

개에서 컴퓨터단층촬영술을 이용하여 진단한 임상증상이 없는 간외성 전신문맥단락의 영상학적 평가

최수영* · 이인* · 최호정 · 이영원¹

충남대학교 수의과대학 · 동물의과학연구소, *이안동물영상의학센터

(게재승인: 2013년 8월 10일)

Diagnostic Imaging Features of Asymptomatic Extrahepatic Portosystemic Shunt Detected by CT in Dogs

Soo-Young Choi*, In Lee*, Ho-Jung Choi and Young-Won Lee¹

College of Veterinary Medicine · Research Institute of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
*Ilan Animal Diagnostic Imaging Center, Seoul 135-964, Korea

Abstract : This study was performed to compare clinical and diagnostic imaging features between asymptomatic and symptomatic extrahepatic portosystemic shunts in dogs. The data of thirty patients diagnosed with extrahepatic PSS by multi-detector CT were reviewed, and the dogs were divided into asymptomatic (9/30) and symptomatic (21/30) groups. Signalments, hematologic results, liver size, morphologic classifications and main portal vein to abdominal aortic ratio (PV/AO) at the porta hepatis level from CT images were evaluated in two groups. Shih-tzu (5/9) was the most frequent breed in asymptomatic group, and various breeds were presented in symptomatic group. Mean age of asymptomatic group (9.2 ± 3.2 years) was significantly higher than that of symptomatic group (4.5 ± 3.2 years). The most morphologic form of shunt vessel was the splenophrenic shunt (16/30). PV/AO of asymptomatic group (1.1 ± 0.19) was significantly higher than the values of symptomatic group (0.55 ± 0.19). Clinical signs, hematologic results and diagnostic imaging findings of asymptomatic PSS are too nonspecific to suspect PSS. Therefore, considering of patient's age and CT examination with application of PV/AO ratio could be useful for the diagnosis of asymptomatic PSS.

Key words : asymptomatic, PSS, CT, PV/AO ratio, dog.

서 론

전신문맥단락은 문맥계의 혈관이 간을 경유하지 않고 전신순환계로 직접 순환하는 혈관 기형 질환으로 발생 시기에 따라 선천성과 후천성, 위치에 따라 간내성과 간외성, 개수에 따라 단일 단락과 다발 단락으로 분류한다. 문맥계의 혈액이 간에서 대사되지 못하여, 혈중 암모니아 농도가 상승하고 암모니아에 의해 뇌의 주요 신경 전달 물질인 glutamate의 변성이 유발되어 발작과 같은 간성 뇌증을 일으키며(9), 행동변화나 보행실조와 같이 미약한 증상에서부터 혼수에 이르기까지 다양한 심도의 증상 발현을 보인다(14). 혈액 검사를 통하여 소적혈구증과 혈중요소질소(blood urea nitrogen: BUN), 크레아틴, 알부민 등의 감소를 확인할 수 있으며, 방사선 검사를 통하여 소간증을 확인할 수 있다. 2004년에 초

음과 검사를 통해서도 선천성의 간외성 PSS 환자에서 문맥의 직경이 감소하는 것을 간문 수준의 대동맥과 문맥의 직경 비율(portal vein to aorta ratio: PV/AO ratio)을 측정하여 평가할 수 있는 것이 보고된 바 있다(2). 하지만, 인의에서는 임상증상과 혈액혈청 및 영상진단 검사상 소견이 없는 경우에도 다른 이유로 검사가 진행되어 간내성 또는 간외성 PSS가 우연히 발견되는 경우 또한 보고되었다(1,14,18).

따라서, 과거 복부의 CT 검사를 진행한 케이스들을 토대로, 임상증상이 없이 전신문맥단락 혈관이 확인된 증례와 임상증상이 있는 증례를 분류하여 질환의 임상적 특징과 영상소견의 차이를 비교 평가하였다.

재료 및 방법

2008년 10월부터 2010년 3월까지 18개월 동안 CT (Asteion 4®, Toshiba, Japan)를 통해 복부를 검사한 모든 케이스에서, 정맥을 통해 조영제 투여 후 30초에서 50초 사

¹Corresponding author.
E-mail : lywon@cnu.ac.kr

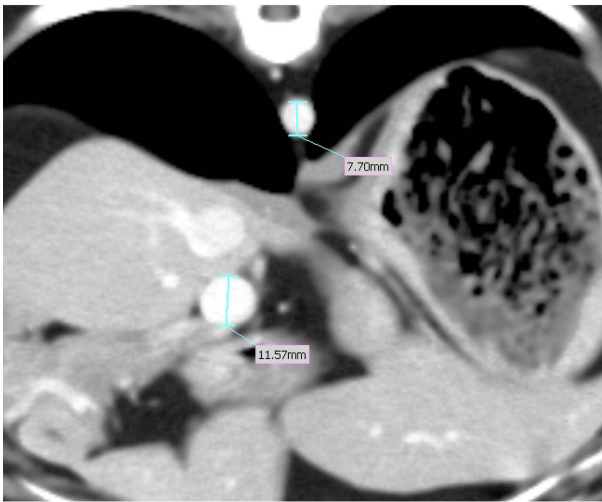


Fig 1. Measurement of PV/AO ratio. The diameters of aorta and portal vein of porta hepatis level between main portal bifurcation and gastroduodenal vein insertion were measured on soft tissue window and transverse image, which was reconstructed with low kernel frequency.

이의 지연 시간을 두고 촬영 CT 영상을 재검토하여, 간외성 전신문맥단락 혈관이 있는 증례를 선별하였으며, 간내성 또는 후천성 단락과 간질환이 있는 증례는 배제하였다. 총 30 두가 선정되었으며, 임상 증상이 있고 PSS가 의심되어 CT 검사가 진행된 21 증례를 symptomatic group 으로, PSS 가 의심되지 않고 다른 이유로 CT 검사를 진행하여 PSS 가 우연히 발견된 9 증례를 asymptomatic group으로 분류하였다. 각 그룹에 대해 나이, 품종, 성별 분포를 분석하였으며, 혈액검사로부터 소적혈구중에 대한 MCV, 간기능에 대한 알부민, 총혈청단백량, BUN, 콜레스테롤, 크레아틴, 간효소 수치인 alkaline phosphatase (ALP), aspartate transaminase (ALT)와 aspartate transaminase (AST), 방사선 영상으로부터 소간증 유무를 평가하였다. CT 검사로부터 얻어진 영상

Table 2. Classification by the morphology of shunting vessels

Origin to insertion of shunting vessel	Asymptomatic	Symptomatic	Total
Splenophrenic	8	8	16
Right gastric-caval	.	5	5
Splenoazygous	.	3	3
Splenocaval	.	3	3
Double right gastric-caval	.	1	1
Rt gastric to phrenic	1	.	1
Splenic to renal vein & CVC	.	1	1
Total	9	21	30

을 바탕으로 간외성 단락 혈관의 기원과 분지 혈관을 확인하여, 2011년에 Nelson 등에 의한 보고에 따라 간외성 PSS 를 형태학적으로 분류하였다(11). PV/AO ratio는 low kernel frequency로 재구성된 조영 후의 soft tissue window 영상으로부터 간문에서 문맥의 좌우 분지 지점과 위십이지장 정맥 사이 수준의 문맥과 대동맥 직경을 측정하여 그 비율을 산출하였다(Fig 1).

획득된 값을 통한 각 그룹의 평균 비교는 t-test(SPSS 12.0, Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

결 과

Asymptomatic group은 총 9 두가 선정되었으며, 시추견이 5 마리로 가장 많았다. 21 두의 symptomatic group 에서는 말티즈견과 슈нау저견이 5 마리와 4 마리로 가장 많은 분포를 보였다. 평균 연령은 asymptomatic group이 9.2 ± 3.2 년령으로 symptomatic group의 4.5 ± 3.2 년령에 비하여 유의적으로 높았다. 성별분포는 수컷과 암컷이 1:1의 비율을 나

Table 1. The minimum data of the selected dogs was summarized

Group	Dog (n)	Breed (n)	Age (Mean ± SD)	Sex				Indications for CT (n)	Micro-hepatica (n)
				M	MC	F	FS		
Asymptomatic PSS	9	Shih-tzu (5) YT(2) Maltese(1) Poodle(1)	3 y ~ 13 y (9.2 ± 3.2 y**)	2	.	5	2	Abdominal mass (5) Thoracic mass (1) Ear canal mass (1) Aortic thrombosis (1) IVDD (1)	none
Symptomatic PSS	21	Maltese(5) Schnauzer(4) Shih-tzu(3) Dachhund(2) Pekingese(2) YT(2), CS(2) Minipin(1)	3 m ~ 12 y (4.5 ± 3.2 y)	6	7	6	2	-	17

YT: yorkshire terrier, CS: cocker spaniel
**significantly different from PSS group (P < 0.05)

Table 3. Complete blood counts and chemistry results for asymptomatic group

Items	Results (mean ± SD)	Reference	Unit
MCV	63.7 ± 4.3	62-74	fL
ALB	3.0 ± 0.9	2.5-3.6	g/dL
TP	6.4 ± 1.1	5.4-7.1	g/dL
BUN	22.3 ± 14.5	5-30	mg/dL
CHOL	241.3 ± 111	127-340	mg/dL
AST	96.7 ± 108.2	16-43	U/L
ALP	254.6 ± 252.5	20-155	U/L
ALT	152.4 ± 207.4	3-50	U/L

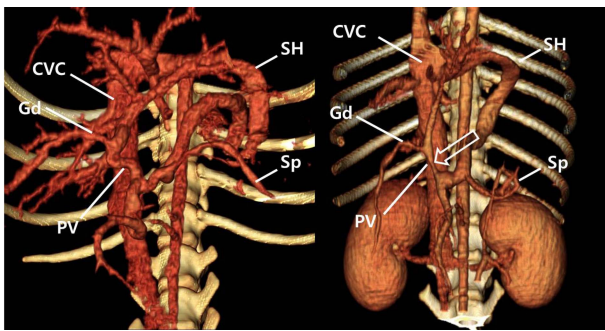


Fig 2. Ventral view from 3D reconstruction image of splenohepatic shunt, which is the most common morphologic type in this study, of each dog in asymptomatic group (left) and symptomatic group (right). This shunt originated from the splenic vein and inserted to the caudal vena cava cranial to the liver. Compared to asymptomatic group, note the decreased portal vein size (arrow) in symptomatic group. SH, shunt; PV, portal vein; CVC, caudal vena cava; Sp, splenic vein; Gd, gastroduodenal vein.

타내었다. Asymptomatic group은 종양성 질환 7 증례, 동맥내 혈전과 추간관탈출증이 각각 1 증례였다(Table 1). Symptomatic group의 8 증례는 발작 또는 보행실조와 같은 간성 뇌증의 신경계 증상을 보였으며, 나머지 13 증례는 소화기 증상, 기력 저하와 같은 비특이적인 증상을 보였다. Asymptomatic group은 혈액 검사의 변화를 바탕으로 PSS를 의심하였던 symptomatic group에 비하여, MCV, 알부민, 총혈청 단백질, BUN, 크레아틴, 콜레스테롤의 평균이 참고치 내에 존재하였고, ALP, AST, ALT 등의 간효소 수치는 평균이 참고치보다 상위 범위에 존재하였다(Table 3). 방사선 사진에서 소간증 소견은 asymptomatic group에서 관찰되지 않았으며, symptomatic group의 17 두에서 확인되었다(Table 1).

단락혈관이 관찰된 두 그룹에서의 총 30 증례는 모두 선천성의 간외성 단락 혈관이었다. 30 증례 중에서 16 증례는 splenohepatic shunt 형태로 나타났으며, 가장 높은 빈도의 발현이었다. 이 형태는 asymptomatic group의 9 증례 중 8 증례에 해당하였다. Asymptomatic group의 나머지 1 증례는 우측 위정맥으로부터 횡격막 정맥으로의 단락 형태로 관찰

되었다. 이외의 단락 형태는 Table 2에 요약되어 있으며, 앞서 언급한 asymptomatic group의 1 증례와 symptomatic group에서 비정맥으로부터 기시하여 신정맥과 후대정맥으로 분지되는 1 증례를 제외하고 모두 이전 연구의 6개의 일반적 형태로 분류되었다(Table 2).

PV/AO ratio는 asymptomatic group의 평균은 1.11 ± 0.19 이었으며, symptomatic group의 평균은 0.54 ± 0.19로 초음파 검사상 간외성 PSS를 의심할 수 있는 수준인 0.65 이하로 나타났다. P < 0.05 이하 수준에서 통계적으로 두 그룹간 유의적인 차이가 인정되었다.

고 찰

PSS가 있는 총 30두 중에서 시츄 8두, 말티즈 6두, 요크셔테리어 4두, 슈нау저 4두로 다른 품종에 비하여 상대적으로 높은 빈도를 나타냈다. PSS가 있는 2400 마리의 개를 분석한 이전 연구에서는 하바니즈, 요크셔테리어, 말티즈가 상대적으로 높은 비율을 차지하였으며(17), 다른 연구에서는 슈нау저가 요크셔테리어에 이어 두 번째로 높은 빈도를 나타내기도 하였다(10). 본 연구에서 시츄가 가장 높은 빈도를 나타낸 것을 제외하고는 이전 연구들과 유사한 결과라고 보여진다. 시츄가 가장 높은 빈도를 보인 것은 본 연구에서 타당한 개체수가 확보되지 못한 점, 국내에서 편향된 분포의 품종에 해당하는 점 등이 원인으로 생각된다. 말티즈(1/6), 요크셔테리어(2/4), 슈нау저(0/4) 비교하여 시츄의 8두 중 5두(5/8)가 asymptomatic group에 해당하였다. 통계적 분석을 위한 개체수에 미치지 못하지만, 이전 연구들이 모두 symptomatic PSS 개체에 대한 연구라는 점이 시츄견이 가장 높은 빈도를 보인 본 연구 결과와의 차이일 수 있을 것으로 추정된다.

본 연구의 결과로 보면, asymptomatic group의 평균 연령이 symptomatic group과 유의적인 차이를 나타낸 것이 특징적이다. Asymptomatic group의 평균 연령이 높은 것은 이 환자의 CT 검사 목적이 종양 등의 노령성 질환을 평가를 위해 주로 이용되었기 때문인 것으로 생각되며, symptomatic group에서 비교적 노령에 해당하는 몇몇 증례들은 어린 연령에서 단락혈관이 우연히 발견되었다면 asymptomatic group으로 평가되었을 것이다. 그러므로 asymptomatic PSS는 잠재적으로 symptomatic PSS로 진행할 수 있다고 볼 수 있다. 최근 보고에서 슈нау저는 7년령 이상의 발현 빈도가 높은 것으로 보고 되었으므로(10), 슈нау저에서 발견되는 asymptomatic PSS는 symptomatic PSS로의 진행 가능성이 비교적 높을 수 있다고 생각된다. Asymptomatic PSS의 치료방향을 결정하기 위해서는 symptomatic PSS로의 진행 여부를 결정할 수 있어야 하며, 이와 관련된 지속적인 추적 조사가 필요하다.

Asymptomatic group의 혈액 검사상 소견들은 symptomatic group과 다르게, 대체로 정상 범주에 속하였다. PSS에 대한 평가로서 혈청 담즙산 평가가 민감도 및 특이도가 높

은 검사로 알려져 있으며(15), 혈청 담즙산 평가가 asymptomatic group에서 이루어지지 못한 점이 한계점으로 남는다. 방사선 검사에서의 소간증도 asymptomatic group에서는 나타나지 않았으며, 혈액 혈청 검사와 방사선 검사에서의 이런 소견은 단락혈관에 의한 간으로의 문맥 관류 저하가 유의적으로 일어나지 않기 때문인 것으로 추정된다. 간의 관류량은 간동맥과 문맥의 총량으로 이해되며, 문맥의 관류량이 저하될 때 간동맥을 통한 관류량이 증가하여 관류의 총량을 유지한다(4,7,8). 그러나 심한 PSS 환자에서는 효과적으로 보상하지 못하는 수준으로 문맥 관류량 저하가 나타난다(8,12). 그러므로 문맥 관류량의 저하 정도가 본 연구에서의 두 그룹간 혈액 검사와 방사선 검사에서의 차이를 보이는 것으로 추정된다.

Asymptomatic group의 단락 형태는 이전 연구에서 보고된 간외성 PSS의 6가지 일반적인 형태 중에서 splenophrenic shunt의 형태로 주로 관찰되었다(11). 이 형태의 단락혈관은 본 연구에서 30 증례 중 16 증례에서 확인되었으며, asymptomatic group에서는 9 증례 중 8 증례에 해당하였다. Asymptomatic group의 나머지 1 증례도 단락혈관의 기원이 다르지만 횡격막 정맥을 따라 분지하는 형태를 나타내었다. 따라서, 횡격막 정맥을 따라 주행하는 형태의 단락이 asymptomatic PSS로 나타나는 경향을 보인다고 생각된다. 이 원인에 대하여 분명히 밝혀진 바 없으나, splenophrenic shunt의 오직 50%가 symptomatic PSS에 속하였으므로, 간부전이 의심되는 환자를 splenophrenic shunt의 symptomatic PSS로 진단함에 있어서 asymptomatic PSS의 가능성이 높은 단락 형태라는 점을 인지하고 간에 대한 다른 기저 질환들을 명확히 감별해야 한다. 간부전이 의심되는 노령의 환자에서는 asymptomatic PSS가 symptomatic PSS로 진행되는 것을 감별진단 질환으로 고려해야 하며(13,16), asymptomatic PSS의 가장 일반적인 형태인 splenophrenic shunt는 초음파적 영상화가 어려운 단락의 형태이므로, 이와 같은 PSS를 감별하기 위한 검사로는 CT 검사가 추천된다. 이와 같은 주장을 뒷받침하기 위해서는 단락형태와 연령의 상관관계에 대한 조사가 더 필요하다.

PV/AO ratio는 2004년에 한 연구에서 초음파를 통한 측정이 보고되었다(2). 이 연구는 임상 병력과 실험실적 검사상 PSS가 의심되는 증례 중에서 문맥조영술과 수술 및 탐색적 개복술을 통해 단락혈관의 유무가 확실한 증례들만을 선별하여, 다양한 초음파적 결과들을 비교 평가하였다. 이 결과에서, PV/AO ratio는 PSS를 진단하는 다른 초음파 검사상 결과에 비하여 0.65 이하 수준에서 간외성 PSS에 대한 100%와 91%의 민감도와 특이도를 나타내었으며, PSS가 없는 개와 고양이에서 PV/AO ratio는 0.71-1.25로 제시되었다. 이 결과를 바탕으로, 초음파 검사를 통하여 단락혈관을 직접적으로 영상화하기 어려운 경우에, PV/AO ratio의 감소는 간외성 PSS의 존재를 추정할 수 있는 근거가 된다고 주장하였다(2).

본 연구에서 symptomatic group의 PV/AO ratio는 초음파 검사를 통해 제시한 0.65 이하로 나타났으며, 한 연구에

서도 CT에 의해 측정된 PV/AO ratio가 간외성 PSS의 모든 형태에서 감소되는 것으로 보고되었다(11). 그러므로 간외성 PSS를 평가함에 있어 CT 영상으로 측정된 PV/AO ratio도 적용될 수 있다고 보여진다. Asymptomatic group의 PV/AO ratio는 초음파를 통한 이전 연구의 정상 참고치에 존재하였으며, 이것은 앞서 언급한 것처럼 문맥의 관류량이 유의적인 감소를 나타내지 않았기 때문인 것으로 생각된다. Asymptomatic group의 PV/AO ratio가 간외성 PSS의 존재를 제시하는 값에 해당하지 않았으므로, PV/AO ratio가 유의적으로 감소되지 않은 것이 간외성 PSS를 배제한다고 보기 어렵다. Asymptomatic group과 symptomatic group에서 PV/AO ratio가 유의적인 차이를 나타내었으므로, 초음파 검사의 PV/AO ratio가 간외성 PSS의 존재 유무를 감별하는 진단적 근거로 제시된 것과는 다르게, 간외성 PSS의 유무를 명확하게 알 수 있는 CT에서는 PV/AO ratio가 symptomatic PSS와 asymptomatic PSS를 감별할 수 있는 진단적 근거로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구의 PV/AO ratio 값이 지시된 CT 검사의 목적으로 인하여 적절한 문맥기 조영상으로부터 문맥을 평가하지 못하였고(18,19), CT 검사에서의 PV/AO ratio는 마취와 조영제의 bolus injection에 의해 나타나는 심혈관계의 변화, 측정 시 이용된 영상의 재구성 알고리즘과 window에 의한 영향이 고려되기 때문에, CT 검사에서의 PV/AO ratio를 적용하기 위해서는 초음파 검사에서의 이전 연구 결과와 비교하여, CT 영상에서의 측정 방법 및 참고 자료로서의 연구가 선행되어야 할 것이다.

PSS의 진단에 있어서 CT 검사는 선천적인 간외성 단락혈관의 기원과 분지를 명확하게 확인할 수 있다(11). 기존에 PSS 평가를 위해 선호되던 초음파 검사는 민감도와 특이도가 높은 것으로 알려져 있으나(3,5,6), 초음파 검사자의 능력에 대한 의존도가 높고, 한 연구에서는 CT로 확인된 PSS 16 증례 중 6 증례는 초음파 검사에서 진단되지 못한 점을 고려해 볼 때(18), 미약한 의심 소견이거나 PSS를 확실히 감별해야 하는 환자의 경우, CT가 적합한 진단 장비라고 볼 수 있다.

결론

Asymptomatic PSS에서는 간부전과 관련된 혈액 검사상 여러 항목들, 방사선 검사를 통한 소간증, 초음파 검사를 통한 PV/AO ratio가 symptomatic PSS와 비교하여 변화를 보이지 않으나, asymptomatic PSS가 전형적인 형태의 symptomatic PSS로 진행할 가능성이 있다. 따라서, asymptomatic PSS가 진단된 환자는 주기적인 모니터링을 통해 환자 상태의 변화를 파악하고 있어야 하며, symptomatic PSS로 진행할 수 있는 원인에 대한 연구가 추후 과제로 남는다. 이러한 형태의 PSS는 진보된 영상 진단 기기인 초음파와 CT 검사의 증가로 더 자주 진단될 것으로 생각되며, 이와 같은 경우 이 연구의 결과인 asymptomatic PSS의 품종, 연령, 단락형태, 그리고 PV/AO ratio에 대한 정보가 진단에 도움이 되는

지표로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Alonso-Gamarra E, Parrón M, Pérez A, Prieto C, Hierro L, López-Santamaría M. Clinical and radiologic manifestations of congenital extrahepatic portosystemic shunts: a comprehensive review. *Radiographics* 2011; 31: 707-722.
- d'Anjou MA, Penninck D, Cornejo L, Pibarot P. Ultrasonographic diagnosis of portosystemic shunting in dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound* 2004; 45:424-437.
- Holt DE, Schelling CG, Saunders HM, Orsher RJ. Correlation of ultrasonographic findings with surgical, portographic, and necropsy findings in dogs and cats with portosystemic shunts: 63 cases (1987-1993). *J Am Vet Med Assoc* 1995; 207: 1190-1193.
- Kleber G, Steudel N, Behrmann C, et al. Hepatic arterial flow volume and reserve in patients with cirrhosis: use of intra-arterial Doppler and adenosine infusion. *Gastroenterology* 1999; 116: 906-914.
- Lamb CR. Ultrasonographic diagnosis of congenital portosystemic shunts in dogs: results of a prospective study. *Vet Radiol Ultrasound* 1996; 37: 281-288.
- Lamb CR. Ultrasonography of portosystemic shunts in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1998; 28: 725-753.
- Lautt WW. Mechanism and role of intrinsic regulation of hepatic arterial blood flow: hepatic arterial buffer response. *Am J Physiol* 1985; 249: G549-G556.
- Leen E, Goldberg JA, Anderson JR, et al. Hepatic perfusion changes in patients with liver metastases: comparison with those patients with cirrhosis. *Gut* 1993; 34: 554-557.
- Maddison JE. Hepatic encephalopathy. Current concepts of the pathogenesis. *J Vet Intern Med* 1992; 6: 341-353.
- Mertens M, Fossum TW, Willard MD, Fosgate GT, de la Paz AG, Farmer R, Miller MW. Diagnosis of congenital portosystemic shunt in miniature schnauzers 7 years of age or older (1997-2006). *J Am Anim Hosp Assoc* 2010; 46: 235-240.
- Nelson NC, Nelson LL. Anatomy of extrahepatic portosystemic shunt in dogs as determined by computed tomography angiography. *Vet Radiol Ultrasound* 2011; 52: 498-506.
- Reichen J, Egger B, Ohara N, Zeltner TB, Zysset T, Zimmermann A. Determinants of hepatic function in liver cirrhosis in the rat: multivariate analysis. *J Clin Invest* 1988; 82: 2069-2076.
- Remer EM, Motta-Ramirez GA, Henderson JM. Imaging findings in incidental intrahepatic portal venous shunts. *Am J Roentgenol* 2007; 188: 162-167.
- Rothuizen J. Important clinical syndromes associated with liver disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2009; 39: 419-437.
- Ruland K, Fischer A, Hartmann K. Sensitivity and specificity of fasting ammonia and serum bile acids in the diagnosis of portosystemic shunts in dogs and cats. *Vet Clin Pathol* 2010; 39: 57-64.
- Singh K, Kapoor A, Kapoor A, Gupta K, Mahajan G. Congenital intrahepatic portosystemic shunt - an incidental rare anomaly. *Indian J Pediatr*. 2006; 73: 1122-1123.
- Tobias KM, Rohrbach BW. Association of breed with the diagnosis of congenital portosystemic shunts in dogs: 2,400 cases (1980-2002). *J Am Vet Med Assoc*. 2003; 223: 1636-1639.
- Zwingenberger AL, Schwarz T, Saunders HM. Helical computed tomographic angiography of canine portosystemic shunts. *Vet Radiol Ultrasound* 2005; 46: 27-32.
- Zwingenberger AL, Schwarz T. Dual-phase CT angiography of the normal canine portal and hepatic vasculature. *Vet Radiol Ultrasound* 2004; 45: 117-124.