

전산화단층촬영을 이용한 문맥전신단락의 진단 증례

정주현 · 채웅주* · 장진화 · 채호철 · 김완희 · 이기창 · 윤정희 · 최민철¹

서울대학교 수의과대학, *일산동물의료원

(게재승인: 2007년 7월 28일)

Diagnostic Imaging of Portosystemic Shunt using CT in Two Dogs

Joo-hyun Jung, Woong-joo Chae*, Jin-hwa Chang, Ho-cheol Chae, Wan-hee Kim, Ki-chang Lee, Jung-hee Yoon and Min-cheol Choi¹

College of Veterinary Medicine, Seoul National University, *Ilsan Animal Medical Center

Abstract : Two dogs were admitted with a history of anorexia, ataxia, shivering, lethargy, hypersalivation, and seizure. Patients were suspected for portosystemic shunts on the basis of clinical signs, increased hepatic serum profiles on the blood test, microhepatica on plain abdominal radiographs, and an abnormally dilated and tortuous vessel on abdominal ultrasonographs. To diagnose PSS and to further evaluate type, shape, and location of shunt and hepatic vasculatures, the computed tomography (CT) angiography for portal and systemic circulation was performed. The shape, location and pathway of extrahepatic single shunt were confirmed in two dogs. Dual phases (the arterial phase and the venous phase) CT angiography and reformatted and three-dimensional images offered good understanding of PSS and planning surgical treatment.

Key words : CT, portosystemic shunt, dogs

서 론

문맥전신단락(PSS; portosystemic shunt)은 간으로 유입되어야 하는 복강 내의 위, 장관, 비장, 또는 췌장으로부터의 혈액이 비정상적인 혈관 단락에 의하여 간을 거치지 않고 후대정맥 또는 기정맥으로 우회하여 전신순환으로 직접 유입되는 질환이다(11).

문맥전신단락의 진단은 임상증상, 신체검사, 혈액검사, 뇨검사, 진단영상검사 등으로 이루어진다. 본 증례는 침울, 보행실조, 경련 등의 전신 증상으로 내원한 소형견에서 혈액검사, 방사선 검사, 초음파 검사를 통해 문맥전신단락을 의심하고, 전산화단층촬영(CT)을 통해 선천성 간외성 단일 문맥전신단락을 진단한 증례이다.

전산화단층촬영을 위해 환자는 전신 마취를 실시하였고, 노쪽피부정맥(cephalic vein)에 장착되어 있는 혈관 카테터에 CT power injector(LF CT9000[®] ADV; Liebel-Flarsheim)를 연결하였다. 조영 전 후 촬영을 모두 실시하였고, 조영 증강 촬영은 CT power injector를 통해 비이온성 요오드계 조영제(Omnipaque[®] 300 mgI/ml; Amersham Health)를 3 ml/kg, 2 ml/sec로 주입하였다. 조영 증강 촬영은 동맥기(arterial

phase)와 정맥기(venous phase)로 나누어 실시하였고, 미리 cine scan을 통해 얻어낸 적절한 지연시간(delay time)을 동맥기 촬영에 적용하였다. 촬영 조건은 3 mm thickness, 3 mm intervals, 120 kVp, 60 mA, 1.3 pitch였고, 촬영 후 1 mm 재구성(reconstruction)과 3차원 영상(3-dimensional images)을 실시하였다.

문맥전신단락의 진단에 있어서 전산화단층촬영 검사를 중심으로 영상학적 소견과 진단의 유용성에 대하여 보고하고자 한다.

증 례 1

병력 및 임상 증상

체중 1.3 kg, 1년 4개월의 수컷 Maltese 견이 보행실조, 떨림, 기면 등의 증상을 약 4개월 동안 보였고, 지역동물병원에서 L/D(Hill's diet)와 간보조제 ursodeoxycholic acid를 복용함으로써 일시적인 증상 개선이 있었으나, 반복적으로 재발하는 양상을 보여 내원하였다.

혈액 검사

혈액 검사는 정상이었으며, 혈청화학 검사에서 ALT 560 U/L, AST 493 U/L, ALP 1005 U/L, GGT 9 U/L, T. bilirubin 0.2 mg/dl, BUN 12 mg/dl, Creatinine 0.2 mg/dl, T. Protein

¹Corresponding author.
E-mail : mcchoi@snu.ac.kr

4.8 g/dl, Albumin 2.7 g/dl, Glucose 54 mg/dl, T. Cholesterol 117 mg/dl, NH₃ 85 µmol, Na⁺ 147 mEq, K⁺ 4.7 mEq, Cl⁻ 115 mEq, Fasting bile acid 26 µmol, Postprandial bile acid 104 µmol을 확인하였다.

복부 방사선 검사와 초음파 검사

복부 방사선 검사에서 간은 크기가 작았고, 복강 내 장막 세부음영이 경등도로 감소하였다(Fig 1A and B). 복부 초음파 검사에서 무에코의 복수가 소량 존재하였고, 간은 크기가 작고, 간 내 문맥의 음영은 감소하였다. 양쪽 신장 내 작은 결석과 미약한 신우 확장이 관찰되었다. 오른쪽 후대정맥 근처에서 비정상적으로 확장되고 구불구불하게 등쪽 앞쪽으로 주행하는 혈관이 한 개 확인되었으나, 후대정맥으로 들어가는 단락의 영상은 관찰할 수 없었다(Fig 1C).

전산화단층촬영 검사

장간막 정맥에서 출발한 비정상적으로 확장된 한 개의 혈관이 후대정맥의 안쪽, 배쪽 방향에서 바깥쪽, 등쪽 방향으로 구불구불 주행하다가 간 앞쪽, 횡격막 뒤에서 다시 배쪽으로 내려가서 후대정맥과 단락을 형성하였다. 다른 이상은 확인되지 않았으며, 간으로 들어가는 간문맥이 소량 분포하고 있음이 관찰되었다(Fig 2). 이에 선천성 간외성 단일성 문맥전신단락을 확진하였다.

결과

환자는 전산화단층촬영으로 전신단락의 개수, 위치, 방향 등 단락의 양상을 정확히 관찰할 수 있었기 때문에, 촬영 후 마취를 그대로 유지하여 Ameroid ring 장착 수술을 실시하였다. 환자는 수술 후 점차적으로 증상이 개선되었고, 현재 양호

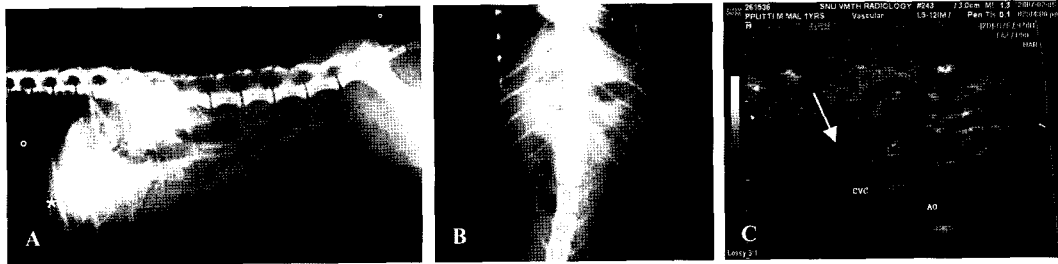


Fig 1. Abdominal plain radiographs and ultrasonographs. A and B show microhepatica (*). C reveals a tortuous and dilated abnormal vein (arrow) medial and ventral to caudal vena cava (CVC). But the shunt region is not found.

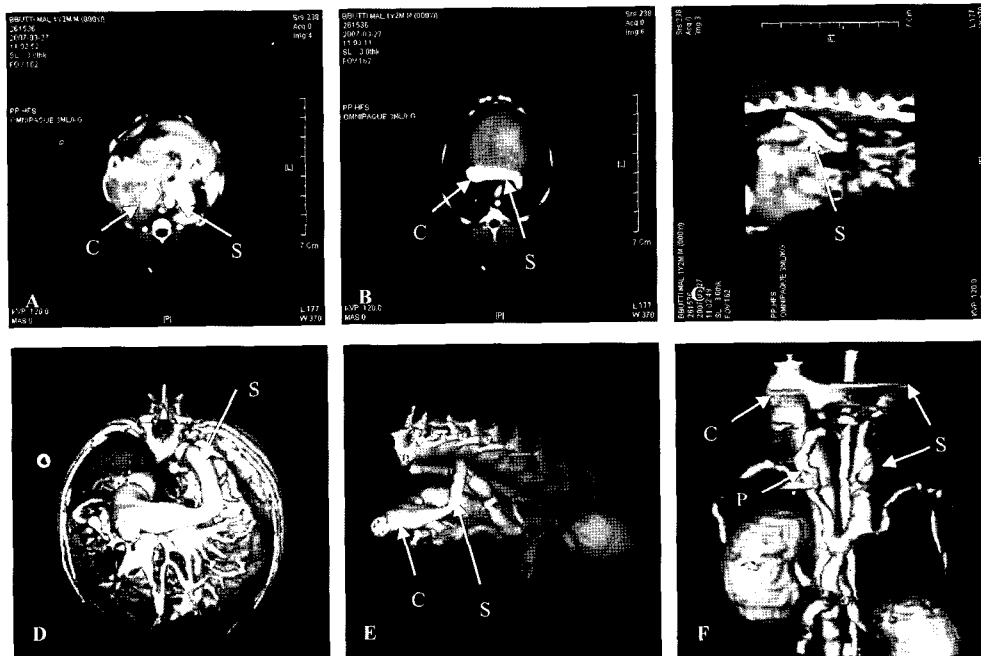


Fig 2. CT portography; axial images (A and B), a reformed sagittal image (C), and three-dimensional (3D) images (D, E, and F). A, A shunt vessel (S) is located medial to the caudal vena cava (C). B, A shunt region between a shunt vessel and CVC is identified cranial to the liver and caudal to the diaphragm. C, A shunt vessel (S) passes cranio-dorsally. D, E, and F, 3D images show the accurate shape, location and direction of extrahepatic single shunt (S) connecting into CVC (C). Small portal veins (P) into the liver are also identified.

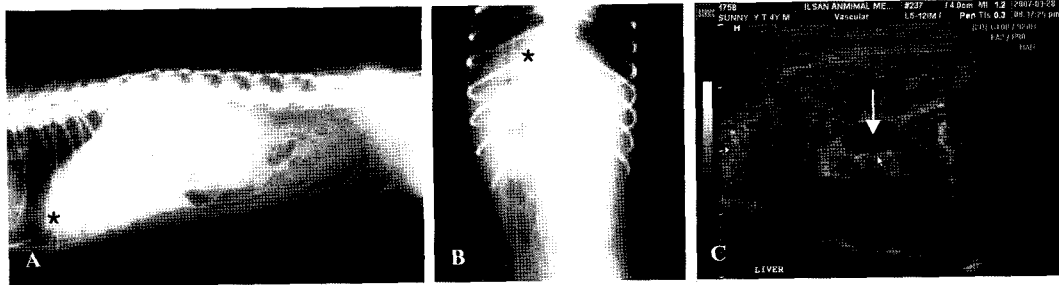


Fig 3. Abdominal radiographs and ultrasonographs. Microhepatica (*) is identified on A and B. On C, an abnormal vein (arrow) is identified around the liver and stomach, but not certain if this is a shunt vessel due to too short length.

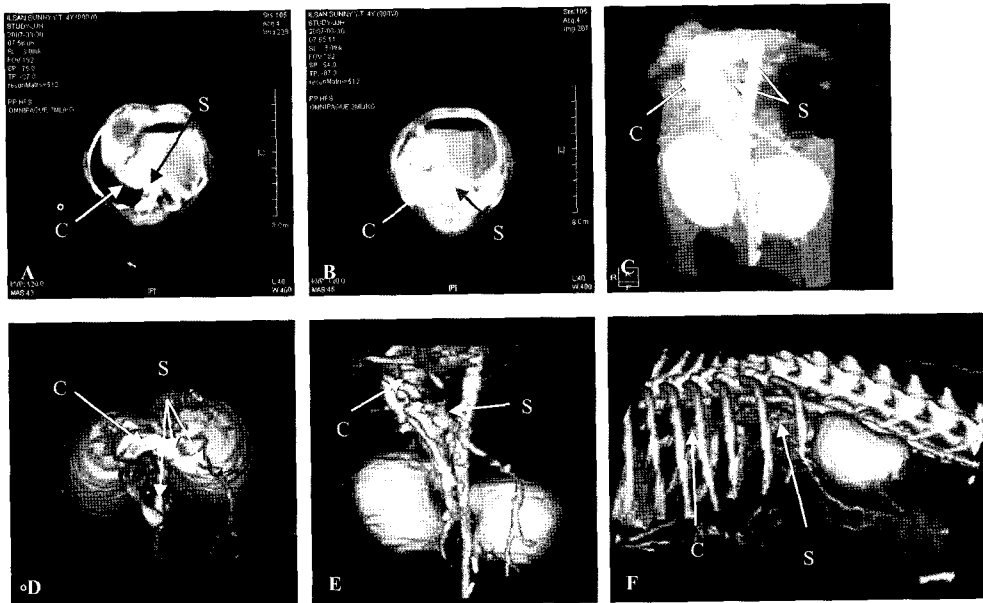


Fig 4. CT portography of case 2; axial images (A and B), reformed sagittal image (C), and three-dimensional (3D) images (D, E, and F). A, A shunt vessel (S) is located medial to caudal vena cava (C). B, A shunt region between a shunt vessel and CVC is identified. C, A shunt vessel (S) passes cranio-medially and tortuously. D, E, and F, an abnormal vessel (S) passes cranio-medio-dorsally and then ventrally and then dorsally. 3D images show the accurate number, shape, location and direction of shunt (S) in spite of severe tortuous direction of shunt. This case is extrahepatic single shunt.

한 건강 상태를 보이고 있으며, 주기적인 채검사를 받고 있다.

143 mg/dl, NH₃ 172 μmol, Na⁺ 139 mEq, K⁺ 4.3 mEq, Cl⁻ 106 mEq을 확인하였다.

증 례 2

병력 및 임상 증상

체중 1.7 kg, 4년의 수컷 Yorkshire Terrier 견이 출생 후 부터 간헐적인 경련을 보였고, 지역동물병원에서 대증요법을 실시하였으나, 최근 보행실조, 유연, 지속적인 경련을 보여 내원하였다.

혈액 검사 및 혈청화학 검사

혈액 검사는 정상이었으며, 혈청화학 검사에서 ALT 92 U/L, AST 99 U/L, ALP 297 U/L, GGT 11 U/L, T. bilirubin 0.4 mg/dl, BUN 5.9 mg/dl, Creatinine 0.4 mg/dl, T. Protein 3.9 g/dl, Albumin 1.7 g/dl, Glucose 77 mg/dl, T. Cholesterol

복부 방사선 검사와 초음파 검사

복부 방사선 검사에서 소간증(microhepatica)이 확인되었고 (Fig 3A and B), 방광 내 방사선불투과성의 등근 결석이 관찰되었다. 복부 초음파 검사에서 간은 크기가 작고, 문맥 음영이 감소되어 있다. 양쪽 신장 내 결석과 방광 내 결석이 관찰되었다. 간을 배경으로 매우 짧은 비정상 정맥이 한 개 관찰되지만, 위 음영에 가려져 주행을 확인할 수 없었다(Fig 3C). 이에 전산화단층촬영을 실시하였다.

전산화단층촬영 검사

장간막 정맥에서 만들어진 한 개의 혈관이 앞쪽, 등쪽, 왼쪽 외측 방향으로 구불구불 주행하다가, 좌측 신장과 비장

위치에서 안쪽, 배쪽 방향으로 주행하여, 간의 배쪽 변연과 위의 유문부 근처까지 주행한다. 다시 등쪽으로 주행하면서 후대정맥과 만나 단락을 형성하였다. 다른 이상은 확인되지 않았으며, 간으로 들어가는 간문맥이 소량 분포하고 있음이 관찰되었다(Fig 4). 이에 선천성 간외성 단일성 문맥전신단락을 확진하였다.

결과

환자는 전산화단층촬영으로 선천성단순 간외성 문맥전신단락을 확진하였다. 그러나, 환자의 심한 경련 상태와 보호자의 요청으로 안락사를 실시하였고, 부검을 통해 전산화단층촬영에서와 같은 결과를 확인할 수 있었다.

고 찰

문맥전신단락(portosystemic shunt, PSS)은 발생 원인에 따라 선천적 PSS와 후천적 PSS로 분류되고, 발생 부위에 따라 간내성과 간외성 단락으로 나눌 수 있으며, 간외성 단락은 소형견종에서, 간내성 단락은 대형견종에서 호발한다 (11). 문맥전신단락증 환자는 성장이 지연되고, 간헐적인 식욕부진, 침울, 구토 등을 보이며 이차적으로 발생한 요결석증에 의하여 혈뇨, 단백뇨, 무뇨 및 요도폐색 등의 비뇨기계 증상을 보이기도 한다. 또한 고단백 식이를 섭취한 후에는 침울, 보행 장애, 떨림, 경련, 간성혼수 증상을 나타내기도 한다(11). 본 증례에서도 두 환자 모두 식욕부진, 침울, 떨림, 보행 장애, 경련 등의 전신 증상을 나타내었다.

혈액검사에서 개에서는 소형견혈구증을 동반한 중등도의 재생불량성 빈혈이 나타날 수 있으며, 혈청검사에서는 BUN, 알부민, 혈청 총단백, 콜레스테롤 및 혈당의 저하가 관찰되고, 암모니아, ALT, AST 및 ALP 등이 증가하게 된다(5). 보다 더 정확한 실험실 검사는 ammonia tolerance test나 serum bile acid 측정으로 확인한다(12). 본 증례의 환자에서 혈액 검사는 정상이었으며, 혈청화학 검사에서 ALT, AST, ALP, NH₃, bile acid 증가, T. bilirubin, BUN, Creatinine, T. Protein, Albumin, Glucose, Cholesterol 감소 등의 소견이 부분적으로 관찰되었다.

간문맥과 전신 순환 사이의 비정상 혈관 단락을 확인하기 위한 진단 영상에는 단순방사선(radiography), 초음파(ultrasonography), 핵심광조영술(nuclear scintigraphy), 간문맥조영술(portography), 전산화단층촬영(computed tomography), 자기공명영상(magnetic resonance imaging) 등의 방법이 있다.

문맥전신단락은 기본 복부 방사선 사진에서 흔히 간의 크기가 정상보다 작은 소간증의 소견을 나타내며, 개는 약 60~100%(1,8,19) 고양이는 약 50%의 증례에서 관찰된다(3,15). 선천성 문맥전신단락은 간 내 혈류 흐름을 감소시킴으로써 영양 요소(trophic factor)를 결핍시키고 정상 발육을 저해하여 소간증이 나타나게 된다(18). 이러한 영양 물질이 신장에도 영향을 주어, 변연이 평활한 양측성 신비대가 나타날 수 있다(11,18). 후천성 문맥전신단락은 만성 간세포성 질

병 또는 동정맥루에 이차적으로 문맥 고혈압이 지속되어 나타나며, 이런 경우 간의 크기는 다양하게 나타날 수 있다(14). 후천성 문맥전신단락의 원인에 따라 중등도의 소간증에서 전반적인 간비대증으로 나타난다(14). 산성요산암모늄 결석(ammonium biurates uroliths)이 방사선불투과성이라면 관찰될 수 있다(11,18). 본 증례의 두 환자는 모두 소간증 소견을 나타내었고(Fig 1 and Fig 3), 증례 1에서는 복강 내 세부 음영이 경등도로 소실되어 복수를 생각할 수 있었고, 증례 2에서는 신장 및 방광에서 방사선불투과성의 결석이 관찰되었다. 두 증례 모두 신비대의 소견은 관찰되지 않았다(Fig 1 and Fig 3).

복부 초음파 검사는 문맥조영술(portography)보다 덜 침습적이고, 마취가 필요 없으며, 방사선동위원소를 다루지 않아도 되기 때문에 문맥전신단락이 의심되는 환자에서는 반드시 초음파를 보는 것이 좋다(11,13) 복부 초음파 검사를 통해 소간증을 진단하는 것은 주관적이고 어렵다(13,18). 횡격막과 위 사이의 거리가 감소되거나, 위 내 공기 음영이 없는데도 간이 잘 확인되지 않으면 소간증을 의심할 수는 있다(13,18). 초음파는 단락 혈관을 직접 관찰할 수 있으며(9,13), 간내성 문맥전신단락은 100% 민감도(sensitivity)를 가진다(6,9). 간외성 문맥전신단락은 위 혹은 장 내의 가스 음영에 의해 가려지기 쉽기 때문에 80% 민감도(sensitivity), 67% 특이성(specificity)을 보인다(6,9). 단락은 오른쪽 마지막 늑골 뒤쪽이나 늑간 사이로 접근한 초음파에서 가장 잘 확인되며 문맥과 후대정맥의 주변으로 단락 혈관을 찾을 수 있다(13,18). 컬러 도플러(color flow)와 Pulse wave Doppler가 혈류의 방향, 와류, 간문맥의 속도에 대한 추가적인 정보를 준다(11,13) 그러나, 초음파는 검사자 의존적이고, 단락의 정확한 위치와 개수를 확인하기 어려우며, 단락이 구불구불 주행할 때는 관찰하기 어렵다(11). 본 증례에서 두 환자 모두 비정상적인 혈관 음영이 관찰되었으나, 그 길이가 짧고, 정확한 위치를 파악할 수 없었으며, 후대정맥으로 들어가는 단락의 위치도 확인할 수 없었다. 특히 증례 2의 경우 간과 위를 배경으로 1 cm도 안 되는 길이만 관찰되었기 때문에 비정상 단락의 여부조차 정확히 판단할 수 없었다. 증례 1의 경우 소량의 무에코의 복수가 확인되었는데, 알부민 저하로 인한 복수로 생각된다. 증례 2의 경우 방사선 검사에서 관찰되었던 것처럼 신장과 방광에서 고에코성의 결석이 확인되었다(Fig 1 and Fig 3).

직장을 통한 심광조영술(transcolonic scintigraphy)은 결장에 소량의 방사선 동위원소를 주입하여, 점막 흡수되어 문맥으로 이동하는 것을 확인하는 것이다(7). ^{99m}technetium pertechnetate가 가장 빠르게 흡수되고, 상대적으로 덜 비싸며, 짧은 반감기 때문에 흔히 사용된다(7). 연속 이미지에서 방사선 동위원소가 간에서 우선적으로 보이면 정상이지만, 심장에서 먼저 보이면 단락 혈관이 존재한다고 할 수 있다(7,18). 그러나, 심광조영술은 문맥전신단락의 여부는 확인할 수 있지만, 해부학적 정보를 제공하지 못한다.

문맥전신단락의 진단 방법 중에 보다 정확한 방법은 선택

적 혈관조영술(selective angiography)이다(2,16). 초음파 유도 하 피부를 관통하여 비장 수질 또는 비장 정맥에 카테터를 삽입하는 방법(percutaneous splenoportography)이 있으나, 복강 후방에 위치한 단락은 놓칠 수 있다(11). 대퇴동맥(femoral artery)에 카테터를 장착해 장간막 동맥으로 조영제를 주입하는 방법은 덜 침습적이지만, 조영제가 희석되기 때문에 영상이 나쁠 수 있다(11). 임상적으로 가장 많이 사용되는 혈관조영술은 수술적 장자간막 문맥조영술(operative mesenteric portography)이다(11,18,21). 개복하여 공장정맥에 카테터를 삽입하고 일시적으로 복막을 봉합한다. 수용성 요오드 조영제를 카테터로 주입한 후, 투시로 검사하거나 연속 방사선 촬영을 실시하여 흐름을 확인한다. 정상인 경우에는 간내 순환이 분지상으로 나타나며, 단락혈관이 존재할 경우에는 간내 순환이 감소 혹은 관찰되지 않고, 후대정맥이나 기정맥, 심장에 조영 증강이 나타난다(18). 이러한 문맥조영술은 단락의 상대적인 위치와 개수를 확인할 수 있으나, 수술적으로 접근해야 하기 때문에 매우 침습적이다.

최근 전산화단층촬영이 문맥전신단락의 진단에 사용되고 있으며, 전산화단층촬영은 비침습적이고, 촬영 방법이 간단하며, 촬영 시간이 빠르고, 정확한 진단 결과를 보여준다(4). 전산화단층촬영시 비침습적으로 말초 혈관에 조영제를 넣으면서 조영제의 빠른 순환 시간에 맞추어 적절히 촬영하면 선택적 혈관조영술을 실시하지 않아도, 전신 순환과 간문맥 순환을 함께 정확히 살펴 볼 수 있다(4,11). 또한 혈관의 단축 영상을 재구성해서 삼차원 영상을 만들면, 단락의 여부, 단락의 위치, 모양, 개수, 방향 등을 정확히 확인할 수 있기 때문에 바로 수술 계획을 세울 수 있다(11). 또한 병발한 다른 질환의 여부도 확인할 수 있다. 본 증례의 환자는 Helical CT를 사용하여 촬영 시간이 짧았고, CT power injector를 이용하여 조영제를 빠르고 균질되게 주입할 수 있었다. 조영 증강 촬영은 동맥기(arterial phase)와 정맥기(venous phase)로 나누어 실시하였고, 미리 cine scan을 통해 얻어낸 적절한 지연시간(delay time)을 동맥기 촬영에 적용하였기 때문에 선택적 혈관 조영술 없이도 후대정맥과 비정상 단락, 간문맥의 분포까지 모두 최적의 영상을 얻을 수 있었다. 촬영 조건은 3 mm thickness, 3 mm intervals이었지만, 촬영 후 1 mm 재구성(reconstruction)을 실시하여 보다 좋은 영상을 얻어내고, 이를 바탕으로 3차원 영상(3-dimensional images, 3D)을 실시하여 최종적으로 전신문맥단락을 확진할 수 있었다. 초음파에서 짧게만 확인되었던 비정상 혈관은 장간막 혈관에서 출발하는 양상부터 구불구불하게 주행하는 방향, 개수, 다른 장기와의 상대적 위치까지 관찰 가능했으며, 후대정맥으로 들어가는 부위까지 쉽게 확인할 수 있었다. 간문맥의 분포도 역시 관찰할 수 있어서 수술 후 반응과 예후도 예측할 수 있었다. 증례 1의 환자는 후대정맥으로 들어가는 단락 부위가 발견하기 쉬운 위치가 아니었으며, 전산화단층촬영을 통해 간 앞쪽, 횡격막 뒤쪽이라는 것을 미리 알 수 있어서 수술 시 많은 도움이 되었다. 증례 2의 환자는 비정상 혈관이 매우 구불구불하게 주행하여 초음파에서 관찰하

기 어려웠으나, 전산화단층촬영에서 그 양상을 이해할 수 있게 되었다(Fig 2 and Fig 4).

자기공명영상혈관조영술(magnetic resonance angiography) 역시 신뢰성 있는 검사 방법으로 사람에서 보고되고 있으나, 개에서는 조영 증강 없이 이차원 자기공명영상 촬영(17) 이외의 연구 및 증례 보고는 현재 없다.

문맥전신단락증의 치료는 내과적인 방법으로 증상을 완화할 수도 있지만 수술적인 방법으로 단락을 결찰해 주는 것이 근본적인 방법이다(10,11). 수술적인 결찰법에는 단락 혈관을 봉합사로 직접 결찰하는 방법보다 ameroid constrictor를 이용하여 단락혈관을 서서히 폐쇄시키는 방법이 선호된다(20). 증례 1에서도 환자는 전산화단층촬영 이후 바로 개복하여 단락 혈관을 찾은 후 ameroid ring 장착을 실시하였고, 현재 환자는 매우 양호한 건강 상태를 보이고 있다.

임상 증상, 신체 검사, 혈액 검사, 복부 방사선 검사, 복부 초음파 검사를 통해 문맥전신단락이 의심되는 환자에서 전산화단층촬영은 간단하고, 비침습적이며, 유용한 진단 방법이다. 비정상 단락 혈관의 진단 뿐만 아니라, 크기, 양상, 다른 장기와의 상대적 위치 등 얻을 수 있는 정보가 많기 때문에 수술에 매우 도움이 될 것으로 생각된다.

결 론

침울, 보행 장애, 기면, 경련 등의 증상을 나타내는 소형견에서 문맥전신단락으로 진단된 증례에 대하여 단순 방사선 촬영상, 복부초음파, 전산화단층촬영을 중점으로 살펴 보았다. 단순 방사선 촬영에서 두 증례 모두 소간증이 확인되었고, 한 증례에서 경등도로 복강세부염증이 감소되어 복수를 고려할 수 있었다. 복부 초음파 검사에서는 구불구불하게 주행하고 확장되어 있는 비정상 혈관이 두 증례에서 모두 관찰되었으나, 단락의 여부, 위치, 개수 등에 대한 확진은 내릴 수 없었다. 이에 전산화단층촬영을 실시하였다. 비정상 혈관을 직접 확인하고, 혈관의 주행 방향, 위치, 개수, 단락의 위치를 확진 하였으며, 간에서의 문맥의 분포도와 다른 질환의 여부도 확인할 수 있었다. 환자는 수술 혹은 부검을 통해 전산화단층촬영에서 확인했던 것과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 전산화단층촬영은 비침습적이고, 촬영 방법이 간단하며, 시간이 매우 짧고, 삼차원으로 비정상 혈관의 위치와 상태를 확인할 수 있는 매우 중요한 진단 방법으로 생각된다. 따라서, 문맥전신단락이 의심되는 환자에 있어서 정확하고 비침습적인 진단과 치료 방법의 선택, 예후 결정을 내리기 위해서는 전산화단층촬영과 같은 검사가 필수적인 진단 과정이 될 수 있다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. Allen L, Stobie D, Mauldin GN, Baer KE. Clinicopathologic features of dogs with hepatic microvascular dysplasia with and without portosystemic shunts: 42 cases (1991-1996). J

- Am Vet Med Assoc 1999; 214: 218-220.
2. Birchard SJ, Biller DS, Johnson SE. Differentiation of intrahepatic versus extrahepatic portosystemic shunts in dogs using positive-contrast portography. *J Am Anim Hosp Assoc* 1989; 25: 13-17.
 3. Blaxter AC, Holt PE, Pearson GR, Gibbs C, Gruffydd-Jones TJ. Congenital portosystemic shunts in the cat: a report of nine cases. *J Small Anim Pract* 1988; 29: 631-645.
 4. Frank P, Mahaffey M, Egger C, Cornell KK. Helical computed tomographic portography in ten normal dogs and ten dogs with a portosystemic shunt. *Vet Radiol Ultrasound* 2003; 44: 392-400.
 5. Griffiths GL, Lumsden JH, Valli VEO. Hematologic and biochemical changes in dogs with portosystemic shunts. *J Am Anim Hosp Assoc* 1981; 17: 705-710.
 6. 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.
 7. Koblik PD, Hornof WJ. Transcolonic sodium pertechnetate Tc 99^m scintigraphy for diagnosis of macrovascular portosystemic shunts in dogs, cats, and potbellied pigs: 176 cases (1988-1992). *J Am Vet Med Assoc* 1995; 207: 729-733.
 8. Komtebedde J, Forsyth SF, Breznock EM, Koblik PD. Intrahepatic portosystemic venous anomaly in the dog. Perioperative management and complications. *Vet Surg* 1991; 20: 37-42.
 9. Lamb CR. Ultrasonographic diagnosis of congenital portosystemic shunts in dogs: Results of a prospective study. *Vet Radiol Ultrasound* 1996; 37: 281-288.
 10. Laurence D, Bellah JR, Diaz R. Results of surgical management of portosystemic shunts in dogs: 20 cases (1985-1990). *J Am Vet Med Assoc* 1992; 201: 1750-1753.
 11. Mathews KG, Bunch SK. Vascular liver disease. In: *Textbook of veterinary medicine*. 6th ed. Philadelphia, WB Saunders. 2000; 1453-1463.
 12. Meyer DJ. Liver function tests in dogs with portosystemic shunts: Measurement of serum bile acid concentration. *J Am Vet Med Assoc* 1986; 188: 168-169.
 13. Nyland TG, Mattoon JS, Herrgessell EJ, Wisner ER. Liver. In: *Small animal diagnostic ultrasound*. 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders. 2002; 93-127.
 14. Rogers WA, Suter PF, Breznock EM. Intrahepatic arteriovenous fistulae in a dog resulting in portal hypertension, portacaval shunts, and reversal of portal blood flow. *J Am Anim Hosp Assoc* 1977; 13: 470-475.
 15. Scavelli TD, Hornbuckle WE, Roth L, Rendano VT Jr, de Lahunta A, Center SA, French TW, Zimmer JF. Portosystemic shunts in cats: seven cases (1976-1984). *J Am Vet Med Assoc*. 1986; 189: 317-325.
 16. Schimdt S, Suter PF. Angiography of the hepatic and portal venous system in the dog and cat: An investigative method. *Vet Radiol* 1980; 21: 57-77.
 17. Seguin B, Tobias KM, Gavin PR, Tucker RL. Use of magnetic resonance angiography for diagnosis of portosystemic shunts in dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 1999; 40: 251-258.
 18. Susan MN, John PG. The liver and spleen. In: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 4th ed. Philadelphia, WB Saunders. 2002; 543-544.
 19. Tisdall PL, Hunt GB, Bellenger CR, Malik R. Congenital portosystemic shunts in Maltese and Australian cattle dogs. *Aust Vet J* 1994; 71: 174-178.
 20. Vogt JC, Krahwinkel DJ, Bright RM, Daniel GB, Toal RL, Rohrbach B. Gradual occlusion of extrahepatic portosystemic shunts in dogs and cats using the Ameroid constrictor. *Vet Surg* 1996; 25: 495-502.
 21. White RN, Macdonald NJ, Burton CA. Use of intraoperative mesenteric portovenography in congenital portosystemic shunt surgery. *Vet Radiol Ultrasound* 2003; 44: 514-521.