

## 담석 : 수용성 조영제 속에서 CT감쇠계수의 변화<sup>1</sup>

백지희 · 이해규 · 정승은 · 박석희 · 정명희 · 임정익 · 신경섭 · 원종만<sup>2</sup> · 박일영<sup>2</sup> · 한남익<sup>3</sup>

**목 적** : 수용성 조영제가 담석의 전산화단층촬영(CT) 감쇠계수의 변화에 미치는 영향을 알아보고 이에 관여하는 요인을 분석하고자 하였다.

**대상 및 방법** : 30명의 환자에서 수술시에 채취한 담석을 원추형의 플라스틱 용기에 각각 한 개씩 넣어, 대조군으로 먼저 생리식염수에 담그고, 50분 후 나선식 CT를 시행하였고, 다음에 수용성 조영제인 Ultravist<sup>®</sup> 370 (Iopromide)을 생리식염수로 30%의 부피로 희석한 용액에 담근 후 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 및 120분에 같은 조건으로 나선식 CT를 시행하였다.

영상을 3차원으로 재구성한 뒤, 각 담석의 평균 CT 감쇠계수와 부피(cc)를 측정하였다. 감쇠계수의 변화에 영향을 미치는 요인을 알아내기 위하여, 물리적 인자로 다공성[(젖은 무게 - 마른 무게) / 젖은 무게] × 100 과 부피를, 화학적 인자로 콜레스테롤 비율을 측정하여 상관관계를 조사하였다.

**결 과** : 나선식 CT 감쇠계수의 변화는 3가지로 분류하였다. 시간에 따라 감쇠계수가 증가하는 제1형(증가형)은 15개의 담석(50%)에서 볼 수 있었으며, 10개에서는 처음 5분 동안, 5개에서는 120분 동안 지속적으로 증가하였다. 제2형(편평형)은 감쇠계수의 변화가 거의 없는 경우로 12개의 담석(40%)이 이에 해당하였다. 나머지 3개는 불규칙한 감쇠계수의 변화를 보였다.

제1형 담석의 다공성의 중앙값은  $32.7(\text{mean} \pm \text{SD}, 52.83 \pm 34.48)$ 로 제2형의 중앙값  $6.7(\text{mean} \pm \text{SD}, 30.58 \pm 48.25)$ 보다 높았고, 통계학적으로 유의성이 있었다( $p < .05$ ). 제1형과 제2형간의 담석의 부피와 콜레스테롤 비율은 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ).

**결 론** : 일부의 담석이 수용성 조영제 내에서 CT 감쇠계수가 증가하며, 이는 담석의 다공성에 의해 가장 많은 영향을 받는다.

최근에는 담도를 조영하기 위하여 수용성 조영제를 거의 대부분 사용하며, 비교적 많은 시간이 소요되는 X선 투시하의 담석적출술을 시행하는 도중 충만결손으로 나타났던 담석을 시술 도중 X선 투시나 X선 사진상에서 발견하지 못하는 경우가 가끔 있다. 과거에 수용성 조영제가 아닌 Telepaque(Iopanoic acid)를 이용한 Salzman 등의 4일 간의 경구담낭조영술 연구에 따르면, 담낭 내의 담석이 시간경과에 따라 점점 상대적인 감쇠계수가 높아져서 담석을 발견할 수 없게 된다고 하였다. 이는 담석의 주성분인 빌리루빈(bilirubin)이 빌리버딘(biliverdin)으로 산화된 후 조영제와 화학적 반응을 일으켜 일어난다고 생각하였다(1-4). 그러나, 아직까지 수용성 조영제 내에서 담석의 음영변화 및 이에 관계된 인자에 대해서는 밝혀진 것이 없다.

최근에 개발된 나선식 CT는 빠른 시간 내에 검사가 가능하

여, 감쇠계수의 시간에 따른 변화를 측정하기에 적합하다. 또한 3차원 영상으로 재구성이 가능하여, 종래의 고식적 CT는 작은 검체의 위치가 바뀌면 동일 부위의 단면상을 얻기가 어렵고 부분용적 평균 효과(partial volume averaging effect)에 의해 검체의 감쇠계수 측정이 정확하지 않은 반면, 나선식 CT는 검체의 크기가 작은 경우에도 영상 재구성 요소를 변화시켜, 검체의 위치에 관계없이 검체의 부피 및 평균감쇠계수를 오차없이 측정할 수 있다(5, 6).

따라서 저자들은 수용성 조영제 내에서의 시간에 따른 담석 음영의 변화여부 및 양상을 나선식 CT를 이용하여 관찰하고 담석음영의 변화에 영향을 미치는 물리적 및 화학적 관련인자에 대해 알아보려고 하였다.

### 대상 및 방법

#### 담석의 채취 및 보관

4개월 동안 담도나 담낭수술에서 얻은 지름 3mm이상의 27

<sup>1</sup>가톨릭대학교 의과대학 진단방사선과학교실

<sup>2</sup>가톨릭대학교 의과대학 외과학교실

<sup>3</sup>가톨릭대학교 의과대학 내과학교실

이 논문은 1997년 5월 7일 접수하여 1997년 8월 6일에 채택되었음

개의 담석과, X선 투시하 담석적출술에서 얻은 3개의 담석을 대상으로 하였다. 수술시 얻은 담석은 빛이 차단된 40℃ 항온기에서 48시간 동안 건조시키고, X선투시 담석적출술에서 얻은 담석은 빛을 차단한 다량의 생리 식염수에 넣어 24시간 동안 조영제를 제거한 후 같은 방법으로 건조하였다. 모든 담석은 최대 4개월까지 보관하였으며 보관시는 각각 유리병에 넣어 밀봉한 후 암소에 실은 보관하였다. 한 환자에서 여러개의 담석이 적출된 경우는 가장 큰 담석 한 개만을 실험 대상에 포함시켰다.

### 담석의 고정

각각의 담석을 실험 도중 위치의 변화를 줄이기 위해 원추형의 플라스틱 시험관에 한 개씩 넣은 후, 이 시험관의 첨부가 아래로 향하도록 하여 5개씩 총 6줄로 배열 고정하여, 각 담석 들을 거의 동일 평면에 위치시켰다. 플라스틱 시험관은 생리식염수나 조영제의 출입이 자유롭도록 시험관 첨부주위에 여러 개의 작은 구멍을 뚫었다.

### CT 촬영 및 감쇠계수 측정

기준 CT 감쇠계수를 측정하기 위하여 대조군으로 담석을 무균성 생리식염수에 50분간 담근 후 꺼내어 나선식 CT를 시행하였다. CT 촬영 후 곧바로 담석을 수용성 조영제에 넣은 후 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 및 120분에 각각 나선식 CT를 시행하였다. 각각의 CT 촬영 직전에 시험관 내부의 담석의 위치변화가 없도록 조심스럽게 용기 채로 조영제에서 꺼낸 후, 생리식염수에 1-2초 동안 담그어서 표면의 조영제를 세척한 후 꺼내어 CT를 시행하였다.

수용성조영제는 Ultravist® 370 (Iopromide 76.9mg/ml, 370ml I (Iodine)/mg, Schering AG, Berlin, Germany)을 생리식염수에 30%(volume/volume)로 희석하여 사용하였다.

나선식 CT 기기는 High-Speed Advantage(GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)이며, 절편두께 3mm, 촬영대 이동속도 3mm/sec로 하였고, 촬영 후 1.5mm 간격으로 하여 횡단면 영상을 얻었다. 촬영조건은 150mA, 100kVp이었으며, field

of view (FOV)는 200mm이었다.

횡단면영상을 기초로 주어진 3차원 소프트웨어 프로그램(GE Advantage Window 1.26, Milwaukee, WI)를 이용하여, SSD (shaded surface display)영상으로 재구성하였다(Fig. 1). SSD 영상에서 한계치값은 하한치만 -100으로 설정하였다. 3차원 입체영상에서 가능한 한 넓은 부위를 관심구역(region of interest)에 포함시켜 담석의 평균감쇠계수와 부피(cc)를 측정하였다.

### 연관인자 분석

저자들은 CT 감쇠계수 변화에 영향을 주는 관련인자로 다공성과 부피를 물리적 인자, 콜레스테롤을 화학적 인자로 가정하였다. 다공성은 담석내부의 미세한 공간을 나타내는 것으로 [(젖은 무게-마른 무게)/젖은 무게]×100 으로 정의하였다. 마른 무게는 담석을 빛이 차단된 40℃ 항온기에 48시간 동안 건조시킨 후 무게를 측정하였으며, 젖은 무게는 생리식염수에 한시간 담근 후에 측정하였다. 담석 내의 콜레스테롤은 분말상태로 만든 후 oxidase법에 의해 측정하여, 담석의 마른 무게에 대한 콜레스테롤의 비율을 측정하였다.

### 분 석

시간경과에 따른 감쇠계수의 변화를 증가형(제1형), 편평형(제2형), 불규칙형 3가지로 분류하였다. 증가형은 감쇠계수의 증가가 기준 감쇠계수보다 120분에 2배이상 증가하는 담석으로 정의하였으며, 편평형은 그래프상 기울기가 거의 0에 가까운 양상으로, 평균감쇠계수의 증가가 2배 이하인 담석을 이에 포함시켰다. 변화양상이 불규칙한 경우는 실험의 오차군으로 가정하여 분석대상에서 제외하였다. 감쇠계수 변화 형태 즉, 증가형과 편평형에 영향을 주는 관련인자에 대해 단계적 선별검사(stepwise discriminant analysis)와 Mann-Whitney U-Wilcoxon Rank Sum W test를 시행하였다.

## 결 과

담석들의 크기는 다양하여 지름이 4개는 3-5mm, 10개는 5-10mm, 16개는 10mm 이상이었다.

시간에 따라 감쇠계수가 증가하는 제1형(증가형)은 15개의 담석(50%)에서 볼 수 있었고, 첫 5분에 평균 2.5배 증가하였다(Fig. 2). 10개는 첫 5분 내에 현저한 증가를 보였고, 5개는 120분동안 지속적으로 증가하였다. 담석의 기준감쇠계수는 15-339 HU(Hounsfield unit)이었으며, 120분에 2.1배에서 61배까지(평균 4.6배) 증가하였다. 감쇠계수의 변화가 거의 없는 제2형(편평형)은 총 12개의 담석(40%)이었으며(Fig. 3), 기준감쇠계수는 9-534 HU였고, 120분에 1.1에서 1.5배까지(평균 1.2배) 증가하였다. 제3형은 불규칙적인 감쇠계수의 변화를 보인 경우로 3개였다.

단계적 선별검사에서, 감쇠계수변화의 유형결정에 다공성이 가장 중요한 관련인자이었다( $p<.05$ ). 제1형의 다공성의 중앙값은  $32.7(\text{mean} \pm \text{SD}, 52.83 \pm 34.48)$ 로 제2형의 중앙값  $6.7(\text{mean} \pm \text{SD}, 30.58 \pm 48.25)$ 보다 높았고, 통계학적으로 유의성

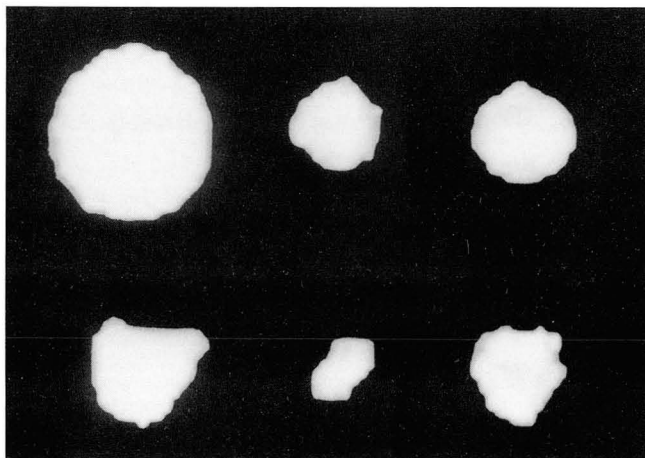
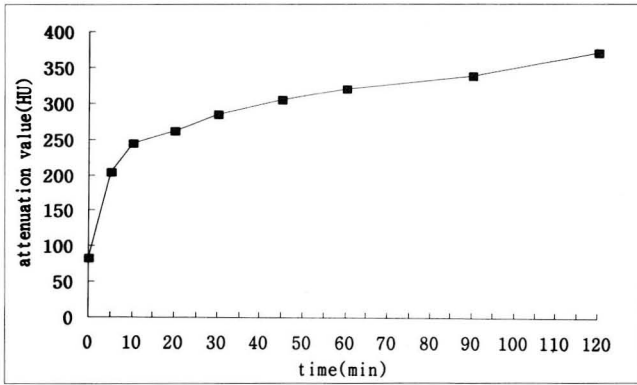


Fig. 1. Three-dimensional reconstruction with SSD of biliary stones (magnification,  $\times 3$ ).



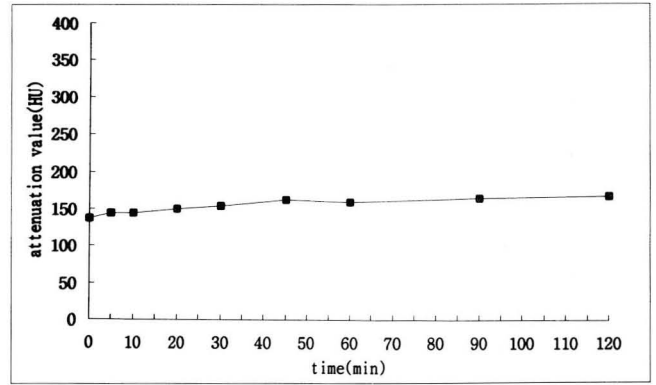
**Fig. 2.** Change of mean CT attenuation value in type 1 (n=15), increasing pattern. Note remarkable elevation of attenuation value for first 5 minutes.

이 있었다( $p < .05$ ). 제1형과 제2형의 담석 부피(cc)의 중앙값은 각각  $1.22(1.16 \pm 0.62)$ 와  $9.9(1.22 \pm 0.60)$ , 콜레스테롤 비율(%)의 중앙값은 각각  $1.43(1.71 \pm 1.02)$ 과  $2.1(3.27 \pm 3.59)$ 로 감쇠계수의 변화형태와는 통계학적 유의성이 없었다( $p > .05$ ).

## 고 찰

X선 투시하 담석적출술 시행도중 처음에는 충만 결손으로 보이던 담석이 시간이 경과함에 따라 실제로는 담도 내에 담석이 있음에도 불구하고 X선 투시하 X선 사진 상에서 보이지 않게 되는 현상을 경험할 수 있다. Salzman 등에 의하면 Telepaque(Iopanoic acid)를 이용한 4일 경구담낭조영술 시행시 담낭 내의 담석이 시간이 경과함에 따라 담석의 방사선 투과성이 변한다고 하였다. 이 현상을 담석의 주성분인 빌리루빈(bilirubin)이 빌리버딘(biliverdin)으로 산화되고, 이 빌리버딘과조영제와의 화학적 반응에 의한 것으로 설명하였다(1-4). Schulte는 담석을 여러 가지 용매에 담그어 보관하였을 때, 용매가 스며들어 담석의 X선 투과성이 변화하는 것을 관찰하였다(7). 또한 담석용해제인 MTBE(methyl tertiary butyl ether)를 사용할 때 담석내로 용해제가 확산되는 물리적 공간의 필요성을 주장한 보고도 있다(8). 본 실험에서 관찰된 담석의 감쇠계수가 수용성 조영제에 의해 변화하는 것은 두 가지 기전에 의해 설명이 가능할 것으로 생각한다. 경구담낭조영제와 같은 화학적 변화, 즉 수용성 조영제와 담석간의 화학적 결합이나 담석의 물리적 특성에 의한 수용성 조영제의 단순한 확산 및 흡수이다. 저자들은 이러한 물리적 현상을 설명하기 위해 Schulte의 담석저장실험이나 MTBE에 의한 담석용해 원리에서도 주장되었던(7,8) 담석 내부의 공간이 필요하다고 생각하여, 이를 나타내는 다공성을 고안하였다.

본 실험에서 담석의 다공성이 감쇠계수의 변화에 가장 중요한 인자로 나타난 것은 물리적 확산 및 흡수에 의한 가설을 강력하게 뒷받침하는 결과이다. 실제로 X선 투시하 담석적출술시 보이지 않던 담석이 몇 일 뒤에 충만 결손으로 나타난 점도 물리적 인자가 관여한다는 것을 시사하는 현상이라 할 수 있다. 그러나, 화학적 반응을 직접적으로 분석할 수 없었던 것은 이



**Fig. 3.** Change of mean CT attenuation value in type 2 (n=12), flat pattern. Attenuation value is slowly and mildly increased for two hours.

연구의 제한점이라고 생각한다.

대부분의 연구에서, 콜레스테롤성 담석을 분류할 때 콜레스테롤 비율 80% 이상을 기준으로 삼고 있다(10, 11). 본 연구에 사용된 담석의 콜레스테롤 비율은 모두 25% 이하로 색소성 담석이었으며, 콜레스테롤 비율과 담석음영의 변화와는 큰 상관관계가 없었다. 색소성 담석만을 사용한 본 실험의 결과를 모든 종류의 담석에 적용할 수는 없으나, 우리 나라에서는 색소성 담석이 많으므로 다음과 같은 임상적 적용을 할 수 있을 것으로 본다. 즉, 50%의 담석이 수용성 조영제 속에서 감쇠계수가 높아지고, 특히 5분 이내에 현저히 증가하므로 예상보다 빠른 시간 내에 담석이 X선 투시하 X선 사진에서 보이지 않을 수 있다는 사실이다. 따라서, X-선 투시하 담석제거술이나 내시경적 역행적 담도폐관 조영술(ERCP)같은 담도 영상진단 방법에서 빠른 시간 내에 X선 사진을 얻어야 하며, 지연 영상은 정확한 정보를 얻는데 제한이 있을 수 있다.

Schulte등은 담석을 4주간 공기 또는 생리 식염수에 보관하였을 때, 감쇠계수는 처음과 통계학적으로 유의있는 차이를 보인다고 하였다(7). 본 연구에 사용된 담석 들은 4개월까지 암소의 공기 중에 보관되었고, 감쇠계수의 변화를 보기 위해서 대조군 실험으로 50분간 생리 식염수에 담그었던 점들은 본래의 감쇠계수에 다소 변화를 주었을 것이다. 그렇지만 수용성 조영제 속에서의 변화에 있어서 큰 영향을 주지는 않았을 것으로 본다. 농도가 높은 담석표면의 조영제의 영향을 방지하기 위해 CT촬영 직전에 1-2초간 생리 식염수로 세척하였고, 따라서 시험관 내의 담석은 조영제의 영향없이 CT를 시행할 수 있었으며, 담석 주위의 공기에 의해 3차원 재구성시 담석의 변연부를 뚜렷하게 구별 할 수 있었다.

여기에 사용된 수용성 조영제는 Ultravist® 370 (Iopromide 76.9mg/ml, 370mI I (Iodine)/ml, Schering AG, Berlin, Germany)를 30%부피의 농도로 사용하였으며 이는 보통 30-60%의 조영제를 사용하는 담도영상에서 조영제가 담도내에서 담즙에 의해 희석되는 농도를 고려한 것이며(9), 또한 실험 중 발생하는 CT의 beam hardening artifact를 없앨 수 있는 농도를 선택하였다.

결론적으로 일부 담석은 수용성 조영제 내에서 시간이 변화

함에 따라 담석의 X선 투과도가 감소하는데, 빠른 시간 내에 발생하며, 특히 내부에 작은 구멍이 많은 즉 다공성이 큰 담석일수록 잘 나타난다. 이런 실험 결과는 앞으로 담도 조영술이나 담석의 중재적 방사선 시술에 많은 도움을 주리라고 생각한다.

### 참 고 문 헌

1. Salzman E. The 4-day cholecystographic test. *Semin Roentgenol* 1976;11:171-173
2. Salzman E, Warden MR. Telepaque opacification of radiolucent biliary calculi. The "rim sign." *Radiology* 1958;71:85-89
3. Salzman E, Spurck RP, Kier LC, Watkins DH. Opacifying gallstones. *JAMA* 1959;169:334-338
4. Salzman E, Watkins DH. Opacification of bile duct calculi. *Radiol Clin North Am* 1966;4:525-533
5. Fishman EK, Jeffrey RB. *Spiral CT: principle, technique, and clinical applications*. New York: Raven press, 1995; 1-19
6. Heiken JP, Brank JA, Vannier MW. Spiral (helical) CT. *Radiology* 1994;189:647-656
7. Schulte SJ, Baron RL. The effect of storage on the computed tomography attenuation of gallstones *Invest Radiol* 1994;29:307-312
8. Baron RL, Kuyper SJ, Lee SP, Rohrmann CA, Schuman WP, Nelson JA. In vitro dissolution of gallstones with MTBE: correlation with characteristics at CT and MR imaging *Radiology* 1989;1173:117-121
9. Margulis AR, Burhenne HJ. *Alimentary tract radiology: liver and biliary tract*. Stamathis G. 4th ed. St. Louis: Mosby, 1989:1368
10. Brink JA, Kammer B, Mueller PR, Balfe DM, Prien EL, Ferrucci JT. Prediction of gallstone composition: synthesis of CT and radiographic features in vitro. *Radiology* 1994;190:69-75
11. Brakel K, Lameris JS, Nijs HGT, Terpstra OT, Steen G, Blijenberg BC. Predicting gallstone composition with CT: in vivo and in vitro analysis. *Radiology* 1990;174:337-341

J Korean Radiol Soc 1997;37:693-696

## Biliary Stones : Change of CT Attenuation in Water Soluble Contrast Media<sup>1</sup>

Jee Hee Baek, M.D., Hae Giu Lee, M.D., Seung Eun Jung, M.D., Seog Hee Park, M.D.,  
Myung Hee Chung, M.D., Jung Ik Yim, M.D., Kyung Sub Shinn, M.D.,  
Jong Man Won, M.D.<sup>2</sup>, Il Young Park, M.D.<sup>2</sup>, Nam Ik Han, M.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, The Catholic University of Korea

<sup>2</sup>Department of Surgery, The Catholic University of Korea

<sup>3</sup>Department of Internal Medicine, The Catholic University of Korea

**Purpose:** To investigate change of CT attenuation of biliary stones in water soluble contrast media with time as well as the factors contributing to this change

**Materials and Methods:** Thirty biliary stones were placed within cone-shaped plastic tubes, and as a control study, spiral CT scanning was performed 50 minutes after immersion in normal saline. The stones were rescanned at 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes after immersion in water soluble contrast media.

Mean CT attenuation value and volume of the stones were measured after three-dimensional reconstruction of images. Physical factors such as porosity  $[(\text{wet weight} - \text{dry weight}) / \text{wet weight}] \times 100$ , volume, and cholesterol as a chemical factor were measured.

**Results:** The pattern of change of CT attenuation was classified as one of three types. Fifteen stones (50%) were classified as type 1, in which attenuation increased with immersion time; in ten stones, this increase was rapid, particularly within the first 5 minutes. Twelve (40%) were classified as type 2, in which attenuation showed no significant change. Three stones showed no regular pattern, and these were classified as type 3.

The mean porosity of type 1 (median; 32.7, mean  $\pm$  SD;  $52.83 \pm 34.48$ ) was greater than that of type 2 (median; 6.7, mean  $\pm$  SD;  $30.58 \pm 48.25$ ) ( $p < .05$ ). The volume and cholesterol fraction of stones were not significantly different between type 1 and 2.

**Conclusion:** In some biliary stones, CT attenuation value increases in water-soluble contrast media with time, and porosity is the most important factor in attenuation change.

**Index Words:** Computed tomography (CT), contrast media  
Computed tomography (CT), experimental  
Bile ducts, calculi