การศึกษาหน้าที่ของไตที่มีความสัมพันธ์ต่ออัตราเมตาบอลิสมในกระบือปลักที่ได้รับความเครียดเนื่องจากความร้อนอย่างเฉียบพลัน

นางสาว ชลลดา บูรณกาล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาสรีรวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-567-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012867

I 10296517

THE STUDIES OF RENAL FUNCTION IN RELATION TO METABOLIC RATE IN THE ACUTE HEAT STRESSED SWAMP BUFFALO

Miss Chollada Buranakarl

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Inter-Department of Physiology

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

Thesis Title The Studies of Renal Function in Relation to Metabolic Rate in the Acute Heat Stressed Swamp Buffalo.

By Miss Chollada Buranakarl

Inter-Department Physiology

Thesis Advisor Associate Professor Narongsak Chaiyabutr, Ph.D.

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

Thavorn Vajrabhaya Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

..... Chairman

(Associate Professor Twinsri Voravan, MD.)

..... Thesis Advisor

(Associate Professor Narongsak Chaiyabutr, Ph.D.)

..... Member

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

..... Member

(Associate Professor Bungorn Chomdej. Ph.D.)

..... Member

(Assistant Professor Choogiart Sucanthapree, Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาหน้าที่ของไตที่มีความสัมพันธ์ต่ออัตราเมตาบอลิสมในกระบือปลักที่ได้รับความเครียดเนื่องจากความร้อนอย่างเฉียบพลัน

ชื่อนิสิต นางสาว ชลลดา บูรณกาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร

สหสาขาวิชา สรีรวิทยา

ปีการศึกษา 2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษาทำในกระบือปลักเพศเมีย น้ำหนักระหว่าง 334-439 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ระยะคือ ระยะควบคุมโดยให้สัตว์อยู่ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 32 °ซ. และระยะได้รับความร้อนซึ่งควบคุมอุณหภูมิประมาณ 42 °ซ. ก่อนการทดลองสัตว์ทดลองจะถูกสอดท่อพลาสติกเข้าสู่เส้นเลือดดำข้างคอ และท่อยางเข้ากระเพาะปัสสาวะทางท่อปัสสาวะเพื่อใช้เก็บเลือดและปัสสาวะตามลำดับ ทำการศึกษาเมตาบอลิสมของกลูโคสโดยสารรังสี 3-^{3}H glucose จำนวน 50 ไมโครคูรี่ และ U-^{14}C glucose จำนวน 50 ไมโครคูรี่ ฉีดเข้าเส้นเลือด วัดอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ อุณหภูมิร่างกายทางทวารหนัก และค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นทุกชั่วโมงเป็นเวลา 4 ช.ม. เก็บเลือดทุก $\frac{1}{2}$ ช.ม.เพื่อนำมาหาองค์ประกอบต่าง ๆ ในเลือด เก็บปัสสาวะและเลือดเป็นเวลา 3 ช.ม. เพื่อศึกษาหน้าที่ของไตโดยใช้วิธีเคลียแรนซ์เทคนิค วัดปริมาตรของพลาสม่าหลังจากสัตว์ได้รับความร้อน $2\frac{1}{2}$ ช.ม. เปรียบเทียบกับช่วงเวลาก่อนได้รับความร้อน จากผลการทดลองพบว่าเมื่อสัตว์ได้รับความร้อนมีการเพิ่มของอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และอุณหภูมิของร่างกาย โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและปริมาตรของพลาสม่า อัตราการหมุนเวียนของกลูโคสภายในร่างกายของ 3-^{3}H glucose และ U-^{14}C glucose รวมทั้งปริมาณกลูโคสทั้งหมดภายในร่างกายเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การกลับของคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลกลูโคสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) กลูโคสในพลาสม่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากสัตว์ได้รับความร้อน จากการศึกษาหน้าที่ของไตพบว่า อัตราการกรองผ่านกลอเมอรูลัสเพิ่มขึ้น

เล็กน้อยแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเลือดที่ไหลผ่านไต ความเข้มข้นของยูเรีย โซเดียม โปตัสเซียม และคลอไรด์ในพลาสม่าไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนความเข้มข้นโปรตีนและครีอะตินีนในพลาสม่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ไตเอซิลกลีเซอรอลในพลาสม่าลดลงในช่วงที่สัตว์ได้รับความร้อน พบว่ามีสหสัมพันธ์ในทางลบ ระหว่างค่าโปรตีนในพลาสม่าและอัตราการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ เช่นเดียวกับสหสัมพันธ์ทางลบระหว่างค่าครีอะตินีนในพลาสม่า และอัตราการขับไนโตรเจนที่ไม่ได้มาจากยูเรียทางปัสสาวะในระยะควบคุม อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์นี้เมื่อสัตว์ได้รับความร้อน อัตราส่วนระหว่างการขับทิ้งต่อปริมาณที่กรองของโปตัสเซียม คลอไรด์ แคลเซียม และอนินทรีย์ฟอสเฟตทางไตเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอัตราการขับปัสสาวะในช่วง 1 ช.ม. แรกเมื่อได้รับความร้อน ในขณะที่อัตราส่วนของโซเดียมมีแนวโน้มลดลง การเปลี่ยนแปลงของกลูโคสในพลาสม่าไม่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของการขับทิ้งของอิเลคโทรไลท์ทางไตทั้งในระยะควบคุมและเมื่อสัตว์ได้รับความร้อน ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสเฟตในพลาสม่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญในชั่วโมงที่ 3 หลังจากได้รับความร้อน จากการศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อวัดในระยะควบคุม

ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าในขณะที่สัตว์ได้รับความร้อน จะมีการเพิ่มอัตราเมตาบอลิสม และมีการลดลง ของขบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส แต่มีการเพิ่มขึ้นของพลาสม่าโปรตีนและครีอะตินีน ความร้อนมีผลต่อการทำหน้าที่ของไตโดยเฉพาะการขับทิ้งของอิเลคโทรไลท์ แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการทำงานของไตและเมตาบอลิสมของกลูโคส การเปลี่ยนแปลงการทำงานของท่อไต อาจเนื่องมาจากผลโดยตรงของความร้อนต่อเมตาบอลิสมภายในไต หรือเป็นผลทางอ้อมต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและสมดุลย์กรดเบสในร่างกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title The Studies of Renal Function in Relation to Metabolic Rate in the Acute Heat Stressed Swamp Buffalo

Name Miss Chollada Buranakarl

Thesis Advisor Associate Professor Narongsak Chaiyabutr, Ph.D.

Inter-Department Physiology

Academic Year 1986

ABSTRACT

The study was performed in five female swamp buffaloes weighing between 334-439 kgs. The experiment was divided into two period, control period which control the dry bulb temperature around 32°C and heat exposure period around 42°C. Each of animal was catheterized into jugular vein and urinary bladder via urethra to collect blood and urine samples respectively. Glucose metabolism was studied by simutaneous signle injection of 50 µCi of 3-^{3}H glucose and 50 µCi of U-^{14}C glucose. Heart rate, respiratory rate, rectal body temperature and packed cell volume were recorded every hour for 4 hours. Blood sample collection was obtained to determine blood constituents every 30 min interval. Urine and blood samples were collected to study kidney function using clearance technique in every one hour for 3 h. period. Plasma volume measurements were performed during preexposure and 2½ h. of heat exposure period.

The results showed that during animals exposed to heat, there were increases in heart rate, respiratory rate and rectal body temperature without any alteration in packed cell volume and plasma volume. The turnover rate and pool size of both 3-^{3}H glucose and U-^{14}C glucose increased while the glucose carbon recycling reduced significantly ($P < 0.01$). Plasma glucose concentration also increased significantly

at 3rd h. of heat exposure ($P < 0.05$) Renal function studies showed that although GFR slightly increased, the E-RPF did not change during heat exposure. Plasma urea, Na^+, K^+ and Cl^- concentrations did not change while the significant increases in total plasma protein and plasma creatinine concentrations were detected after 2 h. of heat exposure ($P < 0.05$). The marked reduction of plasma triacylglycerol was also observed during animal exposed to heat. There was negative correlation between plasma protein concentration and urinary total nitrogen excretion during control period. The similar result was also observed between plasma creatinine concentration and urinary non urea nitrogen excretion ($P < 0.01$). However, no relationship was observed during heat exposure period. The fractional excretion of K^+, Cl^-, Ca^{2+} and P_i increased particularly at the 1st h. of heat exposure and decreased gradually with a concomittant decrease in urine flow rate. The FE_{Na} have a tendency to decrease during heat exposure. There were no correlation between plasma glucose concentration and fractional excretion of all electrolytes during both control and heat exposure period. Plasma inorganic phosphate reduced markedly at the 3rd h. of heat exposure ($P < 0.01$). No specific changes of these parameters were detected in animal during control period.

The present results on glucose metabolism suggested that during animal exposed to heat, there was an increase in metabolic rate but decrease in gluconeogenesis. Plasma protein and creatinine concentrations increased due to muscle protein breakdown. Heat load had an effect on renal functions particularly electrolyte excretions. There was no relationship between change of renal function and glucose metabolism. The possibility for an alteration of renal tubular activity might be due to the direct effect of heat on renal metabolism or due to the indirect effect on the balance of hormone and acid-base regulation.

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENT

I wish to express my sincere deepest gratitude and appreciation to my advisor, Associate Professor Dr. NARONGSAK CHAIYABUTR for his helpful suggestions, excellent guidance, keen interest, critical reading of manuscript and his constant encouragement throughout the study.

My deepest appreciation would also express to Professor Dr. AYUS PICHAICHANARONG and Associate Professor PRAPA LOYPETJRA for their suggestion, kindness and understanding. In addition, I am indebted to the staff of the department of physiology, faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University for their great help and providing the facilities used in experimental works and analysis.

My thanks would also express to Division of Drug Analysis, Department of Medical Science and Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University for provision the facilities used in experimental work.

Finally, I would like to extended my extremely appreciation to my parents for their love and encouragement.

This study was supported in part by a fund from Graduate School, Chulalongkorn University.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

Page

THAI ABSTRACT..... iv

ENGLISH ABSTRACT..... vi

ACKNOWLEDGEMENTS..... viii

TABLE OF CONTENTS..... ix

LIST OF TABLES..... xi

LIST OF FIGURES..... xii

ABBREVIATION..... xvi

CHAPTER

I. INTRODUCTION AND AIMS..... 1

II. BACKGROUND INFORMATION..... 4

1. Effect of heat exposure on circulatory system. 5

2. Effect of heat exposure on respiration..... 6

3. Effect of heat exposure on body temperature... 6

4. Effect of heat exposure on plasma volume, water content and water turnover rate..... 7

5. Effect of heat exposure on body metabolism.... 9

6. Effect of heat exposure on renal function..... 12

III. MATERIALS AND METHODS

1. Preparation of animals..... 14

2. Experimental procedures..... 14

IV. RESULTS

1. Changes of cardiorespiratory frequency, rectal body temperature and blood volume during heat exposure..... 25

2. Change of glucose metabolism during heat exposure..... 29

Page

3. Changes of renal functions during heat exposure..... 29

4. Changes of plasma constituents during heat exposure..... 45

V. DISCUSSION 54

BIBLIOGRAPHY..... 63

APPENDIX..... 77

BIOGHAPHY..... 90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table		Page
I	Changes of heart rate, respiratory rate and rectal body temperature of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	26
II	Changes of plasma volume, blood volume and packed cell volume of five swamp buffaloes before and at 2.5 hour of heat exposure period.....	28
III	Changes of glucose metabolism of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	30
IV	Changes of renal functions of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	32
V	Changes of renal electrolyte excretion, osmolar clearance and free water clearance of five swamp buffaloes during control and heat exposure period...	37
VI	Changes of plasma constituents of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	46
VII	Changes of plasma electrolyte (Na^+, K^+, Cl^-, Ca^{2+} and P_i) concentrations of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	51

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	Mean percent changes of heart rate, respiratory rate and rectal body temperature of five swamp buffaloes during control and heat exposure period...	27
2	Relationship between dry bulb ambient temperature and rectal body temperature of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	31
3	Relationship between plasma glucose concentration and U-^{14}C glucose turnover rate of five swamp buffaloes during control and heat exposure period...	31
4	Mean percent changes of glomerular filtration rate, effective renal plasma flow and urine flow rate of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	33
5	Relationship between heart rate and glomerular filtration rate of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	34
6	Relationship between urine flow rate and renal urea clearance of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	36
7	Relationship between urine flow rate and fractional potassium excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period.....	36

Figure | Page

8 Mean percent changes of fractional excretion of sodium, potassium and chloride of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 38

9 Mean percent changes of fractional excretion of calcium and inorganic phosphate of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 39

10 Relationship between plasma glucose concentration and fractional sodium excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 40

11 Relationship between plasma glucose concentration and fractional potassium excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 40

12 Relationship between plasma glucose concentration and fractional chloride excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 41

13 Relationship between plasma glucose concentration and fractional calcium excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 41

Figure Page

14 Relationship between plasma glucose concentration and fractional excretion of inorganic phosphorus of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 42

15 Mean percent changes of osmolar clearance and free water clearance of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 43

16 Relationship between urea reabsorption and free water clearance of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 44

17 Mean percent changes of plasma glucose, plasma protein and plasma creatinine concentrations of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 47

18 Mean percent changes of plasma albumin concentration, plasma globulin concentration and albumin-globulin ratio of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 48

19 Relationship between plasma creatinine concentration and urinary non urea nitrogen excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 49

Figure | Page

20 Relationship between plasma protein concentration and urinary total nitrogen excretion of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 49

21 Mean percent changes of plasma sodium, plasma potassium and plasma chloride concentrations of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 52

22 Mean percent changes of plasma calcium and plasma inorganic phosphate concentrations of five swamp buffaloes during control and heat exposure period..... 53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABBREVIATION

Ca	=	calcium
Cl	=	chloride
cm	=	centimetre
gm	=	gram
h.	=	hour
HR	=	heart rate
hrs.	=	hours
K	=	potassium
kg	=	kilogram
kg.bd.wt.	=	kilogram body weight
l	=	litre
mEq	=	milliequivalent
mg	=	milligram
min	=	minute
ml	=	millilitre
mm	=	millimetre
mOsm	=	milliosmole
Na	=	sodium
ng	=	nanogram
P_i	=	inorganic phosphate
RR	=	respiratory rate
RT	=	rectal temperature
μCi	=	microcurie

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย