which are used to classify the different types of obesity (60, 85). Android or central obesity is referred to more fat accumulated in the trunk or subcutaneous and visceral abdominal area (60, 85). This type of obesity related to increase the risk of hypertension, metabolic syndrome, Type 2 DM, dyslipidemia, CVD, and premature death compared with gynoid or gynecoid obesity type (60). Gynoid or gynecoid or peripheral obesity is referred as the distribution of fat mainly located in the subcutaneous hip and thigh (60, 85).

Body composition may be generally represented by using a measuring circumference, and equations are able to calculate for both genders and a range of age groups. Measuring with a cloth tape using a spring-loaded handle (e.g., Gulick tape measure) for reducing a compression on the skin and increasing consistent measurement (60). For this study, we focused on waist circumference (WC) and hip circumference (HC).

The waist-hip ratio (WHR) is referred to the waist circumference (above the iliac crest) divided by the hips circumference (maximal circumference around the buttocks) (60, 87) and has been used as a simple technique for investigating the distribution of body fat and recognizing individuals with higher and more harmful amounts of abdominal fat (60). Moreover, WHR is the measurement used to distinguish between individuals with upper body obesity and those with lower body obesity (87).

However, the result of meta-analysis from 9 cohort studies shown that higher in WHR is related to a higher risk of CVD mortality after age and sex adjusted analyses (88). For young men and women, it has a very high health risk if the WHR greater than 0.95 and 0.86 respectively. For people aged 60–69 years, those have the same high-risk classification as young adults if the WHR over 1.03 and 0.90 in men and women (60). Similar to the EPIC (European Prospective Investigation on Cancer) study evaluated the comparing waist, waist/hip and all-cause mortality in young adults and middle-aged subjects. In subgroup analyses found that relative risks (RRs) of mortality among men and women in the highest quintile of WC were 2.05 and 1.78, respectively, and in the highest quintile of WHR, the relative risks were 1.68 and 1.51, respectively (see Figure 2.3) (89). Body mass index included WC or WHR were remained significantly associated with the risk of death in models. For the causes of death in men, there was a strong relationship between increased WC or WHR and deaths related to respiratory diseases (90).

According to the previous study demonstrated the relationship between WHR and spirometric variables such as FVC and FEV_1, results showed that larger values of WHR are inversely associated with FVC and FEV_1 in both men and women. This association preserved after age, BMI, cigarette smoking, social class, physical activity index, prevalent bronchitis/emphysema, and prevalent asthma adjusted (55). In another study conducted on the effect of WHR on FVC and FEV_1

found that WHR has a strong inversely related with FEV_1 in men but not in women. In addition to a higher WHR is associated with lower in FVC in men when compared to women (91).

All-cause mortality	*Quintiles*				
	I	*II*	*III*	*IV*	*V*
Men					
Waist (cm)	<86	86.0–91.5	91.5–96.5	96.5–102.7	⩾102.7
Relative risk[a]	1 (ref)	0.91*	0.94	1.05	1.33*
Relative risk[b]	1 (ref)	1.15*	1.35*	1.63*	2.05*
WHR	<0.89	0.89–0.92	0.92–0.95	0.95–0.99	⩾0.99
Relative risk[a]	1 (ref)	1.01	1.07	1.15*	1.44*
Relative risk[b]	1 (ref)	1.15*	1.26*	1.36*	1.68*
Women					
Waist (cm)	<70.1	70.1–75.6	75.6–81.0	81.0–89.0	⩾89.0
Relative risk[a]	1 (ref)	0.97	0.93	1.05	1.28*
Relative risk[b]	1 (ref)	1.16*	1.21*	1.46*	1.78*
WHR	<0.73	0.73–0.77	0.77–0.80	0.80–0.85	⩾0.85
Relative risk[a]	1 (ref)	1.06	1.07	1.16*	1.45*
Relative risk[b]	1 (ref)	1.09	1.12*	1.23*	1.51*

*$P<0.05$.
[a]Adjusted for smoking status, educational level, alcohol consumption, height.
[b]As above with further adjustment for BMI.

Figure 2.3 Multivariate relative risks of mortality according to quintiles of waist circumference and WHR in men and women participating in the EPIC study.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.2.3 Bioelectrical impedance analysis

Bioelectrical impedance analysis (BIA) is defined as the measurement of the body impedance using electrodes which are attached from one leg to others, or to the arm, to create a current through the circuit. The impedance measurement is used for the prediction of total body water (TBW) and fat-free mass (FFM) and fat mass is calculated by the distinction between weight and FFM (84). BIA is a one way of measuring body composition that is noninvasive, portable, fast, affordable equipment (72, 92), and also has a great potential technique (93).

The method is based on the hypothesis that the body is a cylindrical-shaped ionic conductor while the compartments of intracellular and extracellular non-adipose tissue are resistances and capacitance respectively (92, 93). Low-dose electrical current from BIA is passed through body (72). Fat free mass is able to better conduct the current than body fat tissue because of it has lower water content (72, 84). Estimation of FFM obtained from impedance value, height squared, body weight, and age. Body fat is estimated from the FFM results and expressed as percent (72). The accuracy of BIA and skinfolds are similarly as long as followed by rigorous protocol adherence and the analysis of the equation programmed are valid and accurate for the participants (60). In addition, the strengths of using BIA included validation of equation are available for adults and children, and estimation of standard error is available for BIA published equations (72). Reported mean CV of BIA for within-day resistance measurements is 1-2 percents; daily or weekly intra-individual variability is slightly higher ranging from 2-3.5 percents. All of the reproducibility/precision is 2.7-4.0 percents. Prediction errors were estimated to be 3-8 percents for TBW and 3.5-6 percents for FFM, respectively (94). Tagliabue et al evaluated BIA in obese individuals; it appeared that BIA had highly linear correlations with arm and leg FFM, R = 0.93 and 0.93 respectively (95).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.4 Quality of life assessment

Quality of life are used to define as the performance of any individuals to perceive in at least 1 of 4 important domains included somatic sensation, physical function, emotional state and social interaction (96, 97). Consequently, it has extensively been considered as an important outcome measurement in obesity-related research (97). Evaluating QOL may enhance the assessment of treatment efficacy, provide the comparative efficacy of different treatments, and can be applied to evaluate the impact of a treatment on participants' perception and function in their everyday life (96). The effects of obesity on QOL have been well established, and the overall consensus was that obese individuals decreased QOL, and treatment enhanced QOL. The main tool used to assess QOL is the questionnaire which can be

categorized into general QOL and obesity-specific QOL questionnaires (84). Considering the obesity-specific QOL questionnaires, those are consisted of 1) Impact of Weight on Quality of Life (IWQOL)/IWQOL-Lite, 2) Moorehead–Ardelt Quality of Life Questionnaire — II (MA-II), 3) Weight Related Symptom Measure (WRSM), and Obesity and Weight Loss Quality of Life (OWLQOL), 4) Obesity Related Well-Being (ORWELL-97) and 5) Impact of Weight on Quality of Life-Lite (IWQOL-Lite) (84, 97).

In this study, the researchers chose the WRSM and OWLQOL questionnaire for measuring QOL in obese participants because of its ability to detect the symptoms as a resulted of obesity and obesity treatment, able to measure of a person's global evaluation of obesity and their effort to lose weight (84, 97), and its ease of completion in 7 minutes (97). Following 4 important domains of QOL, physical function, emotional state and social interaction can be measured using OWLQOL whereas somatic sensation can be detected by WRSM (97). Additionally, WRSM and OWLQOL questionnaire have been translated and published into Thai version (98).

The WRSM is self-administration included 20 items measuring symptoms associated with obesity and obesity treatment (84, 97). Example bothersomeness of symptoms include shortness of breath, pain in the joints, etc. (99). Each item scaling included the Yes/No questions followed by a 7-point Likert scale 0 (not at all) to 6 (a very great deal) to indicate the degree of bothersomeness of the identified symptoms. Total score was derived from summing the bothersomeness scores for each symptom. Total score ranged from 0 to 120. Higher scores represent a worse symptom burden. For test-retest reliability of WRSM in 1 week, ICC was 0.83 and internal consistency represented by Cronbach's alpha was 0.87 (97).

The OWLQOL is self-administration included 17 items evaluating a person's global evaluation of position in life related to obesity and their effort to body weight

(84, 97). Example question of obesity-specific QOL consist of ‘because of my weight, I try to wear clothes that hide my shape’ etc. (99). The item scaling composed a 7-point Likert scale 0 (not at all) to 6 (a very great deal). Total scores ranged from 0 to 100, and a higher score represents a higher obesity-specific QOL. The test-retest reliability of OWLQOL within 1 week demonstrated ICC and internal consistency (Cronbach’s alpha) which was 0.95 and 0.93-0.96, respectively (97). Both of WRSM and OWLQOL questionnaire are responsive to short and long-term reductions in body weight, and proposed to be administrated together with other outcome measures (84).

2.7 Conceptual framework of the study

This study focuses on the effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity. Figure 2.4 presents alterations in obese individuals. A summary explanation for this study can be described as follows:

Obesity had alterations in body composition, respiratory physiological changed, and exercise-related respiratory physiological changed. All of these alterations included increase body weight, BMI, body fat percentage, WC, HC, and WHR, decrease lung volumes and VO_{2max}, which those lead to decrease in QOL. This study investigated the effects of 6-week aquatic interval training using the intensity at 60-75 percents HRR on alterations of predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity. The outcome measurements were as follow: 1) predicted VO_{2peak}, 2) lung volumes (FVC, FEV_1, FEV_1/FVC ratio and PEF), 3) body composition (body weight, BMI, WC, HC, WHR and total body fat percentage, total and segmental subcutaneous fat percentage, and total and segmental skeletal muscle percentage), and 4) QOL.

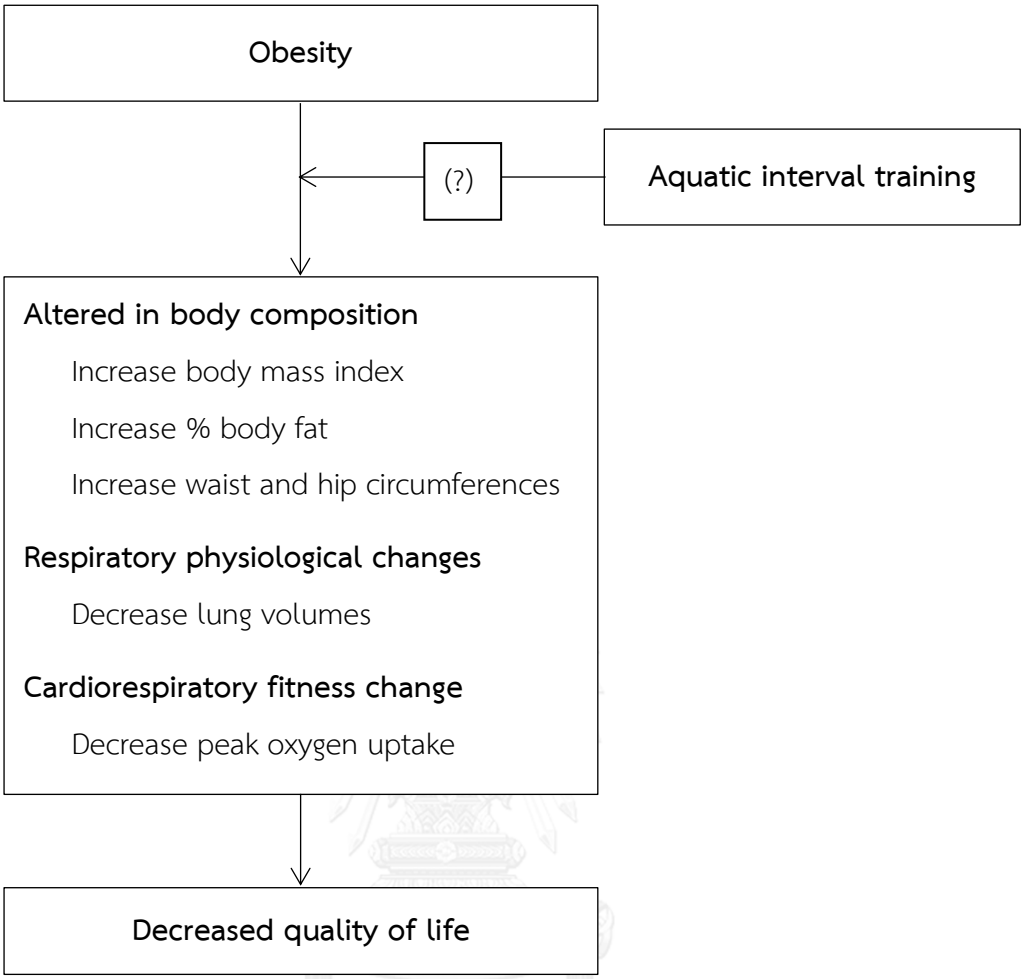


Figure 2.4 Conceptual framework.

CHAPTER 3
MATERIALS AND METHODS

This study was an experimental design which investigated the effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted VO2peak, lung volumes, body composition, and QOL in obesity. The method included an ethical consideration, study design, pre-inclusion screening, characteristic of participants, sample size calculation, instrumentation, research setting, 6-week aquatic interval training, self-stretching exercise, outcome measurements, statistical analysis, and flow chart.

3.1 Ethical consideration

The results of this study presented in the form of quantitative value. All personal information of the participant was kept confidentially. An approval of the study protocol was sought from Ethic Review Committee for Research Involving Human Project, Chulalongkorn University prior to data collection. Institutional Review Board (IRB) was approved this on 1st AUG 2016. A copy of certificate of approval is presented in Appendix A. The first enrolled participant was screened on 22nd AUG 2016 and the last participant completed on 11th OCT 2016. Trial registration in Thai clinical trials registry (TCTR) was done before participant enrollment.

3.2 Study design

A block randomized control trial single-blind study was used to investigate the effects of 6-week aquatic interval training to improve predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity. Gender, age and BMI were used to design in block randomization for each group. All outcome measurements were performed by secondary investigators who work as a physical therapist at physical

therapy department in Somdej Phranangchaosirikit Hospital. All secondary investigators were blinded about the group of participants.

3.3 Pre-inclusion screening

The screened questionnaire was used to screen the previous medical history of all participants. This questionnaire consisted of age, gender, height, body weight, past history of illness, inclusion and exclusion criteria (see Appendix B). If participants responded the screened questionnaire with the answer was “not” in number 2 to 10 of section 2, those were selected to participate in this study. The eligible participants were asked to accomplish the Baecke habitual physical activity questionnaire (100, 101) (see Appendix C) to ensure that they were categorized as sedentary people. After that, they were randomized by simple draw. Allocation concealment was used to prevent selection bias by using sealed opaque envelopes tickets.

3.4 Participants

Participants were invited to participate in this study by announcement and verbal. Twenty-one obese individuals who met the inclusion and the exclusion criteria participated in this study, and were randomly allocated to either training group (n = 11) or control group (n = 10). After that, all participants were informed the testing procedures and outcome measurements, and were required to maintain their physical activity level, usual dietary intake and also alcohol consumption throughout the study. This information is summarized in screen information sheet (Appendix D and E). Written informed consent was being obtained in advance from each participant (Appendix F and G). The inclusion and exclusion criteria for the participants are as follows.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4.1 Inclusion criteria

1) Obese individuals who had BMI ≥ 25 kg/m^2 (using a classification of BMI categories for Asian adults) (16, 86)

2) Age between 25 to 55 years old

3) A sedentary people who did not participate in at least 30 minutes of physical activity with moderate intensity, at least 3 day/week for at least the 3 months (60)

3.4.2 Exclusion criteria

1) Any person who had a medical history of CVD or CAD or unstable angina and pulmonary problems such as pulmonary embolism

2) Uncontrolled metabolic diseases (e.g. uncontrolled DM and thyroid diseases)

3) Uncontrolled hypertension, those with a SBP > 180 mmHg and/or resting diastolic BP (DBP) > 110 mmHg

4) Orthopedic problems that could be interfered the training

5) Other severe condition such as cancer or renal failure

6) Participated in any another clinical trial

7) Participated in regular vigorous intensity endurance activity for the last 6 months

8) History of smoking or worked in environments with a high concentration of dust or pollution

9) Unable to perform an activity in each session of aquatic training more than 60 minutes

10) Participant who cannot attend the aquatic training class more than 15 sessions (80 percents) out of 18 sessions

3.5 Sample size calculation

The sample size was calculated by G*Power program version 3.1.9.2. The calculation of sample size based on the result from the pilot study (power = 95 percents, alpha = 0.05 and effect size = 1.56). The result of the calculation is 8 participations per group. The dropout rate was set at 20 percents, therefore 10 participants per group were needed in this study. The details of sample size calculation are shown in Appendix H.

3.6 Instrumentation

The instruments in this study are as followed: 1) automatic BP monitors (Omron HEM-7203, Kyoto, Japan), 2) fingertip pulse oximeter (Edan, H10 Fingertip oximeter, White Medical, Rugby, UK), 3) Borg's RPE scale chart, 4) measuring tape, 5) traffic cones, 6) digital stopwatch (SEIKO Memory 100, Japan), 7) handheld electronic spirometer (MicroDL-RG22 4BS, CareFusion, UK), 8) nose clips, 9) stadiometer (Seca, Hamburg, Germany; accuracy 0.1 cm), 10) body composition monitor with scale (Omron, KaradaScan HBF-362, Kyoto, Japan), 11) a cloth tape measurement, 12) Baecke Habitual Physical Activity questionnaire Thai version, 13) WRSM and OWLQOL questionnaire Thai version, 14) HR monitors: Sigma PC 3.11 (SIGMA SPORT, Germany), 16) life vest jackets, 17) waterproof envelopes, and 18) whiteboard.

3.7 Research setting

All of outcome measurements in this study were conducted at Somdej Phranangchaosirikit hospital, Sattahip, Chonburi, Thailand. Six-week aquatic interval training was performed at the outdoor swimming pool of the Royal Thai Fleet Headquarter in Sattahip, Chonburi, Thailand.

3.8 Aquatic interval training

The interval training protocol published by Bækkerud et al. (2) was adopted with slight modification and its effectiveness was proved to increase the level of VO_{2max} in obesity. Aquatic interval training consisted of 3 days a week for a total of 6 weeks. Training program carried out 3 different days by week, with a 1-day rest between sessions. Participants who unable to attend in those training more than 15 sessions out of 18 sessions were excluded from data analysis. The water level was fixed at xiphoid or near xiphoid level, with the water temperature at 30-32°C.

Each training session divided into 3 stages. The first stage was a warm-up included running in the water 10 min at 50 percents of HRR. The second stage was a HIIT included 4 min of running in the water at 60-75 percents of HRR interspersed with 3 min of active recovery at 50 percents of HRR. Each 3-min active recovery phase included 2 primary exercises: 1) star jumps performed in 1^{st}, 3^{rd}, 5^{th} and 7^{th} cycle (see Figure 3.1), and 2) forward jumps performed in 2^{nd}, 4^{th} and 6^{th} cycle (see Figure 3.2). Star jumps are jumping on the spot moving the arms and legs sideways in the frontal plane. Forward jumps are jumping on the spot moving the arms and legs backward and forward in the sagittal plane. According to the ACSM criteria, the metabolic requirement of star jumps and forward jumps were classified into light to moderate intensity (102). The final stage was a 3-min cool down at 50 percents of HRR.

Exercise intensity was prescribed at 60-65 percents of HRR and performed HIIT for 5 cycles in the first 2 weeks. Then, the intensity was progressed to 65-70 percents of HRR and HIIT were performed 6 cycles in 3^{rd} and 4^{th} week. In the last 2 weeks, the levels of intensity were progressed up to 70-75 percents of HRR, 7 cycles. The estimating intensity of exercise was calculated from HRR method because it can be reduced an overestimated or underestimated errors from using HR_{max} method (60). Maximal HR is the highest rate acquire during peak exercise, and commonly

predicted from the equation of 220 – age. Target exercise intensities are applied using HRR method which are based on ACSM's guidelines recommendations, and are summarized in Equation 3.1 (45, 60).

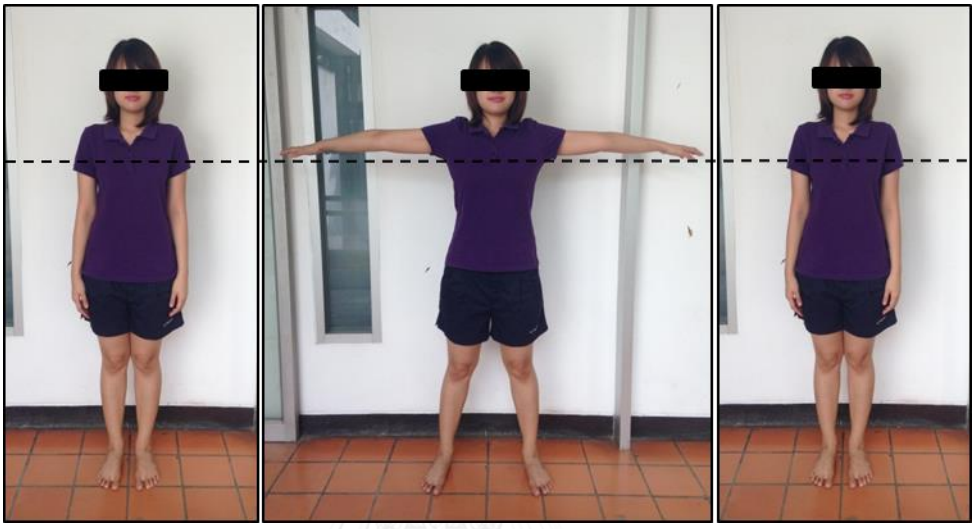


Figure 3.1 Star jumps: jumping on the spot moving the arms and legs sideways in the frontal plane, dots line represented as the water level.

Figure 3.2 Forward jumps: jumping on the spot moving the arms and legs backward and forward in the sagittal plane, dots line represented as the water level.

Figure 3.3 Heart rates monitor Sigma PC 3.11 (SIGMA SPORT, Germany).

Figure 3.4 Life vest jacket.

Heart rate reserve method:

$$\text{Target HR} = [(HR_{max} - \text{resting HR}) \times \%\ \text{intensity desire}] + \text{resting HR} \quad (45, 60)$$

Equation 3.1 Prescribing exercise intensity using heart rate reserve method.

Running in the water was instructed by the researcher which kept the elbows bent at 90°, fists closed, the body slightly bend forward, used the legs and arms similar to land running. Participants were required to attach HR monitor on their chest wall and wrist joint (see Figure 3.3) and worn life vest (see Figure 3.4) throughout the exercise sessions. Average exercise HR and Borg (RPE) scale were checked every 1 minute and recorded immediately in the last minute of each exercise phase by the researcher to ensure prescribed intensities reached to target zone. Blood pressure, average HR and RPE scale are recorded in data collection sheet during exercise (Appendix I).

3.9 Self-stretching exercise

Obese participants in control group received a usual care, a home program of self-stretching exercise 3 sessions/week. Each session spends about 15-20 minutes. A home program consisted of 11 self-stretching exercises which covered neck, shoulder, back, thigh and calf region (see Appendix J), and were advised by researcher. The brochure of stretching exercise was distributed to a control group in the first day after outcome measuring process. Continuity of stretching exercise is monitored once a week by telephone. After 6 weeks of followed-up, they were assigned the instruction of aerobic exercise training according to the guidelines recommended by the ACSM for obese adults.

3.10 Outcome measurements

All outcome measurements were performed at baseline and after training (within 3 days), and were recorded in personal data collection sheet (see Appendix K). The outcome measurements consisted of the predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition, and self-report QOL questionnaires.

3.10.1 Predicted peak oxygen uptake

In this study, the 6MWT was opted for measuring the predicted VO_{2peak}. The protocol during 6MWT was conducted according to the ATS recommendation (73). Participants were instructed to wear comfortable cloths with sport shoes. Strenuous activity should be avoided for 24 hours before the test and also avoided a heavy meal, caffeine or nicotine for 2 to 3 hours prior to testing.

Before starting the test, participants were asked to sit at rest in a chair at least 10 minutes, located near the starting position. Resting HR, BP, baseline dyspnea and SpO_2 were measured during this time. Dyspnea scale was measured by using Borg's RPE 6 to 20 scale (75). Then participants were instructed to walk back and forth around the cones in the 30-meters hallway as far as they can for 6 minutes. Walking slow down, stop and rest during the test can be done as necessary, but they had to resume walking as soon as possible. Heart rate, SpO_2 and the Borg scale were measured every 1 minute during the test and recorded in data collection sheet during 6MWT (see Appendix L). In addition, participants were required to worn a fingertip oximeter, and avoid talking to anyone during the test. Post-walk the Borg scale, fatigue level, HR, BP, SpO_2 and distance covered were recorded after accomplished the test. Then, these variables were assessed again after finished the test for 3 minutes. Predicted VO_{2peak} expressed as ml/kg/min and predicted from the formula as presented in Chapter 2 (Equation 2.1).

3.10.2 Lung volumes

Handheld electronic spirometer (MicroDL, CareFusion, UK) was used to assess lung volumes. The spirometer was calibrated before each day's testing and after every few hours of testing. Spirometry testing were performed by one trained qualified technicians and used techniques base the ATS recommendation (79). Participants performed the spirometry test in the sitting position and were attached with a nose clip. Uniformity of spirometry test was assured by using the same equipment brand for all the participants. Participants were asked to breathe in maximally with a pause of < 1 second at TLC, and followed by a hardly and fast breathing out for as long as they can into the spirometer.

The maneuver was accepted when breathing out for at least 6 seconds. A minimum of 3 acceptable maneuvers were performed, separated by 1 minute to ensure the outcomes were accurate. The largest value was selected from all 3 acceptable maneuvers without artifacts. The difference between the best 2 acceptable variables should be less than 0.15 L. The variables that were derived from the spirometry test consisted of FVC, FEV_1, FEV_1/FVC ratio and PEF.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.10.3 Body composition

Body composition in this study included BMI, waist and hips circumferences, WHR, total body fat percentage and segmental body fat percentage. Participants were asked to wear the light clothing and without shoes while measuring these outcomes.

3.10.3.1 Body mass index

Standing height was measured by a stadiometer, measured to the nearest 0.1 cm. Body weight was measured using a body composition monitor with scale, measured to the nearest 0.1 kg. Body mass index was calculated as the weight

(kg) divided by the square of the height (m^2) (60, 84). This formula is demonstrated in Chapter 2 (Equation 2.2). Normal weight and obese classifications were defined on the basis of WPRO (16) and IOTF (86) cutoffs as presented in Chapter 2, Table 2.15.

3.10.3.2 Circumferences

Waist and hips circumferences were measured using the standardized description of circumference sites and procedures from the ACSM's guidelines (60). Measurement of HC performed in the standing position with feet together. A horizontal measure was taken at the maximal circumference of the hips between the iliac crest and the crotch, and recorded to the nearest 0.1 cm (55, 60). Waist circumference was conducted in the standing position with arms at the sides, feet together, and abdomen relaxed. A horizontal measure were taken at the smallest part of the torso at the umbilicus level, and recorded to the nearest 0.1 cm (55, 60). All measurements performed at least 2 times, and made with a flexible yet inelastic tape measure, and placed on the skin surface without compression. If the duplicate measurements at each site were not in the range of 5 mm, the new measure was repeated again. The average of these circumferences was recorded and accepted. Then, WHR was calculated from both of the WC and HC (WC divided by HC).

Chulalongkorn University

3.10.3.3 Total and segmental body fat percentage

Participants were instructed to avoid drink lots of water and eat a meal 1 to 2 hours before the measurement. After the investigator entered the data that included the height, age and gender into the bioelectrical impedance, participants were asked to stand barefoot on this equipment with distribute weight evenly, and held the grip electrodes for 1 minute. After the display appeared body weight, they were instructed to keep their back and knees straight, and extend their arms straight at a 90° angle to the body. Then body fat was calculated from the analyzer with a built-in equation in the bioelectrical impedance. The amount of body fat expressed as a percent of total weight.

3.10.4 Quality of life questionnaire

Self-administrated WRSM and OWLQOL questionnaire Thai version were used for assessing QOL in this study. All participants were asked to accomplish this questionnaire at baseline and after training. The WRSM was self-administration included 20 items measuring symptoms associated with obesity and obesity treatment (84, 97). Each item scaling included the Yes/No questions followed by a 7-point Likert scale 0 (not at all) to 6 (a very great deal). Total score ranged from 0 to 120 which a higher score represented a worse symptom burden (97). The OWLQOL was self-administration included 17 items evaluating a person's global evaluation of position in life related to obesity and their effort to body weight (84, 97). The item scaling composed a 7-point Likert scale 0 (not at all) to 6 (a very great deal). Total scores ranged from 0 to 100, and a higher score represented a higher obesity-specific QOL (97). Both of WRSM and OWLQOL questionnaire were proposed to be administrated together with other outcome measures, and those can be accomplished in 7-10 minutes (84).

3.11 Statistical analysis

The descriptive statistic was described the demographic data and categorical data. Continuous data expressed as mean and standard deviation (SD). Normal distribution of the data was verified by the Shapiro-Wilk test. Either unpaired t-test or Mann-Whitney U test was used to compare baseline characteristics and percent change differences from pre- to post-training between groups. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$. The IBM Statistical Package for the Social Science (SPSS) Statistics for Windows, Version 22.0 (IBM Corp. Released 2013., Armonk, NY, USA) software package was carried out for all statistical analyses.

3.12 Flow chart of this study

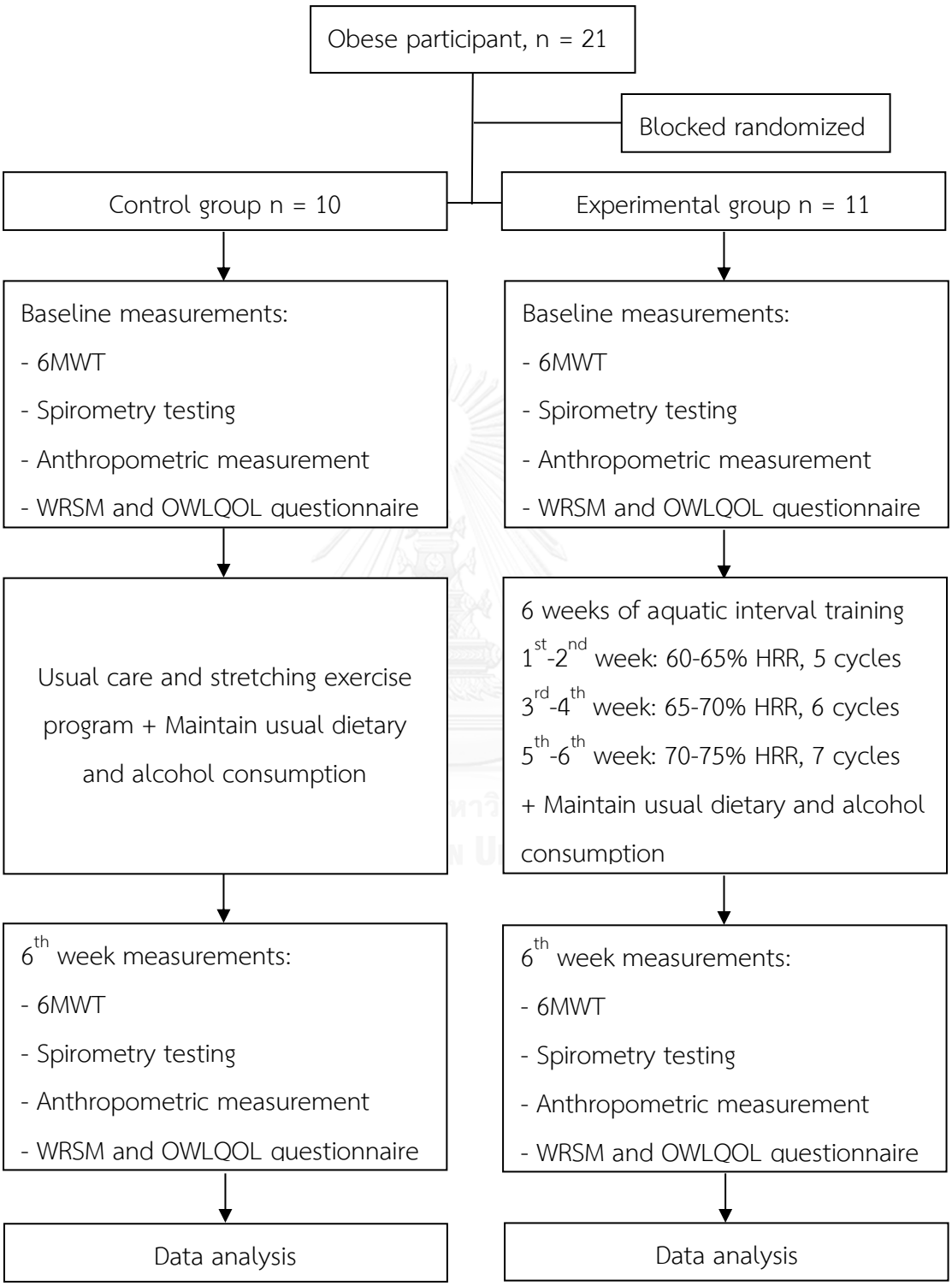


Figure 3.5 Flow chart of this study.

CHAPTER 4
RESULTS

4.1 Participants

Twenty-one sedentary obese participants (11 females, 10 males, age 36.05 ± 9.49 years, height 168.19 ± 10.58 cm, weight 89.12 ± 17.57 kg, BMI 31.34 ± 4.03 kg/m^2) enrolled and were allocated to control (n = 10, 5 females, 5 males) and experimental group (n = 11, 6 females, 5 males). In aquatic interval training group, nine from eleven participants completed all their prescribed training sessions. One female attended 17 from all 18 sessions. One male withdrew from the training group after attained 8 sessions due to a motorcycle accident, caused a fractured left humerus. There were no adverse events during the training. Nevertheless, seven participants (4 females, 3 males) reported a tension at the calf muscles in the first week of exercise. Trial registration number was TCTR20160818003. Baseline characteristics of the control and the experimental groups are summarized in Table 4.1 and 4.2. Continuous variables were compared with unpaired t-test. No statistically significant baseline differences were observed between groups.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 Exercise intensity, ratings of perceived exertion, resting heart and blood pressure

The mean exercise training intensities during the interval training (active phase whereas calculated from the mean of all intervals) were achieved at 98.98 ± 3.54 percents, 99.32 ± 2.2 percents, and 98.37 ± 1.81 percents of 65 percents HRR, 70 percents HRR, and 75 percents HRR, respectively. Focusing on the subjective examination, dyspnea scale was measured using Borg' RPE (grading 6-20 scale). In active phase, mean RPE scales were stated at 11.87 ± 1.12, 14.37 ± 1.52 and 15.45 ± 1.66 in 1^{st}-2^{nd} week, 3^{rd}-4^{th} week and 5^{th}-6^{th} week, respectively. These results may be informed that sedentary obese participants can be achieved target HR and perceived exertion throughout this training. After 6 weeks of followed up, mean resting HR in

the experimental group had changed from 82.60 ± 6.99 beats/min to 78.80 ± 8.09 beats/min (p = 0.002). Considering alterations in BP in the experimental group, it was found that SBP had changed between 7 to -12 mmHg whereas DBP had changed between 4 to -14 mmHg. For the control group, SBP had changed between 13 to -5 mmHg whereas DBP had changed between 4 to -14 mmHg. As compare SBP and DBP after accomplished interventions, no significant alterations were observed between groups. Alterations of resting HR and BP in the experimental group are summarized in Table 4.3.

4.3 Predicted peak oxygen uptake and six-minute walk distance

Significant differences in VO_{2peak} and six-minute walk distance (6MWD) were found in only experimental group. Differences of predicted VO_{2peak} are presented in Figure 4.1. The trained obese participants had 6.74 ± 5.56 percents (p = 0.002) and 8.40 ± 6.01 percents (p = 0.001) higher predicted VO_{2peak} and 6MWD compared with the control group. Six-minute walk distance variable is presented in Table 4.4.

4.4 Lung volumes

For the experimental group, FEV_1 and PEF had significant increased by 8.92 ± 6.52 percents (p < 0.001) and 42.32 ± 42.27 percents (p = 0.017) respectively compared to the control group, whereas no significant changes in FEV_1/FVC ratio and FVC. All spirometry variables are summarized in Table 4.4.

4.5 Body composition

4.5.1 Body mass index

After 6 weeks of follow up, there were no statistically significant differences in BMI and body weight (BW) as compared between groups. All body composition variables are shown in Table 4.5.

Table 4.1 Baseline characteristics between experimental and control groups.

Variable (units)	Control (n = 10)	Experimental (n = 11)	p-Value
Personal data			
Age (year)	38.60 ± 9.68	33.73 ± 9.13	0.250
Height (cm)	166.80 ± 9.86	169.46 ±11.51	0.579
Physical activity level	5.54 ± 0.43	5.58 ± 0.29	0.857
Resting HR (beat/min)	88.30 ± 11.64	82.18 ± 6.78	0.153
SBP (mmHg)	129.10 ± 9.69	133.90 ± 13.02	0.362
DBP (mmHg)	77.40 ± 7.23	83.90 ± 9.69	0.106
Cardorespiratory fitness			
Predicted VO_{2peak} (ml/kg/min)	18.24 ± 2.02	18.84 ± 2.22	0.526
6-minute walk distance (m)	571.90 ± 47.04	555.73 ± 43.77	0.425
Lung volumes			
FVC (L)	3.86 ± 1.48	3.56 ± 0.79	0.860
FEV_1 (L)	2.95 ± 0.91	2.73 ± 0.84	0.672
FEV_1/FVC ratio	83.20 ± 8.44	79.45 ± 14.53	1.000
PEF (L)	371.90 ± 127.91	314.27 ± 128.33	0.316
Body composition			
Bodyweight (kg)	88.65 ± 18.16	89.55 ± 17.90	0.911
BMI (kg/m^2)	31.77 ± 4.73	30.96 ± 3.47	0.655
Waist circumference (cm)	101.70 ± 11.42	101.42 ± 10.11	0.954
Hip circumference (cm)	114.16 ± 9.73	112.09 ± 9.28	0.724
WHR	0.89 ± 0.06	0.90 ± 0.05	0.611

Notes: Data were presented as mean ± SD. *Significance differences were set as $p < 0.05$. VO_{2peak} = peak oxygen uptake, HR = heart rate, SBP = systolic blood pressure, DBP = diastolic blood pressure, FEV_1 = force expiratory in 1^{st} second, FVC = force vital capacity, PEF = peak expiratory flow, BMI = body mass index, WHR = waist-hip ratio.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Table 4.2 Baseline characteristics between experimental and control groups (continued).

Variable (units)	Control (n = 10)	Experimental (n = 11)	p-Value
Total body fat and skeletal muscle percentage (%)			
Body fat	34.49 ± 5.82	33.81 ± 6.06	0.796
Subcutaneous fat: whole body	29.28 ± 9.07	28.97 ± 9.01	0.939
Skeletal muscle: whole body	26.17 ± 3.85	26.83 ± 4.13	0.481
Segmental subcutaneous fat percentage (%)			
Trunk	26.33 ± 7.78	25.94 ± 7.67	0.908
Legs	39.32 ± 12.45	38.92 ± 11.91	0.941
Arms	39.96 ± 13.08	40.13 ± 12.94	0.888
Segmental skeletal muscle percentage (%)			
Trunk	18.57 ± 3.51	19.18 ± 3.94	0.712
Legs	41.94 ± 5.41	42.41 ± 5.80	0.573
Arms	26.93 ± 8.75	26.70 ± 9.44	0.778
Quality of life			
OWLQOL	60.90 ± 16.56	52.18 ± 18.52	0.271
WRSM	22.70 ± 12.48	43.36 ± 30.81	0.061

Notes: Data were presented as mean ± SD. *Significance differences were set as $p < 0.05$. OWLQOL = Obesity and Weight Loss Quality of Life, WRSM = weight related symptoms mesures.

4.5.2 Circumferences and waist-hip ratio

Waist circumference was 2.35 ± 3.62 percents lesser in the experimental than the control group ($p = 0.028$), but no significant difference was observed in HC between groups ($p = 0.402$). However, WHR in the training group had significantly decreased by 2.59 ± 2.64 percents ($p = 0.022$) as compared to the control group. Circumferences and WHR variables are presented in Table 4.5.

Table 4.3 Alterations of resting HR and BP as compared within the experimental group (mean ± SD).

Variables	Pre-training	Post-training	p-Value
Resting HR (bpm)	82.60 ± 6.99	78.80 ± 8.09	0.002*
SBP (mmHg)	133.90 ± 13.02	132.50 ± 13.84	< 0.001*
DBP (mmHg)	83.90 ± 9.69	81.90 ± 10.80	0.001*

*Significant difference within the experimental group ($p < 0.05$).

Notes: HR = heart rate, SBP = systolic blood pressure, DBP = diastolic blood pressure.

4.5.3 Total and segmental body fat percentage

In comparison between groups, no statistically significant group differences were observed in total and segmental body fat percentage ($p > 0.05$), those are summarized in Table 4.5 and 4.6.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

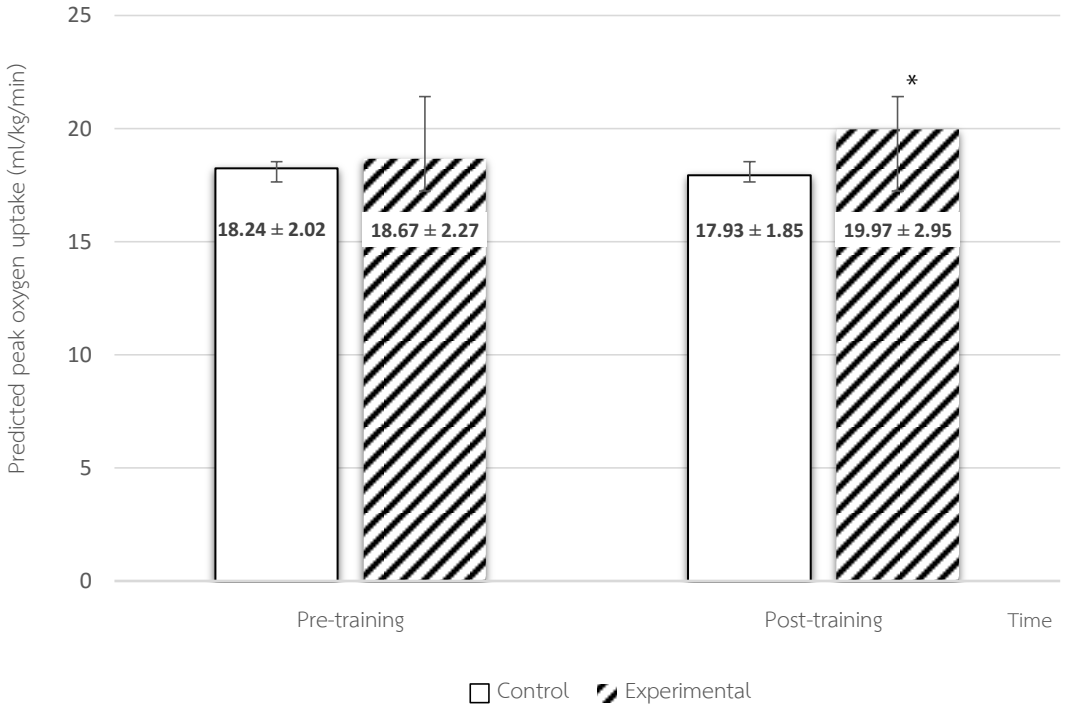
4.5.4 Total and segmental skeletal muscle percentage

Only participants in aquatic interval training group who had significantly greater improvement of skeletal muscle percentage for legs (1.26 ± 1.72 percents, $p = 0.020$) and arms (1.44 ± 1.91 percents, $p = 0.002$) as compared to the control group. No significant alteration was found in skeletal muscle percentage for trunk. These variables are demonstrated in Table 4.5 and 4.6.

4.6 Quality of life

In this study, WRSM and OWLQOL questionnaires (Thai version) were selected for assessing QOL of all participants. Significant improvement in OWLQOL scores (19.38 ± 15.15 percents, $p = 0.003$), and significant reduction in WRSM scores (66.43 ±

20.71 percents, $p < 0.001$) were observed in only experimental group when compared to the control group. A higher score of OWLQOL represented a higher QOL, and a lower score of WRSM represented a higher QOL. The scores from WRSM and OWLQOL questionnaires (Thai version) are shown in Table 4.6.



*Significant between pre- and post-training ($p < 0.05$).

Figure 4.1 Changes in predicted VO_{2peak} from pre- to post-training in the control and the experimental group.

Table 4.4 Cardiorespiratory fitness and lung volumes variables at pre- and post-training (mean ± SD).

Variables	Experimental Group (n =10)			Control Group (n = 10)			p-Value
	Pre-training	Post-training	% Change	Pre-training	Post-training	% Change	
Cardiorespiratory fitness							
6MWD (m)	559.80 ± 43.89	607.20 ± 64.16	8.40 ± 6.01	571.90 ± 47.04	561.40 ± 54.25	-1.80 ± 5.35	0.001*
Lung volumes							
FEV_1 (L)	2.64 ± 0.83	2.86 ± 0.87	8.92 ± 6.52	2.95 ± 0.91	2.76 ± 0.84	-5.96 ± 6.89	< 0.001*
FEV_1/FVC ratio	78.50 ± 14.95	83.70 ± 4.76	11.34 ± 28.43	83.20 ± 8.44	81 ± 8.615	-2.63 ± 3.91	0.157
PEF (L)	308.10 ± 133.54	390.80 ± 86.86	42.32 ± 42.27	371.90 ± 127.91	360.0 ± 138.02	-3.70 ± 17.0	0.017*
FVC (L)	3.49 ± 0.80	3.40 ± 0.70	-1.33 ± 9.71	3.85 ± 1.48	3.63 ± 1.38	-4.98 ± 8.74	0.389

Notes: VO_{2peak} = peak oxygen uptake, 6MWD = six-minute walk distance, FEV_1 = force expiratory in 1^{st} second, FVC = force vital capacity, PEF = peak expiratory flow.

* Significant between % change of pre- and post-training ($p < 0.05$).

Table 4.5 Body composition, and total body fat and skeletal muscle percentage variables at pre- and post-training (mean ±SD).

Variables	Experimental Group (n =10)			Control Group (n = 10)			p-Value
	Pre-training	Post-training	% Change	Pre-training	Post-training	% Change	
Body composition							
BW (kg)	88.76 ± 18.66	88.49 ± 18.19	-0.19 ± 2.92	88.65 ± 18.16	88.93 ± 17.62	0.42 ± 1.49	0.564
BMI (kg/m^2)	31.08 ± 3.63	31.04 ± 3.60	-0.09 ± 3.03	31.77 ± 4.73	31.87 ± 4.76	0.32 ± 1.49	0.708
WC (cm)	102.41 ± 10.09	99.95 ± 10.02	-2.35 ± 3.62	101.70 ± 11.42	102.68 ± 11.6	0.96 ± 2.46	0.028*
HC (cm)	112.20 ± 9.78	111.90 ± 8.92	-0.21 ± 1.75	114.16 ± 9.73	114.55 ± 9.87	0.34 ± 0.99	0.402
WHR	0.91 ± 0.04)	0.89 ± 0.04	-2.59 ± 2.64	0.89 ± 0.062	0.89 ± 0.050	0.44 ± 2.75	0.022*
Total body fat and skeletal muscle percentage (%)							
Body fat	34.49 ± 5.93	34.13 ± 5.62	-0.88 ± 3.25	34.49 ± 5.82	34.59 ± 5.80	0.32 ± 1.62	0.313
Subcutaneous fat: whole body	29.93 ± 8.88	29.76 ± 8.75	-0.44 ± 3.26	29.28 ± 9.07	29.34 ± 9.16	0.15 ± 1.37	0.607
Skeletal muscle: whole body	26.30 ± 3.94	26.59 ± 3.69	1.27 ± 2.96	26.17 ± 3.85	26.19 ± 3.88	0.07 ± 1.24	0.250

Notes: BW = body weight, BMI = body mass index, WC = waist circumference, HC = hip circumference, WHR = waist-hip ratio.

*Significant between % change of pre- and post-training ($p < 0.05$).

Table 4.6 Segmental subcutaneous fat and skeletal muscle percentage, and quality of life variable at pre- and post- training (mean ± SD).

Variables	Experimental Group (n = 10)			Control group (n = 10)			p-Value
	Pre-training	Post-training	% Change	Pre-training	Post-training	% Change	
Segmental subcutaneous fat percentage (%)							
Trunk	26.74 ± 7.58	26.54 ± 7.42	-0.62 ± 3.06	26.33 ± 7.78	26.61 ± 7.71	1.30 ± 3.64	0.219
Legs	40.25 ± 11.65	39.51 ± 11.57	-1.84 ± 3.67	39.32 ± 12.45	39.40 ± 12.95	-0.14 ± 2.71	0.254
Arms	41.60 ± 12.63	41.01 ± 12.31	-1.22 ± 3.16	39.96 ± 13.08	39.99 ± 13.04	0.13 ± 1.87	0.262
Segmental skeletal muscle percentage (%)							
Trunk	18.69 ± 3.78	18.88 ± 3.58	1.28 ± 3.80	18.57 ± 3.51	18.42 ± 3.42	-0.72 ± 2.39	0.175
Legs	41.71 ± 5.60	42.22 ± 5.56	1.26 ± 1.72	41.94 ± 5.41	41.82 ± 5.53	-0.32 ± 0.77	0.020*
Arms	25.77 ± 9.41	26.02 ± 9.19	1.44 ± 1.91	26.93 ± 8.75	26.70 ± 8.83	-1.01 ± 1.09	0.002*
Quality of life							
OWLQOL score	50.20 ± 20.42	62.10 ± 17.85	19.38 ± 15.15	60.90 ± 16.56	59.10 ± 13.02	-2.40 ± 12.48	0.003*
WRSM score	41.00 ± 31.41	12.00 ± 11.09	-66.43 ± 20.71	22.70 ± 12.48	23.20 ± 7.82	13.98 ± 31.39	< 0.001*

Notes: OWLQOL =obesity and weight loss and quality of life, WRSM = weight related symptoms measure.

*Significant between % change of pre- and post-training ($p < 0.05$).

CHAPTER 5
DISSCUSSION

The purpose of this study was to assess the effects of 6-week aquatic interval training on alterations of predicted VO_{2peak}, lung volumes, body composition and QOL in obesity. Achieved fitness benefits of this exercise modality are in lined with the ACSM's recommendation (60) for improving health in obese individuals, were consistent with those of intensity and volume-matched aquatic interval training. The main finding from the present study is that obese participants randomly allocated to 6-week aquatic interval training had a significantly higher improvement in CRF (predicted VO_{2peak} and 6MWD), lung volumes (FEV_1 and PEF), body composition (WC, WHR, skeletal muscle percentage for legs and arms), and QOL (OWLQOL and WRSM score) as compared to the control group. These current findings supported our hypotheses in this study. To our knowledge, our study is the first to report the similar positive short-term effects of aquatic interval training in obese adults, and the results suggest that a 6-week aquatic interval training can lead to maintain and improve in CRF, lung volumes, body composition and QOL for obese men and women.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Predicted peak oxygen uptake in the training increased by 6.74 ± 5.56 percents after accomplished the program, indicating that CRF of obese individuals can be progressed in 6-week aquatic interval training. This finding has an important clinical implication with previous studies indicated that low levels of CRF are known to be as an independent predictor for cardiovascular mortality and all-causes mortality (28, 103). An improvement of predicted VO_{2peak} in this study is comparable to that found by Broman et al. studied a group of overweight women who participated in 8 weeks of HIIT (75 percents of HR_{max}) in deep water, and despite longer duration of the program, found similar higher in VO_{2peak} (104). This higher level of predicted VO_{2peak} is comparable to improvements observed in other studies using interval training with a water-immersed at similar exercise intensities in obesity, but has longer duration of exercise intervention (7, 48). Furthermore, the reductions of

resting HR, SBP and DBP in our trained participants were in line with previous studies (6, 66, 105). These results validated the use of HIIT with water-immersed as an effective exercise training modality for enhancing the levels of CRF and minimized HR at rest in obese men and women.

The adaptation in predicted VO_{2peak} due to aquatic interval training is found mostly in peripheral skeletal muscles, with a higher levels of arteriovenous oxygen ($a\text{-}\bar{V}\ O_2$) difference, increased in central blood flow, and increased in mitochondrial enzyme activities (57, 104). When the body is immersed in water, the hydrostatic static vascular gradient may additionally contribute to increased central blood volume by regulating intrathoracic pressures (69). An alteration of central blood flow leads to elevated cardiac output as a result of a higher SV (69, 104). This increase has been attributed to a higher level of diastolic filling. Hydrostatic compression resulted in the transcapillary fluid shifts. The greater thoracic blood volume induced the ability to stretch of the heart wall, enlargement of left ventricular chamber size, and cardiac muscle hypertrophy with increased ability of contractility during systole (66, 69). From those of mentioned mechanisms, parasympathetic nerve activity was increased, and sympathetic nerve activity was decreased that affect intrinsic firing rate of sinoatrial rate, thus reducing HR at rest (66, 69). These results possibly increase the stimulation of the myocardium to adapt to training (104). Moreover, the low- and high-intensity training exercise programs had a great impact on shear stress in the arterial wall differently during exercise training and that may be minimized in SBP and DBP (105).

The present study demonstrated that the distance from 6MWT in the experimental group had a significantly increased by 45.80 ± 32.39 meters (8.40 ± 6.01 percents) after the training as compared to the control group, those of improvement was in line with the hypothesis. The distance that a participant can perform in a period of 6-minute reflects integrated responses of cardiopulmonary systems and

muscle metabolism. Moreover, it was used for assessing the submaximal level of functional capacity. Regarding exertion of most activities of daily living are performed at submaximal levels, the 6MWD could be more effectively reflect the functional exercise capacity for daily physical activities (73). Our finding was inconsistent with the reported by Larsson and Reynisdottir assessing reproducibility and validity of 6MWT in men and women with obesity, the clinically significant difference required of 6MWD was at least 80 meters for evaluation (74). Despite the significant change of 6MWD was less than 80 meters, our result was comparable with the study reported by Guessogo et al., investigating 24-week training program based on repetition of short-time walk sequences on 6MWD in obese women (106). A significant increment of 6MWD in the present study would be as a resulted from the adaptation in CRF and reflected to integrate responsiveness of cardiopulmonary systems and muscle metabolism (73).

Previous studies obviously demonstrated that both of higher BMI and abdominal obesity measured by WHR had significant influences on lung volumes (29, 30, 55, 91, 107). In our present study, significantly increased in FEV_1 and PEF were observed in the primary analysis. The improvement of these indices was cleared with this study's hypothesis. To the best our knowledge, our study is the first to report that 6-week aquatic interval training performed by obese men and women is an effective training tool, producing improvements in FEV_1 and PEF. The possible mechanism of the improvement may cause by the body immersed in water at the thoracic level extremely affects to the pulmonary system lead to increase shifting blood into the chest cavity, and compression of the chest wall itself. The combination of this effect has resulted in change in pulmonary function, enhance work of breathing, and alter respiratory dynamics (46). When body immersed up to the xiphoid process, respiratory work has increased by 60 to 65 percents (108). Hydrostatic force generates a higher level of thoracic blood volume (108) and a resistance to the thoracic expansion (108, 109). This alteration leads to increase a higher inspiratory effort resulting in strengthening of the diaphragm and intercostal

muscles (108, 109). Regarding FEV_1 and PEF improvements for the experimental group, this finding agrees with two studies of overweight and obese young adults found FEV_1, FVC, FEV_1/FVC ratio enhancements after aerobic exercise program (3, 10). Additionally, the minimal clinically important differences (MCID) of FEV_1 have been reported in 2 previous studies. A minimal level of perceived benefit and excess the concept of statistical differences in FEV_1 is required as 100-140 ml or 5-10 percents (110, 111). Of this, a higher value of FEV_1 by 100 ± 7.0 ml in this study was in line with those of MCID. The FEV_1 is greatly independent of expiratory effort, and is used to express the levels of intrathoracic airway obstruction and investigate response to bronchodilators (81). A reduction in major spirometric variables, such as FEV_1, VC, FEV_1/VC ratio and TLC, below their predicted relevant 5^{th} percentiles was consistent with a pulmonary defect, and it was a beneficial general approach in clinical practice (33, 77).

As already known, the higher levels in abdominal subcutaneous fat has been found to increase the risks for CVD and DM. Although simple clinical anthropometric measurements such as WC, WHR and BMI, are not directly measure regional body fat deposition. However, WC and WHR were the marker of abdominal obesity and used for body fat distribution assessments. It was also independently associated with an increased major risk of CHD and metabolic syndrome (7, 112). According to general guideline, WHR that more than 0.80 for women and 0.95 for men increased mortality risk regarding adjusting for BMI (113). Despite the present study was unsuccessful in reducing all obesity indicators, however, this 6-week aquatic interval training was significant changed in WC and WHR. Significant reduction of WC in this study is similar to those of Boidin et al., following 9 months of water-immersed interval ergocycling with Mediterranean diet counseling in obese patients (48). However, our results are not comparative with the study of Pasetti et al., performing 12 weeks of interval training in deep water running in obese women (6). Two studies performed 12-week deep water circuit base training in overweight and obese women, significantly decrease WC and WHR were found (7, 11). These studies supported the result of our

findings. As well the study reported by Lopera et al., which investigated water-based exercise intervention for 16 weeks in overweight and obese adolescents (112). The evidence from previous research revealed an association between physical activity and metabolic status. Advantageous effects of physical activity influenced by exercise arise from morphological and physiological adaptations (12). It has been shown that aquatic exercise as an aerobic exercise produces body fat consumption (114), enhances lipid profiles and carbohydrate metabolism (12). Alteration in WC may be induced by lowering in visceral or subcutaneous fat mass without any change in body weight or BMI (11). Results from several numbers of water-based studies revealed that changes in abdominal obesity measured by WC could be found even any change in body mass or BMI (11, 12, 112).

When considering fat and lean mass percentages, by use of BIA, we were also able to analyze whole body and segmental (trunk, legs and arms) subcutaneous fat and skeletal muscle percentages. To author's knowledge, this study is the first to report such regional specific changes in body composition with aquatic interval training. Our BIA analyses demonstrated the 6-week aquatic interval training intervention utilized in this study was successful in enhancing skeletal muscle percentage for legs and arms, compared to the control group. Despite no significant reduction in whole body fat and segmental subcutaneous fat percentages, segmental skeletal muscle improvements (1.26 ± 1.72 percents for legs, 1.44 ± 1.91 percents for arms) are greater than some water-based exercise studies (48, 115). These differences between studies (48, 115) may be as a result of the absence of caloric restriction, differences in exercise intensity and interval duration, and a shorter exercise period. Reductions in body fat percentages have been reported in obese women after 12 weeks of interval deep water running (6), and in obese patients after 9 month of water-immersed interval ergocycling (48), but those are not consistent with our findings. Although the present study found no differences in change in whole and segmental body fat percentages, but there was a significant increase in legs and arms skeletal muscle percentages in trained obese participants. Any improve in legs and

arms skeletal muscle percentages may be reflective of a greater effort to move the body through water (115), density and viscosity more than air (46, 115). Moving extremities relative to water caused viscous resistance, which enlarges as more force is exerted against it (46). These data suggest that performing relatively interval training with water-immersed running as compared to controlled may elicit obviously improved in segmental skeletal muscle percentages for obese men and women.

The OWLQOL and WRSM also were produced to complete the state of patient reported outcomes using different concepts and different types of patient reported outcome measures. These questionnaires included the measurement of obesity-specific symptoms and QOL, general functional status and well-being, person-specific preference measurement, and disability days (99, 116). The WRSM establishes an association between symptoms with obesity and obesity treatment (99). In the present study, WRSM scores in the experimental group was significantly decreased in comparison with the control group, lower scores represented a lower symptom burden (116). Of interesting, the trained obesity had a significant decreasing score in decreased physical stamina item of weight-related symptoms measurement after accomplished 6-week aquatic interval exercise, which those was in agreement with VO_{2peak} and 6MWD improvement. It has been clearly that VO_{2peak} represented to the level of CRF (25, 60, 68). We assumed that when the trained participants acknowledged significantly improved alterations in some outcome variables after the end of the training, they might have an awareness of position in life related to weight, weight loss, and weight loss treatment (99). This study has shown that aquatic interval training for 6 weeks affected an improvement of QOL in obese men and women.

Strengths of the present study included participants recruited from both gender, had a control group for comparison of interaction effects, and no dietary restriction and no lifestyle modification in all participants. Second, baseline and final

outcome measurements were investigated by the secondary investigators who blinded the group of participants. Third, HR during interval and recovery phases were checked every one minute by the researcher to ensure that participants can be performed to target zones throughout the training session. Finally, there are limited number of studies on the effects of HIIT with water-immersed on QOL in obese adults (6), which those are presented in this study. Nevertheless, the limitation in this study was the state of research setting was set at an outdoor swimming pool; the weather conditions were unable to be controlled. Despite having to train at an outdoor setting, the water temperature while performing in each exercise session was not quite differences (28 to 30 ºC). For further study strategies, to investigate the accurate levels of VO_{2peak}, future direct CPET should be performed for a global evaluation of the progressive exercise response, and providing better results; anyway, the 6MWT is a valid test for its estimation (76). The levels of perceived exertion and HR during perform HIIT should be consistent. However, the RPE scale may variously reports depending on perception of the individuals. In addition, altered blood volume investigation included cardiac output and SV should be added for the examination of possible concomitant adaptations in interval training performance. For the control group, attention-time control should be performed for regulations of time spent exercising as compared to the experimental group. However, the purpose of this study was to investigate a head to head comparison of controlled and aquatic interval training at stage of 6 weeks we hypothesized would result in statistical difference effects, and also having a noticeably different time commitment.

In conclusion, the present study demonstrated that 6-week of aquatic interval training has been given to improve CRF, functional exercise capacity, lung volumes, some parameters of body composition and QOL in obese adults. These findings were corresponded to the hypotheses of this study. Although this short-term program was not effective in reducing total and segmental body fat percentages in obesity, but it was successful in enhancing segmental skeletal muscle percentages, and also in decreasing waist circumference. Furthermore, we also found that aquatic interval

training was well tolerated in sedentary obese adults according to the mean exercise intensity (excessed 95 percents of target HRR). For future public health researches, the results of this study substantiate the message of the importance of the frequency, intensity, duration and progression of this exercise modality. Therefore, we believe that 6 weeks of aquatic interval training may be practical therapeutic exercise for obesity.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

REFERENCES

1. Fisher G, Brown AW, Bohan Brown MM, Alcorn A, Noles C, Winwood L, et al. High Intensity Interval- vs Moderate Intensity- Training for Improving Cardiometabolic Health in Overweight or Obese Males: A Randomized Controlled Trial. PLoS One. 2015;10(10):e0138853.
2. Baekkerud FH, Solberg F, Leinan IM, Wisloff U, Karlsen T, Rognmo O. Comparison of Three Popular Exercise Modalities on VO2max in Overweight and Obese. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(3):491-8.
3. Azad A, Gharakhanlou R, Niknam A, Ghanbari A. Effects of Aerobic Exercise on Lung Function in Overweight and Obese Students. Tanaffos. 2011;10(3):24-31.
4. Gappmaier E, Lake W, Nelson AG, Fisher AG. Aerobic exercise in water versus walking on land: Effects on indices of fat reduction andweight loss of obese women. J Sports Med Phys Fitness. 2006;46:564-9.
5. Ingul CB, Tjonna AE, Stolen TO, Stoylen A, Wisloff U. Impaired Cardiac Function Among Obese Adolescents Effect of Aerobic Interval Training. Arch Pediatr Adolesc Med. 2010;164(9):852-9.
6. Pasetti SR, Gonçalves A, Padovani CR. Continuous training versus interval training in deep water running: health effects for obese women. Revista Andaluza de Medicina del Deporte. 2012;5(1):3-7.
7. Meredith-Jones K, Legge M, Jones LM. Circuit Based Deep Water Running Improves Cardiovascular Fitness, Strength and Abdominal Obesity in Older, Overweight Women Aquatic Exercise Intervention in Older Adults. Medicina Sportiva. 2009;13(1):5-12.
8. Askarabadi SH, Valizadeh R, Daraei F. The Effects Aerobic Exercise on Some Pulmonary Indexes, Body Composition, Body Fat Distribution and VO2max in Normal and Fat Men of Personal and Members of Faculty of Azad University Bebahan Branch. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2012;46:3041-5.
9. Rica RL, Carneiro RM, Serra AJ, Rodriguez D, Pontes Junior FL, Bocalini DS. Effects of water-based exercise in obese older women: impact of short-term follow-up

study on anthropometric, functional fitness and quality of life parameters. Geriatr Gerontol Int. 2013;13(1):209-14.

10. Ferdowsi MH, Saiiari A, Valizadeh R, Gholamie A. The effect of eight week aerobic exercise on airway trachea indexes (FEV1, FVC, FEV1.FVC & FEF25-75) and VO2max level in overweighed male students of Ahvaz Payam Noor University. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2011;15:2848-52.
11. Jones LM, Meredith-Jones K, Legge M. The Effect of Water-Based Exercise on Glucose and Insulin Response in Overweight Women A Pilot Study. Journal of Women's Health. 2009;18(10):1653-9.
12. Nowak A, Pilaczynska-Szczesniak L, Sliwicka E, Deskur-Smielecka E, Karolkiewicz J, Piechowiak A. Insulin resistance and glucose tolerance in obese women the effects of a recreational training program. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2008;48(2):252-8.
13. Lehnert T, Sonntag D, Konnopka A, Riedel-Heller S, Konig HH. Economic costs of overweight and obesity. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab. 2013;27(2):105-15.
14. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. The Lancet. 2014;384(9945):766-81.
15. Okay DM, Jackson PV, Marcinkiewicz M, Papino MN. Exercise and obesity. Prim Care. 2009;36(2):379-93.
16. Weisell RC. Body mass index as an indicator of obesity. Asia Pacific J Clin Nutr (2002) 11. 2002;11(Suppl).
17. Yoon K-H, Lee J-H, Kim J-W, Cho JH, Choi Y-H, Ko S-H, et al. Epidemic obesity and type 2 diabetes in Asia. The Lancet. 2006;368(9548):1681-8.
18. Aekplakorn W, Mo-Suwan L. Prevalence of obesity in Thailand. Obes Rev. 2009;10(6):589-92.
19. Thailand DAo. Diabetes statistic Bangkok: Diabetes Association of Thailand; 2013 [cited 2015 October, 27]. Available from: http://www.diabassocthai.org/.

20. Pitayatienanan P, Butchon R, Yothasamut J, Aekplakorn W, Teerawattananon Y, Suksomboon N, et al. Economic costs of obesity in Thailand a retrospectrive cost-of-illness study. BMC Health Services Research. 2014;14(146).
21. Department NM. Strategic Plan of the Naval Medical Department from 2016 to 2020: Naval Medical Department; 2015 [cited 2016 March, 2nd]. Available from: http://www.nmd.go.th/new/.
22. Devision of Preventive Medicine AH. The health examination report of the Naval Officers in the East in the fiscal year 2016. Sattahip, Chonburi; 2015.
23. Al Ghobain M. The effect of obesity on spirometry tests among healthy non-smoking adults. BMC Pulm Med. 2012;12:10.
24. Deusitiger SS, Deusinger RH, Racette SB. The obesity epidemic Health consequences and implications for physical therapy. APTA Continuing Education Series. 2004;31:82-104.
25. Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. Prog Cardiovasc Dis. 2014;56(4):382-90.
26. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. J Appl Physiol (1985). 2010;108(1):206-11.
27. Dreher M, Kabitz HJ. Impact of obesity on exercise performance and pulmonary rehabilitation. Respirology. 2012;17(6):899-907.
28. Arena R, Cahalin LP. Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population. Prog Cardiovasc Dis. 2014;56(4):457-64.
29. Attaur-Rasool S, Shirwany TA. Body mass index and dynamic lung volumes in office workers. Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan. 2012;22(3):163-7.
30. D'Ávila Melo SM, de Melo VA, de Menezes Filho RS, Santos FA. Effects of progressive increase in body weight on lung function in six groups of body mass index. Revista da Associação Médica Brasileira (English Edition). 2011;57(5):499-505.
31. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. Chest. 2006;130(3):827-33.

32. Chen WL, Wang CC, Wu LW, Kao TW, Chan JY, Chen YJ, et al. Relationship between lung function and metabolic syndrome. PLoS One. 2014;9(10):e108989.
33. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. Eur Respir J. 2005;26(5):948-68.
34. Dancer R, Thickett D. Pulmonary function tests. Medicine. 2012;40(4):186-9.
35. Plowman SA, DL S. Exercise physiology for health, fitness, and performance. Philadephia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
36. Sood A. Altered resting and exercise respiratory physiology in obesity. Clin Chest Med. 2009;30(3):445-54, vii.
37. Radovanovic S, Kocic S, Gajovic G, Radevic S, Milosavljevic M, Niciforovic J. The impact of body weight on aerobic capacity. Med Gias (Zenica). 2014;11(1):204-9.
38. Pandey K, Singh V, Upadhyay AK, Shukla AD, Asthana AB, Kumar D. Effect of BMI on maximum oxygen uptake of high risk individuals in a population of eastern Uttar Pradesh. Indian Journal of Community Health. 2014;26(1):20-4.
39. Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, Ard JD, Comuzzie AG, Donato KA, et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. J Am Coll Cardiol. 2014;63(25 Pt B):2985-3023.
40. Millen BE, Wolongevicz DM, Nonas CA, Lichtenstein AH. 2013 American Heart Association/American College of Cardiology/the Obesity Society Guideline for the Management of Overweight and Obesity in Adults: implications and new opportunities for registered dietitian nutritionists. J Acad Nutr Diet. 2014;114(11):1730-5.
41. Lau PW, Wong del P, Ngo JK, Liang Y, Kim CG, Kim HS. Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. Eur J Sport Sci. 2015;15(2):182-90.
42. Zuniga JM, Berg K, Noble J, Harder J, Chaffin ME, Hanumanthu VS. Physiological responses during interval training with different intensities and duration of exercise. Journal of Strength and Conditioning Research. 2011;25(5):1279-84.

43. Hwang CL, Wu YT, Chou CH. Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardiometabolic disorders: a meta-analysis. J Cardiopulm Rehabil Prev. 2011;31(6):378-85.
44. Quinn TJ, Sedory DR, Fisher BS. Physiological Effects of Deep Water Running following a Land-Based Training Program. RQES. 1994;65(4):386-9.
45. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 7th edition. 7 ed. Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM, Armstrong LE, editors. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. 366 p.
46. Becker BE. Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. PM&R. 2009;1(9):859-72.
47. Meredith-Jones K, Waters D, Legge M, Jones L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review. Complement Ther Med. 2011;19(2):93-103.
48. Boidin M, Lapierre G, Paquette Tanir L, Nigam A, Juneau M, Guilbeault V, et al. Effect of aquatic interval training with Mediterranean diet counseling in obese patients: results of a preliminary study. Ann Phys Rehabil Med. 2015;58(5):269-75.
49. Martin-Rodriguez E, Guillen-Grima F, Marti A, Brugos-Larumbe A. Comorbidity associated with obesity in a large population: The APNA study. Obes Res Clin Pract. 2015;9(5):435-47.
50. Schelbert KB. Comorbidities of obesity. Prim Care Clin Office Pract. 2009;36:271-85.
51. Rabec C, de Lucas Ramos P, Veale D. Respiratory Complications of Obesity. Archivos de Bronconeumología (English Edition). 2011;47(5):252-61.
52. Tageldin MA. Obesity and lung health. Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis. 2013;62(3):357-61.
53. O'Donnell DE, Ciavaglia CE, Neder JA. When obesity and chronic obstructive pulmonary disease collide. Physiological and clinical consequences. Ann Am Thorac Soc. 2014;11(4):635-44.
54. Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered respiratory physiology in obesity. Can Respir J 2006;13(4):203-10.

55. Canoy D, Luben R, Welch A, Bingham S, Wareham N, Day N, et al. Abdominal Obesity and Respiratory Function in Men and Women in the EPIC-Norfolk Study, United Kingdom. Am J Epidemio. 2004;159(12):1140-9.
56. Wood RE, Hills AP, Hunter GR, King NA, Byrne NM. VO2max in overweight and obese adults: Do they meet the threshold criteria? Med Sci Sports Exerc. 2010;42(3):470-7.
57. Bassett DR, JR., Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc. 2000;32(1):70-84.
58. Yu R, Yau F, Ho S, Woo J. Cardiorespiratory fitness and its association with body composition and physical activity in Hong Kong Chinese women aged from 55 to 94 years. Maturitas. 2011;69(4):348-53.
59. Archer E, Blair SN. Physical activity and the prevention of cardiovascular disease: from evolution to epidemiology. Prog Cardiovasc Dis. 2011;53(6):387-96.
60. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescripton 9th edition. 9 ed. Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson PD, editors. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. 482 p.
61. Lee DC, Artero EG, Sui X, Blair SN. Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. Journal of psychopharmacology. 2010;24(4 Suppl):27-35.
62. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women a meta-analysis. JAMA. 2009;301(19).
63. Artero EG, Jackson AS, Sui X, Lee DC, O'Connor DP, Lavie CJ, et al. Longitudinal algorithms to estimate cardiorespiratory fitness: associations with nonfatal cardiovascular disease and disease-specific mortality. J Am Coll Cardiol. 2014;63(21):2289-96.
64. Ross LM, Porter RR, Durstine JL. High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases—R1. Journal of Sport and Health Science. 2016;2016(281):1-6.

65. Sawyer B. Effects of 8 weeks of high-intensity interval training on blood glucose regulation, entdothelial function, and visceral fat in obese adults. ProQuest Dissertations Publishing. 2013;2013:1-178.
66. Trilk JL, Singhal A, Bigelman KA, Cureton KJ. Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweightobese women. Eur J Appl Physiol. 2011;2011(111):1591-7.
67. Wisløff U, Ellingsen K, Kemi OJ. High-Intensity Interval Training to Maximize Cardiac Benefits of Wxercise Training. Exerc Sport Sci Rev. 2009;37(3):139-46.
68. Helgerud J, Hkydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO2max More Than Moderate Training. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(4):665-71.
69. Reilly T, Dowzer CN, Cable NT. The physiology of deep-water running. J Sports Sci. 2003;21(12):959-72.
70. Stickland MK, Butcher SJ, Marciniuk DD, Bhutani M. Assessing exercise limitation using cardiopulmonary exercise testing. Pulm Med. 2012;2012:824091.
71. American Thoracic S, American College of Chest P. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med. 2003;167(2):211-77.
72. Lindsay AR, Hongu N, Spears K, Idris R, Dyrek A, Manore MM. Field assessments for obesity prevention in children and adults: physical activity, fitness, and body composition. J Nutr Educ Behav. 2014;46(1):43-53.
73. ATS. ATS Statement Guidelines for the Six-Minute Walk Test. Am J Respir Crit Care Med. 2002;166(1):111-7.
74. Larsson UE, Reynisdottir S. The six-minute walk test in outpatients with obesity: reproducibility and known group validity. Physiother Res Int. 2008;13(2):84-93.
75. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE. 1982;14(5):377-81.
76. Ross RM, Murthy JN, Wollak ID, Jackson AS. The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. BMC Pulm Med. 2010;10:31.
77. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, del Campo F, Galdiz JB, et al. Spirometry. Archivos de Bronconeumología (English Edition). 2013;49(9):388-401.

78. Al-Ashkar F, Mehra R, Mazzone PJ. Interpreting pulmonary function tests recognize the pattern and the diagnosis will follow. Cleveland Clinic Journal of Medicine. 2003;70(10):866-81.
79. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J. 2005;26(2):319-38.
80. Laszlo G. Pulmonary function tests: a brief guide. Medicine. 2003;31(11):18-24.
81. Hubble S, Macnaughton P. Tests of pulmonary function. The Foundation Years. 2005;1(1):35-9.
82. Hughes JMB. Pulmonary function: the basics. Medicine. 2008;36(3):142-50.
83. Barr RG, Stemple KJ, Mesia-Vela S, Basner RC, Derk S, Henneberger P, et al. Reproducibility and Validity of a Handheld Spirometer. Respir Care. 2008;53(4):433-41.
84. Beechy L, Galpern J, Petrone A, Das SK. Assessment tools in obesity - psychological measures, diet, activity, and body composition. Physiol Behav. 2012;107(1):154-71.
85. Formiguera X, Canton A. Obesity: epidemiology and clinical aspects. Best Pract Res Clin Gastroenterol. 2004;18(6):1125-46.
86. Anuurad E, Shiwaku K, Nogi A, Kitajima K, Enkhmaa B, Shimono K, et al. The New BMI Criteria for Asians by the Regional Office for the Western Pacific Region of WHO are Suitable for Screening of Overweight to Prevent Metabolic Syndrome in Elder Japanese Workers. J Occup Health 2003. 2003;45.
87. Shetterly SM, Marshall JA, Baxter J, Hamman RF. Waist-Hip Ratio Measurement Location Influences Associations with Measures of Glucose and Lipid Metabolism The San Luis Valley Diabetes Study. AEP. 1993;3(3):295-9.
88. Czernichow S, Kengne AP, Stamatakis E, Hamer M, Batty GD. Body mass index, waist circumference and waist-hip ratio: Which is the better discriminator of cardiovascular disease mortality risk?: Evidence from an individual-participant meta-analysis of 82 864 participants from nine cohort studies. Obes Rev. 2011;12(9):680-7.
89. Seidell JC. Waist circumference and waist/hip ratio in relation to all-cause mortality, cancer and sleep apnea. Eur J Clin Nutr. 2010;64(1):35-41.

90. Pischon T, Boeing H, Hoffmann K, Bergmann M, Schulze MB, Overvad K, et al. General and Abdominal Adiposity and Risk of Death in Europe. N Engl J Med 2008;359(20):2105-20.
91. Harik-Khan RI, Wise RA, Fleg JL. The effect of gender on the relationship between body fat distribution and lung function. Journal of Clinical Epidemiology. 2001;54(2001):399-406.
92. Janssen J, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedence analysis. J Appl Physiol. 2000;89.
93. Kolter DP, Burastero S, Wang J, Pierson Jr RN. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedence analysis effects of race, sex, and disease. Am J Clin Nutr. 1996;64.
94. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, et al. Bioelectric impedance analysis part I review of principles and methods. Clinical Nutrition. 2004;23:1226-43.
95. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. Clin Nutr. 2004;23(6):1430-53.
96. Kolotkin RL, Meter K, Williams GR. Quality of life in obesity. obesity reviews. 2001;2:219-29.
97. Duval K, Marceau P, Perusse L, Lacasse Y. An overview of obesity-specific quality of life questionnaires. Obes Rev. 2006;7(4):347-60.
98. Patrick DL. Obesity and Weight-Loss Quality of Life Instrument (OWLQOL) & the Weight-Related Symptom Measure (WRSM) Seattle, Washinton: University of Washinton; 2011 [cited 2016 April, 23]. Available from: http://depts.washington.edu/seaqol/OWLQOLWRSM.
99. Patrick DL, Bushnell DM, Rothman M. Performance of two self-report measures for evaluating obesity and weight loss. Obes Res. 2004;12(1):48–57.
100. Baecke JAH, Burema J, Frijters JER. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological syudies. Am J Clin Nutr. 1982;36:936-42.

101. Jalayondeja C, Jalayondeja W, Vachalathiti R, Bovonsunthonchai S, Sakulsriprasert P, Kaewkhuntee W, et al. Cross-Cultural Adaptation of the Compendium of Physical Activity: Thai Translation and Content Validity. J Med Assoc Thai. 2015;98 Suppl 5:S53-9.
102. Raffaelli C, Zamparo P, Lanza M, Zanolla L. Exercise intensity of head-out water-based activities (water fitness). Eur J Appl Physiol. 2010;109(2010):829-38.
103. McAuley PA, Beavers KM. Contribution of cardiorespiratory fitness to the obesity paradox. Prog Cardiovasc Dis. 2014;56(4):434-40.
104. Broman G, Quintana M, Lindberg T, Jansson E, Kaijser L. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. Eur J Appl Physiol. 2006(98):117–23.
105. Ciolac EG. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? Am J Cardiovasc Dis. 2012;2(2):102-10.
106. Guessogo WR, Temfemo A, Mandengue SH, Assomo Ndemba PB, Messina Ondoua RT, Hamadou A, et al. Effect of 24-week repeated short-time walking based training program on physical fitness of black Cameroonian obese women. J Exerc Rehabil. 2016;12(2):90-8.
107. Steier J, Lunt A, Hart N, Polkey MI, Moxham J. Observational study of the effect of obesity on lung volumes. Thorax. 2014;69(8):752-9.
108. Ide MR, Belini MAV, Caromano FA. Effects of an aquatic versus non aquatic respiratory exercise program on the respiratory muscle strength in healthy aged persons. CLINICS. 2005;60(2):151-8.
109. Jung J, Chung E, Kim K, Lee BH, Lee J. The effects of aquatic exercise on pulmonary function in patients with spinal cord injury. J Phys Ther Sci. 2014;26: 707–9.
110. Jones PW, Beeh KM, Chapman KR, Decramer M, Mahler DA, Wedzicha JA. Minimal clinically important differences in pharmacological trials. Am J Respir Crit Care Med. 2014;189(3):250-5.
111. Donohue JF. Minimal clinically important differences in COPD lung function. Copd. 2005;2(1):111-24.

112. Lopera CA, da Silva DF, Bianchini JA, Locateli JC, Moreira AC, Dada RP, et al. Effect of water- versus land-based exercise training as a component of a multidisciplinary intervention program for overweight and obese adolescents. Physiol Behav. 2016;165:365-73.
113. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance. 8 ed. Philadelphia: Wolers Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins, Cop.; 2015. 1028 p.
114. Lee BA, Oh DJ. The effects of aquatic exercise on body composition, physical fitness, and vascular compliance of obese elementary students. J Exerc Rehabil. 2014;10(3):184-90.
115. Greene NP, Lambert BS, Greene ES, Carbuhn AF, Green JS, Crouse SF. Comparative efficacy of water and land treadmill training for overweight or obese adults. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(9):1808-15.
116. Patrick DL, Bushnell DM. OWLQOL and WRSM User's Manual and Scoring Guide. Seattlie, Washington: University of Washington; 2013. 52 p.
117. Enright PL, Sherrill DL. Reference Equations for the Six-Minute Walk in Healthy Adults. AM J RESPIR CRIT CARE MED. 1998;158:1384–7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX A

CERTIFICATE OF APPROVAL

Ethical approval granted by the Ethical Review Committee for Research Involving Human Subjects and/or Use of Animal in Research, Health Science Group of Faculties and Institutes, Chulalongkorn University, Thailand.

AF 02-12

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Health Sciences Group, Chulalongkorn University
Jamjuree 1 Building, 2nd Floor, Phyathai Rd., Patumwan district, Bangkok 10330, Thailand.
Tel/Fax: 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 139/2016

Certificate of Approval

Study Title No. 090.1/59 : EFFECTS OF AQUATIC INTERVAL TRAINING ON MAXIMAL OXYGEN UPTAKE, LUNG VOLUMES, BODY COMPOSITION AND QUALITY OF LIFE IN OBESITY

Principal Investigator : Lt.JG. CHOTIROT SUKKEE

Place of Proposed Study/Institution : Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Health Sciences Group, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with the International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP).

Signature: ..... Signature: .....
(Associate Professor Prida Tasanapradit, M.D.) (Assistant Professor Numaree Chaichanawongsaroj, Ph.D.)
Chairman Secretary

Date of Approval : 1 August 2016 Approval Expire date : 31 July 2017

The approval documents including

1) Research proposal
2) Patient/Participant Information Sheet and Informed Consent Form
3) Researcher
4) Questionnaire

Protocol No. 090.1/59
Date of Approval 1 AUG 2016
Approval Expire Date 31 JUL 2017

The approved investigator must comply with the following conditions:

1. *The research/project activities must end on the approval expired date of the Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Health Sciences Group, Chulalongkorn University (RECCU). In case the research/project is unable to complete within that date, the project extension can be applied one month prior to the RECCU approval expired date.*
2. *Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.*
3. *Using only the documents that bearing the RECCU's seal of approval with the subjects/volunteers (including subject information sheet, consent form, invitation letter for project/research participation (if available).*
4. *Report to the RECCU for any serious adverse events within 5 working days.*
5. *Report to the RECCU for any change of the research/project activities prior to conduct the activities.*
6. *Final report (AF 03-12) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project. For thesis, abstract is required and report within 30 days after the completion of the research/project.*
7. *Annual progress report is needed for a two- year (or more) research/project and submit the progress report before the expire date of certificate. After the completion of the research/project processes as No. 6.*

APPENDIX B

SCREENING QUESTIONNAIRE

โครงงานวิจัยเรื่อง

(ภาษาไทย) ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

(ภาษาอังกฤษ) Effects of Aquatic Interval Training on Peak Oxygen Uptake, Lung Volumes, Body Composition and Quality of Life in Obesity

<u>แบบคัดกรองอาสาสมัคร</u>

<u>ส่วนที่ 1</u> กรุณากรอกข้อมูลของท่านลงในช่องว่าง

ชื่อ-สกุล_____

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง อายุ_____ปี

ส่วนสูง_____เซนติเมตร น้ำหนัก_____กิโลกรัม

ดัชนีมวลกาย_____กิโลกรัม/เมตร^2

โรคประจำตัว _____

ยาที่ใช้เป็นประจำ ☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ_____

<u>ส่วนที่ 2</u> กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อมูลของท่านมากที่สุด

	ใช่	ไม่ใช่	
1.	☐	☐	ท่านทำกิจกรรมระดับหนักปานกลาง (กิจกรรมที่ต้องออกแรง/ออกกำลังพอประมาณและทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยกว่าปกติพอควร โดยหายใจแรงกว่าปกติเล็กน้อย) น้อยกว่า 30 นาที อย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์ ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา

โปรดพลิก

<u>ส่วนที่ 2</u> (ต่อ)

	ใช่	ไม่ใช่	
2.	☐	☐	ท่านมีอาการของโรคหลอดเลือดหัวใจ หรือมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก หรือได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหัวใจจากแพทย์
3.	☐	☐	ท่านเป็นโรคเมตตาบอลิซึมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้
4.	☐	☐	ท่านเป็นโรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ มีความดันโลหิตขณะพักมากกว่า 180/110 มิลลิเมตรปรอท
5.	☐	☐	ท่านมีประวัติความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการยืนและเดิน เช่น กระดูกขาหัก โรคข้อต่ออักเสบ ฯลฯ
6.	☐	☐	ท่านมีประวัติการเจ็บป่วยอื่น ๆ ที่รุนแรง เช่น โรคมะเร็ง โรคไตวาย ฯลฯ
7.	☐	☐	ท่านได้เข้าร่วมในงานวิจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากงานวิจัยนี้
8.	☐	☐	ท่านออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมระดับหนัก (กิจกรรมที่ต้องออกแรง/ออกกำลังมากและทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยกว่าปกติมาก โดยหายใจแรงและเร็ว) เป็นประจำในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา
9.	☐	☐	ท่านสูบบุหรี่ หรือทำงานในสภาวะแวดล้อมที่เต็มไปด้วยควันหรือฝุ่นละออง
10.	☐	☐	ท่านสามารถว่ายน้ำได้

Chulalongkorn University

สรุปผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

☐ ผ่านเกณฑ์ ☐ ไม่ผ่านเกณฑ์

APPENDIX C

BAECKE HABITUAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE

<u>แบบสอบถามกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ</u> (Habitual Physical Activity) หมายเลข.....

กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงใน ☐ ที่ตรงกับกิจกรรมที่ท่านทำมากที่สุด

1. อาชีพหลักของท่าน คือ.....

2. ขณะทำงาน ท่านนั่งบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ ตลอดเวลา

☐ บางครั้ง

3. ขณะทำงาน ท่านยืนบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ ตลอดเวลา

☐ บางครั้ง

4. ขณะทำงาน ท่านเดินบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ ตลอดเวลา

☐ บางครั้ง

5. ขณะทำงาน ท่านยกของหนักบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ ตลอดเวลา

☐ บางครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. หลังเลิกงาน ท่านรู้สึกเหนื่อยบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ ตลอดเวลา

☐ บางครั้ง

7. ขณะทำงาน ท่านมีเหงื่อออกบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ ตลอดเวลา

☐ บางครั้ง

8. เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่อายุเท่ากับท่าน ท่านคิดว่างานที่ท่านทำหนักหรือเบากว่าแค่ไหน?

☐ หนักกว่ามาก ☐ เบากว่า ☐

☐ หนักกว่า ☐ เบากว่ามาก

☐ หนักเท่ากัน

9. ท่านเล่นกีฬาหรือไม่?

☐ เล่น ☐ ไม่เล่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ถ้าเล่น</u>

- กีฬาที่ท่านเล่นบ่อยที่สุด คือ.....

- ท่านเล่นกีฬากี่ชั่วโมงต่อสัปดาห์?

☐ น้อยกว่า 1 ชม. ☐ 3 - 4 ชม. ☐

☐ 1 - 2 ชม. ☐ มากกว่า 4 ชม.

☐ 2 - 3 ชม.

- ท่านเล่นกีฬากี่เดือนต่อปี?

☐ น้อยกว่า 1 เดือน ☐ 7 - 9 เดือน ☐

☐ 1 - 3 เดือน ☐ มากกว่า 9 เดือน

☐ 4 - 6 เดือน

<u>ถ้าท่านมีกีฬาอื่นที่เล่นรองลงมา</u>

- กีฬาที่ท่านเล่นบ่อยรองลงมา คือ.....

- ท่านเล่นกีฬากี่ชั่วโมงต่อสัปดาห์?

☐ น้อยกว่า 1 ชม. ☐ 3 - 4 ชม. ☐

☐ 1 - 2 ชม. ☐ มากกว่า 4 ชม.

☐ 2 - 3 ชม.

- ท่านเล่นกีฬากี่เดือนต่อปี?

☐ น้อยกว่า 1 เดือน ☐ 7 - 9 เดือน ☐

☐ 1 - 3 เดือน ☐ มากกว่า 9 เดือน

☐ 4 - 6 เดือน

10. เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่อายุเท่ากับท่าน ท่านคิดว่างานที่ท่านทำในเวลาว่างมากหรือน้อยกว่าแค่ไหน?

☐ มากกว่ามาก ☐ น้อยกว่า ☐

☐ มากกว่า ☐ น้อยกว่ามาก

☐ เท่ากัน

11. ในเวลาว่าง ท่านมีเหงื่อออกบ่อยแค่ไหน?

☐ บ่อยมาก ☐ นาน ๆ ครั้ง ☐

☐ บ่อย ☐ ไม่เคย

☐ บางครั้ง

12. ในเวลาว่าง ท่านเล่นกีฬาบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ บ่อยมาก

☐ บางครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. ในเวลาว่าง ท่านดูโทรทัศน์บ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ บ่อยมาก

☐ บางครั้ง

14. ในเวลาว่าง ท่านเดินบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ บ่อยมาก

☐ บางครั้ง

15. ในเวลาว่าง ท่านปั่นจักรยานบ่อยแค่ไหน?

☐ ไม่เคย ☐ บ่อย ☐

☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ บ่อยมาก

☐ บางครั้ง

16. ท่านใช้เวลากี่นาทีต่อวัน ในการเดินและ/หรือปั่นจักรยาน เพื่อไปและกลับจากที่ทำงานโรงเรียน และซื้อของ?

☐ น้อยกว่า 5 นาที ☐ 30 - 45 นาที ☐

☐ 5 - 15 นาที ☐ มากกว่า 45 นาที

☐ 15 - 30 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณคะแนนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

การทำงาน = [(1).....+(6-(2).....)+(3).....+(4).....+(5).....+(6).....+(7).....+(8).....]/8 = ...

การออกกำลังกาย = [(9).....+(10).....+(11).....+(12).....]/4 = ...

เวลาว่าง = [(6-(13).....)+(14).....+(15).....+(16).....]/4 = ...

คะแนนรวม = ...

Activity level:

Sedentary subject = scores below 6

Active subject = scores 6 – 8

Athletic subject = scores above 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง

1. Baecke JAH, Burema J, Frijters JER. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological syudies. Am J Clin Nutr. 1982; 36: 936-42.
2. Jalayondeja C, Jalayondeja W, Vachalathiti R, Bovonsunthonchai S, Sakulsriprasert P, Kaewkhuntee W, et al. Cross-Cultural Adaptation of the Compendium of Physical Activity: Thai Translation and Content Validity. J Med Assoc Thai. 2015; 98 Suppl 5:S53-9.

APPENDIX D

SCREENING INFORMATION SHEET FOR THE CONTROL GROUP

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยกลุ่มที่ 1

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

ชื่อผู้วิจัย เรือเอกหญิง โชติรส สุขขี

ตำแหน่ง นิสิตหลักสูตรวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด แขนงวิชากายภาพบำบัดทางระบบทางเดินหายใจและหัวใจ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

ที่ทำงาน 1 ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

ที่ทำงาน 2 งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ 163 หมู่ 1 ถนนสุขุมวิท ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180

ที่บ้าน 195 ถนนเลียบคลองสอง ซอยคู้บอน 40 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510

โทรศัพท์มือถือ 081 399 1447

E-mail chotirot_k@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวัดผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน ซึ่งคุณภาพชีวิตของ

คนอ้วนในงานวิจัยนี้หมายถึง ภาวะสุขภาพโดยรวมและอาการต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัวและการลดน้ำหนัก

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวัดผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

- ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
  - เกณฑ์การคัดเข้า
    - คนอ้วนเพศชายและหญิงที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร [น้ำหนักตัว (กก.)/ ส่วนสูง^2 (ม.^{2})] โดยแบ่งระดับความอ้วนจากดัชนีมวลกายตามเกณฑ์ของคนเอเชีย
    - อายุระหว่าง 25 ถึง 55 ปี
    - ผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ หมายถึง ผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมระดับหนักปานกลางอย่างน้อย 30 นาที อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน
  - เกณฑ์การคัดออก
    - มีประวัติได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ หรือโรคหลอดเลือดบริเวณปอด เช่น โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โรคเส้นเลือดที่ปอดอุดตัน เป็นต้น
    - โรคทางเมตาบอลิซึมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ เป็นต้น
    - โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยความดันโลหิตขณะพักมากกว่า 180/110 มิลลิเมตรปรอท
    - โรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการออกกำลังกาย
    - อาการเจ็บป่วยรุนแรง เช่น โรคมะเร็ง เป็นต้น
    - เข้าร่วมในการศึกษาวิจัยอื่น ๆ ทุกประเภท

- ออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมระดับหนัก (กิจกรรมที่ต้องออกแรง/ออกกำลังมากและทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยกว่าปกติมาก โดยหายใจแรงและเร็ว) เป็นประจำในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา
- สูบบุหรี่หรือทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองและมลภาวะ
- ไม่สามารถทำกิจกรรมในน้ำได้มากกว่า 60 นาทีต่อครั้ง

- มีจำนวนทั้งหมด 20 คน
- วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยใช้การเชิญชวนท่านด้วยป้ายประกาศ และวาจา
- เหตุผลที่ได้รับเชิญเข้าร่วมโครงการวิจัย เนื่องจากท่านมีคุณสมบัติตรงตามคุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย และผ่านเกณฑ์การคัดเข้า และเกณฑ์การคัดออกทุกประการ
- การแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้จะแบ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยวิธีการสุ่มแบบบล็อก โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมจำนวน 10 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 10 คน

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

5.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยกรอกแบบคัดกรองจำนวน 1 ชุด มีทั้งหมด 16 ข้อ ใช้เวลาในการกรอกแบบคัดกรองประมาณ 5 นาที และแบบสอบถามจำนวน 1 ชุด คือแบบสอบถามวัดระดับกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ มีจำนวน 22 ข้อ ใช้เวลาในการกรอกแบบสอบถามประมาณ 10-15 นาที

5.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับฟังคำแนะนำเกี่ยวกับข้อปฏิบัติตัวก่อนเข้ารับการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิต พร้อมทั้งจะได้รับการนัดหมายวัน เวลา และสถานที่ในการทดสอบ

5.3 ข้อปฏิบัติและการเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1) สวมใส่เสื้อผ้าสำหรับการออกกำลังกาย สวมรองเท้าที่เหมาะกับการเดิน หรือรองเท้าผ้าใบ

2) รับประทานอาหารมาแล้วอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ

3) งดการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และกาแฟอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ

4) งดการทำกิจกรรมระดับหนัก (กิจกรรมที่ต้องออกแรง/ออกกำลังมากและทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยกว่าปกติมาก โดยหายใจแรงและเร็ว) อย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ

5.4 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการทดสอบทั้งหมด 4 อย่าง ซึ่งการทดสอบแต่ละอย่างจะทำการทดสอบ 2 ครั้งคือ ก่อนเข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกาย และหลังรับโปรแกรมการออกกำลังกาย 6 สัปดาห์ ทั้งนี้การทดสอบทั้ง 4 อย่างประกอบด้วย

1) การวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทดสอบด้วยการเดินจับเวลา 6 นาที โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกขอให้ติดอุปกรณ์การวัดความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรที่ปลายนิ้วมือข้างใดข้างหนึ่ง และได้รับการวัดความดันโลหิตทั้งหมด 3 ครั้งคือ ก่อนเดิน สิ้นสุดการเดินทันที และสิ้นสุดการเดินแล้ว 3 นาที ขณะทำการทดสอบท่านจะถูกขอให้เดินบนพื้นราบระยะทาง 30 เมตร โดยเดินไปกลับอ้อมกรวยที่ตั้งไว้ให้เร็วที่สุดเท่าที่ท่านทำได้ภายในระยะเวลาเวลา 6 นาที หากท่านรู้สึกเหนื่อย อาจเดินช้าลงหรือหยุดพักชั่วครู่ได้ แต่ท่านต้องกลับมาเดินต่อให้เร็วที่สุดเท่าที่ท่านทำได้เมื่อมีอาการดีขึ้น ระดับชีพจร ระดับอาการเหนื่อยและความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรของท่านจะถูกบันทึกไว้ทุก ๆ 1 นาที นอกจากนี้ท่านจะถูกขอให้งดพูดคุยกับบุคคลอื่นยกเว้นผู้ช่วยวิจัย การทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

2) การวัดปริมาตรปอด ทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป่าลมหายใจออกผ่านเครื่อง handheld electronic spirometer ขณะทดสอบท่านจะถูกขอให้หายใจเข้าให้ลึกที่สุดและหายใจออกทางปากให้แรงที่สุดและนานที่สุดเท่าที่ท่านทำได้ผ่านเครื่อง spirometer โดยเป่าทั้งหมด 3 ครั้ง พักระหว่างการเป่าแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 นาที ท่านจะถูกขอให้ติดที่หนีบจมูกไว้ขณะทำการเป่าเครื่อง spirometer เพื่อป้องกันลมหายใจออกทางจมูก การทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

3) การวัดสัดส่วนของร่างกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการวัดรอบเอวและรอบสะโพกโดยใช้สายวัด และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายด้วยเครื่อง bioelectrical impedance analysis (BIA) ขณะทดสอบท่านจะถูกขอให้ยืนเท้าเปล่าบนเครื่อง BIA เป็นเวลา 2 นาที เพื่อวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย การทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

4) การวัดคุณภาพชีวิตในคนอ้วน ประเมินโดยใช้แบบสอบถาม Weight Related Symptom Measure (WRSM) และแบบสอบถาม Obesity and Weight Loss Quality of Life (OWLQOL) ร่วมกัน โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้กรอกแบบสอบถามด้วยตนเอง ซึ่งแบบสอบถาม WRSM มีจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 5-7 นาที และแบบสอบถาม OWLQOL มีจำนวน 17 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 5-7 นาที

การทดสอบในข้อที่ 1-3 ทำโดยนักกายภาพบำบัดที่เป็นผู้ช่วยวิจัยซึ่งจะไม่ทราบข้อมูลว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในกลุ่มใด และสถานที่ในการทดสอบคือ แผนกกายภาพบำบัด รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี

5.5 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการสอนท่ายืดกล้ามเนื้อ โดยให้ท่านทำท่ายืดกล้ามเนื้อที่บ้านด้วยตนเอง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ท่านจะถูกขอให้ทำกิจวัตรประจำวันเหมือนเดิม งดเว้นการออกกำลังกายเพิ่มเติมจากกิจวัตรเดิมที่ท่านเคยทำอยู่ และรับประทานอาหารในปริมาณเท่าเดิมตลอดระยะเวลาที่เข้าร่วมการวิจัยนี้ (6 สัปดาห์)

5.6 เมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย 6 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตอีกครั้ง และจะได้รับการแจ้งผลการทดสอบภายใน 1-2 สัปดาห์หลังจากสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลาย

6. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายกระบวนการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย รวมถึงตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย

7. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยนั้น จะทำการคัดกรองตามคุณสมบัติเกณฑ์การคัดเข้า/ออก ที่แผนกกายภาพบำบัด รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการคัดกรอง หากพบว่าท่านไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และหรืออยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบและให้คำแนะนำเพื่อลดภาวะความผิดปกติดังกล่าว

การใช้ข้อมูลเวชระเบียนของท่านเพื่อการคัดกรองจะใช้หลังจากได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการโรงพยาบาล และข้อมูลเวชระเบียนของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ

8. ในการวิจัยครั้งนี้ท่านอาจมีอาการตึงบริเวณกล้ามเนื้อที่ถูกยืด โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถหยุดออกกำลังกาย และถอนตัวจากการวิจัยได้ทันที ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและให้การรักษาทางกายภาพบำบัดเพื่อลดอาการตึงหรือเมื่อยล้า

9. ประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ การออกกำลังกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และช่วยลดอาการตึงของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานได้

10. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะโดยไม่ต้องให้เหตุผลและจะไม่ส่งผลกระทบต่อการดูแลรักษาที่ท่านได้รับ

11. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

12. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

13. ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับค่าชดเชยการเสียเวลาครั้งละ 250 บาท เป็นจำนวน 2 ครั้ง โดยค่าชดเชยนั้นจะได้รับเมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย หากเข้าร่วมไม่ครบจะได้รับในครั้งที่มาเข้าร่วม

14. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX E

SCREENING INFORMATION SHEET FOR THE EXPERIMENTAL GROUP

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยกลุ่มที่ 2

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

ชื่อผู้วิจัย เรือเอกหญิง โชติรส สุขขี

ตำแหน่ง นิสิตหลักสูตรวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด แขนงวิชากายภาพบำบัดทางระบบทางเดินหายใจและหัวใจ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

ที่ทำงาน 1 ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

ที่ทำงาน 2 งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์
163 หมู่ 1 ถนนสุขุมวิท ตำบลพลูตาหลวง
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180

ที่บ้าน 195 ถนนเลียบคลองสอง ซอยคู้บอน 40 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา
กรุงเทพฯ 10510

โทรศัพท์มือถือ 081 399 1447

E-mail chotirot_k@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวัดผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน ซึ่งคุณภาพชีวิตของ

คนอ้วนในงานวิจัยนี้หมายถึง ภาวะสุขภาพโดยรวมและอาการต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัวและการลดน้ำหนัก

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อวัดผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

- ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
    - เกณฑ์การคัดเข้า
    - คนอ้วนเพศชายและหญิงที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร [น้ำหนักตัว (กก.)/ ส่วนสูง^2 (ม.^{2})] โดยแบ่งระดับความอ้วนจากดัชนีมวลกายตามเกณฑ์ของคนเอเชีย
    - อายุระหว่าง 25 ถึง 55 ปี
    - ผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ หมายถึง ผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมระดับหนักปานกลางอย่างน้อย 30 นาที อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน
    - เกณฑ์การคัดออก
    - มีประวัติได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ หรือโรคหลอดเลือดบริเวณปอด เช่น โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โรคเส้นเลือดที่ปอดอุดตัน เป็นต้น
    - โรคทางเมตาบอลิซึมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ เป็นต้น
    - โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยความดันโลหิตขณะพักมากกว่า 180/110 มิลลิเมตรปรอท
    - โรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการออกกำลังกาย
    - อาการเจ็บป่วยรุนแรง เช่น โรคมะเร็ง เป็นต้น
    - เข้าร่วมในการศึกษาวิจัยอื่น ๆ ทุกประเภท
    - ออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมระดับหนัก (กิจกรรมที่ต้องออกแรง/ออกกำลังมากและทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยกว่าปกติมาก โดยหายใจแรงและเร็ว) เป็นประจำในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา
    - สูบบุหรี่หรือทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองและมลภาวะ
    - ไม่สามารถทำกิจกรรมในน้ำได้มากกว่า 60 นาที

- มีจำนวนทั้งหมด 20 คน
- วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยใช้การเชิญชวนท่านด้วยป้ายประกาศ และวาจา
- เหตุผลที่ได้รับเชิญเข้าร่วมโครงการวิจัย เนื่องจากท่านมีคุณสมบัติตรงตามคุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย และผ่านเกณฑ์การคัดเข้า และเกณฑ์การคัดออกทุกประการ
- การแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้จะแบ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยวิธีการสุ่มแบบบล็อก โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมจำนวน 10 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 10 คน

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

5.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยกรอกแบบคัดกรองจำนวน 1 ชุด มีทั้งหมด 16 ข้อ ใช้เวลาในการกรอกแบบคัดกรองประมาณ 5 นาที และแบบสอบถามจำนวน 1 ชุด คือแบบสอบถามวัดระดับกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ มีจำนวน 22 ข้อ ใช้เวลาในการกรอกแบบสอบถามประมาณ 10-15 นาที

5.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับฟังคำแนะนำเกี่ยวกับข้อปฏิบัติตัวก่อนเข้ารับการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิต พร้อมทั้งจะได้รับการนัดหมายวัน เวลา และสถานที่ในการทดสอบ

5.3 ข้อปฏิบัติและการเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1) สวมใส่เสื้อผ้าสำหรับการออกกำลังกาย สวมรองเท้าที่เหมาะกับการเดิน หรือรองเท้าผ้าใบ

2) รับประทานอาหารมาแล้วอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ

3) งดการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และกาแฟอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ

4) งดการทำกิจกรรมระดับหนัก (กิจกรรมที่ต้องออกแรง/ออกกำลังมากและทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยกว่าปกติมาก โดยหายใจแรงและเร็ว) อย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ

5.4 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการทดสอบทั้งหมด 4 อย่าง ซึ่งการทดสอบแต่ละอย่างจะทำการทดสอบ 2 ครั้งคือ ก่อนเข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกาย และหลังรับโปรแกรมการออกกำลังกาย 6 สัปดาห์ ทั้งนี้การทดสอบทั้ง 4 อย่างประกอบด้วย

1) การวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทดสอบด้วยการเดินจับเวลา 6 นาที โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกขอให้ติดอุปกรณ์การวัดความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรที่ปลายนิ้วมือข้างใดข้างหนึ่ง และได้รับการวัดความดันโลหิตทั้งหมด 3 ครั้งคือ ก่อนเดิน สิ้นสุดการเดินทันที และสิ้นสุดการเดินแล้ว 3 นาที ขณะทำการทดสอบท่านจะถูกขอให้เดินบนพื้นราบระยะทาง 30 เมตร โดยเดินไปกลับอ้อมกรวยที่ตั้งไว้ให้เร็วที่สุดเท่าที่ท่านทำได้ภายในระยะเวลาเวลา 6 นาที หากท่าน

รู้สึกเหนื่อย อาจเดินช้าลงหรือหยุดพักชั่วครู่ได้ แต่ท่านต้องกลับมาเดินต่อให้เร็วที่สุดเท่าที่ท่านทำได้เมื่อมีอาการดีขึ้น ระดับชีพจร ระดับอาการเหนื่อยและความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรของท่านจะถูกบันทึกไว้ทุก ๆ 1 นาที นอกจากนี้ท่านจะถูกขอให้งดพูดคุยกับบุคคลอื่นยกเว้นผู้ช่วยวิจัย การทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

2) การวัดปริมาตรปอด ทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป่าลมหายใจออกผ่านเครื่อง handheld electronic spirometer ขณะทดสอบท่านจะถูกขอให้หายใจเข้าให้ลึกที่สุดและหายใจออกทางปากให้แรงที่สุดและนานที่สุดเท่าที่ท่านทำได้ผ่านเครื่อง spirometer โดยเป่าทั้งหมด 3 ครั้ง พักระหว่างการเป่าแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 นาที ท่านจะถูกขอให้ติดที่หนีบจมูกไว้ขณะทำการเป่าเครื่อง spirometer เพื่อป้องกันลมหายใจออกทางจมูก การทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

3) การวัดสัดส่วนของร่างกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการวัดรอบเอวและรอบสะโพกโดยใช้สายวัด และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายด้วยเครื่อง bioelectrical impedance analysis (BIA) ขณะทดสอบท่านจะถูกขอให้ยืนเท้าเปล่าบนเครื่อง BIA เป็นเวลา 2 นาที เพื่อวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย การทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

4) การวัดคุณภาพชีวิตในคนอ้วน ประเมินโดยใช้แบบสอบถาม Weight Related Symptom Measure (WRSM) และแบบสอบถาม Obesity and Weight Loss Quality of Life (OWLQOL) ร่วมกัน โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นผู้กรอกแบบสอบถามด้วยตนเอง ซึ่งแบบสอบถาม WRSM มีจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 5-7 นาที และแบบสอบถาม OWLQOL มีจำนวน 17 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 5-7 นาที

การทดสอบในข้อที่ 1-3 ทำโดยนักกายภาพบำบัดที่เป็นผู้ช่วยวิจัยซึ่งจะไม่ทราบข้อมูลว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในกลุ่มใด และสถานที่ในการทดสอบคือ แผนกกายภาพบำบัด รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี

5.5 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วง (aquatic interval training) 45-60 นาทีต่อครั้ง ทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันจันทร์ พุธ ศุกร์ หรือวันอังคาร พฤหัสบดี เสาร์) ในเวลาหลังเลิกงานหรือในช่วงเวลาที่ท่านสะดวก เป็นเวลาต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ ที่สระว่ายน้ำกองเรือยุทธการ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ฝึกโปรแกรมการออกกำลังกาย ทั้งนี้ท่านจะถูกขอให้ติดอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจบริเวณหน้าอกและข้อมือ รวมถึงจะถูกขอให้สวมเสื้อชูชีพตลอดระยะเวลาที่ออกกำลังกายในน้ำ การออกกำลังกายในน้ำประกอบด้วยการวิ่งอยู่กับที่และการกระโดด โดยจะทำทั้ง 2 ท่าสลับกัน นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกขอให้ทำกิจวัตรประจำวันเหมือนเดิม งดเว้นการออกกำลังกายเพิ่มเติมจากกิจวัตรเดิมที่เคยทำอยู่ และรับประทานอาหารในปริมาณเท่าเดิมตลอดระยะเวลาที่เข้าร่วมการวิจัยนี้ (6 สัปดาห์)

5.6 เมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย 6 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตอีกครั้ง และจะได้รับการแจ้งผลการทดสอบภายใน 1-2 สัปดาห์หลังจากสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลาย

6. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายกระบวนการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย รวมถึงตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย

7. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยนั้น จะทำการคัดกรองตามคุณสมบัติเกณฑ์การคัดเข้า/ออก ที่แผนกกายภาพบำบัด รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการคัดกรอง หากพบว่าท่านไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และหรืออยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบและให้คำแนะนำเพื่อลดภาวะความผิดปกติดังกล่าว

การใช้ข้อมูลเวชระเบียนของท่านเพื่อการคัดกรองจะใช้หลังจากได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการโรงพยาบาล และข้อมูลเวชระเบียนของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ

8. ในการวิจัยครั้งนี้ท่านอาจมีอาการเหนื่อยเพิ่มมากขึ้นและรู้สึกปวดหรือเมื่อยล้ากล้ามเนื้อขาทั้ง 2 ข้างขณะออกกำลังกายในน้ำ โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถหยุดออกกำลังกาย และถอนตัวจากการวิจัยได้ทันที ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และให้การรักษาทางกายภาพบำบัดเพื่อลดอาการปวดหรือเมื่อยล้า

9. ประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์กับกุล่มคนอ้วน โดยส่งผลให้คนอ้วนมีภาวะสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และจะเป็นประโยชน์ทางวิชาการ โปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำนี้อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกกำลังกายสำหรับคนอ้วน ซึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงนี้ประกอบด้วยช่วงพักและช่วงเร่ง ซึ่งในช่วงพักจะช่วยลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อที่ใช้ออกกำลัง และช่วยให้คนอ้วนออกกำลังกายได้ต่อเนื่องจนครบเวลาที่กำหนดไว้ และอาจเพิ่มปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด ระดับคุณภาพชีวิต ลดสัดส่วนของร่างกายในคนอ้วนได้

หากผลการศึกษาเป็นประโยชน์ ผู้วิจัยจะเผยแพร่โปรแกรมการออกกำลังกายดังกล่าวไปสู่กลุ่มควบคุมโดยการอธิบายด้วยวาจาและเอกสาร

10. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะโดยไม่ต้องให้เหตุผลและจะไม่ส่งผลกระทบต่อการดูแลรักษาที่ท่านได้รับ

11. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

12. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

13. ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับค่าชดเชยการเสียเวลาครั้งละ 100 บาท เป็นจำนวน 20 ครั้ง โดยค่าชดเชยนั้นจะได้รับเมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย หากเข้าร่วมไม่ครบจะได้รับในครั้งที่มาเข้าร่วม

14. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX F

SCREENING INFORMED CONSENT FORM FOR THE CONTROL GROUP

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน
ชื่อผู้วิจัย	เรือเอกหญิง โชติรส สุขขี
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	
ที่ทำงาน 1	ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
ที่ทำงาน 2	งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ 163 หมู่ 1 ถนนสุขุมวิท ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180
ที่บ้าน	195 ถนนเลียบคลองสอง ซอยคู้บอน 40 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510
โทรศัพท์มือถือ	081 399 1447
E-mail	chotirot_k@hotmail.com

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดี**แล้ว

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม

1. เข้าร่วมการคัดกรองและตอบแบบสอบถามวัดระดับกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ จำนวนรวม 38 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

2. เข้ารับการทดสอบ 4 อย่าง ก่อนและหลังเข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกาย ใช้เวลารวมโดยประมาณ 50-60 นาที ประกอบด้วย

2.1 วัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยการเดินจับเวลา 6 นาที

2.2 วัดปริมาตรปอดด้วยเครื่อง handheld electronic spirometer

2.3 วัดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่อง bioelectrical impedance analysis

2.4 ตอบแบบสอบถามเพื่อวัดคุณภาพชีวิต มีจำนวนรวม 37 ข้อ

3. เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์

4. ทำกิจวัตรประจำวันเหมือนเดิม งดเว้นการออกกำลังกายเพิ่มเติมจากกิจวัตรเดิมที่ท่านเคยทำอยู่ และรับประทานอาหารในปริมาณเท่าเดิมตลอดระยะเวลาที่เข้าร่วมการวิจัยนี้ (6 สัปดาห์)

เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลาย

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดย**ไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใด ๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(โชติรส สุขขี) (.....)

ผู้วิจัยหลัก ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX G

SCREENING INFORMED CONSENT FORM FOR THE EXPERIMENTAL GROUP

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อค่าทำนายการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

ชื่อผู้วิจัย เรือเอกหญิง โชติรส สุขขี

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

ที่ทำงาน 1 ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

ที่ทำงาน 2 งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ 163 หมู่ 1 ถนนสุขุมวิท ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180

ที่บ้าน 195 ถนนเลียบคลองสอง ซอยคู้บอน 40 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510

โทรศัพท์มือถือ 081 399 1447

E-mail chotirot_k@hotmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้น

จากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดี**แล้ว

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม

1. เข้าร่วมการคัดกรองและตอบแบบสอบถามวัดระดับกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ จำนวนรวม 38 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

2. เข้ารับการทดสอบ 4 อย่าง ก่อนและหลังเข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกาย ใช้เวลารวมโดยประมาณ 50-60 นาที ประกอบด้วย

2.1 วัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยการเดินจับเวลา 6 นาที

2.2 วัดปริมาตรปอดด้วยเครื่อง handheld electronic spirometer

2.3 วัดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่อง bioelectrical impedance analysis

2.4 ตอบแบบสอบถามเพื่อวัดคุณภาพชีวิต มีจำนวนรวม 37 ข้อ

3. เข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วง (aquatic interval training) 45-60 นาทีต่อครั้ง ทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันจันทร์ พุธ ศุกร์ หรือวันอังคาร พฤหัสบดี เสาร์) ในเวลาหลังเลิกงานหรือในช่วงเวลาที่ท่านสะดวก ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ที่สระว่ายน้ำ กองเรือยุทธการ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี

4. ทำกิจวัตรประจำวันเหมือนเดิม งดเว้นการออกกำลังกายเพิ่มเติมจากกิจวัตรเดิมที่เคยทำอยู่ และรับประทานอาหารในปริมาณเท่าเดิมตลอดระยะเวลาที่เข้าร่วมการวิจัยนี้ (6 สัปดาห์)

เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลาย

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใด ๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(โชติรส สุขขี) (.....)

ผู้วิจัยหลัก ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

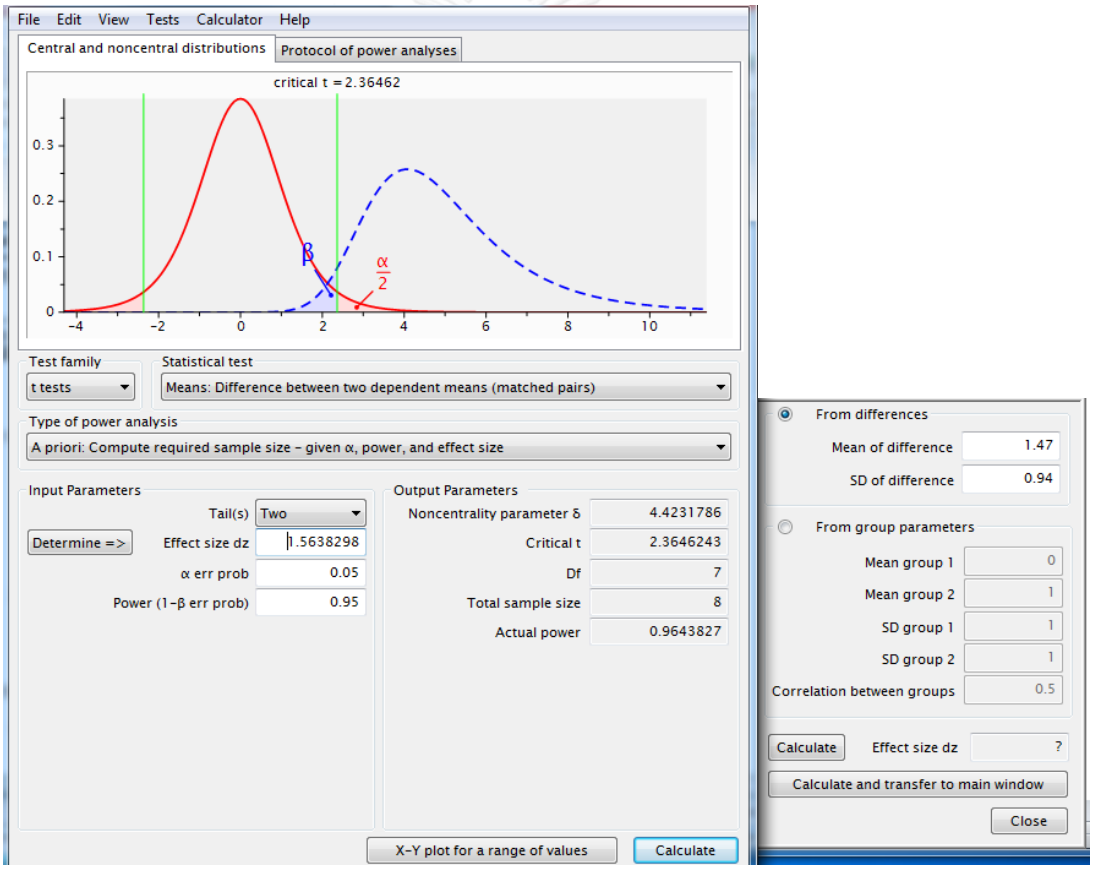
พยาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX H

SAMPLE SIZE CALCULATION

Sample size calculation is based on the results from pilot study investigating the effects of 6-week aquatic interval training on VO_{2peak}, lung volumes and body composition in sedentary obese males. There were 5 participants participated in this pilot study. Effect size is calculated from main outcome using an alteration of VO_{2peak}.



Sample size calculation

APPENDIX I

DATA COLLECTING SHEET DURING EXERCISE

ตารางบันทึกข้อมูลคุณสมบัติก่อนออกกำลังกาย Maximal predicted HR = 220-age = _____ รหัส _____

50% HRR = ...bpm, 60% HRR = ...bpm, 65% HRR = ...bpm, 70% HRR = ...bpm, 75% HRR = ...bpm

Trial/Date															
Target HR															
Resting						BP (mmHg)									
						HR (bpm)									
						RPE									
Warm-up					1-10	HR (bpm)									
						RPE									
Interval training	1st interval	Active			11-14	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			15-17	HR (bpm)									
						RPE									
	2nd interval	Active			18-21	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			22-24	HR (bpm)									
						RPE									
	3rd interval	Active			25-28	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			29-31	HR (bpm)									
						RPE									
	4th interval	Active			32-35	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			36-38	HR (bpm)									
						RPE									
	5th interval	Active			39-42	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			43-45	HR (bpm)									
						RPE									
	6th interval	Active			46-49	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			50-52	HR (bpm)									
						RPE									
	7th interval	Active			53-56	HR (bpm)									
						RPE									
		Recovery			57-59	HR (bpm)									
Cool-down					60-62	RPE									
						HR (bpm)									
Recovery						RPE									
						HR (bpm)									
						BP(mmHg)									

APPENDIX J

STRETCHING EXERCISE BROCHURE

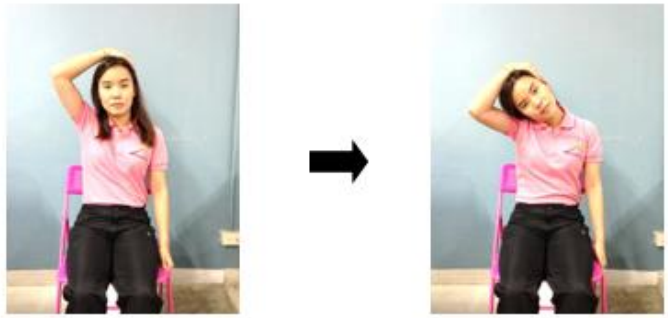
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย

เรือโทหญิง ไชศิรส สุขจิ
ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

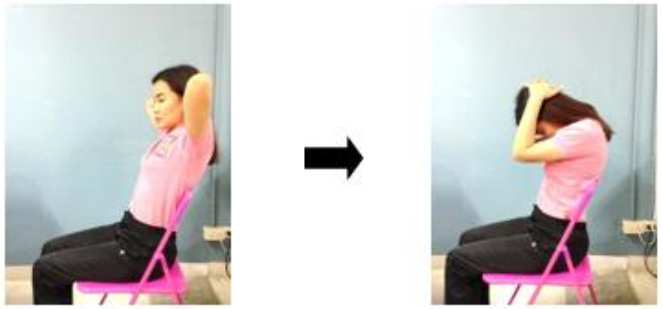
1. งามกายภาพบำบัด. เอกสารการยืดกล้ามเนื้อเพื่อลดอาการปวด. In: กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู, รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์, editors. ชลบุรี: งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู รพ. สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์; 2540.
2. Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise Foundation and Techniques 5thEd. 5 ed. Philadelphia: F. A. Davis Company; 2007.
3. Travell JG, Simons DG. Myofascial Pain and Dysfunction The Trigger Point Manual The Lower Extremities Vol.2. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1992.
4. Walker BE. Ultimate Guide to Stretching & Flexibility 3rdEd. NY: InjuryFix; 2013. 146 p.

ท่ายืดกล้ามเนื้อคอและไหล่



1 2

1) ใช้มือวางข้างศีรษะ ดึงศีรษะเอียงไปด้านเดียวกับมือที่ใช้จับ จนรู้สึกตึงบริเวณกล้ามเนื้อคอด้านข้าง ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง



1 2

2) ใช้มือทั้งสองข้างประสานกันไว้บนศีรษะ ก้มศีรษะลง จนรู้สึกตึงกล้ามเนื้อคอด้านหลัง ค้างไว้ นับ 1-10 ทำ 10 ครั้ง

1 2

11) ก้าวขาไปด้านหลัง ส้นเท้าติดพื้น ย่อขาทั้ง 2 ข้าง จนรู้สึกตึงที่น่องของขาด้านหลัง ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง

ข้อควรระวัง

ขณะยืดกล้ามเนื้อ ควรมีความรู้สึกตึงบริเวณกล้ามเนื้อที่ถูกยืด ทำวันละ 1-2 ครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์หากทำแล้วปวดมากขึ้น หรือมีข้อสงสัย จำท่ายืดไม่ได้ ให้ปรึกษาผู้วิจัยทันที

1

2

5) นอนหงายไขว้ขา ใช้มือด้านตรงข้ามดึงขาที่ไขว้อยู่ไปด้านข้าง จนรู้สึกตึงกล้ามเนื้อสะโพก ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง

1

2

6) นั่งไขว่ห้าง มือทั้ง 2 ข้างปล่อยลงข้างลำตัว ค่อยๆ ก้มตัวลงให้หน้าอกชิดหัวเข่า จนรู้สึกตึงกล้ามเนื้อสะโพก ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง

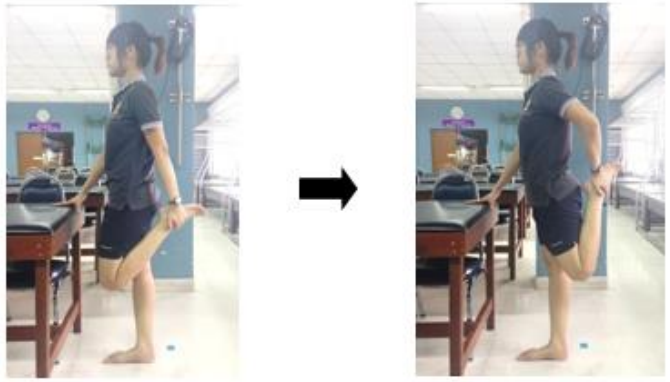
ท่ายืดกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง

1 2

7) นั่งเหยียดขา ใช้มือกดเข่าเหยียดตรง กระดกข้อเท้าขึ้น ค่อยๆ ก้มตัวลง จนรู้สึกตึงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ค้างไว้นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง

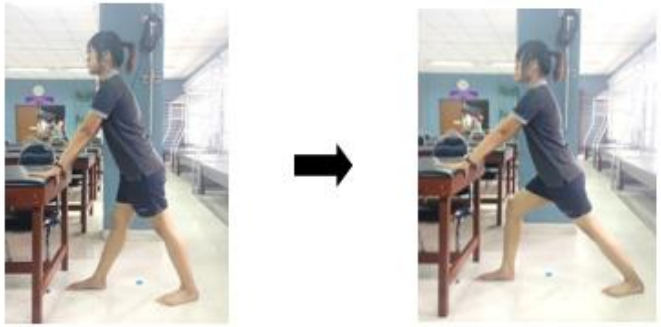
1 2

8) วางขาบนเก้าอี้ ย่อขาข้างที่อยู่ด้านหน้าจนรู้สึกตึงสะโพกด้านหน้า ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ10ครั้ง



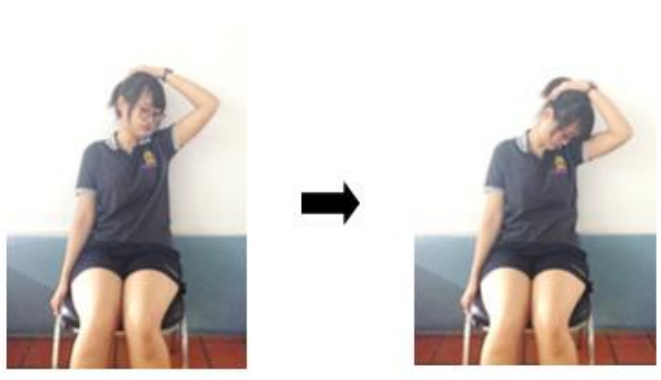
1 2

9) งอเข่าไปด้านหลัง ใช้มือด้านเดียวกันดึงข้อเท้าเข้าหาตัว จนรู้สึกตึงด้นขาด้านหน้า ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง



1 2

10) ก้าวขาไปด้านหลัง เข่าเหยียดตรง ส้นเท้าติดพื้น ย่อขาที่อยู่ด้านหน้า จนรู้สึกตึงที่น่องของขาด้านหลัง ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง



1 2

3) ใช้มือด้านตรงข้ามจับศีรษะ ก้มศีรษะลง มองรักแร้ด้านเดียวกับมือที่จับ จนรู้สึกตึงบริเวณคอ ค้างไว้ นับ 1-10 ทำทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 10 ครั้ง

ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังและสะโพก

1 2

4) ใช้มือสอดใต้เข่าทั้ง 2 ข้าง ดึงเข่าให้ชิดอก จนรู้สึกตึงบริเวณกล้ามเนื้อหลัง ค้างไว้ นับ 1-10 ทำ 10 ครั้ง

APPENDIX K

PERSONAL DATA COLLECTION SHEET

โครงงานวิจัยเรื่อง

(ภาษาไทย) ผลของการออกกำลังกายในน้ำแบบเป็นช่วงต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรปอด สัดส่วนของร่างกาย และคุณภาพชีวิตในคนอ้วน

(ภาษาอังกฤษ) Effects of Aquatic Interval Training on Peak Oxygen Uptake, Lung Volumes, Body Composition and Quality of Life in Obesity

<u>แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร</u>

ชื่อ-สกุล_____

รหัส_____ อายุ_____ปี เบอร์โทรศัพท์_____

ดัชนีมวลกาย_____กิโลกรัม/เมตร^2

ส่วนสูง_____เซนติเมตร น้ำหนัก_____กิโลกรัม

ความดันโลหิต_____มิลลิเมตรปรอท ชีพจร_____ครั้ง/นาที

Predicted HR = 220 - อายุ = _____ครั้ง/นาที

โรคประจำตัว _____

ยาที่ใช้เป็นประจำ ☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ_____

ตารางบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการฝึก (1/3) **รหัส**_____

หัวข้อการทดสอบ		ก่อนการฝึก				หลังการฝึก (สัปดาห์ที่ 6)			
1. Lung volumes	Spirometry variables	1st	2nd	3rd	Maximum	1st	2nd	3rd	Maximum
	FEV_1 (L)								
	FEV_1/FVC ratio								
	PEF (L/min)								
	FVC (L)								
	% Spirometry variables	1st	2nd	3rd	Maximum	1st	2nd	3rd	Maximum
	%FEV_1/FVC ratio								
	%PEF								
	%FVC								
	%FEV_1								
ลงชื่อผู้วัด/วันที่		.....				.....			
2. Peak oxygen uptake (VO_{2peak})	6 Minute walk test (6MWT)								
	Predicted VO_{2peak} (ml/kg/min)								
	6 Minute walk distance (m)								
ลงชื่อผู้วัด/วันที่		.....				.....			

ตารางบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการฝึก (2/3) **รหัส**_____

หัวข้อการทดสอบ		ก่อนการฝึก			หลังการฝึก (สัปดาห์ที่ 6)		
3. Body composition (Cont.)	Anthropometric characteristics	1st	2nd	Average	1st	2nd	Average
	Waist/ hip circumference (cm)						
	Waist-hip ratio (WHR)						
	Body impedance analysis (BIA)						
	Body weight (kg)						
	% Subcutaneous fat for whole body						
	% Skeletal muscle for whole body						
	% Body fat						
	Body fat classification/ Body age						
	BMI (kg/m^2)						
	Resting metabolism						
	Visceral fat level/ classification						
	% Subcutaneous fat for trunk						
	% Skeletal muscle for trunk						
	% Subcutaneous fat for legs						
	% Skeletal muscle for legs						

ตารางบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการฝึก (3/3) **รหัส**_____

หัวข้อการทดสอบ		ก่อนการฝึก	หลังการฝึก (สัปดาห์ที่ 6)
3. Body composition (Cont.)	Body impedance analysis (BIA)		
	% Subcutaneous fat for arms		
	% Skeletal muscle for arms		
ลงชื่อผู้วัด/วันที่		.....	.....
4. Quality of life questionnaire			
The Obesity and Weight Loss Quality of Life Questionnaire (OWLQOL)			
The Weight-Related Symptom Measure (WRSM)			
ลงชื่อผู้วัด/วันที่		.....	.....
5. Habitual physical activity			
Baecke habitual physical activity questionnaire			
ลงชื่อผู้วัด/วันที่		.....	.....

APPENDIX L

DATA COLLECTIONS SHEET DURING SIX-MINUTE WALK TEST

<u>แบบบันทึกการทดสอบ 6-Minute walk test</u> รหัส_____ ☐ Pre ☐ Post

BMI = _____kg/m^2 อายุ_____ปี ส่วนสูง_____ซม. น้ำหนัก_____กก.

RPP = rate pressure product (HR × SBP in mmHg) = _____ วันที่_____

ตัวแปร	ขณะพัก	ช่วงการทดสอบ นาทีที่						หลังการทดสอบ นาทีที่			หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
BP (mmHg)											
SpO_2 (%)											
HR (bpm)											
RPE											
Distance (m)											

- LLN (lower limit of normal) of 6-minute walk distance (6MWD) for **men** (117)

6MWD = (7.57×height [cm]) – (1.76×weight [kg]) – (5.02×age [yr]) – 309 m –153 m

= [7.57×____ (cm)] – [1.76×____ (kg)] – (5.02×____ [yr]) – 309 m –153 m

= _____m

- LLN (lower limit of normal) of 6-minute walk distance (6MWD) for **women**

6MWD = (2.11×height [cm]) – (2.29×weight [kg]) – (5.78×age [yr]) – 667 m –139 m

= [2.11×____ (cm)] – [2.29×____ (kg)] – (5.78×____ [yr]) – 667 m –139 m

= _____m

Predicted VO_{2max} (60)

VO_{2max} = (0.02 × distance [m]) – (0.191 × age [yr]) – (0.07 × weight [kg])

+ (0.09 × height [cm]) + (0.26 × RPP × [10-3]) + 2.45

= (0.02 × ____ [m]) – (0.191 × ____ [yr]) – (0.07 × ____ [kg])

+ (0.09 × ____ [cm]) + (0.26 × ____ × [10-3]) + 2.45 = _____ml/kg/min

ลงชื่อผู้วัด.....

VITA

Lieutenant Chotirot Sukkee, Women in Royal Thai Navy was born on November 16th, 1982 in Bangkok. Graduated with a Bachelors of Sciences in Physical Therapy from faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University in academic year 2003. Then, enrolled in Masters of Sciences, Department of Physical Therapy, Cardiopulmonary Program at faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University in academic year 2014 to 2016. Nowadays, works as a physical therapist in physical therapy department, physical medicine and rehabilitation division at Somdej Pranangchaosirikit Hospital, Naval Medicine Division, Sattahip, Chonburi.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University