การหาความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ในสุนัขป่วยด้วยโรคไต

นายคมกฤช ลออธนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาศัลยศาสตร์ทางสัตวแพทย์ ภาควิชาศัลยศาสตร์
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

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.

ASSESSMENT OF RENAL BLOOD VELOCITY BY DOPPLER ULTRASOUND

IN DOGS WITH RENAL DISEASES

Mr.Komkrit Laortanakul

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Veterinary Surgery

Department of Veterinary Surgery

Faculty of Veterinary Science

Chulalongkorn University

Acedemic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ในสุนัขป่วยด้วยโรคไต
โดย	นายคมกฤช ลออธนกุล
สาขาวิชา	ศัลยศาสตร์ทางสัตวแพทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.ไพวิภา กมลรัตน์

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. มงคล เตชะกำพุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. วรพันธุ์ ณ สงขลา)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.ไพวิภา กมลรัตน์)

.... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. มาริษศักร์ กัลล์ประวิทธ์)

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร. รสมา ภู่สุนทรธรรม)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. นฤพนธ์ คำพา)

คมกฤช ลออธนกุล : การหาความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ในสุนัขป่วยด้วยโรคไต (ASSESSMENT OF RENAL BLOOD VELOCITY BY DOPPLER ULTRASOUND IN DOGS WITH RENAL DISEASES) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.สพ.ญ.ดร.ไพวิภา กมลรัตน์, 50 หน้า

การศึกษาหาความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ เพื่อใช้เป็นเทคนิคใหม่ในการวินิจฉัยสุนัขป่วยด้วยโรคไต สุนัขจำนวน 50 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆละ 25 ตัว ได้แก่ สุนัขปกติ (น้ำหนัก (W): 3.2-24 กก.; ค่าครีอะตินีนในเลือด (Cr): 0.6-1.2 มก./ดล. อัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (UPC): 0.02-0.4) และสุนัขโรคไต (W: 2.4-31 กก.; Cr: 2.4-14 มก./ดล.; UPC: 0.8-15.8) ทำการตรวจอัลตราซาวด์ไตทั้งสองข้างในท่านอนตะแคง ตรวจภาพในโหมดบีเพื่อวัดขนาดไตและหลอดเลือดที่เลี้ยงไต และในโหมดดอปเปลอร์ชนิดสีและคลื่นพัลส์เพื่อวัดความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) เพื่อคำนวณหาค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) และอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) ผลการศึกษาพบว่า เอออร์ตา (Ao) ต่อน้ำหนักตัว หลอดเลือดแดงไต (RA) และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) ของสุนัขทั้งสองกลุ่มมีขนาดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สุนัขปกติมีค่า PSV ของ Ao, RA และ IA เท่ากับ 144.89±39.73, 85.67±21.41, และ 52.59±14.90 ซม./วินาที และค่า EDV ของ Ao, RA และ IA เท่ากับ 21.13±7.50, 22.91±6.69, และ 16.33±6.12 ซม./วินาที ตามลำดับ ในสุนัขโรคไตมีค่า PSV ของ Ao, RA และ IA เท่ากับ 126.49±31.21, 67.80±19.63, และ 27.72±10.16 ซม./วินาที และค่า EDV ของ Ao, RA และ IA เท่ากับ 20.99±8.46, 16.61±7.03, และ 9.38±2.71 ซม./วินาที ตามลำดับ ค่า RI ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต เท่ากับ 0.69±0.07 และ 0.64±0.08 ตามลำดับ โดยสุนัขโรคไตมีค่า RI ต่ำกว่าสุนัขปกติ และพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างค่า RI กับ Cr ($p<0.05$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า RI กับ UPC ($p>0.05$) ค่า RAR ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต เท่ากับ 0.61±0.13 และ 0.55±0.17 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีความสัมพันธ์กับ Cr หรือ UPC ($p>0.05$) ส่วนค่า RIR ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต เท่ากับ 1.68±0.37 และ 2.69±1.06 ตามลำดับ โดยสุนัขโรคไตมีค่า RIR สูงกว่าสุนัขปกติ และพบความสัมพันธ์เชิงบวกกับ Cr และ UPC ($p<0.05$) ดังนั้น ค่า RIR ที่ได้จากการตรวจอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์จึงมีความเหมาะสมกว่า RI และ RAR สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นค่าอ้างอิงทางคลินิกเพื่อวินิจฉัยโรคไตระยะแรกในสุนัข

ภาควิชา ศัลยศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ศัลยศาสตร์ทางสัตวแพทย์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

ปีการศึกษา 2555

5375552131 : MAJOR VETERINARY SURGERY
KEYWORDS : DOPPLER ULTRASOUND / BLOOD VELOCITY / KIDNEY / CREATININE / DOG

KOMKRIT LAORTANAKUL : ASSESSMENT OF RENAL BLOOD VELOCITY BY DOPPLER ULTRASOUND IN DOGS WITH RENAL DISEASES. ADVISOR : ASSOC. PROF. PHIWIPHA KAMONRAT DVM,MS, PhD., 50 pp.

Assessment of renal blood velocity by Doppler ultrasound as a new diagnostic technique was studied in dogs with renal diseases. Fifty dogs were divided equally into two groups of normal dog (weight (W): 3.2-24 kg; blood creatinine (Cr): 0.6-1.2 mg/dl; urinary protein : creatinine ratio (UPC): 0.02-0.4) and dogs with renal diseases (W: 2.4-31 kg; Cr: 2.4-14 mg/dl; UPC: 0.8-15.8). Ultrasonography of both kidneys was performed in lateral recumbency. Renal length and blood vessel diameters were obtained using B-mode. Color and pulsed wave Doppler modes were used to measure peak systolic velocity (PSV) and end diastolic velocity (EDV) for calculating resistive indexes of interlobar arteries (RI), renal aortic ratios (RAR), and renal interlobar ratios (RIR). The results indicated that diameters of aorta (Ao) per weight, renal arteries (RA), and interlobar arteries (IA) were not significantly different ($p>0.05$) between the two groups. In normal dogs, PSV of Ao, RA, and IA were 144.89±39.73, 85.67±21.41, and 52.59±14.90 cm/s; and EDV were 21.13±7.50, 22.91±6.69, and 16.33±6.12 cm/s, respectively. In dogs with renal diseases, PSV of Ao, RA, and IA were 126.49±31.21, 67.80±19.63, and 27.72±10.16 cm/s; and EDV were 20.99±8.46, 16.61±7.03, and 9.38±2.71 cm/s, respectively. RI of dogs with renal diseases (0.64±0.08) was significantly lower than of those normal dogs (0.69±0.07) ($p<0.05$). RI was found negatively correlated with Cr but UPC ($p>0.05$). RAR of normal dogs and dogs with renal diseases were 0.61±0.13 and 0.55±0.17, respectively, and were not significantly different. There was no correlation between RAR and Cr or UPC. RIR of normal dogs and dogs with renal diseases were 1.68±0.37 and 2.69±1.06, respectively. RIR was found positively correlated with both Cr and UPC ($p<0.05$). Thus, RIR assessed by Doppler ultrasound might be more suitable than RI and RAR to be used as a reference index for clinical diagnosis of early renal diseases in dogs.

Department : Veterinary Surgery Student's Signature ....

Field of Study : Veterinary Surgery Advisor's Signature ....

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร. ไพวิภา กมลรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. มาริษศักร์ กัลล์ประวิทธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. วรพันธุ์ ณ สงขลา รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร. รสมา ภู่สุนทรธรรม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. นฤพนธ์ คำพา ที่กรุณาสละเวลาและให้คำแนะนำ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่าและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่แผนกรังสีวิทยา บุคลากรภาควิชาศัลยศาสตร์ และนายสัตวแพทย์ประจำโรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับอาจารย์ที่ปรึกษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และท้ายสุดนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ซ
สารบัญรูป		ฌ
บทที่ 1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	คำถามในการวิจัย	5
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	10
	สัตว์ที่ศึกษา	10
	วิธีการศึกษา	10
	การวิเคราะห์ข้อมูล	16
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	18
	ผลการวิเคราะห์ขนาดไต	19
	ผลการวิเคราะห์ขนาดของหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต	23
	ผลการวิเคราะห์การวัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต	26
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	36
	สรุปผลการวิจัย	36
	อภิปรายผลการวิจัย	38
	ข้อเสนอแนะ	42
รายการอ้างอิง		43
ภาคผนวก		47
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		50

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ประเมินสภาพน้ำในร่างกายทางคลินิก 11

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(ค่าพิสัย) ของขนาดความยาวของไต (K) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) ขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) ขนาดเอออร์ตา (Ao) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว (A/W) ขนาดหลอดเลือดแดงไต (RA) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) และขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ระหว่างกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไต 33

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าพิสัย) ของความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) ความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจคลายตัวเต็มที่ (EDV) ของเอออร์ตา (Ao) หลอดเลือดแดงไต (RA) และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/s) ระหว่างกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไต 34

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าพิสัย) ของอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) และค่าความต้านทาน (RI) ของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตระหว่างกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไต 35

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ภาพแสดงมุม (a) ระหว่างทิศทางของอัลตราซาวด์กับทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือด 7
รูปที่ 2 ภาพสุนัขแสดงตำแหน่งโกนขนบริเวณหน้าท้องโดยโกนขนตั้งแต่ซี่โครงซี่สุดท้ายจนถึงเชิงกราน (ศรชี้) 11
รูปที่ 3 ภาพสุนัขนอนตะแคงขวาแสดงตำแหน่งวางหัวตรวจอัลตราซาวด์ขณะตรวจไตซ้าย 12
รูปที่ 4 ภาพอัลตราซาวด์ไตในแนว dorsal plane แสดงตำแหน่งที่วัดความยาวสูงสุดของไต 13
รูปที่ 5 ภาพอัลตราซาวด์แสดงตำแหน่งที่วัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือด
ก. เอออตาร์ (Ao) วัดตรงตำแหน่งห่างออกมา 5 มิลลิเมตรก่อนจุดแยกของหลอดเลือดแดงไต (RA), หลอดเลือดแดงไตวัดตรงตำแหน่งห่างออกมา 5 มิลลิเมตรจากจุดแยกเอออร์ตา
ข. หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) วัดตรงตำแหน่งที่หลอดเลือดแดงไม่ซ้อนทับกับหลอดเลือดดำข้างเคียง และปรับให้ทิศทางของอัลตราซาวด์อยู่ในแนวขนานกับทิศทางการไหลของเลือด 13
รูปที่ 6 ภาพอัลตราซาวด์คลื่นพัลส์โหมดดอปเปลอร์ของหลอดเลือดบริเวณไตในสุนัข ก. เอออร์ตา ข. หลอดเลือดแดงไต ค. หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ แสดงตำแหน่งที่วัดความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจบีบและคลายตัวเต็มที่ (PSV = ความเร็วในการไหลของเลือดในขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่, EDV = ความเร็วในการไหลของเลือดในขณะหัวใจคลายตัวเต็มที่ 15
รูปที่ 7 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบระหว่างขนาดความยาวของไต (K) อัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) และอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต 19
รูปที่ 8 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัวในสุนัขปกติ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.87) 20
รูปที่ 9 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัวในสุนัขโรคไต (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.81) 20
รูปที่ 10 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับขนาดเอออร์ตาในสุนัขปกติ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.77) 21

หน้า

รูปที่ 11 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับขนาดเอออร์ตาในสุนัขโรคไต (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.59) 21
รูปที่ 12 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดเอออร์ตา (Ao) อัตราส่วนขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว (Ao/W) ขนาดหลอดเลือดแดงไต (RA) และขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต 23
รูปที่ 13 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเอออร์ตากับน้ำหนักตัวในสุนัขปกติ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65) 24
รูปที่ 14 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเอออร์ตากับน้ำหนักตัวในสุนัขโรคไต (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.57) 24
รูปที่ 15 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) และค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต 28
รูปที่ 16 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) กับค่าครีอะตินีนในเลือด (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.74) 28
รูปที่ 17 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) กับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.50) 29
รูปที่ 18 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) กับค่าครีอะตินีนในเลือด (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.34) 29
รูปที่ 19 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าครีอะตินีนในเลือดกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65) 30
รูปที่ 20 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าครีอะตินีนในเลือดกับค่าความดันเลือด (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.33) 30

หน้า

รูปที่ 21 แสดงพื้นที่ใต้โค้ง (AUC) จากการวิเคราะห์ด้วย (ROC curve) ของค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) ค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) และเส้นอ้างอิง (R) 31
รูปที่ 22 ภาพอัลตราซาวด์แสดงผลการวัดความเร็วในการไหลของเอออร์ตาในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) และลักษณะของคลื่นพัลส์ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต 31
รูปที่ 23 ภาพอัลตราซาวด์แสดงผลการวัดความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงไตในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) และลักษณะของคลื่นพัลส์ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต 32
รูปที่ 24 ภาพอัลตราซาวด์แสดงผลการวัดความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) และลักษณะของคลื่นพัลส์ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต 32

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโรคไตเป็นโรคหนึ่งที่พบได้บ่อยในสุนัขและแมว สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการขาดเลือดไปเลี้ยงที่ไตซึ่งอาจเกิดจากภาวะขาดน้ำ (dehydration) โลหิตจาง (anemia) การได้รับยาบางชนิด ไตได้รับการกระแทก การติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะส่วนต้น หรือการได้รับสารพิษบางชนิดซึ่งส่งผลกระทบต่อหน่วยไต ทำให้การทำงานของไตลดลง ไตปกติจะได้รับเลือดปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเลือดที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาที (Bovee, 1984) ภาวะการขาดเลือดก่อให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนและหลั่งสารที่มีผลให้หลอดเลือดบริเวณไตหดตัวทำให้ไตมีเลือดไปเลี้ยงน้อยลง หากเกิดเป็นระยะเวลานานจะทำให้ไตเกิดพยาธิสภาพและเกิดภาวะไตวายตามมา (Bovee, 1984) นอกจากนี้ภาวะการขาดเลือดยังทำให้ระดับพลังงาน ATP (adrenosine triphosphatase) ลดลงส่งผลให้หน่วยไต (nephron) เกิดการบวมและตาย การทำงานของไตจึงผิดปกติ กล่าวคือ การแลกเปลี่ยนระหว่างโซเดียม (sodium) กับโพแทสเซียม (potassium) การกรอง การดูดกลับของน้ำและอิเล็คโทรไลท์จากหน่วยไตลดลง ทำให้ปริมาณของเสีย เช่น ยูเรียในเลือดสูงขึ้น การตรวจวินิจฉัยสัตว์ป่วยด้วยโรคไตสามารถตรวจได้จากอาการอาเจียน ซึม เบื่ออาหาร เกิดภาวะขาดน้ำ เยื่อเมือกซีด ถ่ายเหลวอุจจาระมีสีดำ (Squires, 2007) ประกอบกับการตรวจเลือด การตรวจน้ำปัสสาวะ รังสีวินิจฉัย อัลตราซาวด์ (ultrasound) และการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

การตรวจเลือดสามารถใช้ประเมินความเสียหายของไตและประเมินการทำหน้าที่ของไตได้ในทางคลินิก ระดับยูเรีย (urea) และครีอะตินีน (creatinine) ในเลือดจะสูงขึ้นในสัตว์ป่วยด้วยโรคไต แต่การเปลี่ยนแปลงของค่ายูเรียในเลือดยังอาจพบได้ในสัตว์ป่วยโรคตับ สัตว์อดอาหารเป็นเวลานาน หรือสัตว์ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ดังนั้นค่ายูเรียในเลือดเพียงค่าเดียวจึงไม่สามารถประเมินการทำงานของหน่วยไตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Heiene and Lefebvre, 2007) ในทางคลินิกจึงนิยมใช้ค่าครีอะตินีนในการประเมินการทำงานของไตโดยทางอ้อมทั้งในมนุษย์ และสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีเป็นโรคไตวายเรื้อรัง ค่าครีอะตินีนจะสูงขึ้นหากพบว่าไตสูญเสียการทำงานกว่า 66 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (Squires, 2007) ดังนั้นทั้งค่ายูเรียและครีอะตินีนในเลือดจึงไม่สามารถบ่งบอกภาวะไตวายระยะแรกได้ นอกจากการตรวจระดับยูเรียและครีอะตินีนในเลือดแล้วยังอาจประเมินการทำงานของไตจากอัตราการกรองผ่านกลุ่มเส้นเลือดฝอยที่ไต (glomerular filtration rate) โดยการวัดอัตราที่ไตกำจัดครีอะตินีนที่สร้างขึ้นในร่างกาย (Buranakarl et al., 2004) รวมทั้ง

สารที่ฉีดจากภายนอกร่างกาย ได้แก่ อินูลิน (inulin) (Haller et al., 1998) ไอโอเฮกซอล (iohexol) (Finco et al., 2001) ครีอะตินีน (Finco et al., 2001) Tc-DTPA (tecnetium diethylenetriamine pentaacetic acid) และ Cr-EDTA (chromium ethylenediamine tetraacetic acid) (Heiene and Moe, 1998) เป็นต้น

การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ประเมินการทำงานของไตและทางเดินปัสสาวะ โดยวัดความถ่วงจำเพาะและโปรตีนในปัสสาวะ ซึ่งวิธีที่น่าเชื่อถือคือการวัดอัตราส่วนปริมาณโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (urine protein:creatinine ratio) เพื่อประเมินระดับความเสียหายของหน่วยไตและหลอดไตฝอย (renal tubule) รวมทั้งพยากรณ์โรคและติดตามผลการรักษา (Heiene and Lefebvre, 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวัดโปรตีนชนิดอัลบูมินโมเลกุลเล็ก (microalbumin) ที่บ่งชี้โรคไตระยะเริ่มต้น แต่ค่านี้มีความจำเพาะต่ำเนื่องจากสามารถตรวจพบโปรตีนอัลบูมินในปัสสาวะของสัตว์ที่ป่วยด้วยโรคอื่น เช่น โรคหัวใจ โรคทางระบบสืบพันธุ์ และโรคมะเร็งบางชนิด (Pressler et al., 2002)

การถ่ายภาพทางรังสีเพื่อวินิจฉัยโรคไตนั้นมักใช้ประเมินขนาดของไตและรูปร่างของไตและก้อนนิ่วในทางเดินปัสสาวะ รวมถึงการฉีดสารทึบรังสี (contrast media) เข้ากระแสเลือดเพื่อประเมินขนาด รูปร่างและตำแหน่งของหลอดเลือดที่เลี้ยงไต ซึ่งอาจจำเป็นต้องให้ยากล่อมประสาท (tranquilizer)ในสัตว์ป่วยขณะฉีดสีจึงมีความเสี่ยงสูงโดยเฉพาะในสัตว์ป่วยด้วยโรคไตและในสัตว์ที่มีภาวะขาดน้ำ (Dennis and McConnell, 2007)

การใช้อัลตราซาวด์เพื่อวินิจฉัยโรคไตนับเป็นวิธีที่ปลอดภัย ไม่รุนแรงต่อสัตว์ สัตว์ป่วยไม่ต้องรับรังสี ไม่จำเป็นต้องวางยาสลบสัตว์และค่าใช้จ่ายน้อย สามารถใช้ประเมินขนาดจากการวัดความยาวสูงสุดของไตแต่ละข้างเทียบกับน้ำหนักตัวของสุนัข (Barr et al., 1990) หรือหาอัตราส่วนความยาวสูงสุดของไต (K) เทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเอออร์ตา (Ao) ซึ่งมีค่าระหว่าง 5.5-9.1 ในสุนัขปกติ ค่า K/Ao ที่น้อยกว่า 5.5 แสดงว่าสุนัขมีขนาดไตที่เล็กลงซึ่งพบได้ในสัตว์ป่วยโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ถ้าค่า K/Ao มากกว่า 9.1 แสดงว่าขนาดไตใหญ่ผิดปกติ (Mareschal et al., 2007) เช่น กรณีไตอักเสบแบบเฉียบพลัน (acute nephritis) เลือดออกในไต (hemorrhage) เนื้องอกในไต (neoplasia) ไตบวมน้ำ (hydronephrosis) และ/หรือถุงน้ำ (cyst) ที่ไต อย่างไรก็ตาม สัตว์ที่ป่วยด้วยโรคไตแบบเฉียบพลันอาจจะมีค่า K/Ao อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ นอกจากการวัดขนาดแล้วอัลตราซาวด์ยังใช้ตรวจรูปร่างของไต ไตที่มีขนาดเล็กลงอาจมีรูปร่างปกติหรือผิดปกติ ไตที่มีรูปร่างขรุขระอาจบ่งชี้ถึงพยาธิสภาพของไต เช่น ถุงน้ำ ภาวะขาดเลือด และ/หรือผังผืด (fibrosis) ในไต (Nyland et al, 2002) ซึ่งการตรวจพยาธิสภาพของไตอาจใช้อัลตราซาวด์ช่วยในการเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อในสัตว์ที่ป่วยด้วยโรคไตวายแบบเฉียบพลันโดยไม่ทราบสาเหตุ กรวยไตอักเสบและเนื้องอกในไต

(Vaden and Brown, 2007) นอกจากนี้ยังใช้อัลตราซาวด์เพื่อศึกษาการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตโดยใช้หัวตรวจ (probe หรือ transducer) ชนิดดอปเปลอร์ (Doppler) เพื่อเก็บข้อมูลทางกายวิภาคและสรีรวิทยาและประเมินการทำงานของหลอดเลือดที่เลี้ยงไต (Halpern et al., 1995) เช่น การใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์หาค่าความต้านทาน (resistive index) ของหลอดเลือดที่สูงขึ้นในผู้ป่วยที่มีความดันเลือดสูงเรื้อรัง (Pontremoli et al., 1999)

การวัดอัตราการไหล (flow rate) ของเลือดที่เลี้ยงไตเป็นการประเมินการทำงานของไตวิธีหนึ่ง (Bovee, 1984) โดยวิธีที่ยอมรับคือการวัดอัตราการขับสาร para-amino-hippuric acid (PAH) (Bovee, 1984; Smith et al., 1945) เพื่อประเมินการไหลของเลือดและการขับของเสียที่ไต แต่เป็นวิธีที่ใช้วัดค่าเฉลี่ยของเลือดที่เลี้ยงไตโดยรวม ไม่สามารถระบุตำแหน่งของหลอดเลือดที่ผิดปกติ จึงใช้อัลตราซาวด์วัดความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไต โดยการฝังหัวตรวจขนาดเล็ก (flow probe) ที่หลอดเลือดแดงไต (Sandgaard et al., 2002) แม้ว่าจะเป็นวิธีที่ตรวจวัดการไหลของเลือดได้แม่นยำกว่า แต่ไม่เหมาะในการปฏิบัติทางคลินิก ดังนั้นการใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์เพื่อประเมินการไหลของเลือดภายในไตจึงเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับใช้ในการตรวจสัตว์ป่วยทางคลินิกมากกว่า ในอดีตมีรายงานการศึกษารูปแบบคลื่นอัลตราซาวด์ที่แสดงการไหลของเลือดในหลอดเลือดภายในช่องท้องสุนัขปกติ (Szatmári et al., 2001) และนำมาคำนวณเป็นค่าความต้านทานของหลอดเลือด (resistive index) ซึ่งมีรายงานค่าปกติในคน (Mastorakou et al., 1994) และในสัตว์ (Novellas et al., 2007) แต่จากการศึกษาของ Morrow และคณะ (1996) พบว่าค่าความต้านทานของหลอดเลือดภายในไตมีความไวในการบ่งชี้ความผิดปกติของไตในสุนัขได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งตรงข้ามกับผลการศึกษาในมนุษย์ (Gao et al., 2011)

Souza de Oliveira และคณะ (2000) ได้ศึกษาการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตในผู้ป่วยด้วยโรคหลอดเลือดแดงไตตีบ (stenosis) โดยใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ พบว่าการตีบของหลอดเลือดที่เลี้ยงไตทำให้มีเลือดไปเลี้ยงไตลดลงซึ่งเป็นสัญญาณแรกที่บ่งชี้ความผิดปกติของไต โดยทำการวัดค่าความเร็วในการไหลของเลือดในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (peak systolic velocity) ในหลอดเลือดแดงไต เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อความเร็วในการไหลของเลือดในเอออร์ตาซึ่งพบว่ามีค่าเกิน 1.8 และประเมินการไหลของหลอดเลือดแดงภายในไตโดยวัดความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงไตในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ช่วงต้น เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตกับในหลอดเลือดแบ่งส่วนย่อยในเนื้อไต (segmental artery) พบว่าสามารถใช้อัตราส่วนนี้ในการวินิจฉัยโรคหลอดเลือดตีบซึ่งจะมีค่ามากกว่า 7.5 Carvalho และ Chammas (2011) ได้นำวิธีนี้มาประยุกต์เพื่อศึกษาการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตและในหลอดเลือดภายในไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์เพื่อหาค่า

อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตปกติในแมวพันธุ์เปอร์เซีย โดยคำนวณจากความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงไตและในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ที่ไตขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ อย่างไรก็ตาม การหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดที่ไตดังกล่าวยังไม่มีรายงานในสุนัขและในแมวพันธุ์อื่น

สำหรับในประเทศไทยมีสุนัขป่วยด้วยโรคไตเป็นจำนวนมาก ประกอบกับมีการศึกษาในสุกรพบว่าระดับความรุนแรงของการตีบของหลอดเลือดแดงไตมีความสัมพันธ์กับระดับครีอะตินีนในเลือด (Lerman et al., 1999) ดังนั้น การใช้อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ เพื่อประเมินการไหลเวียนของเลือดและการทำงานของไตจึงน่าจะมีส่วนสำคัญในการคัดกรองสัตว์ป่วยด้วยโรคไตในระยะต้นและเพิ่มประสิทธิภาพของการวินิจฉัยและการพยากรณ์โรคไตในสัตว์เลี้ยง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ในสุนัขปกติ
2. เพื่อหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาและในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในสุนัขปกติ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าครีอะตินีนในเลือดของสุนัขกับอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และกับอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์
4. เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอร์โลบาร์เพื่อวินิจฉัยโรคไตในสุนัข

คำถามสำหรับการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในสุนัขปกติมีค่าเท่าไหร่
2. ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาและในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์โดยใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าครีอะตินีนในสุนัขหรือไม่
3. ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาและในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์สามารถใช้วินิจฉัยโรคไตในสุนัขได้หรือไม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบพารามิเตอร์ในการวัดการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์
2. ทราบเทคนิคใหม่ในการประเมินการทำงานของไตในสุนัขด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์
3. สามารถนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคไตของสุนัขในระยะเริ่มแรก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเร็วในการไหลของเลือด หมายถึง ปริมาตรของเลือดที่ไหลผ่านหลอดเลือดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที หรือลิตรต่อนาที การไหลของเลือดในหลอดเลือดจะคล้ายกับการไหลของของเหลวในท่อแข็งซึ่งมีลักษณะการไหลเป็นชั้นๆ (laminar flow) โดยการไหลของเลือดแต่ละชั้นจะห่างจากผนังหลอดเลือดเท่าเดิมตลอดการไหล ชั้นเลือดที่อยู่ในแนวศูนย์กลางของหลอดเลือดจะมีความเร็วมากที่สุด และความเร็วของการไหลจะลดลงเมื่อชั้นของการไหลอยู่ห่างจากแนวศูนย์กลางของหลอดเลือด ดังนั้นชั้นเลือดที่ติดอยู่กับผนังหลอดเลือดจะมีอัตราการไหลของเลือดเท่ากับศูนย์ โดยทั่วไปการไหลแบบเป็นชั้นๆ มักจะไม่เกิดเสียง จึงไม่สามารถฟังเสียงการไหลของเลือดในหลอดเลือดปกติของร่างกายได้ ซึ่งความเร็วในการไหลของเลือดแปรผันตามความดันของเลือดในร่างกาย เมื่อของเหลวไหลผ่านท่อที่ตีบแคบและความเร็วในการไหลของของเหลวสูงกว่าความเร็ววิกฤติ (critical velocity) จะทำให้เกิดเสียง จึงสามารถฟังเสียงการไหลของเลือดในกรณีที่เกิดการไหลแบบปั่นป่วนได้ (turbulant flow) ซึ่งใช้หลักการนี้ในการวัดความดันเลือดแดง อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการไหลของเลือดที่ลดลงจะมีผลต่อการลดลงของการขนส่งออกซิเจนในร่างกาย ก่อให้เกิดภาวะการขาดออกซิเจนของอวัยวะที่สำคัญ ได้แก่ สมอง หัวใจ ไต และอวัยวะอื่นๆ (David, 1997; Szatmári et al., 2001)

หลักการวัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์เป็นการปล่อยคลื่นเสียงจากหัวตรวจอัลตราซาวด์ เพื่อรับเสียงสะท้อนจากเลือดที่กำลังไหลในหลอดเลือด เลือดที่ไหลเข้าหาหัวตรวจจะมีความถี่ที่สูงกว่าเลือดที่ไหลไปในทิศตรงข้ามกับหัวตรวจ ความเร็วและทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือด ประเมินได้จากสมการ

$$v = \frac{fc}{2F\cos(a)}$$

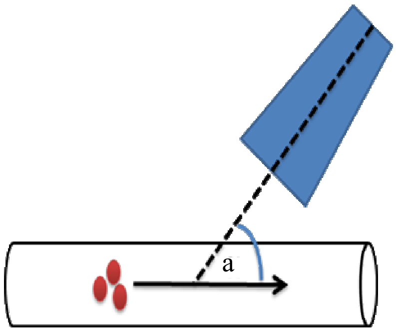
v คือ ความเร็วของเม็ดเลือดแดงที่วิ่งในหลอดเลือด มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที

f คือ การเปลี่ยนแปลงของความถี่ของอัลตราซาวด์ระหว่างคลื่นเสียงที่ส่งไปกับคลื่นเสียงสะท้อน (Doppler shift) มีหน่วยเป็นกิโลเฮิรตซ์

c คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของอัลตราซาวด์ที่เดินทางผ่านน้ำเลือดในหลอดเลือด (ปกติมีค่าประมาณ 1,540 เซนติเมตรต่อวินาที)

F คือ ความถี่ของคลื่นเสียงที่ส่งจากหัวตรวจไปยังหลอดเลือด มีหน่วยเป็นกิโลเฮิรตซ์

a คือ มุมระหว่างทิศทางของอัลตราซาวด์กับทิศทางการไหลของเลือด (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ภาพแสดงมุม (a) ระหว่างทิศทางของอัลตราซาวด์ (เส้นประ) กับทิศทางการไหลของเลือด (แนวลูกศร) ในหลอดเลือด

จากสมการ ค่า f จะมีค่ามากที่สุดเมื่อ a = 0º (cos 0º = 1) และมีค่าน้อยที่สุดเมื่อ a = 90º (cos 90º = 0) กล่าวคือ คลื่นเสียงสะท้อนที่วัดได้จะมีค่าสูงสุดถ้าทิศทางของอัลตราซาวด์ขนานไปกับทิศทางการไหลของเลือด และจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทิศทางของอัลตราซาวด์ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของเลือด ดังนั้น การวัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดด้วยอัลตราซาวด์จะมีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เมื่อปล่อยคลื่นเสียงในทิศทางตามแนวแกนยาวของหลอดเลือดซึ่งเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ จึงมักกำหนดให้ทิศทางของอัลตราซาวด์และแนวหลอดเลือดทำมุมกันไม่เกิน 60 องศา เพื่อลดความผิดพลาดในการแปลผล (Szatmári et al., 2001)

ขนาดของสัญญาณอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ขึ้นอยู่กับชนิดและความถี่อัลตราซาวด์ของหัวตรวจ มุมระหว่างทิศทางของอัลตราซาวด์กับทิศทางการไหลของเลือดและความเร็วในการไหลของเลือด (Gill, 1985) หากคลื่นเสียงที่ส่งไปและคลื่นเสียงสะท้อนมีความถี่ต่างกันมากแสดงว่าเลือดไหลในหลอดเลือดด้วยความเร็วสูง

การใช้คลื่นพัลส์ (pulsed wave) เป็นการส่งคลื่นเสียงเป็นจังหวะโดยระยะห่างของการส่งคลื่นแต่ละคลื่นเท่ากัน สามารถใช้ประเมินหาความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดได้ โดยกำหนด sample volume ตรงตำแหน่งที่ต้องการตรวจเพื่อให้ได้ภาพสองมิติต่อเนื่องและแสดงผลทางเสียงได้ เลือดที่ไหลผ่านหลอดเลือดด้วยความเร็วสูงจะส่งผลให้กราฟคลื่นพัลส์ที่ได้มีขนาดสูงตามไปด้วยพร้อมทั้งได้ยินเสียงที่ดังขึ้น ซึ่งสามารถนำหลักการนี้ไปใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างหลอดเลือดแดงกับหลอดเลือดดำ กราฟคลื่นพัลส์จะเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนที่ของเลือดในหลอดเลือด การเต้นของหัวใจ sample volume และการเลือกมุมระหว่างทิศทางอัลตราซาวด์กับทิศทางการไหลของเลือด การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกราฟคลื่นพัลส์มีการนำไปใช้เพื่อศึกษาความ

ผิดปกติของหลอดเลือดแขนงปลายทั่วร่างกายและในหลอดเลือดแดงที่มดลูก และใช้ประเมินความเร็วในการไหลของเลือดในตัวอ่อนในครรภ์มารดา (Szatmári et al., 2001)

หลอดเลือดแดงไต (renal artery) แยกออกจากเอออร์ตา (aorta) ไปยังไต แตกแขนงแทรกเข้าไปในเนื้อไตส่วนในเรียกว่าหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (interlobar artery) ซึ่งจะแยกแขนงทอดโค้งอยู่ระหว่างเนื้อไตส่วนนอก (renal cortex) และเนื้อไตส่วนใน (renal medulla) เรียกว่าหลอดเลือดแดงอาร์คูเอต (arcuate artery) มีรายงานการใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์เพื่อวิเคราะห์หาการตีบของหลอดเลือดแดงไต หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ และหลอดเลือดแดงอาร์คูเอต (Szatmári et al., 2001)

อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ใช้ประโยชน์ในการวัดความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตเพื่อนำไปคำนวณและวิเคราะห์หาความผิดปกติของไตได้ในหลายลักษณะ Novellas และคณะ (2007) ได้ศึกษาหาค่าปกติของความต้านทานของหลอดเลือดแดงในสุนัขจำนวน 27 ตัว และแมวจำนวน 10 ตัว พบค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงที่ไตของสุนัขมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.72 โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างสุนัขพันธุ์บีเกิ้ลกับสุนัขพันธุ์อื่น และไม่มีความแตกต่างระหว่างไตทั้ง 2 ข้าง ส่วนค่าความต้านทานของหลอดเลือดในแมวมีค่า 0.7 และค่าความต้านทานหลอดเลือดในลูกตาของสุนัขและแมวเท่ากับ 0.76 และ 0.72 ตามลำดับ

การสูงขึ้นของค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์หรือหลอดเลือดแดงอาร์คูเอตพบได้ในสุนัขที่ป่วยเป็นโรคหน่วยไตฝอยเสียหายเฉียบพลันและโรคไตวายแบบเฉียบพลัน (Rivers et al., 1997) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในมนุษย์ (Platt, 1997) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความต้านทานจะสูงขึ้นในสุนัขที่เป็นโรคตับซึ่งเป็นผลจากการที่ความดันเลือดสูงขึ้น (Novellas et al., 2008) และมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอาร์คูเอตกับระดับครีอะตินีนในเลือดของคนและสุนัขโรคไต พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Ikee et al., 2005; Novellas et al., 2010) แต่ขัดแย้งกับการรายงานของ Rivers และคณะ (1997) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Morrow และคณะ (1996) พบว่าค่าความต้านทานนี้มีความไวในการบ่งบอกถึงความผิดปกติของไตในสุนัขได้ค่อนข้างต่ำคือ 36 % แต่ความจำเพาะที่สูงคือ 96 % ซึ่งอาจเป็นผลจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานั้นมีปริมาณมากจึงสามารถตรวจพบความแตกต่างได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ในสุนัขบางตัวที่ตรวจอัลตราซาวด์ไม่พบความผิดปกติแต่กลับพบการเพิ่มสูงขึ้นของค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอาร์คูเอต ($RI > 0.7$) ขณะที่สุนัขบางตัวที่มีค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอาร์คูเอตเป็นปกติ ($RI < 0.7$) แต่ผลวินิจฉัยทางจุลพยาธิวิทยากลับพบความผิดปกติของหน่วยไต

Souza de Oliveira และคณะ (2000) ได้ศึกษาการใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์เพื่อประเมินการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตในผู้ป่วยที่มีภาวะหลอดเลือดแดงไตตีบจากหลายสาเหตุ ได้แก่ โรคเอออร์ตาและหลอดเลือดแดงแข็ง (arteriosclerosis) ความเสื่อมของหลอดเลือด (vascular dystrophy) ในผู้สูงอายุ การบาดเจ็บ หลอดเลือดอุดตัน หรือก้อนเนื้องอกกดทับหลอดเลือด เป็นต้น โดยแบ่งวิธีวัดออกเป็น 2 ประเภท คือ การวัดทางตรงซึ่งเป็นการวัดที่หลอดเลือดแดงไต เพื่อประเมินความผิดปกติของการไหลของหลอดเลือดส่วนที่เข้ามาเลี้ยงไต โดยวัดค่าความเร็วในการไหลของเลือดในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ที่หลอดเลือดแดงไต และคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และการวัดทางอ้อมเพื่อประเมินการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่ผิดปกติในไต โดยวัดความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงไตในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ช่วงต้นและหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตกับในหลอดเลือดแบ่งส่วนย่อยในเนื้อไต (segmental artery) พบว่าวิธีนี้สามารถวินิจฉัยหลอดเลือดแดงไตตีบได้ตั้งแต่ส่วนต้นกำเนิดไปจนถึงส่วนปลาย โดยประเมินจากระยะเวลาที่เลือดไหลผ่านและลักษณะรูปร่างของคลื่นอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ อย่างไรก็ตาม มีปัจจัยภายนอกหลายประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ เช่น โรคหัวใจ โรคระบบหายใจ ระดับความเครียด การได้รับยาสลบหรือยากดประสาท (Morrow et al.,1996) รวมทั้งผู้ป่วยบางรายที่อ้วนหรือมีแกสปริมาณมากในลำไส้ จึงบดบังภาพหลอดเลือดที่เลี้ยงไตทำให้การแปลผลผิดพลาดได้ ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการงดอาหารและรับประทานยาถ่ายก่อนทำการตรวจอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ (Souza de Oliveira et al., 2000) ต่อมา Carvalho และ Chammas (2011) ได้นำเทคนิคของ Souza de Oliveira และคณะ (2000) มาประยุกต์เพื่อหาความเร็วในการไหลของหลอดเลือดบริเวณไตในแมวเปอร์เซียปกติโดยวัดและคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.828±0.296 และ 1.45±0.57 ตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ที่ศึกษา

สุนัขจำนวน 50 ตัว (เพศผู้ 24 ตัว เพศเมีย 26 ตัว อายุระหว่าง 2-16 ปี) ที่มารับการตรวจสุขภาพ ฉีดวัคซีน หรือรับการรักษาที่โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้รับการประเมินจากการซักประวัติ การตรวจร่างกาย การวัดความดันเลือดโดยวิธีออสซิลโลเมตริก (oscillometric method) ที่หลอดเลือดแดงทิเบีย (tibial artery) การตรวจปัสสาวะ การตรวจค่าโลหิตวิทยาเคมีคลินิก การวินิจฉัยภาพรังสี และอัลตราซาวด์ส่วนท้อง

แบ่งสุนัขเป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 สุนัขปกติ จำนวน 25 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 8.27 (3.2-24) กิโลกรัม ความดันเฉลี่ย 115.04 (99-134) มิลลิเมตรปรอท ค่าครีอะตินีนเฉลี่ย 0.86 (0.6-1.2) มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นเฉลี่ย 47.28 (39-56) เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (urine protein : creatinine ratio) เฉลี่ย 0.15 (0.02-0.4) และตรวจภาพรังสีและอัลตราซาวด์ส่วนท้องไม่พบความผิดปกติ

กลุ่มที่ 2 สุนัขโรคไต จำนวน 25 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 13.12 (2.4-31) กิโลกรัม ความดันเฉลี่ย 105.64 (85-134) มิลลิเมตรปรอท ค่าครีอะตินีนเฉลี่ย 5.96 (2.4–14) มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นเฉลี่ย 37.62 (32-43) เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะเฉลี่ย 4.53 (0.8-15.8) และตรวจภาพรังสีและอัลตราซาวด์ส่วนท้องไม่พบความผิดปกติของอวัยวะในช่องท้องยกเว้นไต

วิธีการศึกษา

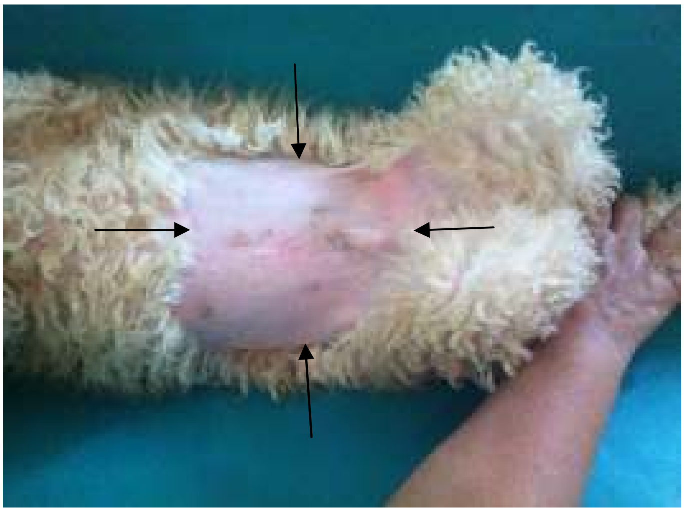
การเตรียมตัวสัตว์

ก่อนทำการตรวจอัลตราซาวด์สุนัขต้องงดอาหาร 12 ชั่วโมง หากสุนัขมีภาวะแห้งน้ำ (dehydration) มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ โดยประเมินจากการคืนตัวของผิวหนัง สีและความชุ่มชื้นของเยื่อเมือก ระยะเวลาการไหลเวียนของเลือดที่หลอดเลือดฝอย (capillary refilling time, CRT) และลักษณะของเบ้าตา (ตารางที่ 1) (Rijnberk and Stokhof, 2009) ต้องแก้ไขโดยให้สารน้ำจนกลับสู่ภาวะปกติ และเตรียมบริเวณหน้าท้องโดยโกนขนตั้งแต่ซี่โครงซี่สุดท้ายจนถึงเชิงกราน (รูปที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ประเมินสภาพน้ำในร่างกายทางคลินิก

ภาวะแห้งน้ำ	สภาพน้ำในร่างกาย	การตรวจอาการทางคลินิก
0-5 เปอร์เซ็นต์	ปกติ	การคืนตัวของผิวหนังทันทีหลังจากดึงหนัง เยื่อเมือกสีชมพูและชุ่มชื้นดี ระยะเวลาการไหลเวียนของเลือดที่หลอดเลือดฝอย (capillary refilling time, CRT) น้อยกว่า 2 วินาที
5-8 เปอร์เซ็นต์	เริ่มขาดน้ำ	การคืนตัวของผิวหนังช้า (2-4 วินาที) ระยะเวลาการไหลเวียนของเลือดที่หลอดเลือดฝอย 2 วินาที ลูกตาเริ่มจมลึก เยื่อเมือกเริ่มแห้ง
8-10 เปอร์เซ็นต์	ขาดน้ำรุนแรง	การคืนตัวของผิวหนังช้า (5-10 วินาที) ระยะเวลาการไหลเวียนของเลือดที่หลอดเลือดฝอย 2-3 วินาที ลูกตาเริ่มจมลึก เยื่อเมือกแห้ง น้ำลายเริ่มเหนียวข้น
10-12 เปอร์เซ็นต์		การคืนตัวของผิวหนังช้ามาก (10-30 วินาที) ระยะเวลาการไหลเวียนของเลือดที่หลอดเลือดฝอย มากกว่า 3 วินาที ลูกตาจมลึก เยื่อเมือกแห้ง ซึม ปลายขาเริ่มเย็น ชีพจรเต้นเร็วแต่เบา หัวใจเต้นเร็ว
12-15 เปอร์เซ็นต์		แสดงอาการช็อค โอกาสเสียชีวิตสูง

หัว



ท้าย

รูปที่ 2 ภาพสุนัขแสดงตำแหน่งโกนขนบริเวณหน้าท้องโดยโกนขนตั้งแต่ซี่โครงซี่สุดท้ายจนถึงเชิงกราน (ศรชี้)

การตรวจอัลตราซาวด์

สุนัขทั้ง 2 กลุ่มได้รับการตรวจอัลตราซาวด์ด้วยเครื่องอัลตราซาวด์[1] และหัวตรวจชนิดไมโครคอนเว็ก (microconvex) ความถี่ 6-10 เมกะเฮิรตซ์ โดยจับสุนัขนอนตะแคงขวาและซ้าย เพื่อตรวจไตซ้ายและขวาตามลำดับ (รูปที่ 3) ตรวจภาพในโหมดบี (B-mode) เพื่อวัดขนาดของไต (รูปที่ 4) และขนาดของเอออร์ตา หลอดเลือดแดงไต และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ ต่อมาตรวจภาพในโหมดดอปเปลอร์ชนิดสี (color Doppler) และคลื่นพัลส์ (pulsed wave Doppler) ปรับ wall filter ที่ 100-200 เฮิรตซ์ เพื่อวัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือด (Pollard et al., 1999) ดังต่อไปนี้

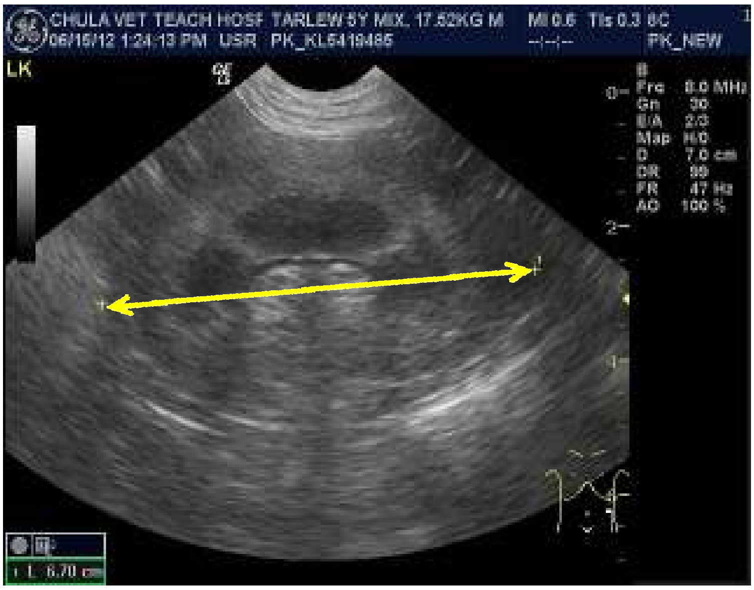
1. เอออร์ตา โดยปรับ sample volume อยู่ที่ 2 ใน 3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางเอออร์ตาในช่องท้องตรงตำแหน่งห่างออกมา 5 มิลลิเมตรก่อนจุดแยกของหลอดเลือดแดงไต (รูปที่ 5) และปรับให้ทิศทางของอัลตราซาวด์ทำมุม 60 องศากับทิศทางการไหลของเลือด

2. หลอดเลือดแดงไตแต่ละข้าง โดยปรับ sample volume ที่ขนาด 2 มิลลิเมตรภายในหลอดเลือดแดงไตตรงตำแหน่งห่างออกมา 5 มิลลิเมตรจากจุดแยกเอออร์ตา (รูปที่ 5) และปรับให้ทิศทางของอัลตราซาวด์ทำมุมไม่เกิน 60 องศากับทิศทางการไหลของเลือด

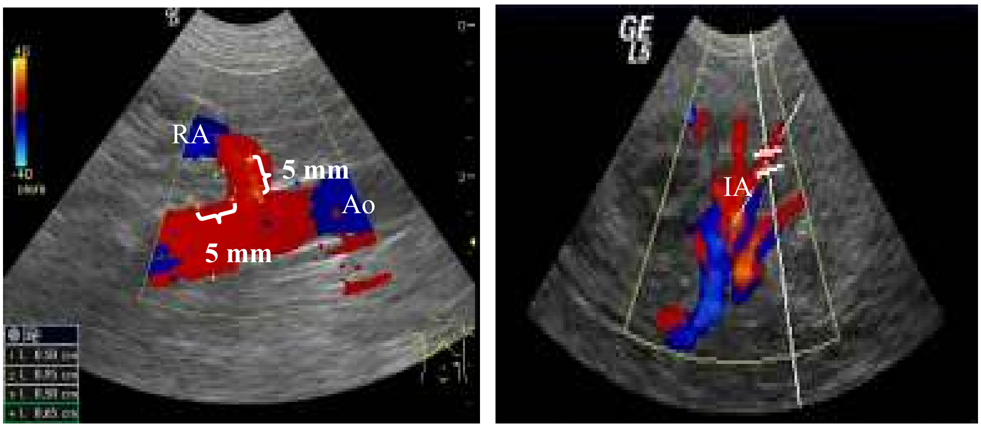
3. หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตแต่ละข้าง โดยปรับ sample volume ที่ขนาด 2 มิลลิเมตรตรงตำแหน่งที่หลอดเลือดแดงไม่ซ้อนทับกับหลอดเลือดดำข้างเคียง และปรับให้ทิศทางของอัลตราซาวด์อยู่ในแนวขนานกับทิศทางการไหลของเลือด (รูปที่ 5)

รูปที่ 3 ภาพสุนัขนอนตะแคงขวาแสดงตำแหน่งวางหัวตรวจอัลตราซาวด์ขณะตรวจไตซ้าย

[1]GE Healthcare, Logiq 5 PRO



รูปที่ 4 ภาพอัลตราซาวด์ไตในแนว dorsal plane แสดงตำแหน่งที่วัดความยาวสูงสุดของไต



ก. ข.

รูปที่ 5 ภาพอัลตราซาวด์แสดงตำแหน่งที่วัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือด

ก. เอออตาร์ (Ao) วัดตรงตำแหน่งห่างออกมา 5 มิลลิเมตรก่อนจุดแยกของหลอดเลือดแดงไต (RA), หลอดเลือดแดงไตวัดตรงตำแหน่งห่างออกมา 5 มิลลิเมตรจากจุดแยกเอออร์ตา

ข. หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) วัดตรงตำแหน่งที่หลอดเลือดแดงไม่ซ้อนทับกับหลอดเลือดดำข้างเคียง และปรับให้ทิศทางของอัลตราซาวด์อยู่ในแนวขนานกับทิศทางการไหลของเลือด

วัดค่าความเร็วในการไหลของเลือดจากภาพคลื่นในโหมดดอปเปลอร์ของแต่ละหลอดเลือดในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (peak systolic velocity, PSV) และคลายตัวเต็มที่ (end diastolic velocity, EDV) (รูปที่ 6) โดยวัดจากคลื่นที่มีรูปร่างคล้ายกัน จำนวน 3 คลื่นแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาคำนวณหา

1. อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (Renal aortic ratio, RAR) ของไตแต่ละข้าง ซึ่งคำนวณจากความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตหารด้วยความเร็วในการไหลของเลือดในเอออร์ตาในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

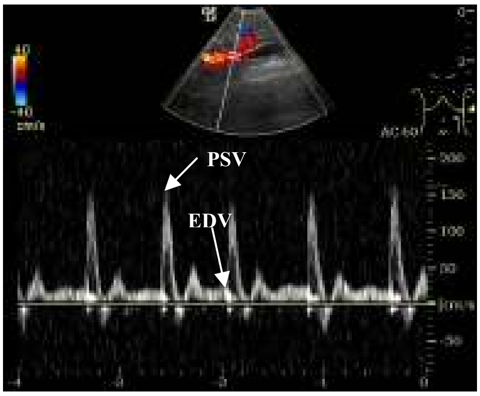
$$\text{Renal aortic ratio (RAR)} = \frac{\text{PSV ของหลอดเลือดแดงไต (RA)}}{\text{PSV ของเอออร์ตา (Ao)}}$$

2. อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตแต่ละข้าง ซึ่งคำนวณจากความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตหารด้วยความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

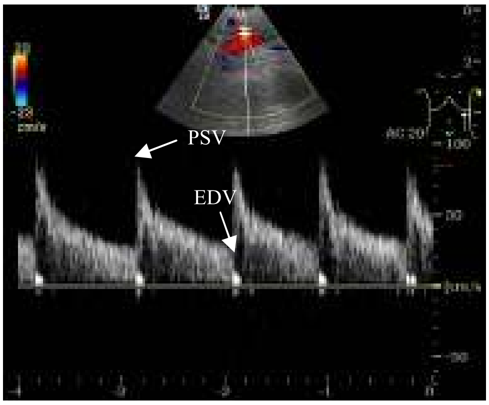
$$\text{Renal interlobar ratio (RIR)} = \frac{\text{PSV ของหลอดเลือดแดงไต}}{\text{PSV ของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA)}}$$

3. ค่าความต้านทาน (resistive index) ของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตแต่ละข้าง ซึ่งคำนวณจากความเร็วในการไหลของเลือดในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ลบด้วยความเร็วในช่วงหัวใจคลายตัวเต็มที่หารด้วยความเร็วในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (Koma et al., 2005; Pollard et al., 1999; Spaulding, 1997) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

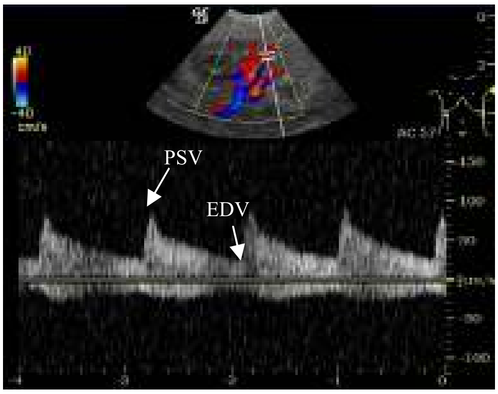
$$\text{Resistive index (RI)} = \frac{\text{PSV} - \text{EDV}}{\text{PSV}}$$



ก.



ข.



ค.

รูปที่ 6 ภาพอัลตราซาวด์แสดงคลื่นพัลส์ในโหมดดอปเปลอร์ของหลอดเลือดบริเวณไตในสุนัข ก. เอออร์ตา ข. หลอดเลือดแดงไต ค. หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ แสดงตำแหน่งที่วัดความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV)

การตรวจวัดค่าครีอะตินีนในเลือด

สุนัขทุกกลุ่มจะถูกเจาะเลือดในวันเดียวกับการตรวจอัลตราซาวด์ เพื่อส่งไปตรวจวิเคราะห์ค่าครีอะตินีนในเลือดที่ห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจวัดอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ

สุนัขทุกกลุ่มจะถูกเก็บปัสสาวะโดยให้ขับปัสสาวะเอง (void) หรือสวนปัสสาวะ (catheterization) ในวันเดียวกับการตรวจอัลตราซาวด์ เพื่อส่งไปตรวจวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะที่ห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าที่ได้จากการวัดขนาดไต ขนาดหลอดเลือดแดงบริเวณไตจำนวน 3 เส้น ได้แก่ เอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตและหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไตขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวเต็มที่ นำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (mean±SD) แล้วคำนวณหาค่าอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา ค่าอัตราส่วนขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว ค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์

นำข้อมูลที่วัดและคำนวณได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไตโดยใช้ unpaired t-test ความแตกต่างระหว่างไตซ้ายและไตขวาโดยใช้ paired t-test และใช้ Pearson’s correlation test เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัว ขนาดความยาวของไตกับขนาดเอออร์ตา ขนาดเอออร์ตากับน้ำหนักตัว อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตากับค่าครีอะตินีนในเลือด และกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอด

เลือดแดงอินเตอโลบาร์กับค่าครีอะตินีนในเลือด และกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์กับค่าครีอะตินีนในเลือด และกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ค่าครีอะตินีนกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ และกับความดันเลือดในสุนัขทั้ง 2 กลุ่ม โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ขนาดไต

ขนาดไตประเมินจากภาพอัลตราซาวด์โหมดบี (B-mode) โดยวัดความยาวสูงสุดของไตซ้ายและขวาในแนว dorsal plane

ขนาดไตในสุนัขปกติ

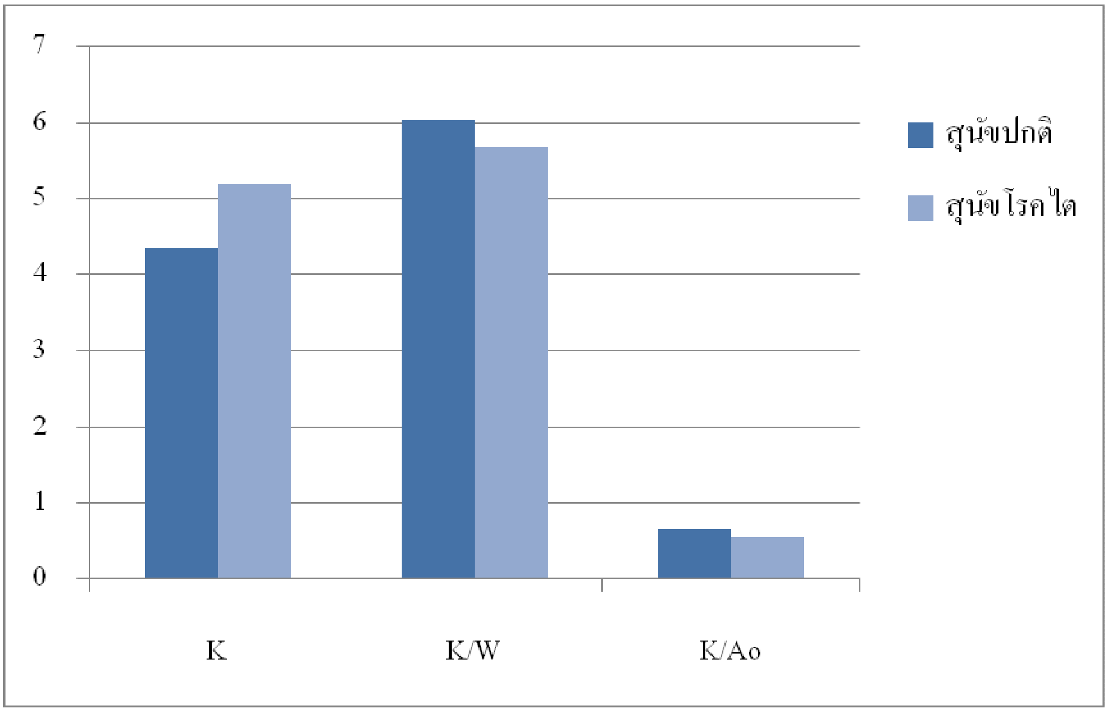
ขนาดความยาวของไต (K) ซ้ายและขวามีค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 4.31±0.77 และ 4.47±0.81 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และค่าเฉลี่ยขนาดความยาวของไตทั้งสองข้าง เท่ากับ 4.35±0.69 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัว (W) และกับขนาดเอออร์ตา (Ao) พบว่าค่าอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.65±0.23 และอัตราส่วนความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.03±0.84

ขนาดไตในสุนัขโรคไต

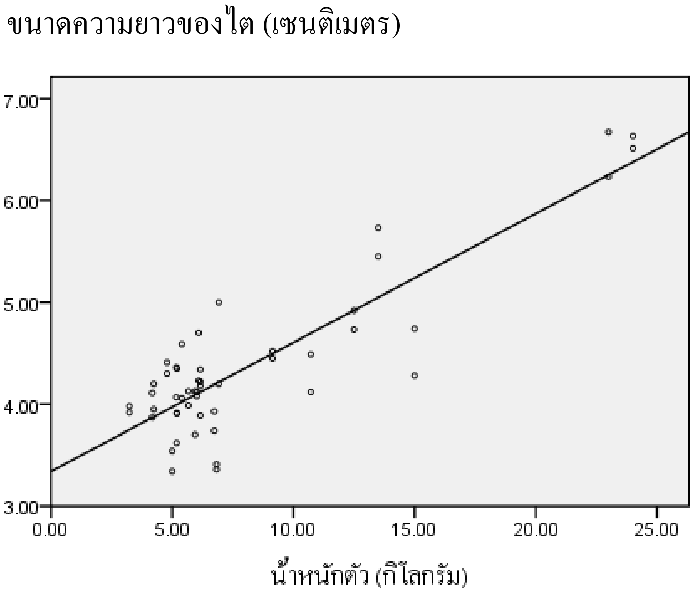
ขนาดความยาวของไตซ้ายและขวามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.17±1.38 และ 5.24±1.67 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และค่าเฉลี่ยขนาดความยาวของไตทั้งสองข้าง เท่ากับ 5.19±1.51 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัวและกับขนาดเอออร์ตา พบว่าค่าอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) มีค่าเท่ากับ 0.55±0.27 และอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.62±1.30

ผลการวิเคราะห์ขนาดไต

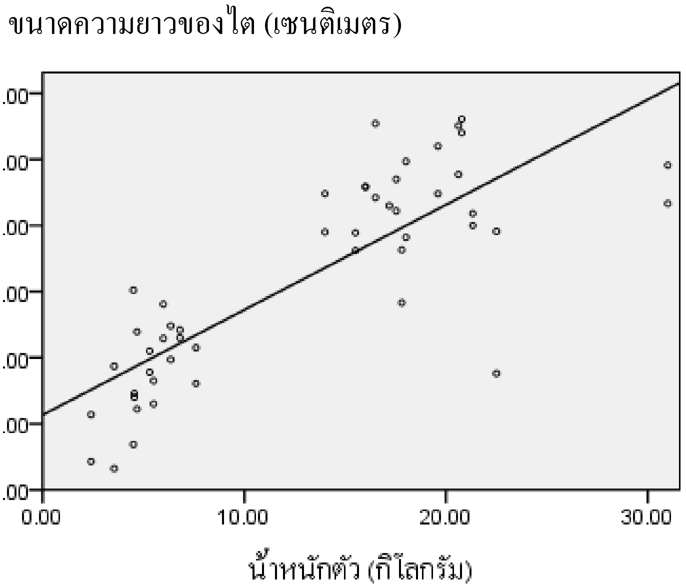
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดไตระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต พบว่าไตมีขนาดความยาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 7, ตารางที่ 2) แต่ไม่มีความแตกต่างของขนาดระหว่างไตซ้ายและขวา ($p>0.05$) ขนาดความยาวของไตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักตัวโดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.87 กับ 0.81 ในกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไตตามลำดับ (รูปที่ 8, 9) และขนาดความยาวของไตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับขนาดเอออร์ตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.77 กับ 0.59 ในกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไตตามลำดับ (รูปที่ 10, 11) เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) และขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบระหว่างขนาดความยาวของไต (K) อัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) และอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต

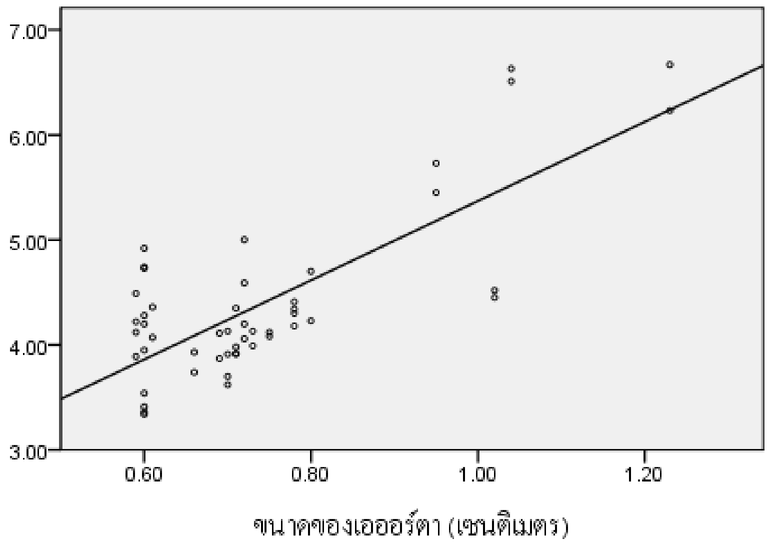


รูปที่ 8 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัวในสุนัขปกติ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.87)



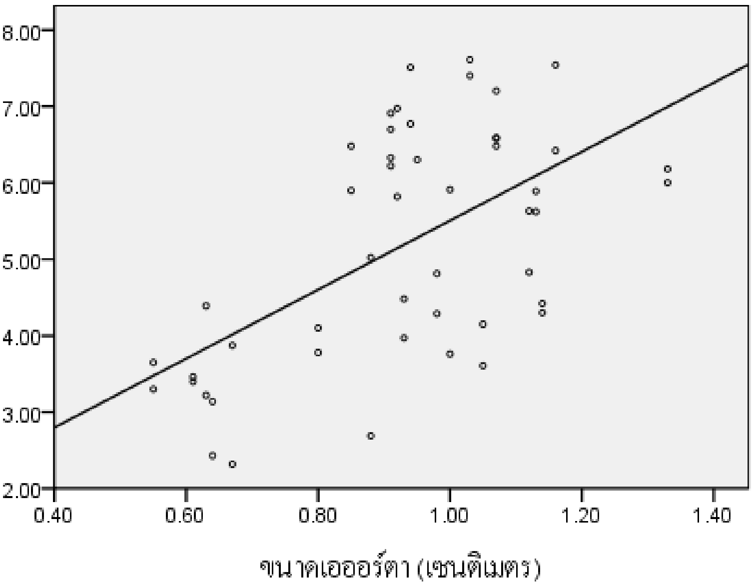
รูปที่ 9 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัวในสุนัขโรคไต (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.81)

ขนาดความยาวของไต (เซนติเมตร)



รูปที่ 10 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับขนาดเอออร์ตาในสุนัขปกติ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.77)

ขนาดความยาวของไต (เซนติเมตร)



รูปที่ 11 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวของไตกับขนาดเอออร์ตาในสุนัขโรคไต (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.59)

2. ขนาดของหลอดเลือดแดงบริเวณไต

ขนาดของหลอดเลือดแดงบริเวณไตจำนวน 3 เส้น ได้แก่เอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตและหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ ประเมินจากภาพอัลตราซาวด์ในโหมดดอปเปลอร์ชนิดสี (color Doppler) โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเลือดตามแนวยาว

ขนาดของหลอดเลือดแดงบริเวณไตในสุนัขปกติ

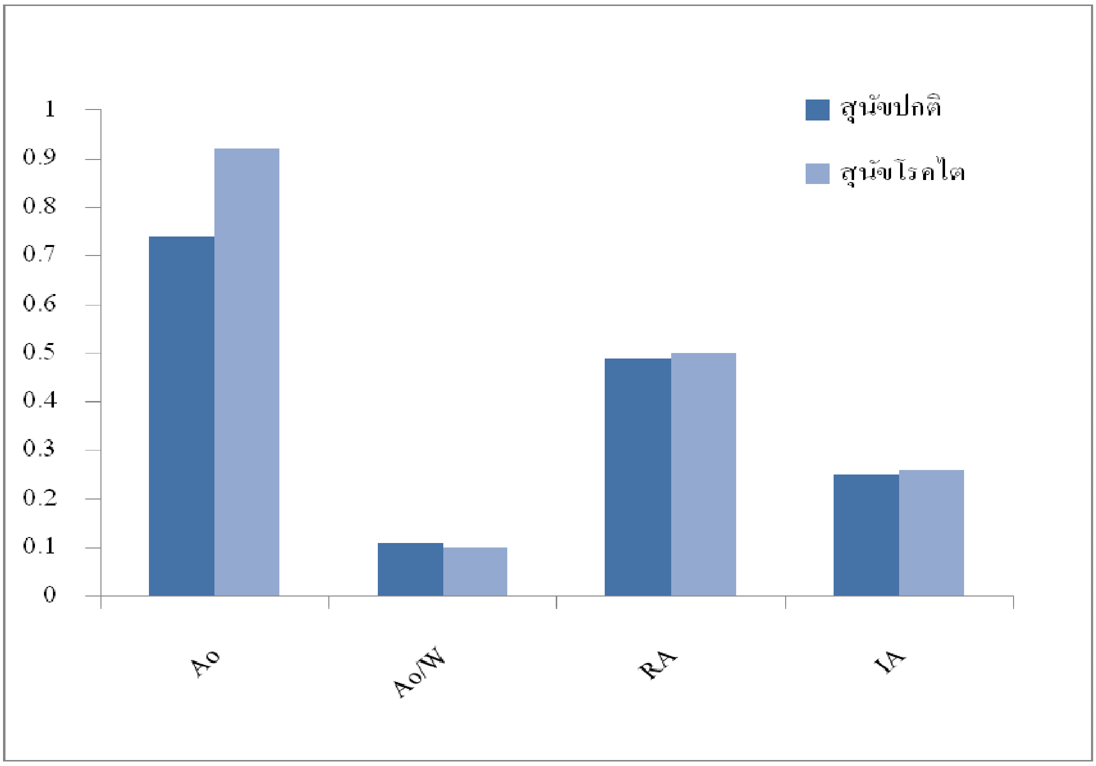
ขนาดเอออร์ตา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.74±0.16 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) ค่าอัตราส่วนของขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.11±0.04 ขนาดหลอดเลือดแดงไตซ้ายและไตขวา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47±0.08 และ 0.50±0.11 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยขนาดหลอดเลือดแดงไตเท่ากับ 0.49±0.09 เซนติเมตร ขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตซ้ายและไตขวา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25±0.04 และ 0.26±0.04 เซนติเมตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ เท่ากับ 0.25±0.04 เซนติเมตร

ขนาดของหลอดเลือดแดงบริเวณไตในสุนัขโรคไต

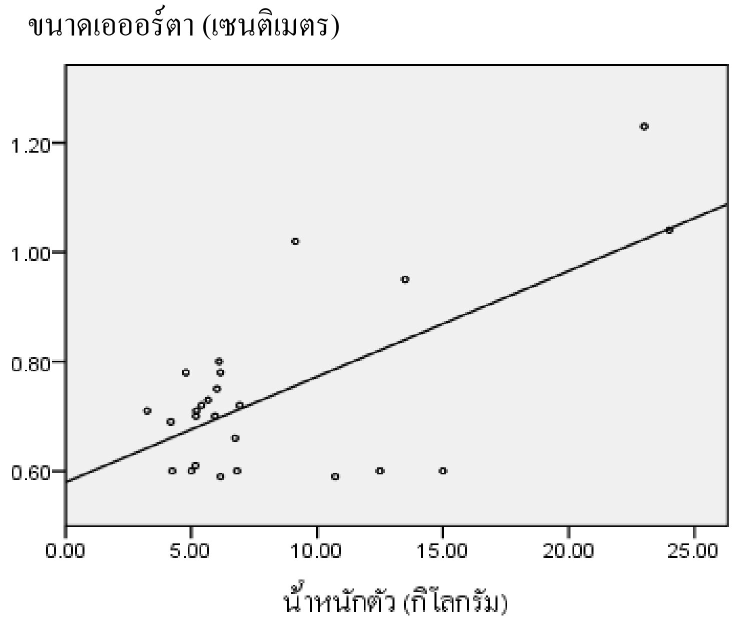
ขนาดเอออร์ตา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93±0.20 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) ค่าอัตราส่วนของขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10±0.06 ขนาดหลอดเลือดแดงไตซ้ายและไตขวา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.54±0.13 และ 0.51±0.17 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยขนาดหลอดเลือดแดงไตเท่ากับ 0.52±0.15 เซนติเมตร ขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตซ้ายและไตขวา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27±0.05 และ 0.26±0.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ เท่ากับ 0.26±0.06 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์ขนาดของหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต

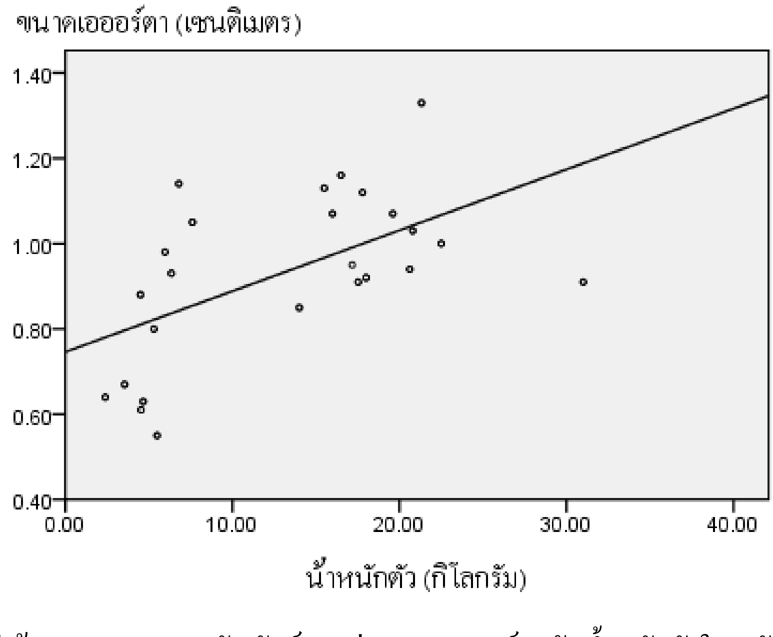
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดของเลือดแดงที่เลี้ยงไตระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต พบความแตกต่างของขนาดเอออร์ตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของขนาดหลอดเลือดแดงไต และขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (รูปที่ 12, ตารางที่ 2) และไม่พบความแตกต่างของขนาดหลอดเลือดแดงไตและหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ระหว่างไตซ้ายกับไตขวาในกลุ่มเดียวกัน ($p>0.05$) ขนาดเอออร์ตามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65 และ 0.57 ในกลุ่มสุนัขปกติและสุนัขโรคไตตามลำดับ (รูปที่ 13, 14) เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว (Ao/W) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไตพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



รูปที่ 12 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดเอออร์ตา (Ao) อัตราส่วนขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว (Ao/W) ขนาดหลอดเลือดแดงไต (RA) และขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต



รูปที่ 13 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเอออร์ตากับน้ำหนักตัวในสุนัขปกติ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65)



รูปที่ 14 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเอออร์ตากับน้ำหนักตัวในสุนัขโรคไต (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.57)

3. ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต

ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไตจำนวน 3 เส้น ได้แก่ เอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตและหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ ประเมินจากภาพอัลตราซาวด์ในโหมดดอปเปลอร์ชนิดสี (color Doppler) และคลื่นพัลส์ (pulsed wave Doppler) โดยวัดความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวเต็มที่

ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไตในสุนัขปกติ

ค่าความเร็วในการไหลของเลือดในขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ในเอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตข้างซ้าย หลอดเลือดแดงไตข้างขวา หลอดเลือดแดงไตทั้งสองข้าง หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างซ้าย หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างขวา และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144.89±39.73, 86.51±22.36, 84.84±20.84, 85.67±21.41, 50.35±12.90, 52.83±16.61 และ 52.59±14.90 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ความเร็วในการไหลของเลือดในขณะหัวใจคลายตัวเต็มที่ในเอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตข้างซ้าย หลอดเลือดแดงไตข้างขวา หลอดเลือดแดงไตทั้งสองข้าง หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างซ้าย หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างขวา และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.13±7.50, 23.38±6.85, 22.44±6.63, 22.91±6.69, 15.26±4.38, 17.41±7.41 และ 16.33±6.12 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ (รูปที่ 22, 23, 24, ตารางที่ 3) เมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาพารามิเตอร์ของการไหลของเลือดที่เลี้ยงไต (ตารางที่ 4) ได้แก่ ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (renal aortic ratio, RAR) ของไตซ้าย ไตขวาและไตทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61±0.12, 0.60±0.14 และ 0.61±0.13 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (renal interlobar ratio, RIR) ของไตซ้าย ไตขวาและไตทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.76±0.38, 1.61±0.35 และ 1.68±0.37 และค่าความต้านทานเลือด (resistive index, RI) ของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตซ้าย ไตขวา และไตทั้งสอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.70±0.05, 0.69±0.07 และ 0.69±0.07 ตามลำดับ

ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไตในสุนัขโรคไต

ค่าความเร็วในการไหลของเลือดในขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ในเอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตข้างซ้าย หลอดเลือดแดงไตข้างขวา หลอดเลือดแดงไตทั้งสองข้าง หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างซ้าย หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างขวา และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126.49±31.21, 67.99±21.50, 67.62±17.94, 67.80±19.63, 31.00±11.13, 24.30±7.90 และ 27.72±10.16 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ความเร็วในการไหลของเลือดในขณะหัวใจคลายตัวเต็มที่ในเอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตข้างซ้าย หลอดเลือดแดงไตข้างขวา หลอดเลือดแดงไตทั้งสองข้าง หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างซ้าย หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ข้างขวา และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.99±8.46, 17.42±8.92, 16.19±5.74, 16.61±7.03, 9.33±2.57, 9.44±2.90 และ 9.38±2.71 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ (รูปที่ 22, 23, 24, ตารางที่ 3) เมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาพารามิเตอร์ของการไหลของเลือดที่เลี้ยงไต (ตารางที่ 4) ได้แก่ ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาของไตซ้าย ไตขวาและไตทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55±0.16, 0.55±0.19 และ 0.55±0.17 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตซ้าย ไตขวาและไตทั้งสองข้าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.35±0.67, 3.06±1.28 และ 2.69±1.06 ตามลำดับ และค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตซ้าย ไตขวา และไตทั้งสอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68±0.08, 0.61±0.08 และ 0.64±0.08 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต

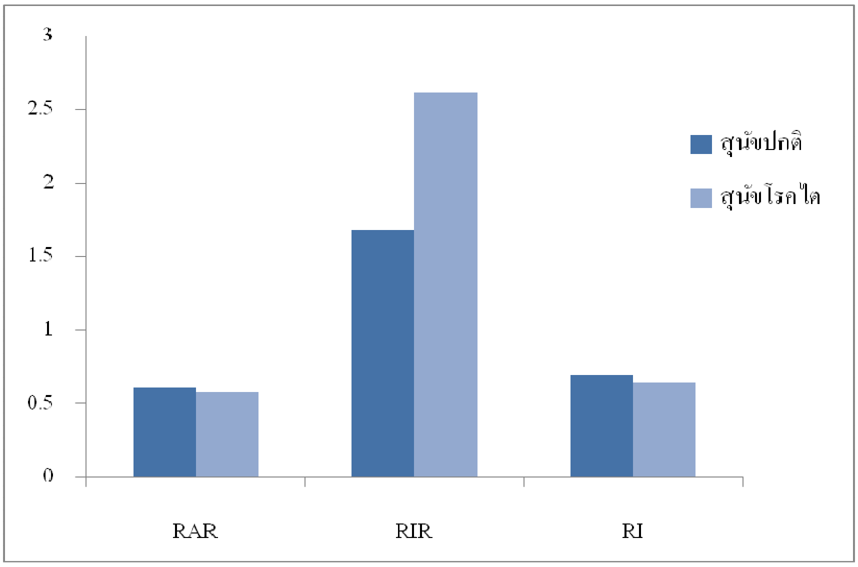
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาในกลุ่มสุนัขปกติและสุนัขโรคไต พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างไตซ้ายและไตขวาในกลุ่มเดียวกัน และระหว่างสุนัขทั้งสองกลุ่ม ($p>0.05$) (รูปที่ 15, ตารางที่ 4) ส่วนค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของสุนัขโรคไตมีค่ามากกว่าสุนัขปกติ และพบความแตกต่างระหว่างไตซ้ายและไตขวาในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาไม่มีความสัมพันธ์กับค่าครีอะตินีนในเลือดและกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ($p>0.05$) แต่ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าครีอะตินีนในเลือดและค่าอัตราส่วนโปรตีน

ต่อครีอะตินีนในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.74 (รูปที่ 16) และ 0.50 (รูปที่ 17) ตามลำดับ

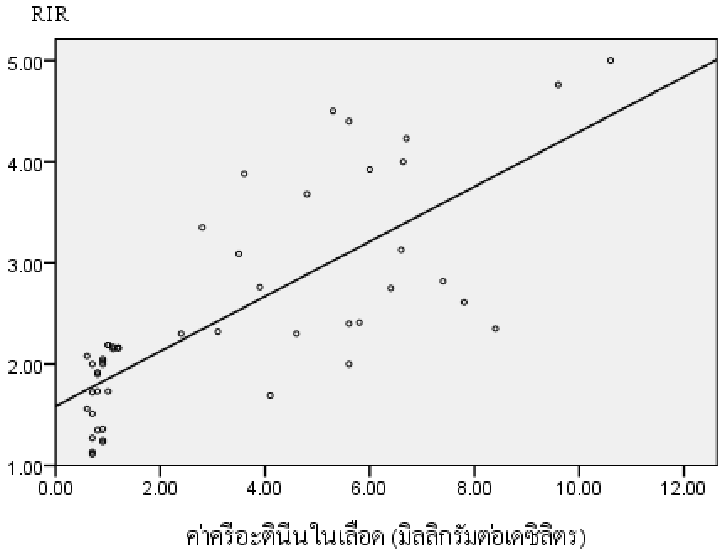
ค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในสุนัขโรคไตมีค่าน้อยกว่าในสุนัขปกติ (รูปที่ 15, ตารางที่ 4) และมีค่าแตกต่างกันระหว่างไตซ้ายและไตขวาในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าครีอะตินีนในเลือด โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.34 ($p<0.05$) (รูปที่ 18) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ($p>0.05$)

นอกจากนี้ค่าครีอะตินีนในเลือดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.65 ($p<0.05$) (รูปที่ 19) และค่าครีอะตินีนในเลือดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความดันเลือด โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.33 ($p<0.05$) (รูปที่ 20)

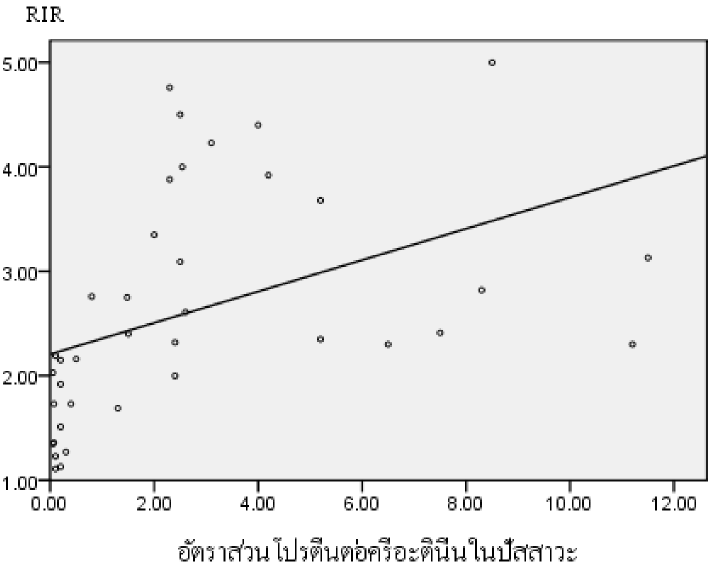
ผลการวิเคราะห์ ROC curve (receiver operating characteristic curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลบวกจริง (sensitivity) และอัตราผลบวกเท็จ (1-specificity) (Hanley and McNeil, 1982) ของค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์มีค่าความแม่นยำ (accuracy) โดยคำนวณจากพื้นที่ใต้โค้ง (area under curve, AUC) ได้ 84 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอยู่ในระดับดี ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา พบว่ามีความแม่นยำ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ และค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ มีความแม่นยำเท่ากับ 33 เปอร์เซ็นต์อยู่ในระดับที่ต่ำเช่นเดียวกัน ดังนั้นอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตากับค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ให้ผลบวกเท็จมากกว่าผลบวกจริง และมีประสิทธิภาพต่ำในการวินิจฉัยโรคไต (รูปที่ 21)



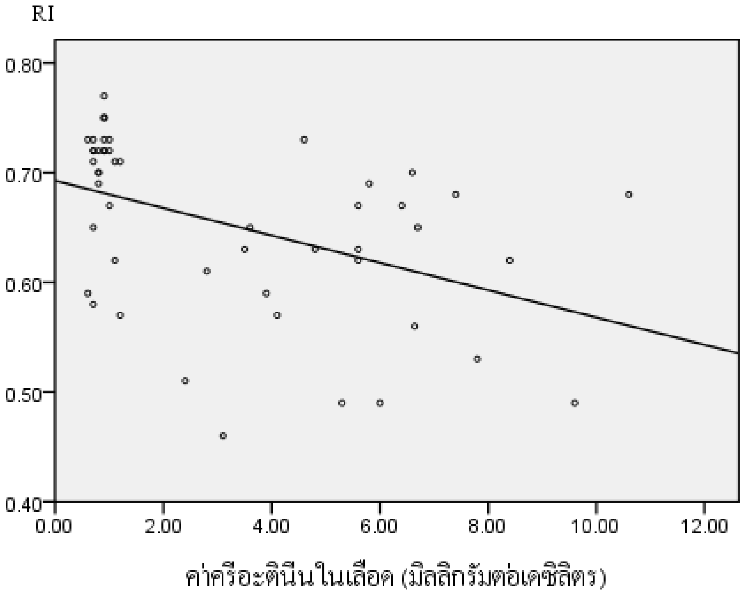
รูปที่ 15 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) และค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) ระหว่างสุนัขปกติและสุนัขโรคไต



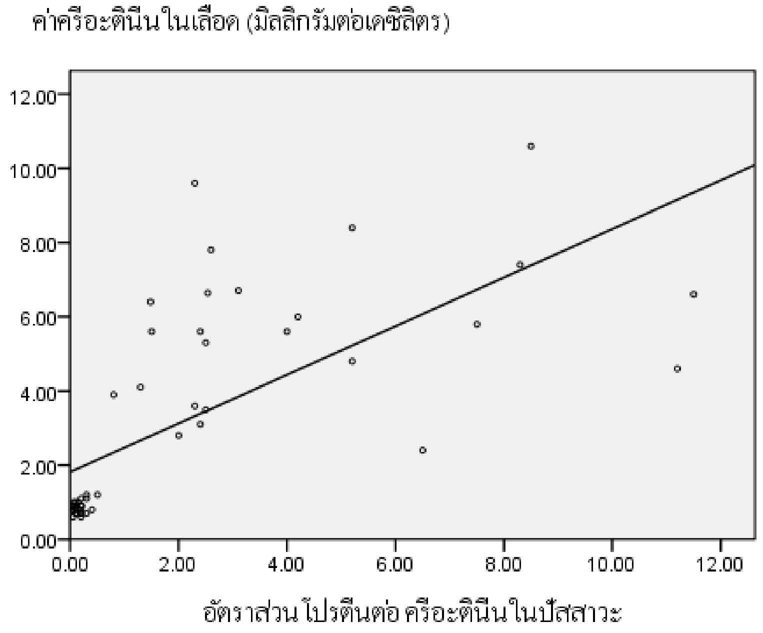
รูปที่ 16 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) กับค่าครีอะตินีนในเลือด (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.74)



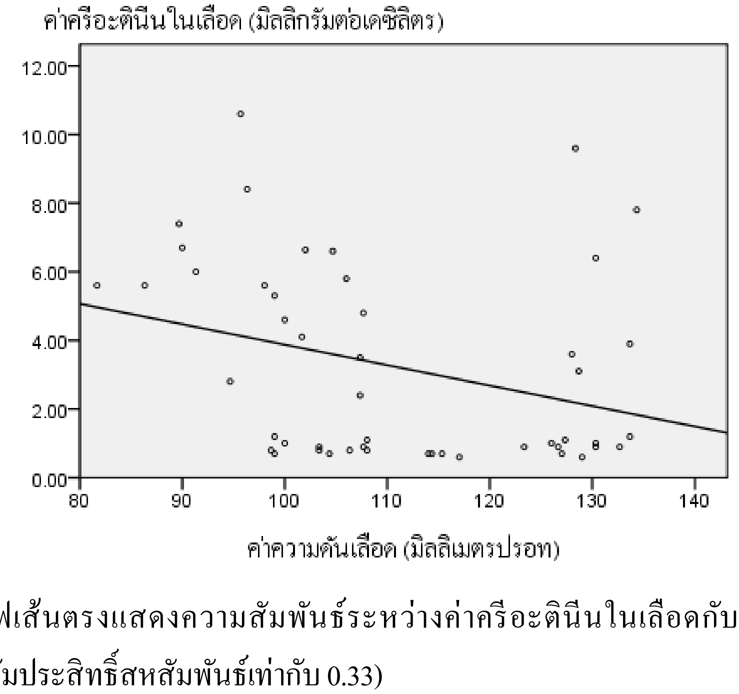
รูปที่ 17 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) กับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.50)



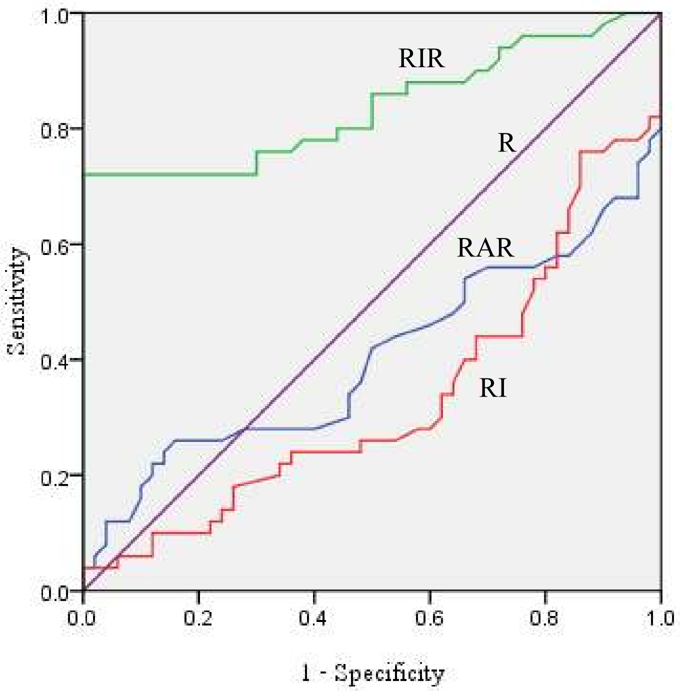
รูปที่ 18 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) กับค่าครีอะตินีนในเลือด (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.34)



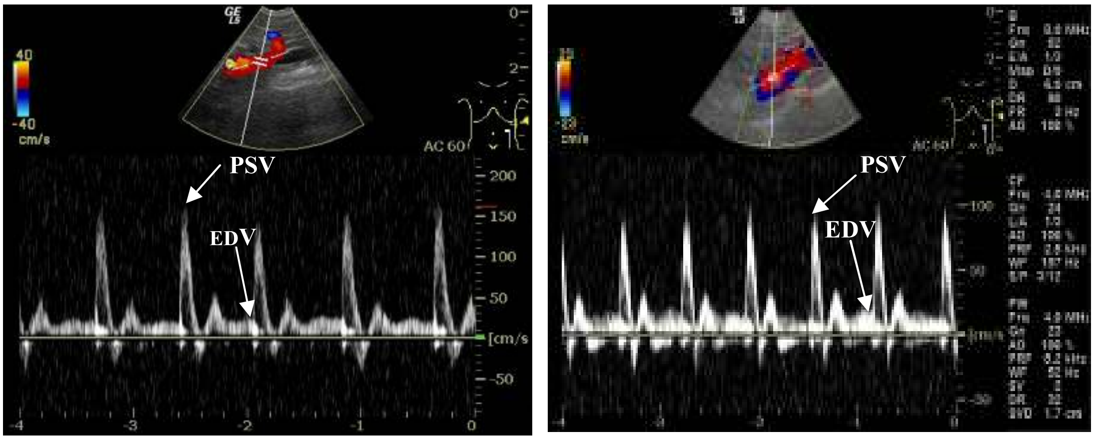
รูปที่ 19 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าครีอะตินีนในเลือดกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65)



รูปที่ 20 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าครีอะตินีนในเลือดกับค่าความดันเลือด (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.33)

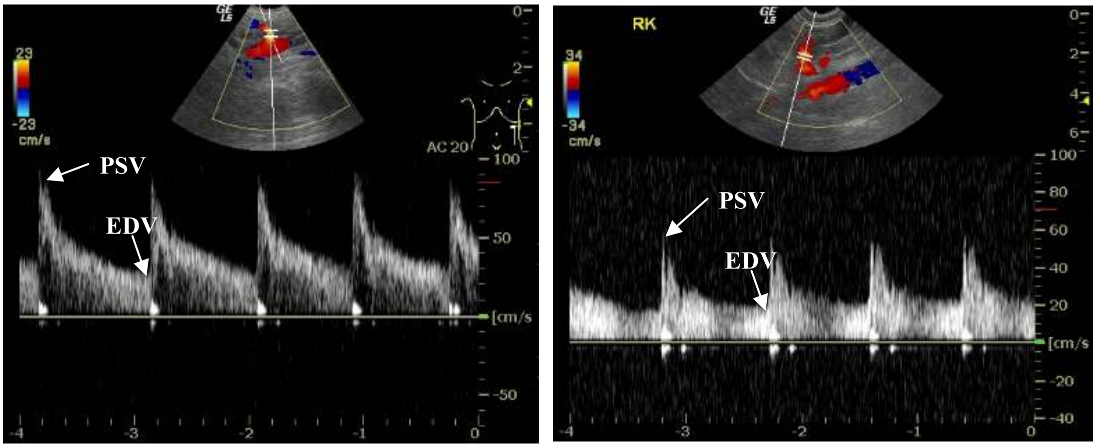


รูปที่ 21 แสดงพื้นที่ใต้โค้ง (AUC) จากการวิเคราะห์ด้วย ROC curve ของค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) ค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) และเส้นอ้างอิง (R)



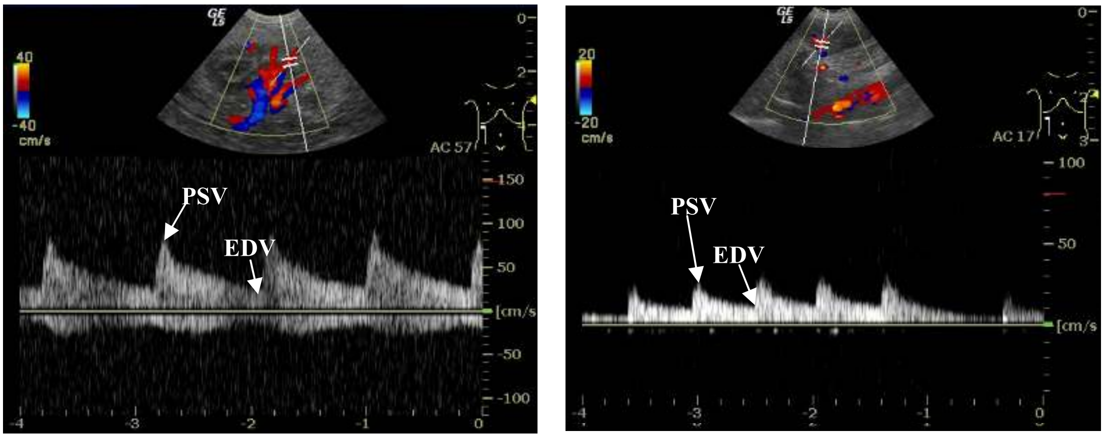
สุนัขปกติ สุนัขโรคไต

รูปที่ 22 ภาพอัลตราซาวด์แสดงผลการวัดความเร็วในการไหลของเอออร์ตาในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) และลักษณะของคลื่นพัลส์ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต



สุนัขปกติ　　　　　　　　　　　　สุนัขโรคไต

รูปที่ 23　ภาพอัลตราซาวด์แสดงผลการวัดความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงไตในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) และลักษณะของคลื่นพัลส์ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต



สุนัขปกติ　　　　　　　　　　　　สุนัขโรคไต

รูปที่ 24　ภาพอัลตราซาวด์แสดงผลการวัดความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในช่วงหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) และคลายตัวเต็มที่ (EDV) และลักษณะของคลื่นพัลส์ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าพิสัย) ของขนาดความยาวของไต (K) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) ขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) ขนาดเอออร์ตา (Ao) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว (Ao/W) ขนาดหลอดเลือดแดงไต (RA) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) และขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) ระหว่างกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไต

	กลุ่มสุนัขปกติ			กลุ่มสุนัขโรคไต		
	ไตขวา	ไตซ้าย	ค่าเฉลี่ย	ไตขวา	ไตซ้าย	ค่าเฉลี่ย
K (cm)	4.47±0.81 (3.36-6.67)	4.31±0.77 (3.34-6.63)	4.35±0.69[ก] (3.34-6.67)	5.24±1.67 (2.32-7.54)	5.17±1.38 (2.43-7.61)	5.19±1.51[ข] (2.32-7.61)
K/W	0.64±0.23 (0.27-1.23)	0.66±0.24 (0.27-1.24)	0.65±0.23 (0.27-1.24)	0.53±0.25 (0.17-1.31)	0.54±0.26 (0.2-1.12)	0.55±0.27 (0.17-1.31)
K/Ao	6.13±0.85 (4.43-10.42)	5.92±0.84 (4.36-10.52)	6.03±0.84 (4.36-10.52)	5.75±1.58 (2.32-8.60)	5.69±1.26 (3.77-8.63)	5.62±1.30 (2.32-8.63)
Ao (cm)	-	-	0.74±0.16[ก] (0.59-1.23)	-	-	0.93±0.20[ข] (0.55-1.33)
Ao/W	-	-	0.11±0.04 (0.04-0.22)	-	-	0.10±0.06 (0.03-0.27)
RA (cm)	0.50±0.11 (0.36-0.79)	0.47±0.08 (0.33-0.67)	0.49±0.09 (0.33-0.79)	0.51±0.17 (0.18-0.84)	0.54±0.13 (0.31-0.85)	0.52±0.15 (0.18-0.85)
IA (cm)	0.26±0.04 (0.21-0.36)	0.25±0.04 (0.17-0.35)	0.25±0.04 (0.17-0.36)	0.26±0.06 (0.14-0.37)	0.27±0.05 (0.17-0.39)	0.26±0.06 (0.14-0.39)

อักษรไทยกำกับ (ก,ข) ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าพิสัย) ของความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจบีบตัวเต็มที่ (PSV) ความเร็วในการไหลของเลือดขณะหัวใจคลายตัวเต็มที่ (EDV) ของเอออร์ตา (Ao) หลอดเลือดแดงไต (RA) และหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (IA) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/s) ระหว่างกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไต

	กลุ่มสุนัขปกติ			กลุ่มสุนัขโรคไต		
	ไตขวา	ไตซ้าย	ค่าเฉลี่ย	ไตขวา	ไตซ้าย	ค่าเฉลี่ย
PSV, Ao(cm/s)	-	-	144.89±39.73[ก] (84.27-233.60)	-	-	126.49±31.21[ข] (79.81-200.89)
EDV,Ao(cm/s)	-	-	21.13±7.50 (10.48-43.20)	-	-	20.99±8.46 (11.14-41.22)
PSV, RA(cm/s)	84.84±20.84 (46.84-126.28)	86.51±22.36 (47.65-130.16)	85.67±21.41[ก] (46.84-130.16)	67.62±17.94 (30.70-116.39)	67.99±21.50 (27.78-124.08)	67.80±19.63[ข] (27.78-124.08)
EDV,RA(cm/s)	22.44±6.63 (10.01-36.85)	23.38±6.85 (14.89-44.43)	22.91±6.69[ก] (10.01-44.43)	16.19±5.74 (7.99-26.86)	17.42±8.92 (5.77-39.56)	16.61±7.03[ข] (5.77-39.56)
PSV, IA (cm/s)	52.83±16.61 (21.83-88.20)	50.35±12.90 (28.22-75.28)	52.59±14.90[ก] (21.83-88.20)	24.30±7.90[ค] (16.35-47.05)	31.00±11.13[ง] (8.94-52.07)	27.72±10.16[ข] (8.94-52.07)
EDV, IA(cm/s)	17.41±7.41 (7.53-34.08)	15.26±4.38 (7.91-22.95)	16.33±6.12[ก] (7.53-34.08)	9.44±2.90[ค] (3.42-14.43)	9.33±2.57[ง] (2.91-12.89)	9.38±2.71[ข] (2.91-14.43)

อักษรไทยกำกับ (ก,ข) ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อักษรไทยกำกับ (ค,ง) ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างระหว่างไตข้างซ้ายกับไตข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าพิสัย) ของอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) และค่าความต้านทาน (RI) ของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตระหว่างกลุ่มสุนัขปกติกับสุนัขโรคไต

	กลุ่มสุนัขปกติ			กลุ่มสุนัขโรคไต		
	ไตขวา	ไตซ้าย	ค่าเฉลี่ย	ไตขวา	ไตซ้าย	ค่าเฉลี่ย
RAR	0.60±0.14 (0.40-0.95)	0.61±0.12 (0.45-0.89)	0.61±0.13 (0.40-0.95)	0.55±0.19 (0.33-0.89)	0.55±0.16 (0.32-0.91)	0.55±0.17 (0.32-0.91)
RIR	1.61±0.35 (1.04-2.19)	1.76±0.38 (1.11-2.19)	1.68±0.37[ก] (1.04-2.19)	3.06±1.28[ค] (1.13-6.67)	2.35±0.67[ง] (1.20-3.86)	2.69±1.06[ข] (1.13-6.67)
RI	0.69±0.07 (0.55-0.82)	0.70±0.05 (0.57-0.77)	0.69±0.07[ก] (0.55-0.82)	0.61±0.08[ค] (0.46-0.73)	0.68±0.08[ง] (0.49-0.87)	0.64±0.08[ข] (0.46-0.87)

อักษรไทยกำกับ (ก,ข) ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อักษรไทยกำกับ (ค,ง) ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างระหว่างไตข้างซ้ายกับไตข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ในการวัดความเร็วในการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตในสุนัขที่ป่วยด้วยโรคไต เพื่อใช้เป็นเทคนิคใหม่ในการวินิจฉัยโรคไต โดยประเมินจากค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) และอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) โดยแบ่งสุนัขเป็น 2 กลุ่ม คือ สุนัขปกติและสุนัขโรคไต กลุ่มละ 25 ตัว จากการศึกษาพบว่า

1. ขนาดไต

กลุ่มสุนัขปกติมีขนาดไต เท่ากับ 4.35±0.69 เซนติเมตร ไตทั้งสองข้างมีความยาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.03±0.84 ขนาดความยาวของไตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักตัวและขนาดเอออร์ตาในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.87 กับ 0.77 ตามลำดับ, $p<0.05$)

กลุ่มสุนัขโรคไตมีขนาดไตยาวกว่ากลุ่มสุนัขปกติ ($p<0.05$) แต่ขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัว (K/W) และต่อขนาดเอออร์ตา (K/Ao) ในสุนัขโรคไตมีค่าไม่ต่างจากกลุ่มสุนัขปกติ ($p>0.05$)

2. ขนาดของหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต

กลุ่มสุนัขปกติมีขนาดเอออร์ตา หลอดเลือดแดงไตและหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ เท่ากับ 0.74±0.16, 0.49±0.09 และ 0.25±0.04 เซนติเมตร ตามลำดับ เอออร์ตาในสุนัขโรคไตมีขนาดใหญ่กว่าสุนัขปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัว (Ao/W) พบว่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนหลอดเลือดแดงไตและหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในกลุ่มสุนัขโรคไตมีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มสุนัขปกติ ($p>0.05$)

3. ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดที่เลี้ยงไต

อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา (RAR) ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61±0.13 และ 0.55±0.17 ตามลำดับ ค่า RAR ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสุนัขทั้งสองกลุ่มและระหว่างไตซ้ายและไตขวาในกลุ่มเดียวกัน และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า RAR กับค่าครีอะตินีนในเลือดและกับอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ($p>0.05$) และมีความแม่นยำอยู่ในระดับต่ำคือ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RIR) ในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.68±0.37 และ 2.69±1.06 ตามลำดับ โดยกลุ่มสุนัขโรคไตมีค่า RIR สูงกว่ากลุ่มสุนัขปกติและมีค่า RIR ของไตขวาสูงกว่าของไตซ้าย ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างค่า RIR กับครีอะตินีนในเลือดในระดับสูง และกับอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะระดับปานกลาง (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.74 และ 0.50 ตามลำดับ, $p<0.05$) และมีความแม่นยำ 84 เปอร์เซ็นต์ จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าค่า RAR ในการประเมินภาวะโรคไต

ค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ (RI) ของไตในสุนัขปกติและสุนัขโรคไต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.69±0.07 และ 0.64±0.08 ตามลำดับ สุนัขโรคไตมีค่า RI ต่ำกว่าสุนัขปกติและพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างค่า RI กับค่าครีอะตินีนในเลือดในระดับต่ำ (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.34) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า RI กับอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ($p>0.05$) และมีความแม่นยำเพียง 33 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่เหมาะที่จะนำค่า RI ไปใช้วินิจฉัยโรคไตในสุนัข

อภิปรายผลการวิจัย

ในทางคลินิกมักวินิจฉัยโรคไตจากการเพิ่มขึ้นของระดับยูเรียและครีอะตินีนในเลือด โดยค่าครีอะตินีนจะสูงขึ้นหากไตสูญเสียการทำงานตั้งแต่ 66 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (Bovee, 1984) จึงไม่สามารถใช้ค่านี้บ่งบอกภาวะไตวายระยะแรกซึ่งมักเป็นผลจากการที่ไตขาดเลือดหรือการไหลเวียนของเลือดภายในไตลดลงจากความผิดปกติของเนื้อไต ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการอักเสบของเนื้อไตทำให้โครงสร้างของหน่วยกรองและเนื้อไตเสียหาย และยังเป็นสาเหตุให้เกิดลิ่มเลือดอุดตันที่หลอดเลือดทำให้การไหลเวียนของเลือดในไตลดลง (Bovee, 1984; Eckardt et al., 2003) นอกจากนี้การสะสมของคอลลาเจนหรือเนื้อเยื่อผังผืดในเนื้อไต (fibrosis) (Ikee et al., 2005) และการเกิดถุงน้ำในไตยังอาจขัดขวางการไหลเวียนของเลือดที่เลี้ยงไตได้เช่นกัน (Mathavakkannan et al., 2000)

อัลตราซาวด์ช่วยในการวินิจฉัยโรคไตได้จากการประเมินขนาด รูปร่าง และลักษณะรอยโรคของไตและยังอาจประเมินการไหลของเลือดภายในไตโดยวัดความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดเพื่อคำนวณค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในคนและสัตว์ (Mastorakou et al., 1994; Novellas et al., 2007) แต่ค่านี้มีความไวในการบ่งชี้ความผิดปกติของไตค่อนข้างต่ำในสุนัข (Morrow et al., 1996) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์แปรผกผันกับระดับครีอะตินีนในเลือด และไม่พบความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์กับอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ รวมทั้งความแม่นยำอยู่ในระดับต่ำ (33 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของไตจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ประเมินความผิดปกติของไตในสุนัขซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Rivers และคณะ (1997)

Souza de Oliveira และคณะ (2000) ได้ศึกษาการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดแดงไตตีบโดยใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ พบว่าการตีบของหลอดเลือดที่เลี้ยงไตทำให้มีเลือดไปเลี้ยงไตลดลงซึ่งเป็นสัญญาณแรกที่บ่งชี้ความผิดปกติของไต ในการศึกษานี้จึงใช้อัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์วัดหาพารามิเตอร์ต่างๆของการไหลของเลือดที่เลี้ยงไต เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พารามิเตอร์เหล่านี้ในการประเมินความผิดปกติของไตในสุนัข โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา และอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ระหว่างกลุ่มสุนัขปกติและสุนัขโรคไต

ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา ในกลุ่มสุนัขปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61±0.13 ซึ่งตรงกับรายงานของ Koma และคณะ (2005) ที่ศึกษาในสุนัขพันธุ์บีเกิ้ลปกติ แต่ค่าที่ได้ต่ำกว่าค่าปกติในแมวพันธุ์เปอร์เซีย (Carvalho and Chammas, 2011) และมนุษย์ (Souza de Oliveira et al., 2000) ทั้งนี้อาจเนื่องจากค่าความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตแปรผันตรงกับความแตกต่างของขนาดหลอดเลือดแดงไตเทียบกับเอออร์ตา กล่าวคือในสุนัขที่ศึกษามีความแตกต่างของขนาดหลอดเลือดแดงไตเทียบกับขนาดเอออร์ตา 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าในแมวและในมนุษย์ที่มีความแตกต่างของขนาดหลอดเลือดเท่ากับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงอาจมีผลให้ค่าความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตในสุนัขมีค่าต่ำกว่าในแมวและมนุษย์

อย่างไรก็ตาม ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาในสุนัขโรคไตมีค่าไม่ต่างจากสุนัขปกติทั้งๆที่ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตมีค่าน้อยกว่า ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับค่าความดันเลือดและค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น กลุ่มสุนัขโรคไตที่ศึกษามีค่าความดันเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งตรงกับรายงานของ Buranakarl และคณะ (2007) ที่พบว่าสุนัขโรคไตส่วนใหญ่ไม่มีภาวะความดันเลือดสูงร่วมด้วย แม้ว่ากลุ่มสุนัขโรคไตมีค่าความดันเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ความดันเลือดที่วัดได้มีค่าต่ำกว่ากลุ่มสุนัขปกติจึงอาจส่งผลให้ค่าความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตและในเอออร์ตามีค่าต่ำลงเนื่องจากความดันเลือดแปรผันตรงกับความเร็วในการไหลของเลือด (Terry and Rysavy, 1995) นอกจากนี้กลุ่มสุนัขโรคไตที่ศึกษามีค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นน้อยกว่ากลุ่มสุนัขปกติ ทำให้ค่าความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตและในเอออร์ตามีค่าลดลงเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ Koma และคณะ (2005) ที่พบว่าความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงมีค่าลดลงในสุนัขที่มีภาวะโลหิตจาง ดังนั้นอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตและในเอออร์ตาที่คำนวณได้ในสุนัขโรคไตจึงมีค่าไม่ต่างจากกลุ่มสุนัขปกติ นอกจากนี้ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาที่คำนวณได้ในสุนัขทั้งสองกลุ่มไม่มีความสัมพันธ์กับค่าครีอะตินีนในเลือดและกับค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะและมีความแม่นยำค่อนข้างต่ำ ดังนั้น ค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตานี้อาจจะมีความไวไม่มากพอที่จะนำไปใช้วินิจฉัยสุนัขที่ป่วยด้วยโรคไตโดยเฉพาะในรายที่ยังไม่มีการตีบของหลอดเลือดแดงไตหรือมีการตีบไม่มาก เนื่องจากค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาจะมีค่าสูงขึ้นก็ต่อเมื่อหลอดเลือดแดงไตมีการตีบมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Souza de Oliveira et al., 2000)

อัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของกลุ่มสุนัขปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.68±0.37 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในแมวและมีค่ามากกว่าในมนุษย์โดยค่าสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 2.19 ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นค่าอ้างอิงในการวินิจฉัยโรคไตในสุนัขต่อไป กลุ่มสุนัขโรคไตมีค่าอัตราส่วนนี้เท่ากับ 2.69±1.06 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มสุนัขปกติ คิดเป็น 56 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากกลุ่มสุนัขโรคไตมีความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ช้าลงเมื่อเทียบกับความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตซึ่งบ่งบอกถึงการไหลเวียนของเลือดภายในไตที่ลดลงอันอาจเป็นผลมาจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นในไต

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ของสุนัขทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับค่าครีอะตินีนในเลือดและค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับสุนัขที่ใช้ศึกษามีจำนวนไม่มากพอทำให้ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ชัดเจน นอกจากนั้นโรคไตแต่ละชนิด เช่น chronic glomerulonephritis, tubulointerstitial nephritis, benign nephrosclerosis และ interstitial fibrosis จะส่งผลต่อการลดลงของความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไตได้มากน้อยต่างกัน (Ikee et al., 2005) ความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์มักจะน้อยลงในโรคไตระยะเฉียบพลัน เช่น acute tubulonecrosis, acute tubulointerstitial nephritis และการอักเสบของหลอดเลือดทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อโดยรอบหลอดเลือดเกิดการบวมจึงขัดขวางการไหลของเลือด ขณะที่โรคไตวายเรื้อรังจะพบความเสื่อมในไต เช่น ผังผืดแทรกในเนื้อไต (fibrosis) ตะกอนแคลเซียมสะสมในเนื้อไต หรือถุงน้ำในไต ซึ่งมีผลให้การไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์น้อยลงไม่มากเท่ากับโรคไตระยะเฉียบพลัน (Morrow et al., 1996) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์กับค่าครีอะตินีนในเลือดของสุนัขที่ศึกษาจึงไม่สูงมาก เนื่องจากสุนัขส่วนใหญ่เป็นโรคไตวายเรื้อรังที่มีค่าครีอะตินีนในเลือดระดับสูง

ผลการศึกษาขนาดไตพบว่าขนาดความยาวของไตในสุนัขปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35±0.69 เซนติเมตร ซึ่งตรงกับค่าที่วัดโดย Barr และคณะ (1990) และขนาดความยาวของไตต่อขนาดเอออร์ตา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.03±0.84 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Mareschal และคณะ (2007) โดยกลุ่มสุนัขโรคไตมีความยาวของไตมากกว่ากลุ่มสุนัขปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอาจเป็นผลจากการที่กลุ่มสุนัขโรคไตมีน้ำหนักตัวมากกว่าและขนาดเอออร์ตาใหญ่กว่ากลุ่มสุนัขปกติ เนื่องจากพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างขนาดความยาวของไตกับน้ำหนักตัวและความยาวของไตกับขนาดเอออร์ตาซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Barr และคณะ (1990) และ Sonesson และคณะ (1994) ตามลำดับ ในการศึกษานี้จึงใช้ค่าอัตราส่วนขนาดความยาวของไตต่อน้ำหนักตัวและความยาวของ

ไตต่อขนาดเอออร์ตามาวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดไตของสุนัขทั้งสองกลุ่มและพบว่ามีขนาดไตไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการประเมินขนาดไตเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอสำหรับการวินิจฉัยโรคไตในสุนัข

ขนาดเอออร์ตาในสุนัขปกติมีค่าเท่ากับ 0.74±0.16 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Yamamoto และคณะ (1992) แต่มีขนาดใหญ่กว่าในแมว (Carvalho and Chammas, 2011) และเล็กกว่าในมนุษย์ (Souza de Oliveira et al., 2000) ในกลุ่มสุนัขโรคไตมีขนาดเอออร์ตาใหญ่กว่าในสุนัขปกติ อาจเป็นผลเกี่ยวข้องกับน้ำหนักตัวของกลุ่มสุนัขโรคไตที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มสุนัขปกติ เนื่องจากตรวจพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างขนาดเอออร์ตากับน้ำหนักตัวของสุนัข ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมนุษย์ (Sonesson et al., 1994) ดังนั้น จึงใช้ค่าอัตราส่วนของขนาดเอออร์ตาต่อน้ำหนักตัวในการวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดเออร์ตาระหว่างสุนัขสองกลุ่ม ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ขนาดหลอดเลือดแดงไตในสุนัขปกติ มีค่าเท่ากับ 0.49±0.09 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ารายงานก่อนหน้านี้ที่วัดขนาดหลอดเลือดแดงไตทางพยาธิวิทยาในสุนัข (Yamamoto et al., 1992) และสุนัขป่า (Ozudogru and Ozdemir, 2005) และมีขนาดใหญ่กว่าขนาดหลอดเลือดแดงไตในแมวพันธุ์เปอร์เซีย (Carvalho and Chammas, 2011) และในมนุษย์ (Souza de Oliveira et al., 2000) แต่หลอดเลือดแดงไตในสุนัขโรคไตมีขนาดไม่แตกต่างจากกลุ่มสุนัขปกติ

ขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ในกลุ่มสุนัขปกติ มีค่าเท่ากับ 0.25±0.04 เซนติเมตร กลุ่มสุนัขโรคไตมีขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ไม่แตกต่างจากกลุ่มสุนัขปกติ เมื่อเปรียบเทียบขนาดของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ต่อขนาดหลอดเลือดแดงไต พบว่าขนาดหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์มีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของหลอดเลือดแดงไตซึ่งสอดคล้องกับค่าที่วัดได้ในสุนัขป่า (Ozudogru and Ozdemir, 2005) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า หลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์และหลอดเลือดแดงไตที่ปรากฏในภาพอัลตราซาวด์มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่วัดโดยตรงทางพยาธิวิทยาในสุนัขป่า ทั้งนี้อาจเกี่ยวเนื่องกับปรากฏการณ์บลูมมิ่ง (blooming effect) ที่เกิดขึ้นเมื่อคลื่นอัลตราซาวด์ส่งผ่านไปยังแนวประชิดระหว่างหลอดเลือดกับเนื้อเยื่อข้างเคียงที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของเสียง (acoustic impedance) แตกต่างกันมากส่งผลให้เพิ่มความแรง (amplitude) ของคลื่นสะท้อนขนาดของหลอดเลือดที่วัดได้จึงใหญ่กว่าขนาดจริง (Wilhelm., 2011) นอกจากนั้นหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ยังมีขนาดเล็กทำให้กินเวลาในการวัดขนาดได้อย่างแม่นยำ หากสุนัขขยับตัวเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้ค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน

เทคนิคที่ใช้วินิจฉัยโรคไตในสุนัขมีหลากหลายวิธี จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ขนาดความยาวของไตเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอสำหรับใช้วินิจฉัยโรคไตในสุนัข ส่วนค่าความต้านทานของหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในมนุษย์นั้น พบว่าไม่มีความแน่นอนในการวินิจฉัยโรคไตในสุนัขซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Morrow และคณะ (1996) สำหรับค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไต (Souza de Oliveira et al., 2000) ที่ประยุกต์ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์เป็นวิธีที่ใช้ประเมินโรคไตในสุนัขได้ดีกว่าค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตา ดังนั้นอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ประเมินการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดที่เลี้ยงไตในสุนัขป่วยด้วยโรคไตต่อไป อย่างไรก็ตามเทคนิคการวัดขนาดและความเร็วในการไหลของหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงไตจำเป็นต้องอาศัยผู้ตรวจที่มีความชำนาญเนื่องจากหลอดเลือดที่เลี้ยงไตโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์มีขนาดเล็ก การขยับตัวหรือการหายใจหอบของสุนัขจะมีผลให้ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อน

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำผลงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยและพยากรณ์โรคไตในทางคลินิกโดยศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มสุนัขโรคไตระยะแรกที่ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าครีอะตินีนในเลือดและค่าอัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ โดยศึกษาเชิงลึกในการนำค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในเอออร์ตาและค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงไตต่อในหลอดเลือดแดงอินเตอโลบาร์เปรียบเทียบกับวิธีมาตราฐานอื่น เช่น การวัดอัตราการกรองผ่านกลุ่มเส้นเลือดฝอยที่ไต การตรวจด้วยวิธี scintigraphy เพื่อศึกษาความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) และศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำค่าอัตราส่วนความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดที่เลี้ยงไตไปช่วยตรวจคัดกรองโรคไตในสุนัขต่อไป

รายการอ้างอิง

Barr, F.J., Holt P.E. and Gibbs, C. 1990. Ultrasonographic measurements of normal renal parameters. J Small Anim Pract. 31(4) : 180–184.

Bovee, K.C. 1984. Renal Blood Flow. In : Canine nephrology. K.C. Bovee (ed). United states : Harwai Pub. Co. 35-60.

Buranakarl, C., Ankanaporn, K., Thammacharoen, S., Trisiriroj, M., Maleeratmongkol, T., Thongchai, P. and Panasjaroen, S. 2007. Relationships between degree of azotemia and blood pressure, urinary protein : creatinine ratio and fractional excretion of electrolytes in dogs with renal azotemia. Vet Res Commun. 31(3) : 245-257.

Buranakarl, C., Yenpetch, W. and Suvarnavibhaja, S. 2004. The Estimation of glomerular filtration rates using endogenous creatinine clearance in nine dogs. Thai J Vet Med. 34(2) : 41-46.

Carvalho, C.F. and Chammas, M.C. 2011. Normal Doppler velocimetry of renal vasculature in Persian cats. J Feline Med. Surg. 13(6) : 399-404.

David, N.K. 1997. Blood flow in arteries. Annu Rev Fluid Mech. 29 : 399–434.

Dennis, R. and McConnell, F. 2007. Diagnostic imaging of the urinary tract. In : BSAVA Manual of Canine and Feline Nephrology and Urology. 2nd ed. J. Elliott and G.F. Greuer. (eds.) India : British Small Animal Veterinary Association. 126-158.

Eckardt, K.U., Rosenberger, C., Jurgensen, J.S. and Wiesener, M.S. 2003. Role of hypoxia in the pathogenesis of renal disease. Blood Purif. 21(3) : 253-257.

Finco, D.R., Braselton, W.E. and Cooper T.A. 2001. Relationship between plasma iohexol clearance and urinary exogenous creatinine clearance in dogs. J Vet Intern Med. 15(4) : 368-373.

Gao, J., Rubin, J.M., Xiang, D.Y., He, W., Auh, Y.H., Wang, J. et al. 2011. Doppler parameters in renal transplant dysfunction: correlations with histopathologic changes. J Ultrasound Med. 30(2) : 169-175.

Gill, R.W. 1985. Measurement of blood flow by ultrasound: accuracy and sources of error. Ultrasound Med Biol. 11(4) : 625-641.

Haller, M., Müller, W., Binder, H., Estelberger, W. and Arnold, P. 1998. Single injection inulin clearance a simple method for measuring glomerular filtration rate in dogs. Res Vet Sci. 64(2) : 151-156.

Halpern, E.J., Deane, C.R., Needleman, L., Merton, D.A., East, S.A. 1995. Normal renal artery spectral Doppler waveform : a closer look. Radiology. 196(3) : 667-673.

Hanley, J.A. and McNeil, B.J. 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. Radiology. 143(1) : 29-36.

Heiene, R. and Lefebvre, H.P. 2007. Assessment of renal function. In : BSAVA Manual of Canine and Feline Nephrology and Urology. 2nd ed. J. Elliott and G.F. Greuer. (eds.) India: British Small Animal Veterinary Association. 117-125.

Heiene, R. and Moe, L. 1998. Pharmacokinetic aspects of measurement of glomerular filtration rate in the dog: a review. J Vet Intern Med. 12(6) : 401-414.

Ikee, R., Kobayashi, S., Hemmi, N., Imakiire, T., Kikuchi, Y., Moriya, H. et al. 2005. Correlation between the resistive index by Doppler ultrasound and kidney function and histology. American Journal of Kidney Diseases. 46(4) : 603-609.

Koma, L.M., Kirberger, R.M., Scholtz, L. and Bland-van, B.P. 2005. Influence of normovolemic anemia on Doppler-derived blood velocity ratios of abdominal splanchnic vessels in clinically normal dogs. Vet Radiol Ultrasound. 46(5) : 427-433.

Lerman, L.O., Schwartz, R.S., Grande, J.P., Sheedy, P.F. and Romero, J.C. 1999. Noninvasive evaluation of a novel swine model of renal artery stenosis. J Am Soc Nephrol. 10(7) : 1455-1465.

Mareschal, A., d'Anjou, M.A., Moreau, M., Alexander, K. and Beauregard, G. 2007. Ultrasonographic measurement of kidney to aorta ratio as a method of estimating renal size in dogs. Vet Radiol Ultrasound. 48(5) : 434-438.

Mastorakou, I., Lindsell, D.R., Piepoli, M., Adamopoulos, S. and Ledingham, J.G. 1994. Pulsatility and resistance indices in intrarenal arteries of normal adults. Abdom Imaging. 19(4) : 369-373.

Mathavakkannan, S., Paul, L., Hari, M. and Philip, A.K. 2000. Relationship of renal dysfunction to proximal arterial disease severity in atherosclerotic renovascular disease. Nephrol. Dial. Transplant. 15(5) : 631-636.

Morrow, K.L., Salman, M.D., Lappin, M.R. and Wrigley, R. 1996. Comparison of the resistive index to clinical parameters in dogs with renal disease. Vet Radiol Ultrasound. 37(3) :193–199.

Novellas, R., Espada, Y. and Gopegui, R.R. 2007. Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats. Vet Radiol Ultrasound. 48(1) : 69-73.

Novellas, R., Gopegui, R.R. and Espada, Y. 2008. Increased renal vascular resistance in dogs with hepatic disease. Vet J.178(2) : 257-262.

Novellas, R, Gopegui, R.R. and Espada, Y. 2010. Assessment of renal vascular resistance and blood pressure in dogs and cats with renal disease. Vet Rec.166(20) : 618-623.

Nyland, T.G., Mattoon, J.S., Herrgesell, E.J. and Wisner, E.R. 2002. Urinary tract. In : Small Animal Diagnostic Ultrasound. T.G. Nyland. and J.S. Mattoon. (eds.) United States : SAUNDERS. 158-180.

Ozudogru, Z. and Ozdemir, D. 2005. Intrarenal arterial patterns in the wolf (*Canis lupis*). Vet. Med. 50(9) : 411–414.

Platt, J.F. 1997. Doppler ultrasound of the kidneys. Semin Ultrasound CT MR. 18(1) : 22-32.

Pollard, R., Nyland, T.G., Bernsteen, L., Gregory, C.R. and Hornof, W.J. 1999. Ultrasonographic evaluation of renal autografts in normal cats. Vet Radiol Ultrasound. 40(4) : 380-385.

Pontremoli, R., Viazzi, F., Martinoli, C., Ravera, M., Nicolella, C., Berruti, V. et al. 1999. Increased renal resistive index in patients with essential hypertension: a maker of target organ damage. Nephrol Dial Transplant. 14(2) : 360-365.

Pressler, B.M., Vaden, S.L., Jensen, W.A. and Simpson, D. 2002. Prevalence of microalbuminuria in dogs evaluated at a referral veterinary hospital. Vet Clin Pathol. 31(2) : 56-60.

Rijnberk, A. and Stokhof, A.A. 2009. General examination. In : Medical History and Physical Examination in Companion Animals. 2nd ed. A. Rijnberk and F.J. van Sluijs. (eds.) British : SAUNDERS. 47-62.

Rivers, B.J., Walter, P.A., Polzin, D.J. and King, V.L. 1997. Duplex Doppler estimation of intrarenal pourcelot resistive index in dogs and cats with renal disease. J Vet Intern Med. 11(4) : 250-260.

Sandgaard, N.C., Andersen, J.L., Holstein, N.H. and Bie, P. 2002. Aortic blood flow subtraction: an alternative method for measuring total renal blood flow in conscious dogs. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 282(5) : 1528-1535

Smith, H.W., Finkelstein, N., Aliminosa, L., Crawford, B. and Graber, M. 1945. The renal clearances of substituted hippuric acid dericatives and other aromatic acids in dog and man. J Clin Invest. 24(3) : 388-404.

Sonesson, B., Lanne, T., Hansen, F. and Sandgred, T. 1994. Infrarenal aortic diameter in the healthy person. Eur J Vasc Surg. 8(1) : 89-95.

Souza de Oliveira, I.R., Widman, A., Molnar, L.J., Fukushima, J.T., Praxedes, J.N. and Cerri, G.G. 2000. Colour Doppler ultrasound: a new index improves the diagnosis of renal artery stenosis. Ultrasound Med Biol. 26(1) : 41-47.

Spaulding, K.A. 1997. A review of sonographic identification of abdominal blood vessels and juxtavascular organs. Vet Radiol Ultrasound. 38(1) : 4-23.

Squires, R.A. 2007. Ureamia. In : BSAVA Manual of Canine and Feline Nephrology and Urology. 2nd ed. J. Elliott and G.F. Greuer. (eds.) India : British Small Animal Veterinary Association. 54-68.

Szatmári, V., Sótonyi, P. and Vörös, K. 2001. Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: a review. Vet Radiol Ultrasound. 42(2) : 93-107.

Terry, J.D. and Rysavy, J. 1995. Peak systolic velocity and flow volume increase with blood pressure in low resistance systems. J Ultrasound Med. 14(3) : 199-203.

Vaden, S.L. and Brown, C. 2007. Renal biopsy. In : BSAVA Manual of Canine and Feline Nephrology and Urology. 2nd ed. J. Elliott and G.F. Greuer. (eds.) India : British Small Animal Veterinary Association. 167-177.

Wilhelm, S. 2011. Fundermental principles. In : Ultrasonography in Vascular Dignosis A Therapy Oriented Textbook and Atlas. S. Wilhelm. (ed.) Germany: Springer. 1-25.

Yamamoto, T., Tanaka, H., Jones, C.J., Lever, M.J., Parker, K.H., Kimura, A. et al. 1992. Blood velocity profiles in the origin of the canine renal artery and their relevance in the localization and development of atherosclerosis. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 12(5) : 626-632.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มสุนัขปกติที่ทำการศึกษา จำนวน 25 ตัว

ตัวอย่างที่	พันธุ์	เพศ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความดันเลือดเฉลี่ย (มิลลิเมตรปรอท)	ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	ค่าครีอะตินีนในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	อัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ
1	ชิสุห์	ผู้	2	4.2	99	43	1.2	0.05
2	ชิสุห์	เมีย	2	5.2	99	45	0.8	0.05
3	พุดเดิ้ล	ผู้	2	12.5	126	39	1	0.1
4	พุดเดิ้ล	ผู้	2	15	127	45	1.1	0.2
5	ชิสุห์	เมีย	2	3.2	114	56	0.7	0.2
6	ชิสุห์	ผู้	2	5.9	108	55	0.8	0.2
7	ชิสุห์	ผู้	6	5.4	115	42	0.7	0.3
8	ปั๊ค	เมีย	12	10.7	130	40	0.9	0.1
9	ปั๊ค	เมีย	4	5.2	104	53	0.7	0.1
10	ชิสุห์	ผู้	6	6.2	108	46	0.9	0.05
11	ชิสุห์	เมีย	4	4.2	99	45	0.7	0.2
12	ชิสุห์	เมีย	5	5.2	100	39	1	0.07
13	ชิสุห์	เมีย	6	6.2	123	53	0.9	0.07
14	ชิสุห์	เมีย	6	5	106	54	0.8	0.4
15	ชิสุห์	เมีย	6	6	108	47	1.1	0.3
16	ผสม	ผู้	6	6.8	103	48	0.8	0.1
17	ผสม	ผู้	6	6.7	127	53	0.9	0.2
18	ชิสุห์	เมีย	4	6.9	114	44	0.7	0.1
19	ผสม	ผู้	4	4.8	103	42	0.9	0.02
20	บีเกิ้ล	ผู้	3	13.5	134	45	1.2	0.3
21	บางแก้ว	ผู้	8	24	129	48	0.6	0.2
22	ลาบราดอร์	เมีย	2	23	127	52	0.7	0.1
23	พุดเดิ้ล	ผู้	5	6.1	130	47	1	0.15
24	พุดเดิ้ล	เมีย	5	9.1	133	48	0.9	0.21
25	ชิสุห์	เมีย	11	5.7	117	53	0.6	0.05

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มสุนัขโรคไตที่ทำการศึกษา จำนวน 25 ตัว

ตัวอย่างที่	พันธุ์	เพศ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความดันเลือดเฉลี่ย (มิลลิเมตรปรอท)	ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	ค่าครีอะตินีนในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	อัตราส่วนโปรตีนต่อครีอะตินีนในปัสสาวะ
1	ผสม	เมีย	10	17.18	98.33	35	2.3	6.41
2	พุดเดิ้ล	ผู้	12	6.8	100	34	4.6	11.2
3	ผสม	เมีย	10	20.6	134	32	7.8	2.6
4	พุดเดิ้ล	เมีย	15	3.5	130	43	6.4	1.48
5	ชิสุห์	ผู้	5	4.5	96	33	10.6	8.5
6	ผสม	ผู้	5	14	102	41	6.6	2.54
7	ผสม	ผู้	8	6	91	40	14	4.2
8	ยอร์กเชีย	ผู้	16	5.3	101	42	4.1	1.3
9	ไดเมเชี่ยน	เมีย	10	21.3	134	38	3.9	0.8
10	ไซบีเรียน	ผู้	4	20.8	82	38	5.6	1.5
11	พุดเดิ้ล	ผู้	13	7.6	108	41	4.8	5.2
12	มิเนียเจอร์	ผู้	15	6.4	128	35	3.6	2.3
13	ผสม	เมีย	8	17.8	129	37	3.1	2.4
14	ผสม	ผู้	10	16	90	41	6.7	3.1
15	ผสม	เมีย	10	19.6	99	43	5.3	2.5
16	ชิสุห์	เมีย	3	2.4	98	33	5.6	2.4
17	ผสม	เมีย	7	16.5	128	34	9.6	2.3
18	ชิสุห์	เมีย	8	5.5	90	38	7.4	8.3
19	ผสม	ผู้	5	17.5	96	40	8.4	5.2
20	ลาบราดอร์	เมีย	4	22.5	95	38	2.8	2
21	ผสม	ผู้	6	18	107	38.5	2.4	6.5
22	ผสม	เมีย	13	15.5	106	36	5.8	7.5
23	เทอร์เรีย	เมีย	11	4.7	104	39	6.6	11.5
24	ลาบราดอร์	ผู้	11	31	107	36	3.5	2.5
25	ปอมฯ	เมีย	10	4.5	86	35	5.6	4

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายคมกฤช ลออธนกุล เกิดเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2527 ที่ประเทศมาเลเซีย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 จากคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศัลยศาสตร์ทางสัตวแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2553