

การศึกษาสภาพอากาศ อุณหภูมิร่างกาย และการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือด
ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในช่วงโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชาย
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม



นายฉัตรชาติไชย ปิตยานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY ON CLIMATIC CONDITIONS, BODY TEMPERATURE
AND CARDIOVASCULAR RESPONSE DURING OUTDOOR
EXERCISE IN PHYSICAL EDUCATION CLASS IN THE
SCHOOLBOYS OF CHULALONGKORN UNIVERSITY
DEMONSTRATION ELEMENTARY SCHOOL



Mr. Chatchchai Pitayanon

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine

Faculty of Medicine

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title A STUDY ON CLIMATIC CONDITIONS, BODY TEMPERATURE
AND CARDIOVASCULAR RESPONSE DURING OUTDOOR
EXERCISE IN PHYSICAL EDUCATION CLASS IN THE
SCHOOLBOYS OF CHULALONGKORN UNIVERSITY
DEMONSTRATION ELEMENTARY SCHOOL


By Mr. Chatchatchai Pitayanon

Field of Study Sports Medicine

Thesis Advisor Associate Professor Juraiporn Somboonwong, M.D., M.Sc.


Thesis Co-advisor Associate Professor Sompol Sanguanrungririkul, M.D., M.Sc.

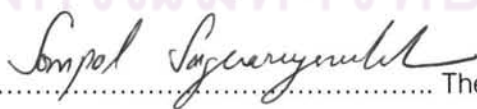
Accepted by the Faculty of Medicine, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree


..... Dean of the Faculty of Medicine
(Professor Adisorn Patradul, M.D.)

THESIS COMMITTEE


..... Chairman
(Associate Professor Pongsak Yuktanandana, M.D.)


..... Thesis Advisor
(Associate Professor Juraiporn Somboonwong, M.D., M.Sc.)


..... Thesis Co-advisor
(Associate Professor Sompol Sanguanrungririkul, M.D., M.Sc.)


..... Examiner
(Associate Professor Onanong Kulaputana, M.D., Ph.D.)


..... External Examiner
(Tanormsak Senakham, D.S.M.)

ฉัตรชาติไทย ปิตยานนท์ : การศึกษาสภาพอากาศ อุณหภูมิร่างกาย และการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือดระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในชั่วโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชายโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม. (A STUDY ON CLIMATIC CONDITIONS, BODY TEMPERATURE AND CARDIOVASCULAR RESPONSE DURING OUTDOOR EXERCISE IN PHYSICAL EDUCATION CLASS IN THE SCHOOLBOYS OF CHULALONGKORN UNIVERSITY DEMONSTRATION ELEMENTARY SCHOOL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.พญ.จุไรพร สมบุญวงศ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล, 122 หน้า.

การวิจัยเชิงพรรณานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพอากาศ การตอบสนองทางสรีรวิทยาทั้งอุณหภูมิร่างกาย และการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือด และอุบัติการณ์ของภาวะเจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อน ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในชั่วโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชาย 457 คนจากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม ในปีการศึกษา 2552 ทั้งภาคต้น (กรกฎาคมถึงกันยายน) และภาคปลาย (พฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดทำการชั่งน้ำหนักตัว วัดความดันโลหิต อัตราชีพจร และอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย ก่อนและหลังการออกกำลังกายกลางแจ้งในชั่วโมงพลศึกษา และวัดสภาพอากาศในระหว่างชั่วโมงพลศึกษาทุกๆ 5 นาที รวมทั้งบันทึกสภาพดีไอเพื่อประเมินช่วงเวลาและความหนักของกิจกรรม และภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยดื่มน้ำ หรือปัสสาวะได้ตามปกติ

ผลการศึกษาพบว่า เด็กนักเรียนมีอายุเฉลี่ย 8.38 ± 1.56 ปี ส่วนสูง 130.72 ± 10.45 เซนติเมตร น้ำหนัก 30.81 ± 9.39 กิโลกรัม BMI 17.68 ± 3.35 กิโลกรัม/เมตร² BSA 1.05 ± 0.19 ตารางเมตร ตลอดปีการศึกษาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 33.56 ± 2.55 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 54.15 ± 8.12 และค่า wet bulb globe temperature (WBGT) เฉลี่ยเท่ากับ 28.87 ± 2.35 °C (ภาคต้น 29.95 ± 1.87 °C, ภาคปลาย 28.32 ± 2.39 °C) ช่วงเวลาของการเรียนพลศึกษาเท่ากับ 31.97 ± 11.10 นาที โดยมีกิจกรรมกลางแจ้งแบ่งเป็นช่วงเวลาของการฝึกทักษะ 24.11 ± 11.04 นาที ความหนักของกิจกรรมน้อยกว่า 3 MET และช่วงเวลาของการเล่นกีฬา 11.48 ± 5.53 นาที ความหนักของกิจกรรม 2.5-9 MET ในการวัดก่อนและหลังการออกกำลังกายค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความดันซิสโตลิก ความดันไดแอสโตลิก ความดันเลือดแดงเฉลี่ย และอัตราชีพจร เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 16.00, 21.59, 19.05 และ 22.05 ตามลำดับ อัตราการหลังเหงื่อเฉลี่ยเท่ากับ 391.16 ± 186.75 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง อีกทั้งอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มขึ้น 0.66 ± 0.41 °C จาก 36.48 ± 0.37 °C เป็น 37.14 ± 0.42 °C โดยพบว่ามึนเวียนศีรษะที่อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายสูงถึง 38°X จำนวน 20 ราย คิดเป็นร้อยละ 4.38 ของนักเรียนทั้งหมด แบ่งเป็นภาคต้น 7 ราย และภาคปลาย 13 ราย ในจำนวนนี้มีนักเรียนที่ไม่ดื่มน้ำจำนวน 18 ราย และ ดื่มน้ำจำนวน 2 รายปริมาณ 158 และ 340 มิลลิลิตร นอกจากนี้ไม่พบอุบัติการณ์ของภาวะเจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อน จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมการออกกำลังกายกลางแจ้งในชั่วโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนมีแนวโน้มเกิดความเจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อน ดังนั้นก่อนการออกกำลังกายควรมีการวัดสภาพอากาศและอุณหภูมิร่างกายของเด็ก รวมทั้งควรมีการกระตุ้นให้เด็กได้ดื่มน้ำอย่างพอเพียงช่วงก่อนและระหว่างการออกกำลังกาย

สาขาวิชา.....เวชศาสตร์การกีฬา.....

ปีการศึกษา.....2552.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ฉัตรชาติไทย ปิตยานนท์.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5074761530 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORDS : CLIMATIC CONDITIONS / CORE TEMPERATURE /
CARDIOVASCULAR RESPONSE / HEAT ILLNESS / HYDRATION STATUS /
SWEAT RATE / PRIMARY SCHOOLBOYS

CHATCHATCHAI PITAYANON : A STUDY ON CLIMATIC CONDITIONS,
BODY TEMPERATURE AND CARDIOVASCULAR RESPONSE DURING
OUTDOOR EXERCISE IN PHYSICAL EDUCATION CLASS IN THE
SCHOOLBOYS OF CHULALONGKORN UNIVERSITY DEMONSTRATION
ELEMENTARY SCHOOL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JURAIORN
SOMBOONWONG, M.D., M.Sc. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF.
SOMPOL SANGUANRUNGSIRIKUL, M.D., M.Sc., 122 pp.

This descriptive study aimed to determine climatic conditions, body temperature, cardiovascular responses, hydration status and the incidence of heat illness during outdoor exercise in physical education class in 457 schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School. The study was performed in the first (July-September) and second (November-February) semesters of the academic year 2009. Body weight, blood pressure, pulse rate and core body temperature were measured before and after outdoor exercise in physical education class. Physical education classes climatic conditions were measured every five minutes and video image of the events were recorded for evaluation of exercise duration and intensity as well as the incidence of heat illness. However, the subjects were allowed to drink water and urinate during their physical education classes.

It was found that the characteristics of the schoolboys were as follows: age 8.38 ± 1.56 years, height 130.72 ± 10.45 cm, weight 30.81 ± 9.39 kg, BMI 17.68 ± 3.35 kg/m² and BSA 1.05 ± 0.19 m². The climatic conditions included the ambient temperature 33.56 ± 2.55 °C, relative humidity $54.15 \pm 8.12\%$ and Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) 28.87 ± 2.35 °C (first semester 29.95 ± 1.87 °C, second semester 28.32 ± 2.39 °C). Total duration of physical education class was 31.97 ± 11.10 min. Outdoor physical activity consisted of skill practice (duration 24.11 ± 11.04 min, intensity < 3 MET) and sport playing (duration 11.48 ± 5.53 min, intensity 2.5-9 MET). Before and after outdoor exercise, the percent change in systolic and diastolic blood pressure, mean arterial pressure and pulse rate was increased by 16.00, 21.59, 19.05 and 22.05%, respectively. Sweat rate was 391.16 ± 186.75 mL/hr. Core temperature was increased by 0.66 ± 0.41 °C from 36.48 ± 0.37 °C to 37.14 ± 0.42 °C. There were 20 schoolboys (7 schoolboys in first semester, 13 schoolboys in second semester) whose core temperature reached up to 38°C; this accounts for 4.38% of all subjects. Among these, 18 schoolboys did not drink water and 2 schoolboys drank water of 158 and 340 mL while exercising in physical education class. However, no incidence of heat illness was found. In conclusion, there is a tendency for heat illness during outdoor activities in physical education class in primary school children. It is recommended that climatic conditions and children's core temperature be measured before the start of physical education class. The children should be encouraged to drink enough water before and during exercise.

Field of Study : Sports Medicine

Academic Year : 2009

Student's Signature *Chatchatchai Pitayanon*

Advisor's Signature *Juraiorn Somboonwong*

Co-advisor's Signature *Sompol Sanguanrungrasirikul*

ACKNOWLEDGEMENTS

The success of this thesis can be attributed to the extensive support and assistance from my advisor, Associate Professor Juraiporn Somboonwong, M.D., M.Sc. I deeply thank her for her kindness, valuable guidance and consultation in this research. I would like to thank my co-advisor Associate Professor Sompol Sanguanrungrisirikul, M.D., M.Sc. for his instruction, guidance and support during the working process. I wish to thank Associate Professor Pongsak Yuktanandana, M.D., Associate Professor Onanong Kulaputana, M.D., Ph.D. and Tanormsak Senakham, D.S.M. for their suggestions in this study. Moreover, my expression also extends to thank head of Department of Environmental Engineering for supporting me the wet bulb temperature measuring devices.

I am very grateful to thank all the teachers, the parents and the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School for their participation as subjects in this study. I would like to gratefully acknowledge that this thesis is successfully completed by Ratchadapiseksompotch Fund., Faculty of Medicine, Chulalongkorn University.

I would like to express my special thanks to all of the staff and my colleagues at Faculty of Medicine, Chulalongkorn University for their kindness and co-operation during this study.

Finally, I am grateful to my family and my friends for their love, support, entire care, and warmest encouragement throughout this study.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (THAI).....	iv
ABSTRACT (ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	xi
CHAPTER	
I. Introduction.....	1
Background and rationale.....	1
Research questions.....	4
Objectives.....	4
Conceptual frameworks.....	5
Limitations.....	6
Operational definitions.....	6
Expected benefits and applications.....	7
II. Review literatures	8
Thermoregulation and thermal balance.....	8
Physiological responses to exercise in the heat.....	11
Heat illness.....	14
Tolerance to environmental heat stress.....	19
Evaluating environmental heat stress.....	31
Related studies.....	35
III. Research methodology.....	38
Research design.....	38
Study population and sample	38

CHAPTER	PAGE
III. Inclusion criteria.....	39
Exclusion criteria.....	39
Instruments.....	39
Parameters.....	40
Procedures.....	43
Data analysis.....	54
IV. Results.....	55
V. Discussion and conclusion.....	75
REFERENCES.....	81
APPENDICES.....	88
Appendix A Patient information sheet.....	89
Appendix B Consent form.....	94
Appendix C Assent form.....	96
Appendix D Screening visit.....	98
Appendix E Data record form.....	100
Appendix F Assessment of physical fitness.....	104
BIOGRAPHY	122



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
2.1 Factors affecting tolerance to environment heat stress	20
2.2 Physiologic Responses After Heat Acclimatization Relative to Nonacclimatized State	25
2.3 Risk Categories in Wet Bulb Globe Temperature Readings	34
2.4 Restraints on Activities at Different Levels of Heat Stress.....	35
3.1 Physical fitness test.....	46
4.1 Baseline characteristics of the subjects	55
4.2 Physical fitness test of the subjects.....	56
4.3 Assessment of body weight for schoolboys in grades 1 to 6.....	56
4.4 Assessment of physical fitness for schoolboys in grades 1 to 6.....	57
4.5 Mean \pm SD of climatic conditions during exercise in physical education class.....	59
4.6 Mean \pm SD of cardiovascular response before and after exercise in physical education class.....	61
4.7 Mean \pm SD of thermoregulatory response before and after exercise in physical education class.....	63
4.8 Data of 20 schoolboys whose core temperature of 38 °C or greater after outdoor exercise in physical education class.....	64
4.9 Number of subjects whose core temperature rose above 38 °C after outdoor exercise in physical education class. Classified according to factors affecting heat tolerance.....	66
4.10 Mean \pm SD of fluid loss before and after exercise in physical education class.....	69
4.11 Hydration status of the 18 schoolboys who consumed water during outdoor exercise in physical education class	70
4.12 Mean \pm SD of the percent change in body weight after outdoor exercise in physical education class.....	71

4.13	Mean \pm SD of the exercise duration and intensity in physical education class.....	72
4.14	The intensity of sport in physical education class.....	73
4.15	The number of subjects classified in terms of intensity level of physical activity (sport playing).....	74



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Factors that contribute to heat gain and heat loss as the body regulates core temperature at approximately 98.6° F (37° C).....	8
2.2 Effects of humidity (wet-bulb temperature) on sweat rate during rest and exercise in the heat	14
2.3 Average rectal temperature (o), heart rate (•), and sweat loss (▲) during 100 minutes of daily heat-exercise exposure for 9 consecutive days	23
2.4 Relationship between esophageal temperature and oxygen uptake expressed as a percentage of VO_{2max}	26
2.5 Heat Stress Index. Stress on the body relates directly to air temperature and relative humidity	30
2.6 Wet Bulb Globe Temperature from Temperature and Relative Humidity	32
2.7 Wet bulb temperature measuring device.....	33
3.1 Tricep skinfold measurement	45
3.2 Calf skinfold measurement	45
3.3 Subscapula skinfold measurement	45
3.4 Harvard Step – Test	46
3.5 30 seconds Sit – up Test	47
3.6 Flexed Arm Hang Test	48
3.7 Sit and Reach.....	49
3.8 Measurement of body weight.....	50

CHAPTER I

INTRODUCTION

Background and Rationale

During the 20th century, the global average surface temperature has increased by 0.74 ± 0.18 °C (1.33 ± 0.32 °F). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has concluded that the elevation of global temperature since the middle of the 20th century has been mostly caused by an increase in concentrations of greenhouse gases resulting from human activity such as fossil fuel burning and deforestation (Solomon et al., 2007). Climate model projections summarized in the 2007 IPCC report indicated that the global surface temperature would probably rise a further 1.1 to 6.4 °C (2.0 to 11.5 °F) during the 21st century, therefore resulting in a condition called global warming. Global warming is the increase in the average temperature of the Earth's near-surface air and the oceans since the mid-20th century and its projected continuation. However, an increase in global temperatures continues to affect natural environment and human life. It is now the problem of worldwide interest.

The change in the global environment will bring health problems and risk towards illnesses. Each year, more than one million people worldwide are affected with illnesses due to the heat. With the influence of global warming, it is predicted that the incidence of heat illness will also become more prevalent. When exercising in the heat, some physiological strains can be imposed; these include thermoregulation, cardiovascular functions and subjective responses. In hot environment, core body temperature rises higher than during regular exercise. Skin blood flow needs to be relatively high to achieve heat transfer sufficient for thermal balance. Because heat dissipation mechanisms through radiation and conduction is less effective in hot condition, the body produces more sweat during exercise. Thus, plasma volume is reduced by dehydration. Subsequently, stroke volume is decreased with a compensatory increase in heart rate. Both high skin blood flow and reduced plasma

volume can reduce cardiac filling and perhaps cardiac output during exercise in the heat. As a consequence, diminished aerobic capacity and exercise performance can occur. However, arterial blood pressure remains stable. Skin and muscle blood flow are sufficient while visceral blood flow is decreased which, if exercising for a long period of time under environmental heat, can lead to liver and renal complications.

During exercise in the heat, the body has to simultaneously provide the cardiovascular support to maintain plasma volume and the metabolism for skeletal muscle contraction and to dissipate the associated heat release for thermoregulation. The extreme end result involves circulatory failure and core temperature increasing to lethal levels (McArdle et al., 2006). This leads to the occurrence of heat illnesses. These include minor illnesses, such as heat edema, heat rash, heat syncope, heat cramps and heat exhaustion. Heat exhaustion is a typical condition in which core temperature may rise above 38 °C, but generally remains below 40 °C, with normal mentation and stable neurologic status. Heat stroke is the most severe form of heat-related illness which is characterized by the core temperature higher than 40 °C with mental status changes (Binkley et al., 2002; Allyson and Barry, 2007).

Each person has different capacities to tolerate heat stress. Factors affecting heat tolerance include acclimatization, exercise training, age, gender and body composition (McArdle et al., 2006). Certain individuals are at greater risk than others for heat injury. These include the obese, the unfit, the very young and the very old and those unacclimatized to heat. The presence of fever may also increase the risk of heat illness.

It has been found that children are at a higher risk for heat related problems than adults during exercise in the heat because of a number of physiological differences. Children have a greater surface area-to-body mass ratio and produce more metabolic heat per mass unit. Additionally, children's sweating capacity is considerably lower (American Academy of Pediatrics, 2000; Hoffman, 2001).

A few studies have compared thermoregulatory and cardiovascular responses to exercise in the heat between prepubertal children and adults. No difference was found between prepubertal boys and men (Inbar et al., 2004; Rowland et al., 2008) as well as prepubertal girls and women (Rivera-Brown et al., 2006). In these studies, the subjects were in good hydration status. However, there is a controversial report that prepubertal girls had a lower stroke index and higher heart rates than women but there were no differences in cardiac index and thermoregulatory response (Drinkwater et al., 1977).

The American College of Sports Medicine regards the Heat Stress Index (wet bulb globe temperature; WBGT) as a reliable measure of the environmental heat stress. As a recommendation for the prevention of thermal injuries in children, the American Academy of Pediatrics has recommended that an index value calculated at 29°C or greater would indicate that the children risk their health if they were to exercise under those conditions.

According to the age differences in physiological responses to exercise in the heat as mentioned above, better care and prevention are needed in children. Nevertheless, there is still a lack of information on this issue in Southeast Asia, of which all countries, including Thailand, is in the tropics. In Bangkok, the capital city of Thailand, the weather is hot and humid almost all year round compared to the suburban area where the climatic condition is relatively dry. Thus, children in Bangkok may be susceptible to suffering heat illnesses when they are playing sports or exercising outdoors than those in the suburbs. The present study has focused on young children exercising or playing sports during their physical education classes which are often conducted between late morning to the afternoon, the hottest period of the day. The study populations are schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School. The present study aims to find out whether such climatic conditions during the time period of the classes are within safety limits or not. Body temperature and cardiovascular response as well as incidence of heat illness will also be

determined. The information from this study will provide a new body of knowledge in sports medicine in Thailand. It will be useful for efficient implementation of the arrangement on physical education class for the prevention of heat illness in the school.

Research Questions

Primary research question: What are the climatic conditions, body temperature, cardiovascular responses and hydration status during outdoor exercise in physical education classes in the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School?

Secondary research question: Is there any incidence of heat illness during outdoor exercise in physical education classes in the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School?

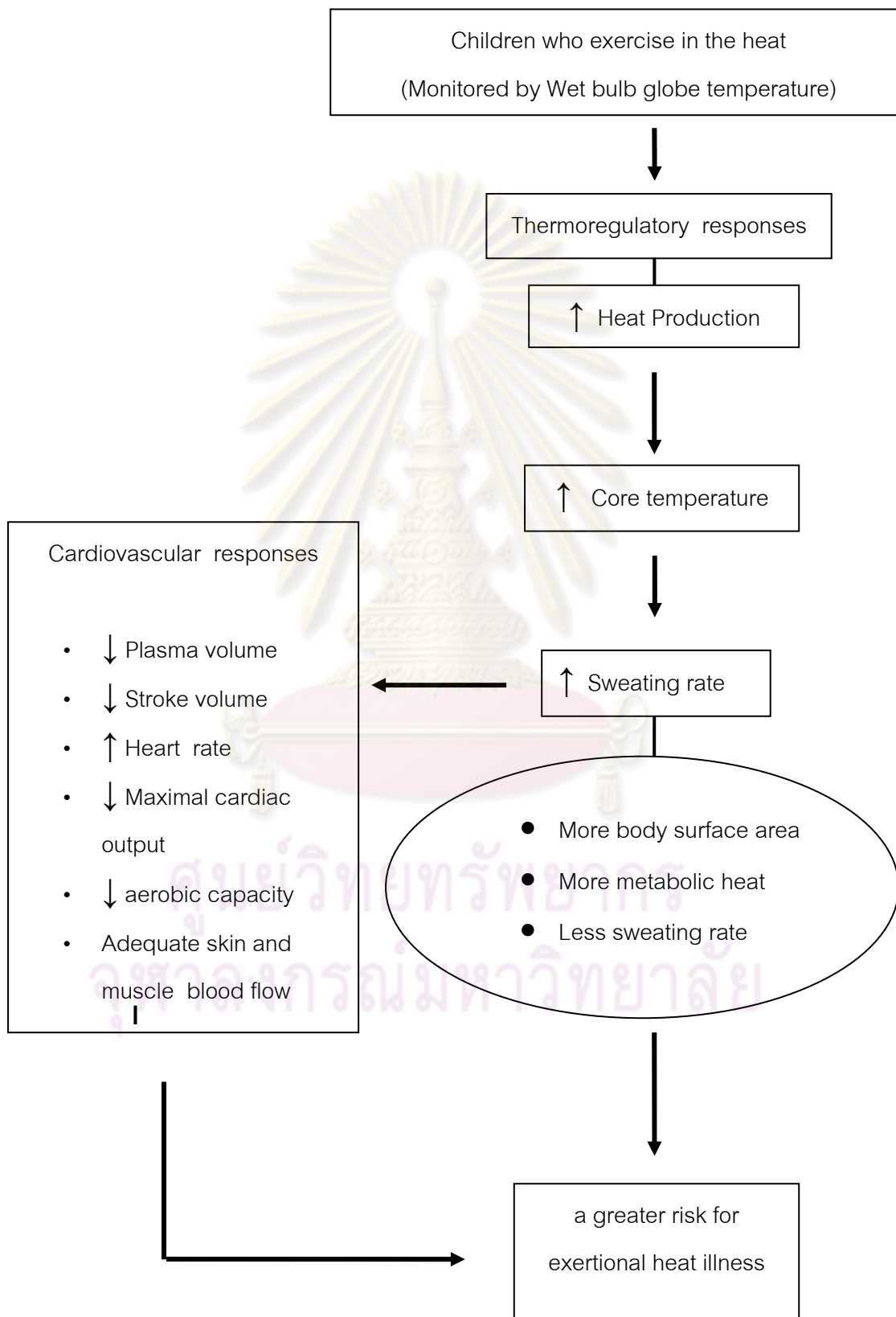
Objectives

1. To examine climatic conditions, body temperature, cardiovascular responses and hydration status before and after outdoor exercise in physical education class in the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School
2. To determine the incidence of heat illness during outdoor exercise in physical education class in the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School

Hypothesis

When the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School are exercising outdoors in physical education class, their body temperatures are increased and cardiovascular responses are affected, probably leading to heat illness.

Conceptual Frameworks



Limitations

1. This study requires cooperation of the schoolboys who are fitted for the inclusion criteria.
2. The results of the study may not be inferred to those of the adolescents.
3. In this study, the children are allowed to drink water and urinate during their physical education classes. Therefore, the body weight may be affected. It is estimated that a weight discrepancy value is approximately $\pm 1\%$.

Key words

Climatic conditions, Core temperature, Cardiovascular response, Heat illness, Hydration status, Sweat rate, Primary schoolboys

Operational Definitions

Climatic conditions is defined as weather in terms of temperature, relative humidity, reported as wet bulb, dry bulb and black globe temperature.

Core temperature is defined as the temperatures of organs deep within the body, such as the liver, as compared to that of the peripheral tissues. The rectal temperature is considered to be the standard value of core temperature. However, ear temperature measurements can also predict trends in core temperature. Comparative studies in children indicate that ear and rectal temperature have a strong relation to each other. Therefore, measurements of core temperature could be assessed by measuring ear temperatures instead of rectal temperatures. (Bernardo et al., 1996; Loveys et al., 1999)

Cardiovascular response is defined as children's cardiovascular responses including pulse rate and blood pressure before and after exercise in physical education classes.

Heat illness is defined as illness conditions that occur in the hot environment. The conditions include mild diseases such as heat edema, heat rash, heat syncope and heat cramps, heat exhaustion, and the most severe, heat stroke.

Hydration status is defined as the amount of fluid intake during exercise in physical education classes.

Sweat rate is defined as the amount of sweat produced per unit time during exercise in physical education classes.

Primary schoolboys is defined as the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School.

Expected Benefits and Applications

1. To obtain the information on climatic conditions as well as body temperature, cardiovascular response, hydration status and sweat rate of the elementary schoolboys during outdoor exercise in physical education classes.
2. To provide some basic information for an appropriate arrangement of physical education class activities in elementary schools in order to prevent the occurrence of heat illness.
3. To get a new body of knowledge in sports medicine in Thailand which can be a basis for future research.

CHAPTER II

REVIEW LITERATURES

Thermoregulation and Thermal balance

The hypothalamus consists of a central coordinating center for temperature regulation. This group of specialized neurons at the floor of the brain acts as a “thermostat”. Body temperature is usually set and regulated at $37 \pm 1^\circ\text{C}$ ($98.6 \pm 1.8^\circ\text{F}$). Two ways to activate the body’s heat-regulating mechanisms include having thermal receptors from the skin provide input to the central control center and directly stimulating the area by changes in blood temperature that perfuse the hypothalamus. (McArdle et al, 2006)

Balance between heat production and heat loss is reflected by body temperature (figure 2.1).

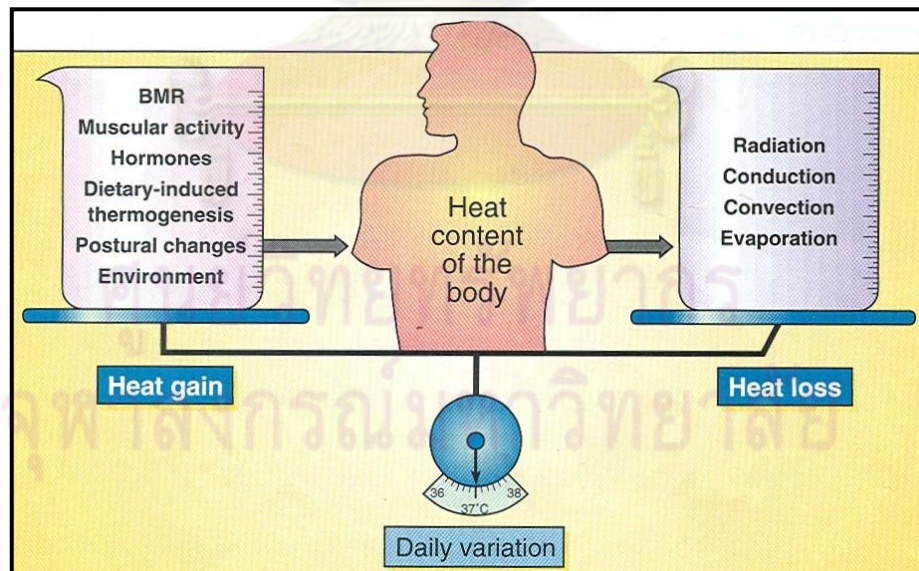


Figure 2.1 Factors that contribute to heat gain and heat loss as the body regulates core temperature at approximately 98.6°F (37°C) (McArdle et al., 2006).

Heat production

Heat production can be classified into two categories, voluntary, such as exercising, and involuntary. Examples of involuntary heat production might include shivering and nonshivering thermogenesis caused by secretion of hormones such as thyroxine and catecholamines. Because the body is at most 20% to 30% efficient, about 70% to 80% of the energy spent during exercise appears as heat. Involuntary heat production by shivering is the primary resource of increasing heat production during exposure to cold weather. Furthermore, the rate of cellular metabolism can increase due to the release of thyroxine from the thyroid gland (Power and Howley, 2001).

Heat loss

The heat generated from the metabolism of the organs in the body is transferred to the skin for dissipation to the environment. Therefore, the extent of body heat loss depends on the rate of heat transferring process from the organs to the skin and from the skin to the environment. At the same time, the body also has an insulator system, which prevents the body from losing too much heat. This insulator system includes the skin itself, the subcutaneous tissue and, most importantly, the fat under the subcutaneous tissue (จุไรพร สมบุญวงศ์, 2550).

Heat transfer to the skin is processed in 2 steps:

1. Transferring heat to the skin

The heat from within the body is transferred to the skin by blood circulation. The blood vessel that is important is the venous plexus, which is located in the subcutaneous tissue. The specialized structure of venous plexus allows a large amount of blood from the capillaries into itself. Moreover, in the exposure areas, such as hands, feet and ears, venous plexus receives blood directly from the small arterioles via the arteriovenous anastomosis or the A-V shunt. The A-V shunt, like arterioles, is lined with smooth muscles which allows itself to contract whenever stimulated by sympathetic nerve (จุไรพร สมบุญวงศ์, 2550).

Therefore, transferring heat from inside the body to the skin depends on the constriction and dilation of the arterioles and the A-V shunt. When the vessels are fully dilated, the rate at which heat is processed to the skin can increase up to 8 times the rate when the vessel is contracted (จุโรพร สมบุญวงศ์, 2550).

2. Transferring heat from the skin to the environment

There are 4 ways in which the body loses heat from the skin to the environment.

Radiation is a process of dissipating heat in the form of infrared, which is electromagnetic ray with wavelengths of 5-20 microns. At room temperature, 60% of the body loses heat by infrared waves. Heat loss by radiation is proportional to thermal gradient between the skin and the ambience. If body temperature is higher, a large amount of heat from the body will radiate to the surroundings and vice versa (จุโรพร สมบุญวงศ์, 2550; Hoffman, 2001; Heat stroke, 2004; McArdle et al., 2006).

Conduction directly transfers heat through liquid, solid, or gas substances from one molecule to another. Conduction transfers only about 18% of the total heat loss. Conductive heat loss then warms air molecules and cooler surface that contact the skin. The rate of conductive heat loss depends on the temperature gradient between the skin and surrounding surface and their thermal qualities. Other than that, heat can transfer to molecules of the weather around us until the temperature of that object or weather is the same as the skin temperature. Thus, ending conduction (จุโรพร สมบุญวงศ์, 2550; Hoffman, 2001; Heat stroke, 2004; McArdle et al., 2006).

Convection is a method in which heat is transferred to air. Convection will remove the heat from the body and transfer it to the surrounding air. If the wind is blowing towards the body, more heat can be transferred to the surrounding air. Therefore, wind is a helpful component in transferring heat from the body to air. If the speed of the wind is higher, the loss of heat from the body will be higher. Convection can transfer about 15% of the heat that can be transferred (จุโรพร สมบุญวงศ์, 2550; Hoffman, 2001; Heat stroke, 2004; McArdle et al., 2006).

Evaporation is one of the major defenses against overheating. Water vaporization from the respiratory passages and skin surface continually transfers heat to the environment. If the temperature of the skin is higher than the surroundings, heat can be transferred from the body to the surroundings by radiation and conduction. But if not, the body can only remove heat by evaporation. Therefore, evaporation is like a cooling system for the body in hot weather (จุไรพร สมบุญวงศ์, 2550).

The rate of heat loss by evaporation depends on: 1) rate of sweat loss. If there is a large amount of sweat loss, there is a higher chance that the body will lose heat by evaporation. 2) humidity. If the weather is very humid, the evaporation rate will decrease causing the released sweat to be in a form of a liquid. 3) the movement of the wind helps change the air around your body which is full of sweat (water) that are evaporating from your body, making the body evaporate more (จุไรพร สมบุญวงศ์, 2550).

Evaporation is the principal way to control the body's temperature during exercise. When the temperature of the body is rising, this is a method that can release up to 22% of the overall heat that can be cooled down (จุไรพร สมบุญวงศ์, 2550; Hoffman, 2001; Heat stroke, 2004; McArdle et al., 2006).

Physiological responses to exercise in the heat

Physiological responses to exercise in the heat mainly involve cardiovascular adjustments and evaporative cooling which facilitates metabolic heat dissipation during exercise, particularly in hot environment. Fluid loss by sweating usually causes a relative state of dehydration. Excessive sweating leads to more serious fluid loss that reduces plasma volume. This results in circulatory failure and core temperature increase to lethal levels (McArdle et al., 2006).

Cardiovascular and thermoregulatory responses during exercise in the heat are described below.

1. Cardiovascular responses

The competing demands of cardiovascular system will increase when exercising. More oxygen must be delivered to active muscles for energy metabolism while skin blood flow must increase to transfer heat produced during exercise for dissipation from the body. However, this blood is no longer available to the active muscles (McArdle et al., 2006).

Excessive sweating causes more serious fluid loss, hence reducing plasma volume. During exercise in hot and cold temperatures, cardiac output remains the same but the heart's stroke volume becomes lesser when exercising in the hot environment. At all submaximal exercise levels, the stroke volume actually decreases in proportion to the fluid deficit which produces higher heart rate. Nevertheless, aerobic ability and cardiac output diminishes during exercise in the heat because the decrease in stroke volume cannot be overcome by the compensatory increase in heart rate (McArdle et al., 2006).

During heat stress, muscle and skin blood flow is sufficient while other tissues compromises their blood supply. For instance, there is compensatory constriction of splanchnic vascular bed and renal tissue to counter vasodilation of the subcutaneous vessels. If the diminution in blood flow to visceral tissues is extended, liver and renal complications may occur (McArdle et al., 2006).

Besides, arterial blood pressure remains stable during exercise in the heat due to visceral vasoconstriction and a subsequent increased total peripheral resistance. When exercising at near maximal level with accompanying dehydration, peripheral blood flow for heat dissipation is relatively less in an attempt to maintain cardiac output. This indicates that circulatory regulation and maintenance of muscle blood flow are considered more important than temperature regulation, thereby often leading to a markedly increased core temperature and health risk (McArdle et al., 2006).

2. Thermoregulatory responses

Heat gain from muscular activity can raise the body core temperature to higher levels, which may cause a fever and make a person incapacitated. The maximum relies on the intensity of exercise. Heat monitors in the hypothalamus sense, nevertheless, grow in blood temperature. This increase is compared with the thermal integration center at fixed temperature. The difference between both of them is found (Powers and Howley, 2001). For example, metabolism will accrue to 20-25 times during fervent aerobic exercise which can build up more temperature by 1°C (1.8°F) within every 5 minutes (McArdle et al., 2006).

The capability of heat loss by radiation, convection and evaporation, is reduced in the heat and humidity. Compared to the similar exercise in a suitable surrounding, the incapacity of heat dispersion is shown in a greater core temperature and higher sweat rate when exercising in hot and humid place (McArdle et al., 2006).

After heavy exercise in the hot environment, dehydration meets the levels which the heat is dissipative. It also strongly compromises the functionality of cardiovascular and exercise ability. Many types of sports can cause a huge amount of sweat and fluid loss such as competitions of football, hockey, basketball and running, etc. However, physical conditioning (aerobic and anaerobic), acclimatization, hydration status, intensity of exercise, size of body and number of clothing or equipments are significant factors affecting sweat production during exercise (Godek et al., 2005). Hot and humid environments impede the effectiveness of evaporative cooling and promote large fluid losses. Figure 2.2 illustrates a linear relationship between sweat rate during rest and exercise and the air's moisture content in ambient temperature equaled 43.3 °C (McArdle et al., 2006).

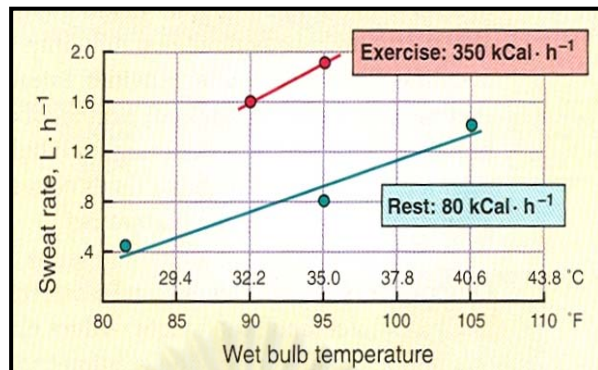


Figure 2.2 Effects of humidity (wet-bulb temperature) on sweat rate during rest and exercise in the heat (McArdle et al., 2006).

Heat illness

Definition of heat illness

The variety of heat illnesses can progress from very mild to more serious life-threatening diseases known as heat stroke. There is no evidence that mild heat illness such as heat edema, heat rash, heat syncope, or heat cramps could progress to severe diseases if it wasn't treated. However, the development of heat exhaustion is significant. Without treatment, heat exhaustion can progress to heat stroke (Howe and Boden, 2007).

Heat edema

Heat edema is the mildest form of heat illnesses. It appears as a dependent soft tissue swelling, usually in the lower extremities, in a person lacking acclimatization. In addition, core temperature is still normal. Peripheral vasodilation to produce heat loss leads to pooling of interstitial fluid in the distal extremities. This leads to an increase in vascular hydrostatic pressure and results in third spacing of intravascular fluid in the surrounding soft tissue which is commonly present in the ankles, feet, and hands. This condition is commonly seen in older adults who enter a tropical climate without proper acclimatization (Hoffman, 2001; Howe and Boden, 2007).

Heat rash .

Heat rash (miliaria rubra or prickly heat), commonly presented as papular erythematous, intensely pruritic, eruption in areas covered with clothing. It is commonly present in the waist or areas where there is excessive sweating such as the trunk or groin. Excessive sweating saturates the skin surface and clogs the sweat ducts which results in leakage of eccrine sweat into the epidermis. In addition, secondary infections with staphylococcus may produce prolonged symptoms. Core body temperature remains normal (Hoffman, 2001; Howe and Boden, 2007).

Heat syncope

Heat syncope is a syndrome which involves loss of consciousness typically due to prolonged standing, sudden rise from a seated or lying position, or vigorous activity in the heat. It also occurs early in warm weather, before acclimatization is complete. This condition develops with orthostatic hypotension resulting from peripheral vasodilation and venous pooling. Conditions of heat syncope include dizziness, general fatigue, and loss of balance. Athletes with heat syncope tend to recover their mental status quickly as blood flows to the central nervous system. In addition, during heat syncope, core temperature generally remains normal (Hoffman, 2001; Binkley et al., 2002; Coris et al., 2004; Cooper et al., 2006; McArdle et al., 2006; Howe and Boden, 2007).

Heat cramps

Indications of heat illnesses are presented in the form of muscle spasms or muscle cramps. Heat cramps are consisted of a brief (less than 1 minute) muscle contraction which occur predominantly in the muscles of the lower extremities, abdomen, shoulders, and arms. Heat cramps usually occur after intense exercise, relaxing, or taking a cool shower. When heat cramps occur, mental status remains normal. It is often in the setting of poor acclimatization, negative sodium balance, and diuretic use that heat cramps occur. In addition, core temperature may rise above 37°C but generally remain below 40°C. Heat cramps usually occur after excessive exposure to heat which leads to profuse sweating together with inadequate fluid and electrolyte

intake or occur in individuals drinking large quantities of hypotonic fluids during exertion. During heat cramps, spasms occur, causing painful muscle contractions. This results in the inability to continue an activity for a short time. Furthermore, sodium loss is also thought to play a significant role in exacerbating heat cramps. It is mostly found in cross country runners that drink lots of water but don't provide sufficient sodium which causes a dilution in electrolyte level, hyponatremia, and can stimulate muscle cramps. Evidence for magnesium, potassium, or calcium abnormalities contributing to heat cramps is not yet clear, although, heat cramps may occur alone or concurrently with symptoms of heat exhaustion (Hoffman, 2001; Wexler, 2002; Coris et al., 2004; Cooper et al., 2006; McArdle et al., 2006; Howe and Boden, 2007).

Heat exhaustion

Heat exhaustion is the most common form of heat illness and is characterized by the inability to continue exercising in heated environments. It could be classified as an early indication of heat illnesses. Heat exhaustion is a typical condition in which core body temperature may rise above 38°C, but generally remains below 40°C (Hoffman, 2001). Symptoms of heat exhaustion include heavy sweating, nausea, vomiting, headache, fatigue, weakness, and cold or clammy skin. Critical to the diagnosis of heat exhaustion is normal mentation and stable neurologic status (Howe and Boden, 2007).

There are two types of heat exhaustion, water-depletion and salt-depletion. Individuals that encounter activities in a hot and humid environment who do not stop to replenish fluids are most susceptible to water depletion heat exhaustion. Those who cannot readily access fluids, for example children, mentally-ill and paraplegic patients, are at an even higher risk of heat exhaustion. Insufficient fluid intake results in hypernatremic dehydration, which occurs quickly, often over only a few hours. In addition, heat exhaustion may also occur due to salt depletion which is less common than water depletion. It occurs among patients who have adequate fluid replacement, but not enough salt. In this case, symptoms of salt depletion may develop over several days. Contrasting from water depletion heat exhaustion which commonly occurs in healthy individuals, children with cystic fibrosis, especially if young and unable to meet

increased salt requirements, are at a risk for electrolyte depletion. This results in hyponatremic dehydration, where most patients are actually faced with both salt and water depletion (Hoffman, 2001; Wexler, 2002; Coris et al., 2004; Cooper et al., 2006; McArdle et al., 2006; Howe and Boden, 2007).

Heat stroke

Heat stroke is the most serious form of heat-related illnesses and involves a life-threatening medical emergency. It is characterized by a complete loss of thermoregulation which usually occurs suddenly. If heat exhaustion goes unrecognized or untreated, it could possibly lead to heat stroke. Core temperatures are usually at 40°C (Hoffman, 2001; Binkley et al, 2002; Wexler, 2002; Heat stroke, 2004; Coris et al., 2004; Glazer, 2005; Cooper et al., 2006; Howe and Boden, 2007) or 41°C (McArdle et al, 2006) or greater. It also causes a disturbance in the central nervous system, such as confusion, ataxia, irritability, or coma. In a young person, symptoms of heat stroke are clearly presented, making it easy to diagnose.

Initially, patients suffering from heat stroke may complain of nonspecific symptoms, similar to those of heat exhaustion. Some common signs of heat stroke include disorientation or confusion, muscle twitching, ataxia, irritability and anxiety with tachycardia, hyperventilation, dyspnea, renal failure, hepatocellular necrosis, pulmonary edema, arrhythmia, and shock. Most often, patients present signs of complete physical collapse, neurologic dysfunction (ranging from confusion to delirium, psychosis, seizures, and coma), anhidrosis, or cessation of sweating. When heat strokes occur, the skin is typically hot, dry, and ashen. It is important to know that lack of sweating is not an absolute diagnostic criterion, especially in exertional heat strokes because initially patients may sweat profusely and may only develop anhidrosis as they become volume-depleted (Hoffman, 2001; Wexler, 2002; Coris et al., 2004; Cooper et al., 2006; McArdle et al., 2006; Howe and Boden, 2007).

So far, two types of heat stroke have been described, classic and exertional. Classic heat stroke involves the environment playing a major role in an individual's ability

to dissipate heat. On the other hand, exertional heat stroke is where intrinsic heat production is the primary cause for hyperthermia. Even though there are differences, patients show a combination of both because the symptoms are quite similar.

Classic heat stroke occurs more commonly in infants and ill (febrile) children as well as in the elderly, intoxicated individuals, and the chronically ill, all of whom have a diminished ability to sweat. Hyperthermia, in classic heatstroke, has a slow development process, often over several days, and usually happens during heat waves. In contrast, onset may be rapid for a child left in a hot car or a non-air-conditioned environment. Triads of coma, hyperthermia, anhidrosis, mental status change, and hot, dry skin are often presented in classic heat stroke (Hoffman, 2001; Wexler, 2002; Coris et al., 2004; Cooper et al., 2006; McArdle et al., 2006; Howe and Boden, 2007).

Exertional heat stroke generally occurs in young, otherwise healthy, active individuals, for example, vigorously exercising athletes, marching band members, military recruits at boot camp, or laborers who are not yet acclimatized to a hot, humid environment. The individual's ability to sweat may still be functioning, but it is inadequate to dissipate both the endogenous and exogenous heat burden. Hyperthermia in exertional heat stroke develops rapidly, contrasting from classic heat stroke, and can quickly progress to cardiovascular collapse. Symptoms of exertional heat stroke may include severe lactic acidosis (accumulation of lactic acid in the blood), hyperkalemia (excessive potassium in the blood), rhabdomyolysis (destruction of skeletal muscle that may be associated with strenuous exercise), myoglobinuria, and disseminated intravascular coagulation (a bleeding disorder characterized by diffuse blood coagulation) (Hoffman, 2001; Wexler, 2002; Coris et al., 2004; Cooper et al., 2006; McArdle et al., 2006; Howe and Boden, 2007).

Tolerance to environmental heat stress

Each person has different capacities to tolerate heat stress. Factors affecting tolerance to environment heat stress are as follows: (table 2.1)

1. Body composition

Excessive body fat negatively impacts exercise performance in hot environments. The over fat person also possesses a small body surface area-to-mass ratio for sweat evaporation compared with a leaner person. Excessive body fat directly adds to the metabolic cost of weight-bearing activities, and retards effective heat exchange. For individuals of similar body mass, greater thermal stress is required to elevate the body core temperature of individuals with lower adiposity levels compared to those with higher adiposity because of the respective specific heat of adipose tissue ($1.67 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$) compared to fat-free mass ($3.35 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$) (Falk, 1998). Individuals with a higher percentage body fat are at disadvantage during exposure to hot environments because less heat is required to be stored before the body core temperature begins to rise and increased the risk of heat illness (Haymes et al., 1975; Sinclair et al., 2007).

Studies on the heat tolerance capabilities of various levels of adiposity in pre-pubertal children (age 9 – 12 years) have indicated that heavier children exhibit greater physiological strain while exercising ($48 - 52\% \text{ VO}_{2\text{max}}$) in the heat on the basis of higher rectal temperature and heart rate (Haymes et al., 1974; Haymes et al., 1975). Therefore, tolerance of heat in obese person is less than person of normal weight, and the risk of heat illness is higher than normal-weight person.

Table 2.1 Factors affecting tolerance to environment heat stress.

Factors affecting tolerance to environment heat stress
1. Body composition
2. Age
3. Gender
4. Acclimatization
5. Exercise training
6. Hydration status
7. Clothing
8. Convective air currents
9. Radiant heat gain
10. Relative humidity

2. Age

Tolerance to heat stress is also affected by age that is dissimilar between children and adults. For morphologic and physiologic reasons, exercising children do not adapt as efficiently as adults when exposed to a high climatic heat stress (American Academy of Pediatrics, 2000). This may affect their performance and well-being, as well as increase the risk of heat illness .

The reasons for these differences include: 1) Children have a greater surface area-to-body mass ratio than adults, which causes a greater heat gain from the environment on a hot day and a greater heat loss to the environment on a cold day, 2) Children produce more metabolic heat per mass unit than adults during physical activities, and 3) Sweating capacity is considerably lower in children than in adults, which reduces the ability of children to waste body heat by evaporation (American Academy of Pediatrics, 2000). Children show a lower sweating rate and higher core temperature during heat stress than adolescents and adults but they also take longer time to adapt to heat. In this way, children exposed to environmental heat stress should

exercise at a reduced intensity and receive additional time to adapt than adult competitors. Furthermore, there are some studies comparing the physiologic responses of exercise regarding age and gender, which will be described later in the topic of “Related studies on exercise in the heat”.

3. Gender

Women and men equally tolerate the physiologic and thermal stress of exercise when matched for fitness and adaptation levels; both genders adapt to a similar degree. However, gender differences occur for the following four thermoregulatory mechanisms (McArdle et al., 2006):

3.1 Sweating

Women have more heat-activated sweat glands per unit of skin area than men. Women begin sweating at higher skin and core temperatures; they also produce less sweat for a similar heat-exercise load, even when acclimatized comparably to men (McArdle et al., 2006).

3.2 Evaporative versus circulatory cooling

Despite a lower sweat output, women show heat tolerance similar to men of equal aerobic fitness at the same exercise level. Women possibly rely more on circulatory mechanisms for heat dissipation to maintain thermal balance. They have less chance of suffering dehydration during exercise at high environmental temperatures, whereas men exhibit greater evaporative cooling (McArdle et al., 2006).

3.3 Body surface area-to-mass ratio

Under identical conditions of heat exposure, women cool at a rate faster than men through a smaller body mass across a relative large surface area because women have a larger body surface area-to-mass ratio, a favorable dimensional characteristic to waste heat (McArdle et al., 2006).

3.4 Menstruation

The change in thermoregulatory sensitivity during the menstrual cycle does not affect ability to exercise or perform strenuous physical work in a hot condition. Initiation of sweating requires a higher core temperature threshold during the luteal phase of menstruation (McArdle et al., 2006).

A lot of the current literature have been centered around gender-specific maturational or physiological studies (Haymes et al., 1974; 1975; Bar-Or et al., 1980; Falk et al., 1992a; 1992b; Inbar et al., 2004; Rowland et al., 2007) as well as comparative studies between pre-pubertal children and adults (Wagner et al., 1972; Drinkwater et al., 1977; Inoue et al., 2004).

At this time a gap exists in the available literature comparing the thermoregulatory demands of pre-pubertal boys and girls exercising under a variety level of environmental conditions. Boys and girls are different in circulatory, temperature, fluid regulation and metabolic responses (Sinclair et al., 2007) as well as in motivation (Sirard et al., 2006). Accordingly, there are some differences in men's and women's responses to heat stress when they are matched by aerobic fitness level. In hot humid conditions women may have a benefit in losing heat because of their larger surface area to body mass ratio. Additionally, in humid males lose the advantage of greater sweat production as the sweat drips and does not vaporize .

4. Acclimatization

When moving to a warmer environment and exercising individuals must allow time to become acclimatized. Heat acclimatization refers to the physiologic adaptive changes that improve heat tolerance. Repeated exposure to hot environments, when combined with exercise can improve capacity for exercise with less discomfort during heat stress. Figure 2.3 shows that 2 to 4 hours daily of heat exposure produce essentially complete acclimatization after 10 days. Acclimatization helps decrease risk of heat illness (McArdle et al., 2006).

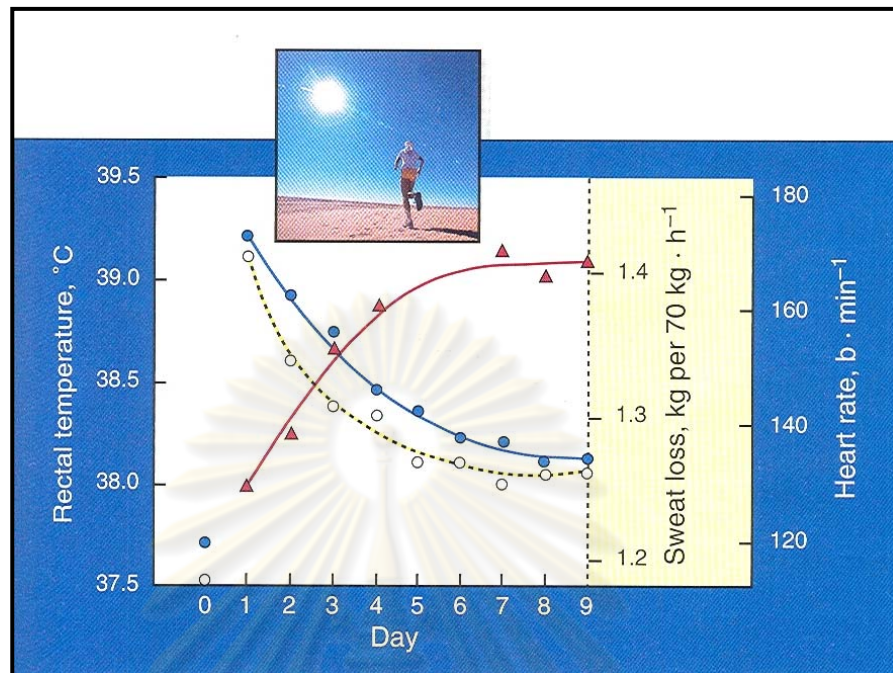


Figure 2.3 Average rectal temperature (o), heart rate (•), and sweat loss (▲) during 100 minutes of daily heat-exercise exposure for 9 consecutive days (McArdle et al, 2006).

Repetitive exposure to hot environments results in the progressive adaptation of several physiological systems to thermal stress. As acclimatization progresses, proportionately large quantities of blood transfer to cutaneous vessels, which facilitates heat exchange from the core to the skin. Optimal acclimatization necessitates adequate hydration. More effective cardiac output distribution maintains blood pressure during exercise; a lowered threshold (earlier onset) for sweating complements this circulatory acclimatization. These responses initiate cooling before internal temperature increase substantially. After 10 days of heat exposure, sweating capacity nearly doubles, and sweat dilutes (less salt lost) and more evenly distributes on the skin surface to facilitate greater cooling. For an acclimatized individual, increased sweat loss elevates the need to rehydrate during and following exercise. A heat acclimatized person exercises with a lower skin and core temperature and heart rate

than an unacclimatized individual because of adjustments in circulatory function and evaporative cooling. Unfortunately, the major benefits of acclimatization to hot environments dissipate within 2 to 3 weeks after return to more temperate conditions (McArdle et al, 2006). Physiological responses to heat stress are summarized in Table 2.2 (Binkley et al., 2002).

Ability to acclimatize is also dependent on age, sex, humidity and physical fitness. For example, children acclimatize more slowly than adults (Sinclair et al., 2007), and may need 8 to 10 exposure (30 to 45 minutes each) to the new environment to adjust appropriately. Although pre-pubertal boys (age 8 - 14 years) display similar physiological responses during heat acclimatization, the acclimatization rate in pre-pubertal children is somewhat slower than adults (Wagner et al., 1972; Inbar et al., 1981). Research has investigated the acclimation of pre-pubertal boys (8 - 14 years) via physical conditioning at 85% HR_{max} under dry heat (43.0 - 49.0°C and 21%RH) and thermoneutral (23°C and 50% RH) environments (Wagner et al., 1972; Inbar et al., 1981) as well as via proposed passive thermal loading (Inbar et al., 1981).

The American Academy of Pediatrics recommends that these exposures be taken once per day. At the beginning of a strenuous exercise program or after traveling to a warmer climate should avoid exercising during the hottest part of day such late morning through afternoon, the intensity and duration of exercise should be limited initially and then gradually increased during a period of 10 to 14 days to accomplish acclimatization to the heat. When such a period is not available, the length of time for participants during practice and competition should be shortened (American Academy of Pediatrics, 2000).

Table 2.2 Physiologic Responses After Heat Acclimatization Relative to Nonacclimatized State (Binkley et al., 2002).

Physiologic Variable	After Acclimatization (10–14 Days' Exposure)
Heart rate	Decreases
Stroke volume	Increases
Body-core temperature	Decreases
Skin temperature	Decreases
Sweat output/rate	Increases
Onset of sweat	Earlier in training
Evaporation of sweat	Increases
Salt in sweat	Decreases
Work output	Increases
Subjective discomfort (rating of perceived exertion [RPE])	Decreases
Fatigue	Decreases
Capacity for work	Increases
Mental disturbance	Decreases
Syncopal response	Decreases
Extracellular fluid volume	Increases
Plasma volume	Increases

5. Exercise training.

Exercise training increases sweating response sensitivity and capacity so sweating begins at a lower core temperature. These beneficial responses relate to the increase in plasma volume that occurs early in endurance training. An increase in plasma volume supports sweat gland function during heat stress and maintains adequate plasma volume to support skin and muscle blood flow demands of exercise. A

trained person stores less heat early during exercise and reaches a thermal steady state at a lower core temperature than an untrained person. Athletes who train and compete in hot weather have a distinct thermoregulatory advantage over those who train in cooler climates but periodically compete in hot environment (McArdle et al., 2006).

The young child is exercising at a greater relative exercise intensity (i.e., percent of peak work, reflected as VO_2 / VO_{2max}) than the adult. For example, Cureton et al. (1997) presented cross-sectional treadmill running data (8 kmh^{-1}) in 3 groups of boys ages 7-10, 11-14, and 15- years. Relative intensities for the three groups were 74.6%, 63.2%, and 61.7 % of VO_{2max} , respectively). In the study by Unnithan and Eston (1990), the relative intensity was 67.3% and 55.7% of VO_{2max} for the boys and men, respectively.

Furthermore, core temperature increases in proportion to intensity of exercise (figure 2.4). If the exercise intensity is higher, the body core temperature will be higher. Therefore, exercise intensity is particularly important for the risk of heat illness. The relative risk of heat illness can be indicated with a percentage of VO_{2max} . The training advantage for thermoregulation occurs only if the individual fully hydrates during exercise (McArdle et al., 2006).

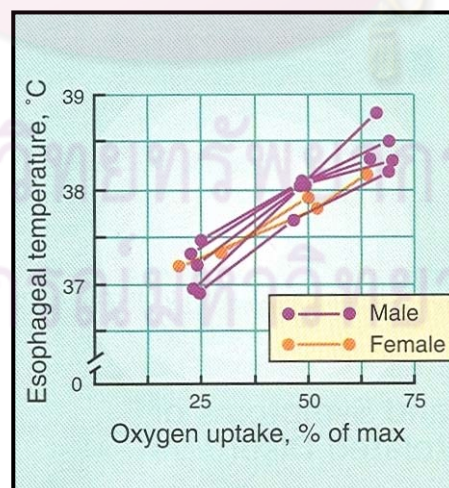


Figure 2.4 Relationship between esophageal temperature and oxygen uptake expressed as a percentage of VO_{2max} (McArdle et al., 2006).

6. Hydration status

Hydration status is another major factor in improving performance and limiting heat illness in the hot environment exercising. Hydration issues can be divided into three main components: 1) pre-exercise 2) exercise and 3) post-exercise hydration. There is a study reporting that lower levels of dehydration with fluid loss up to 2% of bodyweight can result in performance decrements in during exercise (Murray, 2007). Furthermore, dehydration with fluid loss occasionally as high as 6–10% of bodyweight, appears to be one of the most common risk factors for heat illness in patients. Core body temperature has been shown to rise an additional 0.15–0.2 °C for every 1% of bodyweight lost to dehydration during exercise (Coris et al., 2004).

Degree of dehydration during exercise is dictated by fluid intake as well as sweat rate. No experimental data are available regarding maturational differences in thirst drive relative to dehydration thresholds. Limited information suggests, however, that voluntary drinking and dehydration during exercise in the heat is similar in children and adults (Rowland, 2007). A study by Rowland et al. (2008) 8 boys and 8 men consumed an average of 5.1 and 5.3 mlkg⁻¹, respectively, when drinking cool water ad libitum during cycling in 31°C, 50% relative humidity for 30 minutes.

Based on findings in two separate studies, Bar-Or et al. (1980, 1976) suggested that at any given level of dehydration, a child's core temperature rose more rapidly than an adult. Eleven 12-year-old boys cycled with fluid intake at 45% VO_{2max} at 39°C 45% RH (Bar-Or et al., 1980). On the average, core temperature increased by 0.28°C for each 1% increase in weight loss. In the second study, 4 young adults (2 men, 2 women) performed treadmill walking without fluid replacement in 38-39°C of ambient temperature. The rise in core temperature for each 1% increase in weight loss was 0.15°C (Bar-Or et al., 1976).

The boys in the study by Bar-Or, et al. cited above reached dehydration levels of 1- 2% after cycling for 80-100 minutes (Bar-Or et al., 1980). Voluntary drinking amounted to 66% of fluid loss. The authors noted that comparisons with studies in adults

were difficult because of different climatic conditions, exercise protocols, and type of ingested fluid. Illustrating this, Rivera Brown et al. (1999) found that voluntary intake could replace fluid loss of 78% with water intake but over 100% with intake of a glucose/electrolyte solution in 12 boys cycling in 33°C 58% RH with ad libitum drinking.

Furthermore, excessive sweating places demands on the body's fluid reserves. Sweat is over 99% water, with most of the water derived from blood plasma. Hence, sweating reduces blood volume and creates dehydration. If fluids are not replaced, core temperature may rise to dangerous levels. Fluid replacement maintains plasma volume so that circulation and sweating can proceed at optimal levels. For example, 400-600 mL (2-3 standard glasses) of fluid should be consumed at least 30 minutes before and 200-300 mL (1-2 glasses) every 15 minutes during physical activity in hot humid conditions. In events up to 90 minutes, plain cold water is the best fluid to consume. Heavily concentrated salt/sugar solutions should be avoided since they delay water absorption. In prolonged (over 90 minutes) intense exercise in the heat commercially available carbohydrate/electrolyte replacement fluids may improve endurance performance by increasing glucose availability. The optimal concentration for these drinks is considered to be 5-10% as higher concentrations will slow gastric emptying. The thirst mechanism is generally an imprecise guide to water needs as the feeling of thirst is delayed and suppressed during exercise. Fluid intake prior to and following the event combined with regular intake throughout should ensure that fluid losses are completely replaced. Complete rehydration should occur before participation in another event or training session (Heat stress and exercise, 1994).

7. Amount, type, and color of clothing

Many heat-related illnesses can be avoided by using common sense in hot weather. Clothing should be light-weighted, loose-fitting and limited to one layer of absorbent material to facilitate evaporation of sweat. Sweat-saturated garments should be replaced by dry garments. Rubberized sweat suits should never be used to produce loss of weight. In sunlight conditions, light colored clothes should be worn while dark colors absorb light more and add to the radiant heat gain and may be helpful to have an

umbrella and a hat to use as a sunshade to shield small children from the sun (American Academy of Pediatrics, 2000; Coris et al., 2004, McArdle et al., 2006).

8. Convective air currents

Convective air currents is the transfer of heat that results from the movement of air from one location to another, usually as a result of a stream of air produced by thermal convection caused by differences in temperature. Total sweat vaporized from skin depends on convective air currents around the body. Therefore, wind is a component in helping transfer heat from the body to air. If the air velocity is higher, the body core temperature will be lower (McArdle et al., 2006).

9. Radiant heat gain

Radiant heat gain is heat transfers by radiation from the environment directly into the body (McArdle et al., 2006). Since the core temperature is elevated that causes risk of heat illness, exercise training sessions should be avoided during the hottest part of the day (late morning to the afternoon) and to avoid radiant heating from direct sunlight (Hoffman, 2001). Furthermore, many events can be avoided at the time period between 10.00 am to 6.00 pm for the most intense exercise (Werner, 1993; Coris et al., 2004). If this is not possible then the event should be conducted with an expected completion before 8.00 am (morning events) and starting time after 6.00 pm (afternoon events).

10. Relative humidity

Relative humidity is particularly important for exercising in a hot and humid environment. If the relative humidity is higher, the risk of heat illness will be higher. On the other hand, risk can be approximated by utilizing a heat illness risk assessment chart (figure 2.5) with ambient temperature and relative humidity (National Oceanic and Atmospheric Administration, n.d.).

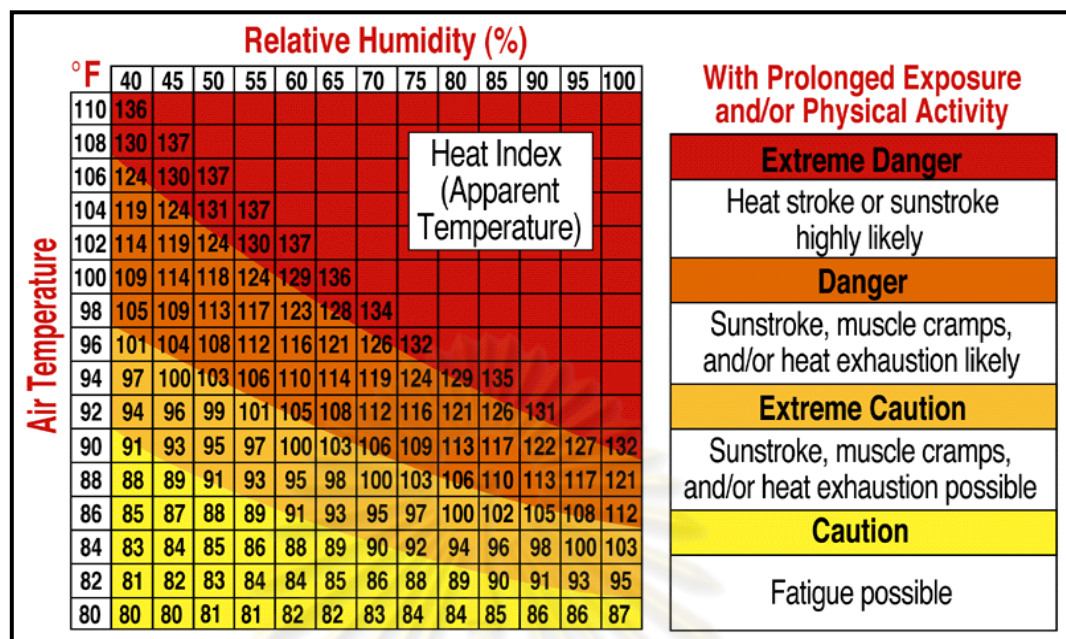


Figure 2.5 Heat Stress Index. Stress on the body relates directly to air temperature and relative humidity (National Oceanic and Atmospheric Administration, n.d.).

Relative humidity is calculated based on wet bulb temperature records by an ordinary mercury thermometer and a thermometer with a wet wick that surrounds the mercury bulb (wet bulb) exposed to rapid air movement in direct sunlight. On a dry day or in case of low relative humidity, significant evaporation occurs from the wet bulb. This creates a cooling effect that maximizes the difference between the two thermometer readings. A small difference between readings indicates high relative humidity whereas a large difference indicates little air moisture and a high rate of evaporation. When relative humidity is high, the ambient water vapor pressure approaches that of the moist skin and evaporation is impeded. The higher humidity hence aggravates an elevation of the core temperature (McArdle et al., 2006).

Several football deaths from heat injury occurred when air temperature dipped below 23.9°C (75°F) but relative humidity exceeds 95% (McArdle et al., 2006). Thus, the intensity of activities that last 15 minutes or more should be reduced whenever

relative humidity, solar radiation, and air temperature are above critical levels. For specific recommendations, cautions with prolonged exposure and/or physical activity in various heat stress indexes. One method of increasing rest periods on a hot day is to substitute players frequently (Howe and Boden, 2007).

Evaluating environmental heat stress

The estimation of the heat stress of the environment aims to abate the amount of possibility of harm caused from heat during exercise. It is suggested by The American College of Sports Medicine (ACSM) that the heat stress should be evaluated to show how severe the heat stress is. Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) index is used for this measurement.

The heat stress of environment can be most precisely forecasted by the above method as shown in figure 2.6 which consists of variables; ambient heat, humidity, and radiant stress from direct sunlight. A formula is illustrated as follows (Yaglou and Minard, 1957; Sandor, 1997; American Academy of Pediatrics, 2000; Howe and Boden, 2007):

$$\text{WBGT index} = 0.7 T_{\text{WB}} + 0.2 T_{\text{BG}} + 0.1 T_{\text{DB}}$$

The wet bulb temperature is represented by T_{WB} . The black globe temperature is shown as T_{BG} while the dry bulb temperature is presented as T_{DB} . The temperature of adiabatic saturation is regarded as the web bulb temperature. The temperature is defined by a moistened thermometer bulb which is uncovered to the air circulation. This level is the minimum temperature reached by the water vapourization. Additional, dry bulb temperature is one of the air properties which is widely used and referred to the air temperature. A normal thermometer is applied to evaluate the airstream meanwhile a regular thermometer with a black metal sphere around the bulb is used to keep the globe temperature. It has an important ability to suck up radiant energy from the environments.

T_{DB} will be equal to T_{BG} when there is no radiant heat load. Then the formula should be (Dukes-Dobos, 1995; Sandor, 1997; Binkley et al., 2002)

$$WBGT \text{ index} = 0.7 T_{WB} + 0.3 T_{DB}$$

		Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity																														
		Temperature (°C)																														
Relative Humidity (%)		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	0	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	27	27	28	28	29	29	30	31	31	32	32
	5	16	16	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33	33	34	35
	10	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	32	33	34	35	36	36	37
	15	17	17	18	19	19	20	21	21	22	23	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	39	
	20	17	18	18	19	20	21	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35	36	37	38	39			
	25	18	18	19	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39						
	30	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39								
	35	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39								
	40	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39									
	45	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	32	33	34	35	36	37	38											
	50	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	39												
	55	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	37	38													
	60	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37	38														
	65	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	36	37	38															
	70	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39															
75	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	35	36	37	39																	
80	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34	36	37	38																		
85	23	24	25	26	28	29	30	31	32	34	35	37	38	39																		
90	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	37	39																			
95	24	25	26	27	29	30	31	33	34	35	37	38																				
100	24	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39																				

Note: This table is compiled from an approximate formula which only depends on temperature and humidity. The formula is valid for full sunshine and a light winds

Figure 2.6 Wet Bulb Globe Temperature from Temperature and Relative Humidity (Howe and Boden, 2007).

It is easy to find the tools used for this measurement as presented in figure 2.7. Anyway, it is quite hard to use if there is no training. WBGT guidelines are available from local weather service. It is very helpful for coaches, athletic directors, and athletic trainers to prepare themselves, especially during hot season.



Figure 2.7 Wet bulb temperature measuring device.

Nevertheless, the humidity is the most significant factor which affects the formula of heat stress. It is advised by the American College of Sports Medicine (ACSM) that the sport events during the time when WBGT is above 28°C (82.4°F) should be postponed or cancelled (Armstrong et al., 1996; Binkley et al., 2002; Cooper et al, 2006; Howe and Boden, 2007). Many possible risks can be found as shown in table 2.3. Besides, Cooper et al. (2006) also discovered that the most of heat-related illnesses occurred during the first 3 weeks of August due to the heat. For instance, football practice or heat cramps was exhibited the greatest illness rate. The category of hazardous risks based on the ACSM Risk Index was also illustrated to show the majority of WBGT Index readings occurring in August practice duration.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 2.3 Risk Categories in Wet Bulb Globe Temperature Readings (Cooper et al., 2006)

Risk Category	Temperature (°C)	Comments
Low risk	< 18	Risk low but still exists on the basis of risk factors
Moderate risk	18 – 23	Risk level increases as event progresses through the day
High risk	23 – 28	Everyone should be aware of injury potential; individuals at risk should not complete
Hazardous risk	> 28	Consider rescheduling or delaying the event until safer conditions prevail; if the event must take place, be on high alert

Furthermore, based on this information, the American Academy of Pediatrics recommends the following for children and adolescents. For specific recommendations, see Table 2.4.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 2.4 Restraints on Activities at Different Levels of Heat Stress. (American Academy of Pediatrics, 2000)

WBGT (°C)	Comments
< 24	All activities allowed, but be alert for prodromes of heat-related illness in prolonged events
24.0 – 25.9	Longer rest periods in the shade; enforce drinking every 15 minutes
26 – 29	Stop activity of unacclimatized persons and other persons with high risk; limit activities of all others (disallow long-distance races, cut down further duration of other activities)
> 29	Cancel all athletic activities

Related studies on exercise in the heat in children

From the impact of exercise in the heat mentioned above, children have lower heat acclimatization and a higher risk of heat illness than adults, which is consistent with the study of children exercising in heated environments (American Academy of Pediatrics, 2000). Accordingly, this leads to studies in comparing physiological responses between both male and female children and adults.

Regarding the study in females, Drinkwater et al. (1997) conducted research about the physiological responses of children and adults exercising in heated environments. In conducting this research Drinkwater and colleagues had subjects walk on a treadmill at approximately 30% VO_{2max} in three environments consisting of 28, 35, and 48°C and relative humidity at 45, 65, and 10%, respectively. The study showed that the cardiovascular response in children and adults were significantly different at all

temperatures. Children had lower stroke index and higher heart rates, thus finishing the walks with a higher rectal temperature. However, there was no difference in cardiac index, mean skin temperature, forearm blood flow, and percent loss in body weight in both children and adults. The authors concluded that marked circulation instability was a primary factor in the lower tolerance level of prepubertal girls to exercise in the heat. Later, in 2006, River-Brown et al. conducted a study on physiological responses in association with exercise tolerance in children and women of similar fitness and heat acclimatization levels during exercise under hot and humid outdoor environments. The subjects performed a cycling session at 60% VO_{2max} in 33°C environment, relative humidity at 55%, and energy drinks were provided periodically to prevent dehydration. The results indicated no differences of thermoregulatory and cardiovascular responses in both groups. Therefore, the authors concluded that dehydration can be prevented if children are acclimatized to heat and are provided with sufficient amount of water.

In the study of the males, Inbar et al. (2004) conducted research, comparing the physiological responses of children and adults undergoing exercise in hot environments. The study compared the thermoregulatory responses in prepubertal boys, adults, and the elderly. In conducting this research, the subjects performed a cycling session at the intensity level of 50% VO_{2max} for 85 minutes (three 20 minutes sessions with three 7 minutes rest periods) in 41°C environment and relative humidity at 21%. The results showed that thermoregulatory responses in the rise of rectal temperatures had no difference between all age groups. Furthermore, it was calculated that prepubertal boys, adults and the elderly required 12.3 ± 0.7 , 6.9 ± 0.9 , 4.1 ± 0.5 watt of heat energy, respectively, to raise their core body temperature by 1°C. In addition, it is concluded that prepubertal boys seem to be the most efficient thermoregulators while the elderly are the least efficient. Later, in 2008, Rowland et al. investigated exercise tolerance and thermoregulatory responses of children and adults while cycling in hot environments. The study was conducted by enduring cycling sessions at 65% VO_{2max} in the temperature of 31°C, relative humidity of 57% and 50% for prepubertal boys and adults, respectively, with sufficient water provided. The results

indicated that there no difference in hydration status between children and adults. In addition, the study failed to reveal any differences in thermoregulatory responses, cardiovascular responses, and exercise tolerance in children and adults. There were no signs of dehydration because both groups had a good hydration status.

Furthermore, in 2007, Bergeron et al. studied thermoregulatory responses during the Boy's 14-year-old National Competitive Tennis Championships. The study aimed to examine core body temperature and sweat loss, as well as pre- and post-play hydration status in the hot environment in singles and doubles matches. The results indicate that rectal temperature increased significantly in the singles match and the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) of the singles and doubles matches went over limit reaching up to 28°C. It was concluded that poor hydration status before each match, would cause an increase in thermal strain. Thus, this can put the player in a risky position of heat illnesses.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHAPTER III

RESEARCH METHODOLOGY

Research design

The present study is of an observational descriptive research design which determined climatic conditions, body temperature, cardiovascular response, and hydration status during outdoor exercise in physical education class in the schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School. The study was approved by the Institutional Review Board, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University (IRB no. 121/52).

Study population and sample

In this study, the target population was students of elementary school in Bangkok. The study population was schoolboys studying in grade 1 to 6 of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School. There were seven classes in each grade and 15-20 boys in each class, therefore made up of 778 schoolboys. The samples were recruited according to the following inclusion criteria and also gave informed consent to participate in the study.

Screening

Subjects of this study were the 1st to 6th grade schoolboys of Chulalongkorn University Demonstration Elementary School in the academic year 2009. The survey was conducted by distributing questionnaire, consent form, assent form and patient information sheets to a total of 778 schoolboys. 496 out of 778 students were permitted by their parents to participate in the survey. However, 39 students did not exercise outdoors during their physical education classes, therefore, only 457 surveys were

collected in this study. Data before and after outdoor exercise in physical education class were recorded only once for each student.

Inclusion Criteria

1. Schoolboys who are studying in grade 1 to 6.
2. The student must do exercise or play sport outdoors during their physical education class.

Exclusion Criteria

1. Children who are sick or injured on the day of the survey or during physical education class.
2. Children who have history of heat-related illness.
3. Disabled children who cannot understand the questionnaire.

Data collection Period

The data were collected during the first and second semesters of the academic year 2009 (July 2009 to September 2009 and November 2009 to February 2010, respectively) during the outdoor sport playing in physical education class between 9.40 am – 3.40 pm (9.40 am-11.40 am and 12.40 pm – 3.40 pm).

Instruments

1. The questionnaire, consent form, assent form and patient information sheet
2. Weight measurement (Yamato DP-6100GP, Yamato scale CO.,LTD, Akashi, Japan) with discrepancy of ± 20 grams
3. Height measuring board
4. Wet bulb temperature measuring devices for wet bulb, dry bulb, and black globe temperature (QUESTEMP 15 °, Quest electronics, U.S.A.)

5. Skinfold Caliper for measurement of skinfold thickness (Lange skinfold caliper, Beta Technology Inc., Cambridge, Maryland)
6. Digital sphygmomanometer (ES-H55, Terumo Corporation, Tokyo, Japan)
7. Ear thermometer (Terumo ear thermometer EM-30CH, Terumo Corporation, Tokyo, Japan)
8. Video camera (Sony Handycam DCR-HC46, Sony Corporation, Tokyo, Japan)
9. Case record form

Parameters

1. Climatic conditions measured by using wet bulb temperature measuring devices: wet bulb globe temperature (WBGT).
 - 1.1 Air temperature
 - 1.2 Relative humidity
2. Activities during physical education class
 - 2.1 Data collection of types and duration of activities during physical education class recorded by using video camera. The intensity of each activity was determined as Metabolic Equivalent of Task (MET) value using the table of MET value for each activity by Ainsworth et al (2000).
3. Subjects
 - 3.1 Demographic data
 - 3.1.1 Body weight
 - 3.1.2 Height
 - 3.1.3 Body mass index (BMI)

3.1.4 Body surface area (BSA)

3.1.5 % Body fat

3.1.6 Physical fitness test

3.2 Physiological changes before and after exercise

3.2.1 Core body temperature measured by using
Infrared temperature sensor for ear temperature

3.2.2 Cardiovascular responses measured by using
digital sphygmomanometer

3.2.2.1 Pulse rate

3.2.2.2 Blood pressure

3.2.3 Hydration status

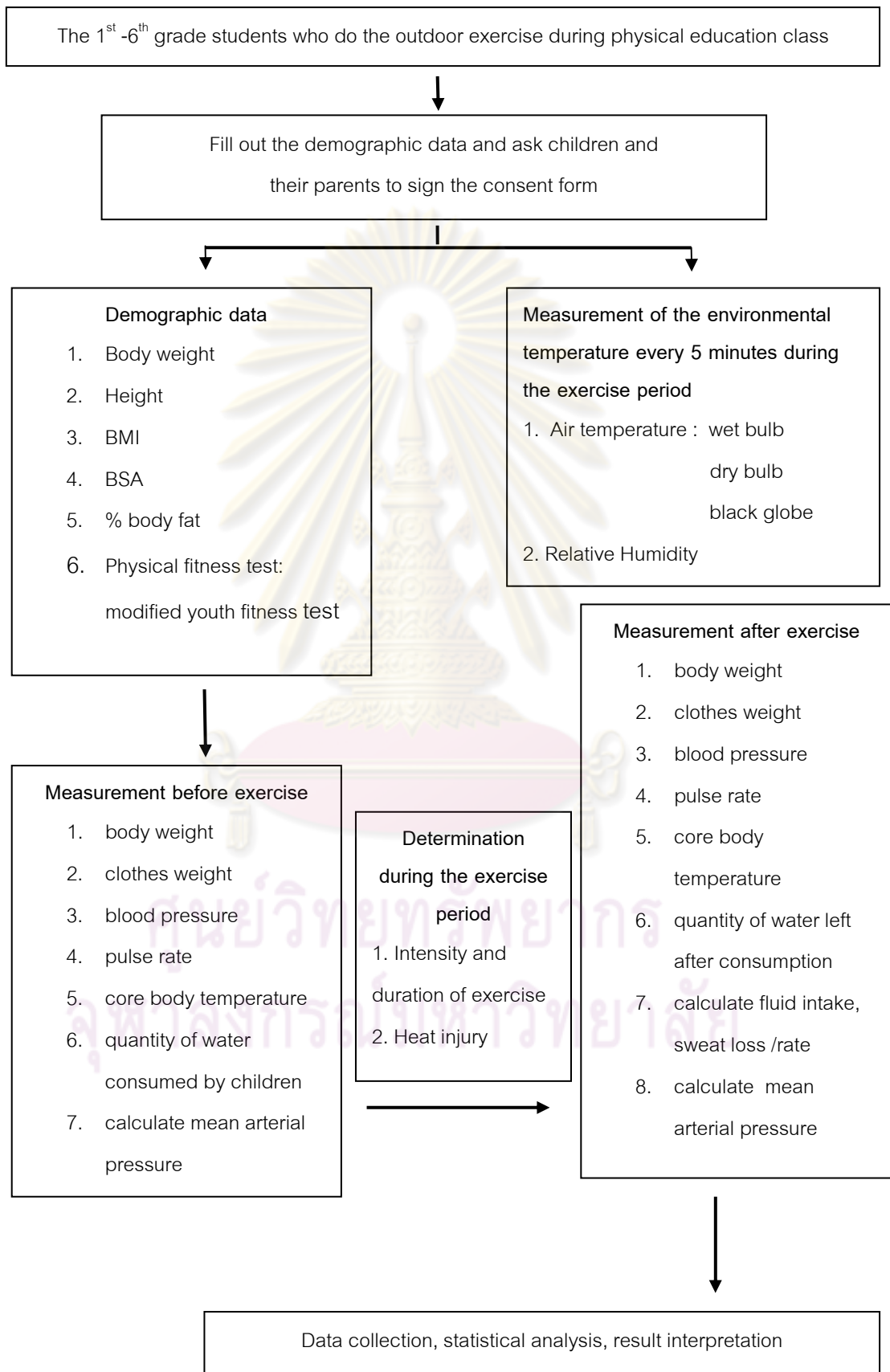
3.2.3.1 fluid intake

3.2.3.2 sweat loss/rate

4. Incidence of heat injury

Data of the students who suffered from heat-related illness were collected. Symptoms and signs were recorded in the incidence report form mild edema in hands, feet and ankles (heat edema), pruritic rash and papulovesicular skin eruption over clothed area (heat rash), painful muscle contractions (heat cramps), loss of postural control, dizziness and generalized weakness (heat syncope), profuse sweating, weakness, clammy skin, dizziness, malaise, fatigue, nausea, vomiting and headache (heat exhaustion) and hot skin with or without sweating, confusion, ataxia, irritability and coma (heat stroke). The image of the event was recorded using video camera to verify the diagnosis by physicians thereafter.

Methods



Procedures

Steps in basic data collection of participants

1. Described the research objectives and methodology to parents.
2. Recorded age and other demographic data by interviewing in order to screen the participants and then ask the parents to sign the consent form.
3. Measured weight with the subject wearing underwear.
4. Measured height.
5. Calculated body mass index (BMI) (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2551)

To calculate BMI, divide the individual's body weight (kg) by the square of his height (m). The unit of the measurement is kg/m^2 . The results were evaluated by using American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance (AAHPERD) Health – Related Physical Fitness Test method.

This is the equation for BMI

$$\text{BMI} = \frac{\text{Mass (kg)}}{(\text{Height (m)})^2}$$

6. Calculated body surface area (BSA) (DuBois and DuBois, 1916)

The BSA is measured or calculated surface of a human body. The unit of the measurement is m^2 .

The equation of DuBois and DuBois for BSA is as follows:

$$\text{BSA (m}^2\text{)} = 0.007184 \times \text{Height(cm)}^{0.725} \times \text{Weight(kg)}^{0.425}$$

7. Skinfold measurements

Using 2-site skinfold measurements at tricep and calf/subscapula (figure 3.1 – 3.3).

7.1. Measurements were done on the right side of the body with the subject standing upright.

7.2. Placed the caliper at 1 to 2 cm away from the thumb and finger.

- a. Perpendicular to the skin fold.
- b. Halfway between the crest and the base of the fold.

7.3. Released the caliper lever so its spring tension is exerted on the skinfold.

7.4. Maintained pinch while reading caliper.

7.5. Read dial on caliper.

- a. Between 1 to 2 seconds after lever has been released.

7.6. Took duplicate measures at each site.

- a. If within 1 or 2 mm took average.
- b. If not within 1 or 2 mm took 3rd measurements.
- c. If still no match, then took average of 2 closest measurements.

7.7. Rotated through measurement sites or allowed time for skin and underlying fat to regain normal texture and thickness.

7.8. An average of measurements was used for further analysis. The percentage body fat was predicted according to the equation for the specific population.

- Boys: Tricep, Calf

$$\text{Equation: } \% \text{Body fat} = 0.735 (\sum 2\text{Skinfolds}) + 1.0$$

- Boys: Tricep, Subscapula (use when $\sum 2\text{Skinfolds} > 35$)

$$\text{Equation: } \% \text{Body fat} = 0.783 (\sum 2\text{Skinfolds}) + 1.6$$

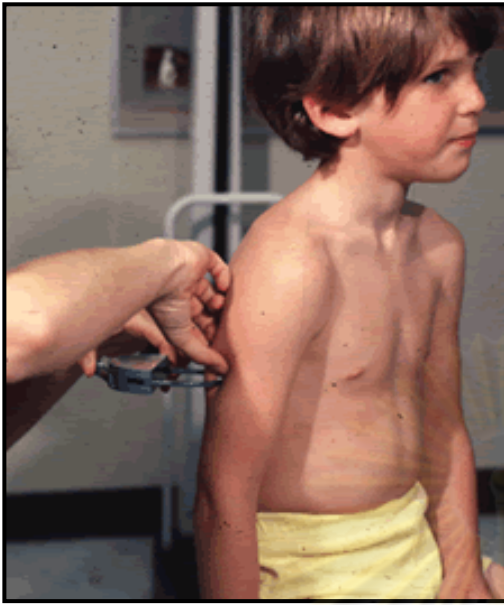


Figure 3.1 Tricep skinfold measurement.



Figure 3.2 Calf skinfold measurement.



Figure 3.3 Subscapula skinfold measurement.

8. Determined physical fitness test by using modified youth fitness test

Table 3.1 Physical fitness test (ฉัตรชัย ยังพลจันทร์, 2551)

Fitness component	1 st – 6 th grade student (aged 6-12 year-old)
Cardiorespiratory endurance	Harvard Step – Test
Muscle strength and endurance	30 seconds Sit-up Test Flexed Arm Hang Test
Flexibility	Sit and reach

1) Harvard Step – Test



Figure 3.4 Harvard Step – Test

Procedure

1. The subject practices how to step up and down before the test as follows:
 - Lift the first leg onto step bench.
 - Raise the body and the second leg onto the box.
 - Lower the body by stepping down to floor with the first leg.
 - Return the second leg down to the floor.
2. When the subject is ready, the assistant gives a sign to start the test.

3. The subject steps up and down on a platform at a height of about 30 cm. Do it as fast as possible until 5 minutes.
 4. The subject immediately sits down on completion of the test.
 5. Record pulse rate in beat per min immediately after finishing the test and one minute later.
- 2) 30 seconds Sit-up Test of International Committee for the Standardization of Physical Fitness Tests (ICSPFT)



Figure 3.5 30 seconds Sit-up Test

Procedure

1. A subject lies supine on a mattress or a flat surface, feet are 30 cm away from each other with knees bending 90 degrees. Hands cross over the chest.
2. An assistant sits between the subject's feet and anchors the feet to the floor.
3. When the subject is ready, the assistant gives a sign to start the test.
4. The subject raises the trunk in a smooth motion, keeping the arms in position, curling up to touch their hands or the chest to the knees. The trunk is lowered back to the floor so that the shoulder blades or upper back touched the floor. Do it as fast as possible in 30 seconds.
5. Record number of correctly performed sit ups in 30 seconds.

3) Flexed arm hang Test of International Committee for the Standardization of Physical Fitness Tests (ICSPFT)



Figure 3.6 Flexed Arm Hang Test

Procedure

1. The subject stands on the bench near the single bar and catches the bar.
2. Position the body with pronated (palms facing away from body) shoulder width apart grip, the arms flexed and the chin clearing the bar.
3. When the subject is ready, the assistant gives a sign to start the test and put out the bench.
4. The subject flexes arm hang, holds chin above the bar and attempt to hold this position for as long as possible.
5. Record time in second and two decimal places.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 4) Sit and reach of American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance (AAHPERD) Health – Related Physical Fitness Test

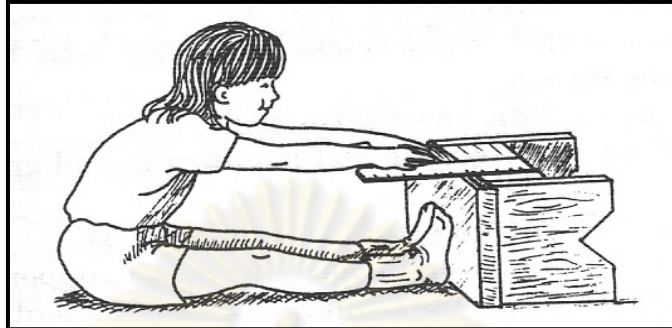


Figure 3.7 Sit and Reach

Procedure

1. A sit and reach box is placed on the flat and smooth surface.
2. A subject sits on the floor with legs stretched out and straight ahead. The soles of the feet are placed flat against the box. Both knees should be locked and pressed flat to the floor.
3. With the palms facing downwards, and the hands on top of each other or side by side, the subject reaches forward along the measuring line as far as possible.
4. Record the distance in cm. If the tips of middle fingers stretches through the tips of feet then record data with negative value, if not then record data with positive value.

Before exercise period

1. Measured body weight with the wearing underwear by using Yamato DP-6100GP (figure 3.8).



Figure 3.8 Measurement of body weight

2. A 600-ml bottle of water, to which name batch was attached, was provided for each student to determine the amount of water consumed during exercise period.

3. Measured blood pressure by using digital sphygmomanometer.

- Systolic blood pressure was the blood pressure when the heart is contracting. It is specifically the maximum arterial pressure during contraction of the left ventricle of the heart. The time at which ventricular contraction occurs is called systole.

- Diastolic blood pressure is specifically the minimum arterial pressure during relaxation and dilatation of the ventricles of the heart when the ventricles fill with blood.

- Mean arterial pressure is a term used in medicine to describe an average blood pressure in an individual. It is defined as the average arterial pressure during a single cardiac cycle. It can be approximately determined from measurements of the systolic blood pressure and the diastolic blood pressure while there is a normal resting heart rate. MAP is calculated from the following equation:

$$\text{MAP} = \text{diastolic blood pressure} + \frac{1}{3} (\text{systolic blood pressure} - \text{diastolic blood pressure})$$

4. Measured the pulse rate by digital sphygmomanometer.
 - Pulse rate is the number of pulsations noted in a peripheral artery per unit of time.
5. Measured the core body temperature by measuring ear temperature using Terumo ear thermometer EM-30CH.

During exercise period

1. Students exercised outdoors during their physical education classes from 9.40 am – 3.40 pm.
2. Students were allowed to drink water provided. Urine output was also determined.
3. The students were observed for symptoms and signs that may relate to heat illness. The video image of the event was also recorded.
4. The image of subject's activities during the exercise period was recorded by using video camera. Exercise intensity was further assessed by using the table of MET value for each activity.
5. Recorded the duration of the exercise.

After exercise period

1. Measured the blood pressure and pulse rate immediately after exercise (McArdle et al., 2006).
2. Measured the core body temperature within 5 minutes after exercise (Bergeron et al., 2007).

3. Measured the body weight with the subject wearing underwear and wiping out the sweat.

4. Measured the amount of water left to calculate fluid intake during exercise. Collect urine output. Then calculated the body fluid balance as follows:

- Fluid intake = the amount of water consumed during the exercise
- Sweat loss = Pre-exercise body weight + total fluid intake - post-exercise body weight – urine output
= the change in body weight + total fluid intake – urine output
- Sweat rate = sweat loss per unit of time

This calculation does not take into account weight loss due to irreversible fuel oxidation and respiratory fluid loss, since it was assumed that these would not differ between trials.

Measurement of climatic conditions

The weather conditions were measured every 5 minutes during physical education classes which were conducted between 9.40 am to 11.40 am and 12.40 pm to 3.40 pm.

1. Environmental temperature measurement by using wet bulb temperature measuring devices (QUESTEMP 15 ° Heat Stress Monitor)
 - Wet bulb (WB)
 - Dry bulb (DB)
 - Black globe (GT)
2. Wet bulb globe temperature was calculated using heat stress index equation

$$\text{Heat stress index} = 0.7\text{WB} + 0.2\text{GT} + 0.1\text{DB}$$

3. Relative humidity was determined using values of wet bulb, dry bulb, saturated vapour pressure (SVP)

Relative humidity is the ratio of partial vapour pressure (P) and saturated vapour pressure (P_{sat}) at ambient temperature. Relative humidity was calculated from the equation as follows:

$$RH = \frac{P}{P_{sat}}$$

If humidity is to be determined by dry- and wet-bulb temperatures (T_d and T_w , respectively; Celcius scale), partial vapour pressure is calculated by (at ambient pressure 1 atm):

$$P = P_{sat,w} - 66.87 (1 + 0.00115 T_w)(T_d - T_w)$$

where $p_{sat,w}$ is saturated vapour pressure at the wet-bulb temperature. Finally, saturated vapour pressure at dry-bulb temperature (i.e. normal ambient temperature) must be calculated, and the pressure ratio gives relative humidity.

Saturated water vapour pressure in air; empirical relation:

$$P_{sat} = 610.7 \cdot 10^{7.5 T / (237.3 + T)}$$

Temperature T in Celcius [= {Kelvin} - 273.15]); validity range roughly 0-80°C.

Data Analysis

1. Quantitative data were expressed as means \pm standard deviation. Cardiovascular responses and change in body weight were presented as percent change.

2. Data analysis before and after the exercise period was compared as follows:

- body temperature
- pulse rate
- blood pressure
- body weight
- clothes weight

Paired T-test was used if the data were normally distributed, but if not, Wilcoxon Signed Ranks Test was used.

3. The differences between the first and second semesters on climatic conditions, body temperature and cardiovascular response were determined by the unpaired t-test.

4. Correlations was done on data point; WBGT and exercise duration was done in schoolboys of whom core temperature reach 38°C.

Normality of distribution was investigated using the Kolmogorov-Smirnov test. An alpha level of 0.05 was used to determine statistical significance. All statistical analyses were performed using Statistic Package for the Social Sciences (SPSS for Windows version 17.0, Chicago, IL, USA).

CHAPTER IV

RESULTS

Characteristics of Subject

A total of 457 schoolboys at Chulalongkorn University Demonstration Elementary School participated in this study. Baseline characteristics of the subjects and physical fitness test are shown in table 4.1 and 4.2, respectively.

Table 4.1 Baseline characteristics of the subjects (N=457)

Characteristics	Total (n=457)	Range (max - min)
Age (years)	8.38 ± 1.56	5.58 – 11.92
Weight (kg)	30.81 ± 9.39	15.50 – 65.80
Height (cm)	130.72 ± 10.45	107.50 – 159.10
Body Mass Index (BMI) (kg/m ²)	17.68 ± 3.35	12.04 – 29.78
Body Surface Area (BSA) (m ²)	1.05 ± 0.19	0.68 – 1.66
Body Surface Area/body weight (m ² /kg)	0.035 ± 0.004	0.024 – 0.044
% body fat	21.14 ± 9.16	5.41 – 60.06

Values are mean ± S.D.

Table 4.2 Physical fitness test of the subjects

Physical fitness test	Number of subjects	Average	Range
Harvard Step – Test (beat/min)	114	145.30 ± 31.26	64 - 248
Sit-up 30 second (repetitions)	401	13.99 ± 6.08	0-35
Flexed Arm Hang (second)	263	39.08 ± 33.26	0-220
Sit and reach (cm)	401	2.42 ± 5.43	(-16)-21

Values are mean ± S.D.

Assessment of body weight in proportion to weight and height with normal standard revealed that schoolboys were overweight by 28% (128/457) (table 4.3).

Table 4.4 presents physical fitness assessment results of schoolboys in grades 1 to 6.

Table 4.3 Assessment of body weight for schoolboys in grades 1 to 6

Grade	1	2	3	4	5	6	Total
Body composition							
Underweight	2	3	2	1	1	1	10 (2.19%)
Normal	89	58	63	48	45	16	319 (69.80%)
Overweight	17	28	23	24	22	14	128 (28.01%)
Total	108	89	88	73	68	31	457 (100%)

Table 4.4 Assessment of physical fitness for schoolboys in grades 1 to 6

Grade	1	2	3	4	5	6	Total
Physical fitness test							
• Harvard Step-test							
Poor	36	12	0	0	0	0	48 (42.11%)
Fair	19	12	0	0	0	0	31 (27.19%)
Average	15	8	0	0	0	0	23 (20.18%)
Good	0	6	0	0	0	0	6 (5.26%)
Excellent	0	6	0	0	0	0	6 (5.26%)
• Number of subjects	70	44	0	0	0	0	114 (100.00%)
• Sit-up 30 seconds							
Poor	14	2	7	0	0	0	23 (5.74%)
Fair	16	19	6	9	10	9	69 (17.21%)
Average	36	48	12	30	29	9	164 (40.90%)
Good	24	16	6	15	17	8	86 (21.45%)
Excellent	18	4	1	19	12	5	59 (14.71%)
• Number of subjects	108	89	32	73	68	31	401 (100.00%)
• Flexed arm hang							
Poor	23	12	0	12	0	0	47 (17.87%)
Fair	49	19	0	15	0	0	83 (31.56%)
Average	22	10	0	14	0	0	46 (17.49%)
Good	8	19	0	9	0	0	36 (13.69%)
Excellent	6	22	0	23	0	0	51 (19.39%)
• Number of subjects	108	82	0	73	0	0	263 (100.00%)
• Sit and reach							
Poor	8	5	1	9	11	2	36 (8.98%)
Fair	14	10	9	15	11	6	65 (16.21%)
Average	22	35	20	25	31	14	147 (36.66%)
Good	32	33	2	16	12	7	102 (25.44%)
Excellent	32	6	0	8	3	2	51 (12.72%)
• Number of subjects	108	89	32	73	68	31	401 (100.00%)

Climatic conditions

All subjects performed the study at ambient temperature of 33.56 ± 2.55 °C with relative humidity of 54.15 ± 8.12 % and WBGT of 28.87 ± 2.35 °C. The subjects were divided into 2 groups; the first group was collected data in the first semester during July 2009 to September 2009 for 37 period classes (late morning 9 days (10 period classes) and afternoon 21 days (27 period classes)). The second group was collected data in the second semester from November 2009 to February 2010 for 72 period classes (late morning 27 days (40 period classes) and afternoon 26 days (32 period classes)). The climatic conditions of outdoor exercise in physical education classes are shown in table 4.5. The WBGT and relative humidity of both semesters were 29.95 ± 1.87 °C, 28.87 ± 2.35 °C, $58.74 \pm 7.70\%$ and $51.79 \pm 7.32\%$, respectively. The result found that WBGT of first semesters was above 29 °C which was higher than the American Academy of Pediatrics recommendation. There were statistically significant differences in WBGT and relative humidity between semesters.



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4.5 Mean \pm SD of climatic conditions during exercise in physical education class.

Climatic conditions	Semesters						Average Day Temperature Throughout Academic year	p-value
	1 (July-September)			2 (November-February)				
	Late Morning	Afternoon	Average	Late Morning	Afternoon	Average		
Wet bulb ($^{\circ}\text{C}$)	26.62 \pm 0.52	27.33 \pm 1.18	27.14 \pm 1.09	25.18 \pm 2.19	24.99 \pm 2.19	25.10 \pm 2.18	25.79 \pm 2.11	< 0.001*
Dry bulb ($^{\circ}\text{C}$)	33.19 \pm 1.86	34.49 \pm 2.76	34.14 \pm 2.59	32.83 \pm 2.59	33.82 \pm 2.29	33.27 \pm 2.49	33.56 \pm 2.55	0.096
Black globe ($^{\circ}\text{C}$)	37.05 \pm 3.65	38.08 \pm 5.38	37.8 \pm 4.95	37.25 \pm 4.98	37.79 \pm 4.16	37.49 \pm 4.61	37.60 \pm 4.71	0.752
WBGT ($^{\circ}\text{C}$)	29.37 \pm 1.23	30.17 \pm 2.03	29.95 \pm 1.87	28.28 \pm 2.46	28.37 \pm 2.33	28.32 \pm 2.39	28.87 \pm 2.35	< 0.001*
Relative Humidity (%)	60.18 \pm 7.97	58.21 \pm 7.68	58.74 \pm 7.70	54.14 \pm 7.45	48.86 \pm 6.07	51.79 \pm 7.32	54.15 \pm 8.12	< 0.001*

Compared the climatic conditions between the first and second semesters using Unpaired t- test Statistics.

* Significant difference between both semesters of climatic conditions, $P < 0.05$

Cardiovascular response

Cardiovascular responses before and after exercise in physical education classes demonstrated a statistically significant increase. Percent change in systolic blood pressure, diastolic blood pressure, mean arterial pressure and pulse rates increased up to 16.00%, 21.59%, 19.06% and 22.05%, respectively (table 4.6).



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4.6 Mean \pm SD of cardiovascular response before and after exercise in physical education class.

Cardiovascular response	Semester 1 (n=175)				Semester 2 (n=282)				Average (n=457)				
	Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference	% change	Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference	% change	Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference	% change	p-value
Systolic Blood Pressure (mmHg)	103.67 \pm 14.37	122.05 \pm 13.35	18.38	17.73	106.88 \pm 15.14	122.86 \pm 13.55	15.98	14.95	105.65 \pm 14.92	122.55 \pm 13.47	16.90	16.00	< 0.001*
Diastolic Blood Pressure (mmHg)	63.08 \pm 9.69	77.19 \pm 13.84	14.11	22.37	63.67 \pm 11.60	77.12 \pm 13.08	13.44	21.11	63.45 \pm 10.91	77.15 \pm 13.36	13.70	21.59	< 0.001*
Mean Arterial Pressure (mmHg)	76.61 \pm 9.49	92.14 \pm 11.26	15.54	20.28	78.08 \pm 10.99	92.36 \pm 11.67	14.29	18.30	77.51 \pm 10.46	92.28 \pm 11.50	14.77	19.06	< 0.001*
Pulse Rate (beat/min)	91.30 \pm 13.40	111.04 \pm 14.16	19.74	21.62	90.08 \pm 15.03	110.19 \pm 15.27	20.11	22.32	90.55 \pm 14.42	110.52 \pm 14.84	19.97	22.05	< 0.001*

Compared the cardiovascular response before and after exercise in physical education classes throughout academic year using Paired t- test Statistics.

* Significant difference before and after exercise of cardiovascular response, $P < 0.05$

Thermoregulatory response

Mean differences of core temperature was increased by 0.66 ± 0.41 °C from 36.48 ± 0.37 to 37.14 ± 0.42 °C which are shown in table 4.7. In addition, there were only 20 schoolboys whose core body temperatures reached up to 38 °C. This accounts for 4.38% of all subjects. Among these include 7 schoolboys in the afternoon in the first semester and 13 schoolboys in the second semester (3 schoolboys in late morning, 10 schoolboys in the afternoon) in 13 period classes (10 days). Core body temperature of these boys was increased 1.37 ± 0.45 °C from 36.78 ± 0.44 °C to 38.15 ± 0.20 °C.

Table 4.8 shows data of 20 schoolboys whose core temperatures rose above 38 °C after outdoor exercise in physical education class.

Table 4.9 presents number of subjects whose core temperature rose above 38 °C after outdoor exercise in physical education class. Classified according to factors affecting heat tolerance.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4.7 Mean \pm SD of thermoregulatory response before and after exercise in physical education class.

	Semester 1 (n=175)			Semester 2 (n=282)			Average (n = 457)		
	Pre-Exercise	Post-exercise	Mean difference	Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference	Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference
Late morning	36.47 \pm 0.28	37.09 \pm 0.32	0.62 \pm 0.34	36.42 \pm 0.35	37.05 \pm 0.44	0.63 \pm 0.38	36.43 \pm 0.33	37.06 \pm 0.41	0.63 \pm 0.37
Afternoon	36.54 \pm 0.34	37.20 \pm 0.42	0.66 \pm 0.44	36.50 \pm 0.43	37.21 \pm 0.43	0.72 \pm 0.43	36.52 \pm 0.39	37.21 \pm 0.42	0.69 \pm 0.43
Average	36.52 \pm 0.33	37.17 \pm 0.39	0.65 \pm 0.42	36.46 \pm 0.39	37.13 \pm 0.44	0.67 \pm 0.40	36.48 \pm 0.37	37.14 \pm 0.42	0.66 \pm 0.41

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4.8 Data of 20 schoolboys whose core temperature of 38 °C or greater after outdoor exercise in physical education class.

Subjects	Grade	Semester	Body weight	Physical fitness				Exercise period	WBGT (°C)	Core temperature (°C)			Exercise duration (min)		Physical activity intensity (sport)	Fluid intake (mL)
				Cardiorespiratory endurance (Step- test)	Muscle strength and endurance		Flexibility (Sit and reach)			Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference	Skill practice	Sport playing		
					Sit-up	Flexed arm hung										
1	5	1	Overweight	-	Average	-	Fair	Afternoon	33.45	36.5	38.1	1.60	25.95	0	Mild	0
2	5	1	Normal	-	Average	-	Fair	Afternoon	33.45	36.6	38.3	1.70	24.28	0	Mild	0
3	5	1	Overweight	-	Good	-	Average	Afternoon	33.45	36.6	38.1	1.50	24.42	0	Mild	0
4	5	1	Overweight	-	Average	-	Poor	Afternoon	31.29	36.7	38.0	1.30	40	6.83	Moderate	158
5	5	1	Normal	-	Average	-	Average	Afternoon	31.29	36.3	38.0	1.70	40	5.42	Moderate	340
6	5	1	Normal	-	Average	-	Fair	Afternoon	33.58	36.3	38.4	2.10	24.62	0	Mild	0
7	6	1	Overweight	-	Excellent	-	Good	Afternoon	31.00	36.7	38.4	1.70	0	25	Vigorous	0
8	1	2	Normal	Average	Poor	Good	Good	Afternoon	26.07	37.7	38.0	0.30	0	17.68	Moderate	0
9	2	2	Normal	-	Average	Excellent	Fair	Afternoon	27.76	37.1	38.1	1.00	14.53	4.13	Vigorous	0
10	2	2	Normal	-	Average	Good	Average	Afternoon	27.76	36.8	38.0	1.20	12.92	6.33	Vigorous	0

Subjects	Grade	Semester	Body weight	Physical fitness				Exercise period	WBGT (°C)	Core temperature (°C)			Exercise duration (min)		Physical activity intensity (sport)	Fluid intake (mL)
				Cardiorespiratory endurance (Step- test)	Muscle strength and endurance		Flexibility (Sit and reach)			Pre-exercise	Post-exercise	Mean difference	Skill practice	Sport playing		
					Sit-up	Flexed arm hung										
11	1	2	Overweight	Poor	Poor	Fair	Fair	Afternoon	25.49	37.4	38.0	0.60	0	23.45	Moderate	0
12	1	2	Overweight	Poor	Good	Average	Good	Afternoon	25.63	37.8	38.7	0.90	21.8	0	Mild	0
13	5	2	Normal	-	Excellent	-	Excellent	Afternoon	27.53	36.5	38.0	1.50	40	0	Mild	0
14	4	2	Overweight	-	Average	Fair	Poor	Late morning	29.64	36.7	38.2	1.50	26.2	11.63	Vigorous	0
15	4	2	Normal	-	Excellent	Excellent	Fair	Late morning	29.86	36.4	38.4	2.00	20.47	17.37	Vigorous	0
16	3	2	Normal	-	Average	-	Average	Afternoon	30.58	36.8	38.0	1.20	24.067	11.67	Vigorous	0
17	3	2	Overweight	-	Poor	-	Average	Afternoon	30.58	36.1	38.0	1.90	24	11.67	Vigorous	0
18	3	2	Overweight	-	-	-	-	Afternoon	30.58	36.8	38.0	1.20	25.083	11.67	Vigorous	0
19	3	2	Normal	-	-	-	-	Afternoon	30.58	36.7	38.0	1.30	25.083	11.67	Vigorous	0
20	1	2	Normal	Poor	Good	Average	Good	Late morning	27.97	37.0	38.2	1.20	0	8.82	Vigorous	0
Total									29.88 ± 2.61	36.78 ± 0.44	38.15 ± 0.20	1.37 ± 0.45	25.84 ± 7.98	12.38 ± 6.41		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4.9 Number of subjects whose core temperature rose above 38 °C after outdoor exercise in physical education class. Classified according to factors affecting heat tolerance.

	Number of Subjects
<ul style="list-style-type: none"> • WBGT - < 29°C - > 29°C 	 7 13
<ul style="list-style-type: none"> • Body weight - overweight - normal 	 9 11
<ul style="list-style-type: none"> • Hydration status - not consume water - consume water 	 18 2
<ul style="list-style-type: none"> • Exercise intensity - vigorous (football) - moderate (Chairball, Athletic) - mild (skill practice) 	 10 4 6
<ul style="list-style-type: none"> • Exercise period - late morning - afternoon 	 3 17

	Number of Subjects
• Physical fitness	
Harvard step-test (n=4)	
- poor	3
- fair	0
- average	1
- good	0
- excellent	0
Sit-up 30 seconds (n=18)	
- poor	3
- fair	0
- average	9
- good	3
- excellent	3
Flexed arm hang (n=8)	
- poor	0
- fair	2
- average	2
- good	2
- excellent	2
Sit and reach (n=18)	
- poor	2
- fair	6
- average	5
- good	4
- excellent	1

Hydration status

The fluid loss was measured before and after exercise in physical education classes which is shown in table 4.10.

Table 4.11 presents that hydration status was measured during outdoor exercise in physical education class in 18 schoolboys. Ten students were 5th graders. Seven students were 6th graders. One student was 4th graders. Nevertheless, 2 schoolboys with core body temperature as high as 38 °C drank water in the amount of 158 and 340 mL during outdoor exercise in the afternoon. The two students were 5th graders.

Table 4.12 shows mean and standard deviation of percent change in body weight after outdoor exercise in physical education classes. The body weight decreased $0.63 \pm 0.26\%$. There were two schoolboys (grade 1st and 4th graders) whose body weight diminished 2.10% in the late morning in the second semester. The 4th grade student drank water of 208 mL during his physical education class.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4.10 Mean \pm SD of fluid loss before and after exercise in physical education class.

Hydration Status	Semester 1			Semester 2			Average
	Late Morning (n=49)	Afternoon (n=126)	Total (n=175)	Late Morning (n=154)	Afternoon (n=128)	Total (n=282)	
Sweat rate (mL/hr)	370.07 \pm 182.15	483.06 \pm 232.33	451.42 \pm 224.76	358.05 \pm 169.59	348.63 \pm 114.91	353.77 \pm 147.14	391.16 \pm 182.69
Sweat loss (mL)	165.31 \pm 86.73	208.13 \pm 101.02	196.14 \pm 98.89	193.88 \pm 91.19	198.82 \pm 76.20	196.13 \pm 84.60	196.13 \pm 90.23
Change in Body weight (kg)	0.17 \pm 0.09	0.18 \pm 0.08	0.18 \pm 0.09	0.19 \pm 0.08	0.20 \pm 0.08	0.20 \pm 0.08	0.19 \pm 0.08
Urine (mL)	0	0	0	0	0	0	0

Table 4.11 Hydration status of the 18 schoolboys who consumed water during outdoor exercise in physical education class.

Core temperature	Grade	Semester	Exercise period	Fluid intake (mL)	Sweat rate (mL/hr)	Sweat loss (mL)
< 38°C (n=16)	5	1	Afternoon	207	923.95	357
	5	1	Afternoon	130	465.86	180
	5	1	Afternoon	130	465.86	180
	5	1	Afternoon	282	729.85	282
	5	1	Afternoon	242	626.32	242
	6	1	Afternoon	296	333.11	446
	6	1	Afternoon	172	165.88	222
	6	1	Afternoon	270	425.73	570
	6	1	Afternoon	90	297.14	390
	6	1	Afternoon	411	346.98	461
	6	1	Afternoon	160	231.54	310
	6	1	Afternoon	251	266.98	351
	5	1	Afternoon	140	453.33	340
	5	1	Afternoon	75	289.28	225
	5	1	Afternoon	270	620.69	470
		4	2	Late morning	208	1391.35
> 38°C (n=2)	5	1	Afternoon	158	330.54	258
	5	1	Afternoon	340	647.33	490
Average				212.89 ±	500.65 ±	368.44 ±
				89.65	296.34	166.94

Table 4.12 Mean \pm SD of the percent change in body weight after outdoor exercise in physical education class.

Period	Semesters		Average (n=457)
	1 (n=175) (July-September)	2 (n=282) (November-February)	
Late Morning (%)	0.54 \pm 0.23 (0.00 – 1.09)	0.69 \pm 0.27 (0.27 – 2.10)	0.65 \pm 0.27
Afternoon (%)	0.51 \pm 0.23 (0.00 – 1.69)	0.70 \pm 0.22 (0.18 – 1.56)	0.61 \pm 0.25
Average	0.52 \pm 0.23	0.70 \pm 0.25	0.63 \pm 0.26

Exercise duration and intensity

Table 4.13 shows the mean and standard deviation of the exercise duration and intensity in physical education class. Duration of physical education class was 31.97 \pm 11.10 (10.13 - 80.33) minutes. Duration and intensity of physical activity consist of before skill practice, skill practice (24.11 \pm 11.04 min, < 3 MET) and sport playing (11.48 \pm 5.53 min, 2.5-9 MET).

Table 4.14 presents the intensity of sport determined as Metabolic Equivalent of Task (MET) during physical education class.

Table 4.15 demonstrates the number of subjects classified in terms of level of intensity of physical activity (sport playing).

Table 4.13 Mean \pm SD of the exercise duration and intensity in physical education class

Physical activities	Semester 1		Semester 2		Average duration (min)	Intensity (MET)
	Duration (min)	Number of subjects	Duration (min)	Number of subjects		
Before skill practice						< 3
Warm Up (Stretching)	4.35 \pm 1.32	26	5.54 \pm 2.92	23	4.91 \pm 2.27	
Attending lecture	8.41 \pm 6.21	30	10.14 \pm 6.25	147	9.85 \pm 6.26	
Preparation for skill or exercise	0	0	5.20 \pm 5.24	70	5.20 \pm 5.24	
Skill practice	23.28 \pm 12.68	165	24.72 \pm 9.64	226	24.11 \pm 11.04	< 3
Sport playing	11.35 \pm 6.63	73	11.53 \pm 5.02	175	11.48 \pm 5.53	2.5-9
Duration of Physical education class	28.78 \pm 13.64	175	33.96 \pm 8.63	282	31.97 \pm 11.10	

Table 4.14 The intensity of sport in physical education class (Ainsworth et al., 2000)

Grade	Semester 1		Semester 2		Range
	Sport	MET	Sport	MET	
1	Basic movement activities	3	Chairball: player pitcher catcher-king Football: player goalkeeper	6 5 2.5 9 5	2.5-9
2	Chairball: player pitcher catcher-king	2.5 5 6	Football: player goalkeeper	9 5	2.5-9
3	Chairbasketball: player pitcher catcher-king	7 5 2.5	Chairbasketball: player pitcher catcher-king Mini rugby Football: player goalkeeper Athletic	7 5 2.5 6 9 5 6	2.5-9
4	Chairbasketball : player pitcher catcher-king	7 5 2.5	Handball: player goalkeeper Football: player goalkeeper Athletic petanque	8 5 9 5 6 4	2.5-9
5	Handball: player goalkeeper Athletic Football: player goalkeeper	8 5 6 9 5	Handball: player goalkeeper Athletic Football: player goalkeeper	8 5 6 9 5	5-9
6	Football: player goalkeeper Handball: player goalkeeper	9 5 8 5	Football: player goalkeeper	9 5	5-9

Table 4.15 The number of subjects classified in terms of intensity level of physical activity (sport playing).

Intensity of physical activity	Semester 1 (n=175)		Semester 2 (n=282)		Total (n=457)	
	Late Morning	Afternoon	Late Morning	Afternoon	Late Morning	Afternoon
Mild (< 3 MET)	28	76	65	49	93	125
Moderate (3-6 MET)	14	27	22	29	36	56
Vigorous (> 6 MET)	7	23	67	50	74	73
Total	49	126	154	128	203	254

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHAPTER V

DISCUSSION AND CONCLUSION

Discussion

The purpose of this study was to determine climatic conditions, body temperatures, cardiovascular responses, and hydration status as well as the incidence of heat illnesses during outdoor exercises in physical education classes of 457 schoolboys of the Chulalongkorn University Demonstration Elementary School. The study was conducted during the first (July-September) and second (November-February) semesters of the academic year 2009.

In the present study, it was found that children are aged about 8.38 ± 1.56 years (5.58-11.92 years), BMI 17.68 ± 3.35 kg/m², BSA 1.05 ± 0.19 m² and BSA/BW 0.035 ± 0.004 m²/kg. Approximately 28% (128/457) of the schoolboys are overweighted, most of whom are the 3rd – 6th graders. The subjects in this study are of primary school age. Some are prepubertal boys. The average age and body surface area per body mass ratio (BSA/BW) of the subjects are nearly the same as those of other studies. According to the studies of Inbar et al. (2004), Rivera-Brown et al. (2006) and Rowland et al. (2008), the age were 9.40 ± 0.6 , 11.30 ± 0.3 and 11.70 ± 0.4 years, respectively; and BSA/BW were 0.036 ± 0.006 , 0.035 ± 0.004 and 0.031 ± 0.002 m²/kg, respectively.

Metabolic heat production is proportional to active musculature and body mass while heat transfer to the environment by heat exchange is dependent upon exposed surface areas. As pre-pubertal children have smaller body mass and larger surface area compared to adults, their higher body surface area to body mass ratio (BSA/BW) allows for a greater reliance upon dry heat exchange when temperature gradients permit (Falk, 1998). However, a greater BSA/BW becomes a liability when ambient temperatures exceed temperatures of the skin and the body absorbs heat from the environment imposing additional stress on thermoregulatory mechanisms (Falk, 1998). The inability to

pay off for the additional thermal temperature may result in an increased core temperature and potential development of heat-related illnesses.

Typically, BSA/BW continues to decrease during growth and maturation (Bitar et al., 2000; Falk et al., 1992b) and depends on gender (Drinkwater et al., 1977; Meyer et al., 1992). Thermal influx due to dry heat exchange is similar in 11-14 year-old boys (48%) and adult men (49%) exercising under hot, dry conditions at 49°C (Wagner et al., 1972). On the other hand, 12 year-old girls displayed greater heat exchange under various hot conditions (28 - 48°C and 45 - 10%RH) when compared to college-aged women (Drinkwater et al., 1977). Both these two groups of maturation disperse similar amounts of thermal load although mechanisms differ in relation to BSA/BW and environmental conditions.

The physical fitness test used in this study included cardiorespiratory endurance (Harvard step – test), muscle strength and endurance (30 seconds sit-up test, flexed arm hang test) and flexibility (sit and reach). However, each student did not complete the whole set of the tests because there was not enough time to carry out within their physical education classes. The percentage of the subjects who did Harvard step – test, 30 seconds sit-up test, flexed arm hang test and sit and reach are 24.95 (114/457), 87.75 (401/457), 57.55 (263/457) and 87.75 % (401/457), respectively. The results revealed that up to 42% of the subjects were at poor level for Harvard step-test (done by only the 1st and 2nd graders), while most of the subjects were above average level for muscle strength and endurance as well as flexibility test. Therefore, it is suggested that cardiorespiratory performance should be developed in the 1st and 2nd graders.

The subjects of this study were exposed to high levels of heat stress causing the WBGT level to be above 28°C at which the American College of Sports Medicine has defined as a “very high risk for heat exhaustion and heat stroke” (Armstrong et al., 1996). Throughout the whole academic year environmental temperatures were higher than expected: ambient temperature 33.56 ± 2.55 °C, WBGT 28.87 ± 2.35 °C and relative humidity $54.15 \pm 8.12\%$. WBGT was as high as 30°C in the first semester and 28

°C for the latter part of the academic year. The relative humidity was also significantly higher during the first semester. Interestingly, the WBGT level of the first semester during July to September is above 29°C which is defined as “cancel all athletic activities” by American Academy of Pediatrics. Moreover, WBGT rates in the afternoon were higher than those in the late morning. Therefore, this makes it even more risky for children in being affected with heat-related illnesses when exercising outdoors especially in the afternoon of the first semester. The climatic conditions in Bangkok were nearly similar to those studied in Puerto Rico: ambient temperature $33.7 \pm 0.4^\circ\text{C}$, WBGT $30.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ and relative humidity $53.9 \pm 2.4\%$ (Rivera-Brown et al. 2006) ; in Massachusetts: ambient temperature $31.0 \pm 0.30^\circ\text{C}$, WBGT 31°C and relative humidity 57% (Rowland et al. 2008); and in Australia: ambient temperature $41.0 \pm 0.67^\circ\text{C}$, WBGT 33°C and relative humidity $21.0 \pm 1.0\%$ (Inbar et al. 2004).

This study showed that percentage change in blood pressure and pulse rate increased up to 16.00%, 21.59%, 19.06%, and 22.05%, respectively. The present study demonstrated considerably lower heart rate than those previously reported during exercise in hot environmental conditions by Inbar et al. (2004) and Rivera-Brown et al. (2006) where the percentage change in the heart rate was about 137.66% and 87.5%, respectively. It might depend on exercise duration and intensity, where duration of physical education class in this study was 31.97 ± 11.10 (10.13 – 80.33) minutes. The result was nearly similar to a study by Rowland et al. (2008) 29.30 ± 6.19 min. Inbar et al. (2004) and Rivera-Brown et al. (2006) presented longer exercise duration than the present study (85 and 56.9 ± 6.3 minutes, respectively). The results show that they were able to maintain an adequate cardiovascular function. In the present study, intensity of physical activities level was mild because most of the activities in physical education class were skill practice. Therefore, percentage change in heart rate increased less than those of previous studies. Inbar et al. (2004), Rivera-Brown et al. (2006) and Rowland et al. (2008) showed moderate exercise intensity level about $50 \pm 1\% \text{VO}_{2\text{max}}$, $60\% \text{VO}_{2\text{max}}$, and $65\% \text{VO}_{2\text{max}}$, respectively. However, the intensity of sport playing in the present study was moderate to vigorous.

As for core temperature, this study measured core temperature by using ear rather than using rectal temperatures. The study of Loveys et al. (1999) and proved the relation between ear (37.60 °C) and rectal (37.58 °C) temperatures. Thus, the ear was chosen as the site for measuring core temperature in this study because it is more convenient, less time-consuming, and get more cooperation from the children.

In the present study, no incidence of heat illness was found. There were 96% of the schoolboys (437/457) whose core temperatures were below 38°C. However, there was a risk of heat illnesses in children since there was about 4% of the students (20/457) whose core temperatures reached up to 38°. These children, if exercise for a longer period of time, might have a tendency in the occurrence of heat exhaustion which can lead to heat strokes. In this study, 20 schoolboys exercising in hot humid environments during their physical education class were found to increase in core temperature up to 38 °C. Factors affecting high core temperature among these 20 schoolboys are considered to include WBGT above 29°C (13/20), overweight (9/20), poor to average levels of Harvard step-test (4/4), poor to average levels of 30 seconds sit-up test (12/18), poor to average levels of flexed arm hang test (4/8), poor to average levels of sit and reach (13/18), not consume water (18/20), vigorous exercise intensity (10/20) and exercise period in afternoon (17/20). Regarding exercise period, the result is consistent with previous reports that the time of the day which is risky towards health illnesses is from 10 am to 6 pm (Coris et al., 2004, Werner, 1993), the hottest period of the day. Therefore, outdoor exercise in physical education class during the afternoon has the most risk towards health illnesses. Although the ambient temperature during the second semester was lower than the first semester, some students had a risk for heat illnesses during this period of time. This might be because of better subjective response, thus more tolerance to play outdoors longer than the 1st semester.

After finishing this study, it was found that only 18 students drank water during the exercise, which accounted for only 3.94% of the total subjects, 17 from the first semester and 1 from the second semester. Two children who drank water still had high

core temperatures, probably because they may not be in good hydration status.

In the present study, it was found that the sweat loss/rate was 196.13 ± 90.23 mL and 391.16 ± 186.75 mL/hr, respectively. In the study of Inbar et al. (2004) sweat rate of prepubertal boys, which was 342 ± 14 mL/hr lower than in the young adults and older males. These findings are in line with previous studies reporting relatively low sweating rate in children (Bar-Or, 1989, Inoue et al., 1999, Kenney, 1997).

The study conducted by Murray (2007) reported that lower levels of dehydration with fluid loss up to 2% of bodyweight can result in performance decrements during exercise. This guidance is reflected in a 2005 scientific consensus statement issued by the American College of Sports Medicine: "Dehydration of more than 2% of body mass can compromise physiological function and impair exercise performance capacity. Greater levels of dehydration further exacerbate the negative responses" (Casa et al., 2005). From the present study, it was found that the body weight of two students, one first grader and one fourth grader, decreased by 2.10% while core temperature remains normal. Furthermore, these 2 schoolboys had good levels of physical fitness. The fourth grade student drank water of 208 mL during his physical education class. This just proves that drinking water helps prevent heat illnesses, although performance might be decreased.

Taken all of the information obtained from this study into consideration, the following guidelines are recommended to prevent the occurrence of heat illness in primary school children:

1. Activities in physical education class

Outdoor physical activity with mild intensity of 2.5-9 MET and exercise duration of about 30 minutes is considered to be safe . If physical activity intensity is moderate or vigorous, exercise duration should be decreased.

2. Climatic conditions during exercise

Wet bulb globe temperature (WBGT) needs to be measured immediately before

the start of physical education class in order to ensure that conditions are within acceptable safety limits. Additional readings may need to be taken if the ambient temperature or relative humidity were to change markedly.

3. Core temperature screening

Children's core body temperature should be measured before physical education class whether they have fever or not. Ear thermometer can be used for measurement of core body temperature.

4. Hydration status

Children should be encouraged to drink enough water before and during physical education class. The amount of water consumption can be determined in relation to sweat rate, which, according to the results from this study, is approximately 400 mL/hr while exercising outdoors. Therefore, if duration of physical education class is approximately 60 minutes, children should consume water of 400 mL.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REFERENCES

ภาษาไทย

กองส่งเสริมสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือแนวทางการใช้เกณฑ์อ้างอิงน้ำหนัก ส่วนสูง เพื่อประเมินภาวะการเจริญเติบโตของเด็กไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักอนามัย, 2547.

จุไรพร สมบุญวงศ์. อุณหภูมิร่างกาย (Body temperature). ใน เอกสารประกอบการเรียนรายวิชา Basic exercise physiology. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2550.

ฉัตรชัย ยังพลจันทร์. เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม : รายงานการวิจัย.

กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2551.

ศุภย์พิชิตวิทยา. Heat stroke. จุลสารพิษวิทยา 12 (2547): 43-46.

ภาษาอังกฤษ

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Schmitz KH, Emplainscourt PO, Jacobs DR and Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Medicine and Science in Sports and Exercise 32 (2000): s498 - s516.

American Academy of Pediatrics, Committee on Sports Medicine and Fitness. Climatic heat stress and the exercising children and adolescent. Pediatrics 106 (2000): 158-159.

Armstrong LE, Epstein Y, Greenleaf JE, et al. American College of Sports Medicine position stand: heat and cold illnesses during distance running. Medicine and Science in Sports and Exercise 28 (1996): 1-10.

Australian Sports Medicine Federation. Heat stress and exercise. [Online]. 1994. Available from : http://www.schools.nt.edu.au/ssnt/nt_policies/files/Heat&Exercise.pdf [22/March/2010]

- Bar-Or O, Harris D, Bergstein V and Buskirk ER. Progressive hypohydration in subjects who vary in adiposity. Israel Journal of Medical Sciences 12 (1976): 800–803.
- Bar-Or O, Dotan R, Inbar O, Rotshtein A and Zonder H. Voluntary hypohydration in 10- to 12-year old boys. Journal of Applied Physiology 48 (1980): 104–108.
- Bar-Or O. Temperature Regulation During Exercise in Children and Adolescents. In Gisolfi CV and Lamb DR, Perspective in Exercise Science and Sports Medicine, pp. 335–362. Indianapolis: Benchmark Press, 1989.
- Bass SL and Inge K. Thermoregulation in young athletes exercising in hot environments. International Journal of Sports Medicine 2 (2001): 1-6.
- Bergeron MF, Mcleod KS and Coyle JF. Core body temperature during competition in the heat: national boys' 14s junior tennis championships. British Journal of Sports Medicine 41 (2007): 779-783.
- Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM and Plummer PE. National athletic trainers' association position statement: Exertional heat illness. Journal of Athletic Training 37 (2002): 329-343.
- Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise 14 (1972): 811-817.
- Casa DJ, Clarkson PM and Roberts WO. American College of Sports Medicine Roundtable on Hydration and Physical Activity: Consensus Statements. Current Sports Medicine Reports 4 (2005): 115-127.
- Cheung SS and Mclellan TM. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. Journal of Applied Physiology 84 (1998): 1731-1739.
- Chinn S and Rona RJ. International definitions of overweight and obesity for children: a lasting solution. Annals of Human Biology 29 (2002): 306-313.
- Cooper ER, Ferrara MS and Broglio SP. Exertional heat illness and environmental conditions during a single football season in the southeast. Journal of Athletic Training 41 (2006): 332-336.
- Coris EE, Ramirez AM and Van Durme DJ. Heat illness in athletes: the dangerous combination of heat, humidity and exercise. Sports Medicine 34 (2004): 9-16.

- Cureton KJ, Sloniger MA, Black DM, McCormack WP and Rowe DA. Metabolic determinants of the age-related improvement in one mile run/walk performance in youth. Medicine and Science in Sports and Exercise 29 (1997): 259-267.
- Delamarche P, Bittel J, Lacour JR and Flandrois R. Thermoregulation at rest and during exercise in prepuberta boys. European Journal of Applied Physiology 60 (1990): 436-440.
- Drinkwater BL, Kupprat IC, Denton JE, Crist JL and Horvath SM. Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. Journal of Applied Physiology 43 (1977): 1046-1053.
- DuBois D and DuBois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Archives of Internal Medicine 17 (1916): 863-871.
- Dukes-Dobos FN. Environmental Medicine: Heat stress. Missouri: Mosby, 1995.
- Falk B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the paediatric population. Sports Medicine 25 (1998): 221-240.
- Falk B, Bar-Or O, Calvert R and MacDougall JD. Sweat gland response to exercise in the heat among pre-, mid-, and late-pubertal boys. Medicine and Science in Sports and Exercise 24 (1992a): 313-319.
- Falk B, Bar-Or O and MacDougall JD. Thermoregulatory responses of pre-, mid-, and late-pubertal boys to exercise in dry heat. Medicine and Science in Sports and Exercise 24 (1992b): 688-694.
- Freedson PS, Cureton KJ and Heath GW. State of field-base fitness testing in children and youth. Preventive Medicine 31 (2000): S77-S85.
- Gisolfi C and Robinson S. Relations between physical training, acclimatization, and heat tolerance. Journal of Applied Physiology 26 (1969): 530-534.
- Glazer JL. Management of heatstroke and heat exhaustion. American Family Physician. 71 (2005): 2133-2140.
- Godek SF, Bartolozzi AR, Godek JJ. Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. British Journal of Sports Medicine 39 (2005): 205-211.

- Harris J and Cale L. A review of children's fitness testing. European Physical Education Review 12 (2006): 201-225.
- Havenith G. Human surface to mass ratio and body core temperature in exercise heat stress-a concept revisited. Journal of Thermal Biology 26 (2001): 387-393.
- Haymes EM, Buskirk ER, Hodgson JL, Lundegren HM and Nicholas WC. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. Journal of Applied Physiology 36 (1974): 566-571.
- Haymes EM, McCormick RJ and Buskirk ER. Heat tolerance of exercising lean and obese prepubertal boys. Journal of Applied Physiology 39 (1975): 457-461.
- Hoffman JL. Heat-related illness in children. Clinical Pediatric Emergency Medicine 2 (2001): 203-210.
- Howe AS and Boden BP. Heat-Related Illness in Athletes. The American Journal of Sports Medicine 35 (2007): 1384-1396.
- Inbar O, Bar-Or O, Dotan R and Gutin B. Conditioning versus exercise in heat as methods for acclimatizing 8- to 10-year-old boys to dry heat. Journal of Applied Physiology 50 (1981): 406-411.
- Inbar O, Morris N, Epstein Y and Gass G. Comparison of thermoregulatory responses to exercise in dry heat among prepubertal boys, young adults and older males. Experimental Physiology 89 (2004): 691-700.
- Inoue Y, Havenith G, Kenney WL, Loomis JL and Buskirk ER. Exercise and Methacholine-induced sweating responses in older and younger men: effect of heat acclimation and aerobic fitness. International Journal of Biometeorology 42 (1999): 210-216.
- Inoue Y, Kuwahara T and Araki T. Maturation- and aging-related changes in heat loss effector function. Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science 23 (2004): 289-294.
- Kenney WL. Thermoregulation at rest and during exercise in healthy older adults. Exercise and Sport Sciences Reviews 25 (1997): 41-76.

- Loveys AA. Comparison of ear to rectal temperature measurements in infants and toddlers. Clinical Pediatrics 38 (1999): 463-466.
- Malina RM, Bouchard C and Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2nd ed. United States: Human Kinetics, 2004.
- McArdle WD, Katch FI and Katch VL. Essential of exercise physiology: body composition, obesity, and weight control. 3rd ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- McArdle WD, Katch FI and Katch VL. Essential of exercise physiology: factors affecting physiologic function: the environment and special aids to performance. 3rd ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- Montain SJ and Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. Journal of Applied Physiology 73 (1992): 1340-1350.
- Morante SM and Brotherhood JR. Air temperature and physiological and subjective responses during competitive single tennis. British Journal of Sports Medicine 41 (2007): 773-778.
- Murray B. Hydration and physical performance. Journal of the American College of Nutrition 26 (2007): 542-548.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. [online]. Available from: <http://weather.noaa.gov/weather/graphics/heatindexchart.jpg> [22/March/2010]
- Powers SK and Howley ET. Exercise physiology: theory and application to fitness and performance. 4th ed. New York : McGraw-Hill, 2003.
- Rivera-Brown AM, Rowland TW, Ramirez-Marrero FA, Santacana G and Vann A. Exercise tolerance in a hot and humid climate in heat-acclimatized girls and women. International Journal of Sports Medicine 27 (2006): 943-950.
- Rivera-Brown AM, Gutierrez R, Gutierrez JC, Frontera WR and Bar-Or O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. Journal of Applied Physiology 86 (1999): 78-84.
- Rowland T. Thermoregulation During Exercise in the Heat in Children: Old Concepts Revisited. Journal of Applied Physiology 105 (2007): 718-724.

- Rowland T, Hagenbuch S, Pober D and Garrison A. Exercise tolerance and thermoregulatory responses during cycling in boys and men. Medicine and Science in Sports and Exercise 40 (2008): 282-287.
- Sardor RP. Heat illness: on-site diagnosis and cooling. The Physician and Sportsmedicine 25 (1997): 35-40.
- Saunders AG, Dugas JP, Tucker R, Lambert MI and Noakes TD. The effects of different air velocities on heat storage and body temperature in humans cycling in a hot, humid environment. Acta Physiologica Scandinavica 183 (2005): 241-255.
- Sinclair WH, Crowe MJ, Spinks WL and Leicht AS. Pre-pubertal children and exercise in hot and humid environments. Journal of Sports Science and Medicine 6 (2007): 385-392.
- Sirard JR, Pfeiffer KA and Pate PR. Motivational factors associated with sports program participation in middle school students. Journal of Adolescent Health 38 (2006): 696-703.
- Smitz S, Van de Winckel A and Smitz MF. Reliability of infrared ear thermometry in the prediction of rectal temperature in older inpatients. Journal of Clinical Nursing 18 (2009): 451-456.
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M and Miller HL. Summary for Policymakers: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. [Online] 2007. Available from: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf> [24/January/2009]
- Swain DP and Leutholtz BC. Exercise prescription: A case study approach to the ACSM guidelines. 2nd. United States. Human Kinetics. 2007.
- Trojian TH. ACSM's Primary Care Sports Medicine: Environment. 2nd ed. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- Unnithan VB, Eston RG. Stride frequency and submaximal treadmill running economy in adults and children. Pediatric Exercise Science 2 (1990): 149-155.
- Wagner JA, Robinson S, Tzankoff SP and Marino RP. Heat tolerance and acclimatization to work in the heat in relation to age. Journal of Applied Physiology 33 (1972): 616-622.

Werner J. Temperature regulation during exercise: an overview. In Gisolfi CV, Lamb DR, Nadel ER (eds.), Perspectives in exercise science and sports medicine: exercise, heat, and thermoregulation, pp. 49-77. Dubuque: Brown and Benchmark, 1993.

Wexler RK. Evaluation and treatment of heat-related illnesses. American Family Physician. 65 (2002): 2307-2314.

Yaglou CP and Minard D. Control of heat casualties at military training centers. Arch Industry Health. 16 (1957): 302-305.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



APPENDICES

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPENDIX A

เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำแก่ผู้เข้าร่วมโครงการ
(Patient Information Sheet)

ชื่อโครงการ	การศึกษาสภาพอากาศ อุณหภูมิร่างกาย และการตอบสนองของทางระบบหัวใจ หลอดเลือด ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในช่วงโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชายโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายประถม
ผู้ทำการวิจัย	นายฉัตรชาติไชย ปิตยานนท์ นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย	รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงจุไรพร สมบุญวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยร่วม	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล
ผู้ดูแลที่ติดต่อได้	<ol style="list-style-type: none"> 1. รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงจุไรพร สมบุญวงศ์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 0-2252-7854 ต่อ 2030 2. รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 0-2252-7854 ต่อ 2043 3. นายฉัตรชาติไชย ปิตยานนท์ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์มือถือ 086-820-8581
สถานที่วิจัย	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายประถม โทรศัพท์ 0-2218-2742

ความเป็นมาของโครงการ

ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา นับถึง พ.ศ. 2548 โลกของเรามีอากาศใกล้ผิวดินทั่วโลกโดยเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น 0.74 ± 0.18 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า ภาวะโลกร้อน (global warming) อย่างในปัจจุบัน หมายถึง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทร ตั้งแต่ช่วงครึ่งหลังของคริสต์ศตวรรษที่ 20 และได้มีการคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นอีกอย่างต่อเนื่องและส่งผลกระทบต่อมนุษย์ ซึ่งเป็นปัญหาที่ทุกคนกำลังให้ความสำคัญมากขึ้น

จากสภาพแวดล้อมของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป จะนำมาซึ่งปัญหาด้านสุขภาพและภาวะเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หรือโรคที่เกิดจากความร้อนที่เกิดขึ้นได้กับร่างกายของมนุษย์ ในแต่ละปีพบว่ามีผู้ป่วยที่บาดเจ็บจากความร้อนทั่วโลกมากกว่าล้านคน ดังนั้นในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาในสภาพอากาศร้อน ย่อมมีผลต่อทางสรีรวิทยาไม่ว่าจะเป็นในด้านการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบไหลเวียน และความรู้สึกของร่างกาย อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจะสูงขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายตามปกติ จนอาจนำไปสู่อุบัติการณ์เจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อน (heat illness) อย่างชัดเจนมากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อ heat tolerance ได้แก่ การปรับตัวต่อสภาพอากาศร้อน (acclimatization) การฝึกการออกกำลังกาย (exercise training) อายุ (age) เพศ (gender) และองค์ประกอบร่างกาย (body composition) สำหรับปัจจัยในด้านของอายุนั้นพบว่า การออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อนของเด็กมีผลกระทบมากกว่าในผู้ใหญ่ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากความร้อนมากขึ้น

จากความสำคัญในข้างต้น การออกกำลังกายของเด็กในสภาพอากาศร้อนต้องมีความระมัดระวัง และมีการป้องกันที่ดีมากกว่าในผู้ใหญ่ อีกทั้งยังขาดการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในประเทศไทย หนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นชุมชนเมืองมีสภาพอากาศร้อนและชื้นเกือบตลอดปี แต่ในต่างจังหวัดมีสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งเนื่องจากมีลมพัดผ่าน ซึ่งทำให้เด็กในกรุงเทพมหานครมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน (heat illness) มากกว่าในเด็กต่างจังหวัดเมื่อมีการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายกลางแจ้ง โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมดังกล่าวในช่วงเวลาพักกลางวันของโรงเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจศึกษาการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาของเด็กนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในวิชาพลศึกษาของเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้เด็กนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายประถมเป็นกลุ่มตัวอย่าง ว่ามีช่วงเวลาของการออก

กำลังกายที่เหมาะสมกับสภาพอากาศหรือไม่ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาด้านการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิร่างกายและการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือดอย่างไร เพื่อป้องกันอุบัติการณ์ของ การเจ็บป่วยต่างๆที่อาจเกิดขึ้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางเวช ศาสตร์การกีฬาของประเทศไทย และสามารถไปประยุกต์ใช้การจัดกิจกรรมพลศึกษาของโรงเรียน ต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาทั้งอุณหภูมิร่างกายและการตอบสนองทาง ระบบหัวใจหลอดเลือด ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในช่วงโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียน ชายโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายประถม
2. เพื่อศึกษาอุบัติการณ์เกิดภาวะเจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อนระหว่างการออกกำลังกาย กลางแจ้งในช่วงโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชายโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่าย ประถม

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

1. ผู้ปกครองจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และได้รับการแจ้งให้ ทราบว่าเด็กที่เข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น เมื่อผู้ปกครอง รับทราบรายละเอียดในโครงการวิจัยจะต้องลงนามรับทราบการเข้าร่วมในการวิจัยของเด็ก
2. เด็กที่เข้าร่วมการวิจัย จะต้องทำการวัดข้อมูลพื้นฐานและสมรรถภาพต่างๆ ดังนี้
 1. ชั่งน้ำหนัก
 2. วัดส่วนสูง
 3. วัดปริมาณไขมันในร่างกาย
 4. ทดสอบสมรรถภาพทางกาย

ช่วงก่อนและหลังการออกกำลังกาย

1. ชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักเสื้อผ้า
3. วัดความดันโลหิต
4. วัดอัตราชีพจร
5. วัดอุณหภูมิร่างกาย

3. ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูล ในช่วงที่เด็กนักเรียนออกกำลังกายในช่วงเวลา 10.00-15.00 น. ใน 2 ภาคการศึกษา ทั้งในภาคต้น และภาคปลาย ปีการศึกษา 2552

ผลหรือประโยชน์ที่จะเกิดแก่ผู้เข้าร่วมโครงการ

1. ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐาน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกาย การตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือด hydration status และสภาพอากาศ ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้ง ในช่วงเวลาพักของเด็กระดับชั้นประถมศึกษา
2. เพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของภาวะเจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อน ในระหว่างการออกกำลังกายของเด็ก
3. เพื่อเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางเวชศาสตร์การกีฬาของประเทศไทยและเป็นข้อมูลพื้นฐานการศึกษาในการออกกำลังกายในช่วงเวลาพักของเด็กระดับชั้นประถมศึกษา
4. เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมพลศึกษาของโรงเรียนต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานครให้เหมาะสม
5. เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

ผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ร่วมโครงการ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา ไม่มีหัตถการที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บจากการวิจัย เช่น การชั่งน้ำหนัก วัดความดันโลหิต วัดอัตราชีพจร เป็นต้น นอกจากนี้เด็กทำการออกกำลังกายในช่วงเวลาพักตามปกติ โดยผู้วิจัยไม่เข้าไปเกี่ยวข้อง ดังนั้นเด็กที่เข้าร่วมโครงการจะไม่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บใดๆ ทั้งสิ้นจากโครงการวิจัยนี้

การเก็บข้อมูลเป็นความลับ

ผู้ทำการวิจัยขอยืนยันว่า ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และจะใช้สำหรับงานวิจัยนี้เท่านั้น และชื่อของผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะไม่ปรากฏในรูปแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล และในฐานข้อมูลทั่วไป โดยมีผู้ทำวิจัยเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ทราบรายละเอียดของข้อมูลนี้ ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ท่านสามารถแจ้งเพื่อออกจากโครงการวิจัยได้ตลอดเวลา

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ สามารถสอบถามได้ที่ นายฉัตรชาติไชย ปิตยานนท์ โทรศัพท์ 086 – 820 - 8581 ซึ่งยินดีตอบคำถามตลอดเวลา ทั้งนี้ หากท่านมีปัญหาทางด้านจริยธรรมการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยที่เบอร์ (02) 256-4455 ต่อ 14, 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPENDIX B

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

(Consent Form)

การวิจัยเรื่อง การศึกษาสภาพอากาศ คุณหมิวร่างกาย และการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือดระหว่างการทำออกกำลังกายกลางแจ้งในช่วงเวลาพักกลางวันของเด็กนักเรียนชาย
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายประถม

วันที่ให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว.....

(ชื่อ-นามสกุล ผู้แทนโดยชอบธรรม) ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นของผู้เข้าร่วมวิจัย

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่.....

และข้าพเจ้ายินยอมให้ ด.ช./ด.ญ./นาย/นาง/นางสาว.....

(ชื่อ-นามสกุล ของผู้เข้าร่วมวิจัย) เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนาม และ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าและผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยและแนวทางการรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้าและผู้เข้าร่วมโครงการมีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยทั้งหมดจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าและอาสาสมัครสงสัยด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าใจถึงสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัย เมื่อใดก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลและการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่น ในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน และสำนักงานคณะกรรมการพิจารณาอาหารและยา อาจจะได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลง

ที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์
ของผู้เข้าร่วมวิจัยได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ ของผู้เข้าร่วมวิจัย เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้า
ขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถ
สืบค้นถึงตัวผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้าและ ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสิทธิที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัว
ของผู้เข้าร่วมวิจัยและสามารถยกเลิกการใช้ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยได้ โดย
ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ
จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การ
วิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทาง
การแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านเภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบ
ยินยอมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมในโครงการวิจัยด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้แทนโดยชอบธรรม
(.....) ชื่อผู้แทนโดยชอบธรรมตัวบรรจง
.....ความสัมพันธ์ของผู้แทนโดยชอบธรรมกับ

ผู้เข้าร่วมวิจัย

วันที่เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามผู้ทำวิจัย
(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง
วันที่เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน
(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง
วันที่เดือน.....พ.ศ.....

APPENDIX C

แบบขอความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (สำหรับเด็กอายุ 6 ถึง 12 ปี)
(Assent Form)

การวิจัยเรื่อง การศึกษาสภาพอากาศ อุณหภูมิร่างกาย และการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือด ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในช่วงโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชาย โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัย รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงจุไรพร สมบุญวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัย(ร่วม) รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล

ผู้ทำวิจัย

นายฉัตรชาติไชย ปิตยานนท์

สาขาเวชศาสตร์การกีฬา ภาควิชาศรัทธาวิทยา

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อของผู้เข้าร่วมการวิจัยอายุ.....

ข้อความต่อไปนี้เป็นการอธิบายถึงข้อสงสัยที่อาจเกิดขึ้นได้ ถ้ามีข้อสงสัยใดๆ ในคำอธิบายด้านล่างหรือข้อสงสัยอื่นที่เกี่ยวกับการวิจัยนี้สามารถถามได้ และหนูจะได้รับสำเนาหนังสือฉบับนี้เพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน

ผู้วิจัยทำการวิจัยนี้เพราะว่าสภาพอากาศในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้การออกกำลังกายของเด็กในสภาพอากาศร้อนต้องมีความระมัดระวังและมีการป้องกันมากขึ้น โดยเฉพาะเด็กในกรุงเทพมหานครมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนมากขึ้นเมื่อมีการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายกลางแจ้งเนื่องจากสภาพอากาศในกรุงเทพมหานครเป็นแบบร้อนชื้น โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมดังกล่าวในช่วงโมงพลศึกษาของโรงเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจศึกษาการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาของเด็กนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในวิชาพลศึกษาของเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้เด็กนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายประถมเป็นกลุ่มตัวอย่าง ว่ามีช่วงเวลาของการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับสภาพอากาศหรือไม่ มีการตอบสนองทางศรัทธาวิทยาด้านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกายและการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือดอย่างไร เพื่อป้องกันอุบัติเหตุของการเจ็บป่วยต่างๆที่อาจเกิดขึ้น ข้อมูลที่ได้จะ

เป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางเวชศาสตร์การกีฬาของประเทศไทย และสามารถไปประยุกต์ใช้การจัดกิจกรรมพลศึกษาของโรงเรียนต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร

ถ้าหนูเข้าร่วมการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานของหนู โดย ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดปริมาณไขมันในร่างกาย และทดสอบสมรรถภาพทางกาย และช่วงก่อนและหลังการออกกำลังกายในช่วงเวลาพักพลศึกษาจะทำการวัดโดย ชั่งน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักเสื้อผ้า วัดความดันโลหิต วัดอัตราการเต้น หัวใจ วัดอุณหภูมิร่างกาย โดยการวัดค่าต่างๆ ทำการวัด 1 ครั้งในแต่ละคน

ผู้วิจัยขออภัยว่า ถ้าหนูไม่ยอมเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ก็ไม่ใช่ไร และจะไม่มีใครโกรธหนูเลย นอกจากนี้ถ้าหนูเข้าร่วมการวิจัยไปแล้วและอยากหยุดในภายหลังก็สามารถทำได้ด้วยเช่นกัน

ผู้วิจัยไม่คิดว่าการวิจัยครั้งนี้จะทำให้หนูมีอาการเจ็บป่วย เนื่องจากเป็นการศึกษาวิจัยโดยการสังเกตเชิงพรรณนา โดยศึกษาในเด็กที่ทำการออกกำลังกายในช่วงเวลาพักพลศึกษาตามปกติ โดยผู้วิจัยไม่เข้าไปเกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยขออภัยว่าจะไม่มีใครรู้ว่าหนูเข้าร่วมการวิจัย นอกจากคุณพ่อ คุณแม่ และผู้วิจัยเท่านั้น ถ้าหนูมีคำถามใด ๆ สามารถโทรหาผู้วิจัยที่เบอร์ 086-820-8581 ผู้วิจัยยินดีจะพูดคุยและอธิบายรายละเอียดให้หนูเข้าใจด้วยความเต็มใจ

ดำเนินการขอความยินยอมโดย.....

ชื่อและคำนำหน้านามตัวบรรจง.....

ลงชื่อเด็กผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย.....

ชื่อและคำนำหน้านามตัวบรรจง.....

วันที่.....เวลา.....

APPENDIX D

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

(Questionnaire)

เรื่อง การศึกษาสภาพอากาศ คุณหมิวร่างกาย และการตอบสนองทางระบบหัวใจหลอดเลือด ระหว่างการออกกำลังกายกลางแจ้งในช่วงโมงพลศึกษาของเด็กนักเรียนชายโรงเรียนสาธิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

วันที่ทำการเก็บข้อมูล...../...../.....

ลำดับที่.....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1. ศึกษาอยู่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ เลขที่
 - เลขประจำตัว.....
 2. วัน/เดือน/ปีเกิด/...../..... อายุ.....ปี
 3. น้ำหนัก กิโลกรัม
 - ส่วนสูง เซนติเมตร
 4. นักเรียนมีโรคประจำตัว

<input type="radio"/> ไม่มี	<input type="radio"/> มี
-----------------------------	--------------------------
- ถ้ามี (โปรดระบุ).....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 ประวัติการเจ็บป่วยที่เกิดจากการออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อน

1. ในขณะที่นักเรียนออกกำลังกายกลางแจ้งนักเรียนเคยเกิดอาการบวมตามข้อเท้า เท้า หรือมือหรือไม่

เคย บริเวณ..... ไม่เคย
2. ในขณะที่นักเรียนออกกำลังกายกลางแจ้งนักเรียนเคยมีอาการคัน เป็นผดผื่นคัน หรือไม่

เคย บริเวณ..... ไม่เคย
3. ในขณะที่นักเรียนออกกำลังกายกลางแจ้งนักเรียนเคยมีอาการเป็นลมแต่ยังมีสติอยู่ อาการเวียนศีรษะ ทรงตัวไม่อยู่ หรือไม่

เคย ไม่เคย
4. ในขณะที่นักเรียนออกกำลังกายกลางแจ้งนักเรียนเคยมีอาการเป็นตะคริว ปวดเกร็งที่กล้ามเนื้อ หรือไม่

เคย บริเวณ..... ไม่เคย
5. ในขณะที่นักเรียนออกกำลังกายกลางแจ้งนักเรียนเคยมีอาการเพลีย เมื่อยล้า คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะหรือไม่

เคย ไม่เคย
6. ในขณะที่นักเรียนออกกำลังกายกลางแจ้งนักเรียนเคยมีอาการเป็นลมหมดสติ หรือไม่

เคย ไม่เคย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPENDIX E

แบบบันทึกข้อมูล

(Data Record Form)

แบบบันทึกข้อมูลของสภาพอากาศ

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Wet bulb (°C)	Dry bulb (°C)	Black globe (°C)	WBGT INDOOR (°C)	WBGT OUTDOOR (°C)	สภาพอากาศ

ระดับชั้น

เลขที่

เลขประจำตัว.....

แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสมรรถภาพทางกาย

1. body weight
 - น้ำหนัก กิโลกรัม
2. Height
 - ส่วนสูง เซนติเมตร (..... เมตร)
3. ดัชนีมวลกาย (Body mass index: BMI)
 - ค่าดัชนีมวลกาย กก/ม²
4. Body surface area: BSA
 - ค่า Body surface area ม²
5. ปริมาณไขมันใต้ผิวหนังจากเทคนิค skinfold measurement

Skinfold site	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย (mm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1. Tricep				
2. Calf				
3. Subscapula				

- ค่า % Body fat =

6. Physical fitness
 - Harvard Step – Test จำนวนครั้ง/นาที
 - 30 seconds Sit-up Test ครั้ง
 - Flexed Arm Hang Test วินาที
 - Sit and reach เซนติเมตร

แบบบันทึกข้อมูลในการวัดก่อนและหลังการออกกำลังกาย

Parameter	ช่วงเวลาวัด		ผลต่าง
	ก่อนออกกำลังกาย	หลังการออกกำลังกาย	
1. Body weight (kg)			
2. Clothes weight (kg)			
3. blood pressure (mmHg)			
4. Pulse rate (beat/min)			
5. Core temperature (°C)			
6. ปริมาณน้ำ (cm ³)			

หมายเหตุ นักเรียนปัสสาวะ.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่วงเวลาของการออกกำลังกาย

1. ระยะเวลาของทำกิจกรรมในชั่วโมงพลศึกษา (50 นาที)

- ช่วงการสอนในต้นชั่วโมงพลศึกษา กิจกรรมที่ทำได้แก่

.....

เป็นระยะเวลา..... นาที

- ช่วงการออกกำลังกายของเด็ก กิจกรรมที่ทำได้แก่

.....

เป็นระยะเวลา..... นาที

- ช่วงการสอนตอนท้ายชั่วโมงพลศึกษา กิจกรรมที่ทำได้แก่

.....

เป็นระยะเวลา..... นาที

2. ลักษณะอาการหรืออุบัติการณ์เจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อนในขณะที่ออกกำลังกายในชั่วโมงพลศึกษา

ลักษณะอาการเจ็บป่วย	ใช่	ไม่ใช่
1.อาการบวมของเนื้อเยื่อ เช่นบวมตามข้อเท้า เท้า หรือมือ		
2.อาการคัน เป็นผดผื่นคัน		
3.อาการเป็นลมแต่ยังมีสติอยู่ เวียนศีรษะ ทรงตัวไม่อยู่		
4.อาการเป็นตะคริว ปวดเกร็งที่กล้ามเนื้อ		
5.อาการเพ้อ เมื่อยล้า คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ		
6.อาการเป็นลมหมดสติ		

หมายเหตุ

.....

APPENDIX F

Assessment of Physical fitness

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายชีพจร ขณะพัก ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	70 ลงไป	74 ลงไป
ดี	71-84	75-83
ปานกลาง	85-96	84-92
ค่อนข้างต่ำ	97-110	93-101
ต่ำ	111 ขึ้นไป	102 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการลูกนั่ง 30 วินาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	16 ขึ้นไป	14 ขึ้นไป
ดี	12-15	11-13
ปานกลาง	8-11	8-10
ค่อนข้างต่ำ	4-7	5-7
ต่ำ	3 ลงไป	4 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
ดีมาก	7 ขึ้นไป	9 ขึ้นไป
ดี	3-6	4 - 8
ปานกลาง	(-2)-2	(-2) - 3
ค่อนข้างต่ำ	(-6)-(-3)	(-5) - (-1)
ต่ำ	(-7) ลงไป	(-6) ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการรองแขนห้อยตัว ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	วินาที	วินาที
ดีมาก	99.53 ขึ้นไป	81.70 ขึ้นไป
ดี	74.52-99.52	55.69-81.69
ปานกลาง	49.51-74.51	29.68-55.68
ค่อนข้างต่ำ	24.50-49.50	4.67-29.67
ต่ำ	24.49 ลงไป	4.66 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 5 นาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	90 ลงไป	89 ลงไป
ดี	91-105	90-102
ปานกลาง	106-120	102-115
ค่อนข้างต่ำ	121-135	116-128
ต่ำ	136 ขึ้นไป	129 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการดัดชันนิมวลกาย ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	ดัดชันนิมวลกาย	ดัดชันนิมวลกาย
ดีมาก	11.85 ลงไป	11 ลงไป
ดี	11.86-14.86	12-14
ปานกลาง	14.87-17.87	15-17
ค่อนข้างต่ำ	17.88-20.80	18-20
ต่ำ	20.81 ขึ้นไป	21 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายชีพจร ขณะพัก ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	75 ลงไป	77 ลงไป
ดี	76-81	78-82
ปานกลาง	82-86	83-87
ค่อนข้างต่ำ	87-92	88-92
ต่ำ	93 ขึ้นไป	93 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการลูกนั่ง 30 วินาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	24 ขึ้นไป	23 ขึ้นไป
ดี	17-23	17-22
ปานกลาง	10-16	11-16
ค่อนข้างต่ำ	3-9	5-10
ต่ำ	2 ลงไป	4 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
ดีมาก	8 ขึ้นไป	7 ขึ้นไป
ดี	3-7	3-6
ปานกลาง	(-2)-2	(-1)-2
ค่อนข้างต่ำ	(-7)-(-3)	(-6)-(-2)
ต่ำ	(-8) ลงไป	(-7) ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการงอแขนห้อยตัว ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	วินาที	วินาที
ดีมาก	42.52 ขึ้นไป	56.19 ขึ้นไป
ดี	31.51-42.51	40.18-56.18
ปานกลาง	22.50-31.50	24.17-40.17
ค่อนข้างต่ำ	10.49-22.49	8.16-24.16
ต่ำ	10.48 ลงไป	8.15 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 5 นาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	111 ลงไป	122 ลงไป
ดี	112-130	123-135
ปานกลาง	131-149	136-148
ค่อนข้างต่ำ	150-168	149-161
ต่ำ	169 ขึ้นไป	162 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการดัชนีมวลกาย ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	ดัชนีมวลกาย	ดัชนีมวลกาย
ดีมาก	11 ลงไป	12.60 ลงไป
ดี	12-14	12.61-15.61
ปานกลาง	15-17	15.62-18.62
ค่อนข้างต่ำ	18-20	18.63-21.63
ต่ำ	21 ขึ้นไป	21.64 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายชีพจร ขณะพัก ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	67 ลงไป	70 ลงไป
ดี	68-76	71-77
ปานกลาง	77-85	78-84
ค่อนข้างต่ำ	86-94	85-91
ต่ำ	95 ขึ้นไป	92 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการลูกนั่ง 30 วินาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	19 ขึ้นไป	18 ขึ้นไป
ดี	15-18	14-17
ปานกลาง	11-14	10-13
ค่อนข้างต่ำ	7-10	6-9
ต่ำ	6 ลงไป	5 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
ดีมาก	14 ขึ้นไป	18 ขึ้นไป
ดี	8-13	9-17
ปานกลาง	2-7	0-8
ค่อนข้างต่ำ	(-4)-1	(-9)-(-1)
ต่ำ	(-5) ลงไป	(-10) ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการงอแขนห้อยตัว ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	วินาที	วินาที
ดีมาก	45.75 ขึ้นไป	65.54 ขึ้นไป
ดี	34.74-45.74	47.53-65.53
ปานกลาง	23.73-34.73	29.52-47.52
ค่อนข้างต่ำ	12.72-23.72	11.51-29.51
ต่ำ	12.71 ลงไป	11.50 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 5 นาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	117 ลงไป	118 ลงไป
ดี	118-136	119-137
ปานกลาง	137-155	138-156
ค่อนข้างต่ำ	156-174	157-175
ต่ำ	175 ขึ้นไป	176 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการดัดชันนิมวลกาย ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	ดัชนีมวลกาย	ดัชนีมวลกาย
ดีมาก	9.91 ลงไป	12.76 ลงไป
ดี	9.92-14.92	12.77-15.77
ปานกลาง	14.93-19.93	15.78-18.78
ค่อนข้างต่ำ	19.94-24.94	18.79-21.79
ต่ำ	24.95 ขึ้นไป	21.80 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายชีพจร ขณะพัก ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	81 ลงไป	81 ลงไป
ดี	82-88	82-88
ปานกลาง	89-95	89-95
ค่อนข้างต่ำ	96-102	96-102
ต่ำ	103 ขึ้นไป	103 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการลูกนั่ง 30 วินาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	21 ขึ้นไป	16 ขึ้นไป
ดี	18-20	13-15
ปานกลาง	13-17	10-12
ค่อนข้างต่ำ	8-12	7-9
ต่ำ	7 ลงไป	6 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
ดีมาก	10 ขึ้นไป	11 ขึ้นไป
ดี	6-9	6-10
ปานกลาง	1-5	1-5
ค่อนข้างต่ำ	(-4)-0	(-4)-0
ต่ำ	(-5) ลงไป	(-5) ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการงอแขนห้อยตัว ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	วินาที	วินาที
ดีมาก	32.72 ขึ้นไป	18.00 ขึ้นไป
ดี	23.71-32.71	14.00-17.99
ปานกลาง	14.70-23.70	10.00-13.99
ค่อนข้างต่ำ	5.69-14.69	6.00-9.99
ต่ำ	5.68 ลงไป	5.99 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 5 นาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	103 ลงไป	105 ลงไป
ดี	104-114	106-114
ปานกลาง	115-125	115-123
ค่อนข้างต่ำ	126-136	124-132
ต่ำ	137 ขึ้นไป	133 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการดัดชันีมวลกาย ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	ดัชนีมวลกาย	ดัชนีมวลกาย
ดีมาก	10 ลงไป	12.76 ลงไป
ดี	11-14	12.77-15.77
ปานกลาง	15-19	15.78-18.78
ค่อนข้างต่ำ	20-23	18.79-21.79
ต่ำ	24 ขึ้นไป	21.80 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายชีพจร ขณะพัก ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	70 ลงไป	70 ลงไป
ดี	71-81	71-83
ปานกลาง	82-92	84-95
ค่อนข้างต่ำ	93-103	96-108
ต่ำ	104 ขึ้นไป	109 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการลูกนั่ง 30 วินาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	22 ขึ้นไป	19 ขึ้นไป
ดี	17-21	16-18
ปานกลาง	12-16	13-15
ค่อนข้างต่ำ	7-11	10-12
ต่ำ	6 ลงไป	9 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
ดีมาก	11 ขึ้นไป	13 ขึ้นไป
ดี	6-10	8-12
ปานกลาง	1-5	3-7
ค่อนข้างต่ำ	(-4)-0	(-2)-2
ต่ำ	(-5) ลงไป	(-3) ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการงอแขนห้อยตัว ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	วินาที	วินาที
ดีมาก	24.83 ขึ้นไป	39.09 ขึ้นไป
ดี	17.82-24.82	29.09-39.08
ปานกลาง	10.81-17.81	19.09-29.08
ค่อนข้างต่ำ	3.80-10.80	9.09-19.08
ต่ำ	3.79 ลงไป	9.08 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 5 นาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	97 ลงไป	98 ลงไป
ดี	98-109	99-111
ปานกลาง	110-121	112-124
ค่อนข้างต่ำ	122-132	125-137
ต่ำ	133 ขึ้นไป	138 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการดัดชันีมวลกาย ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	ดัดชันีมวลกาย	ดัดชันีมวลกาย
ดีมาก	14.96 ลงไป	14.24 ลงไป
ดี	14.97-17.97	14.25-17.25
ปานกลาง	17.98-19.98	17.26-20.26
ค่อนข้างต่ำ	19.99-22.99	20.27-23.27
ต่ำ	23 ขึ้นไป	23.28 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายชีพจร ขณะพัก ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	70 ลงไป	70 ลงไป
ดี	71-81	71-81
ปานกลาง	82-92	82-92
ค่อนข้างต่ำ	93-103	93-103
ต่ำ	104 ขึ้นไป	104 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการลูกนั่ง 30 วินาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวน/ครั้ง	จำนวนครั้ง
ดีมาก	23 ขึ้นไป	23 ขึ้นไป
ดี	18-22	18-22
ปานกลาง	13-17	15-17
ค่อนข้างต่ำ	8-12	10-14
ต่ำ	7 ลงไป	9 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
ดีมาก	12 ขึ้นไป	18 ขึ้นไป
ดี	7-11	12-17
ปานกลาง	2-6	6-11
ค่อนข้างต่ำ	(-3)-1	0-5
ต่ำ	(-4) ลงไป	(-1) ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการงอแขนห้อยตัว ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	วินาที	วินาที
ดีมาก	34.59 ขึ้นไป	48.40 ขึ้นไป
ดี	25.58-34.58	37.39-48.39
ปานกลาง	16.57-25.57	26.38-37.38
ค่อนข้างต่ำ	7.56-16.56	15.37-26.37
ต่ำ	7.55 ลงไป	15.36 ลงไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกาย รายการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 5 นาที ของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	ดัชนีมวลกาย	ดัชนีมวลกาย
ดีมาก	12.48 ลงไป	13.91 ลงไป
ดี	12.49-14.49	13.92-16.92
ปานกลาง	15.50-20.50	16.93-19.93
ค่อนข้างต่ำ	20.51-24.51	19.94-22.94
ต่ำ	24.52 ขึ้นไป	22.95 ขึ้นไป

เกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายรายการดัชนีมวลกายของนักเรียนชายและหญิง
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม

ระดับสมรรถภาพทางกาย	นักเรียนชาย	นักเรียนหญิง
	จำนวนครั้ง/นาที	จำนวนครั้ง/นาที
ดีมาก	90 ลงไป	91 ลงไป
ดี	91-111	92-111
ปานกลาง	112-132	112-131
ค่อนข้างต่ำ	133-153	132-151
ต่ำ	154 ขึ้นไป	152 ขึ้นไป

BIOGRAPHY

Name	Mr. Chatchatchai Pitayanon
Date of birth	7 th October 1984
Place of birth	Bangkok, Thailand
Instruction attended	Chulalongkorn University (2003 – 2006) Bachelor of Science (Sports Science) (2 nd Class Honours)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย