

개에 있어서 신장혈관의 초음파적 평가에 관한 연구

강석재 · 배춘식 · 김휘율 · 장경진

건국대학교 축산대학 수의학부

(1999년 1월 7일 접수)

The ultrasonographic estimate of renal arteries in the dog

Suk-jae Kang, Chun-sik Bae, Hwi-yool Kim, Kyung-jin Chang

*School of Veterinary Medicine, College of Animal Husbandry, Konkuk University,
93-1 Mojin-dong, Kwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea*

(Received Jan 7, 1999)

Abstract : Digital color doppler ultrasonographic system(DCDUS) has a lot of diagnostic functions. One of these is a detection of low velocity vessels in the organs of abdominal cavity. The purpose of study was to determine the clinical usefulness of DCDUS. Interlobar artery resistive index(RI), pulsatility index(PI) and systolic diastolic ratio(SDr) were measured for diagnosis of obstructed urinary tract. RI, PI and SDr were a measure of intrarenal blood flow impedance. This study was consisted of 2 groups. The normal group was studied in 16 normal adult dogs and the study group was studied 7 dogs with surgically induced, unilateral ureteral obstruction. In the study group, parameters were checked in normal condition and on 1, 2, 3, 5, 7 and 10th day after ligation. The result were summarized as follows.

In the normal group, RI, PI and SDr of the left kidney was 0.65 ± 0.04 , 1.25 ± 0.12 and 292.45 ± 29.40 , respectively. RI, PI and SDr of the right kidney were 0.64 ± 0.05 , 1.28 ± 0.20 and 282.25 ± 37.26 , respectively.

In the study group, RI of the left kidney induced ligation was increased significantly on 1, 2, 3, 5, 7 and 10th day. RI of the left kidney on 1, 2, 3, 5, 7 and 10th day were 0.75 ± 0.05 , 0.71 ± 0.03 , 0.74 ± 0.04 , 0.74 ± 0.02 , 0.73 ± 0.02 and 0.73 ± 0.04 , respectively. PI of the left kidney was increased significantly on 1, 3, 5 and 7th day. PI of the left kidney on 1, 3, 5 and 7th day were 1.57 ± 0.21 , 1.54 ± 0.24 , 1.60 ± 0.15 and 1.60 ± 0.26 , respectively.

SDr of the left kidney increased significantly on 1, 2, 3, 5 and 7th day. SDr of the left kidney on 1, 2, 3, 5 and 7th day were 412.18 ± 86.69 , 352.14 ± 47.05 , 399.77 ± 65.54 , 369.43 ± 48.34 and 365.57 ± 22.46 , respectively($p < 0.05$).

In the study group, RI of the left kidney was more increased than that of the right kidney on 1,

2, 3, 5, 7 and 10th day. PI of the left kidney was more increased than that of the right kidney on 1, 3, 5, and 7th day. SDr of the left kidney was more increased than that of the right kidney on 1, 2, 3, 5 and 7th day($p < 0.05$).

RI was effective in the diagnosis of an acute unilateral ureteral obstruction. PI and SDr were insufficient in the diagnosis of an acute unilateral ureteral obstruction.

Key words : urinary tract, resistive index, pulsatility index, systolic diastolic ratio.

서 론

방광 이전의 비뇨기계 특히 요관의 폐쇄는 요결석, 혈전, 종양, 섬유화, 전립선질환, 부종, 출혈, 요관 근육경련, 사고에 의한 협착이나 천공 등에 의해 발생할 수 있다¹. 이러한 원인에 의한 요관폐쇄시 신장의 병리학적 변화를 조기에 진단해내고자 하는 연구들이 이루어져 초음파 진단을 비롯한 각종 방법들이 개발되고 있으며 최근 점진적인 장비의 발달로 인하여 기존의 연구에서는 할 수 없었던 많은 진단들이 이루어지고 있다. 그 중에서도 디지털 칼라도플러 장치의 보급으로 기존의 초음파 진단기상에서는 불가능했던 저유속의 복부장기 내 혈관측정이 가능하게 되었고 장기의 특성에 맞는 특수기능들을 갖춘 기기들이 계속 개발되고 있다.

1984년에 개의 신장에 대한 초음파 진단이 본격적으로 시작되면서² 1990년에는 개의 신장영상에 대한 특성이 확실하게 결정되어 많은 연구결과가 보고되었다³⁻¹¹. 실시간(real-time) 초음파 영상진단기와 도플러 초음파 진단기의 발달과 칼라도플러 그리고 파워도플러 등의 개발로 더욱 더 세밀하고 다양한 신장질환의 진단이 가능하게 되었으며 이전에는 신장의 실질과 모양 그리고 인접조직과의 비교 등에만 쓰이던 초음파 기기가 X-ray를 이용한 진단에서는 볼 수 없었던 조직내 혈관상도 진단 영역에 포함시키게 되었다. 최근 이러한 초음파 진단학적인 신장의 혈관상의 변화를 근거로 한 비뇨기계의 질환을 진단하는 연구들에서는 신장혈관의 협착^{6,8-10}, 급성 신부전^{12,13}, 선천성 신장이형성^{14,15}, 만성 신부전^{13,16}, 요관의 협착, 폐쇄¹⁷⁻²¹, 신장이식의 부작용²² 등이 보고되었다. 그러나 이와같은 연구들은 대부분이 인의에서의 연구들이며 수의학 영역에서는 충분히 이루어지지 않아서

불명확한 점이 많다.

요관의 폐쇄에 의한 신장이나 요관 등의 확장시 다른 질환과 감별진단을 위한 최고의 진단법은 Whitaker와 Thomas의 Whitaker test^{23,24}가 있으나 상부 비뇨계의 천공을 필요로 하는 침습적인 방법이므로 부작용이 많은 단점을 가지고 있다. 이것을 보완하기 위해서 X-ray와 초음파를 통한 많은 방법들이 연구되었으나 기존의 X-ray와 초음파를 이용해서 신장의 혈류장애를 직접 평가하기에는 부족하였다. 그러나 도플러 초음파와 혈관조영제의 보급으로 혈류장애에 의한 신장의 평가가 이루어지기 시작하였다. 혈관조영제는 부작용으로 생기는 신부전 때문에 사용전에 각별한 주의가 필요하며 권장용량 이상을 사용하여도 X-ray상의 음영은 증가하지 않는다는 단점을 가지고 있다. 그래서 최근에 비침습적인 방법으로 초음파가 많이 이용되고 있다.

신장질환의 의심시 신장혈관의 혈류속도를 측정하여 질환의 종류 및 유무를 알아내기 위해 도플러 초음파를 이용한 연구는 사람을 대상으로 한 연구에서 시작되었는데²⁰ 그중 가장 많은 연구가 진행되고 있는 혈관저항계수(RI: Resistive Index²⁵, Resistant Index²⁶ 및 Poucelot Index²⁷)는 혈관의 저항을 나타내는 단위 없는 숫자이다. RI에 대한 연구는 침습적 방법으로 신장의 혈압과 혈류속도를 측정하다가 신장혈관에 장착하는 침습적인 초음파 탐촉자의 개발로 시작되었으며 요관의 폐쇄후 혈류속도의 변화를 측정한 결과, 비뇨기계 폐쇄시 RI가 증가하였고 초음파 기기의 발달로 사람에서 비침습적인 방법으로 초음파로 RI를 측정하여 좋은 결과를 얻었다^{20,28}. Renal colic을 가진 환자에서 지속적인 측정으로 인의에서는 급성의 요로폐쇄시에 RI의 측정이 보편화 되어 있다. 동물을 대상으로 한 실험은 거의 없는 상태이며 1993년에 발표된 논문이 있으나 RI 및 기타의 지표를 확

립하지 못한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 디지털 칼라도플러 초음파 기기를 응용하여 건강한 성견의 정상 신장혈관상을 확인하여 신장의 길이, 두께, 넓이, 높이, 부피, 최고혈류속도(Systolic Velocity, 단위 m/s: 이하 Vs라 약함), 최저혈류속도(Diastolic Velocity, 단위 m/s: 이하 Vd라 약함), 평균혈류속도(Mean Velocity, 단위 m/s: 이하 Vm이라 약함), 최고최저혈류속도비(Systolic Diastolic Ratio: 이하 SDR이라 약함), 혈관저항계수(Resistive Index: 이하 RI라 약함), 혈관맥동계수(Pulsatility Index: 이하 PI라 약함)에 대해 측정하여 정상적인 개에 있어서 각 parameters의 평균치를 작성하였으며 편측요관의 폐쇄시 신장의 변화를 진단하기 위한 방법들을 검증하기 위해 초음파 진단에 의한 각종 parameters의 변화를 시간경과와 더불어 관찰하였고 BUN, Creatinine 등 혈액화학치의 변화 및 X-ray 단순촬영과 양성 조영촬영인 Excretory Urography를 실시하여 초음파 진단과 비교 평가하여 편측 요관의 폐쇄시 칼라도플러 초음파 진단법중 RI, PI, SDR 등을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

실험동물 : 임상적으로 건강하다고 인정되는 1~2세의 암수 잡종견(5.82±2.73kg) 16마리를 2주간 기초사육한 후 실험에 사용하였다.

시약 및 기기 : 초음파 진단기기는 SonoAce 8800(Medison Co.), 섹터형의 6.5MHz와 3.5MHz의 탐촉자(transducer)를 병용하였으며 정맥 요로조영에는 Telebrix 30 meglumine 300mg/ml(Guerbet, France)를 사용하였다.

실험군의 설정 : 정상견의 초음파상만을 관찰하여 Vs, Vd, Vm, RI, PI, SDR의 정상범위를 정한 정상치의 실험군과 같은 동물에서 정상시와 요관폐쇄후의 변화를 비교하여 관찰후의 실험군으로 나누었다.

초음파 검사 : 초음파 진단시에는 acepromazine maleate 0.2mg/kg의 근육내 전투여후 isoflurane-O₂로 마스크유도 마취를 실시하여 1~1.5Vol%로 유지하였으며 혈관의 지표를 측정할 때는 6.5MHz, 전체의 길모양과 크기를 볼 때는 3.5MHz 탐촉자를 사용하였다. 초음파의 탐촉부위는 좌신의 탐색시는 좌측 제13늑골에서 미측으로 약 1~3cm 떨어진 곳에서 우신은 우측 제13늑골의 안쪽으로 탐촉자를 밀어넣어 검사하였다. B-mode의 초음파상에서

신장의 위치 및 형태를 파악한 후 신장의 길이, 두께, 높이, 넓이를 초음파-진단기내의 electronic caliper로 측정하였다. 신장의 부피는 넓이와 길이를 이용하는 Felkai의 방법²⁹을 따랐다. 초음파를 통하여 신장의 부피는 다음과 같은 공식에 의해 계산하였다. $Vu = A^2 \times 0.85 / L$ (Vu: 부피-cm³, A: 넓이-cm², L: 길이-cm). 요관폐쇄후의 실험군에서는 수신증 정도도 관찰하였다. 이어서 칼라 초음파모드로 신장내의 엽간동맥을 확인한 후 칼라 초음파모드와 도플러모드를 동시에 실시하여 엽간동맥의 파형을 검사하였다. 이들 파형으로부터 Vs, Vd, Vm을 초음파 진단기내의 electronic caliper를 사용하여 구간을 정하고 자동으로 측정되는 값을 사용하였다. 엽간동맥은 신장의 미측과 두측, 중심의 두 군데, 총 4군데의 다른 부위에서 선택되었고 4군데의 평균치를 그 신장의 측정치로 하였다. Vs는 지정한 혈류속도 파형의 최고점을 나타내고 Vd는 혈류속도 파형의 최저점이나 마지막을 나타내며 Vm은 지정된 구간의 평균속도를 나타낸다. RI는 $Vs - Vd / Vs$, PI는 $Vs - Vd / Vm$, SDR은 $Vs / Vd \times 100(\%)$ 의 공식에 따라 계산하였다.

요관폐쇄 유도 : 외과적으로 요관폐쇄를 유도하기 위해서 Atropine sulfate(0.05mg/kg), xylazine(2mg/kg) 및 ketamine(20mg/kg)을 근육내 투여하여 정중선 절개를 한 후 silk(3-0)로 좌측요관의 원위부를 방광에 가깝게 결찰하였다.

초음파와 X-ray를 통한 수신증의 정도 분류 : 수신증의 정도는 방사선과 초음파상에서 측정하였으며 Ellenbogen의 방법³을 따랐다. X-ray와 초음파상에서 grade 0은 정상인 신장을 나타낸다. grade 1은 가벼운 수신증으로 X-ray 상에서는 신배(renal calix)가 약간 둔화되고 신장유두(renal papillae)가 식별가능할 때까지이고 초음파상에서는 신실질 두께는 정상이면서 중심부내의 방수상이 확대된 경우이다. grade 2는 중등도의 수신증으로 X-ray 상에서는 신배의 바깥쪽이 확장되고 원형화되며 신우(renal pelvis)의 확대가 일어날 때까지이다. 초음파상에서는 신윤곽의 종대, 실질의 감소, 중심부의 낭상확장 등을 특징으로 한다. grade 3은 고도의 수신증으로 정상 신장기능을 거의 회복할 수 없는 단계이며 X-ray상에서는 신배의 고도확장, 신우의 낭상화를 나타내고 초음파상에서는 실질이 극도로 얇아지고 고도로 중심부가 낭상화되는 것을 특징으로 한다.

부검 및 조직검사 : 7마리에서 수술후 10일째에 부검

하여 초음파에서 얻은 각종 정보를 육안적 변화 및 실측치와 비교하고 조직검사하였다. 신장피질의 조직병리학적 변화는 정상은 grade 1, 검체내에 세포구조학적인 비정상, 세포피사 또는 두 가지 모두의 변화가 근위세뇨관의 10% 이내는 grade 2, 10~50%는 grade 3, 50% 이상은 grade 4로 분류하였다³⁰.

실험 protocol : 실험견은 실험당일 12시간이상 절식시키고 실험전 20분이상 산책시켜 배변과 배뇨를 유도하였다. 16마리에서 BUN, Creatinine을 측정하고, 초음파검사를 실시한 후 일반방사선 촬영과 정맥내 요료조영 방사선 촬영을 실시하였다. 방사선허적인 검사를 위해서는 실험동물들 배와 위로 보정하고 혈관내 조영제를 요측 피내정맥에 저용량 급속주입법³¹으로 850mg/kg 투여한 후 1, 5, 10 및 15분에 촬영하였다. 1주일이 경과한 후 다시 7마리에서 BUN, Creatinine을 측정하고, 초음파검사를 실시한 후 일반방사선 촬영과 정맥내 요료조영 방사선 촬영을 실시하여 초음파에서는 수신증 정도, 신장크기, 신장혈관 파형을 검사하였고 정맥내 요료조영 방사선에서는 조영제의 배설상태, 신장 및 비뇨기계의 형태와 위치를 검사하였고 신장의 크기는 제2 요추의 크기와 비교하였다. 검사를 완료한 후 외과적으로 요관폐쇄를 유도하고 각 실험동물들을 수술후 1, 2, 3, 5, 7 및 10일째에 위와 같은 검사를 실시하여 편측 요관폐쇄에 따른 신장의 변화를 관찰하였다.

통계처리 : 통계 package program(Pharm/PCS-Version 4. Spring-verlag, Newyork, 1986)을 사용하였다. 각 군내 및 각 군간에 있어서 신장혈관의 Vs, Vd, Vm, RI, PI, SDR의 수술전과 수술후의 변화는 *t*-test 및 Duncan Multiple Range test ANOVA의 군간 다중비교를 실시하였다.

결 과

정상 성견의 신장혈관 초음파상 : 정상 성견의 신장과 신장혈관의 초음파검사 결과(Fig 1), 우신의 RI는 0.64 ± 0.05 , 좌신의 RI는 0.65 ± 0.04 를 나타내었으며 우신의 PI는 1.28 ± 0.20 , 좌신의 PI는 1.25 ± 0.12 를 나타냈고 우신의 SDR은 282.25 ± 37.26 , 좌신의 SDR은 292.45 ± 29.40 을 각각 나타냈다. Vs는 우신이 20.87 ± 5.42 , 좌신이 20.67 ± 4.70 을 나타내고 Vd는 우신이 7.34 ± 1.77 , 좌신이 7.10 ± 1.58 을 나타냈다. Vm은 우신이 10.62 ± 2.48 , 좌신이 10.94 ± 2.71 을 나타냈다.

우신의 길이는 4.19 ± 0.88 , 좌신의 길이는 3.90 ± 0.69 를 나타내었으며 우신의 두께는 2.14 ± 0.42 , 좌신의 두께는 2.35 ± 0.58 을 나타냈고, 우신의 높이는 2.22 ± 0.59 , 좌신의 높이는 2.19 ± 0.52 를 각각 나타냈다. 넓이는 우신이 7.52 ± 2.43 , 좌신이 7.22 ± 2.09 를 나타내고 부피는 우신이 11.84 ± 5.32 , 좌신이 12.23 ± 4.82 를 나타냈다. 우신과 좌신간의 차이는 유의성이 없었고 체중과 신장크기와의 상관관계에서는 유의성이 인정되지 않았다.

요관폐쇄후 신장혈관 초음파상의 변화 :

1) 수신증 정도 분류 : 시간경과에 따른 수신증 정도의 점진적 변화를 보기 위하여 grade 0은 0점, grade 1은 1점, grade 2는 2점, grade 3은 3점으로 하여 각 grade에 해당하는 마리수를 곱하여 누적된 점수를 날짜별로 기록한 결과 초음파를 통한 수신증의 정도는 정상 성견에서 grade 0을 나타냈다. 좌측 요관원위부 결찰후 우신은 1일에서 10일째까지 grade 0을 나타냈고, 좌신은 1일에서 3일에는 신실질의 두께는 정상이나 중심부내의 방수상이 확대되는 grade 1과 신윤곽의 종대와 실질의 감소 및 중심부 낭상의 확장을 나타내는 grade 2로 분류되었는데 1일에는 grade 1이 7마리로 7점이 되고, 2일에는 grade 1이 5마리, grade 2가 2마리로 9점이었다. 3일에서 7일에는 주로 grade 2가 지속되었는데 3일에는 grade 1이 3마리, grade 2가 4마리로 11점, 5일에는 grade 1이 1마리, grade 2가 5마리, grade 3이 1마리로 14점이 되었다. 7일에서 10일 사이에 신실질의 비박화와 고도의 중심부 낭상을 나타내는 grade 3과 grade 2가 모두 존재하였다. 7일에는 5일에서 grade 1의 한 마리가 grade 2가 되면서 1점이 추가된 15점을 나타냈다. 마지막 날인 10일에는 grade 2가 4마리, grade 3이 3마리로 17점을 나타내었다.

이와같이 요관결찰후 1일째에 모든 동물에서 grade 1의 가벼운 수신증의 상을 나타내기 시작하여 시간경과에 따라 그 정도가 심화되어가는 것을 확인할 수 있었다.

2) 신장혈관 측정치 : 초음파를 통한 신장혈관의 계측 결과(Fig 2), 좌측 요관원위부 결찰시 좌신의 Vs는 정상인 20.05 ± 5.02 보다 상승하여 $24.07 \pm 3.42 \sim 33.41 \pm 3.28$ 로 나타났지만 유의성 있는 변화는 2, 5 및 10일에만 있었다. 우신도 좌신과 함께 증가하여 1일과 10일에 유의성을 보였지만 좌신과 우신의 차이에는 유의성이 없었다 ($p < 0.05$).

Vd는 결찰후 우신의 변화인 $7.86 \pm 1.68 \sim 9.35 \pm 0.91$ 에

비하여 좌신의 변화치는 $6.40 \pm 1.34 \sim 8.91 \pm 1.86$ 으로 전체적으로 낮게 나타나고 있지만 좌신과 우신의 차이는 1일에 유의성이 있었고 결찰전과 2, 3, 5, 7 및 10일에는 유의성이 없었다. 좌신만이 결찰후 10일에 유의성을 나타냈다($p < 0.05$).

Vm은 정상에 비해서 좌신과 우신에서 각각 10.63 ± 3.40 에서 $11.27 \pm 1.33 \sim 16.88 \pm 1.96$ 으로 10.67 ± 0.04 에서 $10.84 \pm 2.74 \sim 14.00 \pm 1.86$ 으로 상승하였으며 좌신과 우신간의 유의성 있는 차이는 없었다. 10일에는 좌신과 우신 모두에서 유의성 있는 증가가 있었다($p < 0.05$).

좌신의 RI는 0.67 ± 0.03 에서 $0.71 \pm 0.03 \sim 0.75 \pm 0.05$ 로 급격한 상승을 보였으며 1~10일까지 결찰전과 비교하여 유의성 있는 변화를 보였고, 1~10일까지의 결찰후 군간 다중검정에서 평균들간의 차이는 유의성이 없었다($p < 0.05$). 좌우간의 차이는 결찰전에는 없었고 결찰후에는 유의성을 나타냈다($p < 0.05$). 정상성견 16마리와 실험 2의 결찰전 7마리의 RI는 유의성이 없었다. 우신은 결찰전과 결찰후의 차이에 유의성이 없었다.

PI는 좌신에서는 1.28 ± 0.10 에서 $1.43 \pm 0.17 \sim 1.60 \pm 0.26$ 으로 1일 이후에 급격한 상승을 보였지만 1, 3, 5 및 7일에만 결찰전과 유의성 있는 차이를 보이고 2일과 10일에는 유의성을 보이지 않았다. 좌우간의 차이는 5일에만 유의성을 보이고($p < 0.05$), 결찰전 1, 2, 3, 7 및 10일에는 유의성이 없었다.

SDr은 결찰 1일후에 좌신에서만 303.10 ± 26.01 에서 $352.14 \pm 47.05 \sim 412.18 \pm 86.69$ 로 급격한 상승을 나타내었고 1, 2, 3, 5 및 7일에 유의성을 보였다. 좌우간의 차이는 1, 3, 5 및 7일에 유의성을 나타내고 결찰전, 2 및 10일에는 유의성이 없었다.

연구의 결과에서 보듯이 Vs, Vd, Vm에서는 일정한 경향을 보이는 변화는 Vd가 우신에 비하여 조금 낮다는 것 뿐이었지만 RI, PI, SDr은 좌측 요관의 원위부결찰술 후 1일부터 좌신에서 일정한 경향의 급격한 상승을 보였다.

3) 시간경과에 따른 신장크기의 변화 : 우신의 크기는 결찰전 7마리의 평균이 길이, 두께, 넓이, 높이 및 부피가 각각 4.32 ± 1.23 , 2.13 ± 0.58 , 7.77 ± 3.30 , 2.27 ± 0.80 및 12.53 ± 7.08 이었고 좌신은 3.92 ± 1.00 , 2.53 ± 0.79 , 7.22 ± 3.01 , 2.26 ± 0.73 및 13.01 ± 6.81 이었다. 좌신의 길이, 두께, 넓이, 높이 및 부피 모두 1일 이후부터 증가하기 시작하여 10일까지 지속적으로 증가하였다. 우신도 약

간 증가하였다. 우신의 길이의 변화는 1~10일까지 4.35 ± 1.22 , 4.46 ± 1.13 , 4.32 ± 1.26 , 4.37 ± 1.22 , 4.38 ± 1.25 및 4.57 ± 1.13 으로 증가하였고 좌신의 길이는 4.56 ± 1.00 , 4.62 ± 1.14 , 4.83 ± 1.15 , 4.97 ± 1.30 , 5.27 ± 1.70 및 5.64 ± 1.71 로 증가하였다. 우신의 두께의 변화는 1~10일까지 2.30 ± 0.53 , 2.39 ± 0.40 , 2.33 ± 0.53 , 2.46 ± 0.59 , 2.34 ± 0.53 및 2.47 ± 0.53 으로 증가하였고 좌신의 두께는 2.97 ± 0.86 , 3.26 ± 0.90 , 3.31 ± 0.97 , 3.44 ± 0.97 , 3.40 ± 1.18 및 3.62 ± 1.11 로 증가하였다. 우신의 넓이의 변화는 1~10일까지 8.48 ± 3.27 , 8.99 ± 3.70 , 8.88 ± 4.20 , 8.99 ± 4.35 , 9.14 ± 4.88 및 10.01 ± 4.99 로 증가하였고 좌신의 넓이는 10.52 ± 3.59 , 11.16 ± 3.86 , 12.41 ± 6.12 , 13.87 ± 6.60 , 16.02 ± 8.93 및 17.76 ± 10.35 로 증가하였다. 우신의 높이의 변화는 1~10일까지 2.56 ± 0.73 , 2.63 ± 0.70 , 2.68 ± 0.84 , 2.57 ± 0.93 , 2.62 ± 0.88 및 2.72 ± 0.93 으로 증가하였고 좌신의 높이는 2.68 ± 0.74 , 2.87 ± 1.07 , 2.96 ± 0.97 , 3.14 ± 1.04 , 3.18 ± 1.21 및 3.45 ± 1.09 로 증가하였다. 우신의 부피변화는 1~10일까지 14.25 ± 6.97 , 15.68 ± 9.17 , 15.82 ± 10.65 , 16.24 ± 11.10 , 17.94 ± 13.41 및 19.58 ± 14.58 로 증가하였고 우신의 부피는 21.02 ± 10.39 , 24.05 ± 10.92 , 28.94 ± 22.80 , 34.35 ± 24.06 , 43.30 ± 34.52 및 53.03 ± 49.09 로 증가하였다.

정맥 요로조영술 :

1) 수신증 정도 분류 : 요관결찰술후 좌신의 수신증 정도는 1일부터 7마리 모두에서 신배는 둔화되지만 신장유두는 식별이 가능한 grade 1을 나타냈다. 신장유두는 수술전 보다는 약간 간격이 증가된 것으로 보여지지만 식별은 가능하다. 수술후 2일에는 신배부위의 확장이 심해지고 신우가 확장되는 grade 2를 나타내는 것은 2마리이고 grade 1을 계속 나타내는 것이 5마리였다. 수술후 3일에는 3마리가 grade 1을 4마리가 grade 2를 나타냈다. 수술후 5일째에는 확연한 신장의 배설이상을 나타냈으며 2마리만이 grade 2로 분류될 수 있었고 나머지 5마리는 grade 식별이 불가능하였다. 수술후 7일부터는 7마리 모두 grade 식별이 불가능한 것으로 나타났다.

2) 형태학적인 변화 : 혈관조영을 통한 X-ray상에서 확장된 신장은 1~3일째까지는 잘 관찰되었다. 수술후 1일에는 약간 확장된 요관을 관찰할 수 있었다. 수술후 2일에는 S자로 구부러진 요관이 확연해졌다(Fig 3). 그러나 3~5일에는 좌측 신장의 음영이 흐려졌다. 이는 신장 배설기능의 이상을 나타내는 것이며³⁾ 신장의 윤곽만을 어렵게 관찰할 수 있었다. 7일 이후에는 좌신의 조영된

음영이 거의 없어져서 신장의 길이 이외의 측정은 불가능하였다. 정상 신장의 길이는 X-ray상에서 제2요추의 2.5-3.5배 정도의 크기를 가지는데 10일까지의 변화에서 좌신에서도 정상범위인 제2요추의 최대 3.5배를 크게 벗어나지 않았다.

혈액화학치 검사 및 부검과 조직병리 소견 :

1) 혈액화학치의 변화 : BUN은 결찰전에는 $19.00 \pm 3.56 \text{mg/dl}$ 이었으나 결찰후 1, 2, 3, 5, 7 및 10일째에 각각 26.86 ± 7.99 , 21.43 ± 3.95 , 23.71 ± 7.52 , 24.86 ± 7.03 , 27.14 ± 6.77 및 $29.57 \pm 6.63 \text{mg/dl}$ 로 약간 증가하였으나 정상범위인 35mg/dl 이내를 나타내었다. Creatinine도 결찰전에는 $0.80 \pm 0.22 \text{mg/dl}$ 이었으나 결찰후 1, 2, 3, 5, 7 및 10일째에 각각 0.86 ± 0.20 , 0.81 ± 0.26 , 0.79 ± 0.25 , 0.90 ± 0.22 , 0.90 ± 0.26 및 $1.03 \pm 0.43 \text{mg/dl}$ 로 정상범위인 1.3mg/dl 이내를 나타내었다.

2) 부검시 육안적 변화 : 좌측 신장의 외관은 부풀어 있고 너비가 많이 증가된 것으로 나타났다. 요관은 S자형으로 구부러져 있었다. 부검시의 신장의 실측치와 초음파 측정치의 비교에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 초음파 측정치를 부검시의 실측치로 나눈 값(%)을 표시하면 길이는 좌신이 97.30 ± 7.24 , 우신이 98.88 ± 4.05 , 두께는 좌신이 104.33 ± 11.74 , 우신이 107.53 ± 8.85 , 높이는 좌신이 93.78 ± 4.31 , 우신이 90.73 ± 8.16 , 부피는 좌신이 100.18 ± 9.62 , 우신이 105.31 ± 11.83 의 차이를 보였다. 모두 10% 이내의 차이를 보임으로써 초음파 측정치가 실측치를 대변할 수 있음을 나타내었다.

3) 조직병리학적 변화 : 조직의 검경결과는 모든 좌신에서는 grade 3을 나타내고 모든 우신은 grade 1을 나타냈다. 좌신에서 세포의 괴사는 10% 정도로 미약했지만 근위세뇨관이 팽창하여 30% 이상의 구조적인 변화를 나타내서 grade 3으로 분류되었다.

고 찰

신장은 심박출량의 약 20%에 상당하는 혈액을 공급받는다. 요의 여과를 위해서는 사구체 모세혈관의 혈압과 혈류량이 일정수준으로 유지되어야 하지만 신실질에 혈류장애가 발생하면 혈압과 혈류량을 일정수준으로 유지할 수 없으므로 신기능의 저하를 초래한다. 그러므로 신장 혈류장애를 조기에 진단하는 것은 이후에 일어날 신기능 저하를 막기 위한 적절한 약물요법이나 외과적 처

치를 가능하게 하는 기본적인 요건이다.

RI 측정의 목적은 신장의 이상으로 인하여 혈관수축 물질이 분비되면 혈관의 저항이 증가하고 혈관저항의 증가로 동맥압이 상승하게 되는데³² 이때 상승하는 혈관저항을 초음파로 측정하기 위함이다. 신장의 이상시 이완기의 혈류가 수축기 혈류속도의 증가에 비해 작은 폭으로 증가하거나 증가하지 않으므로 최저혈류속도(Vd)의 증가폭이 최고혈류속도(Vs)의 증가폭 보다 작아서 RI를 증가시키는 것으로 보고되고 있으며³³ 본 연구에서도 같은 경향을 보였음을 알 수 있다.

개를 대상으로 한 연구는 근래에 시작되었으며 그중 한쪽 요관을 폐쇄시킨 후 RI를 관찰한 논문은 실험동물의 수가 너무 적어서 유의성을 판단할 수는 없지만 정상성견 좌측신장의 RI는 평균 $0.62 \pm 0.05 \sim 0.65 \pm 0.05$, 요관 폐쇄수술후에는 평균 $0.71 \pm 0.07 \sim 0.77 \pm 0.09$ 이었다¹⁹. 다른 연구에서 정상인은 0.609 ± 0.039 를¹³ 정상성견에서는 좌신과 우신 각각 0.63 ± 0.05 와 0.62 ± 0.05 를 나타냈다¹⁹. 본 연구에서는 좌신은 0.65 ± 0.04 를 우신은 0.64 ± 0.05 를 나타내었다. 다른 연구에서는 진정을 목적으로 acepromazine maleate가 사용된 경우에 진정을 시키지 않은 기존의 연구평균치인 $0.62 \pm 0.05 \sim 0.65 \pm 0.05$ 의 범위내에 들지만 조금 높은 0.65 ± 0.05 를 나타내는 것으로 보고하였지만¹⁷ 같은 동물내의 결과가 아니므로 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

또한 편측 요관결찰후의 변화는 $0.71 \pm 0.03 \sim 0.75 \pm 0.05$ 로 기존 논문¹⁹의 $0.70 \pm 0.06 \sim 0.77 \pm 0.03$ 과 비슷한 크기로 증가하였으나 기존의 논문이 유의성 있는 증가를 나타내지 않은 것과는 달리 본 연구에서는 엽간동맥만을 측정함으로써 편차가 줄어들어 폐쇄전과 폐쇄후의 비교에서 RI가 유의성을 나타낸 것으로 생각된다. 우·좌측 신장별 각각의 1~10일째까지 구간 검정에서 서로간에 유의성이 없는 것으로 나타났다. 그 이유는 보상성 비대가 시간 의존적으로 나타나지 않는다고 보고된 것과⁴ 같이 혈관저항의 증가도 시간경과와는 상관없는 변화를 하기 때문인 것으로 생각된다.

또 하나의 parameters인 PI는 RI와 마찬가지로 단위가 없는 숫자로 표현되는데 아직까지는 PI에 대한 연구가 미비한 상태이다. 사람을 대상으로 한 실험에서 정상신장내 엽간동맥의 평균 PI는 0.98 ± 0.23 으로 보고되었다¹³. 개에서는 구체적으로 언급된 연구는 없으며 단지 경험적으로 신장의 질병시에 상승한다는 것이 알려져 있다.

본 논문에서는 마취하에서 정상성견의 PI가 좌신과 우신 각각 1.28 ± 0.10 , 1.32 ± 0.21 이었는데 사람의 정상치보다 큰 것으로 나타난 이유가 진정제에 의한 것인지 종별 차이인지는 여기에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. PI는 혈관의 평균혈류속도(Vm)에 영향을 받게 되는 것으로 알려져 있는데 앞에서 설명하였듯이 혈관의 저항증가에 따라 Vs가 유의성 있게 증가하고 Vd와 Vm가 큰 폭으로 변화하지 않는다면 PI가 유용한 parameter로 사용될 수 있을 것이다. 하지만 본 연구의 결과에 따르면 Vs가 2일, 5일, 10일에만 유의성을 보였고 Vd와 Vm도 각각 10일에 유의성을 보였기 때문에 Vs, Vd, Vm 간에 일관성 있는 변화가 나타나지 않았고 PI는 1일, 3일, 5일, 7일째에만 제한적으로 유의성을 나타낸 것으로 생각된다.

PI의 변화가 2일과 10일에 유의성을 나타내지 못한 이유가 측정시의 조작실수와 초음파기기의 제한적 능력 때문일 수도 있는데 먼저 초음파로 실질장기의 혈관측정시 유의사항 6가지는 측정각도, 검사체위, 나이, 측정부위, 식사의 영향/영양상태, 호흡상태이다. 그중 가장 중요한 것은 호흡상태로서 심흡기시는 혈류속도 저하를 일으키고 따라서 호기 끝에서부터 흡기시 직전에 혈류속도를 측정하여야 한다. 그러나 혈류속도 계속시 호기 끝에서부터 흡기시 직전에 혈류파형을 나타내게 하는 것은 쉬운 일이 아니다. 두 번째로 초음파기기 자체의 단점인데 초음파를 통한 혈류속도의 측정은 선택된 범위내의 국소부위 보다는 전체의 조직에서 평균속도를 나타내는 능력이 있고 측정할 수 있으므로 세부적인 혈관을 놓칠 염려가 적은 대신 측정하고자 하는 혈관만의 혈류속도는 측정이 어렵다는 것이다. 또 한 가지는 탐촉자와 혈관의 각도가 30도를 넘으면 측정치에 오차가 생긴다는 것이다. 그러나 좌측요관 결찰후 좌신이 1.43 ± 0.17 ~ 1.60 ± 0.26 으로 증가한 사실은 진단시에 보조적 사용 가치가 있음을 나타내며 좀더 많은 연구가 진행된다면 RI와 마찬가지로 유용한 parameter가 되리라 생각된다.

SDr은 Vs와 Vd의 비율을 나타내는데³⁴ RI와 비슷한 성격을 갖지만 RI에 비하여 편차가 큰 것이 단점이다. Vs의 상승은 좌신에서는 2일, 5일, 10일에, 우신은 1일과 10일에 유의성을 나타낸 반면 Vd는 좌신과 우신에서 모두 큰 변화가 없었다. 그래서 SDr이 좌신에서만 1, 2, 3, 5 및 7일에 유의성 있게 상승하였다. PI와 마찬가지로 공식이 교정되고 더 많은 연구가 실시된다면 또 하나의 진

단지표가 되리라 생각된다.

실험군에서 좌측요관을 결찰한 이유는 우측 요관과 다르게 늑골에 의한 방해가 없어서 초음파상의 관찰이 쉽고 주위에 고정되어 있는 조직이 없으므로 요관결찰 후 신장의 자유로운 팽창이 가능하기 때문이었다.

좌측요관의 폐쇄후 10일까지만 측정할 이유는 10일 후에는 초음파를 통한 혈관측정이 어렵다는 보고 때문이었다¹⁷. 물론 혈관조영시에도 3~5일이 지나면 음영이 흐려져서 폐쇄여부를 확연히 알 수는 없었다. 초음파와 혈관조영을 통한 X-ray상의 비교에서 요관폐쇄에 의한 신장의 이상을 발견하는 것은 1일에서 10일까지 초음파가 유리하였으며 다른 논문에서는 요관의 폐쇄에 의한 질환경 X-ray검사보다 초음파검사가 유리한 질병은 결석, 신장주위의 장애저류, 수신증 등인 것으로 보고되어져 있다³⁵.

편측 요관폐쇄시의 신장혈관의 초음파검사에서 RI만이 10일간의 모든 관찰일에서 유의성을 보인 것은 RI가 편측 요관폐쇄에 의한 수신증, 급성 신부전 등의 신질환을 초기에 진단하기에 가장 적당한 parameter이며 PI와 SDr은 좀더 연구가 진행되어야 할 것으로 고찰되었다.

결론

정상성견을 대상으로 디지털 칼라도플러 초음파를 이용하여 정상 신장혈관의 RI, PI, SDr을 측정하고 다른 실험군에서 좌측요관을 결찰한 후 신장혈관의 RI, PI, SDr을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 정상군에서 좌신의 RI, PI 및 SDr은 0.65 ± 0.04 , 1.25 ± 0.12 및 292.45 ± 29.40 으로 나타났고 우신의 RI, PI 및 SDr은 0.65 ± 0.05 , 1.28 ± 0.20 및 282.25 ± 37.26 인 것으로 나타났다.
2. 실험군에서 요관이 결찰된 좌신의 RI는 1, 2, 3, 5, 7 및 10일째에 각각 0.75 ± 0.05 , 0.71 ± 0.03 , 0.74 ± 0.04 , 0.74 ± 0.02 , 0.73 ± 0.02 및 0.73 ± 0.04 로 증가하여 결찰전과 비교할 때와 좌신과 비교할 때 모두에서 유의성을 나타내었다($p < 0.05$).
3. 실험군에서 좌신의 PI는 1, 3, 5 및 7일째에 각각 1.57 ± 0.21 , 1.54 ± 0.24 , 1.60 ± 0.15 및 1.60 ± 0.26 으로 유의성 있게 증가하였다($p < 0.05$).
4. 실험군에서 좌신의 SDr은 1, 2, 3, 5 및 7일째에 각각 412.18 ± 86.69 , 352.14 ± 47.05 , 399.77 ± 65.54 , $369.43 \pm$

48.34 및 365.57 ± 22.46 으로 유의성 있게 증가하였다($p < 0.05$). 변화하여 정상시의 0.65 ± 0.04 에 비하여 유의성 있게 증가하였다($p < 0.05$).

5. RI는 급성 편측 요관폐쇄시 $0.71 \pm 0.03 \sim 0.75 \pm 0.05$ 로

Legends for figures

Fig 1. Digital color doppler ultrasonography of renal interlobar artery in normal dog.

Fig 2. Digital color doppler ultrasonography of renal interlobar artery at 3 day after left ureter obstruction in the dog. Note the increase in both the height and the gray intensity of the renal interlobar artery spectral doppler tracings(arrow). The values of RI, PI and SDr increased 0.70, 1.36 and 334.21%, respectively.

Fig 3. Excretory urographic image at 3 day after left ureter-obstruction in the dog. The left kidney was enlarged. The left ureter and renal pelvis were grossly dilated(thick arrow), and ureter was tortuous like S(thin arrow).

참 고 문 헌

1. Tilley LP, Smith FWK. The five minute veterinary consult canine and feline. Williams & Wilkins. Baltimore, 172, 1997.
2. Konde LJ. Ultrasonographic anatomy of the normal canine kidney. *Veterinary Radiology*, 25(4):173-178, 1984.
3. Biller DS. Diagnostic ultrasound of the urinary bladder. *J Am Anim Hosp Assoc*, 26:397-402, 1990.
4. Boag BL. Renal sonographic measurements in the dog preceding and following unilateral nephrectomy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 34(2):112-117, 1993.
5. Ellenbogen PH. Sensitivity of gray scale ultrasound in detecting urinary tract obstruction. *AJR*, 130(4):731-733, 1978.
6. Hricak H. Sonographic manifestations of acute renal vein thrombosis : an experimental study. *Invest Radiol*, 16(1):30-35, 1981.
7. Malave SR. Diagnosis of hydronephrosis : comparison of radionuclide scanning and sonography. *AJR*, 135: 1179-1185, 1980.
8. P. Barber-Riley. Ultrasonic demonstration of renal artery thrombosis. *Br J Radiol*, 54:351-352, 1981.
9. Rosenfield AT. Ultrasound in experimental and clinical renal vein thrombosis. *Radiology*, 137:735-741, 1980.
10. Sandler MA. Sonographic evaluation of experimental acute renal arterial occlusion in dogs. *AJR*, 142:341-346, 1984.
11. Wood AKW. Ultrasonographic-anatomic correlation and imaging protocol of the normal canine kidney. *Am J Vet Res*, 51(1):103-108, 1990.
12. Adams WH. Early ultrasonographic findings in dogs with experimentally induced ethylene glycol nephrosis. *Am J Vet Res*, 50(8):1370-1376, 1989.
13. Karadeniz T. Renal hemodynamics in patients with obstructive uropathy evaluated by color doppler sonography. *Eur Urol*, 29:298-301, 1996.
14. Blikslager AT. Excretory urography and ultrasonography in the diagnosis of bilateral ectopic ureters in a foal. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 33(1):41-47, 1992.
15. Pugh CR. Iatrogenic renal pyelectasia in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35:50-51, 1994.
16. Abulafia O. Postoperative color doppler flow ultrasonographic assessment of ureteral patency in gynecologic oncology patients. *J Ultrasound Med*, 16:125-129, 1997.
17. Bracken RB. Renal arterial duplex doppler ultrasound

- in dogs with urinary obstruction. *J Urol* , 145:644-646, 1991.
18. Luis Sarria Octavio de Toledo. Doppler-duplex ultrasound in renal colic. *Eur J Radiol* , 23:143-148, 1996.
 19. Nyland TG. Diagnosis of urinary tract obstruction in dogs using duplex doppler ultrasonography. *Veterinary Radiology & Ultrasound* , 34(5):348-352, 1993.
 20. Platt JF. Duplex doppler use of kidney : differentiation of obstructive from nonobstructive dilation. *Radiology* , 171:515-517, 1989.
 21. Rodgers PM. Intrarenal doppler ultrasound studies in normal and acutely obstructed kidney. *The British Journal of Radiology* , 65:207-212, 1974.
 22. Pozniak MA. Sonography of renal transplants in dogs : the effects of acute tubular necrosis, cyclosporine nephrotoxicity, and acute rejection on resistive index and renal length. *AJR* , 158:791-799, 1992.
 23. Jaffe RB. Whitaker test : differentiation of obstructive from nonobstructive uropathy. *AJR* , 134(4):9-15, 1980.
 24. Robert H. Whitaker methods of assessing obstruction in dilated ureters. *Br J Urol* , 45:15-22, 1973.
 25. Nelson TR, Pretorius DH. The doppler signal : where does it come from and what does it mean?. *AJR* , 151: 439-447, 1989.
 26. Daley CA, Finn-Bodner ST, Lenz SD. Contrast-induced renal failure documented by color-doppler imaging in a dog. *J Am Anim Hosp Assoc* , 30:33-37, 1994.
 27. Wells PNT. Doppler flow measurement. in : syllabus 1989 spring educational meeting, American Institute of Ultrasound in Medicine : basic science of flow measurement, April 9-10, 1989, Bethesda, MD. American Institute of Ultrasound in Medicine, 9-26, 1989.
 28. Rifkin, Needleman L, Pasto E. Evaluation of renal transplant rejection by duplex doppler examination : value of the resistive index. *AJR* , 148:759-762, 1987.
 29. Felkai CS. Ultrasonographic determination of renal volume in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound* , 33(5):292-296, 1992.
 30. Rivers BJ, Walter PA. Estimation of arcuate artery resistive index as a diagnostic tool for aminoglycoside-induced acute renal failure in dogs. *Am J Vet Res* , 57: 1536-1544, 1996.
 31. Kealy JK. Diagnostic radiology of the dog and cat. 2nd ed, WB Saunders, Philadelphia. 114-115, 1989.
 32. Guyton AC. Textbook of medical physiology, 8th ed, WB Saunders, Philadelphia. 211-212, 1986.
 33. Morrow KL. Comparison of the resistive index to clinical parameters in dogs with renal disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound* , 37(3):193-199, 1996.
 34. Ameriso S. Pulseless transcranial doppler finding in takayasu's arteritis. *J Clin Ultrasound* , 18: 592-596, 1990.
 35. Cronan JJ. Contemporary concepts in imaging urinary tract obstruction. *Radiolo Clin N Am* , 29:527-542, 1991.