

X-선 회절법에 의한 요로결석 분석*

개명대학교 의과대학 비뇨기과학교실

오 세 진 · 이 성 준

Abstract =

Analysis of Urinary Calculi by X-ray Diffraction Method

Se Jin Oh, MD; Sung Choon Lee, MD

Department of Urology, Keimyung University
School of Medicin, Taegu, Korea

Accurate analysis of urinary calculi is fundamental for study of the etiology of stone formation and essential for medical treatment of urinary stone and its prevention of recurrence. Among the various method of stone analysis, we used x-ray diffraction method that is almost absolute identification of crystalline. The following results were obtained.

In this study, 5 crystalline components of 30 urinary calculi were demonstrated: calcium oxalate monohydrate, calcium oxalate dihydrate, calcium oxalate trihydrate, uric acid and magnesium ammonium phosphate.

Mixed calculus (56.6%) is slight more than single calculus (43.3%).

Calcium oxalate monohydrate was the most common pure calculi, composing 9 (69.2%) of all pure calculi and mixed calcium oxalate monohydrate+calcium oxalate dihydrate was the most common mixed calculi consisting 10 (58.8%) of all mixed calculi.

The most common type of calculi is calcium oxalate monohydrate+calcium oxalate dihydrate (33.3%).

Among the all urinary components analyzed in this studies, calcium oxalate monohydrate was the most common constituent, composing 86.6% of the total and calcium oxalate dihydrate was the second common constituent, composing 56.6%.

서 론

요로결석은 가장 흔한 비뇨기과 질환으로 많은 연구에도 불구하고 발생기전에 대해 확실히 밝혀져 있지 않으며 치료에 있어서는 체외충격파해석술등의 개발로 획기적인 발전을 보였으나 내과적치료 및 재발을 다는 예방적 측면에서는 확실한 정설이 없

는 실정이다. 결석의 성분분석은 결석환자의 내과적치료 및 예방적 치료지침을 세우는데 필수적이며 그 방법으로는 화학적 분석방법, 적외선분광법, X-선회절법, 열분석법, 주사전자 현미경에 의한 검사법¹⁾ 등으로 분류할 수 있으며 이들 분석법중에서 X-선 회절법은 결정체의 성분과 혼합된 결정체로부터 성분을 거의 완벽하게 분석 구분할 수 있는 장점을 가지고 있다^{2,3)}고 한다. 그러나 고가의 장비를

*이 논문은 오세진의 석사학위 논문임.

사용해야 하므로 실제 요로결석의 분석에 잘 이용하지 못하고 있는 실정이다.

이 연구는 요로결석 환자에서 결석을 X-선회절법으로 분석해 보았으며, 아울러 요로결석 환자의 임상판찰과 결석성분과의 관계를 비교하여 볼 것이다.

재료 및 방법

1. 재료

1986년 1월부터 1987년 8월까지 포항선린병원 비뇨기과에 요로결석으로 입원한 환자 110명 중 수술이나 기계적 조작으로 제거하였거나 자연배출된 결석 중 분석이 가능한 30례를 대상으로 성분분석하였다. X-선회절법으로 분석한 요로결석의 연령별, 성별, 부위별 분포는 표 1, 2와 같다.

Table 1. Age distribution

Age	No. of Patients	%
10-19	3	10
20-29	12	40
30-39	7	23.3
40-49	5	16.6
50-59	2	6.6
70-79	1	3.3
Total	30	100

Table 2. Sites of urinary calculi and sex distribution

	Kidney	Ureter	Bladder	Total
Male	4	18	3	25
Female	0	5	0	5
Total	4	23	3	30

2. 방법

요로결석을 완전히 건조시킨 후 조제용 분말기를 사용하여 각각의 결석을 미세한 분말로 만든 후 X-선회절기에서 회절시켜 여기에서 나타난 성분에 따른 특유한 회절양상을 JCPDS file이 입력된 컴퓨터에 의해 자동적으로 분석하여 그 성분을 결정하였다. 결석성분분석에 사용된 X-선회절기의 scanning condition은 표 3과 같다.

Table 3. Scanning condition of X-ray diffractometer

Maker; Rigaku Co. (JAPAN)
Model; "Geigerflex" New D/MAX III B
Target; Cu
Slit; DS1°, RS: 0.15, SS: 1°
Voltage; 30KV
Current; 15mA
Start angle; 10°
Stop angle; 50°
Scale range; 3K, 5K, 10K
Scanning speed; 4°/min
Detector; Scintillation counter

결과

1. 요로결석의 성분별 X-선회절의 특징

X-선회절법을 이용하여 요로결석을 분석하였던 바 그 성분은 5가지가 발견되었으며 그 특징은 다음과 같다.

1) 제 1 수산칼슘(calcium oxalate monohydrate)
이 성분은 5.95, 3.65, 2.96, 2.83, 2.49, 2.36, 2.25d(A°) 등에서 강한 회절을 보였다(도 1). 이 실험에서 단일성분의 제 1 수산칼슘은 9례(30.0%)였고 다른 성분과의 혼합결석이 17례(56.6%)였다(표 4).

2) 요산(uric acid)

이 성분은 6.59, 5.65, 4.94, 3.69, 3.28, 3.19, 3.11, 2.68d(A°) 등에서 강한 회절을 보였다(도 2). 이 실험에서 단일성분의 요산석은 2례(6.6%)였고 다른 성분과의 혼합결석은 없었다(표 4).

3) 인산마그네슘암모늄(magnesium ammonium phosphate)

이 성분은 5.62, 4.26, 4.18, 3.29, 2.92, 2.60, 2.69d(A°) 등에서 강한 회절을 보였다(도 3). 이 실험에서 단일성분의 인산마그네슘암모늄석은 2례(6.6%)였고 다른 결석과의 혼합결석은 없었다(표 4).

4) 제 1 수산칼슘+제 2 수산칼슘

이 성분은 5.95, 3.66, 3.65, 2.97, 1.98d(A°) 등에서 강한 회절을 보였다(도 4). 이 실험에서 10례(33.3%)였다(표 4).

5) 제 1 수산칼슘+제 2 수산칼슘+제 3 수산칼슘

이 성분은 5.94, 4.43, 3.66, 3.64, 2.96, 2.40, 1.97d(A°) 등에서 강한 회절을 보였다(도 5). 이

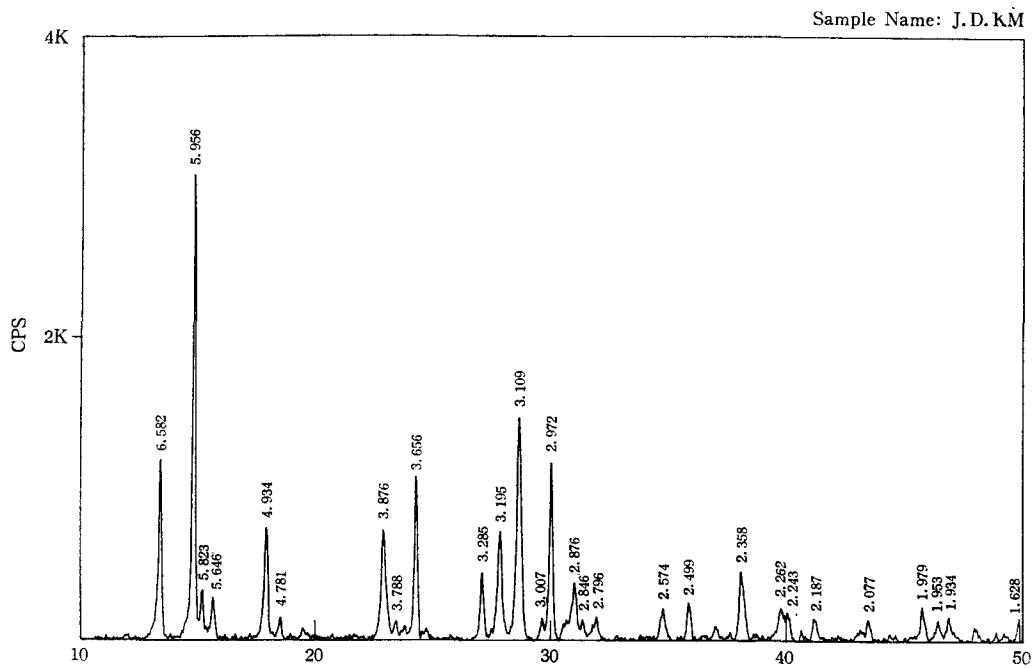


Fig 1. X-ray diffraction pattern of calcium oxalate monohydrate.

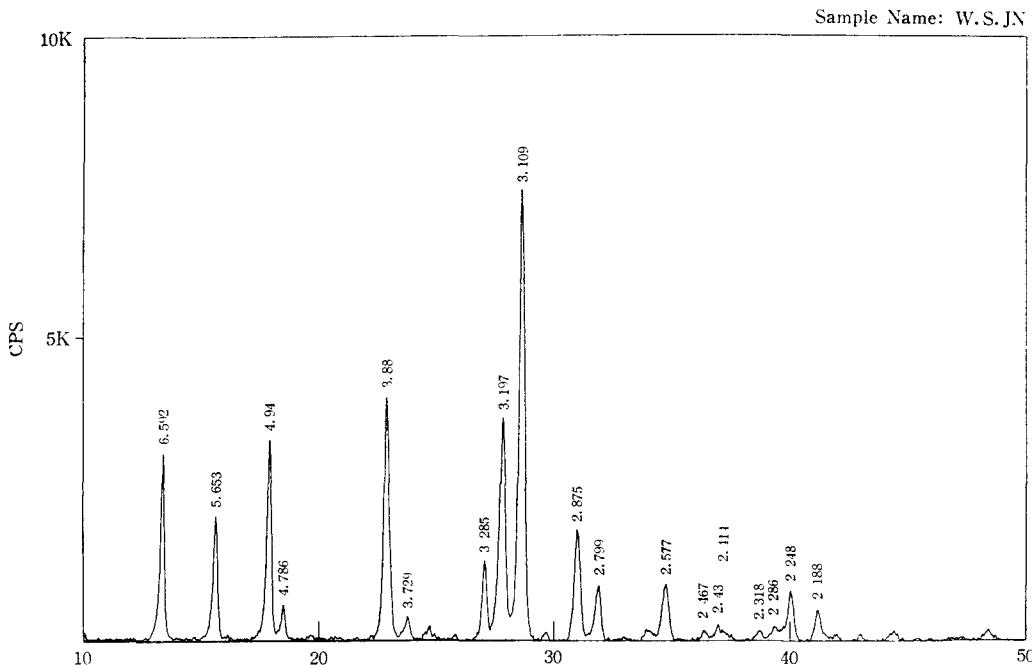


Fig 2. X-ray diffraction pattern of uric acid.

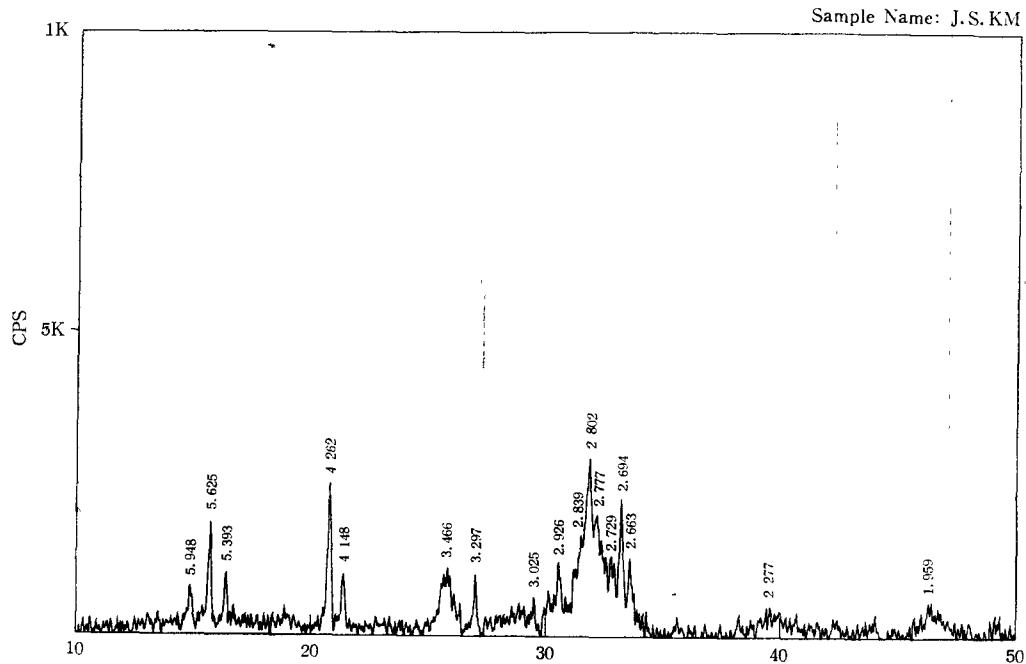


Fig 3. X-ray diffraction pattern of magnesium ammonium phosphate.

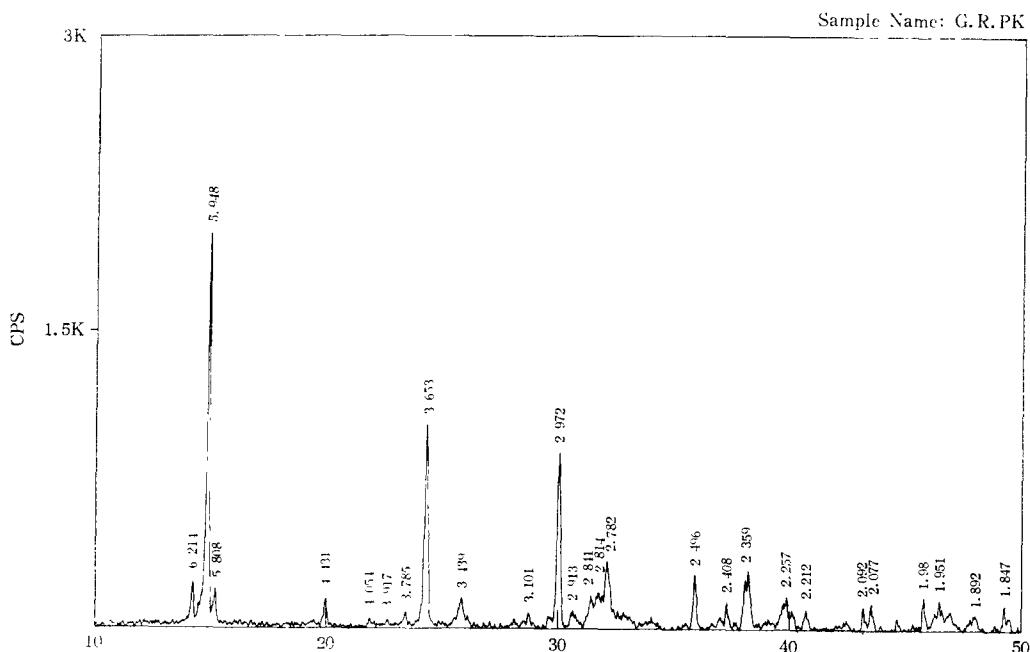


Fig 4. X-ray diffraction pattern of calcium oxalate monohydrate+calcium oxalate dihydrate.

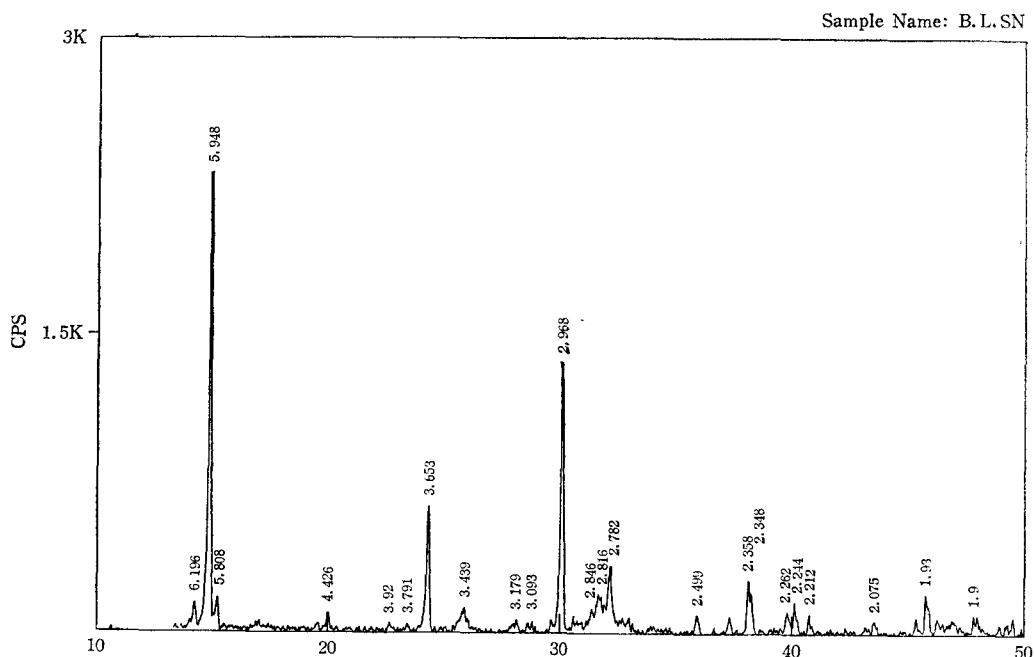


Fig 5. X-ray diffraction pattern of calcium oxalate monohydrate+calcium oxalate dihydrate+calcium oxalate trihydrate.

실험에서는 7례(23.3%)였다(표 4).

Table 4. Analytical results of 30 urinary calculi

Component	No. of Patient	%
Single Component Stone	13	43.3
COM	9(69.2)	30.0
U	2	5.6
S	2	6.6
Mixed Component Stone	17	56.6
COM+COD	10(58.8)	33.3
COM+COD+COT	7	23.3
Total	30	100

COM: Calcium oxalate monohydrate
(Whewellite)

COD: Calcium oxalate dihydrate(Weddellite)

COT: Calcium oxalate trihydrate

U: Uric acid

S: Magnesium ammonium phosphate
(Struvite)

2. 요로결석의 성분분포

분석된 총 30례의 결석중에서 단일성분으로 구성된 결석은 17례(56.6%)였다. 단일성분의 결석중에서 제 1수산칼슘이 9례(30.0%)로 가장 많았고 혼

합성분의 결석중에서는 제 1수산칼슘과 제 2수산칼슘의 혼합결석이 10례(33.3%)로 가장 많았다(표 4).

전체 결석에 대한 각 성분의 함유율을 보면 제 1수산칼슘이 86.6% 제 2수산칼슘이 56.6%의 순으로 수산칼슘성분이 거의 대부분을 차지하였다(표 5).

Table 5. Components of 30 urinary calculi

Components	No. of Patient	%
COM	26	86.6
COD	17	56.6
COT	7	23.3
U	2	6.6
S	2	6.6

3. 장기별 성분분포

30례의 결석중에서 신결석이 4례, 오관결석이 23례, 방광결석이 3례를 차지하였다. 4례의 신결석 중 제 1수산칼슘이 1례, 제 1수산칼슘과 제 2수산칼슘의 혼합결석이 2례, 인산마그네슘암모늄석이 1례였다. 23례의 오관결석 중에서 제 1수산칼슘석이 7례 제 1수산칼슘과 제 2수산칼슘의 혼합결석이 10례, 제 1수산칼슘과 제 2수산칼슘과 제 3수산칼슘과의 혼합결석이 4례, 오산석이 2례였다. 3례의 방광결

Table 6. Contents of urinary calculi in different site

Components Site	COM	COM+COD	COM+COD+COT	U	S	Total
Kidney	1	0	2	0	1	4
Ureter	7	10	4	2	0	23
Bladder	1	0	1	0	1	3
Total	9	10	7	2	2	30

석 중에서 제 1수산칼슘석이 1례, 제 1수산칼슘과 제 2수산칼슘과 제 3수산칼슘의 혼합결석이 1례, 인산마그네슘암모늄석이 1례였다(표 6).

고 츠

결석의 성분분석 방법으로는 화학적 분석방법, 열분석법, 주사전미경에 의한 검사법, 적외선분광법, X-선회절법 등이 알려져 있으며¹⁾ 이 중에서 화학적 분석방법이 으래전부터 널리 이용되어 왔으나 Prien 및 Frondel⁴⁾에 의하면 결석내의 복잡한 혼합성분의 분석이 화학적 분석만으로 해결할 수 없고, 크기가 작은 결석은 완전한 분석이 불가능하다고 하였다. 한편 Tsay⁵⁾에 의하면 적외선 분광법의 단점은 제 1수산칼슘과 제 2수산칼슘을 구별하지 못하는데 있다고 하였다. Roth 및 Finlayson⁶⁾에 의하면 X-선회절법은 결정체나 결정체의 혼합물을 거의 완벽하게 구별하나 적외선분광법에서 구별이 가능한 비결정체의 물질이나 극소량의 결석에 힘유된 성분은 잘 구별할 수 없는 단점을 가지고 있다고 한다.

수산칼슘석에서 제 1수산칼슘석은 5.95, 3.65, 2.96, 2.83, 2.49, 2.36d(A°)에서 강한 회절을 보이고 제 2수산칼슘석은 6.23, 4.45, 2.78, 2.24, 1.83d(A°)에서 강한 회절을 보인다. Prien 및 Prien⁷⁾와 Herring⁸⁾에 의하면 제 1수산칼슘이 열에 안정하여 수산칼슘석의 주요 구성성분으로 생각된다고 하였고 높은 농도의 수산이온의 존재하에서만 일시적으로 제 2수산칼슘석이 생성된다고 하며 이미 생긴 제 2수산칼슘도 시간이 지남에 따라 제 1수산칼슘으로 변한다고 하였으며 제 2수산칼슘은 열에 안정한 제 1수산칼슘으로 되는 중간생성물이며 제 2수산칼슘에서 제 1수산칼슘으로 변화하는데는 제 2수산칼슘의 specific surface reactoin에 의한다고 하였다.

Roth 및 Finlayson⁶⁾, 박⁹⁾, 김 및 김¹⁰⁾ 그리고 김 및 채¹¹⁾들은 제 1수산칼슘이 제 2수산칼슘보다

흔하다고 보고하였는데 저자의 경우는 제 1수산칼슘의 단일결석이 9례(30.0%)로 많았고 제 2수산칼슘의 단일결석은 없었다. 제 1수산칼슘과 동반되는 성분을 보면 박⁹⁾은 제 2수산칼슘이 가장 흔한 혼합성분이라고 하였으며 이 연구의 결과에서도 제 1수산칼슘과의 혼합결석이 17례 중 제 2수산칼슘이 10례(58.8%)로 가장 많았다.

그리고 인산마그네슘암모늄석은 5.62, 4.26, 4.18, 3.29, 2.92, 2.60, 2.69d(A°) 등에서 강한 회절을 보였고 이 실험에 제공한 결석중에서는 혼합결석은 없었으며 단일결석만 2례(6.6%)였다. Prien 및 Frondel⁴⁾의 성적에 의하면 순수한 인산마그네슘암모늄석이 0.3%였고 인산칼슘과의 혼합결석이 15%라고 보고하였고 박⁹⁾은 순수한 인산마그네슘 암모늄석은 없었으며 인산칼슘과의 혼합결석이 3.1%였다고 보고하였다.

오산결석은 6.59, 5.65, 4.94, 3.68, 3.28, 3.19d(A°) 등에서 강한 회절을 보였고 본 검사상 혼합결석은 없었으며 단일결석이 2례였으며 이는 Prien 및 Frondel⁴⁾의 5.0%, Prien 및 Prien⁷⁾의 4.7%, Herring⁸⁾, 3.5%와 비슷하였다.

시스틴석은 이 실험에서는 발견할 수 없었고 Herring⁸⁾은 순수한 시스틴석이 0.65%였으며 0.24%에서 혼합결석이었는데 혼합성분은 주로 인산칼슘이라고 하였으며 Prien 및 Frondel⁴⁾은 대부분 단일성분(3.0%)이었으며 소량의 인산칼슘과의 혼합결석이 1.1%라고 하였다.

시료의 수가 적어 결론을 내리는데 어려움이 있으나 X-선회절법은 요석을 정확히 분석할 수 있어 요로결석환자의 원인적 연구 및 재발을 막는 예방적 치료에 유효한 수단이라 간주된다.

요 약

총 30례의 요로결석을 X-선회절법으로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

이 연구에서 발견된 성분은 5가지였다. 즉 제 1수

산칼슘, 제2수산칼슘, 제3수산칼슘, 요산 그리고 인산마그네슘암모늄였다. 그리고 혼합성분의 결석이 17례(56.6%)로 단일성분의 결석 13례(43.3%)보다 약간 더 많았다.

제1수산칼슘이 9례(69.2%)로 단일성분 결석 중 제일 많았고 혼합성분의 결석 중에는 제1수산칼슘과 제2수산칼슘이 혼합결석이 10례(58.8%)로 가장 많았다. 그리고 가장 혼한 결석은 제1수산칼슘과 제2수산칼슘이 혼합결석이었다(33.3%). 제1수산칼슘과 제2수산칼슘이 혼합결석이 요로부위별 중 요관에서 23례(76%)로 거의 대부분을 차지했다.

전체 결석에 대한 각 성분의 함유율을 보면 제1수산칼슘이 86.6%, 제2수산칼슘이 56.6%의 순으로 수산칼슘성분이 거의 대부분을 차지하였다.

참 고 문 헌

- Walsh PC, Gittes RF, Permutter AD, Stamey TA: *Campbell's Urology*, ed 5. Philadelphia, WB Saunders Co, 1986, pp 1126--1128.
- Stutor PJ, Wooley SE: Composition of urinary calculi by X-ray diffraction. Collected data from various localities. Parts I--II. *Br J Urol* 1974; 43: 268--272.
- Lonesdale K, Sutor J, Wooley SE: Composition of urinary calculi by X-ray diffraction. Collected data from various localities. Part III. *Br J Urol* 1968; 40: 33--36.
- Prien EL, Frondel C: Studies in urolithiasis: I. The composition of urinary calculi. *J Urol* 1947; 57: 949.
- Tsay YC: Application of infrared spectroscopy to analysis of urinary calculi. *J Urol* 1961; 86: 838--854.
- Roth RA, Finlayson B: *Stone: Clinical Management of Urolithiasis*. 1983, pp 8--20.
- Prien EL, Prien EL Jr: Composition and structure of urinary stone. *Am J Med* 1968; 45: 654--672.
- Herring LC: Observation on the analysis of ten thousand urinary calculi. *J Urol* 1962; 88: 545--562.
- 박용일 X-선 회절법에 의한 요로결석 분석. 대한비뇨기학회지 1983; 28: 189--194.
- 김철성, 김춘곤 : X-선 회절법을 이용한 요로결석 분석. 대한비뇨기학회지 1987, 28: 233--245.
- 김준호, 채수옹 : 적외선 분광분석법에 의한 요로결석 분석. 대한비뇨기학회지 1983; 24: 380--386.