การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสมรรถภาพความอดทนทั่วไปในชายไทย ที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระดับและอายุต่าง ๆ

นางสาว พัสมณฑ์ คุ้มทวีพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาสรีรวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-578-262-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016990
I10309937

PHYSIOLOGICAL CHANGES IN GENERAL ENDURANCE CAPACITY IN DIFFERENT AGES AND STAGES OF AEROBIC EXERCISE IN THAI MALES

Miss Patsamon Khumtaveeporn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Inter-Department of Physiology
Graduate School
Chulalongkorn University
1990

ISBN 974-578-262-9

Thesis Title	Physiological Changes in General Endurance Capacity in Different Ages and States of Aerobic Exercise in Thai Males
By	Miss Patsamon Khumtaveeporn
Department	Inter-Department of Physiology
Thesis Advisor	Bungorn Chomdej, M.D., Ph.D.
	Charnvit Kotheeranurak, M.D.
	Charoentasn Chintanaseri, M.D., Dr. med.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Thavorn Vajrabhaya..... Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Commitee

.....Prapa Loypetjra..... Chairman

(Associate Professor Prapa Loypetjra, D.V.M.)

.....Bungorn Chomdej..... Thesis Advisor

(Associate Professor Bungorn Chomdej, M.D., Ph.D.)

..... Member

(Assistant Professor Charnvit Kotheeranurak, M.D.)

.....Wasant Tantiwipawin..... Member

(Associate Professor Wasant Tantiwipawin, D.D.S., Ph.D.)

..... Member

(Charoentasn Chintanaseri, M.D., Dr. med.)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสมรรถภาพความอดทนทั่วไปในชายไทยที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระดับและอายุต่าง ๆ

ชื่อนิสิต นางสาว พัสมณฑ์ คุ้มทวีพร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ พญ. บังอร ชมเดช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ. ชาญวิทย์ โคธีรานุรักษ์
นพ. เจริญทัศน์ จินตนเสรี

ภาควิชา สหสาขาวิชาสรีรวิทยา

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะเปรียบเทียบสมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจและการไหลเวียนเลือดของชายไทยที่ออกกำลังแบบแอโรบิกกับชายไทยที่ไม่ได้ออกกำลัง ตลอดจนหาอัตราการเสื่อมของค่าตัวแปรการใช้ออกซิเจนของร่างกายตามวัย โดยศึกษาค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ($\dot{V}o_{2max.}$), ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายยังออกกำลังกายได้โดยไม่เกิดการสะสมของกรดแลคติก (Anaerobic threshold) และระยะเวลาที่ร่างกายสามารถปรับการรับออกซิเจนให้เท่ากับออกซิเจนที่ต้องการในการออกกำลังที่ 50% ของ $\dot{V}o_{2max.}$ (oxygen uptake kinetics — τ) จากการทดสอบสมรรถภาพชายไทยที่ออกกำลังแบบแอโรบิก 51 คน (17-74 ปี) และชายไทยที่ไม่ได้ออกกำลัง 53 คน (20-83 ปี) โดยวิธีวิเคราะห์แกสโดยตรงขณะออกกำลัง พบว่าตัวแปรการใช้ออกซิเจนของร่างกายทั้งสามนี้เสื่อมลงตามวัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในอัตราที่แตกต่างกัน ($p < 0.001$) โดย $\dot{V}o_{2max.}$ และ Anaerobic threshold ในกลุ่มที่ออกกำลังแบบแอโรบิกมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p < 0.05$, $p < 0.01$ และ $p < 0.001$) ตรงกันข้ามกับค่า τ ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังจะมีค่า τ สูงกว่ากลุ่มที่ออกกำลังแบบแอโรบิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$ และ $p < 0.001$)

อัตราการเสื่อมของ $\dot{V}o_{2max.}$, Anaerobic threshold และ τ ของกลุ่มที่ออกกำลังแบบแอโรบิกแสดงได้โดยสมการ $Y = 74.33 - 0.58X$, $r = -0.86$ ($p < 0.001$), $Y = 56.73 - 0.52X$, $r = -0.82$ ($p < 0.001$) และ $Y = 32.91 + 0.41X$, $r = 0.61$ ($p < 0.001$) ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังมีอัตราการเสื่อมของ Anaerobic threshold และ τ ดังสมการ $Y = 42.62 - 0.42X$, $r = -0.78$ ($p < 0.001$) และ $Y = 29.15 + 0.83X$, $r = 0.80$ ($p < 0.001$) ตามลำดับ

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอัตราเสื่อมของสมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจและการไหลเวียนเลือดตามวัยสามารถชลอได้ด้วยการออกกำลังแบบแอโรบิกที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title PHYSIOLOGICAL CHANGES IN GENERAL ENDURANCE CAPACITY IN DIFFERENT AGES AND STAGES OF AEROBIC EXERCISE IN THAI MALES

Name Miss Patsamon Khumtaveeporn

Thesis Advisor Associate Professor Bungorn Chomdej, M.D., Ph.D.

Assistant Professor Charnvit Kotheeranurak, M.D.

Charoentasn Chintanaseri, M.D., Dr. med.

Department Inter-Department of Physiology

Academic Year 1990

ABSTRACT

This study was to compare the cardiopulmonary performance of aerobic-trained and untrained Thai male and determine the declining rate of their aerobic parameters by aging. The $\dot{V}o_{2max.}$, anaerobic threshold and time constant of oxygen uptake kinetics (τ) of 51 aerobic-trained (17-74 year-old) and 53 untrained (20-83 year-old) Thai men were measured by direct gas analysis during exercise (Spiro-Ergometry). All parameters were declining significantly with age in aerobic-trained and untrained subjects at different rate ($p < 0.001$). The values of $\dot{V}o_{2max.}$ and anaerobic threshold of aerobic-trained subjects were significantly higher than of untrained ones ($p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.001$), in contrary to the values of τ ($p < 0.01$ and $p < 0.001$).

In aerobic-trained group the linear regression lines and correlations of $\dot{V}o_{2max.}$, anaerobic threshold and τ with age were $Y = 74.33 - 0.58X$, $r = -0.86$ ($p < 0.001$), $Y = 56.73 - 0.52X$, $r = -0.08$ ($p < 0.001$) and $Y = 32.91 + 0.41X$, $r = 0.61$ ($p < 0.001$), respectively. The linear regression lines and correlations of anaerobic

threshold and τ with age were $Y = 42.62 - 0.42X$, $r = 0.78$ ($p < 0.001$) and $Y = 29.15 + 0.83X$, $r = 0.80$ ($p < 0.001$), respectively in untrained groups.

This study revealed that the declining rate of cardiopulmonary performance by aging could be decelerated by optimal level of aerobic-trained.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to express my sincere gratitude to Associate Professor Dr. Bungorn Chomdej my supervisor, for her helpful guidances and encouragement throughout the course of this study, her kindness will be long remembered.

I wish to gratefully acknowledge Dr. Charoentasn Chintanaseri and Assistant Professor Dr. Charnvit Kotheeranurak for their valuable discussions and suggestions.

I would like to emphasize my deep thank to Mr. Aung Myint and Associate Professor Dr. Prapin Wilairat for their sincere help in technical and statistical analysis.

I am also indebted to Dr. Suthiluk Patumraj for reading my thesis and for her valuable comment.

Grateful acknowledgment is made to Mr. Sirichai Kittivarapong and Mrs. Sriyuda Chawongluang for their help in the thesis preparation.

In addition, I wish to gratefully acknowledge Rachadapisek Grant, Faculty of Medicine for financial support.

And if I have overlooked anyone involved with this project, please accept my apology, I have not overlooked you in my heart.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

Page

THAI ABSTRACT iv

ENGLISH ABSTRACT vi

ACKNOWLEDGMENTS viii

TABLE OF CONTENTS ix

LIST OF TABLES xii

LIST OF FIGURES xiii

SYMBOLS AND ABBREVIATION xv

CHAPTER

I INTRODUCTION

EXERCISE 2

Response of Exercise 4

AGING 6

Definitions 6

Cardiovascular Effects 7

Respiratory Effects 8

PHYSICAL EXERCISE AND AGING 10

Maximal Oxygen Uptake : $\dot{V}o_{2max.}$ 11

1. Definition 11

2. Factors Affecting $\dot{V}o_{2max.}$ 11

3. $\dot{V}o_{2max.}$ Determination 13

CHAPTER Page

Anaerobic Threshold 15
1. Definition 16
2. Anaerobic Threshold Hypothesis 16
3. Lactate Production and Removal During Exercise 19
4. Factors Affecting Anaerobic Threshold 19
5. Anaerobic Threshold Determination 22
Oxygen uptake Kinetics 25
1. Definition 25
2. Control of Oxygen Uptake Kinetics 26
3. Factors Affecting Oxygen Uptake Kinetics 30
4. Oxygen Uptake Kinetics Determination 33
II MATERIALS AND METHODS
Experimental Prtocols 35
Materials and Methods 36
Statistics 41
III RESULTS
Maximal Oxygen Uptake : $\dot{V}o_{2max.}$ 43
Anaerobic threshold 43
Time Constant of Oxygen Uptake Kinetics at 50% $\dot{V}o_{2max.}$ (τ) 44
IV DISCUSSION
Study of $\dot{V}o_{2max.}$ 47
Study of Anaerobic threshold 53
Study of Oxygen Uptake Kinetics 56
Conclusion 60
Suggestions for Further Study 62
Obstacle 63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Page

REFERENCES 64

APPENDIX

I QUESTIONNAIRE ON INDIVIDUAL HEALTH STATUS PRIOR TO EXERCISE PROGRAM 87

II CRITERION FOR TERMINATION OF EXERCISE TEST 92

III FORMULAS FOR GAS ANALYSIS 94

IV NON-LINEAR LEAST-SQUARES ANALYSIS BY MARQUAROT METHOD 97

V RAW DATA AND STATISTICAL RESULTS 103

VITA 154

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table **Page**

1. Physical characteristic of the subjects 45
2. The maximal oxygen uptake ($\dot{V}o_{2max.}$) of 34 untrained and 51 aerobic-trained subjects in different aged groups 45
3. The anaerobic threshold of 53 untrained and 51 aerobic-trained subjects in different age groups 46
4. The time constant of oxygen uptake kinetics at 50% $\dot{V}o_{2max.}$ (τ) of 53 untrained and 51 aerobic-trained subjects in different age groups 46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure **Page**

1. The direct measurement of $\dot{V}o_{2max.}$ 14
2. Metabolic pathways leading to production of ATP 17
3. Mechanism of blood bicarbonate buffering 18
4. The first criteria used to determine anaerobic threshold 23
5. The second criteria used to determine anaerobic threshold 24
6. Idealized representation of kinetics of oxygen uptake after onset of moderate intensity and constant work load exercise 27
7. Diagram represented the protocol for expired gas analysis in each exercise test 39
8. 13 liters mixing chamber for collection of expired gas 40
9. Values of maximal oxygen uptake ($\dot{V}o_{2max.}$) of 34 untrained and 31 aerobic-trained subjects were plotted against age 51
10. Values of maximal oxygen uptake ($\dot{V}o_{2max.}$) of 51 aerobic-trained subjects were plotted against age 52
11. Values of anaerobic threshold of 53 untrained and 51 aerobic-trained subjects were plotted against age 55
12. Values of time constant of oxygen uptake kinetics defined at 50% $\dot{V}o_{2max.}$ (τ) of 53 untrained and 51 aerobic-trained subjects were plotted against age 59

Figure **Page**

13. Comparison means of maximal oxygen uptake ($\dot{V}o_{2max.}$), means of anaerobic threshold, and means of time constant of oxygen uptake kinetics at 50% $\dot{V}o_{2max.}$ (τ) in different aged groups between 53 untrained and 51 aerobic-trained subjects 61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYMBOLS AND ABBREVIATION

ADP	=	adenosine diphosphate
ATP	=	adenosine triphosphate
cm	=	centimeter
CO_2	=	carbon dioxide
CP, PC	=	creatine phosphate
D	=	dry (0% RH)
e	=	Natural Number that equal to 2.178
EKG , ECG	=	electrocardiography
FEV_1	=	forced expired volume in one second
HR	=	heart rate
k	=	rate constant of oxygen uptake kinetics
Kg	=	kilogram
Kpm/min	=	kilopond meter per minute
m	=	meter
mM	=	millimole
min	=	minute
ml	=	milliliter
NADH	=	nicotinamide adenine dinucleotide reduced form
N_2	=	nitrogen
O_2	=	oxygen
P_A	=	ambient pressure
P_{H_2O}	=	vapour pressure, pressure of aqueous vapour

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P_{H_2O,T_A}	=	pressure of aqueous vapour at ambient temperature
R	=	respiratory gas exchange ratio
RH	=	relative humidity
S	=	saturated with water (100% RH)
SD	=	standard deviation
T_A	=	ambient temperature
T_M	=	temperature at sampling site
$t_{1/2}$	=	time half life
VC	=	vital capacity
$\dot{V}co_2$	=	carbon dioxide production
$\dot{V}_E$	=	minute ventilation
$\dot{V}_{E,\ ATPS}$	=	expired air volume (ventilation) at ambient temperature (T_A°C), in atmospheric pressure (P_A mmHg.) and saturated with water vapor
$\dot{V}_{E,\ STPD}$	=	expired air volume (ventilation) at standard temperature (0°C) and pressure (760 mmHg.), dry (0% RH)
$\dot{V}_{I,STPD}$	=	inspired air volume (ventilation) at standard temperature (0°C) and pressure (760 mmHg.), dry (0% RH)
$\dot{V}o_2$	=	oxygen uptake
$\dot{V}o_{2max.}$	=	maximal oxygen uptake
$\dot{V}o_{2ss}$	=	oxygen uptake at steady-state
yrs	=	years

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\%CO_{2\,E,D}$	=	expired carbon dioxide percentage; dry (0% RH)
$\%CO_{2\,E,S}$	=	expired carbon dioxide percentage, saturated with water (100% RH)
$\%CO_{2\,I}$	=	inspired carbon dioxide percentage
$\%CO_{2\,I,D}$	=	inspired carbon dioxide percentage; dry (0% RH)
$\%O_{2\,E,D}$	=	expired oxygen percentage, dry (0% RH)
$\%O_{2\,E,S}$	=	expired oxygen percentage, saturated with water (100% RH)
$\%O_{2\,I}$	=	inspired oxygen percentage
$\%O_{2\,I,D}$	=	inspired oxygen percentage, dry (0% RH)
$\%RH_A$	=	ambient relative humidity percentage
τ	=	time constant of oxygen uptake kinetics

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย