

การเปรียบเทียบผลการใช้อัลโลพูรินอล (ALLOPURINOL)
และสารสกัดหูก้าหนวดแมว [*ORTHOSIPHON ARISTATUS* (BLUME) MIQ.]
ต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะ
ในเต่าดาวอินเดีย (*GEOCHELONE ELEGANS*)

นางสาวขวัญตา ชยาภัม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอายุรศาสตร์สัตวแพทย์ ภาควิชาอายุรศาสตร์
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

COMPARISON OF THE EFFECTS OF ALLOPURINOL
AND *ORTHOSIPHON ARISTATUS* (BLUME) MIQ. EXTRACT
ON HEMATOLOGICAL VALUES AND URINE CHEMICAL COMPOSITIONS
IN INDIAN STAR TORTOISES (*GEOCHELONE ELEGANS*)

Miss Kwanta Chayapum

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

Department of Veterinary Medicine

Faculty of Veterinary Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

ขวัญตา ชยาภัม: การเปรียบเทียบผลการใช้อัลโลพูรินอล (ALLOPURINOL) และสารสกัด
 หนุ้าหนวดแมว [*ORTHOSIPHON ARISTATUS* (BLUME) MIQ.] ต่อค่าโลหิตวิทยาและ
 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย (*GEOCHELONE ELEGANS*)
 อ. ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.สพ.ญ.ดร.นันทริกา ชันชื้อ, 96 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการใช้อัลโลพูรินอล
 และสารสกัดหนุ้าหนวดแมว ต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะ รวมถึง
 การประเมินขนาดของนิ่วในกระเพาะปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น
 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (CA) กลุ่มที่พบนิ่วและได้รับสารสกัดหนุ้า
 หนวดแมว (CO) กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (NA) และ กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับ
 สารสกัดหนุ้าหนวดแมว (NO) โดยการให้อัลโลพูรินอล ขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ
 สารสกัดหนุ้าหนวดแมว ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ด้วยวิธีการป้อนให้กินผ่านทาง การสอด
 ท่อป้อนสาร วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 18 วัน ในเต่า 38 ตัว ผลการทดลองพบว่าอัลโลพูรินอลมีผลใน
 การลดระดับกรดยูริกทั้งในพลาสมาและปัสสาวะลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่
 สารสกัดหนุ้าหนวดแมวมีผลในการลดระดับโพแทสเซียมในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 ($p < 0.05$) ส่วนผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของนิ่วในเชิงปริมาณ พบว่าส่วนใหญ่เป็นนิ่วที่มี
 องค์ประกอบเป็นเกลือของกรดยูริกบริสุทธิ์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของโปรตีน
 เป็นหลัก ส่วนการถ่ายภาพรังสีมีประโยชน์ในการตรวจคัดกรอง สำหรับการวินิจฉัยในเบื้องต้น
 เท่านั้น แต่ไม่สามารถใช้ในการประเมินขนาดของนิ่วได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เนื่องจาก มีปัจจัยเรื่อง
 องค์ประกอบ คุณสมบัติของนิ่ว และการสะสมของแร่ธาตุเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น อัลโลพูรินอลและ
 สารสกัดหนุ้าหนวดแมว จึงเป็นสารที่มีผลต่อค่าโลหิตวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะ
 ในเต่าดาวอินเดีย โดยสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยทาง
 คลินิกสัตว์แพทย์ขั้นสูงต่อไป

ภาควิชา อายูรศาสตร์..... ลายมือนิสิต.....
 สาขาวิชา อายูรศาสตร์สัตวแพทย์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา 2556.....

52755790: MAJOR VETERINARY MEDICINE

KEYWORDS: ALLOPURINOL, *GEOCHELONE ELEGANS*, HEMATOLOGICAL VALUES, INDIAN STAR TORTOISES, *ORTHOSIPHON ARISTATUS* (BLUME) MIQ. EXTRACT, URINE CHEMICAL COMPOSITIONS

KWANTA CHAYAPUM: COMPARISON OF THE EFFECTS OF ALLOPURINOL AND *ORTHOSIPHON ARISTATUS* (BLUME) MIQ. EXTRACT ON HEMATOLOGICAL VALUES AND URINE CHEMICAL COMPOSITIONS IN INDIAN STAR TORTOISES (*GEOCHELONE ELEGANS*).

ADVISOR: ASSOC. PROF. NANTARIKA CHANSUE, D.V.M., Ph.D., 96 pp.

The objectives of this research were to study and compare the effects of allopurinol and *Orthosiphon aristatus* extract on hematological values and chemical compositions in urine and the changing of the urinary calculi size of *Geochelone elegans* (Indian star tortoise). The experiments were divided into 4 groups, as followed, calculi/allopurinol (CA), calculi/*O. aristatus* extract (CO), no calculi/allopurinol (NA) and no calculi/*O. aristatus* extract (NO). Allopurinol (50 mg/kg) and *O. aristatus* extract (200 mg/kg) were given *per os* via feeding tube once daily for 18 days to 38 individuals of tortoises. Our results indicated that allopurinol significantly decreased the level of uric acid concentration both in plasma and urine while the *O. aristatus* extract significantly reduced the level of potassium concentration in plasma ($p < 0.05$). The urolith quantitative analysis was performed and results indicated that the major type of calculi was the pure salt of uric acid which was related to protein metabolism. However, the radiograph technique (film x-ray) could only be used for basic diagnosis but could not determine the size of urinary calculi due to the effects of the calculi properties and the mineralization. In conclusion, allopurinol and *O. aristatus* extract affected the hematological values and chemical compositions in urine. This study suggested that the information obtained from the basic research could be applied in advanced veterinary clinical research.

Department: Veterinary Medicine..... Student's Signature.....
 Field Study: Veterinary Medicine..... Advisor's Signature.....
 Academic Year: 2013.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.สพ.ญ.ดร.นันทริกา ชันช่อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำและคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณบิดา (นายไพโรจน์ ชยาภัม) มารดา (นางจิตรา ชยาภัม) รวมถึงคุณป้า (นางสาวจุฬารัตน์ ชยาภัม) ที่คอยเป็นแรงผลักดันช่วยเหลือ ให้ความสนับสนุนทั้งกำลังกายและกำลังใจตลอดมา รวมทั้งคณาจารย์ เพื่อน พี่ และน้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือจนทำให้ข้าพเจ้าได้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากร ณ ศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ และโรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนต่างๆ

ขอขอบคุณ ศ.สพ.ญ.ดร.ชลลดา บุรณกาล สพ.ญ.อรพรรณ จาตุรกาญจน์ สพ.ญ.สุภา สิทธานุกุล ผศ.ดร.อัจฉรา ธวัชสิน รศ.น.สพ.ดร.กฤษ อังคนาพร และนางสาวกฤติมา เอนกธนกุล ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือเรื่องการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ขอขอบคุณ Dr. Eric Lombardini จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ทหาร (Armed Forces Research Institute of Medical Sciences; AFRIMS) ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำเรื่องผลตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

ขอขอบคุณ รศ.พญ.มณฑิรา ตันทนุช ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สำหรับการศึกษาดูงานและเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในส่วนตรวจวิเคราะห์นี้ รวมถึงการให้ความอนุเคราะห์ในตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างนี้ในเต้าดาวอินเดีย

ขอขอบคุณ น.สพ.ดร.เฉลิมพล เล็กเจริญสุข และ น.สพ.ป้อมเพชร นพคุณวิชัย สำหรับคำแนะนำเพิ่มเติมเรื่องการตรวจวิเคราะห์นี้ และบริษัท เวท เรคคอมเม้นด์ จำกัด สำหรับการเป็นบริษัทตัวแทนในประเทศไทยในการจัดส่งตัวอย่างนี้ รวมถึง น.สพ.วชิรา หุ่นประสิทธิ์ สำหรับการคำแนะนำ และการประสานงานเรื่องการรับตัวอย่างส่งตรวจ ณ ห้องปฏิบัติการ Minnesota Urolith Center ประเทศสหรัฐอเมริกา

ขอขอบคุณ สัตวแพทย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ Minnesota Urolith Center ประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างนี้ในเต้าดาวอินเดีย

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
3. สมมติฐานการวิจัย.....	3
4. ขอบเขตและข้อจำกัดของงานวิจัย.....	3
5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1. เต่าดาวอินเดีย.....	5
2. ระบบขับถ่ายปัสสาวะ.....	9
3. การกำจัดของเสียในร่างกาย.....	14
4. นีวในระบบปัสสาวะ.....	17
5. อัลโลพurinอล.....	22
6. หนู้าหนดแมว.....	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
1. สัตว์ทดลอง.....	30
2. การถ่ายภาพรังสี.....	32
3. การเก็บตัวอย่างเลือดและการตรวจวิเคราะห์.....	32
4. การเก็บตัวอย่างปัสสาวะและการตรวจวิเคราะห์.....	33
5. การเตรียมและการบริหารสารละลายอัลโลพurinอล.....	35
6. การเตรียมและการบริหารสารสกัดหนู้าหนดแมว.....	35

7. การป้องกันปากโดยใช้ท่อป้องกันสารปลายกลม.....	36
8. การชั้นสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา.....	37
9. การส่งตรวจชนิดของน้ำ.....	37
10. การแปลผลและการวิเคราะห์ผล.....	38
11. ปัญหาทางจริยธรรม (Ethical consideration).....	38
12. เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
1. การถ่ายภาพรังสี การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาดและการชั่งน้ำหนักสัตว์.....	39
2. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ.....	42
3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	61
4. การชั้นสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา.....	63
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย บทสรุป และข้อเสนอแนะ อภิปรายผล	
1. การถ่ายภาพรังสี การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาดและการชั่งน้ำหนักสัตว์.....	64
2. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ.....	67
3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	78
4. การชั้นสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา.....	79
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	79
รายการอ้างอิง.....	81
ภาคผนวก.....	92
ภาคผนวก ก.....	93
ภาคผนวก ข.....	94
ภาคผนวก ค.....	95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	96

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	ลักษณะที่แตกต่างของเต่าดาวตามแหล่งภูมิประเทศต่างๆ.....	7
ตารางที่ 3.1	รายละเอียดการแบ่งกลุ่มเต่า 4 กลุ่ม.....	32
ตารางที่ 3.2	รายละเอียดการเก็บตัวอย่างเลือด.....	32
ตารางที่ 4.1	ผลการถ่ายภาพรังสีในท่า Dorsoventral (DV) ก่อนทำการทดลอง.....	39
ตารางที่ 4.2	ผลการถ่ายภาพรังสีในท่า Horizontal Lateral (LAT) ก่อนทำการทดลอง.....	39
ตารางที่ 4.3	จำนวนก้อนนิ่วที่ตรวจพบจากการถ่ายภาพรังสีท่า Dorsoventral (DV) ก่อนการทดลอง.....	40
ตารางที่ 4.4	ขนาดนิ่วจากการถ่ายภาพรังสีในท่า Dorsoventral (DV) ก่อนและหลังการทดลอง.....	41
ตารางที่ 4.5	การจัดแบ่งกลุ่ม จำนวน และสัญลักษณ์ของสัตว์ทดลองในแต่ละกลุ่ม....	41
ตารางที่ 4.6	น้ำหนักและขนาดความยาวของกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง.....	42
ตารางที่ 4.7	ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะ ของกลุ่มที่พบนิ่วและได้รับอัล โลพูรินอล (CA)	44
ตารางที่ 4.8	ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะ ของกลุ่มที่พบนิ่วและได้รับสารสกัดหูก้าหนดแมว (CO).....	45
ตารางที่ 4.9	ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะ ของกลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับอัล โลพูรินอล (NA).....	46
ตารางที่ 4.10	ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะ ของกลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับสารสกัดหูก้าหนดแมว (NO).....	47
ตารางที่ 4.11	ผลตรวจและผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเคมีในเลือด (พลาสมา).....	48
ตารางที่ 4.12	ผลตรวจและผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเคมีในปัสสาวะ.....	49
ตารางที่ 4.13	ผลตรวจและผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่ากรดยูริกในพลาสมา และในปัสสาวะของกลุ่มที่พบนิ่วและกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว.....	60
ตารางที่ 4.14	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างนิ่ว ณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.....	62
ตารางที่ 4.15	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างนิ่ว ณ Minnesota Urolith Center.....	62
ตารางที่ 4.16	จำนวนสัตว์ที่ตายในช่วงที่ทำการทดลอง.....	63

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของไต.....	9
รูปที่ 2.2 การพัฒนาของไต.....	10
รูปที่ 2.3 รูปร่างของหน่วยไตในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม.....	11
รูปที่ 2.4 หน่วยไตของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ.....	12
รูปที่ 2.5 กายวิภาคส่วนทวารร่วมในเต่าเพศผู้.....	13
รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงเมทาบอลิซึมของสารพิวรีน.....	15
รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของสารของเสียในโคโรเจน 3 ชนิดที่พบบ่อย.....	15
รูปที่ 2.8 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (5,000X, 25kV) แสดงตะกอน ทรงกลมที่พบในปัสสาวะจากส่วนท่อไต (ureteral urine) ในอีแก้วนำ ทะเลทราย (<i>Dipsosaurus dorsalis</i>).....	16
รูปที่ 2.9 การถ่ายภาพทางรังสีวิทยา.....	19
รูปที่ 2.10 การสอดกล้องส่องตรวจชนิดแข็ง (rigid endoscope) และอุปกรณ์กรอฟัน ชนิดความเร็วต่ำ (low-speed dental drill) เข้าไปในทวารร่วม.....	20
รูปที่ 2.11 การสลายและการนำเอาก้อนนิ่วออกโดยการชะล้างด้วยน้ำอุ่นและ การสอดกล้องส่องตรวจเข้าไปในทวารร่วม.....	20
รูปที่ 2.12 สภาพหลังจากการสลายและการนำเอาก้อนนิ่วออก.....	21
รูปที่ 2.13 การคืบนิ้วในทางเดินปัสสาวะออกทางทวารร่วม.....	21
รูปที่ 2.14 สูตรโครงสร้างอัลโลพูรีนอล ไฮโปแซนทีน อัลโลแซนทีน.....	23
รูปที่ 2.15 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสโดยอัลโลพูรีนอล.....	23
รูปที่ 2.16 ลักษณะลำต้น ใบ และดอกของต้นหญ้าหนวดแมว.....	26
รูปที่ 2.17 ลักษณะดอกของต้นหญ้าหนวดแมว.....	26
รูปที่ 3.1 การวัดความยาวของกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง (straight carapace length; SCL).....	31
รูปที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์แถบน้ำยาทดสอบสำหรับการตรวจสอบเคมีในปัสสาวะ 10 รายการและเครื่องอ่านค่าแถบน้ำยาทดสอบ Urulux S urine strip analyzer.....	34

รูปที่ 3.3	เม็ดยาอัลโลพูรินอล ขนาด 100 มิลลิกรัม เม็ดยาเคลือบยา.....	35
รูปที่ 3.4	ผลิตภัณฑ์และรายละเอียดข้างกล่องยาชงหญาขนาดแก้ว.....	36
รูปที่ 3.5	การวัดระยะเวลาการสอดท่อเข้ากระเพาะอาหารในเต่า.....	36
รูปที่ 3.6	ท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle).....	37
รูปที่ 4.1	ตัวอย่างภาพถ่ายรังสีในเต่าดาวอินเดียที่ใช้ในการทดลองที่ตรวจพบนิ้ว.....	40
รูปที่ 4.2	ตัวอย่างปัสสาวะที่มียูเรตและเลือดปน.....	43
รูปที่ 4.3	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงผลลักษณะใสรูปเข็ม.....	43
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ายูเรียในโตรเจนในปลาสม.....	50
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าครีเอตินินในปลาสม.....	51
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในปลาสม.....	52
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโซเดียมในปลาสม.....	53
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโพแทสเซียมในปลาสม.....	54
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ายูเรียในโตรเจนในปัสสาวะ.....	55
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าครีเอตินินในปัสสาวะ.....	56
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในปัสสาวะ.....	57
รูปที่ 4.12	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโซเดียมในปัสสาวะ.....	58
รูปที่ 4.13	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโพแทสเซียมในปัสสาวะ.....	59
รูปที่ 4.14	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในปลาสม.....	60
รูปที่ 4.15	กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในปัสสาวะ.....	61

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

“เต่า” เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในอันดับ (order) chelonina ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมพิเศษ (non domestic animal หรือ exotic pet) มีลักษณะเฉพาะตัวที่โดดเด่น สวยงาม และได้รับความนิยมอย่างสูงสำหรับผู้เลี้ยงสัตว์ทั่วโลก โดยพบว่าเต่าบก (tortoises) เคยถูกจัดให้เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมาตรฐาน (standard pets) ในวงการสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Coborn, 1993) อย่างไรก็ตาม เต่าส่วนใหญ่ มักจะถูกจับมาจากแหล่งที่อยู่ในธรรมชาติ (wild-caught animal) เนื่องจากมีราคาซื้อขายในท้องตลาดที่ต่ำกว่าราคาสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มาจากฟาร์มเลี้ยง (captive animal) จึงมักพบรายงานการลักลอบ โดยเฉพาะเต่าบกอายุอ่อนที่มีขนาดเล็กจำนวนมากจากประเทศอินโดนีเซีย เพื่อขายในตลาดสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วโลกด้วยการขนส่งในรูปแบบต่างๆ เช่น รถบรรทุก รถไฟ และเครื่องบิน โดยที่ผู้ลักลอบจะอดน้ำและอาหารสัตว์ก่อนการเดินทางเพื่อลดปริมาณสิ่งขับถ่ายของสัตว์ รวมถึงมีการจับบังคับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมด้วยวิธีต่างๆ เช่น การใช้เทปกาวติด การใส่ในถุงผ้าขนาดเท่าตัวสัตว์หรือการใส่กล่องที่ปิดสนิทเพื่อไม่ให้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเคลื่อนไหว ลดปัญหาการถูกจับกุมจากเจ้าหน้าที่ขณะทำการลักลอบ ส่งผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ป่วยเรื่องความเครียดสูง ไวต่อการเกิดโรคต่างๆ มีภาวะขาดน้ำและอาหารอย่างรุนแรง และตายได้ในระหว่างการขนส่ง ระหว่างขั้นตอนการดำเนินการค้ำหรือก่อนถึงมือผู้เลี้ยงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแพทย์ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นที่มีส่วนสำคัญต่อสุขภาพของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยตรงแล้ว ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักวิชาการของประชาชนในส่วนของผู้เลี้ยงหรือผู้ดูแลสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไม่เป็นที่แพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของโภชนาศาสตร์และการจัดการด้านต่างๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้เช่นเดียวกัน

นักระบบทางเดินปัสสาวะ (urolithiasis หรือ urinary calculi) จัดเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพที่มีความสำคัญทางคลินิกทั้งในทางการแพทย์และสัตวแพทย์ พบรายงานอุบัติการณ์การเกิดนี้ในคนรวมถึงในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายชนิด ทั้งในปลูสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ป่า สัตว์เลี้ยงเป็นเพื่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสุนัขและแมว (Robinson et al., 2008) อย่างไรก็ตาม มีการตรวจพบปัญหานี้ในระบบปัสสาวะได้บ่อยในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเช่นเดียวกัน โดยที่สาเหตุแท้จริงยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดแต่พบที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความไม่สมดุลของการได้รับสารต่างๆ เช่น การขาดวิตามินเอ วิตามินดี หรือแคลเซียม รวมถึงการได้รับสารอาหารประเภทโปรตีนหรือออกซาเลตในปริมาณที่มาก การติดเชื้อแบคทีเรีย การตกค้างของไขมันเย็บหรือมีภาวะขาดน้ำ เป็นต้น รวมถึงมีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายใน ได้แก่ สรีรวิทยาระบบขับถ่ายปัสสาวะในการขับของเสียจำพวกไนโตรเจน โดยในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของกรดยูริก (uric acid)

ซึ่งกรดยูริกนั้นมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้น้อยและมักจะเกิดการรวมตัวกับสารที่มีประจุบวกที่มีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำ ที่กระเพาะปัสสาวะและเกิดเป็นจุดเริ่มต้น (nidus) ของการเกิดนิ่วต่อไป ในกรณีที่ก้อนนิ่วมีขนาดเล็กมักจะไม่ค่อยทำให้เกิดปัญหามากนัก โดยอาจจะมีผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเซลล์เยื่อบุผิวกระเพาะปัสสาวะเล็กน้อย และพบปัสสาวะมีเลือดปน (hematuria) ภาวะที่มีการระคายเคืองอย่างต่อเนื่องจะเหนียวน้ำทำให้เกิดการหนาตัวและเกิดการโตมากเกินไปของเซลล์ (hypertrophy) ของผนังกระเพาะปัสสาวะ ส่วนในกรณีที่ก้อนนิ่วมีขนาดใหญ่ ขนาดและน้ำหนักของก้อนนิ่วอาจจะมีผลกระทบต่อกรกินอาหารและทำให้เกิดภาวะหายใจลำบาก มีการตอบสนองต่อการอักเสบ เกิดเนื้อตายจากการกดทับของก้อนนิ่วในกระเพาะปัสสาวะกับอวัยวะภายในหรือมีการยึดติดและพัฒนาเกิดภาวะการคั่งค้างของสารใน ไตรเจนในเลือดชนิดที่มีสาเหตุจากทางเดินปัสสาวะอุดตัน (postrenal azotemia) ขึ้นได้ (Mader, 2006)

ในปัจจุบันมีแนวทางการรักษานิ่วในเต่าแบ่งออกได้เป็น 2 ทางหลัก ได้แก่ การรักษาทางอายุรกรรมและทางศัลยกรรม โดยตัวอย่างการรักษาทางศัลยกรรม เช่น การผ่าตัดโดยการตัดเปิดกระดองส่วนล่างและเยื่อคลุมช่องลำตัวด้านใน (plastronotomy หรือ plastral coeliotomy) (McArthur, 1996^d) การเปิดผ่าผ่านทางเนื้อเยื่อบริเวณต้นขาหลัง (soft-tissue prefemoral approach) (Mader, 2006) หรือ การคีบออกทางทวารร่วม (Miwa, 2008) เป็นต้น ส่วนแนวทางการรักษาทางอายุรกรรมโดยการให้ยาแผนปัจจุบันในเต่ามีหลักการคล้ายกับการรักษาในคน กล่าวคือ การให้ยาที่ช่วยยับยั้งการสร้างกรดยูริกและการให้ยาที่ลดกรดยูริกในเลือด ในกรณีของยาที่ช่วยยับยั้งการสร้างกรดยูริก ซึ่งจัดเป็นยาที่เหมาะสมสำหรับในกรณีที่มีการสร้างกรดยูริกมากกว่าปกติ (hyperuricemia) หรือ มีนิ่วในทางเดินปัสสาวะหรือภาวะที่มีการทำงานของไตบกพร่อง ตัวอย่างยาในกลุ่มนี้ เช่น อัลโลพูรินอล (allopurinol) ส่วนยาลดกรดยูริกในเลือดโดยออกฤทธิ์ในการขับกรดยูริก เช่น โพรเบนนิซิด (probenecid) ซัลฟินไพราโซน (sulfinpyrazone) และ เบนซ์โบรมาโรน (benzobromarone) เป็นต้น (อังคณา, 2548) อย่างไรก็ตาม พบรายงานการใช้อัลโลพูรินอลชนิดเดียวหรือการใช้ร่วมกับโพรเบนนิซิดในการรักษาโรคเกาต์ (gout) และใช้รักษาภาวะที่มีค่ายูริกในกระแสเลือดสูงในเต่า (McArthur et al., 2002) ในส่วนการรักษาโดยใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต่อไตและระบบปัสสาวะ เพื่อการรักษาและป้องกันโรคของทางเดินปัสสาวะในคน เช่น การใช้ส่วนของลำต้น กิ่งและใบของหญ้าหนวดแมว *Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq ซึ่งมีชื่อภาษาอังกฤษคือ cat's whisker หรือ kidney tea plant หรือ java tea ส่วนชื่อท้องถิ่นในประเทศไทย ได้แก่ บารักป่า พยับเมฆ หรือ อีตู่ดง จัดเป็นพืชสมุนไพรในกลุ่มไม้ล้มลุกขนาดเล็ก มีฤทธิ์ต่อไตและระบบปัสสาวะ เพื่อการรักษาและป้องกันโรคทางเดินปัสสาวะในคน โดยจัดอยู่ในกลุ่มที่ออกฤทธิ์ขับปัสสาวะซึ่งเป็นการรักษาทางเลือกหรือการรักษาเสริม (alternative therapy หรือ

complementary therapy) (นิตยวารรณ, 2549) ประกอบด้วยสารสำคัญในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดอินทรีย์ (organic acids) และ เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) (ดวงเพ็ญและคณะ, 2545) ส่วนของใบประกอบด้วยเกลือโพแทสเซียม (potassium salts) ในปริมาณสูงและมีกลูโคไซด์ (glucoside) หรือออร์โธซิฟอนิน (orthosiphonin) ซึ่งมีสรรพคุณในการขับปัสสาวะช่วยลดน้ำตาลในเลือดและลดความดันโลหิต ใช้ในผู้ป่วยโรคไต โรคความดัน น้ัวในไต บรรเทาอาการปวดตามข้อ และผู้ป่วยโรคเบาหวาน (เกรียงศักดิ์, 2528) ส่วนของต้นทั้งแบบสดหรือแบบแห้ง สามารถนำมาต้มเพื่อดื่มเป็นยาสำหรับชายสูงอายุที่มีปัญหาโรคต่อมลูกหมากโต ที่มีปัญหาปัสสาวะติดขัดโดยใช้แทนบูช (buchu) (วีระสิงห์, 2522) และมีฤทธิ์ในการขับกรดยูริก (พงษ์ศักดิ์, 2550) อย่างไรก็ตามการทำสัลยกรรมในเต่ามีความยาก ใช้เวลานานและมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง (นันทริกา, 2550³) ในขณะที่ข้อมูลของการรักษาทางยาในเต่ามีค่อนข้างจำกัด ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการรักษาทางอายุรกรรม โดยการใช้ยาทั้งที่เป็นยาแผนปัจจุบัน (อัลโลพูรินอล) และสมุนไพร (สารสกัดหญาหัวนมแมว) โดยทำการศึกษาในเต่าดาวอินเดีย (*Geochelone elegans*; Indian star tortoise) ซึ่งเป็นเต่าบกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการเลี้ยงในประเทศไทยและมักพบปัญหานี้ในระบบทางเดินปัสสาวะ ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาดังกล่าวจะเป็นข้อมูลทางวิชาการพื้นฐานที่สามารถใช้อ้างอิงและมีประโยชน์ในการศึกษาวิจัยในเชิงลึกและมีประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในทางคลินิก สัตวแพทย์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการใช้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญาหัวนมแมวต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญาหัวนมแมวต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย

3. สมมติฐานการวิจัย

อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญาหัวนมแมวมีผลต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย โดยมีผลเพิ่มระดับยูเรียในโตรเจน เพิ่มระดับครีเอทีนิน ลดระดับกรดยูริก ลดระดับโซเดียมและลดระดับโพแทสเซียมทั้งในพลาสมาและปัสสาวะ

4. ขอบเขตและข้อจำกัดของงานวิจัย

ทำการศึกษาผลอัลโลพูรินอลและสารสกัดหญาหัวนมแมวต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงผลการใช้และผลเปรียบเทียบระหว่างอัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย เพื่อประโยชน์ในแง่ของข้อมูลพื้นฐานทางวิชาการซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการศึกษาในเชิงลึก หรือ เพื่อการประยุกต์ใช้ในการรักษาทางคลินิกต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เต่าดาวอินเดีย

1.1 ชื่อ

ชื่อสามัญ (standard common name) คือ Indian star tortoise

ชื่อท้องถิ่น (local name) เช่น Kachuva, Kasav, Amai, Amah, Tabelu (Daniel, 1983)

ชื่อวิทยาศาสตร์ (scientific name) คือ *Geochelone elegans* (Schoepff, 1795)

ชื่อพ้อง (synonym) อื่นๆ (Fritz and Havaš, 2007) เช่น

Testudo elegans, *Testudo stellata*, *Chersine elegans*, *Testudo actinoides*,
Geochelone (Geochelone) stellata, *Testudo megalopus*, *Peltastes stellatus*,
Peltastes stellatus var. *actinoides*, *Geochelone elegans elegans*

1.2 การจัดลำดับหมวดหมู่สิ่งมีชีวิต (taxonomy)

อาณาจักร (kingdom): Animalia

ไฟลัม (phylum): Chordata

ชั้น (class): Reptilia

อันดับ (order): Testudines หรือ Chelonia

วงศ์ (family): Testudinidae

สกุล (genus): *Geochelone*

ชนิด (species): *Geochelone elegans*

1.3 ความสำคัญทางข้อตกลง สัญญา หรือ กฎหมายต่างๆที่มีความเกี่ยวข้องกับประเทศไทย

เต่าดาวอินเดีย มีความเกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2546 ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นจัดอยู่ในบัญชีหมายเลข 2 (Appendix II) ของอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้จะสูญพันธุ์ (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; CITES) หรืออนุสัญญาวอชิงตัน (Washington Convention) ซึ่งประเทศไทยได้ลงนามรับรองอนุสัญญา เมื่อปี พ.ศ. 2518 และให้สัตยาบันใน ปี พ.ศ. 2526 จัดเป็นสมาชิกลำดับที่ 80 โดยมีหน่วยงานทางราชการต่างๆที่มีหน้าที่รับผิดชอบ ได้แก่ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร กรมประมงและกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

สัตว์และพืชที่ถูกจัดอยู่ในบัญชีหมายเลข 2 จัดเป็นชนิดพันธุ์ของสัตว์ป่าและพืชป่าที่ยังไม่ถึงกับใกล้จะสูญพันธุ์ จึงยังอนุญาตให้ค้าได้แต่ต้องมีการควบคุมไม่ให้เกิดความเสียหายหรือลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดใกล้จะสูญพันธุ์ โดยประเทศที่จะส่งออกต้องออกหนังสืออนุญาตให้ส่งออกและรับรองว่าการส่งออกแต่ละครั้งจะไม่กระทบกระเทือนต่อการดำรงอยู่ของชนิดพันธุ์นั้นๆ ในธรรมชาติ โดยราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 123 ตอนพิเศษ 28 ง “ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม” ส่วนบัญชีแนบท้าย เรื่อง กำหนดชนิดสัตว์ป่าและซากของสัตว์ป่าที่ห้ามนำเข้าหรือส่งออก ได้ระบุตัวอย่างของเต่าบกชนิดอื่นๆ ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มบัญชีหมายเลข 2 ของ CITES ได้แก่ เต่าบกในวงศ์ Testudinidae ยกเว้นที่อยู่ในบัญชีหมายเลข 1 ได้แก่ เต่ายักษ์กาลาปากอส (Galapagos Giant Tortoise; *Geochelone nigra*) เต่าบกปลายจักรหรือ เต่าลายรัศมี (Radiated Tortoise; *Geochelone radiata*) เต่ามาดากัสการ์ (Madagascar Tortoise; *Geochelone yniflora*) เต่าบกขอบเหลืองหรือเต่ายักษ์เม็กซิโก (Yellow-bordered Tortoise; *Gopherus flavomarginatus*) เต่าลายเลขาคณิต (Geometric Tortoise; *Psammobates geometricus*) เต่าแมงมุม (Spider Tortoise; *Pyxis planicauda*) เต่าโคมอียิปต์ หรือ เต่าอียิปต์ (Egyptian Tortoise; *Testudo kleinmanni*) เต่าโคมเนเกฟหรือเต่าเวอร์เนอร์ (Negev Tortoise, Werner’s Tortoise; *Testudo weneri*) (ยงยุทธ, 2549)

1.4 แหล่งที่อยู่และการกระจายตัว

เต่าดาวอินเดียมีแหล่งที่อยู่ที่หลากหลายในธรรมชาติ ได้แก่ พื้นที่กึ่งแห้งแล้ง ทุ่งหญ้าเนินทราย (sand dunes) ป่าเบญจพรรณชื้น (moist deciduous forests) ป่าละเมาะ (scrub forest) ซึ่งมีช่วงฤดูแล้งยาวนาน 3 ถึง 10 เดือน (Fife, 2007) รวมถึงพื้นที่เกษตรกรรม (Vyas and Parasharya, 2000) เต่ามักจะหลบซ่อนตามที่กำบังในแหล่งที่อยู่ในเวลาใกล้พลบค่ำ ส่วนในช่วงฤดูหนาว สัตว์มักจะพัก ซ่อนตัวนิ่ง แตกต่างกับในช่วงฤดูผสมซึ่งพบว่าเต่าจะทำกิจกรรมต่างๆ และเดินไปมาในระหว่างวัน (Daniel, 1983) มีรายงานการกระจายตัวของเต่าชนิดนี้ในประเทศอินเดีย (เช่น เมือง Rajasthan, Gujarat, Karnataka, Andhra Pradesh, Orissa, Tamil Nadu, Madhya Pradesh, และ Kerala) ปากีสถานและศรีลังกา (Vyas and Parasharya, 2000) โดยไม่พบรายงานชนิดย่อย (subspecies) แต่พบความแตกต่างทางกายภาพ (Fife, 2007) ดังข้อมูลในตารางที่ 2.1 รวมถึงความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic diversity) ของการวิเคราะห์ข้อมูลสายพิมพ์ดีเอ็นเอที่นิวเคลียสและไม่โทคอนเดรีย (nuclear and mitochondrial DNA analysis) จากตัวอย่างเลือดของเต่าดาวอินเดียที่มีการจับกุมและยึดเอาไว้ โดยเปรียบเทียบกับเต่ากลุ่มควบคุมที่อยู่ในพื้นที่ทางใต้และทางตะวันตกของประเทศอินเดีย (Gaur et al., 2006)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะที่แตกต่างของเต่าดาวตามแหล่งภูมิประเทศต่างๆ (Fife, 2007)

สถานที่/ สันฐาน	ลักษณะที่สำคัญ
<p>ทางเหนือของประเทศอินเดียและปากีสถาน (Gujarat, Rajasthan, Uttar Pradesh)</p> 	<p>มีขนาดใหญ่ สีพื้นค่อนข้างเข้ม สีกระดองเป็นสีดำมากกว่าสีน้ำตาลและมีลักษณะ “เลอะสกปรก” (dirty appearance) มากกว่าเต่าดาวอินเดียทางใต้</p>
<p>ทางใต้ของประเทศอินเดีย (Tamil Nadu, Kerala, Karnataka)</p> 	<p>มีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเต่าดาวอินเดียทางเหนือ ส่วนของลายที่กระดองมีความแตกต่างโดยพบสีพื้นเป็นสีครีมและสีเหลือง</p>
<p>ประเทศศรีลังกา</p> 	<p>มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับเต่าดาวอินเดียแผ่นดินใหญ่ทางใต้โดยสามารถระบุว่าเป็น Sri Langkan stars ได้เมื่อทราบแหล่งกำเนิดของเต่าที่แน่นอน มีขนาดใกล้เคียงกับเต่าดาวอินเดียทางเหนือและปากีสถานแต่มีลักษณะรูปทรงพีระมิดและมีลายสีเหลือง</p>

1.5 แนวโน้มในแหล่งธรรมชาติและตลาดสัตว์เลี้ยง

เต่าดาวอินเดียจัดอยู่ในกลุ่มเต่าที่มีความสวยงามทั้งสีและรูปแบบ ซึ่งได้รับความนิยมสำหรับผู้ที่เลี้ยงสัตว์ทั่วโลก ในขณะที่ประชากรเต่าในแหล่งธรรมชาติมีการลดจำนวนลงเนื่องจากการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยรวมทั้งการค้าขายแลกเปลี่ยนสัตว์ป่าที่ผิดกฎหมายในระดับสากล (illegal international wildlife trade) ตัวอย่างข้อมูลการสำรวจการซื้อขายแลกเปลี่ยนเต่าดาวอินเดีย เช่น ในประเทศมาเลเซีย ผู้ขายปลีกมีการจัดกลุ่มของเต่าออกเป็น 3 ขนาดเพื่อใช้ในการประเมินราคาขายโดยแบ่งตามขนาดความยาวของกระดองส่วนบน (carapace length; CL) ได้แก่ เต่าขนาดเล็กหรือเต่าที่มี CL น้อยกว่า 5 เซนติเมตรซึ่งจัดเป็นกลุ่มตัวแทนของเต่าในกลุ่มอายุแรกฟัก (hatchling age group) เต่าขนาดกลางหรือเต่าที่มี CL 5 ถึง 10 เซนติเมตรและเต่าขนาดใหญ่หรือเต่าที่มี CL มากกว่า 10 เซนติเมตรจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มเต่าที่โตเต็มวัย (adult) และเป็นเต่าในกลุ่มที่จัดว่ามีราคาสูงที่สุด (Shepherd et al., 2004) เต่าดาวอินเดียจำนวนมากมักถูกลักลอบจากประเทศอินเดีย ปากีสถานและศรีลังกาสู่ตลาดค้าสัตว์ในเอเชีย ยุโรปและสหรัฐอเมริกา โดยพบการยึดเต่าของกลางได้บ่อยในเมืองต่างๆ เช่น กรุงเทพฯ กัวลาลัมเปอร์และจาการ์ตา เป็นต้น (Home et al., 2012)

1.6 ชีวิตวัยทั่วไป

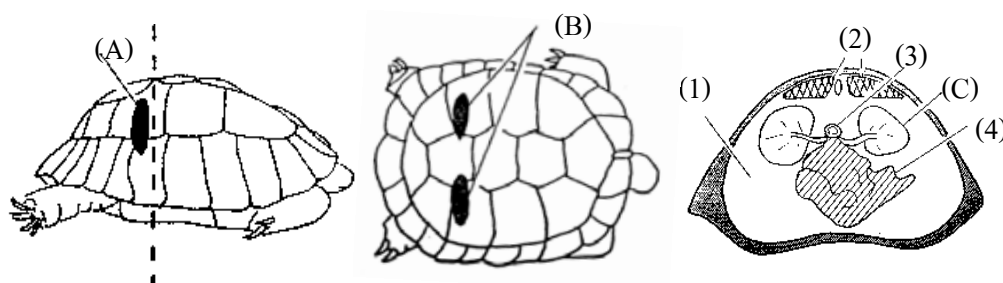
จัดเป็นเต่าบก (tortoise หรือ land turtle) ขนาดกลาง (โดยเฉพาะเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเต่าในสกุลเดียวกัน) เต่าตัวเมียมีขนาดตัวใหญ่กว่าตัวผู้ โดยปกติแล้วตัวเมีย มีขนาด 10 ถึง 12 นิ้ว (25 ถึง 31 เซนติเมตร) ในขณะที่ตัวผู้มีขนาด 7 ถึง 8 นิ้ว (18 ถึง 20 เซนติเมตร) มักจะพบว่าเต่าเข้าสู่วัยที่พร้อมสำหรับการสืบพันธุ์ที่ขนาดตัวประมาณ 5 ถึง 8 นิ้ว (13 ถึง 20 เซนติเมตร) ซึ่งพบได้ในเต่าเลี้ยงที่มีอายุประมาณ 3 ถึง 7 ปี ส่วนของกระดองด้านบน (carapace) มีลักษณะโค้งเป็นโดมสีเหลืองปนดำและน้ำตาล มีลายเส้นสีเหลืองรูปแบบคล้ายดาวซึ่งพบได้ในส่วนของกระดองด้านล่าง (plastron) เช่นเดียวกัน ในเต่าแรกเกิดจะมีลักษณะลายคล้ายผีเสื้อสีเหลืองหรือลายคันธนู เมื่อเต่ามีอายุมากขึ้นจะมีลายทางยาวชัดเจนขึ้น ส่วนหัวมีสีเหลืองและสามารถพบจุดสีดำ ส่วนขาหน้ามีสีเหลืองและมีเกล็ดยื่นออกมา (Palika, 2001; Shepherd et al., 2004; Fife, 2007)

มีการจัดเต่าดาวอินเดียตามการกินอาหารให้อยู่ในกลุ่มที่กินพืชเป็นอาหารหลัก (herbivore) (Moll, 1898; McArthur and Barrows, 2004) อย่างไรก็ตามในธรรมชาติพบว่าเป็นเต่าที่กินพืชและสัตว์เป็นอาหาร (omnivore) โดยกินพืชผักเป็นหลักเช่น พืชชุ่มน้ำ เช่น เพชรสังฆาต (*Cissus quadrangularis*) ผลไม้ หนุ่ย พืชชนิดต่างๆ หอยทาก สิ่งขับถ่ายของนกและสัตว์อื่นๆ และพบรายงานการให้ซากสัตว์ (carrion) ในเต่าเลี้ยง (Daniel, 1983) นอกจากนี้ มีรายงานอาหารอื่นๆที่เต่า

ดาวอินเดียกินเป็นอาหาร เช่น พืชสกุลถั่วเขียว (*Vigna species*) (Fife, 2007) ดอกไม้ หั้วหอมป่า (Guar, 2008) รวมถึงสัตว์ เช่น ทาก (Gadhvi, 2001) ไล้เดือนดิน (Ivanchev, 2012) ส่วนใหญ่เต่ามีกิจกรรมในช่วงเวลากลางวัน (diurnal) โดยพบว่าในช่วงหน้าฝนเต่าจะมีกิจกรรมมากขึ้น เต่ามักจะอยู่ในกองใบไม้แห้ง ไม่พบการจำศีล (hibernation) แต่อาจจะพบว่าเต่าอยู่นิ่งถ้ามีอากาศที่ร้อนหรือหนาวเกินไป ไม่มีนิสัยในการขุดหรือปีนป่าย ไม่ก้าวร้าว ค่อนข้างขี้อายและไวต่อความเครียด การทำรังในธรรมชาติ มักเกิดพร้อมกับช่วงที่มีมรสุม เช่น ในภาคตะวันตกของอินเดียพบในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายน ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดียจะพบในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนและช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ในเต่าดาวอินเดียตัวผู้ กระดองส่วนล่างจะมีลักษณะโค้งงอซึ่งมีส่วนช่วยในการขึ้นผสมพันธุ์ (mount) และพบพฤติกรรม การชน (shove) และพยายามที่จะพลิกคว่ำตัว (overturn) ซึ่งกันและกัน เต่าตัวเมียจะวางไข่โดยใช้เท้าหลังขุดหลุมและทำให้ดินชุ่มชื้นโดยการปัสสาวะรดดิน เมื่อวางไข่แล้วก็จะกลบบริเวณที่วางไข่ จำนวนไข่ต่อครั้ง (clutch size) คือ 1 ถึง 10 ฟองโดยอาจจะพบการวางไข่มากกว่า 1 ครั้งในแต่ละฤดูกาล มีระยะการฟักอยู่ในช่วงตั้งแต่ 47 ถึง 180 วันซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิในการฟัก มักจะพบการวางไข่ในช่วงเดือน มีนาคม เมษายน มิถุนายน ตุลาคมและพฤศจิกายน ไข่มีลักษณะกลมรีสีขาว ลักษณะเปลือกด้าน ขนาดตั้งแต่ 40 X 35 ถึง 51 X 37 มิลลิเมตร (Daniel, 1983; Shepherd et al., 2004; Fife, 2007; Guar, 2008)

2. ระบบขับถ่ายปัสสาวะ

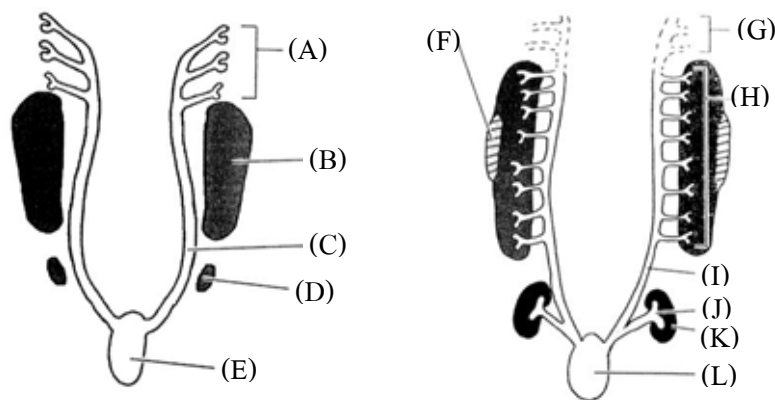
เต่ามีไต 1 คู่ มีลักษณะแบน แบ่งเป็นกลีบย่อยๆและมักจะมีลักษณะสมมาตรอยู่ในตำแหน่งด้านท้ายของลำตัวติดกับส่วนใต้กระดองหลัง ด้านบนของขาหลังที่หลังกระดูกเบ้าสะโพก (acetabulum) อยู่เหนืออวัยวะภายในและอยู่ใต้อู่อุ้มช่องท้อง (peritoneum) ไตทางด้านขวาของลำตัวจะอยู่ไปด้านหน้ามากกว่าไตด้านซ้าย (Legler, 1993) (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของไต (A) ด้านข้าง (B) ด้านบน (C) พื้นผิวด้านหน้าของด้านท้ายลำตัวตัดขวาง (1) กล้ามเนื้อทางสีข้างและเชิงกราน (2) ปอด (3) ลำไส้ใหญ่ส่วนท้าย (4) กระเพาะปัสสาวะ (University of Bristol, 1988)

ไตมีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีเนื้อสีแดงอยู่ก่อนไปทางด้านท้ายของรังไข่เล็กน้อยและส่วนพื้นผิวด้านล่างของไตพบลักษณะรอยหยัก (Thomson, 2006) อยู่ติดกับท่อหน้าไขในเต่าตัวเมียและติดกับอัมตะในเต่าตัวผู้ ขนาดของไตค่อนข้างสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับไตในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่นๆ และพบว่ามีรีนัลแคปซูล (renal capsule) หรือส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดหุ้มล้อมรอบไต ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหนาแน่นหรือเนื้อเยื่อเส้นใย (fibrous connective tissue) เป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาค่าทางชีวภาพของไต (biometrical renal value) ในเต่าญี่ปุ่น (*Trachemys scripta elegans*) พบว่ามีสัดส่วนโดยตรงกับค่าขนาดตัวของเต่า (somatometric) (Silva et al., 2010)

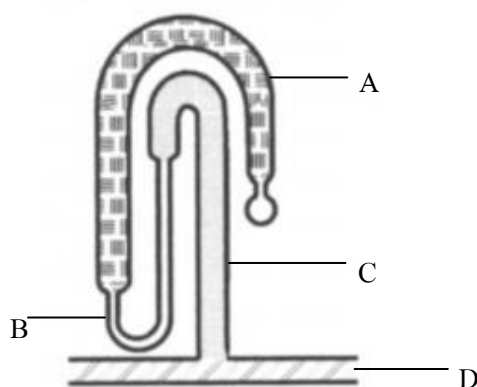
ไตมีเซลล์ต้นกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อมีโซเมริก (mesomeric tissue) ของช่องว่างลำตัว ไตในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมระยะเอ็มบริโอ (embryo) จะเป็นไตประเภทมีโซเนฟริก (mesonephric kidney) และเมื่อเอ็มบริโอเจริญถึงระยะออกจากไข่จึงเปลี่ยนเป็นไตประเภทเมทาเนฟริก (metanephric kidney) เข้ามาทำหน้าที่แทน (วีรยุทธ, 2552) ซึ่งเป็นไตที่มีความซับซ้อนมากที่สุดที่สามารถพบได้ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังที่มีถุงน้ำคร่ำ (amniotes) ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ปีกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Vize, 2003) (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 การพัฒนาของไตชนิดโปรเนฟรอส (pronephros) มีโซเนฟรอส (mesonephros) และเมทาเนฟรอส (metanephros) (A) ท่อไตโปรเนฟริก; pronephric tubules (B) ไตชนิดมีโซเนฟริก; mesonephric mass (C) ท่อโปรเนฟริก; pronephric duct (D) ไตชนิดเมทาเนฟริก; metanephric mass (E, L) ทวารร่วม; cloaca (F) อวัยวะเพศในระหว่างพัฒนา; developing gonad (G) การสลายตัวของท่อไตชนิดโปรเนฟริก; degenerating pronephric tubules (H) ท่อไตชนิดมีโซเนฟริก; mesonephric tubules (I) ท่อมีโซเนฟริก; mesonephric duct (J) ตุ่มท่อไต; ureteric bud (K) ไตชนิดเมทาเนฟริก; metanephric mass (McGeady et al., 2006)

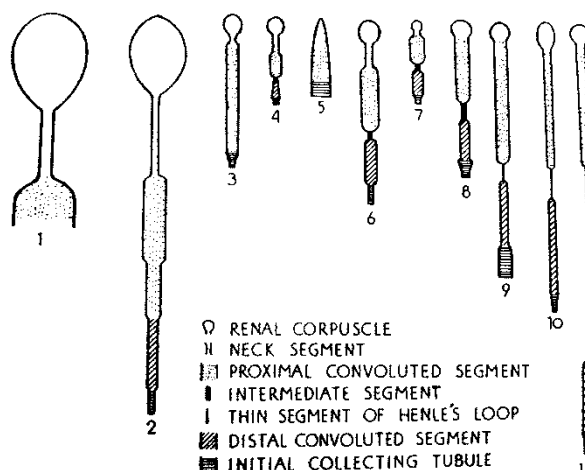
ไตจัดเป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการขับถ่ายของเสีย (excretory organ) ที่สำคัญในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังในการกำจัดของเสียประเภทไนโตรเจนจากระบบหมุนเวียนโลหิต นอกจากนี้ไตยังทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของน้ำ เกลือแร่ ความเป็นกรดต่างรวมทั้งเป็นแหล่งในการสังเคราะห์ฮอร์โมนและเมแทบอลิซึมวิตามินดี ไตในสัตว์เลื้อยคลานมีหน่วยไต (nephron) ที่มีขนาดความยาว 2 ถึง 8 มิลลิเมตร (Holz, 2006) ส่วนของรีนัลคอร์ปัสเคิล (renal corpuscles) มีขนาดค่อนข้างเล็กและมีกลุ่มของหลอดเลือดฝอยโกลเมอรูลัส (glomerular capillaries) น้อยกว่าสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นๆ (Liem et al., 2001) (รูปที่ 2.3 และ 2.4)

Xu et al. (2013) ได้ศึกษาโครงสร้างของหน่วยไต (nephron) ของตะพาบไต้หวัน (*Pelodiscus sinensis*) ในระดับกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าประกอบด้วยรีนัลคอร์ปัสเคิลและท่อหน่วยไต (renal tubules) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน ได้แก่ ท่อหน่วยไตส่วนสั้นๆ ที่ต่อมาจากรีนัลคอร์ปัสเคิล (neck segment) ท่อหน่วยไตส่วนต้น (proximal tubule) ท่อหน่วยไตส่วนกลาง (intermediate tubule) ท่อหน่วยไตส่วนท้าย (distal tubule) และท่อรวมของหน่วยไต (collecting duct) เช่นเดียวกับหน่วยไตในเต่าน้ำจืด (freshwater turtle) ชนิดอื่นๆ รวมถึงสัตว์เลื้อยคลานชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามคณะผู้ศึกษาพบว่าส่วนของรีนัลคอร์ปัสเคิลของตะพาบไต้หวันมีขนาดค่อนข้างใหญ่ คือ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 120 ไมโครเมตร



รูปที่ 2.3 รูปร่างของหน่วยไตในสัตว์เลื้อยคลาน

- (A) ท่อหน่วยไตส่วนต้น; proximal tubule มีขนาดยาว
- (B) ท่อหน่วยไตส่วนกลาง; intermediate tubule มีลักษณะบาง
- (C) ท่อหน่วยไตส่วนท้าย; distal tubule มีขนาดสั้น
- (D) ท่อรวมของหน่วยไต; collecting duct (Braun, 1998)

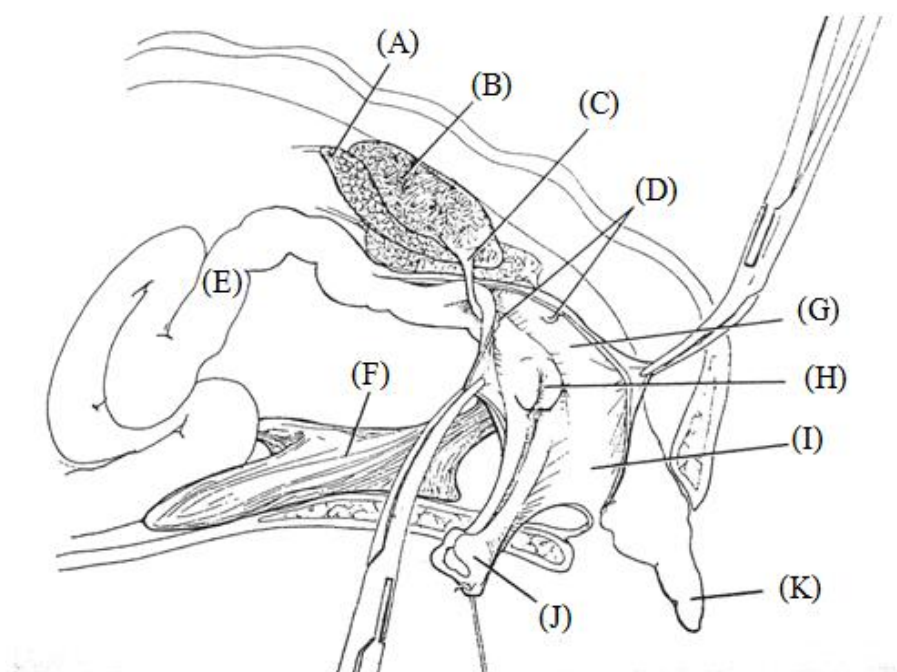


รูปที่ 2.4 หน่วยไตของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ

ปลาปากกลม (cyclostomes) *Bdellostoma stouti* (2) ปลากระดูกอ่อน (elasmobranch) (3) ปลากระดูกแข็ง (teleost) *Myoxocephalus octodecimspinosus* (4) ปลากระดูกแข็ง (teleost) *Ameiurus nebulosus* (5) ปลากระดูกแข็ง (teleost) *Opsanus tau* (6) สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (amphibian) *Rana catesbiana* (7) สัตว์เลื้อยคลาน (reptile) *Chrysemys marginata* (8) นก (bird) *Gallus domesticus* (9) นก (bird) *Gallus domesticus* (10) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mammal) *Lepus cuniculus* (Prosser and Brown, 1961)

อย่างไรก็ตามไตในสัตว์เลื้อยคลานมีรูปแบบคล้ายกับไตในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นๆ คือสามารถผลิตปัสสาวะที่เจือจางหรือมีความเข้มข้นเท่ากับเลือดแต่ไม่สามารถผลิตปัสสาวะที่มีความเข้มข้นมากกว่าเลือดได้ (Schmidt-Nielsen, 1990) เนื่องจากไตไม่มีท่อไตที่มีลักษณะเป็นรูปตัวยู (Henle's loop หรือ ansa nephroni) นอกจากนี้ยังพบว่าไตมีความแตกต่างจากสัตว์กลุ่มอันดับ squamata (เช่น งู กิ้งก่า ตุ๊กแก คีบ่าง จิ้งจก จิ้งเหลน อีกัวนา ตะกวด โคลโมโดเป็นต้น) ในเรื่องของโครงสร้างของไต คือ ไม่มีกรวยไต (renal pelvis) ไม่มีเนื้อไตชั้นในหรือชั้นเมดัลลา (medulla) ที่มีรูปร่างสามเหลี่ยมคล้ายพีระมิด (pyramid) รวมถึงไม่มีโครงสร้างทางเพศที่พบได้ในสัตว์เพศผู้ (sex segment of kidney) ส่วนของไตจะเชื่อมต่อกับกระเพาะปัสสาวะทางท่อไต (ureter) ซึ่งสั้นและประกอบด้วยชั้นกล้ามเนื้อ (tunica muscularis) 2 ชั้น มีกระเพาะปัสสาวะซึ่งในขณะที่ขยายใหญ่จะสัมผัสกับผนังทางด้านล่างของทวารร่วม (cloaca) (Legler, 1993) โดยกระเพาะปัสสาวะมีลักษณะเป็นถุงขนาดใหญ่แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน (bilateral accessory bladder) มีลักษณะบางและสามารถยืดขยายออกได้ทำหน้าที่ในการเก็บและดูดกลับน้ำซึ่งส่งผลต่อเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetics) ของยาที่มีการขับออกทางปัสสาวะ (Boyer and Boyer, 2006) โดยพบว่าไตมีการเก็บกักปัสสาวะได้เป็นระยะเวลาสั้นๆ อยู่ที่ตำแหน่งติดกับกระดูกเชิงกรานส่วนกระดูกหัวหน่าว (pubic bones) กระเพาะปัสสาวะประกอบด้วยชั้นกล้ามเนื้อและชั้นเยื่อเมือก

(Thomson, 2006) เนื้อเยื่อผิวหนังชนิดที่เรียงตัวซ้อนกันหลายชั้นแบบยืดหยุ่น (transitional epithelium) (Miller and Dinkelacker, 2008) โดยผนังของกระเพาะปัสสาวะมีความสามารถในการหดและคลายตัว (Kölle and Hoffmann, 2000) รวมทั้งมีท่อปัสสาวะ (urethra) เชื่อมต่อระหว่างกระเพาะปัสสาวะและทวารร่วมส่วนยูโรเดียม (urodeum) (Reavill and Schmidt, 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าถุงทวารร่วม (cloacal bladder) ในเต่าบางชนิดมีเยื่อผิวที่ทำหน้าที่ในการหายใจ (respiratory epithelium) ซึ่งมีความจำเป็นในช่วงที่มีการจำศีลอยู่ใต้น้ำ (Logley, 2008) (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 กายวิภาคส่วนทวารร่วมในเต่าเพศผู้

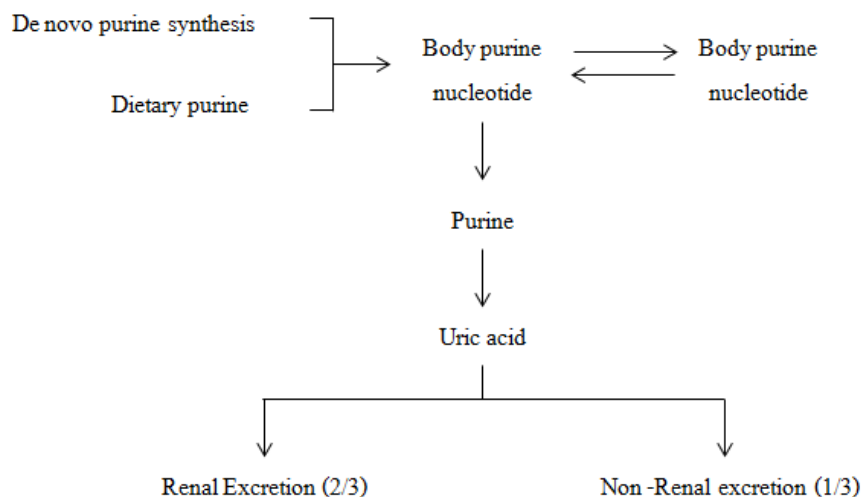
(A) อังทชะ (B) ตับ (C) ท่อนำสุจิและท่อไต (D) ช่องเปิดระบบสืบพันธุ์และระบบปัสสาวะ (E) ลำไส้ใหญ่ส่วนโคลอน (F) กระเพาะปัสสาวะ (G) ทวารร่วมส่วนโคโปรเดียม; coprodeum (H) ช่องเปิดของกระเพาะปัสสาวะเข้าสู่ส่วนทวารร่วมส่วนยูโรเดียม; urodeum (I) ทวารร่วมส่วนพรอกโทเดียม; proctodeum (J) องคชาติ (Holz, 2006)

3. การกำจัดของเสียในร่างกาย

สัตว์เลื้อยคลานส่วนใหญ่มีการขับของเสียประเภทไนโตรเจนในรูปแบบของกรดยูริก และยูเรตแบบบางส่วนหรือแบบสมบูรณ์ (partially หรือ completely uricotelic (Minnich, 1972) ในสัตว์จำพวกเต่า (chelonian) มีรูปแบบการขับของเสีย 4 รูปแบบหลัก ได้แก่ 1) ยูริโคเทอลิก (uricotelic) ขับของเสียในรูปกรดยูริก 2) ยูริโอยูริโอเทอลิก (urico-ureotelic) ขับของเสียในรูปกรดยูริกและยูเรีย 3) ยูริเทอลิก (ureotelic) ขับของเสียในรูปยูเรียและ 4) อะมิโนยูริโอเทอลิก (amino-ureotelic) ขับของเสียในรูปแบบแอมโมเนียและยูเรีย (Mitchell and Kirchgessner, 2009) โดยรูปแบบของเสียที่มีมากนั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพสิ่งแวดล้อมที่สัตว์อาศัย (Balinsky, 1972)

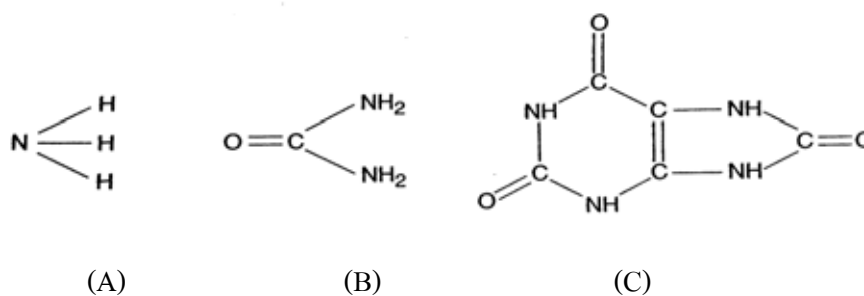
กรดยูริก คือ 2,6,8-ไตรไฮดรอกซีพิวรีน (trihydroxypurine) มีน้ำหนักโมเลกุล 168 ดาลตัน ประกอบด้วยวงแหวนไพริมิดีน (pyrimidine ring) และอิมิดาโซล (imidazole ring) มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัวของกรด (pKa) ในพลาสมา และในปัสสาวะเท่ากับ 5.75 และ 5.35 ตามลำดับ ดังนั้นในพลาสมาซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่ระดับ 7.4 จะพบในรูปแบบของโมโนโซเดียมยูเรต (monosodium urate) เป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามถ้าความเป็นกรดต่างในปัสสาวะมีระดับต่ำเช่นค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 4.5 จะพบการตกผลึกเมื่อมีกรดยูริกสูงในปัสสาวะมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นต้น ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถใช้ในการอธิบายการพบตกผลึกของกรดยูริกในบริเวณของท่อไต ที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำได้ (อัญชนะและคณะ, 2547)

กรดยูริกเป็นสารที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบพิวรีน (purine) เป็นส่วนใหญ่ โดยสารพิวรีนดังกล่าวจัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของสายนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ซึ่งประกอบด้วย ฟอสเฟต น้ำตาลไรโบส (ribose) หรือดีออกซีไรโบส (deoxyribose) และพิวรีน เรียงติดต่อกัน สำหรับในคนพบว่าสารประกอบพิวรีนในร่างกายมีแหล่งที่มา 2 แหล่งคือแหล่งที่ได้รับจากภายนอก (exogenous purine) ร้อยละ 20 เกิดจากอาหารที่รับประทาน ส่วนแหล่งที่เกิดขึ้นเองภายในร่างกาย (endogenous purine) มากถึงร้อยละ 80 เกิดการสลายตัวของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมของเซลล์ และเกิดจากการสร้างสารพิวรีนผ่านทางวิถีการสังเคราะห์หลัก (de novo purine biosynthesis pathway) (อัญชนะและคณะ, 2547; พันธุ์จง, 2548) (รูปที่ 2.6) อย่างไรก็ตาม ระดับของกรดยูริกที่ถูกขับออกทางปัสสาวะนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอาหาร คือ ถ้าอาหารนั้นมีนิวคลีโอโปรตีนหรือพิวรีนมาก กรดยูริกก็จะถูกขับออกมามากกว่าปกติ (พจน์, 2551)



รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงเมแทบอลิซึมของสารพิวรีน (พันธุjing, 2548)

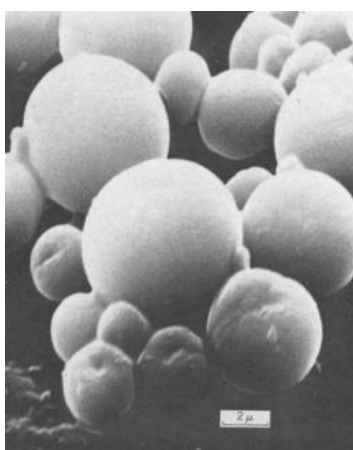
นอกจากนี้ ในอาหารกลุ่มโปรตีน มีกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยการสร้างหรือหน่วยย่อย (subunit) จะถูกดูดซึมและขนส่งมาที่ตับ กรดอะมิโนส่วนหนึ่งจะถูกนำไปสร้างโปรตีนตับ (liver protein) และโปรตีนในเลือด (plasma protein) ส่วนกรดอะมิโนส่วนที่เหลือจะถูกสลายโดยมีการดึงหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ออกไปและถูกเปลี่ยนแปลงในวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) โดยมีการเปลี่ยนแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) เป็นสาร 3 รูปแบบได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3) ยูเรีย (CH_4N_2O) และกรดยูริก ($C_5H_4N_4O_3$) (รูปที่ 2.7) สารดังกล่าวจะถูกกำจัดออกจากร่างกายซึ่งเกิดขึ้นในสัดส่วนที่แตกต่างกันในปัสสาวะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด แอมโมเนียจัดเป็นสารที่มีพิษ ร่างกายจึงต้องขจัดออกในเวลาทีรวดเร็วโดยสัตว์บกจะมีรูปแบบในการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นสารประกอบที่ไม่มีพิษได้แก่ ยูเรียและกรดยูริกในวงจรของยูเรียซึ่งเกิดขึ้นในเมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ของเซลล์ตับและในไซโตซอล (cytosol) (อาภัสสรและวิรัช, 2552)



รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของสารของเสียไนโตรเจน 3 ชนิดที่พบบ่อย

(A) แอมโมเนีย (B) ยูเรีย (C) กรดยูริก (Liem et al., 2001)

ปกติแล้วกรดยูริกจะมีการรวมตัวกับโปรตีน โซเดียมหรือโพแทสเซียมและอยู่ในรูปของ สารแขวนลอยซึ่งจะมีการรวมตัวเป็นองค์ประกอบร้อยละ 65 มีลักษณะเป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ถึง 15 ไมโครเมตร (Holz, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาตะกอน ปัสสาวะในกิ้งก่าและงูหลายชนิดโดยพบว่ามีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ถึง 10 ไมโครเมตร (Minnich and Piehl, 1972) (รูปที่ 2.8) ไตของสัตว์เลื้อยคลานจะสร้างไกลโคโปรตีน (glycoprotein) หรือมิวโคพอลิแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide) เพื่อช่วยให้สารแขวนลอย ดังกล่าวมีลักษณะเป็นทรงกลมซึ่งป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันของยูเรตในท่อรวมของหน่วยไต จึงทำให้พบโปรตีนจำนวนมากในปัสสาวะที่บริเวณท่อปัสสาวะได้ซึ่งนับว่ามีความแตกต่างจาก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mammals) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปัสสาวะเคลื่อนที่ออกจากทวารร่วมส่วน ยูโรเดียมจะมีการเคลื่อนที่กลับไปในลำไส้ใหญ่ส่วนท้าย (rectum) โดยกระบวนการบีบตัวของ กล้ามเนื้อเรียบแบบย้อนกลับ (reverse peristalsis) และมีการดูดซึมกลับเพื่อนำไปใช้ใหม่ พบการคัดหลั่งกรดยูริกแบบอาศัยพลังงาน (active secretion) ที่ท่อหน่วยไตส่วนต้น ในขณะที่มี การหลั่งไฮโดรเจนไอออนที่กระเพาะปัสสาวะทำให้ปัสสาวะเป็นกรดและเกิดการตกตะกอน อยู่ในรูปของสารกึ่งของเหลวและของแข็งสีขาวและถูกขับทิ้งออกจากร่างกายซึ่งนับว่ามี ความสำคัญมากในแง่ของการขับถ่ายของเสียในรูปของกรดยูริก (Holz, 2006) โดยพบว่าสัตว์ พวกยูริโคเทอริกมีการสังเคราะห์พิวรีนนิวคลีโอไทด์ในอัตราที่สูงกว่าสัตว์ในพวกยูริโอเทอริก (อาภัสตราและวิรัช, 2552)



รูปที่ 2.8 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (5,000X, 25kV) แสดงตะกอนทรงกลมที่พบ ในปัสสาวะจากส่วนท่อไต (ureteral urine) ในอิกัวน่าทะเลทราย (*Dipsosaurus dorsalis*) (Minnich and Piehl, 1972)

กลไกการขับกรดยูริกออกจากร่างกายในคน พบว่า 2 ใน 3 ของกรดยูริกที่เกิดขึ้นจะถูกขับออกผ่านทางไตเป็นหลัก ส่วนที่เหลือเพียง 1 ใน 3 มีการขับออกผ่านทางระบบทางเดินอาหารเป็นส่วนน้อยซึ่งได้แก่ น้ำลาย น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ตับอ่อนและผนังลำไส้เล็ก นอกจากนี้พบว่าน้อยกว่าร้อยละ 1 มีการขับออกทางเหงื่อ (พันธุรงค์, 2548; อัญชนะและคณะ, 2547) ในผู้ป่วยมีภาวะกรดยูริกในเลือดสูงมากหรือมีค่าสูงเป็นเวลานาน มีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆตามมาได้ เช่น การเกิดข้ออักเสบโรคเกาต์หรือการเกิดปุ่มโทพัส (tophus) หรือก้อนผลึกเกลือยูเรตที่สะสมตามเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกายหรือมีภาวะไตทำงานผิดปกติและนิ่วในไต โดยมีรายงานอุบัติการณ์นิ่วกรดยูริกว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณกรดยูริกที่ขับออกทางปัสสาวะต่อวัน (วรวิทย์, 2548)

4. นิ่วในระบบปัสสาวะ

4.1 ปัญหาการพบนิ่วในระบบปัสสาวะ (urolithiasis หรือ urinary calculi)

พบได้บ่อยในเต่า (Miller, 1998) เช่น เต่าบกทะเลทราย (wild desert tortoises; *Gopherus agassizii*) (Homer et al., 1998; Wright, 2008^a) เต่าบกเคียวแอฟริกา (African spurred tortoise; *Geochelone sulcata*) (Amat et al, 2012; Miwa, 2008; Wright, 2008^a; Mans and Sladky, 2012) เต่าโคมท่ายเกล็ด (spurred-thighed tortoise; *Testudo graeca*) เต่าโคมรัสเซีย (Russian tortoise; *Testudo horsfieldii*) (Miwa, 2008) เต่าบกเสือดำ (leopard tortoise; *Geochelone pardalis*) เต่าบกเท้าแดง (redfoot tortoise; *Geochelone carbonaria*) เต่าบกดาวอินเดีย (Indian star tortoise; *Geochelone elegans*) เต่าอัลดาบร้า (Aldabra tortoise; *Geochelone gigantea*) และ *Testudo* spp. (Wright, 2008^a) โดยที่สาเหตุแท้จริงยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด อย่างไรก็ตามพบที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความไม่สมดุลของการได้รับสารต่างๆ เช่น การขาดวิตามินเอ วิตามินดีหรือแคลเซียม รวมถึงการได้รับสารอาหารประเภทโปรตีน เช่น อาหารสำหรับสุนัขหรือแมว หรือออกซาเลตโดยเฉพาะในพืชบางชนิด (เช่น ในผักโขม กะหล่ำปลี หัวบีทเขียว) ในปริมาณมาก (McArthur et al., 2002; Mans and Sladky, 2012) การติดเชื้อแบคทีเรีย การตกค้างของไขมันเย็บหรือมีภาวะขาดน้ำเป็นต้น รวมถึงมีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายใน ได้แก่ สรีรวิทยา ระบบขับถ่าย ปัสสาวะในการขับของเสียจำพวกไนโตรเจน ในสัตว์เลี้ยงคลานส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดยูริก ซึ่งมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้น้อยและมักจะเกิดการรวมตัวกับสารที่มีประจุบวก ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำที่กระเพาะปัสสาวะและเกิดเป็นจุดเริ่มต้น (nidus) ของการเกิดนิ่วต่อไป ในกรณีที่ก้อนนิ่วมีขนาดเล็ก มักจะไม่ค่อยทำให้เกิดปัญหามากนักโดยอาจจะมีผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเซลล์เยื่อบุผิวกระเพาะปัสสาวะเล็กน้อยและพบปัสสาวะมีเลือดปน (hematuria) ภาวะที่มีการระคายเคืองอย่างต่อเนื่องจะเหนี่ยวนำให้เกิดการหนาตัวและเกิดการโตมากเกินไปของเซลล์ (hypertrophy) ของผนังกระเพาะปัสสาวะ ส่วนในกรณีที่ก้อนนิ่วมีขนาดใหญ่ ขนาดและน้ำหนัก

ของก๊อนนี้ว่อาจจะมีผลทำให้มีผลกระทบต่อกรกินอาหารและทำให้เกิดภาวะหายใจลำบาก มีการตอบสนองต่อการอักเสบเกิดเนือตายจากการกดทับของก๊อนนี้ว่ในกระเพาะปัสสาวะกับอวัยวะภายใน หรือมีการยึดติดและพัฒนาเกิดภาวะการคั่งค้างของสารไนโตรเจนในเลือดชนิดที่มีสาเหตุจากทางเดินปัสสาวะอุดตัน (postrenal azotemia) ขึ้นได้ (Mader, 2006) สาเหตุของการเกิดผลึกของกรดยูริกที่สำคัญคือ ปัสสาวะที่มีสภาพที่เจือจางในรูปแบบของสารละลายที่ผ่านไปถึงกระเพาะปัสสาวะหรือทวารร่วมมีการถูกดูดซึมน้ำกลับ เพื่อเป็นการสงวนน้ำของร่างกาย จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นที่สูงขึ้นและเกิดการตกตะกอนของกรดยูริกเป็นผลึกสีขาวหรือสีครีมโดยพบสารประกอบอื่นๆด้วย เช่น เกลือโพแทสเซียมซึ่งมีปริมาณมากที่สุดและพบว่ามีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์โปรตีนของอาหารในสัตว์เลื้อยคลาน (วีรยุทธ์, 2552) ชนิดของนี้ว่ในระบบทางเดินปัสสาวะที่พบได้บ่อย ได้แก่ แคลเซียมยูเรตหรือแอมโมเนียมยูเรต (Miller, 1998)

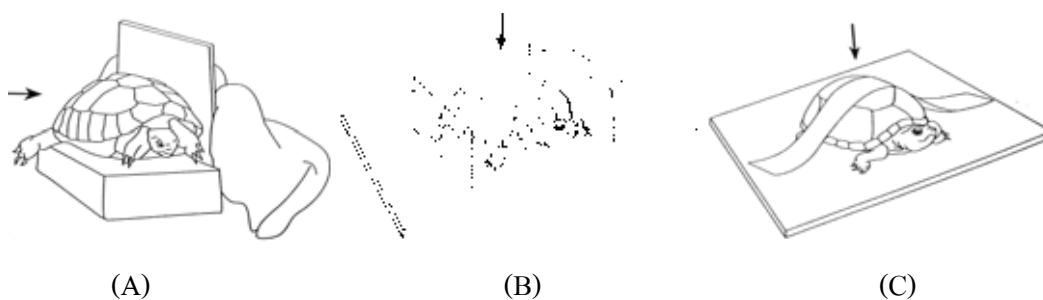
4.2 อาการที่พบได้ทางคลินิก (clinical signs)

สัตว์อาจจะไม่แสดงอาการผิดปกติที่เด่นชัด (Amat et al., 2012; Mans and Sladky, 2012; McArthur et al., 2002) หรือแสดงอาการทางคลินิกต่างๆ เช่น ขาดน้ำ (dehydration) (Amat et al., 2012) ปัสสาวะลำบาก (dysuria) ไม่ปัสสาวะ (anuria) ช่องลำตัวขยายใหญ่ (coelomic enlargement) น้ำหนักขึ้น (McArthur et al., 2002) มีอาการเบ่งอุจจาระเป็นช่วงๆ (intermittent tenemus) (Mans and Sladky, 2012) เบื่ออาหาร (anorexia) ท้องผูก (constipation) มีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีมีอาการอัมพาตของขาหลังข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ขา การเดินเหมือนรถเข็นแบบล้อเดียว คือ เดินยกขาหลังและหัวดกกลง (wheelbarrow gait) ทวารร่วมปลิ้น (cloaca prolapsed) องคชาติปลิ้น (penile prolapse) มีเลือดไหลออกจากทวารร่วม เนื้อเยื่อ ในเต้าตัวเมียที่มีไข่มิมีอาการพยายามขุดและวางไข่ซ้ำๆแต่ไม่ประสบความสำเร็จหรือเจ้าของสัตว์สังเกตเห็นว่าสัตว์มีการขับถ่ายสารสีขาว (whitish discharge) มากกว่าปกติ (Amat et al., 2012; Mader, 2006; Rivera, 2008; Wright, 2008^a) หรือพบอาการกล้ามเนื้อ 2 ขาหลังอ่อนแรง (muscle wasting) (Amat et al., 2012) ในบางครั้งสามารถสังเกตเห็นว่าบริเวณทวารร่วมมีลักษณะบวมแดง มีอาการเบ่ง ยึดเย็บส่วนคอมมากกว่าปกติ หรือ ส่งเสียงร้องได้

4.3 การวินิจฉัย (diagnosis)

ได้แก่การใช้มือคลำตรวจ (palpation) กระเพาะปัสสาวะผ่านทางช่องขาหนีบขาหลัง (inguinal fossa) ในขณะที่เต้าอยู่ในแนวตั้งหรือการคลำตรวจผ่านทางทวารร่วม อย่างไรก็ตามวิธีมาตรฐาน (gold standard) สำหรับการวินิจฉัยคือการถ่ายภาพทางรังสี (radiography) (Mader, 2006) โดยใช้ท่าที่รังสีผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของตัวสัตว์ (dorsoventral view; DV) (McArthur et al.,

2002) และทำที่รังสีผ่านจากด้านข้างของตัวสัตว์ในแนวนอน (horizontal lateral view) (Wright, 2008^a) (รูปที่ 2.9) นีวในสัตว์เลื้อยคลานส่วนใหญ่แล้วเป็นนิวชนิดยูเรต ซึ่งควรจะทำให้เกิดลักษณะโปร่งรังสี (radiolucent) แต่อย่างไรก็ตาม มักพบว่านิวดังกล่าวมักจะเป็นเกลือยูเรต โพแทสเซียมหรือแคลเซียมซึ่งทำให้เกิดลักษณะทึบรังสี (radiopaque) ได้ นอกจากนี้ยังพบนิวชนิดอื่นๆ เช่น แอมโมเนียมยูเรต โซเดียมยูเรต แคลเซียมยูเรต โพแทสเซียมยูเรตหรือเป็นนิวที่มีองค์ประกอบหลายๆชนิดรวมกัน (Mader, 2006) นอกจากนี้มีการวินิจฉัยนิวยูเรตด้วยวิธีอื่นๆ เช่น อัลตราซาวด์ (ultrasound) (McArthur et al., 2002; Nesse and Neiger, 2009) หรือการส่องกล้องผ่านทางทวารร่วม (cloacal endoscopy) หรือการสำรวจผ่านการผ่าตัดเปิดเข้าช่องว่างลำตัว (coeliotomy) ค่าโลหิตวิทยาในสัตว์เลื้อยคลานที่มีปัญหานิวในระบบขับถ่ายปัสสาวะพบว่าระดับของกรดยูริกในเลือดมักจะเพิ่มขึ้นถ้าไม่พบปัญหาโรคไต (primary renal disease) ในขณะที่การตรวจตะกอนปัสสาวะ (urine sediments) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ไม่มีประโยชน์ในแง่ของการวินิจฉัย เนื่องจากผลึกยูเรตพบได้เป็นปกติในปัสสาวะสัตว์เลื้อยคลาน (Mader, 2006) แต่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยปัญหาเรื่องโรคตับและโรคไตในเต่าได้ (Kölle and Hoffmann, 2000)



รูปที่ 2.9 การถ่ายภาพทางรังสีวิทยา (Morgan, 1993)

(A) ทำที่รังสีผ่านจากด้านข้างของตัวสัตว์ในแนวนอน (horizontal lateral view)

(B) และ (C) ทำที่รังสีผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของตัวสัตว์ (dorsoventral view; DV)

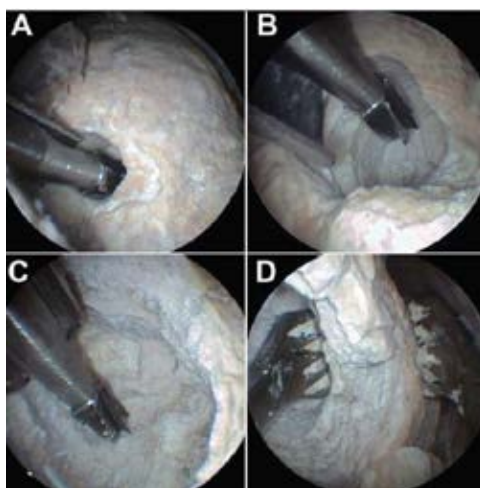
4.4 แนวทางการรักษานิวในเต่า

แนวทางการรักษาแบ่งออกได้เป็น 2 ทางหลัก ได้แก่การรักษาทางศัลยกรรม (surgical treatment) และทางอายุรกรรม (medical treatment) ตัวอย่างการรักษาทางศัลยกรรม เช่น การผ่าตัดโดยการตัดเปิดกระดูกส่วนล่างและเปิดช่องว่างลำตัว (plastronotomy หรือ plastral coeliotomy) (นันทริกา, 2550^a; McArthur, 1996^d; Amat et al, 2012) การเปิดผ่าผ่านทางเนื้อเยื่อบริเวณช่องด้านหน้าของขาหลัง (soft-tissue prefemoral approach) (Mader, 2006) ทางด้านซ้าย (left flank approach) ในกรณีที่ก้อนนิวมีขนาดเล็กหรือการส่องกล้องผ่านทางทวารร่วม (cloacoscopy)

ร่วมกับการใช้อุปกรณ์กรอฟันชนิดความเร็วต่ำ (low-speed dental drill) และการชะล้างด้วยน้ำ (water irrigation) (Mans and Sladky, 2012) (รูปที่ 2.10, 2.11, 2.12) หรือใช้วิธีการคีบออกทาง ทวารร่วม (Miwa, 2008) (รูปที่ 2.13) เป็นต้น



รูปที่ 2.10 การสอดกล้องส่องตรวจชนิดแข็ง (rigid endoscope) และอุปกรณ์กรอฟันชนิด ความเร็วต่ำ (low-speed dental drill) เข้าไปในทวารร่วม (Mans and Sladky, 2012)



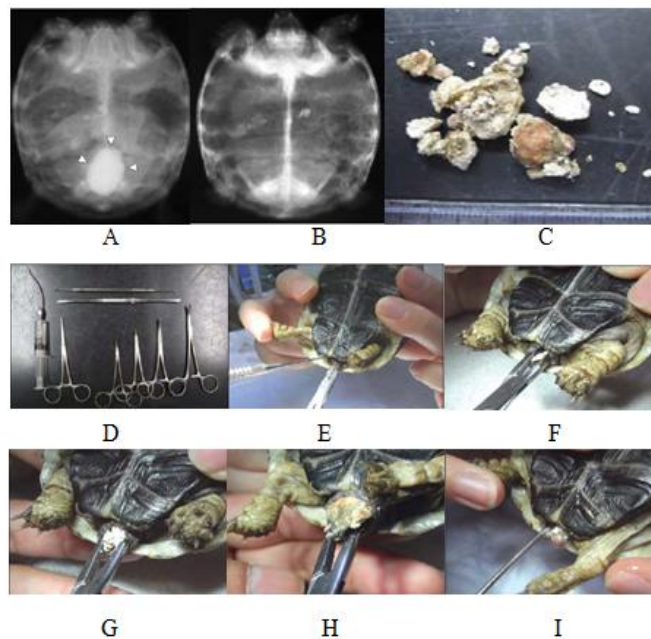
รูปที่ 2.11 การสลายและการนำเอาก้อนนี้้ออกโดยการชะล้างด้วยน้ำอุ่นและการสอดกล้อง ส่องตรวจเข้าไปในทวารร่วม (Mans and Sladky, 2012)

(A) รูตรงกลางจากเจาะโดยการใช้อุปกรณ์ plain fissure cutting burr และ soft tissue protector (B), (C) ขนาดรูที่กว้างและลึกขึ้น (D) การใช้อุปกรณ์ Barbcock forceps เพื่อทำให้ก้อนนี้้ออกเป็นชิ้นเล็กๆ



รูปที่ 2.12 สภาพหลังจากการสลายและการนำเอาก้อนนี้วออก (Mans and Sladky, 2012)

- (A) เนื้อเยื่อที่มีลักษณะหนาตัวที่คลุมในส่วนของเยื่อเมือกของทวารร่วม
 (B) หลังจากการเอาเนื้อเยื่อที่หนาตัวออก พบว่ามีเลือดออกในเต่าป่วยตัวที่ 1
 (C) การลอกหลุดเล็กน้อยของเยื่อเมือกผิวของทวารร่วมในเต่าป่วยตัวที่ 2



รูปที่ 2.13 การคิบนีวในทางเดินปัสสาวะออกทางทวารร่วม (Miwa, 2008)

- (A) นีวในกระเพาะปัสสาวะที่ติดอยู่ในส่วนของเชิงกราน (B) ภาพถ่ายรังสีหลังจากที่มีการเอานีวออก (C) ชิ้นส่วนของนีวในกระเพาะปัสสาวะ (D) อุปกรณ์ ได้แก่ ปากคิบนานาขนาดต่างๆ (forceps) อุปกรณ์สำหรับจัด (elevator) น้ำเกลือ และท่อป้อนอาหาร (gavage tube) (E) การสอดปากคิบนานาขนาดต่างๆ เข้าทางทวารร่วมไปทางด้านหน้าไปยังกอนนีว (F) การจับกอนนีวด้วยปากคิบนานาขนาดต่างๆ เพื่อบีบให้กอนนีวแตกออก (G) การนำเศษกอนนีวที่แตกออกทางช่องทวารร่วม (F) การนำนีวกอนที่มีขนาดใหญ่ออก (E) การล้างทวารร่วมและกระเพาะปัสสาวะด้วยน้ำเกลือผ่านทางท่อป้อนอาหาร

ส่วนแนวทางการรักษาทางอายุรกรรมโดยการยาแผนปัจจุบันในเด่า มีหลักการคล้ายกับการรักษาในคน กล่าวคือการใช้ยาที่ยับยั้งการสร้างกรดยูริกและการใช้ยาที่ลดกรดยูริกในเลือด ในกรณีของยาที่ยับยั้งการสร้างกรดยูริกซึ่งจัดเป็นยาที่เหมาะสมสำหรับในกรณีที่มีการสร้างกรดยูริกมากกว่าปกติ (hyperuricemia) หรือมีนิ่วในทางเดินปัสสาวะ หรือภาวะการทำงานบกพร่องของไต ตัวอย่างยาในกลุ่มนี้ เช่น อัลโลพูรินอล (allopurinol) ส่วนยาลดกรดยูริกในเลือดโดยออกฤทธิ์ในการขับกรดยูริก เช่น โพรเบนนิซิด (probenecid) ซัลฟินไพราโซน (sulfipyrazone) และเบนซ์โบรมาโรน (benzobromarone) เป็นต้น (อังคณา, 2548) ในส่วนการรักษาโดยการใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต่อไตและระบบปัสสาวะเพื่อการรักษาและป้องกันโรคของทางเดินปัสสาวะในคน ซึ่งสามารถจำแนกตามฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น สมุนไพรที่มีฤทธิ์ขับปัสสาวะ สมุนไพรที่มีฤทธิ์ขับโพแทสเซียมและโซเดียม และสมุนไพรที่ช่วยทำให้น้ำปัสสาวะไหลผ่านทางเดินปัสสาวะได้สะดวก เป็นต้น (นิตยารธรรม, 2549) อย่างไรก็ตามพบรายงานการใช้ อัลโลพูรินอลชนิดเดี่ยวหรือการใช้ร่วมกับ โพรเบนนิซิดในเด่า (Wilkinson, 2004) ในขณะที่ไม่พบรายงานการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในเด่า

5. อัลโลพูรินอล

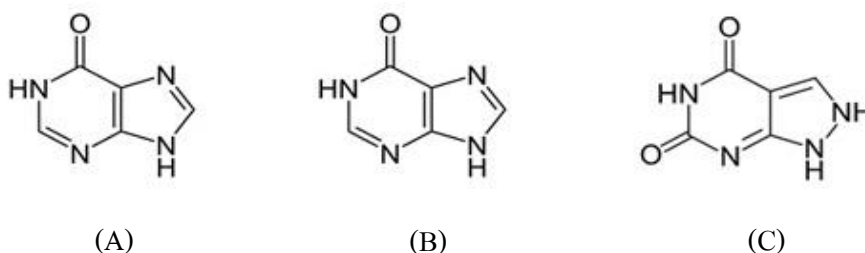
5.1 ข้อมูลทั่วไป

อัลโลพูรินอล (allopurinol) เป็นสารสังเคราะห์ มีสูตรโครงสร้างซึ่งเป็นไฮโซเมอร์ของไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) (รูปที่ 2.14) ยาได้สังเคราะห์ขึ้นมาครั้งแรกเพื่อใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง (วรวิทย์, 2548) แต่พบคุณสมบัติที่ออกฤทธิ์เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (xanthine oxidase inhibiting) (รูปที่ 2.15) และลดระดับ 5-ฟอสโฟไรโบซิล-1-โรโบฟอสเฟต (5-phosphoribosyl-1-pyrophosphate ; PRPP) ในเซลล์ (พันธุจง, 2548) อัลโลพูรินอลมีสูตรโครงสร้างคล้ายกับสารตั้งต้น (substrate) คือแซนทีน (xanthine) จึงจัดเป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขัน (competitive inhibitor) แซนทีนออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ของอัลโลพูรินอลไปเป็นสารออกฤทธิ์ (active หรือ major metabolite) คืออัลโลแซนทีน (alloxanthine) หรือออกซิพูรินอล (oxypurinol) ซึ่งจะจับกับรูปรีดิวซ์ของเอนไซม์อย่างหนาแน่นที่บริเวณเร่งปฏิกิริยา (active site) ทำให้เอนไซม์ไม่มีประสิทธิภาพการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในลักษณะนี้เป็นตัวอย่างของ “suicide inhibition” โดยยาทำให้อัตราการสร้างกรดยูริกจากแซนทีนและไฮโปแซนทีนที่ลดลงและเพิ่มปริมาณของแซนทีนและไฮโปแซนทีนในซีรัมมากขึ้นซึ่งแซนทีนและไฮโปแซนทีน มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีกว่ากรดยูริกและเกิดผลึกได้น้อยกว่า (อาภัสตราและวิราช, 2552) ทำให้พบกรดยูริกในปัสสาวะน้อยลงในขณะที่พบไฮโปแซนทีนในปัสสาวะมากขึ้น ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ยานี้ในเกาต์ระยะเฉียบพลัน (acute gouty arthritis) นอกจากนี้

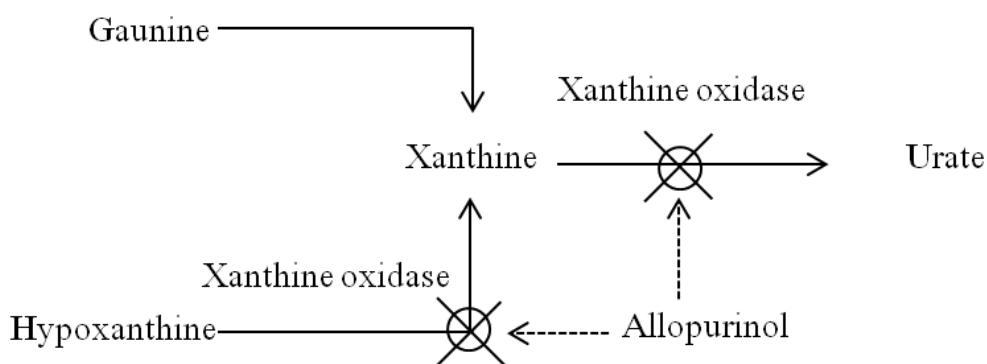
ยังพบว่าอัลโลพิวรีนอลยังทำให้เพิ่มการนำไฮโปแซนทีนและแซนทีนกลับไปใช้ในการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกโดยการกระตุ้นเอนไซม์ไฮโปแซนทีน-กวานีน ฟอสโฟไรโบซิลทรานสเฟอเรส (Hypoxanthine-guanine phosphoribosyltransferase; HGPRT) ทำให้เกิดการยับยั้งแบบย้อนกลับโดยยับยั้งวิธีการสังเคราะห์ใหม่ของพิวรีน (ณัฐวธ, 2552)

5.2 ข้อมูลทางด้านคลินิก

รูปแบบของอัลโลพิวรีนอลที่มีใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ ยากิน (100 และ 300 มิลลิกรัม) และยาฉีด (500 มิลลิกรัมใน 30 มิลลิลิตร) (Dallwig, 2010) ในคนมีข้อมูลเกี่ยวกับการออกฤทธิ์เต็มที่ของอัลโลพิวรีนอล มีผลทำให้ระดับกรดยูริกลดต่ำลงถึงจุดที่ต่ำที่สุดในระยะเวลา 4 ถึง 14 วัน และเมื่อหยุดยาระดับของกรดยูริกจะกลับสูงขึ้นมาอีกภายในระยะเวลา 3 ถึง 4 วัน (วรวิทย์, 2548)



รูปที่ 2.14 สูตรโครงสร้าง (A) อัลโลพิวรีนอล (B) ไฮโปแซนทีน (C) อัลโลแซนทีน
(อภิศตราและวิรัช, 2552)



รูปที่ 2.15 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสโดยอัลโลพิวรีนอล
(อภิศตราและวิรัช, 2552)

5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในวงการแพทย์ มีการใช้อัลโลพูรินอลในทางคลินิกเพื่อป้องกันการกำเริบของโรคเกาต์ที่มีการสร้างกรดยูริกมาก คือพบกรดยูริกในน้ำปัสสาวะตัวอย่างที่เก็บภายใน 24 ชั่วโมง มีค่ามากกว่า 800 มิลลิกรัมหรือใช้ในการป้องกันภาวะยูริกในเลือดสูงเกินค่าปกติในผู้ป่วยที่ได้รับยาเคมีบำบัด เนื่องจากมีการสลายพิวรีนเป็นกรดยูริกมากจากการตายของเซลล์มะเร็ง (ณัฐวุฑ, 2552) ส่วนในวงการสัตวแพทย์โดยเฉพาะในกลุ่มสัตว์เลี้ยงพิเศษ มีการใช้อัลโลพูรินอลเพื่อรักษาโรคเกาต์ เช่นเดียวกันกับในคน นอกจากนี้ยังมีการใช้เพื่อรักษาและป้องกันการเกิดนิ่วชนิดแคลเซียมออกซาเลตที่มีกรดยูริกในปัสสาวะมากกว่าปกติ (hyperuricosuric calcium oxalate uroliths) หรือรักษาความเสียหายจากภาวะการขาดเลือด และภาวะที่มีการไหลเวียนเลือดใหม่อีกครั้ง (ischemia-reperfusion injuries; IRI) เช่นภาวะหัวใจขาดเลือด (myocardial ischemia) หรือใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อโปรโตซัว เช่นโรคลิซมานีเชีย (Leishmania) โรคทริปาโนโซมิเอซิส (Trypanosomiasis) เป็นต้น (Dallwig, 2010) สำหรับการใช้อัลโลพูรินอลในสัตว์เลี้ยงคละน เช่น การทดลองในอิกัวน่าเขียว (green iguana; *Iguana iguana*) ที่มีการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะที่มีกรดยูริกในเลือดสูงโดยการให้อาหารที่มีโปรตีนสูง (ปริมาณโปรตีน 2.5 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) พบว่าอิกัวน่าในกลุ่มทดลองที่ได้รับยาเกินขนาดยาที่ 24.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมวัน วันละ 1 ครั้งเป็นเวลา 7 วัน สามารถลดระดับกรดยูริกในพลาสมาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Hernandez-Divers et al., 2008) ในเต่า ขนาดของอัลโลพูรินอลที่แนะนำให้ทางการกิน คือ 10 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน โดยขนาดยาที่ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน เป็นขนาดยาที่ช่วยป้องกันการสะสมของกรดยูริกในเต่าที่มีปัญหาโรคเกาต์เท่านั้น ส่วนขนาดยาที่ 20 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวันใช้ในเต่าที่มีปัญหาโรคเกาต์ที่มีค่ายูริกในเลือดสูง (gout hyperuricemia) (McArthur, 2007^a) ในระดับที่มากกว่า 1,000 ไมโครโมลต่อลิตร แต่ก็อาจจะพบประโยชน์จากการใช้ยาในเต่าที่มีค่ากรดยูริกน้อยกว่าค่าดังกล่าวได้ (เช่น 700 ไมโครโมลต่อลิตร) บริหารยาโดยนำยามาละลายในน้ำและป้อนสารละลายทางปาก ผ่านทางสายยางที่สอดเข้ากระเพาะอาหาร (stomach tube) หรือผ่านทางท่อผ่าตัดสอดสายยางเข้าทางคอถึงหลอดอาหาร (esophagostomy tube) (McArthur, 2007^b) ซึ่งโดยปกติแล้วมักจะให้ขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (Funk and Diethelm, 2006 ; McArthur, 2007^b; Ramsey, 2011) อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้อัลโลพูรินอลขนาด 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวันในการรักษาระยะยาวในเต่าแรกฟัก (hatchling) หรือในเต่าขนาดเล็กที่มีปัญหานี้ในทางเดินปัสสาวะ พบว่ามีส่วนช่วยในการขับก้อนนิ่วออกได้ในช่วงระยะเวลาที่เต่าเจริญเติบโตขึ้น (Jepson, 2009) อัลโลพูรินอลจัดเป็นยาทางเลือกสำหรับผู้ป่วยคนและสัตว์ที่มีปัญหาเกี่ยวกับไต (สมฤทัย, 2549) หรือดับที่มีระดับยูริก

ในเลือดสูง เนื่องจากกระบวนการต่างๆ ในการออกฤทธิ์ของยาเกิดขึ้นหลักๆ ที่เซลล์ตับและมีการจับตัวกับโปรตีนในกระแสเลือดได้ต่ำ รวมทั้งมีการขับออกทางไตเป็นหลัก ในกรณีที่สัตว์มีปัญหาการไหลเวียนที่ตับจะส่งผลทำให้การเกิดเมแทบอลิซึมของยาที่ตับลดลง ซึ่งทำให้ค่าครึ่งชีวิต (half life) ของยายาวนานมากขึ้นและทำให้เกิดผลข้างเคียงได้ เช่น การเกิดนิวแชนทีน (อัญชนะและคณะ, 2547) นอกจากนี้อัลโลพูรินอลยังมีผลในการยับยั้งเอนไซม์พี 450 (P450) ในเซลล์ตับจึงต้องเพิ่มความระมัดระวังในกรณีที่มีการใช้ร่วมกับยาตัวอื่นๆ ที่ต้องใช้เอนไซม์ดังกล่าว ผลข้างเคียง (adverse reactions) ที่พบได้บ่อยจากการใช้อัลโลพูรินอลในคนได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ตับอักเสบ ผื่นและปฏิกิริยาแพ้ยา (ณัฐวรุช, 2552) อาการแพ้มีตั้งแต่ผิวหนังเป็นผื่นเล็กน้อยจนถึงภาวะรุนแรง (allopurinol hypersensitivity syndrome; AHS) ซึ่งทำให้มีผื่นทั่วตัว มีไข้ ไตและตับไม่ทำงานและรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ (เอมวาลี, 2549) นอกจากนี้ยังพบว่าอัลโลพูรินอลมีผลเพิ่มฤทธิ์ของธีโอโอฟิลีน (theophylline) และยาเอซาไซโอพรีน (azathioprine) (Ramsey, 2011) ในขณะที่ยังไม่พบรายงานผลข้างเคียงจากการใช้อัลโลพูรินอลในเต่า

6. หญ้าหนวดแมว

6.1 ชื่อ

ชื่อสามัญ คือ cat's whiskers, kidney tea plant, java tea, Indian kidney herb

ชื่อท้องถิ่น เช่น พยับเมฆ (กรุงเทพฯ), อีตู่ดง (เพชรบูรณ์), บางรักป่า (ประจวบคีรีขันธ์)

หรือหญ้าหนวดเสือ

ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq.

ชื่อวิทยาศาสตร์พ้อง ได้แก่

Orthosiphon grandiflorus Bold., *Orthosiphon grandiflorus* Bolding,

Orthosiphon stamineus Benth., *Ocimum grandiflorum* Bijd.,

Ocimum longifolium Ham., *Clerodendranthus spicatus* (Thunb.)

6.2 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

อยู่ในวงศ์ Labiatae หรือ Lamiaceae เป็นพืชสมุนไพรในกลุ่มไม้ล้มลุก พุ่มเตี้ยขนาดเล็ก จำพวกหญ้า ลำต้นและกิ่งเป็นสี่เหลี่ยมคล้ายต้นกะเพราหรือแมงลัก ปลายใบมีปลายแหลม มีขนาด 40 ถึง 60 มิลลิเมตร ใบยาว 10 ถึง 15 มิลลิเมตร ดอกสีขาวหรือขาวอมม่วงเป็นรูปกระบอก ปลายแยกเป็น 2 กลีบ กลีบบนปลายแยกออกเป็น 3 แฉก กลีบล่างเป็นรูปช้อนยาวรี ดอกออกที่ยอด ต้นคล้ายขั้วเป็นชั้นๆ ยาว 20 ถึง 25 มิลลิเมตร มีเกสรยาวออกมาเป็นฝอยพันกลีบดอกคล้ายกับหนวดแมวหรือหนวดเสือออกเป็นชั้นๆ ตามซอก้านดอกละ 6 ดอก ก้านช่อดอกยาวเรียวเป็นทาง

อยู่ปลายกิ่งคล้ายช่อดอกกระเพรา ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร (วีระสิงห์, 2522) เป็นไม้ที่ขึ้นง่าย แพร่พันธุ์ด้วยเมล็ดและการปักชำกิ่ง โดยใช้ปลายปลายยอดอ่อนกิ่งเท่านั้น โตเต็มที่ที่อายุ 3 ถึง 4 เดือนและมีดอกอ่อนเมื่อต้นมีอายุ 2 เดือน (เกรียงศักดิ์, 2528)

ต้นหญ้าหนวดแมวเป็นพืชที่แนะนำให้ใช้เป็นยาขับปัสสาวะในการสาธารณสุขมูลฐาน มีรายงานการทดลองเพาะปลูกที่สถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน รวมใช้เวลาในการเพาะปลูก 136 วันและทำการเก็บเกี่ยวได้หลังจากทำการเพาะปลูก 2 เดือน หญ้าหนวดแมวที่ปลูกมีขนาดสูงเฉลี่ย 51.31 ± 0.97 เซนติเมตร และทรงพุ่มกว้าง 45.22 ± 1.16 เซนติเมตร (Stienswat et al., 1995) (รูปที่ 2.16 และ 2.17)



รูปที่ 2.16 ลักษณะลำต้น ใบ และดอกของต้นหญ้าหนวดแมว (ดวงเพ็ญและคณะ, 2545)



รูปที่ 2.17 ลักษณะดอกของต้นหญ้าหนวดแมว (ขวัญตา, 2556)

6.3 ถิ่นกำเนิด

จัดเป็นพืชป่าฝนที่เป็นไม้ประดับ เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินที่มีความชื้น มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ต่ำ (Nguyen et al., 2009) จึงพบได้ตามเรือกสวน (ณัฐตรา และชาติศรี, 2535) หรือในที่ลุ่มที่มีพื้นดินเย็นชุ่มชื้น มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย พม่า จีน และแหลมแถบอินโดจีน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และออสเตรเลีย สำหรับในประเทศไทยมีขึ้นทั่วไปทั้งภาคเหนือ และภาคกลาง (เกรียงศักดิ์, 2528)

6.4 สรรพคุณ

มีการใช้ส่วนของลำต้น กิ่งและใบของต้นหญ้าหนวดแมวซึ่งจัดเป็นการใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทสมุนไพร (herbal supplement) ที่มีฤทธิ์ต่อไตและระบบปัสสาวะเพื่อการรักษาและป้องกันโรคทางเดินปัสสาวะในคนโดยจัดอยู่ในกลุ่มที่ออกฤทธิ์ขับปัสสาวะซึ่งเป็นการรักษาทางเลือกหรือการรักษาเสริม (alternative or therapy complementary therapy) (นิตยารธรรม, 2549) โดยฐานข้อมูลสมุนไพรสาธารณสุขมูลฐานของหน่วยบริการฐานข้อมูลข้อมูลสมุนไพร สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลได้มีการรวบรวมข้อมูลที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ของการใช้หญ้าหนวดแมวในเรื่องฤทธิ์การขับปัสสาวะและฤทธิ์ในการขับน้ำ

หญ้าหนวดแมวจึงจัดเป็นชนิดสมุนไพรแก้อาการเบาขัดหรือช่วยเรื่องปัญหาการปัสสาวะไม่ออกเช่นเดียวกับกระเจี๊ยบแดง ขลุ้ ชุมเห็ดไทย ตะไคร้ สับปะรด หญ้าคา และอ้อยแดง จากการสำรวจการใช้สมุนไพรภายใต้โครงการสาธารณสุขมูลฐานในชนบทของภาคใต้พบว่าหญ้าหนวดแมว เป็นสมุนไพรที่มีผู้รู้จักสรรพคุณ เป็นอันดับ 3 รองจากตะไคร้และกระเจี๊ยบแดง (อรุณพรและเพชรน้อย, 2533) สารสำคัญในหญ้าหนวดแมวประกอบด้วยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดอินทรีย์ (organic acids) และ เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) (ดวงเพ็ญและคณะ, 2545) ส่วนของใบประกอบด้วยเกลือโพแทสเซียม (potassium salts) ในปริมาณสูง มีกลูโคไซด์ (glucoside) หรือออโรซิฟอนิน (orthosiphonin) ซึ่งมีสรรพคุณในการขับปัสสาวะช่วยลดน้ำตาลในเลือดและลดความดันโลหิต ใช้ในผู้ป่วยโรคไต โรคความดัน น้ำในไต บรรเทาอาการปวดตามข้อ และผู้ป่วยโรคเบาหวาน (เกรียงศักดิ์, 2528) ส่วนของต้นทั้งแบบสดหรือแบบแห้ง สามารถนำมาต้มเพื่อดื่มเป็นยาสำหรับชายสูงอายุที่มีปัญหาโรคต่อมลูกหมากโตที่มีปัญหาปัสสาวะติดขัดโดยใช้แทนบูช (buchu) (วีระสิงห์, 2522) และมีฤทธิ์ในการขับกรดยูริก (พงษ์ศักดิ์, 2550)

6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.5.1 ในสัตว์

ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องสารสกัดหญ้าหนวดแมวในตำรายา ในขณะที่ยังพบรายงานในสัตว์อื่นๆหลายชนิด เช่น สารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ในสารสกัดหญ้าหนวดแมว ขนาด 80 และ 160 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลในการป้องกัน (prophylactic effect) การเกิดนิ่วชนิดแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate stones) ในหนูแรทเพศผู้ ช่วงอายุ 7 ถึง 8 สัปดาห์ที่มีนิ่วในไตจากการเหนี่ยวนำโดยการให้สารแอมโมเนียมคลอไรด์ร้อยละ 1 (1% ammonium chlorine) และเอทิลีนไกลคอลร้อยละ 1 (1% ethylene glycol) ในน้ำดื่มเป็นเวลา 7 วัน สารพอลิแซ็กคาไรด์ดังกล่าวเป็นตัวช่วยในการควบคุมการแสดงออกของโปรตีน ออสทีโอพอนทิน (protein expressions of osteopontin; OPN protein) เพื่อการจับแคลเซียมไอออน และออกซาเลตไอออนในปัสสาวะและช่วยเป็นตัวยับยั้งการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลต (Zhong et al., 2012)

สารสกัดจากใบของหญ้าหนวดแมวสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่เป็นเบาหวานได้โดยการกระตุ้นการหลั่งอินซูลินในภาวะที่มีน้ำตาลสูง (กมลวรรณ, 2549)

สารสกัดใบหญ้าหนวดแมวขนาด 14 และ 28 กรัม สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในกระต่ายซึ่งทำให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงโดยการใช้อัลลอกแซน (alloxan) และกลูโคสได้ แต่มีฤทธิ์ไม่สมำเสมอ (รุ่งระวี, 2538)

สารสกัดหญ้าหนวดแมวที่สกัดจากเฮกเซน (hexane extract) มีผลในการยับยั้ง โซเดียม-โพแทสเซียม เอทีพีเอส (Na-K ATPase inhibitory activity) จากสมองในหนูแรท (Ngamrojjanavanich, 2006) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเรื่องความเป็นพิษชนิดเรื้อรังในการใช้สารสกัดหญ้าหนวดแมวในหนูขาวสายพันธุ์วิสตา (wistar rat) จำนวน 24 ตัว ในระยะเวลา 6 เดือน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยให้โดยการป้อนในขนาด 0.96, 2.4 และ 4.8 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวันซึ่งเทียบเท่ากับยา (dry crude drug) ขนาด 10, 25 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวันหรือคิดเป็น 50, 125 และ 250 เท่าของขนาดที่ใช้เพื่อการรักษา (therapeutic dose) คือ 10 กรัมต่อวันต่อน้ำหนัก 50 กิโลกรัม โดยพบว่าการใช้สารสกัดหญ้าหนวดแมวในขนาดที่สูงมีผลลดระดับโซเดียมในขณะระดับเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (alkaline phosphatase) มีค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบถุงน้ำที่กรวยไต (hydrocalyx) ในหนูเพศผู้ จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้สารสกัดหญ้าหนวดแมวในขนาดสูงเป็นระยะเวลานานๆ ในส่วนของการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา (histopathological examination) พบลักษณะของไขมันสะสมที่เซลล์ตับ (fatty change) ในหนูเพศผู้ และพบการสะสมหินปูนอยู่ใน

เนื้อไต (nephrocalcinosis) ในหนูเพศเมีย อย่างไรก็ตามผลไม่พบความแตกต่างของผลทางพยาธิวิทยาทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Sittisomwong et al., 1999)

6.5.2 ในคน

การศึกษาผลของหญ้าหนวดแมวในการลดขนาดของนิ่วในไตเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับยาโซเดียมโพแทสเซียมซิเตรต (Na-K citrate) ระยะเวลา 18 เดือน ในผู้ป่วยจำนวน 48 คนที่มีนิ่วในไตขนาดตั้งแต่ 9 มิลลิเมตรขึ้นไป มีค่าครีเอตินีน (creatinine) ต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ไม่มีประวัติเกี่ยวกับโรคหัวใจ และมีการอัลตราซาวด์ทุก 6 ถึง 8 สัปดาห์และบันทึกภาพและวัดขนาดของนิ่ว พบว่าผู้ป่วยกลุ่มที่ได้รับน้ำขงหญ้าหนวดแมว 2.5 กรัม ไม่พบอาการข้างเคียงและนิ่วมีขนาดลดลงร้อยละ 28.6 ± 15.9 ของขนาดเริ่มต้น ซึ่งหญ้าหนวดแมว มีคุณสมบัติในการลดขนาดนิ่วได้ต่ำกว่าโซเดียมโพแทสเซียมซิเตรตเพียงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดค่า (pH) ในปัสสาวะลดลง รวมทั้งมีผลในการบรรเทาอาการทางคลินิก ได้แก่ อาการปวดศีรษะ ปวดเอว ปวดข้อ ปวดขา จุกแน่นท้อง เมื่อยเพลียและแสบร้อนสีข้างได้มากถึงร้อยละ 95 (อมร, 2542) การศึกษาศักยภาพของสมุนไพรในการรักษาและป้องกันโรคนิ่วไต ในอาสาสมัครเพศชาย 130 คน ที่อยู่ในช่วงอายุ 20 ถึง 50 ปีที่มีสุขภาพแข็งแรง ระยะเวลา 7 วัน พบว่าหญ้าหนวดแมวมีผลเพิ่ม pH และปริมาตรปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (พจน์, 2542)

6.5.3 ในพืช

พบว่าในหญ้าหนวดแมวมี 13-อีพิ-ออโรไซโฟล-เอ็น (13-epi-orthosiphon-N) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ทำอันตรายพืชข้างเคียงและทำให้ตายได้ (allelopathic substance) (Kato-Noguchi et al., 2013)

6.5.4 ในเซลล์เพาะเลี้ยง

สารสกัดหญ้าหนวดแมวที่สกัดโดยการใช้อีทานอลเป็นตัวทำละลายและกรดเออร์โซลิก (ursolic acid) ซึ่งเป็นสารชีวภาพที่ออกฤทธิ์ สามารถยับยั้งไลโปพอลิแซ็กคาไรด์ที่กระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์ (lipopolysaccharide stimulated nitric oxide) และการสร้างพอสตาแกลนดินอี2 (PGE₂) ในเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 ได้ (Hsu et al., 2010)

บทที่ 3 ระเบียบวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 10 ส่วน ได้แก่

1. สัตว์ทดลอง
2. การถ่ายภาพรังสี
3. การเก็บตัวอย่างเลือดและการตรวจวิเคราะห์
4. การเก็บตัวอย่างปัสสาวะและการตรวจวิเคราะห์
5. การเตรียมและการบริหารสารละลายอัลโลฟูรินอล
6. การเตรียมและการบริหารสารสกัดหญ้าหนวดแมว
7. การป้อนทางปากโดยใช้ท่อป้อนสารปลายกลม
8. การชันสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา
9. การส่งตรวจชนิดของน้ำ
10. การแปรผลและการวิเคราะห์ผล
11. ปัญหาทางจริยธรรม (Ethical consideration)
12. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. สัตว์ทดลอง

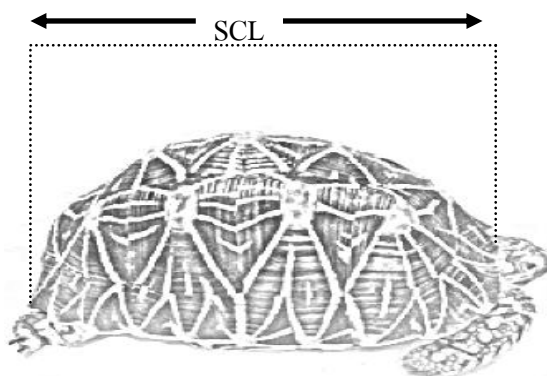
1.1 ที่มา

สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้ทำการยึดเต่าดาวอินเดียจำนวน 366 ตัว ไว้เป็นของกลาง และมีการทำบันทึกในวันที่ 10 มิถุนายน 2554 โดย นายสิทธิชัย จิงจिरานนท์ ผู้อำนวยการส่วนบริการผู้โดยสาร เพื่อส่งมอบเต่าดาวอินเดียให้แก่ศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้อยู่ในการอนุบาล (รายละเอียดตามข้อมูลในภาคผนวก ข.) จากการตรวจร่างกายสัตว์เบื้องต้น โดยทีมสัตวแพทย์ ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ พบว่า สัตว์มีภาวะขาดน้ำ (dehydration) ในระดับมากกว่าร้อยละ 7-10

ทางศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ได้ทำจดหมาย (สน. 069/54) ลงวันที่ 29 สิงหาคม 2554 เรียนผู้อำนวยการ สำนักงานศุลกากร ส่วนของผู้โดยสาร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยสำเนาเรียน คณบดี คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อขอความอนุเคราะห์ ในการบริจาคเต่าดาวอินเดียดังกล่าว เพื่อทำการดูแลรักษาสุขภาพและใช้เพื่อการวิจัยในการเรียนการสอนต่อไป (รายละเอียดตามข้อมูลในภาคผนวก ข.)

1.2 บันทึกข้อมูลลักษณะทั่วไป

โดยการชั่งน้ำหนัก วัดหน่วยเป็นกรัมและวัดขนาดความยาวของกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง (straight carapace length; SCL) (McArthur, 1996^a) โดยการวัดระยะจากแผ่นเกล็ดเหนือต้นคอถึงแผ่นเกล็ดเหนือ โคนหาง วัดหน่วยเป็นมิลลิเมตร (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 การวัดความยาวของกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง (straight carapace length; SCL)

1.3 ถ่ายภาพรังสี ตรวจเลือดและปัสสาวะ

1.4 แบ่งเต่าออกเป็น 4 กลุ่ม โดยวิธีสุ่มแบ่ง (randomization หรือ random allocation)

โดยแบ่งเต่าออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (ตารางที่ 3.1)

กลุ่มที่ 1 เต่าที่พบนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอล (9 ตัว)

ใช้สัญลักษณ์ “CA” ซึ่งย่อมาจาก *Calculi-Allopurinol*

กลุ่มที่ 2 เต่าที่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดจากหญ้าหนวดแมว (9 ตัว)

ใช้สัญลักษณ์ “CO” ซึ่งย่อมาจาก *Calculi-Orthosiphon*

กลุ่มที่ 3 เต่าที่ไม่พบนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอล (10 ตัว)

ใช้สัญลักษณ์ “NA” ซึ่งย่อมาจาก *Normal-Allopurinol*

กลุ่มที่ 4 เต่าที่ไม่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดจากหญ้าหนวดแมว (10 ตัว)

ใช้สัญลักษณ์ “NO” ซึ่งย่อมาจาก *Normal-Orthosiphon*

1.5 อาหารและน้ำ

ให้อาหารและน้ำอย่างไม่จำกัด (*ad libitum*)

1.6 การแช่น้ำ

การแช่น้ำระดับตื้น (*shallow bathing*) ระดับขอบกระดองล่างเพื่อกระตุ้นการกินน้ำ (McArthur, 1996^a) การดูดซึมน้ำกลับที่กระเพาะปัสสาวะถ้าใส่ใหญ่และช่องทวารร่วม นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการขับถ่ายทั้งอุจจาระและปัสสาวะโดยอัตโนมัติ (นันทริกา, 2550^c; Jepson, 2009)

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการแบ่งกลุ่มเต่า 4 กลุ่ม

กลุ่มที่	กลุ่มเต่าและสารที่ได้รับ	สัญลักษณ์
1	พบนิ้ว, อัลโลพูรินอล	CA
2	พบนิ้ว, สารสกัดหญ้าหนวดแมว	CO
3	ไม่พบนิ้ว, อัลโลพูรินอล	NA
4	ไม่พบนิ้ว, สารสกัดหญ้าหนวดแมว	NO

2. การถ่ายภาพรังสี

ถ่ายภาพรังสีก่อนและหลังการทดลองเพื่อการจัดกลุ่มสัตว์ทดลองและเพื่อประเมินขนาดของนิ้วโดยใช้ 2 ท่า ได้แก่ ท่าที่รังสีผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของตัวสัตว์ (dorsoventral view; DV) และท่าที่รังสีผ่านจากด้านข้างของตัวสัตว์ในแนวนอน (horizontal lateral view) (McArthur et al., 2002; Wright, 2008^a) โดยถ่ายภาพรังสี ณ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การเก็บตัวอย่างเลือดและการส่งตรวจวิเคราะห์

3.1 การเก็บตัวอย่างเลือด

ใช้เข็มที่มีขนาด 23 gauge และกระบอกฉีดยาชนิด insulin syringe (McArthur, 1996^b) เจาะเลือดจากแอ่งเลือดใต้กระดูกหลัง (subcarapacial sinus หรือ supravertebral blood vessel) ตำแหน่งตรงกลางหัวใกล้กับด้านหลังของกระดูกคอชิ้นสุดท้ายหรือด้านหน้ากระดูกอกชิ้นแรก ประเมินจุดที่แทงเข็มโดยการดันหัวเต่าเข้าไปในกระดูกและคลำปุ่มกระดูกที่ติดกับกระดูกหลัง (นันทริกา, 2550^b) เพื่อเจาะเลือดปริมาณ 300 ไมโครลิตร โดยไม่มีการใช้ยาหรือสารเคมีในการทำให้สัตว์ซึมหรือสลบและเก็บตัวอย่างในหลอดที่มีสารกันเลือดแข็งตัวชนิดเฮปาริน (heparin) เก็บตัวอย่างวันที่ 1, 14 และ 28 ตามลำดับ (ตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการเก็บตัวอย่างเลือด

ครั้งที่	วันที่ที่ทำเก็บตัวอย่างเลือด	day
1	วันที่ที่เริ่มทำการทดลอง	1
2	วันที่ 14 ของการทดลอง	14
3	วันที่ 28 ของการทดลอง	28

3.2 การส่งตรวจวิเคราะห์

ตรวจค่ายูเรียไนโตรเจน ครีเอทีนีน กรดยูริก โซเดียมและโพแทสเซียม โดยใช้หลักการการดูดกลืนคลื่นแสง (spectrophotometric) ของเครื่อง IL ILab 650 Chemistry Analyzer (Instrumentation Laboratory, Italy) ส่งตรวจที่หน่วยชันสูตรโรคสัตว์ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การเก็บตัวอย่างปัสสาวะและการส่งตรวจวิเคราะห์

4.1 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

ใช้น้ำกดกระเพาะปัสสาวะเบาๆ ผ่านทางด้านช่องด้านหน้าของขาหลัง (McArthur, 1996^c) หรือการรองปัสสาวะ (voiding) 200 ไมโครลิตรถึง 1 มิลลิลิตร ในหลอดเก็บตัวอย่างในวันที่ 1, 14 และ 28 ตามลำดับ

4.2 การส่งตรวจวิเคราะห์

4.2.1 ตรวจทางกายภาพ

ได้แก่ สี ความขุ่นและตะกอนปัสสาวะ (urine sediment) ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Hernandez-Divers and Innis, 2006) โดยนำตัวอย่างปัสสาวะมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที นาน 5 นาที และเทส่วนน้ำใส (supernatant) ทิ้งให้เหลือตะกอนปัสสาวะ (urine sediment) ปนปัสสาวะที่ติดอยู่ที่ก้นหลอด จากนั้นเขย่าตะกอนกับปัสสาวะให้เข้ากันและดูเอาตัวอย่างดังกล่าวหยดลงสไลด์แก้วและปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์เพื่อตรวจใต้กล้องจุลทรรศน์ (ชลลดาและคณะ, 2544)

4.2.2 ตรวจทางเคมี

โดยการใช้แถบน้ำยาทดสอบ (urine strips) Combur¹⁰ Test[®] UX (Roche, Germany) เพื่อวัดค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรดต่าง เม็ดเลือดขาว ในไตรท์ โปรตีน กลูโคส คีโตน ยูโรบิลิโนเจน บิลิรูบิน เลือดและฮีโมโกลบิน โดยการอ่านค่าจากเครื่อง Urilux S urine strip analyzer (รูปที่ 3.2)

4.2.3 ตรวจค่ายูเรียไนโตรเจน ครีเอทีนีน กรดยูริก โซเดียมและโพแทสเซียม

ใช้หลักการการดูดกลืนคลื่นแสงของเครื่อง IL ILab 650 Chemistry Analyzer (Instrumentation Laboratory, Italy) โดยส่งตรวจที่หน่วยชันสูตรโรคสัตว์ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 จำนวนสัดส่วนการขับทิ้งของสารทางปัสสาวะผ่านท่อไตทั้งหมด

Fractional Excretion (FE) คือการหาสัดส่วนการขับทิ้งของสารเทียบกับอัตราการขับทิ้งของครีเอทีนีนซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร (สุกัลยาและคณะ, 2544)

$$FE_x (\%) = (U_x/P_x) \times (P_{cr}/U_{cr}) \times 100$$

หมายเหตุ สัญลักษณ์ U_x คือ ความเข้มข้นของสาร X ในปัสสาวะ
 P_x คือ ความเข้มข้นของสาร X ในพลาสมา
 U_{cr} คือ ความเข้มข้นของครีเอทีนีนในปัสสาวะ
 P_{cr} คือ ความเข้มข้นของครีเอทีนีนในพลาสมา



(A)



(B)

รูปที่ 3.2 (A) ผลิตภัณฑ์แถบน้ำยาทดสอบสำหรับการตรวจสารเคมีในปัสสาวะ 10 รายการ
 ต่อแถบน้ำยาทดสอบ โดย 1กล่อง บรรจุ 100 แถบน้ำยาทดสอบ
 (B) เครื่องอ่านค่าแถบน้ำยาทดสอบ Urilux S urine strip analyzer

5. การเตรียมและการบริหารสารละลายอัลโลพูรินอล

ใช้อัลโลพูรินอล Zyloric™ 100 มิลลิกรัม (GlaxoSmithKline, United Kingdom) (รูปที่ 3.3)

ขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Ramsey, 2011; Funk and Diethelm, 2006; McArthur, 2007^b)

วิธีการเตรียม คือใช้อัลโลพูรินอล จำนวน 3 เม็ด เพื่อให้ได้ปริมาณยา 300 มิลลิกรัม บดยาให้ละเอียดด้วยโกรงบดยาเติมน้ำ 12 มิลลิลิตร ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการบริหาร คือ ป้อนทางปากโดยใช้ท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle) วันละ 1 ครั้ง ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตรต่อ 100 กรัม ในวันที่ 2 ถึงวันที่ 19 ของการทดลอง



(A) (B)

รูปที่ 3.3 เม็ดยาอัลโลพูรินอล ขนาด 100 มิลลิกรัม

- (A) ด้านที่มีตัวอักษร (ตัวอักษรด้านบนเหนือเส้นกลาง คือ WELLCOME ส่วนตัวอักษรด้านล่างเส้นกลาง คือ U 4 A)
- (B) ด้านที่ไม่มีตัวอักษร

6. การเตรียมและการบริหารสารสกัดหญ้าหนวดแมว

ใช้ยาขงหญ้าหนวดแมว 2 กรัมต่อถุง (บริษัทผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทย จำกัด, ประเทศไทย) (รูปที่ 3.4)

ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Sittisomwong et al., 1999)

วิธีการเตรียม คือใช้ยาขงหญ้าหนวดแมว จำนวน 2 ถุงเพื่อให้ได้ปริมาณหญ้าหนวดแมวจำนวน 4,000 มิลลิกรัม ละลายในน้ำร้อนเดือด 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที และกรองแยกกากเพื่อให้ได้สารสกัดหญ้าหนวดแมวที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการบริหาร คือ ป้อนทางปากโดยใช้ท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle) วันละ 1 ครั้ง ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตรต่อ 100 กรัม (2 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม) วันที่ 2 ถึงวันที่ 19 ของการทดลอง

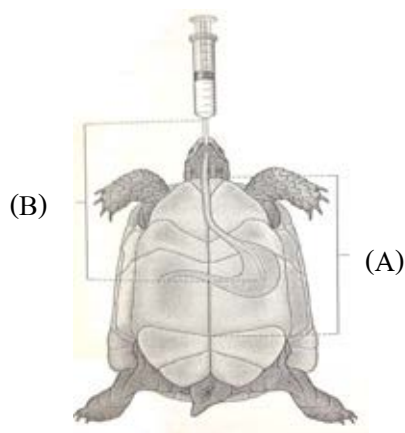


รูปที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์และรายละเอียดข้างกล่องยาชงหญ้าหนวดแมว

(*Orthosiphon aristatus* infusion) บรรจุ 20 ซองต่อกล่อง ใน 1 ถุงประกอบด้วยผงใบหญ้าหนวดแมวแห้ง 2 กรัม สรรพคุณขับปัสสาวะ จัดเป็นยาแผนโบราณเลขทะเบียนที่ G 212/43 ภายใต้ลิขสิทธิ์ขององค์การเภสัชกรรม ผลิตโดย บริษัทสมุนไพรไทย จำกัด เลขที่ 130/149 หมู่ที่ 3 ตำบลวังจุกพา อำเภอลำดวน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13170 โทร 0-3572-1445-7 แฟกซ์ 0-3572-1743

7. การป้อนทางปากโดยใช้ท่อป้อนสารปลายกลม

สอดท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle) เข้าทางปากถึงกระเพาะอาหาร โดยสามารถประมาณตำแหน่งความลึกคือจากคางถึงกึ่งกลางของกระดองล่าง (McArthur, 1996^a) หรือจากแผ่นเกล็ดใต้คอ (gular scute) ถึงแผ่นเกล็ดท้อง (abdominal scute) (Jepson, 2009) (รูปที่ 3.5 และ 3.6)



รูปที่ 3.5 การวัดระยะการสอดท่อเข้ากระเพาะอาหารในเต่า (Jepson, 2009)

- (A) การวัดระยะจากจากแผ่นเกล็ดใต้คอถึงแผ่นเกล็ดท้อง
- (B) การสอดท่อด้วยระยะที่วัดข้างต้นเข้าไปที่กระเพาะอาหารส่วนที่ต่อกับหลอดอาหาร (cardia)



รูปที่ 3.6 ท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle)

8. การชันสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

เพื่อตรวจพิสูจน์พยาธิสภาพระดับมหภาคและจุลภาคโดยทำการศึกษาในกรณีที่มีสัตว์ตาย โดยแช่ชิ้นเนื้อตัวอย่างจากการชันสูตรซาก (necropsy) ในฟอร์มาลินความเข้มข้นร้อยละ 10 (10 % neutral buffered formalin) สำหรับการตรวจทางจุลพยาธิวิทยาต่อไป

9. การส่งตรวจชนิดของนํ้า

เพื่อระบุองค์ประกอบตัวอย่างนํ้าโดยมีรายละเอียด ดังนี้

9.1 ก่อนทำการทดลอง

มีการเก็บตัวอย่างนํ้าจากเต่าดาวอินเดียชุดเดียวกับที่จะนำมาทดลองในช่วงก่อนการทดลองเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น โดยการเก็บตัวอย่างจากบริเวณที่เต่าอยู่อาศัย ส่งตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบนํ้าด้วยวิธี อินฟราเรด สเปกโตรสโคปี (Infrared Spectroscopy; IR) โดยการเตรียมสารตัวอย่างด้วยเทคนิคการทำแผ่นนํ้า (pellet) ด้วยโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr pellet technique) และอ่านค่าสเปกตรัมด้วย IR โดยส่งตรวจ ณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

9.2 ในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

มีการเก็บตัวอย่างนํ้าจากเต่าดาวอินเดียในช่วงเวลาที่ทำการทดลองทั้งจากที่พบที่ทวารร่วม (cloaca) ของสัตว์หรือพบในภาชนะที่ใช้เลี้ยงหรือจากการชันสูตรในช่วงที่ทำการทดลอง ส่งตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบนํ้าด้วยวิธี optimal crystallography โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (polarizing microscope; Nikon® Eclipse 50i) และวิธี diffuse reflectance infrared fourier transform spectroscopy หรือ DRIFTS (Nicolet AVATAR 360, Thermo-Scientific Corporation) โดยส่งตรวจ ณ Minnesota Urolith Center ที่ University of Minnesota รัฐมินนิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา

10. การแปลผลและการวิเคราะห์ผล

ใช้โปรแกรม SigmaStat 3.5 และอ่านผลที่ $p < 0.05$ โดยใช้วิธีทางสถิติ ดังนี้

ใช้ One Way Repeated Measure ANOVA (on Ranks) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลภายในแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ วันที่ 1, 14 และวันที่ 28 และใช้ One Way ANOVA (on Ranks) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มการทดลอง (เต่าที่มีนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอล เต่าที่มีนิ้วที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว เต่าที่ตรวจไม่พบนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอลและเต่าที่ตรวจไม่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว)

ใช้ t-test เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง 2 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ ค่ากรดยูริก (ในพลาสมาและปัสสาวะ) ระหว่างกลุ่มที่พบนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอลและกลุ่มที่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว และระหว่างกลุ่มที่ไม่พบนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอลและกลุ่มที่ไม่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว และใช้ pair t-test เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ ขนาดนิ้วก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

11. ปัญหาทางจริยธรรม (Ethical consideration)

ปฏิบัติตามหลักการและข้อบังคับว่าด้วยจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองที่ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคผนวก ก.)

12. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ได้แก่ บันทึกการฝากเก็บรักษาของกลางส่วนบริการผู้โดยสาร สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (ภาคผนวก ข.) และจดหมายขอความอนุเคราะห์บริจาคเต่าดาว (ภาคผนวก ค.)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. การถ่ายภาพรังสี การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาดและการชั่งน้ำหนักสัตว์
2. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ
3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ
4. การชันสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

1. การถ่ายภาพรังสี การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาดและการชั่งน้ำหนักสัตว์

1.1 การถ่ายภาพรังสี

การถ่ายภาพรังสีก่อนการทดลอง โดยใช้ 2 ท่า ได้แก่ ท่าที่รังสีผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของตัวสัตว์ (dorsoventral view; DV) และท่าที่รังสีผ่านจากด้านข้างของตัวสัตว์ในแนวนอน (horizontal lateral view; LAT) จากเต้าดาวอินเดียจำนวนทั้งหมด 70 ตัว โดยใช้ ท่า DV เพื่อคัดเลือกลูกสัตว์ในเบื้องต้น (screening) พบว่าตรวจพบน้ำ จำนวน 18 ตัว และตรวจไม่พบน้ำ จำนวน 52 ตัว (ตารางที่ 4.1) จากนั้นนำเต้าที่ตรวจพบน้ำจำนวน 18 ตัวดังกล่าว มาตรวจเพิ่มเติมในท่า LAT พบว่า ตรวจพบน้ำจำนวน 15 ตัว และตรวจไม่พบน้ำจำนวน 3 ตัว (ตารางที่ 4.2) ซึ่งการถ่ายภาพรังสีในท่า DV ในกรณีที่ตรวจพบน้ำนั้น สามารถพบน้ำได้ตั้งแต่จำนวน 1 ก้อนขึ้นไป (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.1 ผลการถ่ายภาพรังสีในท่า Dorsoventral (DV) ก่อนทำการทดลอง

ผลการถ่ายภาพรังสี	จำนวน/จำนวนรวม (ตัว)
พบน้ำ	18/70
ไม่พบน้ำ	52/70

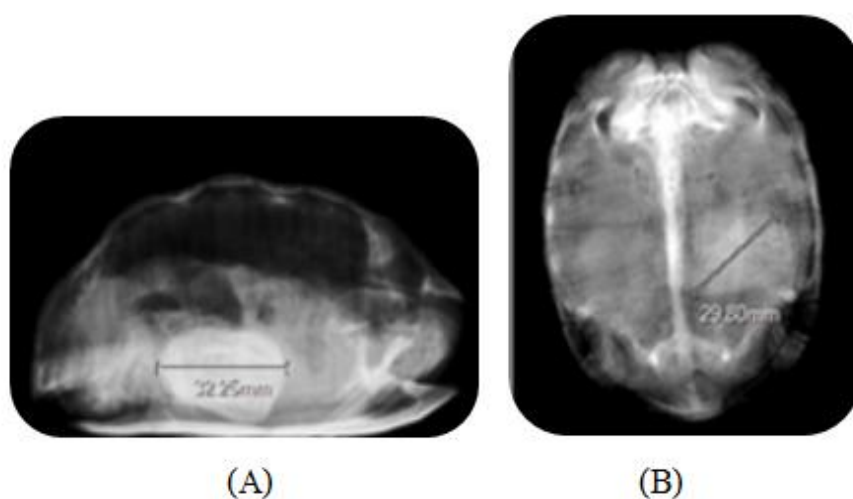
ตารางที่ 4.2 ผลการถ่ายภาพรังสีในท่า Horizontal Lateral (LAT) ก่อนทำการทดลอง

ผลการถ่ายภาพรังสี	จำนวน/จำนวนรวม (ตัว)
พบน้ำ	15/18
ไม่พบน้ำ	3/18

ตารางที่ 4.3 จำนวนกอนนิ้วที่ตรวจพบจากการถ่ายภาพรังสีท่า Dorsoventral (DV) ก่อนการทดลอง

จำนวนนิ้ว	จำนวน/จำนวนรวม (ตัว)
1 กอน	10/18
มากกว่า 1 กอน	8/18

นำเต่าที่ตรวจพบนิ้วจำนวน 18 ตัวข้างต้น มาจัดกลุ่มด้วยวิธีการสุ่ม โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 ตัว คือกลุ่มที่พบนิ้วกลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่ได้รับอัลโลพูรินอล) และกลุ่มที่พบนิ้วกลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว) และทำการประเมินกอนนิ้วด้วยการใช้ฟังก์ชันการปรับความชัด (change gradation mode) และการวัดขนาด (measure line segment mode) (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างภาพถ่ายรังสีในเต่าดาวอินเดียที่ใช้ในการทดลองที่ตรวจพบนิ้ว

(A) ในท่า dorsoventral (DV)

(B) ในท่า horizontal lateral (LAT)

จากการถ่ายภาพรังสีในท่า DV พบว่า ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากการวัด (standard error of measurement หรือ SEM) ของขนาดนิ้ว (โดยวัดส่วนที่กว้างที่สุดของนิ้ว) ในกลุ่มที่พบนิ้วกลุ่มที่ 1 ก่อนการทดลองคือ 25.86 ± 2.91 มิลลิเมตร และหลังการทดลองคือ 28.15 ± 3.69 มิลลิเมตร ส่วนค่าในกลุ่มที่พบนิ้วกลุ่มที่ 2 คือ 26.58 ± 3.94 มิลลิเมตร และหลังการทดลองคือ 29.51 ± 3.86 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ขนาดนิ้วจากการถ่ายภาพรังสีในท่า Dorsoventral (DV) ก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มที่ 1 ที่ได้รับอัลโลพูรินอล (n = 6)		กลุ่มที่ 2 ที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (n = 6)	
ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
25.86 ±2.91	28.15±3.69	26.58±3.94	29.51±3.86

หมายเหตุ: แสดงค่า mean±SED ของขนาดส่วนที่กว้างที่สุดของนิ้ว (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)
n หมายถึง จำนวนสัตว์

1.2 การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาด และการชั่งน้ำหนัก

ในการทดลอง ได้ทำการจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ทดลองเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่ตรวจพบนิ้วและได้รับอัลโลพูรินอล (CA) กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ตรวจพบนิ้วและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (CO) กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่ตรวจไม่พบนิ้วและได้รับอัลโลพูรินอล (NA) แต่กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มที่ตรวจไม่พบนิ้วและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (NO) (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 การจัดแบ่งกลุ่ม จำนวน และสัญลักษณ์ของสัตว์ทดลองในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มสัตว์ทดลองและสารที่ใช้ทดสอบ	จำนวน (ตัว)	สัญลักษณ์
กลุ่มที่พบนิ้ว/อัลโลพูรินอล	9	CA
กลุ่มที่พบนิ้ว/สารสกัดหญ้าหนวดแมว	9	CO
กลุ่มที่ไม่พบนิ้ว/อัลโลพูรินอล	10	NA
กลุ่มที่ไม่พบนิ้ว/ สารสกัดหญ้าหนวดแมว	10	NO

ผลการชั่งน้ำหนักของสัตว์ 4 กลุ่ม ก่อนและหลังการทดลอง พบว่าค่า mean±SEM ของน้ำหนักก่อนการทดลองของกลุ่ม CA คือ 184.88±48.25 กรัม กลุ่ม CO คือ 182±41.90 กรัม กลุ่ม NA คือ 234.78±32.67 กรัม และกลุ่ม NO คือ 223.7±35.21 กรัม

ส่วนผลการวัดขนาดความยาวของกระดูกส่วนบนในแนวเส้นตรงของสัตว์ 4 กลุ่มพบว่า ค่า mean±SEM ก่อนการทดลองของกลุ่ม CA คือ 92.67±3.13 มิลลิเมตร กลุ่ม CO คือ 93.22±3.02 มิลลิเมตร กลุ่ม NA คือ 105.5±2.17 มิลลิเมตรและกลุ่ม NO คือ 101.3±2.07 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักและขนาดความยาวของกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง

พารามิเตอร์	กลุ่มที่พบนิ้ว ^a		กลุ่มที่ไม่พบนิ้ว ^b	
	กลุ่ม CA (n = 9)	กลุ่ม CO (n = 9)	กลุ่ม NA (n = 10)	กลุ่ม NO (n = 10)
น้ำหนัก	184.78±16.08	182.11±13.97	235.4±10.33	223.7±11.14
ความยาว	92.67±3.13	93.22±3.02	105.5±2.17	101.3±2.07

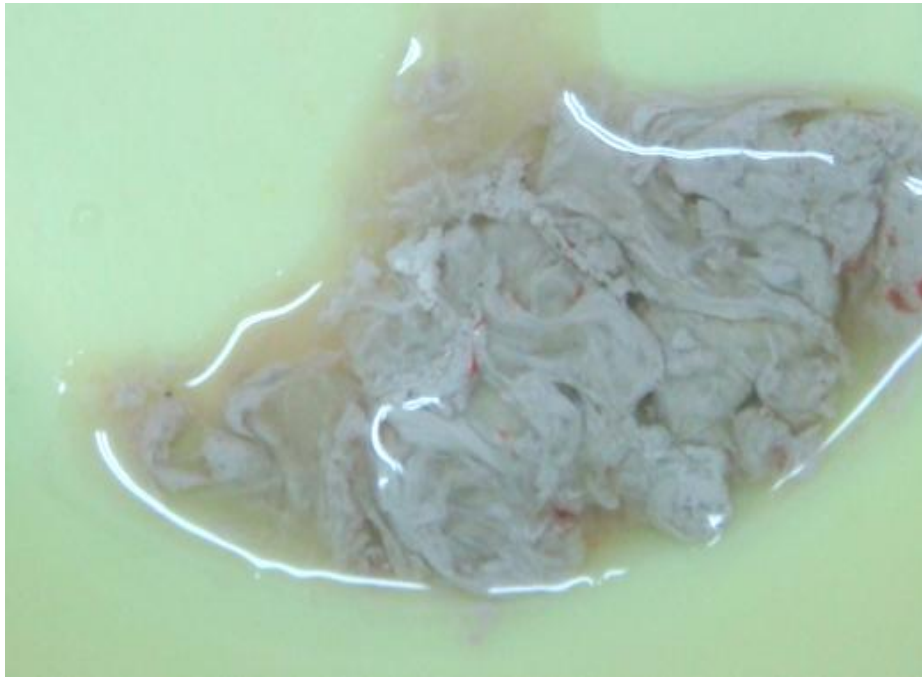
หมายเหตุ: แสดงค่า mean±SEM ของน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) และความยาวกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร), n หมายถึง จำนวนสัตว์, โดยที่ CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ้วและได้อัลโลพูรินอล, CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ้วและได้สารสกัดหุ้มนวดแมว, NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ้วและได้อัลโลพูรินอล และ NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ้วและได้สารสกัดหุ้มนวดแมว, ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในกลุ่มที่พบนิ้วและกลุ่มที่ไม่พบนิ้ว แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของทั้งค่าน้ำหนักและความยาวที่ $p < 0.05$

จากการทดลอง เริ่มมีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหุ้มนวดแมวที่วันที่ 2 และหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดข้างต้นในวันที่ 19 ของการทดลอง (termination) เนื่องจากสัตว์ทดลองแสดงอาการทางคลินิกที่ผิดปกติ คือ มีการกินอาหารลดลงและหยุดการกินอาหารเป็นเวลาต่อเนื่อง 7 วัน (จากวันที่ 12 ของการทดลองจนถึงวันที่ 19) รวมถึงมีกลิ่นแอมโมเนีย จากตัวอย่างปัสสาวะ ผู้วิจัยจึงทำการสุ่มตรวจตัวอย่างปัสสาวะโดยใช้เครื่อง colorimeter รุ่น DR/890 (Hach®, United States) พบว่า ปัสสาวะในสัตว์ที่ได้รับอัลโลพูรินอล ตรวจพบแอมโมเนียในระดับ 0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร และปัสสาวะในสัตว์ที่ได้รับสารสกัดหุ้มนวดแมว ตรวจพบแอมโมเนียในระดับ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะและเลือด

2.1 การตรวจทางกายภาพตัวอย่างปัสสาวะ

จากการทดลองพบว่าปัสสาวะ ในเต้าทดลองมีลักษณะใสไม่มีสี สีเหลืองใส สีเหลืองขุ่น สีเหลืองปนเขียว สีเหลืองน้ำตาลใส และไม่สามารถระบุสีได้เนื่องจากมียูเรตที่มีลักษณะกึ่งแข็ง (รูปที่ 4.2) หรืออุจจาระปนในปริมาณมาก ส่วนผลการตรวจตะกอนปัสสาวะพบผลึกใสรูปเข็ม (needle-like crystal) (รูปที่ 4.3) เม็ดเลือดขาว เม็ดเลือดแดง แบคทีเรียชนิดกลม และแท่งเส้นใย เยื่อเมือก (mucus thread) ยูเรต (urate) โปรโตซัวชนิดที่มีซิเลีย (ciliated protozoa) และโปรโตซัวชนิดที่มีแฟลกเจลลา (flagellated protozoa)



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างปัสสาวะที่มียูเรตและเลือดปน



รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงผลึกลักษณะใยรูปเข็ม (กำลังขยาย 400 เท่า)

1.2 การตรวจทางเคมีตัวอย่างปัสสาวะโดยการใช้ urine strips Combur¹⁰ Test[®] UX

1.2.1 กลุ่มที่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (CA)

ในวันที่ 1, 14 และ 28 มีค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ SD) ของค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนี้ 1.016 ± 0.004 , 1.011 ± 0.004 และ 1.010 ± 0.000 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง คือ 8 ± 0.71 , 8.2 ± 0.84 และ 7.8 ± 1.1 ตามลำดับ นอกจากนี้ตรวจพบผลบวกต่อเม็ดเลือดขาว ในไตรท์ โปรตีน และเลือด ในขณะที่ให้ผลตรวจกลูโคสในระดับที่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจยูโรบิลิโนเจนในระดับที่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจคีโตนและบิลิรูบินเท่ากับศูนย์มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะของกลุ่มที่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (CA)

Parameter (unit)	Normal values	Day 1	Day 14	Day 28
Specificity	1.003-1.014 (1.008)*	1.016 ± 0.004 (5)	1.011 ± 0.004 (5)	1.010 ± 0.000 (5)
pH	5-8*	8 ± 0.71 (5)	8.2 ± 0.84 (5)	7.8 ± 1.1 (5)
Leukocyte (Leu/ μ L)	Negative	pos. (2/7)	pos. (3/9)	pos. (2/6)
Protein (mg/dL)	trace proteinuria*	pos. (2/7)	pos. (1/9)	pos. (2/6)
Blood (Ery/ μ L)	Negative	pos. (3/7)	pos. (5/9)	pos. (1/6)
Nitrite (mg/dL)	Negative	pos. (3/7)	pos. (8/9)	pos. (5/6)
Glucose (mg/dL)	Glucosuria up to 30*	<50	<50	<50
Ketone (mg/dL)	Negative**	0	0	0
Urobilinogen (mg/dL)	0.2-1**	<1	<1	<1
Bilirubin (mg/dL)	Negative**	0	0	0

หมายเหตุ: แสดงค่า mean \pm SD ของค่าความถ่วงจำเพาะ (specificity) และความเป็นกรดต่าง (pH), ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง จำนวนสัตว์ โดยค่าตัวเลขที่เป็นอัตราส่วน หมายถึง จำนวนสัตว์ที่แสดงผลบวกต่อการทดสอบต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมดในกลุ่ม สำหรับค่าเม็ดเลือดขาว (leukocyte), โปรตีน (protein), เลือด (blood) และไนไตรท์ (nitrite), แสดงค่าแปลผลจากการตรวจ สำหรับค่ากลูโคส (glucose), คีโตน (ketone), ยูโรบิลิโนเจน (urobilinogen) และค่าบิลิรูบิน (bilirubin)

* อ้างอิงจาก Gibbons et al. (2013) และ ** อ้างอิงจาก จำนวน (2555)

1.2.2 กลุ่มที่พบนิวและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (CO)

ในวันที่ 1, 14 และ 28 มีค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ SD) ของค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนี้ 1.011 ± 0.003 , 1.010 ± 0.006 และ 1.011 ± 0.002 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง คือ 8.33 ± 0.21 , 8.33 ± 0.21 และ 8.67 ± 0.21 ตามลำดับ นอกจากนี้ ตรวจพบผลบวกต่อเม็ดเลือดขาว ไนไตรท์ โปรตีน และเลือด ในขณะที่ให้ผลตรวจกลูโคสในระดับที่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจยูโรบิลิโนเจนในระดับที่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจคีโตนและบิลิรูบินเท่ากับศูนย์มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำตาลทดสอบปัสสาวะของกลุ่มที่พบนิวและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (CO)

Parameter (unit)	Normal values	Day 1	Day 14	Day 28
Specificity	1.003-1.014 (1.008)*	1.010 ± 0.003 (6)	1.011 ± 0.006 (6)	1.011 ± 0.002 (6)
pH	5-8*	8.33 ± 0.21 (6)	8.33 ± 0.21 (6)	8.67 ± 0.21 (6)
Leukocyte (Leu/ μ L)	Negative	pos. (1/9)	pos. (1/9)	pos. (2/7)
Protein (mg/dL)	trace proteinuria*	pos. (0/9)	pos. (1/9)	pos. (0/7)
Blood (Ery/ μ L)	Negative	pos. (2/9)	pos. (2/9)	pos. (2/7)
Nitrite (mg/dL)	Negative	pos. (8/9)	pos. (8/9)	pos. (7/7)
Glucose (mg/dL)	Glucosuria up to 30*	<50	<50	<50
Ketone (mg/dL)	Negative**	0	0	0
Urobilinogen (mg/dL)	0.2-1**	<1	<1	<1
Bilirubin (mg/dL)	Negative**	0	0	0

หมายเหตุ: แสดงค่า mean \pm SD ของค่าความถ่วงจำเพาะ (specificity) และความเป็นกรดต่าง (pH), ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง จำนวนสัตว์ โดยค่าตัวเลขที่เป็นอัตราส่วน หมายถึง จำนวนสัตว์ที่แสดงผลบวกต่อการทดสอบต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมดในกลุ่ม สำหรับค่าเม็ดเลือดขาว (leukocyte), โปรตีน (protein), เลือด (blood) และไนไตรท์ (nitrite), แสดงค่าแปลผลจากการตรวจ สำหรับค่ากลูโคส (glucose), คีโตน (ketone), ยูโรบิลิโนเจน (urobilinogen) และค่าบิลิรูบิน (bilirubin)

* อ้างอิงจาก Gibbons et al. (2013) และ ** อ้างอิงจาก จำนวนกึ่ง (2555)

1.2.3 กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (NA)

ในวันที่ 1, 14 และ 28 มีค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ SD) ของค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนี้ 1.011 ± 0.005 , 1.015 ± 0.004 และ 1.014 ± 0.007 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง คือ 8 ± 0.82 , 8.1 ± 0.9 และ 7.9 ± 0.93 ตามลำดับ นอกจากนี้ ตรวจพบผลบวกต่อเม็ดเลือดขาว ในไตรท์ โปรตีน และเลือด ในขณะที่ให้ผลตรวจกลูโคสในระดับที่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจยูโรบิลิโนเจนในระดับที่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจคีโตนและบิลิรูบินเท่ากับศูนย์มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะของกลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (NA)

Parameter (unit)	Normal values	Day 1	Day 14	Day 28
Specificity	1.003-1.014 (1.008)*	1.011 ± 0.005 (7)	1.015 ± 0.004 (7)	1.014 ± 0.007 (7)
pH	5-8*	8 ± 0.82 (7)	8.1 ± 0.9 (7)	7.9 ± 0.93 (7)
Leukocyte (Leu/ μ L)	Negative	pos. (1/10)	pos. (3/7)	pos. (2/8)
Protein (mg/dL)	trace proteinuria*	pos. (1/10)	pos. (1/7)	pos. (1/8)
Blood (Ery/ μ L)	Negative	pos. (2/10)	pos. (2/7)	pos. (4/8)
Nitrite (mg/dL)	Negative	pos. (1/10)	pos. (6/7)	pos. (5/8)
Glucose (mg/dL)	Glucosuria up to 30*	<50	<50	<50
Ketone (mg/dL)	Negative**	0	0	0
Urobilinogen (mg/dL)	0.2-1**	<1	<1	<1
Bilirubin (mg/dL)	Negative**	0	0	0

หมายเหตุ: แสดงค่า mean \pm SD ของค่าความถ่วงจำเพาะ (specificity) และความเป็นกรดต่าง (pH), ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง จำนวนสัตว์ โดยค่าตัวเลขที่เป็นอัตราส่วน หมายถึง จำนวนสัตว์ที่แสดงผลบวกต่อการทดสอบต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมดในกลุ่ม สำหรับค่าเม็ดเลือดขาว (leukocyte), โปรตีน (protein), เลือด (blood) และไนไตรท์ (nitrite), แสดงค่าแปลผลจากการตรวจ สำหรับค่ากลูโคส (glucose), คีโตน (ketone), ยูโรบิลิโนเจน (urobilinogen) และค่าบิลิรูบิน (bilirubin)

* อ้างอิงจาก Gibbons et al. (2013) และ ** อ้างอิงจาก จำนวนกึ่ง (2555)

1.2.4 กลุ่มที่ไม่พบนิวและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (NO)

ในวันที่ 1, 14 และ 28 มีค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ SD) ของค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนี้ 1.012 ± 0.004 , 1.011 ± 0.003 และ 1.011 ± 0.003 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง คือ 8 ± 0.67 , 7.9 ± 0.57 และ 8.3 ± 0.82 ตามลำดับ นอกจากนี้ตรวจพบผลบวกต่อเม็ดเลือดขาว ไนโตรที่ โปรตีน และเลือด ในขณะที่ให้ผลตรวจกลูโคสในระดับที่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจยูโรบิลิโนเจนในระดับที่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผลตรวจคีโตนและบิลิรูบินเท่ากับศูนย์มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ผลตรวจทางเคมีโดยใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะของกลุ่มที่ไม่พบนิวและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (NO)

Parameter (unit)	Normal values	Day 1	Day 14	Day 28
Specificity	1.003-1.014 (1.008)*	1.012 ± 0.004 (10)	1.011 ± 0.003 (10)	1.011 ± 0.003 (10)
pH	5-8*	8 ± 0.67 (10)	7.9 ± 0.57 (10)	8.3 ± 0.82 (10)
Leukocyte (Leu/ μ L)	Negative	pos. (0/10)	pos. (3/10)	pos. (4/10)
Protein (mg/dL)	trace proteinuria*	pos. (0/10)	pos. (0/10)	pos. (1/10)
Blood (Ery/ μ L)	Negative	pos. (1/10)	pos. (1/10)	pos. (2/10)
Nitrite (mg/dL)	Negative	pos. (4/10)	pos. (6/10)	pos. (5/10)
Glucose (mg/dL)	Glucosuria up to 30*	<50	<50	<50
Ketone (mg/dL)	Negative**	0	0	0
Urobilinogen (mg/dL)	0.2-1**	<1	<1	<1
Bilirubin (mg/dL)	Negative**	0	0	0

หมายเหตุ: แสดงค่า mean \pm SD ของค่าความถ่วงจำเพาะ (specificity) และความเป็นกรดต่าง (pH), ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง จำนวนสัตว์ โดยค่าตัวเลขที่เป็นอัตราส่วน หมายถึง จำนวนสัตว์ที่แสดงผลบวกต่อการทดสอบต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมดในกลุ่ม สำหรับค่าเม็ดเลือดขาว (leukocyte), โปรตีน (protein), เลือด (blood) และไนโตรที่ (nitrite), แสดงค่าแปลผลจากการตรวจ สำหรับค่ากลูโคส (glucose), คีโตน (ketone), ยูโรบิลิโนเจน (urobilinogen) และค่าบิลิรูบิน (bilirubin)

* อ้างอิงจาก Gibbons et al. (2013) และ ** อ้างอิงจาก จำนวนก (2555)

1.3 การตรวจค่าเคมีในเลือดและปัสสาวะ

1.3.1 การตรวจค่าเคมีในเลือด (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8)

ตารางที่ 4.11 ผลตรวจและผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเคมีในเลือด (พลาสมา)

พารามิเตอร์	วัน	กลุ่ม CA (n = 6)	กลุ่ม CO (n = 6)	กลุ่ม NA (n = 6)	กลุ่ม NO (n = 6)
Urea Nitrogen (mg/dL)	1	19.30±4.67	26.48±5.48 ^a	20.05±3.46	20.28±2.93
	14	38.43±8.99 ^(A)	22.95±3.17 ^a	31.70±13.12	14.77±2.14 ^(B)
	28	82.50±36.21	10.87±2.33 ^b	36.90±23.38	11.98±3.15
Creatinine (mg/dL)	1	0.07±0.02	0.05±0.02	0.08±0.02	0.05±0.02
	14	0.07±0.02	0.05±0.02	0.05±0.03	0.03±0.02
	28	0.07±0.02	0.05±0.02	0.05±0.03	0.03±0.02
Uric Acid (mg/dL)	1	4.40±0.44 ^a	4.77±0.48	3.63±0.66 ^a	3.48±0.31
	14	0.33±0.16 ^{b(B,C)}	3.58±0.39 ^(A)	0.10±0.03 ^{b(B)}	3.12±0.61 ^(A,C)
	28	3.23±0.74 ^a	3.67±0.41	2.33±0.62 ^{a,b}	2.87±0.41
Sodium (mEq/L)	1	129.22±2.01 ^a	130.38±1.82 ^a	130.25±1.66 ^a	133.60±1.06 ^{a,b}
	14	132.73±2.12 ^{a,b}	127.63±2.24 ^a	127.00±1.38 ^a	128.57±1.53 ^a
	28	135.57±1.95 ^b	135.30±2.47 ^b	138.50±1.97 ^b	137.52±1.90 ^b
Potassium (mEq/L)	1	8.33±0.82	9.49±1.48 ^a	8.23±0.64 ^{a,b}	12.54±1.25 ^a
	14	7.21±1.67	4.02±0.12 ^b	3.49±0.14 ^a	3.73±0.22 ^b
	28	8.64±0.60	9.17±0.76 ^a	12.46±3.01 ^b	10.31±0.86 ^a

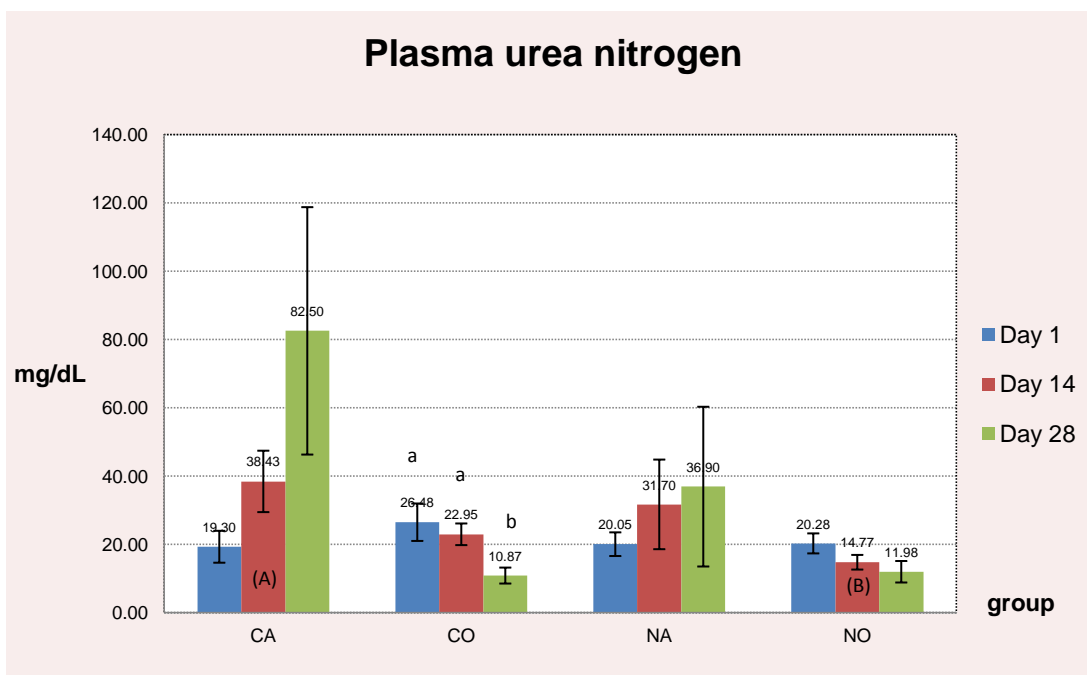
หมายเหตุ: แสดงค่า mean±SEM ของค่าเคมีในพลาสมา ได้แก่ ค่ายูเรียไนโตรเจน (urea nitrogen), ครีเอทีนีน (creatinine), กรดยูริก (uric acid), โซเดียม (sodium) และโพแทสเซียม (potassium) ของ 4 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่พบนิ้วและได้อัลโลพูรินอล (CA), กลุ่มที่พบนิ้วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว (CO), กลุ่มที่ไม่พบนิ้วและได้อัลโลพูรินอล (NA), กลุ่มที่ไม่พบนิ้วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว (NO), n หมายถึง จำนวนสัตว์, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง (แถบสีฟ้า) แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$

1.3.2 การตรวจค่าเคมีในปัสสาวะ (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13)

ตารางที่ 4.12 ผลตรวจและผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเคมีในปัสสาวะ

พารามิเตอร์	วัน	กลุ่ม CA (n = 4)	กลุ่ม CO (n = 7)	กลุ่ม NA (n = 8)	กลุ่ม NO (n = 9)
Urea Nitrogen (mg/dL)	1	54.78±12.33	70.11±10.14	79.25±10.84	68.01±6.96
	14	161.48±55.27	65.17±15.14	126.55±30.91	64.56±20.24
	28	53.38±24.83	70.91±22.01	398.79±279.76	74.32±20.32
Creatinine (mg/dL)	1	0.03±0.03	0.04±0.03	0.01±0.01	0.02±0.01
	14	0.20±0.17	0.01±0.01	0.10±0.04	0.06±0.03
	28	0.20±0.17	0.01±0.01	0.10±0.04	0.06±0.03
Uric Acid (mg/dL)	1	184.75±48.15 ^a	147.00±28.62	259.38±34.69 ^a	251.22±33.14
	14	45.50±8.27 ^{b(A)}	121.43±15.42 ^(B)	42.63±13.03 ^{b(A,C)}	218.44±20.41 ^(D)
	28	114.75±35.23 ^{a,b}	163.57±31.55	163.50±51.17 ^{a,b}	268.33±55.03
Sodium (mEq/L)	1	66.85±8.40 ^a	71.99±2.92 ^a	71.09±4.80 ^a	71.11±4.47 ^a
	14	70.30±7.71 ^a	69.64±4.22 ^a	73.29±5.08 ^a	67.60±4.37 ^a
	28	96.18±15.01 ^b	95.97±2.33 ^b	97.46±5.07 ^b	92.82±3.16 ^b
Potassium (mEq/L)	1	54.37±10.84	61.68±6.42	60.15±5.54	51.20±8.22
	14	64.42±16.56	70.03±13.86	59.02±10.40	73.04±7.36
	28	55.06±10.38	66.75±6.25	62.76±4.94	60.12±3.70

หมายเหตุ: แสดงค่า mean±SEM ของค่าเคมีในปัสสาวะ ได้แก่ ค่ายูเรียไนโตรเจน (urea nitrogen), ครีเอทีนีน (creatinine), กรดยูริก (uric acid), โซเดียม (sodium) และโพแทสเซียม (potassium) ของ 4 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล (CA), กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว (CO), กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล (NA), กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว (NO), n หมายถึง จำนวนสัตว์, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง (แถบสีฟ้า) แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ายูเรียไนโตรเจนในพลาสมา (plasma urea nitrogen)

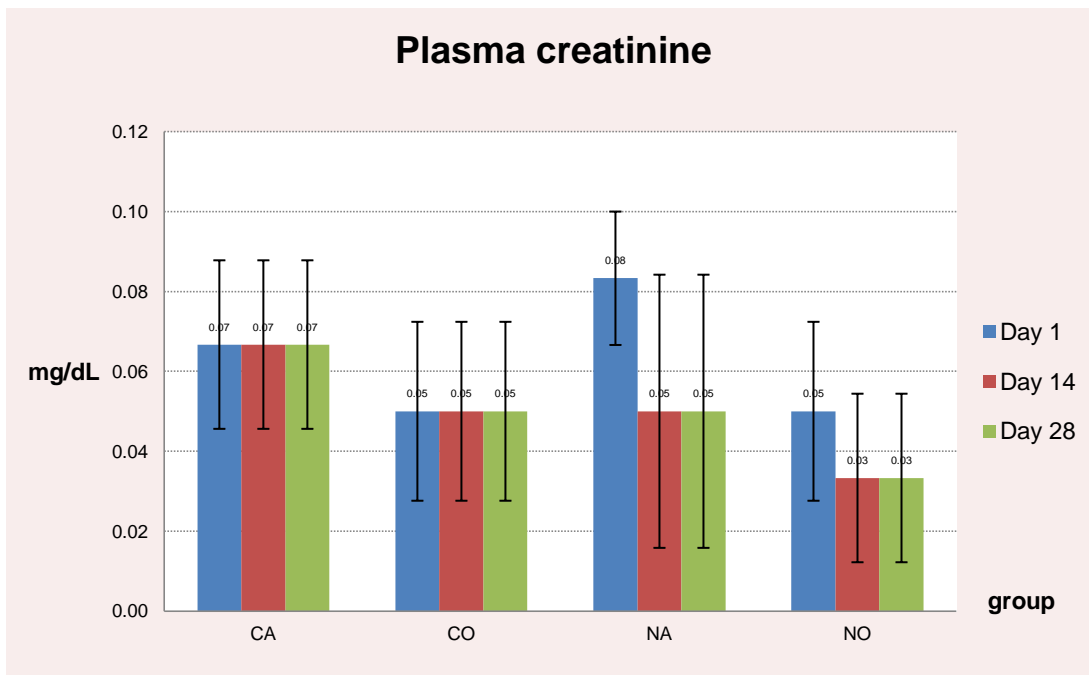
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลฟูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลฟูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลฟูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าครีเอทีนินในพลาสมา (plasma creatinine)

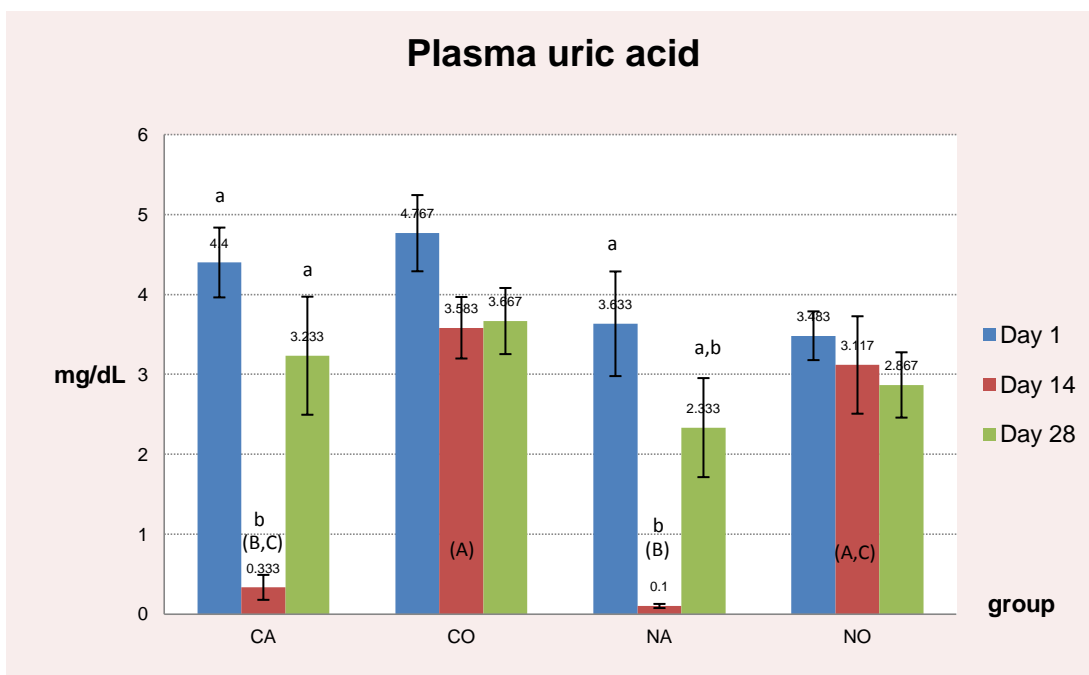
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในพลาสมา (plasma uric acid)

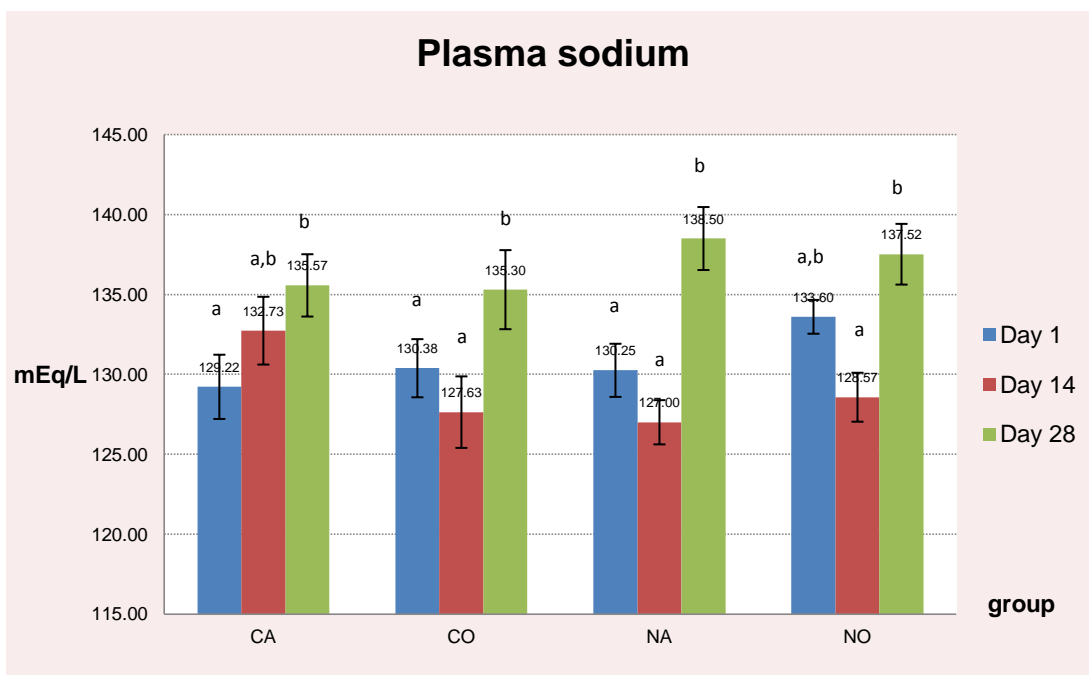
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกัน ใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโซเดียมในพลาสมา (plasma sodium)

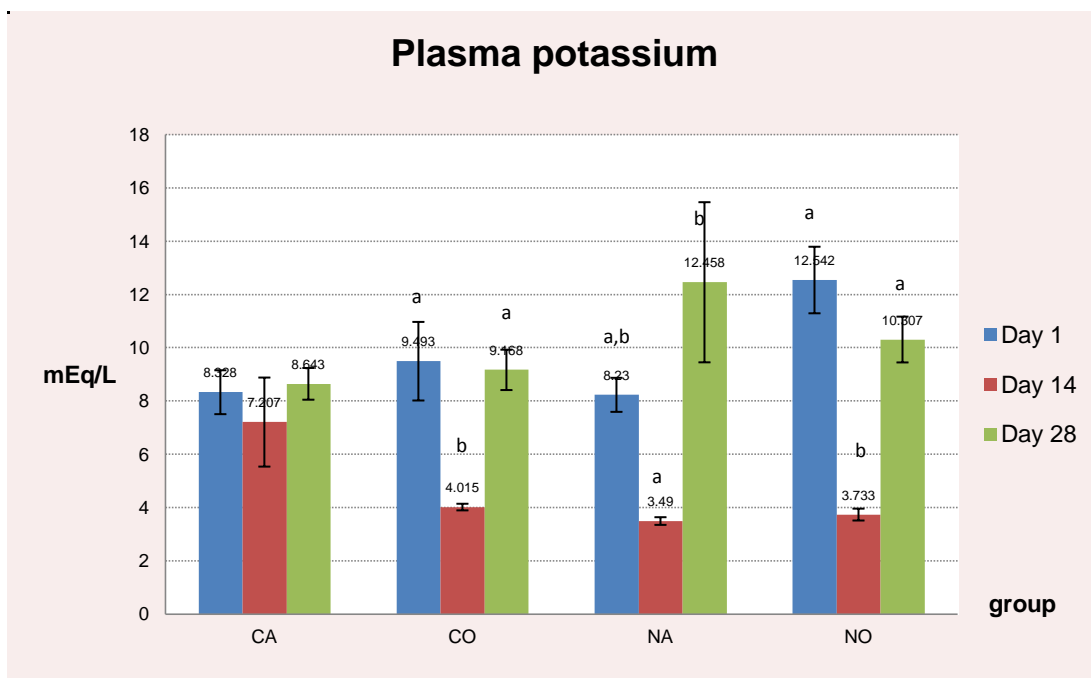
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลฟูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกัน ใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลฟูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลฟูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโพแทสเซียมในพลาสมา (plasma potassium)

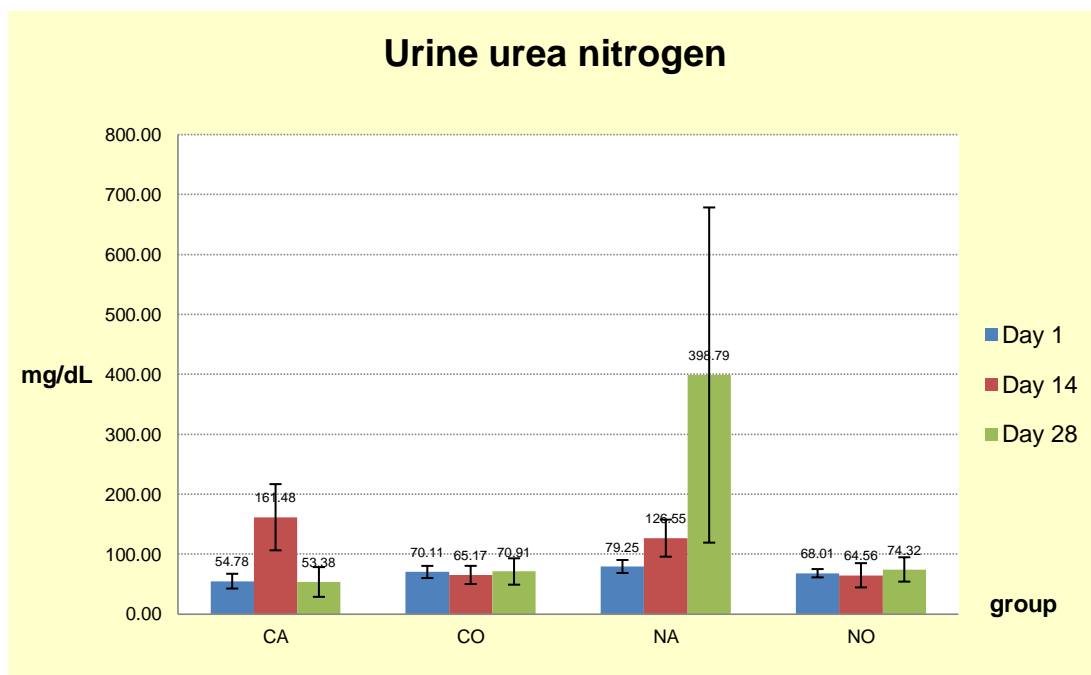
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกัน ใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ายูเรียไนโตรเจนในปัสสาวะ (urine urea nitrogen)

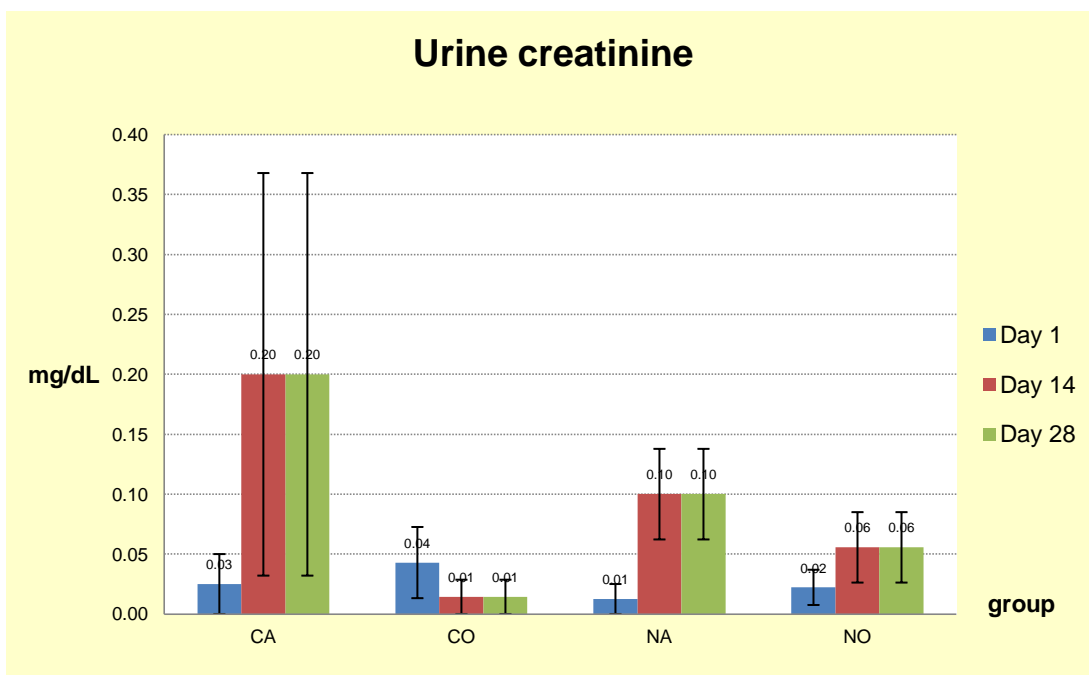
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกัน ใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าครีเอทีนีนในปัสสาวะ (urine creatinine)

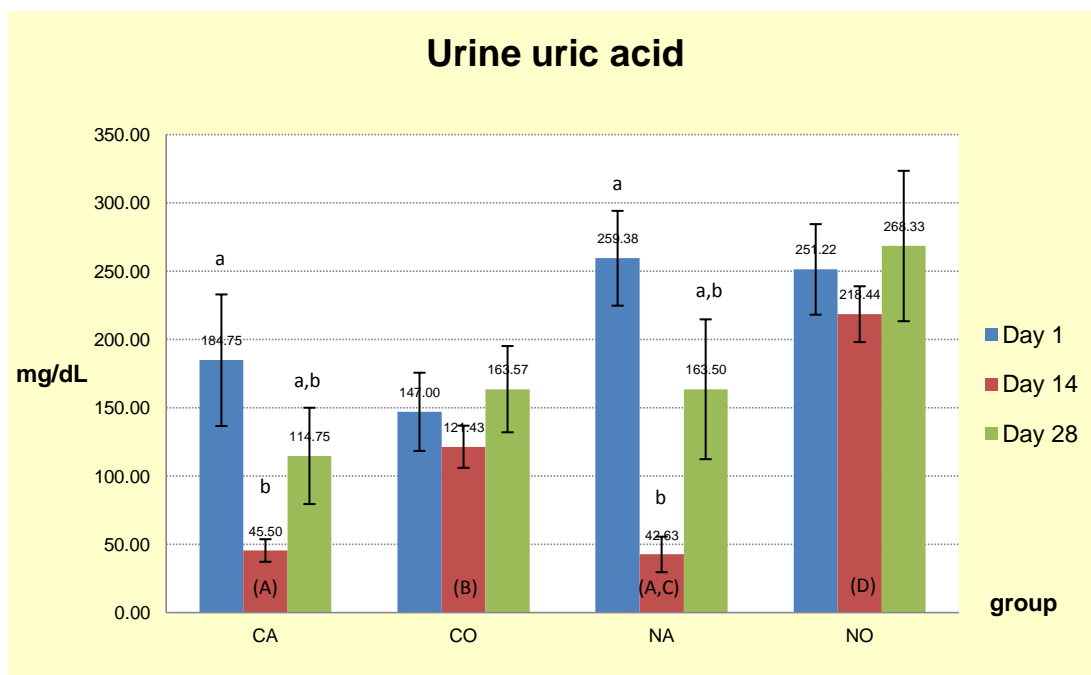
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในปัสสาวะ (urine uric acid)

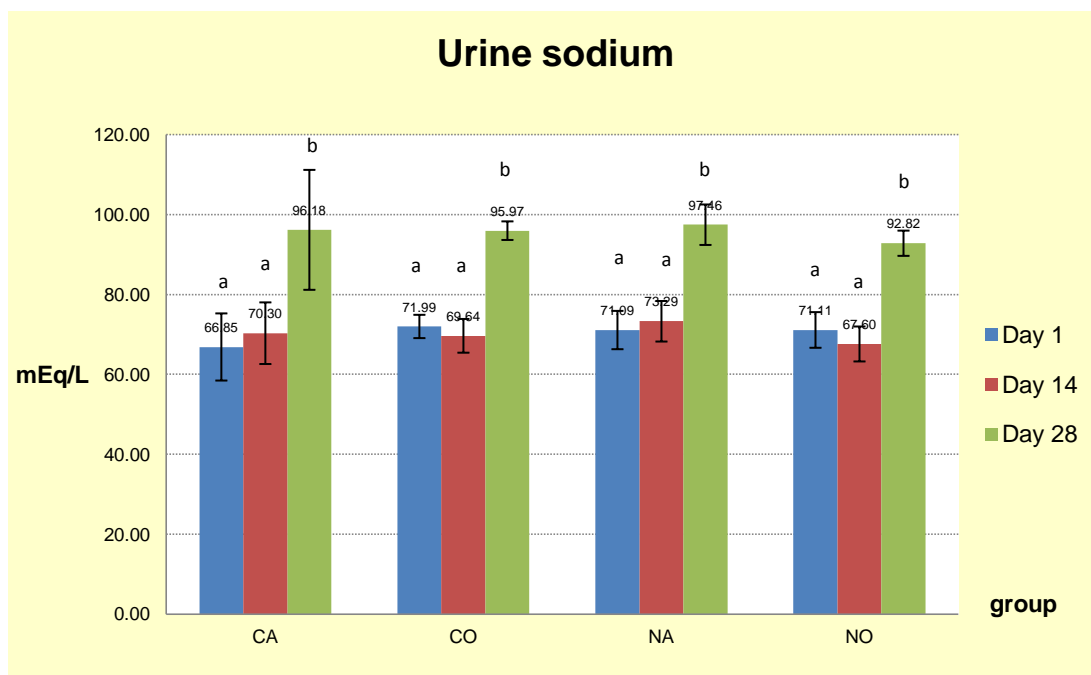
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโซเดียมในปัสสาวะ (urine sodium)

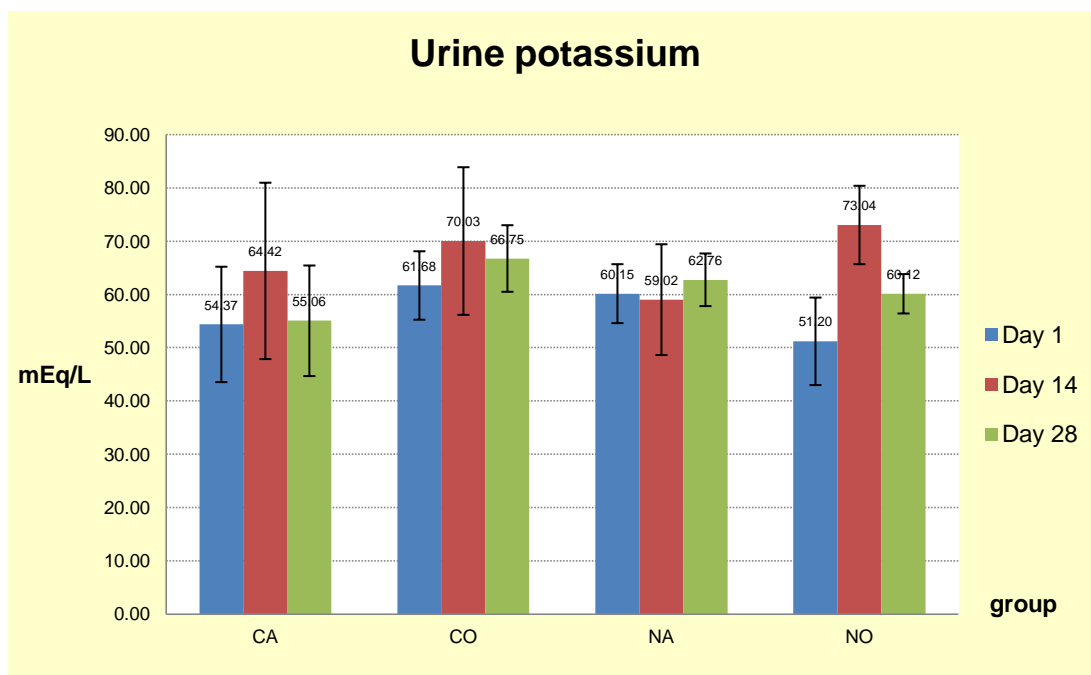
ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่าโพแทสเซียมในปัสสาวะ (urine potassium)

ในวันที่ 1, 14 และ 28 ของการทดลอง, มีการให้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวในวันที่ 2 ของการทดลองและหยุดการให้สารทั้ง 2 ชนิดในวันที่ 19 ของการทดลอง (ตามรายละเอียดในหน้า 42), ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์เล็ก) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และกลุ่มเดียวกัน ในวันที่ 1, 14 และ 28 และตัวอักษรภาษาอังกฤษ (ตัวพิมพ์ใหญ่ในวงเล็บ) ที่ต่างกันในพารามิเตอร์และวันที่เดียวกันใน 4 กลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ โดยที่

CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ้วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ้วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ้วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ้วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

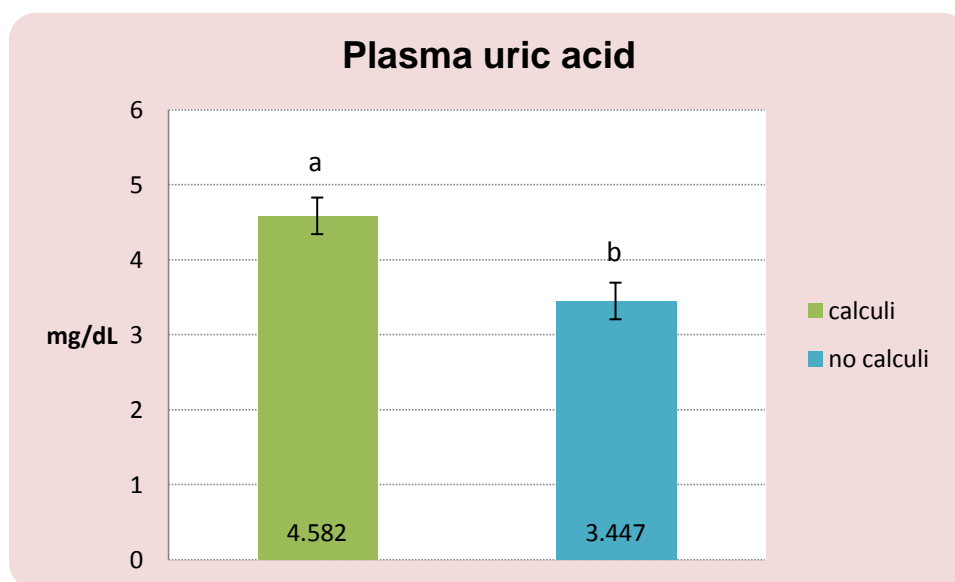
1.3.3 ค่ากรดยูริกในกลุ่มที่พบนิ้วและกลุ่มที่ไม่พบนิ้ว

จากการตรวจค่ากรดยูริกในพลาสมาและปัสสาวะ ในวันที่ 1 ของการทดลอง พบว่ากรดยูริกในพลาสมาในกลุ่มที่พบนิ้ว คือ 4.58 ± 0.24 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนในกลุ่มที่ไม่พบนิ้ว คือ 3.45 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และกรดยูริกในปัสสาวะในกลุ่มที่พบนิ้วคือ 140.35 ± 21.94 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนในกลุ่มที่ไม่พบนิ้ว คือ 252.68 ± 21.57 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.14 และ รูปที่ 4.15)

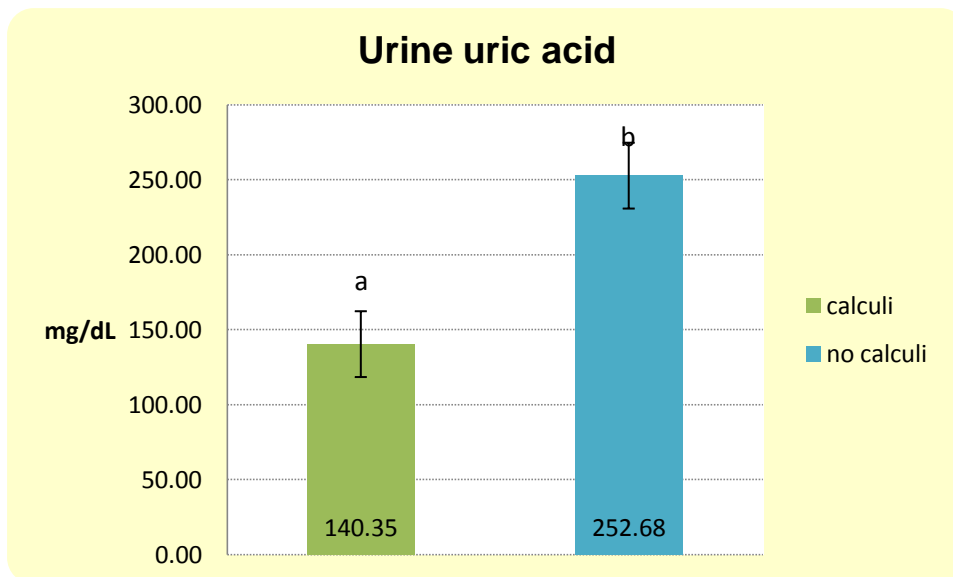
ตารางที่ 4.13 ผลตรวจและผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่ากรดยูริกในพลาสมาและในปัสสาวะของกลุ่มที่พบนิ่วและกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว

พารามิเตอร์	วันที่	พลาสมา (n=17)		ปัสสาวะ (n=19)	
		กลุ่มที่พบนิ่ว	กลุ่มที่ไม่พบนิ่ว	กลุ่มที่พบนิ่ว	กลุ่มที่ไม่พบนิ่ว
กรดยูริก	1	4.58±0.24 ^a	3.45±0.25 ^b	140.35±21.94 ^a	252.68±21.57 ^b

หมายเหตุ: แสดงค่า mean±SEM ของค่ากรดยูริก (uric acid) ในตัวอย่างพลาสมาและปัสสาวะ (หน่วย มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร หรือ mg/dL) ในกลุ่มที่พบนิ่วและกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว ในวันที่ 1 ของการทดลอง ซึ่งยังไม่ได้รับสารโคโค ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในตัวอย่งพลาสมา หรือ ในตัวอย่างปัสสาวะ แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในพลาสมา (plasma uric acid) ในกลุ่มที่พบนิ่ว (calculi) และกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว (no calculi) ในวันที่ 1 ของการทดลอง ซึ่งยังไม่ได้รับสารโคโค โดยที่ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่า mean± SEM ของค่ากรดยูริกในปัสสาวะ (urine uric acid) ในกลุ่มที่พบนิ่ว (calculi) และกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว (no calculi) ในวันที่ 1 ของการทดลอง ซึ่งยังไม่ได้รับสารใดใด โดยที่ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p < 0.05$

2.4. การคำนวณสัดส่วนการขับทิ้งของสารทางปัสสาวะผ่านท่อไตทั้งหมด (FE)

ไม่สามารถคำนวณค่าได้ เนื่องจากผลการตรวจค่าครีเอตินินในพลาสมาและปัสสาวะของสัตว์ทดลองส่วนใหญ่ ในแต่ละกลุ่มมีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าในระดับต่ำ

3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.4. ก่อนทำการทดลอง

ผลตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่าน้ำมีองค์ประกอบเป็นชนิดโซเดียมไฮโดรเจนยูเรต (sodium hydrogen urate) จำนวน 2 ตัวอย่าง และแอมโมเนียมไฮโดรเจนยูเรต (ammonium hydrogen urate) จำนวน 2 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างนิ่ว ณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชนิดของสารที่ตรวจพบ	จำนวนตัวอย่างที่พบต่อจำนวนรวมทั้งหมดที่ส่งตรวจ
sodium hydrogen urate	2/4
ammonium hydrogen urate	2/4

2.2 ในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

ผลตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างนิ่ว ณ Minnesota Urolith Center ที่ University of Minnesota รัฐมินนิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 23 ตัวอย่าง พบว่าเป็นนิ่วชนิดที่มีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ (organic compounds) โดยมีรายละเอียดดังนี้ เป็นนิ่ว (stone) ชนิดโซเดียมยูเรต (sodium urate) 4 ตัวอย่าง, เป็นนิ่วชนิดเกลือของกรดยูริก (salt of uric ammonium urate) 16 ตัวอย่าง เป็นนิ่วชนิดแอมโมเนียมยูเรต (ammonium urate) ที่มีเปลือก (shell) เป็นโซเดียมยูเรต 1 ตัวอย่าง และเป็นนิ่วชนิดเกลือของกรดยูริกและพบว่าที่ผิวด้านนอก (surface) เป็นกรดยูริก จำนวน 1 ตัวอย่าง และเป็นนิ่วชนิดแซนทีน (xanthine) 1 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างนิ่ว ณ Minnesota Urolith Center

ชนิดของสารที่ตรวจพบและชนิด	ปริมาณ (ร้อยละ)	กลุ่มทดลอง				รวม
		CA	CO	NA	NO	
sodium urate (stone)	100	2	1	1		4
salt(s) of uric acid (stone)	100	3	5	4	4	16
ammonium urate (stone) /sodium urate (shell)	100		1			1
salt(s) of uric acid (stone)	100			1		1
xanthine (stone)/ uric acid (surface)	100			1		1
รวม		5	7	7	4	23

หมายเหตุ: CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

4. การชันสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

พบสัตว์ทดลองกลุ่ม CA ตายจำนวน 3 ตัว กลุ่ม CO ตายจำนวน 2 และกลุ่ม NA ตายจำนวน 2 ตัวในช่วงระยะเวลาการทดลอง ในขณะที่ในกลุ่ม NO ไม่พบการตายในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง (ตารางที่ 4.16) โดยมีผลทางมหพยาธิวิทยาวิญฉัย คือ moderate to severe generalized visceral congestion, gas-filled in gastrointestinal tract, fatty liver and yellowish kidneys with urinary calculi ส่วนผลทางจุลพยาธิวิทยาวิญฉัย คือ generalized visceral inflammation with reactive endothelium which occasionally contained intranuclear inclusions

ตารางที่ 4.16 จำนวนสัตว์ที่ตายในช่วงที่ทำการทดลอง

กลุ่ม	จำนวนสัตว์ที่ตาย/จำนวนรวม (ตัว)	จำนวนสัตว์ที่ตาย (ร้อยละ)
CA	3/9	33.33
CO	2/9	22.22
NA	2/10	20
NO	0/10	0

หมายเหตุ: CA หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

CO หมายถึง กลุ่มที่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

NA หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้อัลโลพูรินอล

NO หมายถึง กลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้สารสกัดหญ้าหนวดแมว

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย บทสรุป และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

1. การถ่ายภาพรังสี การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาดและการชั่งน้ำหนักสัตว์

1.1 การถ่ายภาพรังสี

1.1.1 การวินิจฉัย

จากผลการวินิจฉัยนี้ในกระเพาะปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย โดยการตรวจทางรังสีวินิจฉัย หรือการถ่ายภาพรังสีที่ไม่ใช้เทคนิคพิเศษเพิ่มเติมในการวินิจฉัย (plain film) พบว่าสามารถใช้ในการตรวจคัดกรองเพื่อรายงานว่าพบหรือไม่พบนิ่วได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Wright (2008^a) ที่กล่าวว่าสามารถใช้การถ่ายภาพรังสีท่า dorsoventral (DV) และ horizontal lateral (LAT) ในประเมินขนาดและรูปร่างของนิ่ว รวมถึงภาวะแทรกซ้อนอื่นๆที่สามารถตรวจสอบได้ Mader (2006) กล่าวว่า การถ่ายภาพรังสีจัดเป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard) ในการวินิจฉัยนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ถึงแม้ว่านิ่วที่พบได้มากในสัตว์เลี้ยงคลานจะเป็นนิ่วชนิดยูเรต (urate stone) ซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งรังสี (radiolucent) แต่นิ่วที่พบได้ก็มักจะเป็นชนิดโพแทสเซียมหรือแคลเซียมยูเรต (potassium stone หรือ calcium urate stone) ซึ่งมีคุณสมบัติทึบรังสี (radiopaque) คุณสมบัติของภาพถ่ายรังสีที่พบนั้น จึงขึ้นกับชนิดของแร่ธาตุที่พบด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hernandez-Divers and Innis (2006) ที่กล่าวว่าลักษณะทึบแสงจากภาพถ่ายรังสีนั้น ขึ้นกับการสะสมของแร่ธาตุ (mineralization) เมื่อมีการสะสมแร่ธาตุมากขึ้นก็ส่งผลให้สามารถเห็นนิ่วดังกล่าวได้ชัดเจนมากขึ้นเป็นลำดับ

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบว่า การวินิจฉัยด้วยภาพถ่ายรังสีดังกล่าวมีโอกาสที่ทำให้เกิดการวินิจฉัยผิดพลาดได้เช่นกัน เช่น ในกรณีที่สัตว์มีนิ่วที่มีคุณสมบัติโปร่งรังสี หรือกรณีที่สัตว์มีนิ่วชนิดทึบรังสีขนาดเล็ก หรือกรณีที่การสะสมของแร่ธาตุที่มีคุณสมบัติทึบแสงในปริมาณต่ำ และอยู่ในบริเวณที่ทำให้มองเห็นได้ยาก (blind area) เป็นต้น ดังนั้นการวินิจฉัยนี้ในเต่าบก จึงควรพิจารณาและคำนึงถึงปัจจัยเรื่องการสะสมของแร่ธาตุและองค์ประกอบของนิ่วที่พบได้บ่อยในเต่าชนิดที่ต้องการศึกษาด้วย ดังนั้นข้อจำกัดเรื่องการตรวจพบและไม่พบนิ่ว รวมถึงจำนวนก้อนนิ่วจากภาพถ่ายรังสี จึงมีผลต่อการประเมินผล การใช้อัลตราซาวด์และสารสกัดจากหญ้าหนวดแมว ก่อนและหลังจากการทดลองนี้

นอกจากการถ่ายภาพรังสีแล้ว การวินิจฉัยนี้วในกระเพาะปัสสาวะสามารถใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราซาวด์ (ultrasonography; US) (Hesse and Neiger, 2009) หรือเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography; CT) แบบ non-contrast helical (Becker, 2007) หรือแบบ single-source dual energy (Kulkarni et al., 2013) โดย US อาศัยหลักการของคลื่นเสียงความถี่สูงกว่า 20,000 รอบต่อวินาที ในขณะที่ CT อาศัยหลักการการสร้างภาพ 3 มิติ มณฑิรา (2545) กล่าวว่า นิ้วที่เห็นจาก CT จะมีความเข้มเหมือนกระดูกทั้งนิ้วที่รังสีและนิ้วโปรงรังสี ส่วนแนวทางการสืบค้นและวินิจฉัยนี้วในกระเพาะปัสสาวะในคน มีการตรวจทางรังสีโดยใช้ plain KUB (Kidney-Ureter-Bladder) และ US หรือการส่องกล้องเข้าไปในกระเพาะปัสสาวะผ่านทางท่อปัสสาวะ (cystoscopy)

1.1.2 ท่าในการวินิจฉัย (positioning)

เนื่องจากการตรวจพบนิ้วชนิดที่บั้งสีในท่า dorsoventral (DV) นั้นสามารถเกิดกรณีการตรวจไม่พบนิ้วในท่า horizontal lateral (LAT) ได้ ดังนั้นการถ่ายภาพรังสีอย่างน้อย 2 ท่า จึงเป็นสิ่งที่จะต้องทำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อประโยชน์ในการวินิจฉัยปัญหานี้วในกระเพาะปัสสาวะในเต่า นอกจากนี้ยังพบว่า ในกรณีที่ลำไส้ที่มีอาหารหรืออุจจาระอยู่มากจะมีผลต่อการแปลผลภาพถ่ายรังสี โดยเฉพาะในสัตว์ที่มีปัญหานี้วในระยะเริ่มต้น ซึ่งนี้อาจจะมีขนาดเล็กหรือมีการสะสมของแร่ธาตุในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของปราณีและคณะ (2553) ที่กล่าวว่ารูปร่างเป็นรูปลักษณะ 2 มิติ จึงจำเป็นต้องถ่ายภาพอย่างน้อย 2 ในทิศทางที่ตั้งฉากกัน ในขณะที่ Morgan (1993) กล่าวว่า ในเต่า ควรจะถ่ายภาพรังสี 3 ท่า ได้แก่ ท่า dorsoventral ท่า lateral และท่า craniocaudal เพื่อประโยชน์ในการแปลผล นอกจากนั้น ยังพบว่าในสัตว์บางตัวสามารถตรวจพบนิ้วได้ตั้งแต่ 1 ก้อนขึ้นไป ผู้วิจัยพบว่าในท่า DV สามารถเห็นจำนวนก้อนได้ชัดเจนมากกว่าท่า LAT เนื่องจากในกรณีที่สัตว์มีนิ้วมากกว่า 1 ก้อน อาจจะมีการซ้อนทับ และทำให้ไม่สามารถวัดขนาดนิ้วทุกก้อนได้

1.1.3 การใช้โปรแกรม Synapse PD-s viewer software (Fiji Medical., Ltd)

การประเมินก้อนนี้ว ด้วยการใช้ฟังก์ชันการปรับความชัดและการวัดขนาดส่วนที่กว้างที่สุดของนิ้วโดยการใช้โปรแกรม Synapse PD-s viewer software สามารถช่วยปรับความชัดได้ในกรณีที่นิ้วมีลักษณะรังสีต่ำและวัดขนาดของนิ้วได้ จึงเป็นข้อแตกต่างที่เด่นชัดระหว่างการถ่ายภาพรังสีแบบใช้แผ่นภาพรังสีที่ต้องล้างด้วยมือในห้องมืด และแบบระบบเชิงเลข (computed radiographic machine) ที่มีเครื่องอ่านและแสดงผล ซึ่งสามารถปรับรายละเอียดของภาพ ดังนั้น การประเมินนี้วในเต่าในระยะที่มีการสะสมของแร่ธาตุในระดับต่ำ หรือนิ้วที่มีขนาดเล็ก

ด้วยภาพถ่ายรังสีชนิดฟิล์ม มีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การอ่านผลภาพรังสีวินิจฉัย สามารถรายงานผลได้ในลักษณะการพบหรือไม่พบนิวเคลียสที่รังสีเท่านั้น ดังนั้น สัตวแพทย์ผู้เกี่ยวข้องจึงควรพิจารณาการถ่ายภาพรังสีซ้ำในช่วงเวลาถัดมา เช่น 3 ถึง 6 เดือน หรือในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อประเมินปัญหานิวในระบบทางเดินปัสสาวะในเต่า ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยทางคลินิก

1.1.4 การวัดขนาดนิ้ว

ใช้การวัดส่วนที่กว้างที่สุดของก้นนิ้ว (widest part) ในแต่ละท่าของการถ่ายภาพรังสี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดของนิ้วก่อนและหลังทำการทดลอง อย่างไรก็ตาม การวัดขนาดนิ้วในกระเพาะปัสสาวะจากภาพถ่ายรังสีทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจาก นิ้วสามารถเคลื่อนที่ไปมาในปัสสาวะได้ ทำให้การประเมินผลได้ไม่แน่นอน และในกรณีที่สัตว์มีนิ้วมากกว่า 1 ก้อนขึ้นไป การวัดขนาดนิ้วในท่า DV จะทำได้ดีกว่าการวัดขนาดนิ้วในท่า LAT อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของขนาดนิ้วในกลุ่มที่ตรวจพบนิ้วที่ได้รับอัลโลพูรินอล หรือในกลุ่มที่ตรวจพบนิ้วที่ได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว Nedler et al. (2004) พบว่า การประเมินขนาดนิ้วของระบบทางเดินปัสสาวะ โดยใช้เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการวัดความยาวส่วนหัวส่วนท้าย (greatest coronal dimension; craniocaudal length) เป็นวิธีที่ดีกว่าการวัดส่วนที่กว้างที่สุดและส่วนที่ยาวที่สุด (greatest axial dimension; width and length) และ Lidén et al. (2011) พบว่าการใช้โปรแกรมการสร้างภาพและวัดขนาดก้นนิ้ว (CT-based computer-assisted segmentation algorithm) สามารถใช้ประเมินขนาดของนิ้วได้ถูกต้องแม่นยำ

1.1.5 ข้อสังเกต

ผู้วิจัยพบว่า สัตว์ที่มีปัญหานิ้วที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่พบการแสดงอาการที่สำคัญทางคลินิก (specific signs) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ Mader (2006) ที่กล่าวว่า อัตราส่วนของการวินิจฉัยนิ้วในกระเพาะปัสสาวะในเต่า California Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) มากถึงร้อยละ 92 มาจากการการตรวจร่างกายประจำปี ในขณะที่มีเพียงร้อยละ 8 เท่านั้น ที่แสดงอาการต่างๆ ทางคลินิก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบปัญหาเรื่องนิ้วทุกครั้ง โดย Kwantes (1992) กล่าวว่าปัญหานิ้วในระบบทางเดินปัสสาวะควรจะเป็นหนึ่งในการวินิจฉัยแยกโรค (differential diagnosis) เช่น ในอิกัวนาที่แสดงอาการเบื่ออาหารหรืออ่อนแรง เชื่องซึม (lethargy) ผู้วิจัยจึงขอเสนอความคิดเห็น ให้มีการจัดโปรแกรมการตรวจร่างกายโดยสัตวแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งมีความสำคัญและมีประโยชน์ในแง่ของเวชศาสตร์ป้องกัน (prophylaxis) หรือการให้การรักษาเต่าที่มีปัญหานิ้วได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 การจัดแบ่งกลุ่มสัตว์ การวัดขนาด และการชั่งน้ำหนัก

พบความสัมพันธ์ในเรื่องของการวัดขนาดความยาวของกระดองส่วนบนในแนวเส้นตรง (straight carapace length; SCL) น้ำหนัก และการพบนิวชนิดที่บรังสี กล่าวคือ สัตว์ทดลองที่ตรวจพบนิว มีขนาด SCL และน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มที่ตรวจไม่พบนิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น การวัด SCL และชั่งน้ำหนักสัตว์สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษา เนื่องจากไม่ทราบอายุของสัตว์ที่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aworer and Ramchurn (2003) ซึ่งพบว่าข้อมูล SCL และความยาวของกระดองบนในแนวโค้ง หรือ CCL (curve carapace length) สามารถในการประเมินน้ำหนักในเต่าอัลดาบรา (*Aldabra giant tortoise: Dipsoschelys dussumieri*) ได้ นอกจากนี้ McArthur (1996^b) ได้กล่าวว่า SCL และน้ำหนัก สามารถใช้ในการประเมินสุขภาพสัตว์ได้ Bolten (1999) กล่าวว่าขนาดตัวสัตว์สามารถแสดงอัตราการเจริญเติบโต (growth rates) ซึ่งสามารถบ่งบอกคุณภาพของแหล่งที่อยู่อาศัย (habitat quality) และสภาพของสัตว์ (physiological status) รวมถึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการบ่งบอกโครงสร้างทางประชากร (demographic structure) ได้

ผู้วิจัยพบว่า การวัดขนาด SCL ในเต่า ในหน่วยมิลลิเมตร ด้วยอุปกรณ์การวัดที่เรียกว่า เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Calipers) เป็นวิธีที่สะดวกและง่าย ซึ่งสอดคล้องกับ Wetland Research Management (2013) ที่มีการใช้ Digital Vernier Calipers ในภาคสนาม เพื่อเก็บข้อมูลความยาวกระดองบนในแนวเส้นตรง (straight-line carapace length; CL) และความยาวกระดองกระดองล่าง (plastron length; PL) รวมถึงส่วนที่กว้างที่สุด (maximum width) ในเต่า และ Basumatary and Sharma (2013) ใช้ Dial Vernier Calipers ร่วมกับตลับเมตร (steel tape) ในการวัดความยาวกระดองบนในแนวโค้ง (curved carapace length; CCL) วัดความกว้างกระดองบนในแนวโค้ง (curved carapace width; CCW) วัดความยาวแนวเส้นตรง (straight length, SL) วัด PL และวัดความสูง (height: Ht) ในเต่าน้ำจืด 14 ชนิด

2. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะและเลือด

2.1 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ

2.1.1 สีปัสสาวะ ความขุ่น

สีของตัวอย่างปัสสาวะสามารถใช้ประเมินสภาพของสัตว์ในเบื้องต้นได้ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ ปัสสาวะที่อยู่ในเกณฑ์ปกติได้แก่ ปัสสาวะที่มีลักษณะตั้งแต่ใสไม่มีสีหรือ สีเหลืองใส ส่วนปัสสาวะที่จัดอยู่ในเกณฑ์ผิดปกติ ได้แก่ ปัสสาวะที่มีสีเหลืองขุ่น สีเหลืองปนเขียว สีเหลือง

น้ำตาลใส ในกรณียกเว้น ที่ไม่สามารถประเมินสีได้แน่ชัด ได้แก่ ปัสสาวะที่มียูเรตหรืออุจจาระปน ในปริมาณมาก

Gibbons et al. (2013) ได้กล่าวว่า ในเต่าที่ปกติมีปัสสาวะที่ไม่มีสี จนถึงสีเหลืองอ่อน (colorless to pale yellow) และมียูเรตสีขาว (white urates) ส่วนสีที่ผิดปกติ ได้แก่ สีเหลืองเข้ม เหลืองน้ำตาล เหลืองเขียว (dark yellow, yellow-brown, yellow-green) อย่างไรก็ตาม ชลลดา และคณะ (2544) กล่าวว่า สีของปัสสาวะมักจะแปรตาม หรือไม่แปรตามความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ในปัสสาวะ ซึ่งจังก์ (2555) กล่าวว่า การวัดค่าออสโมลลาลิตี (osmolality) เป็นการวัดค่าที่ใช้ในการวัดจำนวนโมเลกุลของสารในสารละลาย โดยการใช้เครื่องมือพิเศษที่เรียกว่าออสโมมิเตอร์ (osmometer) โดยค่าที่อ่านผลได้ จะเป็นค่าที่ไม่ถูกรบกวนด้วยปริมาณโปรตีนและกลูโคส จึงเป็นค่าที่แม่นยำในการบอกการทำงานของไตในคน Averill-Murray (2002) ได้อ้างถึงการศึกษาใน Desert tortoise (*Gopheruse agassizii*) ว่ามีค่าออสโมลลาลิตี ในพลาสมาและในปัสสาวะ เพิ่มสูงขึ้น ในช่วงที่เต่าออกหากินอาหารในฤดูใบไม้ผลิซึ่งมีปริมาณ โปแทสเซียมที่สูง โดยในช่วงแรกที่มีการดูดซึมน้ำจากกระเพาะปัสสาวะ ค่าออสโมลลาลิตีในพลาสมามีค่าคงที่และเมื่อค่าออสโมลลาลิตีในปัสสาวะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นถึงระดับ 300 มิลลิออสโมล (mOsmol) จะพบว่าค่าออสโมลลาลิตีในพลาสมาและในปัสสาวะจะมีค่าเท่ากัน ชลลดาและคณะ (2544) กล่าวว่าสีเหลืองของปัสสาวะ เกิดจากเม็ดสีคือ ยูโรโครม (urochrome) หรือ ยูโรบิลิน (urobilin) หรือยูโรอิริทริน (uroerythrin) ส่วนสีแดงปนน้ำตาลพบได้ เมื่อมีฮีโมโกลบินในปัสสาวะ (hemoglobinuria) ในขณะที่ปัสสาวะที่มี สีเขียวพบได้ เมื่อมีบิลิรูบิน (bilirubin) มาก และเมื่อตั้งทิ้งไว้จะถูกออกซิไดซ์เป็นสารบิลิเวอดิน (biliverdin) นอกจากนี้ สีในอาหารอาจจะมีผลต่อสีของปัสสาวะได้ Kölle and Hoffmann (2000) ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ปัสสาวะในเต่า 25 ตัว (*Testudo hermanni*, *Testudo graeca* และ *Testudo horsfieldii*) พบว่าเต่าที่มีปัญหาโรคตับ จะมีปัสสาวะสีเหลืองน้ำตาล ถึงสีเหลืองเขียว จาก biliverdin และ bilirubin โดย Highfield (1996) กล่าวว่า สามารถพบปัสสาวะปนสีเขียว (tinged green) ได้ในกรณีที่มีปัญหาจากการติดเชื้อโปรโตซัวชนิด *Hexamita parva* (Hexamitiasis) และ Eatwell (2009) กล่าวว่า ในเต่าบคจะมีการขับของเสียในรูปกรดยูริก โดยพบในรูปของเกลือ ยูเรตในกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งพบว่าไม่มีผลต่อออสโมซิส (osmosis) เป็นแค่เพียงกลไกในการรักษา น้ำของร่างกาย

ปัสสาวะที่มีลักษณะขุ่น (cloudy หรือ turbid urine) อาจจะปกติเนื่องจากมีส่วนประกอบของกรดยูริกหรือยูเรตปน ซึ่งสอดคล้องกับ Minnich (1972) ที่กล่าวว่า สัตว์เลี้ยงคลานส่วนใหญ่ มีการขับของเสียประเภทไนโตรเจนในรูปแบบของกรดยูริกและ

ยูเรตแบบบางส่วนหรือแบบสมบูรณ์ หรืออาจจะมีภาวะผิดปกติ โดยชลดคาและคณะ (2544) กล่าวว่า อาจเกิดจากผลึก (crystal) การเพิ่มขึ้นของเซลล์ เมือก จุลชีพหรือมีนิวขนาดเล็กปน Schmidt –Nielson (1990) กล่าวว่า ปัสสาวะเต่าดาวอินเดียมีปริมาณกรดยูริก เป็นองค์ประกอบ มากถึงร้อยละ 56.1 และ แอมโมเนียร้อยละ 6.2 ยูเรียร้อยละ 8.5 กรดอะมิโนร้อยละ 13.1 และ ส่วนประกอบอื่นๆอีกร้อยละ 12 นอกจากนี้ เต่าบกชนิดอื่นๆที่มีแหล่งที่อยู่อาศัยในบริเวณ ที่แห้งแล้งก็พบแนวโน้มขององค์ประกอบของปัสสาวะในรูปแบบเช่นเดียวกันกับเต่าดาวอินเดีย ในขณะที่เต่าที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่ชื้นแฉะและมีโอกาสลงน้ำได้บ่อยๆ พบว่าองค์ประกอบหลัก ของปัสสาวะเป็นยูเรีย ในขณะที่เต่าที่มีชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ จะพบองค์ประกอบหลักของปัสสาวะ เป็นแอมโมเนีย

2.1.2 ตะกอนปัสสาวะ

ตะกอนปัสสาวะที่พบ ได้แก่ ผลึกใสรูปเข็ม (needle-like crystal) มีลักษณะของ ส่วนหัวและส่วนท้ายทู่ (blunt end) เหมือนกับลักษณะของผลึกเกลือยูเรต นอกจากนี้ยังตรวจพบ เม็ดเลือดขาว เม็ดเลือดแดง แบคทีเรียชนิดกลมและชนิดแท่ง เส้นใยเชื้อเมือก ยูเรต โปรโตซัว ชนิดที่มีซิเลีย (ciliated protozoa) และชนิดที่มีแฟกเจลลา (flagellated protozoa) ศุภราภรณ์ (2548) กล่าวว่า ผลึกเกลือยูเรต (monosodium urate crystal) จะมีลักษณะเป็นรูปเข็มเรียวยาว ขนาด 2 ถึง 20 ไมครอน ในบางครั้ง อาจพบเป็นผลึกรูปแท่งเล็กๆ หัวตัดปลายตัด Mader (2006) กล่าวว่า ผลึกยูเรต เป็นสิ่งที่พบได้เป็นปกติในปัสสาวะของสัตว์เลื้อยคลานเมื่อทำการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จึงไม่ค่อยมีประโยชน์ในแง่ของการวินิจฉัย Kölle and Hoffmann (2000) กล่าวว่า amorphous urate และ ammonium biurates สามารถพบได้ในตัวอย่างปัสสาวะเต่าเกือบทุกตัว ที่ทำการศึกษา โดยพบว่าในเต่าที่มีปัญหาเรื่องโรคไต จะพบผลึกต่างๆได้เช่น calcium oxalate, cholesterol, hippuric acid, leucine, sodium urate, tyrosine, bilirubin, triple phosphates และ uric acid ในขณะที่ สามารถตรวจพบเม็ดเลือดขาวได้ในทุกตัวอย่างตะกอนปัสสาวะ โดยพบว่า จะพบจำนวนของเม็ดเลือดขาวมากขึ้นเมื่อมีการเก็บตัวอย่างปัสสาวะด้วยวิธีการรองเก็บ (spontaneous voided urine) Mader (2006) กล่าวว่า ปัสสาวะของสัตว์เลื้อยคลานมีการผสมรวมกับ อุจจาระ ดังนั้นการตอบสนองแบบเซลล์ (cellular response) อาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากส่วนของ กระเพาะปัสสาวะหรือจากทางเดินอาหาร ส่วนเม็ดเลือดแดงสามารถพบได้ในกรณีที่มีการเจาะ กระเพาะปัสสาวะ (cystocentesis) หรือมีการบีบกดกระเพาะปัสสาวะ และพบว่า จำนวนแบคทีเรีย ในตัวอย่างปัสสาวะที่ได้จากการรองเก็บหรือจากการบีบกดกระเพาะปัสสาวะนั้นจะมีมากกว่า การเจาะเก็บจากกระเพาะปัสสาวะ โดยตรวจพบจำนวนแบคทีเรียในเต่าที่มีปัญหาโรคไตได้มากกว่า ในสัตว์ที่ปกติ

2.1.3 ผลตรวจทางเคมีโดยการใช้แถบน้ำยาทดสอบปัสสาวะ (urine strip)

การตรวจปัสสาวะในเต่าด้วย urine strip มีประโยชน์ในแง่ของการตรวจสุขภาพ ในส่วนของระบบขับถ่ายปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งเป็นการทดสอบอย่างง่ายในเบื้องต้นและเป็นการตรวจแบบที่ไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดหรือเป็นอันตรายต่อสัตว์ (non-invasive method) ในกรณีที่เก็บตัวอย่างปัสสาวะด้วยวิธีการรองเก็บ ซึ่งสอดคล้องกับ Gibbon et al. (2013) ที่กล่าวว่า ผลการตรวจปัสสาวะโดยการใช้ standard urine dipsticks ในเต่า (box turtles) มีประโยชน์ในทางคลินิกได้ ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการแปลผลที่แตกต่างจากในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่นๆ โดยมีประโยชน์เป็นตัวบ่งบอกภาวะสมดุลของสารน้ำ (hydration status) หรือระบบขับถ่ายปัสสาวะ รวมถึงสุขภาพโดยรวมของสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัย ในทางคลินิกปฏิบัติ สัตวแพทย์ควรจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าเคมีต่างๆ จากการตรวจปัสสาวะ ร่วมกับการจดบันทึกข้อมูลประวัติเต่าและชนิดอาหารที่สัตว์ได้รับ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการช่วยวิเคราะห์ภาวะปกติหรือผิดปกติในเต่าแต่ละชนิดได้ดียิ่งขึ้น

เนื่องจาก เต่ามีความแตกต่างทั้งทางกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาในส่วนของ การขับของเสีย ซึ่งพบว่ามีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ดังนั้นในการแปลผลและสรุปผล จึงต้องอ้างอิง ข้อมูลจากการศึกษาในเต่าสายพันธุ์ต่างๆ และในสัตว์ชนิดอื่นๆ รวมถึงในคน เพื่อเป็นแนวทางในการอภิปรายและสรุปผล ดังนี้

2.1.3.1 ความถ่วงจำเพาะ (specificity)

จากการทดลอง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ของค่า specificity เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลในระหว่างวัน ได้แก่ วันที่ 1, 14 และ 28 ของในแต่ละกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตาม Gibbons et al. (2013) กล่าวว่าค่า specificity เป็นตัวที่สามารถใช้บ่งบอกภาวะสมดุลของสารน้ำของสัตว์ได้ โดยเฉพาะสัตว์ในกลุ่มที่มีการขับของเสียในรูปของกรดยูริก (uricotelic) รวมถึงสัตว์ที่มีระดับยูเรียในเลือดสูง

2.1.3.2 ความเป็นกรดต่าง (pH)

จากการทดลอง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ของค่า pH เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลในระหว่างวัน ได้แก่ วันที่ 1, 14 และ 28 ของในแต่ละกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า pH ที่พบในแต่ละกลุ่มการทดลอง มีค่าเป็นค่า ซึ่ง Gibbons et al. (2013) กล่าวว่า pH ปกติที่พบได้ในเต่าที่กินพืชเป็นอาหารหลัก คือ 5 ถึง 8 ในขณะที่ค่า pH ที่เป็นกรด อาจจะมีความผิดปกติได้หรือมีความเกี่ยวข้องกับการจำศีล (hibernation) การให้อาหาร

ที่ไม่เหมาะสม หรือมีภาวะเบื่ออาหาร (anorexia) ซึ่ง Wright (2008^b) อธิบายว่า ปัสสาวะที่เป็นกรด จาก anorexia เนื่องจาก ภาวะดังกล่าวทำให้เกิดภาวะการสลายอาหาร (catabolic state)

2.1.3.3 เม็ดเลือดขาว (leukocyte)

จากการทดลองพบผลบวกต่อการตรวจ leukocyte ในตัวอย่างปัสสาวะ ชลดดาและคณะ (2544) กล่าวว่าในการตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะทางสัตวแพทย์ การเพิ่มขึ้นของ ปริมาณเม็ดเลือดขาวในปัสสาวะบ่งบอกว่าการติดเชื้อ ซึ่งนันทริกา (2550^b) กล่าวว่าสามารถ ตรวจพบเม็ดเลือดขาวได้ในระดับที่น้อยกว่า 5 เซลล์ต่อกำลังขยาย 40 และสามารถพบแบคทีเรีย จากตัวอย่างปัสสาวะในเต่าได้ เนื่องจากการปนเปื้อนอุจจาระจากส่วนของทางเดินอาหาร ดังนั้น จึงไม่นิยมส่งตัวอย่างปัสสาวะในเต่าเพาะเชื้อ เพื่อตรวจหาชนิดของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการ ติดเชื้อและทำการทดสอบเพื่อหาที่มีความไวจำเพาะต่อเชื้อ (sensitivity test) โดย Kölle and Hoffmann (2000) กล่าวว่า การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการเจาะเก็บจากปัสสาวะจากกระเพาะปัสสาวะ สามารถพบเชื้อแบคทีเรียได้ แต่พบน้อยกว่าการรองเก็บปัสสาวะ และ Gibbons et al. (2013) กล่าวว่า urine strips อาจจะไม่แสดงผลคือ อ่านผลได้เป็นผลลบ ถึงแม้ว่ามีการตรวจพบ เม็ดเลือดขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ก็ตาม

2.1.3.4 ไนไตรท์ (nitrite)

พบผลบวกต่อ nitrite ซึ่งอาจจะเกิดจากการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ หรือมีภาวะการเสียหายของไต จำนวนค์ (2555) กล่าวว่าผลการตรวจ nitrite ในคนมีความสัมพันธ์กับ คลินิกในแง่ของการติดเชื้อของระบบทางเดินปัสสาวะ (urinary tract infection) โดยที่การทดสอบ nitrite เป็นการทดสอบเชื้อแบคทีเรียทางอ้อม โดยแบคทีเรียที่ทำให้ผลบวกส่วนใหญ่เป็นพวกแกรมลบ (gram negative bacteria) เช่น *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Klebsiella* และ *Pseudomonas* โดยพบว่าแบคทีเรียจะเปลี่ยนไนเตรท (nitrate) ไปเป็น nitrite Kölle and Hoffmann (2000) กล่าวว่าในเต่าที่มีปัญหาการเสียหายของไตสามารถพบผลบวกต่อการตรวจ nitrite ได้

2.1.3.5 โปรตีน (protein)

จากการทดลองพบผลบวกต่อการตรวจ protein ในตัวอย่างปัสสาวะ ซึ่งอาจจะเกิดจากสัตว์มีปัญหาเรื่องไต Kölle and Hoffmann (2000) กล่าวว่าในเต่าที่มีโรคไต สามารถพบผลบวกต่อการตรวจ protein ได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ จำนวนค์ (2555) ซึ่งกล่าวว่า ผลการตรวจโปรตีนมีความสัมพันธ์กับคลินิกในแง่ของโรคไต (renal disease) อย่างไรก็ตาม จำนวนค์ (2555) และชลดดาและคณะ (2544) กล่าวว่าสามารถพบผลบวกเทียม (false positive result) ได้ใน

กรณีที่เป็นสาเหตุมีความเป็นต่างสูงเนื่องจากความเป็นต่างมีผลต่อบัฟเฟอร์บนแผ่นทดสอบ หรือมีสารประกอบแอมโมเนียม (ammonium compounds) ปนเปื้อน

2.1.3.6 กลูโคส (glucose)

ผลการตรวจ glucose แสดงค่าปกติ (normal) หรือ มีค่าน้อยกว่า 50 mg/dL ในทุกตัวอย่าง Kölle and Hoffmann (2000) กล่าวว่าในเต้าที่มีสุขภาพปกติ ร้อยละ 90 สามารถตรวจพบ glucose ได้ที่ระดับต่ำกว่า 30 mg/dL ส่วนในเต้าที่มีปัญหาสุขภาพ ร้อยละ 48 พบว่า glucose ได้ที่ระดับมากกว่า 50 mg/dL จ้านงค์ (2555) กล่าวว่าผลการตรวจ glucose ในคน มีความสัมพันธ์กับคลินิกในแง่ของโรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาล (uncontrolled diabetes mellitus) ชลดดาและคณะ (2544) กล่าวว่า สามารถพบผลบวกเทียม (false positive) ในกรณีที่เป็นสาเหตุมีปริมาณวิตามินซีสูง

2.1.3.7 คีโตน (ketone)

ผลการตรวจ ketone มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Kölle and Hoffmann (2000) ซึ่งกล่าวว่า ไม่พบรายงานการตรวจพบ ketone ในตัวอย่างปัสสาวะในเต้า จ้านงค์ (2555) กล่าวว่า ผลการตรวจ ketone ในคน มีความสัมพันธ์กับคลินิกในแง่ภาวะเบื่ออาหาร หรือการอดอาหารเป็นระยะเวลานาน (prolonged fasting)

2.1.3.8 ยูโรบิลิโนเจน (urobilinogen)

ผลการตรวจ urobilinogen แสดงค่าปกติ (normal) หรือมีค่าน้อยกว่า 1 mg/dL ในทุกตัวอย่าง จ้านงค์ (2555) กล่าวว่า ผลการตรวจ urobilinogen ในคน มีความสัมพันธ์กับคลินิกในแง่ ภาวะโลหิตจางแบบที่มีการทำลายเม็ดเลือด (hemolytic anemia) ตับอักเสบ (hepatitis) หรือโรคตับแข็ง (cirrhosis) ชลดดาและคณะ (2544) กล่าวว่า การขับทิ้งของ urobilinogen จะเพิ่มขึ้น ในกรณีที่เป็นสาเหตุเป็นต่าง

2.1.3.9 บิลิรูบิน (bilirubin)

ผลการตรวจ bilirubin มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Kölle and Hoffmann (2000) ซึ่งกล่าวว่า ไม่พบรายงานการตรวจพบ ketone ในตัวอย่างปัสสาวะในเต้า จ้านงค์ (2555) กล่าวว่าผลการตรวจ bilirubin ในคน มีความสัมพันธ์กับคลินิกในแง่ที่มีโรคเกี่ยวกับตับเช่น ตับอักเสบ (hepatitis) หรือมีการอุดตันทางเดินน้ำดี (biliary obstruction)

2.1.3.10 เลือด (blood)

ผลการตรวจพบ blood มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Kölle and Hoffmann (2000) กล่าวว่า การตรวจพบ blood ในตัวอย่างปัสสาวะเท่านั้นสามารถพบได้ในกรณีที่มีการบีบกระเพาะปัสสาวะ หรือมีการเจาะเก็บตัวอย่างปัสสาวะจากกระเพาะปัสสาวะ ชลลดาและคณะ (2544) กล่าวว่า สามารถตรวจพบเม็ดเลือดแดงในกรณีที่มีภาวะบาดเจ็บ หรือมีนิ้ว หรือมีการติดเชื้อ หรือมีเนื้องอกที่ระบบทางเดินปัสสาวะ รวมถึงมีการสวนปัสสาวะด้วยท่อเหล็ก และ จานงค์ (2555) กล่าวว่า ผลการตรวจพบเลือด ในคน มีความสัมพันธ์กับคลินิกในแง่ที่มีโรคเกี่ยวกับไตการชนกระแทก หรือมีเนื้องอก

2.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติตัวอย่างค่าเคมีในพลาสมาและในปัสสาวะ

จากการทดลอง พบว่าระดับของโพแทสเซียมในพลาสมาที่ตรวจได้สูงกว่าปกติ 2 เท่า ซึ่งมีผลเหมือนกับการศึกษาของ Abou-madi and Jacobson (2003) ที่กล่าวว่า ระดับโพแทสเซียมในพลาสมาในเต่า Burmese mountain tortoise (*Manouria emys*) สูงกว่าระดับปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า ค่ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและระยะเวลาก่อนทำการตรวจวิเคราะห์ ตัวอย่าง กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบระดับโพแทสเซียมในพลาสมาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่เวลา 0, 5, 15, 30, 60 และ 120 นาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าที่ 0, 15 และ 30 นาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่เวลา 30, 60 และ 120 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ คือ ระหว่างการเก็บตัวอย่างเลือด มีการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมง ก่อนที่จะส่งตัวอย่างพลาสมาเพื่อตรวจทางห้องปฏิบัติการ

ในการวิเคราะห์ทางสถิติตัวอย่างค่าเคมีในพลาสมาและในปัสสาวะ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลในวันที่ 1, 14 และ 28 ดังนี้ ในกลุ่มที่พบนิ้วและได้รับอัลโลพูรินอล (CA) พบว่า ในพลาสมาและในปัสสาวะ มีค่ากรดยูริก และค่าโซเดียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่า อัลโลพูรินอลมีผลในการลดระดับกรดยูริกทั้งในพลาสมาและในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มในการเพิ่มระดับโซเดียมในพลาสมา ส่วนในกลุ่มที่พบนิ้วและได้รับสารสกัดหญ้าหนวดแมว (CO) พบว่าในพลาสมา ค่ายูเรียในโตรเจน ค่าโซเดียม และค่าโพแทสเซียม ในมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่พบว่า ในปัสสาวะ มีค่าโซเดียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่า สารสกัดหญ้าหนวดแมวมีแนวโน้มในการลดระดับยูเรียในโตรเจนในพลาสมา มีแนวโน้มในการลดระดับ

กรดยูริกในพลาสมา มีแนวโน้มในการลดระดับโซเดียมในพลาสมา มีผลในการลดระดับโพแทสเซียมในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มในการลดระดับโซเดียมในปัสสาวะ ส่วนในกลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับอัลโลพูรินอล (NA) พบว่าในพลาสมา ค่ากรดยูริก ค่าโซเดียม และค่าโพแทสเซียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่พบว่าในปัสสาวะ มีค่ากรดยูริก และค่าโซเดียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่า อัลโลพูรินอลมีผลในการลดระดับกรดยูริกทั้งในพลาสมาและในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มในการลดระดับโพแทสเซียมในพลาสมา ส่วนในกลุ่มที่ไม่พบนิ่วและได้รับสารสกัดหญาหนดแมว (NO) พบว่าในพลาสมา ค่าโซเดียม และค่าโพแทสเซียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่พบว่าในปัสสาวะ มีค่าโซเดียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่า สารสกัดหญาหนดแมว มีแนวโน้มในการลดระดับโซเดียมในพลาสมาและระดับโซเดียมในปัสสาวะ และพบว่า มีผลในการลดระดับโพแทสเซียมในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองข้างต้นของในแต่ละกลุ่ม สามารถสรุปเพื่อตอบคำถามสมมติฐานของงานวิจัย ได้คือ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าพลาสมาและปัสสาวะ ในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่า อัลโลพูรินอล มีผลในการลดระดับกรดยูริกในพลาสมาและในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในกลุ่มที่พบนิ่ว (CA) และกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว (NA) ในขณะที่ไม่มีผลในการเพิ่มระดับยูเรียไนโตรเจน ไม่มีผลในการเพิ่มระดับครีเอตินีน ไม่มีผลในการลดระดับโซเดียม ไม่มีผลในการลดระดับโพแทสเซียม ทั้งในพลาสมาและปัสสาวะและไม่มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะ รวมถึงค่าความเป็นกรดต่างของน้ำปัสสาวะ ส่วนสารสกัดหญาหนดแมว มีผลในการลดระดับโพแทสเซียมในพลาสมา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในกลุ่มที่พบนิ่ว (CO) และกลุ่มที่ไม่พบนิ่ว (NO) ในขณะที่ไม่มีผลในการเพิ่มระดับยูเรียไนโตรเจน ไม่มีผลในการเพิ่มระดับครีเอตินีน ไม่มีผลในการลดระดับกรดยูริก ไม่มีผลในการลดระดับโซเดียม ทั้งในพลาสมาและปัสสาวะ ไม่มีผลในการลดระดับโพแทสเซียมในปัสสาวะ และไม่มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะ รวมถึงค่าความเป็นกรดต่างของปัสสาวะ

ในส่วนของการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเคมีในพลาสมาและในปัสสาวะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูล 4 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ ค่ากรดยูริกในพลาสมา (วันที่ 14 ของการทดลองโดยพบว่ากลุ่มที่พบความแตกต่างได้แก่กลุ่ม CO และ NA, กลุ่ม CO และ CA, กลุ่ม NO และ NA) และค่ากรดยูริกในปัสสาวะ (วันที่ 14 ของการทดลองโดยพบว่ากลุ่มที่พบความแตกต่างได้แก่ กลุ่ม NO และ NA, กลุ่ม NO

และ CA, กลุ่ม NO และ CO, กลุ่ม CO และ NA, กลุ่ม CO และ CA) และค่ายูเรียไนโตรเจนในพลาสมา (วันที่ 14 ของการทดลอง โดยพบว่ากลุ่มที่พบความแตกต่าง ได้แก่ กลุ่ม CA และ NO) นอกจากนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าในเต่าที่ตรวจพบนิวมีระดับกรดยูริกในพลาสมาที่สูงมากกว่าในเต่าที่ตรวจไม่พบนิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ในเต่าที่ตรวจพบนิวมีระดับกรดยูริกในปัสสาวะที่ต่ำกว่าในเต่าที่ตรวจไม่พบนิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลจากการทดลอง พบว่าการให้อัลโลพูรินอล ในขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยวิธีการป้อนผ่านทางท่อสอดท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle) มีผลในการลดระดับกรดยูริกในพลาสมาในเต่าดาวอินเดีย ทั้งในกลุ่มที่ตรวจพบและตรวจไม่พบนิว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในสัตว์เลื้อยคลานชนิดอื่นๆ โดย Dallwig (2010) กล่าวว่า ขนาดยาที่มีการแนะนำให้ใช้มากที่สุด ในเต่าคือ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ Hernandez-Divers et al. (2008) มีการใช้อัลโลพูรินอล ในขนาด 24.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วัน ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน ในอิกัวน่าเขียว (green iguana; *Iguana iguana*) ที่มีการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะที่มีกรดยูริกในเลือดสูง โดยการให้อาหารที่มีโปรตีนสูง พบว่าอัลโลพูรินอลสามารถลดระดับกรดยูริกในพลาสมาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Siverstone et al. (2007) มีการใช้อัลโลพูรินอล ในขนาด 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วัน ร่วมกับโคลชิซิน (colchicine) ในขนาด 0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุก 48 ชั่วโมง ในเต่า Diamondback Terrapin (*Malaclemys terrapin*) เพศเมีย อายุประมาณ 4 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีปัญหา acute lymphoblastic leukemia และรับการรักษาด้วยเคมีบำบัด (chemotherapy) และ Martorell et al. (2009) รายงานกรณีศึกษาในเต่า Mediterranean Tortoise (*Testudo hermannii*) เพศเมีย อายุ 61 ปี ที่มีปัญหา ovarian teratoma ซึ่งพบว่ามีการใช้อัลโลพูรินอล ในขนาด 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ให้กินทุก 24 ชั่วโมง

นอกจากในสัตว์เลื้อยคลาน ยังพบรายงานการศึกษาการใช้อัลโลพูรินอล ในสัตว์ปีก เช่น Carro et al. (2010) การศึกษาในไก่กระทง (broiler chicken) อายุ 5 สัปดาห์ พบว่าอัลโลพูรินอล ขนาด 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในรูปแบบการผสมในอาหาร มีผลในการลดระดับกรดยูริกในพลาสมา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ได้รับขนาดของอัลโลพูรินอลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม พบว่า อัลโลพูรินอล มีผลลดอัตราการเจริญเติบโต ในขณะที่ Poffers et al. (2002) พบว่า อัลโลพูรินอล ขนาด 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเหยี่ยวหางแดง (Red-tailed Hawk; *Buteo jamaicensis*) อายุมากกว่า 6 เดือนจนถึงโตเต็มวัย พบว่าไม่มีผลในการลดระดับกรดยูริกในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่

พบว่า การใช้อัลโลพูรินอล ในขนาด 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สัตว์มีอาการอาเจียนและมีความผิดปกติของไต

จากผลการทดลอง สัตว์ในกลุ่มที่ได้รับอัลโลพูรินอล พบว่ายา มีผลต่อระดับโซเดียมในพลาสมาและในปัสสาวะ อย่างไรก็ตาม พบว่าระดับของโซเดียมและโพแทสเซียมในพลาสมามีค่าสูงกว่าค่าปกติตั้งแต่วันที่ 1 ซึ่ง Gibbons et al. (2013) กล่าวว่าค่าโซเดียมในเต่าดาวอินเดียมีค่าปกติ คือ 128 (122 ถึง 133) มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อลิตร และมีค่าโพแทสเซียมในเต่าดาวอินเดียมีค่าปกติ คือ 5.2 (3.9 ถึง 5.9) มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อลิตร ตามลำดับ โดย Campbell (2004) กล่าวว่าภาวะโซเดียมในเลือดสูง (hypernatemia) มีความสัมพันธ์กับภาวะการขาดน้ำ (dehydration) ซึ่งอาจเกิดในรูปแบบของการสูญเสียน้ำมาก หรือการได้รับน้ำไม่เพียงพอ หรือการได้รับเกลือมากเกินไป ส่วนภาวะโพแทสเซียมในเลือดสูง (hyperkalemia) มีความสัมพันธ์กับภาวะไตวาย (renal failure) เลือดเป็นกรด (acidosis) การได้รับอาหารที่มีโพแทสเซียมสูง หรือมีการเกิดเนื้อตายอย่างรุนแรง (severe tissue necrosis)

จากการทดลอง สารสกัดหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยวิธีการป้อนผ่านทางท่อสอดท่อป้อนสารปลายกลม (ball-ended feeding needle) เข้าทางปาก ต่อเนื่องเป็นเวลานาน 18 วัน มีผลต่อระดับโซเดียมทั้งในพลาสมาและในปัสสาวะของในกลุ่มที่พบนิ้วและกลุ่มที่ไม่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมต่อวัน รวมถึงระดับโพแทสเซียมในพลาสมาในกลุ่มที่พบนิ้วที่ได้รับสารสกัดหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sittisomwong et al. (1999) ที่กล่าวว่า การใช้สารสกัดหยาบขนาด 0.96, 2.4 และ 4.8 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็น 50, 125 และ 250 เท่าของขนาดที่ใช้ในคน คือ 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม มีผลลดระดับโซเดียมในเลือดของ Wistar rat ทุกกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมต่อวัน นอกจากนี้พบว่าสารสกัดหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมต่อวัน มีผลในการลดระดับโพแทสเซียมอีกด้วย โดย ดวงเพ็ญและคณะ (2545) กล่าวว่าสารสำคัญในหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมประกอบด้วยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดอินทรีย์ (organic acids) และเทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) ซึ่งเกรียงศักดิ์ (2528) กล่าวว่า ส่วนของใบประกอบด้วยเกลือโพแทสเซียม (potassium salts) ในปริมาณสูง มีกลูโคไซด์ (glucoside) หรือออโรไซโฟนิน (orthosiphonin) ซึ่งมีสรรพคุณในการขับปัสสาวะได้ โดย Ngamrojanavanich (2006) กล่าวว่า สารสกัดหยาบขนาด 200 มิลลิกรัมที่สกัดจากเฮกเซน (hexane extract) มีผลในการยับยั้งโซเดียม-โพแทสเซียม เอทีพีเอส (Na-K ATPase inhibitory activity) จากสมองในหนูแรท

2.1.5 การคำนวณสัดส่วนการขับทิ้งของสารทางปัสสาวะผ่านท่อไตทั้งหมด

เนื่องจากข้อมูลในเรื่องของสารที่มีคุณสมบัติที่น่ามาคิดค่าอัตราการกรองผ่านไต (glomerular filtration rate หรือ GFR) ในเต่ามีจำกัด โดย Dantzler and Braun (1980) กล่าวว่า ในเต่าบกทะเลทราย (desert tortoise หรือ *Gopherus agassizii*) ที่ได้รับสารละลาย hyperosmotic sodium chloride 1 โมลต่อลิตร ฉีดเข้าทางเส้นเลือดดำ มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ของค่า GFR คือ 2.9 ± 0.91 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่ค่า GFR ในตัวควบคุม (control) เท่ากับ 4.7 ± 0.60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ผู้วิจัยจึงใช้ค่าเฉลี่ยรณช์ของ ครีเอทีนีน (creatinine clearance) ในการคำนวณค่าสัดส่วนการขับทิ้งของสารทางปัสสาวะผ่านท่อไตทั้งหมด (fractional excretion หรือ FE) แต่เนื่องจาก ผลการตรวจค่าครีเอทีนีนในพลาสมาและในปัสสาวะในเต่าดาวอินเดียมีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าต่ำ จึงไม่สามารถทำการคำนวณค่า FE ได้ โดย วีรธรรม (2555) กล่าวว่า ครีเอทีนีน จัดเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำงานหรือการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิว (surface area) และมวลของกล้ามเนื้อของร่างกายซึ่ง วีรยุทธ์ (2552) กล่าวว่ากล้ามเนื้อในสัตว์เลื้อยคลานแต่ละกลุ่มนั้นมีการเจริญแตกต่างกันหลายระดับ ซึ่งพบว่าในเต่ามีส่วนของกระดูกปกคลุมลำตัวเอาไว้ ดังนั้นกล้ามเนื้อลำตัวจึงเจริญไม่มาก โดย Campbell (2004) กล่าวว่า ครีเอทีนีนในนกและสัตว์เลื้อยคลานมีค่าต่ำมาก (น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) และไม่นิยมใช้ค่าครีเอทีนีนในการวินิจฉัยโรคไต ซึ่งมีความแตกต่างจากในคนหรือในสัตว์ชนิดอื่นๆ Grover and DeFalco (1995) กล่าวว่าในเต่า desert tortoise (*Gopherus agassizii*) มีค่าครีเอทีนีน 0.1 ถึง 0.4 mg/dL และ Chandavar et al. (2013) พบว่าค่าครีเอทีนีน ในเต่า South Asian pond turtle (*Melanochelys trijuga*) ที่เจาะจากเส้นเลือดดำ (femoral vein) มีค่าเฉลี่ยรวม 0.52 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะที่ Olayemi and Adeshina (2002) ได้ทำการศึกษาค่าเคมีต่างๆในพลาสมา โดยจากเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำ (jugular vein) ใน West African hinge backed tortoise (*Kinixys erosa*) ที่ได้มาจากธรรมชาติอยู่ในช่วงอายุที่โตเต็มวัยและมีสุขภาพดี จำนวน 4 ตัว พบว่าเต่าดังกล่าวมีค่าครีเอทีนีนในระดับที่สูง คือ 14.75 ± 0.96 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ชลลดา (2554) กล่าวว่า นอกจากการศึกษาการดูดกลับและคัดหลังสารผ่านหลอดไตฝอยด้วยการคำนวณค่า FE ยังมีวิธีอื่นๆ เช่น การใช้ stop-flow analysis โดยการเก็บปัสสาวะในขณะที่มีการหยุดไหลของปัสสาวะชั่วคราว เช่น การอุดตันของท่อไต (ureter) ชั่วคราวแล้วมีการเปิดออกเพื่อที่จะศึกษาปัสสาวะที่มาจากส่วนปลาย (distal segment) ของหลอดไตฝอยหรือการศึกษาโดยใช้อิเล็กโทรดที่วัดความต่างศักย์และกระแสที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนจากตัวอย่างหลอดไตฝอยในแต่ละส่วนที่ได้จากการใช้ปิเปตขนาดเล็ก (micropuncture) เก็บหรือการทำ perfusion โดยการสอดท่อและฉีดด้วยสารละลายที่ทราบความเข้มข้นอย่างต่อเนื่อง

และให้อยู่ในสารละลายที่มีส่วนประกอบต่างๆ หรือสารละลายที่เหมือนกันและใช้อิเล็กโทรดเพื่อวัดความต่างศักย์ระหว่างผนังกันและภายในเซลล์ได้หรือการศึกษาทางชีวเคมีในส่วนของเซลล์ที่แยกออกมา เป็นต้น

3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในเต้าดาวอินเดียก่อนและหลังจากการทดลอง พบว่ามีความสอดคล้องกันในเรื่องขององค์ประกอบของน้ำ กล่าวคือตัวอย่างน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำชนิดที่มีความเกี่ยวข้องกับกรดยูริก ซึ่งจัดเป็นน้ำชนิดที่มีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ (organic compound) และน้ำที่พบ จัดเป็นน้ำที่มีความบริสุทธิ์ เนื่องจาก มีองค์ประกอบทางเคมีเพียงชนิดเดียว มณฑิรา (2553) กล่าวว่า น้ำกรดยูริกในคนจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มน้ำที่ไม่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับน้ำชนิดสตรูไวท์ (struvite) ซิสทีน (cystine) และแซนทีน (xanthine) เป็นต้น ซึ่งมีปัจจัยเสี่ยงที่โน้มนำทำให้เกิดน้ำชนิดนี้ได้อยู่หลายปัจจัย เช่น ปัจจัยเสี่ยงเรื่องอื่นๆ ก่อนปัจจัยเรื่องปัสสาวะ (pre urinary risk factor) เช่น อายุ เพศ พันธุกรรม การเผาผลาญอาหาร กลุ่มพิวรีน (purine) ที่เพิ่มมากขึ้นหรือการลดลงของปริมาณการสร้างแอมโมเนียที่ไตหรือการลดลงของปริมาณการได้รับน้ำซึ่งอาจจะมาจากการดื่มน้ำน้อยหรือมีการสูญเสียน้ำทางอื่นหรือเกี่ยวกับอุณหภูมิแวดล้อมหรือเกิดจากปัจจัยเสี่ยงในส่วนของปัสสาวะ (urinary risk factor) เช่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะ หรือการลดลงของค่าความเป็นกรด่างในปัสสาวะ หรือการลดลงของปริมาตรปัสสาวะ หรือการลดลงของสารยับยั้ง (inhibitor) ในปัสสาวะ หรือเกิดจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี (chemical risk factor) เช่น การเพิ่มภาวะการอิ่มตัว (supersaturation) ของสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำหรือมีผลึกในปัสสาวะที่ผิดปกติ เป็นต้น

ในปัจจุบัน กลไกการเกิดน้ำในเต้ายังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดเช่นเดียวกับในคน โดย มณฑิรา (2553) กล่าวว่าในทางการแพทย์ มีทฤษฎีการเกิดน้ำทางเดินปัสสาวะที่ได้รับความเชื่อถือในปัจจุบัน ได้แก่ ทฤษฎี supersaturation-crystallization theory คือ สารก่อนน้ำในปัสสาวะที่เข้มข้นแตกต่างกัน ก่อให้เกิดการตกตะกอนเป็นก้อนน้ำ เกิดการเพิ่มขนาดของผลึกและเกิดการรวมตัวของผลึกที่แตกต่างกัน หรือทฤษฎี epitaxis คือการเกิดผลึกของสารก่อนน้ำแต่ละชนิดนั้นมีรูปแบบการจัดเรียงตัวของผลึกที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว เรียกว่า lattice โดยสารก่อนน้ำบางชนิดมี lattice ที่คล้ายกัน ทำให้สารก่อนน้ำชนิดหนึ่งเกิดขึ้นบนพื้นผิวของสารก่อนน้ำอีกชนิดหนึ่ง หรือทฤษฎี inhibitor deficiency คือมีสารบางชนิดในปัสสาวะที่ทำหน้าที่ยับยั้งการเกิดน้ำ (inhibitor) โดยยับยั้งการรวมตัวของผลึกและการเพิ่มขนาดของผลึก ดังนั้นการขาด inhibitor ในปัสสาวะ ทำให้ผลึกของน้ำเพิ่มขนาดและเกิดการรวมกลุ่มเป็นก้อนน้ำได้ หรือทฤษฎี

matrix nucleation โดยสารเมทริกซ์ (matrix) ซึ่งเป็นสารประเภทมิวโคโปรตีน (mucoprotein) ที่พบในเลือดหรือปัสสาวะ ที่ทำหน้าที่เป็น inhibitor เมื่อเกิดความผิดปกติ (qualitative defect) ก็จะเป็นสารที่ส่งเสริมการเกิดนิ่ว (promote stone formation) ได้ หรือเกิดจากหลายๆทฤษฎีข้างต้นรวมกัน

จากผลการตรวจวิเคราะห์ชนิดนิ่ว นอกจากนิ่วที่เกี่ยวข้องกับกรดยูริกแล้ว ยังพบนิ่วชนิดแชนทิน ซึ่งวิฑูรย์ (2543) กล่าวว่านิ่วแชนทินเป็นนิ่วที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้อัลโลพิวรีนอล ซึ่งมีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แชนทินออกซิเดส ทำให้แชนทินไม่เกิดการสลายไปเป็นกรดยูริก จึงทำให้พบแชนทินถูกขับออกมาในปัสสาวะ และ มณฑิรา (2553) กล่าวว่า แชนทินเป็นนิ่วชนิดที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้ป่วยที่มีความบกพร่องของเอนไซม์แชนทินออกซิเดส ฉะนั้น การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของนิ่ว จึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากชนิดของนิ่วจัดเป็นหนึ่งในข้อมูลที่สำคัญที่จะอธิบายกลไกการเกิดโรคได้ เพื่อประโยชน์ในการป้องกัน โดยใช้หลักการหลีกเลี่ยง หรือลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดนิ่วลง รวมถึงการให้การรักษาและให้คำแนะนำเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ

4. การชันสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

ผลจากการชันสูตรซากและการตรวจทางจุลพยาธิวิทยาพบว่าเกิดปัญหาเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบของอวัยวะภายในแบบทั่วตัว รวมถึงพบลักษณะของ intranuclear inclusions ซึ่งอาจจะมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดนิ่วในเต่าดาวอินเดียได้

5. บทสรุป และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่า ในเต่าดาวอินเดียที่ตรวจพบนิ่วมีระดับกรดยูริกในพลาสมาที่สูงมากกว่าในเต่าที่ตรวจไม่พบนิ่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ในเต่าที่ตรวจพบนิ่วมีระดับกรดยูริกในปัสสาวะที่ต่ำกว่าในเต่าที่ตรวจไม่พบนิ่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การให้อัลโลพิวรีนอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวแบบต่อเนื่อง โดยวิธีการป้อนผ่านทางกระดองต่อป้อนสารปลายกลม เป็นเวลาต่อเนื่อง 18 วัน และหยุดยา โดยมีการสังเกตอาการต่อจนครบ 28 วัน พบว่าอัลโลพิวรีนอลในขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลหลักในการลดกรดยูริกทั้งในพลาสมาและในปัสสาวะได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สารสกัดหญ้าหนวดแมว ในขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลในการลดกรดยูริกทั้งในพลาสมาและในปัสสาวะแต่พบว่ามีผลในการลดโพแทสเซียมในพลาสมาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการให้อัลโลพิวรีนอลในขนาดดังกล่าวแบบต่อเนื่อง มีผลในการลดระดับกรดยูริกในพลาสมาลงอย่างรวดเร็ว โดยพบว่ามีค่าลดลงต่ำกว่าระดับปกติ ส่วนสารสกัด

หญ้าหนวดแมวในขนาดดังกล่าว มีผลต่อการลดระดับโพแทสเซียมในพลาสมา ดังนั้น จึงเป็นข้อพึงระวังในการใช้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมว ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มีการประเมินสุขภาพสัตว์ โดยเฉพาะการตรวจค่าโลหิตวิทยาและปัสสาวะก่อนการใช้สารดังกล่าว และแนะนำให้มีการปรับลดขนาดอัลโลพูรินอลให้ต่ำกว่าขนาดที่ใช้ในการทดลองนี้ เช่น 10 ถึง 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยหลีกเลี่ยงการใช้สารดังกล่าวในสัตว์ที่มีปัญหาเรื่องไต และหลีกเลี่ยงการใช้ยาต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ร่วมกับทำการตรวจค่าโลหิตวิทยาและปัสสาวะซ้ำ เพื่อเฝ้าระวังความผิดปกติที่สามารถเกิดขึ้นในสัตว์ได้

ในส่วนของกรณีวินิจฉัยปัญหานี้ในระบบปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย มีปัจจัยเรื่ององค์ประกอบของน้ำและการสะสมของแร่ธาตุเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงส่งผลให้ไม่สามารถใช้การถ่ายภาพรังสี เพื่อประเมินขนาดของน้ำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มีการศึกษาการวินิจฉัยน้ำด้วยวิธีที่มีความจำเพาะ (specificity) และมีความไว (sensitivity) ต่อการทดสอบสูง เช่น การใช้อัลตราซาวด์ หรือเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อประโยชน์ในทางการศึกษาวิจัย หรือการรักษาในทางคลินิกสัตว์แพทย์ต่อไป

จากการทดลอง พบว่าไม่สามารถรายงานผลสัดส่วนการขับทิ้งของสารทางปัสสาวะ (โดยเทียบกับอัตราการขับทิ้งของครีเอทีนิน) ผ่านท่อไตทั้งหมดได้ เนื่องจากครีเอทีนินในพลาสมาและปัสสาวะของเต่าดาวอินเดียมีค่าเป็นศูนย์ หรือมีค่าต่ำและไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มีการศึกษาหาค่าอัตราการกรองผ่าน โกลเมอรูลัส (glomerular filtration rate หรือ GFR) โดยการหาสารที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการวัด GFR ในเต่าดาวอินเดีย เพื่อประโยชน์ในการศึกษาที่มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบขับถ่ายปัสสาวะ หรือเพื่อการประเมินการทำงานของไต หรือการประเมินการใช้สารหรือยาต่างๆ เป็นต้น

ในส่วนของกรณีชันสูตร พบว่าไม่สามารถสรุปสาเหตุการตายของสัตว์ทดลองว่ามีความสัมพันธ์กับการใช้อัลโลพูรินอลและสารสกัดหญ้าหนวดแมวได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของสุขภาพของสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งพบว่ามีประวัติการขาดน้ำรุนแรง รวมถึงมีความจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการตรวจวินิจฉัยอื่นๆเพิ่มเติมต่อไป เช่น การวินิจฉัยโดยอาศัยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope หรือ SEM) หรือแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope หรือ TEM) เป็นต้น นอกจากนี้ การตรวจองค์ประกอบของน้ำในเต่าดาวอินเดีย ในเชิงปริมาณ พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการกระบวนการสร้างและสลายของโปรตีน (protein metabolism) เป็นหลัก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านโภชนาการ ภาวะสมดุลของสารน้ำในร่างกาย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กมลวรรณ ศรีปลั่ง. 2006 (2549). ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดและผลต่อการกระตุ้นการหลั่งอินซูลินของสารสกัดจากใบหญ้าหนวดแมวในหนูขาวปกติและหนูเบาหวานที่ถูกเหนี่ยวนำโดยสเตรปโตโซโตซิน. (วิทยาสตรัมหาบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 88 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เดชอนันต์. 1985 (2528). พยับเมฆหรือหญ้าหนวดแมว. วนสาร. 43(1): 33-35.
- จำนงค์ นพรัตน์. 2012 (2555). ระบบขับถ่ายปัสสาวะการตรวจปัสสาวะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สงขลา: หน่วยพิมพ์ตำรา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 1-187.
- ชลลดา บุรณกาล. 2011 (2554). การขับทิ้งสารอินทรีย์โดยไต. ใน: สรีรวิทยาประยุกต์ของไตและระบบขับถ่ายปัสสาวะในสัตว์เลี้ยง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัท ศิริณสาร จำกัด. หน้า 218-220.
- ชลลดา บุรณกาล สัมพันธ์ ชรรณเจริญ สมชาย ผลคีนานา และ Bovée KC. 2001 (2544). การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะทางสัตวแพทย์. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์. หน้า 1-70.
- ณัฐวธู สิบหมู่. 2009 (2552). ยารักษาโรคข้ออักเสบ. ใน: เกษขวิทยา: เนื้อหาสำคัญและแบบฝึกหัด. กรุงเทพฯ: บริษัท โฮลิสติก พับลิชชิ่ง จำกัด. หน้า 755-777.
- ณัฐตรา จันทร์สุวานิชย์ และ ชาตรี ชาญประเสริฐ. 1992 (2535). การสำรวจและรวบรวมพันธุ์พืชสมุนไพรบริเวณพื้นที่ว่างในเขตอำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์). 26: 20-38.
- ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก เย็นจิตร เตชะดำรงสิน ธิดารัตน์ บุญรอด และ จารีย์ บันสิทธิ์. 2002 (2545). ข้อกำหนดทางเคมีของหญ้าหนวดแมว. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 44(3): 189-200.
- นันทริกา ชันช้อย. 2007 (2550^a). เทคนิคการทำสไลด์กรรม. ใน: โรคเต่าอายุรศาสตร์และคลินิกปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัท โฮลิสติก พับลิชชิ่ง จำกัด. หน้า 175-185.
- นันทริกา ชันช้อย. 2007 (2550^b). การเก็บตัวอย่างและการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการ. ใน: โรคเต่าอายุรศาสตร์และคลินิกปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัท โฮลิสติก พับลิชชิ่ง จำกัด. หน้า 79-105.
- นันทริกา ชันช้อย. 2007 (2550^c). การรักษา. ใน: โรคเต่าอายุรศาสตร์และคลินิกปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัท โฮลิสติก พับลิชชิ่ง จำกัด. หน้า 187-203.

- นิตยวารรณ กุลณวารรณ. 2006 (2549). สมุนไพรและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในโรคไต. ใน: การบริหารทางเภสัชกรรมในผู้ป่วยโรคไต. มัชฌนา ภาณุมากรณ์ (บรรณาธิการ). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร. หน้า 95-110.
- ปราณี ตันตวินิช ไพวิภา กมลรัตน์ และ สุวิชา จุฑาทเทพ. 2010 (2553). เวชศาสตร์สัตวแพทย์ (ฉบับพิเศษ): รังสีวินิจฉัยทางคลินิกในสัตว์เลี้ยง. เกรียงยศ สัจเจริญพงษ์ อนุเทพ รังสีพัฒนาปิยะรัตน์ จันทรศิริพรชัย สถูณี กลั่นทกานนท์ ทองทรง นลินี ตันตวินิช ทรายาดเหลือทองคำ ปราณี ตันตวินิช ไพวิภา กมลรัตน์ สุวิชา จุฑาทเทพ กนกวรรณ เวียนศรี และ ณัฐฐิกา พัศตรเกที (บรรณาธิการ). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 1-144.
- พงษ์ศักดิ์ พลเสนา. 2007 (2550). พืชสมุนไพรในสวนป่าสมุนไพรเขาหินซ้อน ฉบับสมบูรณ์. ปราจีนบุรี. เจตนารมณณ์ภัณฑ์. หน้า 1-301.
- พจน์ ศรีบุญลือ. 1999 (2542). การศึกษาศักยภาพของสมุนไพรไทยในการรักษาและป้องกันโรคนี้่วไต. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 73 หน้า.
- พจน์ ศรีบุญลือ. 2008 (2551). เมแทบอลิซึมของนิวคลีโอไทด์. ใน: ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 5. พัชรี บุญศิริ เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ อุบล ซาอ่อน และ ปิติ ชูจิตต์ (บรรณาธิการ). ขอนแก่น: หจก. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. หน้า 315-331.
- พันธุ์จิ่ง หาญวิวัฒน์กุล. 2005 (2548). เมตาบอลิซึมของกรดยูริก. ใน: โรคข้อจากผลึกเกลือ. วรวิทย์ เลาห์เรณู (บรรณาธิการ). เชียงใหม่: หจก. เชียงใหม่ โรงพิมพ์แสงศิลป์. หน้า 95-107.
- มณฑิรา มฤคทัต. 2002 (2545). นวัตกรรมเดินปัสสาวะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัทการพิมพ์ไทยกรุ๊ป จำกัด. หน้า 1-105.
- มณฑิรา มฤคทัต. 2010 (2553). นวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์. หน้า 55-99.
- ยงยุทธ ดิยะไพรัช. 2006 (2549). บัญชีแนบท้ายประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดชนิดสัตว์ป่าและซากของสัตว์ป่าที่ห้ามนำเข้าหรือส่งออก. ราชกิจจานุเบกษา. 123 (ตอนพิเศษ 28 ง). หน้า 1-50.
- รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล. 1995 (2538). สมุนไพรพื้นบ้านที่ใช้รักษาเบาหวาน. การประชุมวิชาการ 25 ปี เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. หน้า 37.
- วรวิทย์ เลาห์เรณู. 2005 (2548). การรักษากรดยูริกในเลือดสูง. ใน: โรคข้อจากผลึกเกลือ. เชียงใหม่: หจก. เชียงใหม่ โรงพิมพ์แสงศิลป์. หน้า 281-302.

- วิฑูรย์ ประสงค์วัฒนา. 2543 (2000). ชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของก้อนนิ่ว. ใน: โรคนิ่วไต. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 36.
- วีรยุทธ์ เลาหะจินดา. 2009 (2552). วิชยาศัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก Herpetology. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 22, 53, 130-131.
- วีรวรรณ เล็กสกุลไชย. 2012 (2555). ไต. ใน: ตำรายาวิทยวิทยา: การตรวจสารเคมีในเลือดและสิ่งส่งตรวจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท วิ.พรินท์ (1991) จำกัด. หน้า 221-243.
- วีระสิงห์ เมืองมั่น. 1979 (2522). การใช้สมุนไพรเสริมการรักษาโรคนิ่วและทางเดินปัสสาวะอักเสบ. วารสารรามาชิปดี. 10(8): หน้า 28-33.
- ศุภราภรณ์ วังแก้ว. 2005 (2548). วิธีการพิสูจน์ผลึกเกลือ. ใน: โรคข้อจากผลึกเกลือ. เชียงใหม่: หจก.เชียงใหม่ โรงพิมพ์แสงศิลป์. หน้า 7-24.
- สมฤทัย วัชรวิวัฒน์. 2006 (2549). ยารักษาภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคไต ใน: การบริหารทางเภสัชกรรมในผู้ป่วยโรคไต. มัชฌนา ภาณุมาภรณ์ (บรรณาธิการ) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร. หน้า 45-64.
- สุกัลยา อัครัสกร ซาลิกา หวังดี เจริญชัย ฤทธิกุลประเสริฐ ชลลดา บุรณกาล สัมพันธ์ ธรรมเจริญ กฤษ อังคนาพร และ ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร. 2001 (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลวิเคราะห์ปัสสาวะ ค่าโลหิตวิทยา ค่าเคมีคลินิก สัดส่วน การจับตัวของสารทางปัสสาวะ และชนิดของนิ่วในสุนัข. วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์. 13(3): 41-56.
- อมร เปรมกมล. 1999 (2542). การศึกษาผลของหญ้าหนวดแมวในการลดขนาดนิ่วไต. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 39-40.
- อรุณพร อิฐรัตน์ และ เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย. 1990 (2533). ตำรวจการใช้สมุนไพรภายใต้โครงการสาธารณสุขมูลฐานในชนบทของภาคใต้. วารสารสงขลานครินทร์. 12(1): 91-102.
- อังคณา นรเศรษฐ์ธาดา. 2005 (2548). การใช้ยาในการรักษาโรคเก๊าท์ (Medical Therapy for Gout). ใน: ตำราโรคข้อ เล่มที่ 2. สุรศักดิ์ นิลกานวงษ์ และ สุรวุฒิ ปรีชานนท์ (บรรณาธิการ) กรุงเทพฯ: บริษัท เอสการพิมพ์ จำกัด.เอ็น.พี. หน้า 1249-1280.
- อัญชนะ พานิช จุลภัทร ยศสุนทรากุล และสมชาย เอี่ยมอ่อง. 2004 (2547). Uric Acids and Kidney. ใน: Textbook of Nephrology. สมชาย เอี่ยมอ่อง สมจิตร เอี่ยมอ่อง เกื้อเกียรติ ประดิษฐ์พิริศศิลป์ ขจร ตีรณธนากุล เกรียงไกร ตั้งสง่า และ วิศิษฎ์ สิตปรีชา. (บรรณาธิการ). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เอนด์ เจอนัล พับลิเคชันจำกัด. หน้า 185-208.
- อาทิตย์รา ชูเทศะ และวิราช นิมิตสันตวิงศ์. 2009 (2552). ชีวเคมีเมตาบอลิซึม. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 267-330.

เอมวาลี อารมย์ดี. 2006 (2549). โรคเกาต์และภาวะกรดยูริกสูง (Gout and Hyperuricemia).
 ใน: โรคข้อและรูมาติสซั่มสำหรับบุคลากรทางการแพทย์และประชาชน. ไพจิตร
 อัครชนบดี และ อัจฉรา กุลวิสุทธิ (บรรณาธิการ) กรุงเทพฯ: บริษัท ซีดีพีริ้นท์ จำกัด.
 หน้า 111-128.

ภาษาอังกฤษ

- Abou-Madi N and Jacobson ER. 2003. Effects of blood processing techniques on sodium and potassium values: a comparison between Aldabra tortoises (*Geochelone gigantea*) and Burmese mountain tortoises (*Manouria emys*). Vet. Clin. Patho. 32: 61-66.
- Amat AC, Gabriel B and Chee NW. 2012. Cystic calculi removal in African spurred Tortoise (*Geochelone sulcata*) using transplastron coeliotomy. Vet. World. 5(8): 489-492.
- Averill-Murray RC. 2002. Effects on survival of Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) Urinating During handling. Chelonian Conservation and Biology. 4(2): 430-435.
- Aworer L and Ramchurn R. 2003. The relationships between length and weight of the Aldabra giant tortoise, *Dipsochelys dussumieri*, in Mauritius. Phelsuma. 11: 52-58.
- Balinsky JB. 1972. Phylogenetic Aspects of Purine Metabolism. S. Afr. Med. J. 46: 993-997.
- Basumatary R and Sharma DK. 2013. The turtle fauna of Kaziranga National Park, Assam, India with notes on natural history and conservation status. Herpetology Notes. 6: 59-72.
- Becker G. 2007. Uric acid stones. Asian Pacific Society of Nephrology. 12: 21-25.
- Bolten AB. 1999. Techniques for Measuring Sea Turtles. In: Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. KL Eckert, KA Bjorndal, Abreu-Grobois, M Donnelly (eds). IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication. 4: 1-5.
- Boyer TH and Boyer DM. 2006. Turtle, Tortoises and Terrapins. In: Reptile Medicine and Surgery. 2nd ed. DR Mader (ed) Missouri: Saunders Elsevier. p. 78-99.
- Braun EJ. 1998. Comparative Renal function in Reptiles, Birds, and Mammals. Semi. Avian Exot. Pet. 7(2): 62-71.

- Campbell TW. 2004. Blood Biochemistry of Lower Vertebrates. 55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP) and 39th Annual Meeting of the American Society of the Clinical Pathology (ASVCP) ACVP and ASVCP (eds). New York: International Veterinary Information Service.
- Carro MD, Falkenstein E, Radke WJ and Klandorf. 2010. Effectes of allopurinol on uric acid concentrations, xanthine oxidoreductase activity and oxidative stress in broiler chickens. *Comp. Biochem. and Physiol. Part C* 151: 12-17.
- Chandavar VR, Raghu N, Lalitha R and Naik PR. 2013. Cyclic Variation in Plasma Biochemical Indices in south Asian Pond turtle *Melanochelys trijuga*. *IJBPAS*. 2(3): 639-653.
- Coborn J. 1993. The proper Care of Reptiles. United State: T.F.H. Publications, Inc. p. 17-18.
- Dallwig R. 2010. Allopurinol. *J. Exot. Pet Med.* (19): 255-257.
- Daniel JC. 1983. The Book of Indian Reptiles. Bombay: The Bombay Natural History Society. p. 30-31.
- Dantzler WH and Braun EJ. 1980. Comparative nephron function in reptiles, birds, and mammals. *Am. J. Physiol.* 239: R197-213.
- Eatwell K. 2009. Post hibernation care of Terrestrial Chelonians. In: The role of probiotics in veterinary practice. JC McNae (ed). United Kingdon: Probiotics International Ltd. p. 37-40.
- Fife JD. 2007. STAR TORTOISE The Natural History, Captive Care, and Breeding of *Geochelone elegans* and *Geochelone platynota*. United States: Living Art publishing. p. 1-97.
- Fritz U and Havaš P. 2007. Checklist of Chelonians of the World. *Vert. Zool.* 57(2). p. 279.
- Funk RS and Diethelm G. 2006. Reptile Formula. In: Reptile Medicine and Surgery. 2nd ed. DR Mader (ed). Missouri: Saunders. p. 1133.
- Gadhvi IR. 2001. Indian Star Tortoise (*Geochelone elegans*) Feeding on Slug. *Zoo's Print J.* 16(7): 548.
- Gaur A, Reddy A, Annapoorni S, Satyarebala B and Shivaji S. 2006. The origin of Indian Star Tortoises (*Geochelone elegans*) based on nuclear and mitochondrial DNA analysis: A story of rescue and repatriation. *Conserv. Genet.* 7(2): 231-240.

- Gibbons PM, Laphake E and Carpenter JW. 2013. Reptiles. In: Exotic Animal Formulary. 4th ed. JW Carpenter (ed). Missouri: Saunders. p. 83-182.
- Grover MC and DeFalco LA. 1995. Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*): Status-of Knowledge Outline With References. United States Department of Agriculture. p. 60.
- Guar S. 2008. Testudines: Major Component of Aquatic Fauna in Aravalli Foothills of Rajasthan (India) & Conservation. Proceeding of the 12th World Lake Conference, India, 28 October – 2 November 2007. p. 585-590.
- Hernandez-Divers S and Innis CJ. 2006. Renal Disease in reptiles: Diagnosis and Clinical Management. In: Reptile Medicine and Surgery. 2nd ed. DR Mader (ed). Missouri:Saunders. p. 1133.
- Hernandez-Divers SJ, Martinez-Jimenez D, Bush S, Latimer KS, Zwart P and Kroeze EJ. 2008. Effects of allopurinol on plasma uric acid levels in normouricaemic and hyperuricaemic green iguanas (*Iguana iguana*). Vet. Record. (162): 112-115.
- Hesse A and Neiger R. 2009. A Colour Handbook of Urinary Stones in Small Animal Medicine. London: Royal Canin and Manson Publishing Ltd. p. 126.
- Highfield AC. 1996. Parasitic Diseases. In: Practical Encyclopedia of Keeping and Breeding Tortoises and Freshwater Turtles. 1st ed. London: Carapace Press. p. 114.
- Holz P. 2006. Renal Anatomy and Physiology. In: Reptile Medicine and Surgery. 2nd ed. DR Mader (ed). Missouri: Saunders. p. 135-144.
- Homer BL, Berry KH, Brown MB, Ellis G and Jacobson ER. 1998. Pathology of Diseases in Wild Desert Tortoises from California. J. Wildl. Dis. 34(3): 508-523.
- Horne BD, Poole CM and Walde AD. 2012. Emerging Threat. In: Conservation of Asian Tortoises & Freshwater Turtles Workshop, Singapore, 21-24 February 2011. p. 7.
- Hsu CL, Hong BH, Yu YS and Yen GC. 2010. Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of *Orthosiphon aristatus* and Its Bioactive Compounds. J. Agric. Food Chem. 58(4): 2150-2156.
- Ivanchev IE. 2012. Indian Star Tortoise (*Geochelone elegans*) – Several years of husbandry and breeding experience in Bulgaria. Schildkröten im Fokus Online, Bergheim 3: 1-17.
- Jepson L. 2009. Tortoises and turtles. In: Exotic Animal Medicine. 1st ed. Toronto: Saunders Elsevier. p. 358-411.

- Kato-Noguchi H, Hamada N, Morita M and Suenaga K. 2013. A novel allelopathic substance, 13-epi orthosiphon N, in *Orthosiphon stamineus*. *J. Plant Physiol.* 170: 1-5.
- Kölle P and Hoffmann R. 2000. *Urine Analysis in Tortoises*. EAZWV. Parris, France. May 31th - June 4th.
- Kulkarni NM, Eisner BH, Pinho DF, Joshi MC, Kambadakone AR and Sahani DV. 2013. Determination of renal stone composition in phantom and patients using single-source dual-energy computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomo.* 37: 37-45.
- Kwantes LJ. 1992. Surgical correction of cystic urolithiasis in an iguana. *Can Vet J.* 33: 752-753.
- Legler JM. 1993. 16. Morphology and Physiology of the Chelonia. In: *Fauna of Australia 2A Amphibian and Reptilia*. CG Glasby, GJB Ross and PL Beesley (eds). Canberra: AGPS. p. 17-18.
- Liem KF, Bemis WE, Walker WF, Jr and Grande L. 2001. The Excretory and Osmoregulation. In: *Functional Anatomy of the Vertebrates*. 3rd ed. Florida: Harcourt College Publishers. p. 632-653.
- Lindén M, Anderson T, Broxyall M, Thumberg P and Geijer. 2011. Urinary stone size estimation: a new segmentation algorithm-based CT method. *Eur Radiol.* 22: 731-737.
- Longley L. 2008. Chelonian (tortoise, terrapin and turtle) anaesthesia. In: *Anaesthesia of Exotic Pets*. 1st ed. Toronto: Saunders Elsevier. p. 228-241.
- Mader DR. 2006. Calculi: Urinary. In: *Reptile Medicine and Surgery*. 2nd ed., Missouri: Saunders Elsevier. p. 763-771.
- Mans C and Sladky KK. 2012. Endoscopically guided removal of cloacal calculi in there African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*). *JAVMA.* 240(7): 869-875.
- Martorell J, Soto S, Barrera S and Ramis A. 2009. Ovarian Teratoma in a Mediterranean Tortoise. *Compendium: Continuing Education for Veterinarians.* p. 193-196.
- McArthur S and Barrows M. 2004. Nutrition. In: *Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles*. 1st ed. S McArthur, R Wilkinson, J Meyer, C Innis and S Hernandez-Divers (eds). Blackwell Publishing Ltd. p. 73-85.
- McArthur S. 1996^a. Handling, Injection and Feeding Techniques. In: *Veterinary Management of Tortoises and Turtles*. 1st ed. Oxford: Blackwell Science Ltd. p. 8-17.

- McArthur S. 1996^b. Hibernation. In: Veterinary Management of Tortoises and Turtles. 1st ed. Oxford: Blackwell Science Ltd. p. 18-29.
- McArthur S. 1996^c. Laboratory Tests and Suitable Samples. In: Veterinary Management of Tortoises and Turtles. 1st ed. Oxford: Blackwell Science Ltd. p. 116.
- McArthur S. 1996^d. Surgical Techniques and Shell Repairs. In: Veterinary Management of Tortoises and Turtles. 1st ed. Oxford: Blackwell Science Ltd. p. 94-110.
- McArthur S. 2007^a. Hospitalization and Stabilization of the Sick Chelonian. Proceeding of the NAVC Conference. Orlando, Florida. Jan 13-27. p. 1569-1573.
- McArthur S. 2007^b. Tortoise Hibernation and Some Complications. Proceeding of the NAVC Conference. Orlando, Florida. Jan 13-27. p. 1586-1587.
- McArthur SDJ, Wilkinson RJ and Barrows MG. 2002. Tortoises and turtles. In: BSAVA Manual of Exotic Pets. 4th ed. A Meredith and S Redrobe (eds) Gloucester: British Small Animal Veterinary Association. p. 208-222.
- McGeady TA, Quinn PJ, FitzPatrick ES and Ryan MT. 2006. Urinary System. In: Veterinary Embryology. 1st ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. p. 233-243.
- Miller HA. 1998. Urinary diseases of reptiles: Pathophysiology and diagnosis. Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine. 7(2): 93-103.
- Miller JD and Dinkelacker SA. 2008. Reproductive Structures and Strategies of Turtles. In: Biology of Turtles. J Wyneken MH Godfrey and V Bels (eds). Florida: CRC Press. p. 234.
- Minnich JE and Piehl PA. 1972. Spherical Precipitates in the Urine of reptiles. Comp. Biochem. Physiol. 41A: 551-554.
- Minnich JE. 1972. Excretion of Urate Salts by Reptiles. Comp. Biochem. Physiol. 41A: 535-549.
- Mitchell MA and Kirchgessner M. 2009. Chelonians. In: Manual of Exotic Pet Practice. MA Mitchell and TN Tully, Jr Missouri: Saunders Elsevier; p. 207-249.
- Miwa Y. 2008. Removal of Urinary Calculi via the Cloaca in Tortoises. Exotic DVM. 10(3): 5-7.
- Moll EO. 1898. *Geochelone elegans* Indian Star Tortoise. In: The Conservation Biology of Tortoises. IR Swingland and MW Klemens (eds). Gland: IUCN. p. 113-114.
- Morgan JP. 1993. Techniques of Veterinary Radiography. Iowa: Iowa State University Press. p. 448-453.


- Nadler RB, Stern JA, Kimm S and Hoff F. 2004. Coronal Imaging to Assess Urinary Tract Stone Size. *J. Urology*. 172: 962-964.
- Nesse A and Neiger R. 2009. *A Colour Handbook of Urinary Stones in Small Animals Medicine*. London: Royal Canin and Manson Publishing, Ltd. p. 126.
- Ngamrojanavanich N, Manakit S, Pornpakakul S and Petsom A. 2006. Inhibitory effects of selected Thai medical plants on Na⁺, K⁺-ATPase. *Fitoterapia*. 77: 481-483.
- Nguyen TT, Joyce DC and Dinh SQ. 2009. Effects of artificial amendments in potting media on *Orthosiphon aristatus* growth and development. *Scientia Horticulturae*. 123(1): 129-136.
- Olayemi F and Adeshina E. 2002. Plasma biochemical values in the African giant rat (*Cricetomys gambianus*, Waterhouse) and the West African hinge backed tortoise (*Kinixys erosa*). *Veterinarski Arhiv*. 72(6): 335-342.
- Palika L. 2001. Special Tortoises. In: *Turtles & Tortoises for Dummies*. New York: Hungry Minds, Inc. p. 137-144.
- Poffers J, Lumeij JT, Timmermans-Sprang EPM and Redig PT. 2002. Further studies on the use of allopurinol to reduce plasma uric acid concentrations in the Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*) hyperuricaemic model. *Avian Pathol*. 31: 567-572.
- Prosser CL and Brown FA Jr. 1961. Water: Osmotic Balance. In: *Comparative Animal Physiology*. 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company. p. 28.
- Ramsey I. 2011. *Small Animal Formulary*. 7th ed. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association. p. 9.
- Reavill DR and Schmidt RE. 2010. Urinary Tract Diseases of Reptiles. *J. Exot. Pet Med*. 19(4): 280-289.
- Rivera S. 2008. Health Assessment of the Reptilian Reproductive Tract. *J. Exot. Pet Med*. 17(4): 259-266.
- Robinson MR, Norris RD, Sur RL and Preminger GM. 2008. Urolithiasis: Not Just a 2-Legged Animal Disease. *J. Urol*. 179: 46-52.
- Schmidt-Nielsen K. 1990. Excretion. In: *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. 4th ed. New York: Cambridge University Press. p. 353-388.
- Schoepff ID. 1795. *Historia Testudinum Iconibus Illustrata*. Erlangae: Ioannis Iacobbi Palm. p. 136.

- Shepherd CR, Burgess EA and Loo M. 2004. Demand Driven: The Trade of Indian Star Tortoise *Geochelone elegans* in Peninsular Malaysia. *Petaling: Traffic Southeast Asia*. 10 p.
- Silva GFN, Mato WCG, Freire VTO and Pereira Neto J. 2010. Dimensions, mass and volume of the turtles kidneys (*Trachemys scripta elegans* WIED, 1839). *J. Morphol. Sci.* 27(3-4): 142-147.
- Sittisomwong N, Attawish A and Chuntapet P. 1999. Chronic toxicity test of *Orthosiphon aristatus* (Bl.) miq.extract. *Bulletin of Department of Medical Sciences*. 41(1): 41-54.
- Siverstone AM, Garner MM, Wojcieszyn JW, Couto CG and Raskin RE. 2007. Acute Lymphoblastic Leukemia in a Diamondback Terrapin, *Malaclemys terrapin*. *J Herp Med Sur.* 17(3): 92-99.
- Stienswat W, Runggruchkanont K and Bunyapraphatsara N. 1995. The Effects of Spacing and Fertilizers on the Yields of *Orthosiphon aristatus* (Bl.) Miq. *Thai J Phytopharmacy*. 2(1): 31-35.
- Thomson JS. 2006. *Anatomy of the Tortoise*. Salt Lake City: Bibliomania!. p. 416.
- University of Bristol. 1988. *Notes on the Anatomy of Tortoises, Snakes and Fishes*. Department of Anatomy University of Bristol. p. 15.
- Vize PD. 2003. Introduction: Embryonic Kidneys and Other Nephrogenic Models. In: *The Kidney From Normal Development to Congenital Disease*. PD Vize, AS Woolf and JBB Bard (eds). 1st ed. London: Academic Press. p. 1-6.
- Vyas R and Parasharya BM. 2000. Distribution and Status of the Star Tortoise (*Geochelone elegans*) in Gujarat State, India. *Zoos' Print J.* 15(4): 239-242.
- Wetland Research Management (WRM). 2013. *Field Survey Methods*. In: *Lake Jualbup Aquatic Fauna Surveys: Interim Report*. 11.
- Wilkinson R. 2004. Therapeutics. In: *Medicine and surgery of tortoises and turtles*. 1st ed. S McArthur R Willkinson and J Meyer (eds). Oxford: Blackwell Publishing Ltd. p. 465-485.
- Wright K. 2008^a. Clinical Management of Bladder Stone in Tortoises. NAVC Conference. Orlando, Florida. Jan 19-23. p. 1804-1806.
- Wright K. 2008^b. Diagnostic Sampling and Other Procedures with Turtles and Tortoises. NAVC Conference. Orlando, Florida. Jan 19-23. p. 1801-1803.


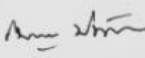
- Xu CS, Yang P, Bao, HJ, Bian XG and Chen QS. 2013. Ultrastructure of the nephron in the soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis* (Reptilia, Chelonia, Trionychidae). *Micron*. 44: 451-462.
- Zhong YS, Yu CH, Ying HZ, Wang ZY and Cai, H. F. 2012. Prophylactic effects of *Orthosiphon stamineus* Benth. extracts on experimental induction of calcium oxalate nephrolithiasis in rats. *J. Ethnopharmacol.* 144: 761-767.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.



Chulalongkorn University Animal Care and Use Committee


Certificate of Project Approval		<input checked="" type="checkbox"/> Original <input type="checkbox"/> Renew
Animal Use Protocol No.	Approval No.	
11310083	11310083	
Protocol Title		
Comparison of the effects of allopurinol and <i>Orthosiphon aristatus</i> (Blume) Miq. on hematological values and urine chemical compositions in Indian star tortoises (<i>Geochelone elegans</i>).		
Principal Investigator		
Assoc.Prof.Dr. Nantarika Chansue		
Certification of Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC)		
This project has been reviewed and approved by the IACUC in accordance with university regulations and policies governing the care and use of laboratory animals. The review has followed guidelines documented in Ethical Principles and Guidelines for the Use of Animals for Scientific Purposes edited by the National Research Council of Thailand.		
Date of Approval	Date of Expiration	
September 26, 2011	September 26, 2012	
Applicant Faculty/Institution		
Faculty of Veterinary Science		
Signature of Chairperson	Signature of Authorized Official	
		
Name and Title	Name and Title	
Asst. Prof. Dr. Thanis Damrongwatanapokin Chairman	Asst. Prof. Dr. Benjamas Patamalai Associate Dean (Research and Academic Service)	
<p><i>The official signing above certifies that the information provided on this form is correct. The institution assumes that investigators will take responsibility, and follow university regulations and policies for the care and use of animals.</i></p> <p><i>This approval is subjected to assurance given in the animal use protocol and may be required for future investigations and reviews.</i></p>		


ภาคผนวก ข.

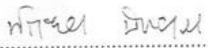
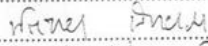
บันทึกการฝากเก็บรักษาของกลาง
 ส่วนบริการผู้โดยสาร สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
 วันที่ ๑๐ มิถุนายน ๒๕๕๔

บันทึกนี้ทำขึ้นเพื่อแสดงว่าวันนี้เวลาประมาณ ๒๓.๔๕ น. เจ้าหน้าที่ศุลกากรโดย นายสิทธิชัย จิงจिरานนท์ ผู้อำนวยการส่วนบริการผู้โดยสาร สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้ทำการส่งมอบของกลางเต่าดาว จำนวน.....๓๖๖.....ตัว ให้แก่ศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามที่เจ้าหน้าที่ศุลกากร สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้ทำการยึดไว้ตามฐานความผิดมาตรา ๒๗ พ.ร.บ.ศุลกากร พ.ศ.๒๕๖๙ ประกอบมาตรา ๑๖, ๑๗ พ.ร.บ.ศุลกากร (ฉบับที่๙) พ.ศ.๒๕๘๒ พ.ร.บ.สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ.๒๕๓๕ และอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (CITES) ทั้งนี้ เจ้าหน้าที่ศุลกากรได้ยึดไว้เป็นของกลาง มาตราที่ ๒๔ แห่ง พ.ร.บ.ศุลกากร พ.ศ.๒๕๖๙

จึงขอส่งมอบของกลาง เต่าดาว จำนวน.....๓๖๖.....ตัว ให้อยู่ในความอนุบาลต่อไป

(ลงชื่อ)..........ผู้ส่งมอบ
 (นายสิทธิชัย จิงจिरานนท์)
 ตำแหน่ง ผู้อำนวยการส่วนบริการผู้โดยสาร

(ลงชื่อ)..........ผู้รับมอบ
 (รศ.สพญ.ดร.นันทริกา ชันชื้อ)
 ตำแหน่ง ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ภาควิชาอายุรศาสตร์
 คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ลงชื่อ)..........พยาน
 (..........)
 ผู้แจ้งผู้แจ้ง

ภาคผนวก ค.**ศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ**

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนอังรีนดิงต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0-2251-8887, 0-2218-9510 แฟกซ์ 0-2251-8887

ศน. 0/954

29 สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์รับบริจาคเต้าดาว

เรียน ผู้อำนวยการสำนักงานศุลกากร ส่วนของผู้โดยสาร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

อ้างถึง บันทึกการฝากเก็บรักษาของกลาง ส่วนบริการผู้โดยสาร สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสาร

ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ลงวันที่ 10 มิถุนายน 2554

สิ่งที่ส่งมาด้วย ภาพถ่ายเต้าดาวของกลาง

อ้างถึง บันทึกการฝากเก็บรักษาของกลาง ส่วนบริการผู้โดยสาร สำนักงานศุลกากรตรวจของผู้โดยสาร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ลงวันที่ 10 มิถุนายน 2554 ได้ทำการส่งมอบของกลางเต้าดาวจำนวน 366 ตัว ให้แก่ศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นหน่วยงานในกำกับกระทรวงศึกษาธิการ ในวันที่ 10 มิถุนายน 2554 เพื่อทำการการดูแลรักษาสุภาพเต้านั้น ขณะนี้ครบกำหนดระยะเวลาที่ฝากดูแลสุภาพเต้าดังกล่าว จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์บริจาคเต้าดาวจำนวน 366 ตัว ให้กับศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ เพื่อทำการดูแลรักษาสุภาพและเพื่อการวิจัยในการเรียนการสอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.นันทริกา ชันช้อย)

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ

สำเนาเรียน คณะบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

สพ.ญ. ขวัญตา ชยกัม เกิดวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2522 จังหวัด กรุงเทพฯ จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี ณ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2546 มีประสบการณ์การทำงาน ณ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2547 และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ทหาร (Armed Forces Research Institute of Medical Sciences หรือ AFRIMS) ฝ่ายสหรัฐอเมริกา แผนกกีฏวิทยา (Department of Entomology) ส่วนงานพยาธิภายนอก (Ectoparasite Section) ปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2552

มีผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ ได้แก่

Lerdthusnee K, Nigro J, Monkanna T, Leepitakrat W, Leepitakrat S, Insuan S, Charoensongsermkit W, Khlaimanee N, Akkagraisee W, Chayapum K and Jones JW. 2008. Surveys of rodent-borne disease in Thailand with a focus on scrub typhus assessment. *Integrative Zool.* 3(4): 267-273.

ขวัญตา ชยกัม และ นันทริกา ชันชื้อ. 2556 (2013). การเปรียบเทียบผลการใช้อัลโลพูรินอล (ALLOPURINOL) และสารสกัดหญ้าหนวดแมว [*ORTHOSIPHON ARISTATUS* (BLUME) MIQ.] ต่อค่าไลหิตวิทยาและค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะในเต่าดาวอินเดีย (*GEOCHELONE ELEGANS*). งานสัมมนาสัตว์ป่าและสวนสัตว์ครั้งที่ 7, 17-18 กันยายน 2556. หน้า 56-59.