

## 소아 환자의 결석 치료 - 보존적 치료와 체외충격파쇄석술을 중심으로



강 정 윤  
을지의대 을지병원

### AT A GLANCE

소아 요로결석은 신생아 시기를 비롯하여 전 연령대에서 생길 수 있고, 치료뿐 아니라 대사이상 검사를 통한 재발 예방도 중요하다. 보존적 치료와 체외충격파쇄석술을 비롯하여 술기와 기구의 발달로 다양한 내시경 수술에서 로봇 보조 복강경 수술까지 환자에게 가장 적합한 수술을 선택하는 것이 필요하다.

### | 서론

요로결석은 소아의 전 연령대에서 생길 수 있고 심지어 신생아에도 발견된다. 소아 요로결석은 경제적으로 낙후된 나라에서 많이 발생하지만, 서구에서도 청소년기의 나트륨과 탄수화물의 섭취증가와 연관되어 결석의 발생이 증가함이 보고되고 있다. 미국에서 응급실 내원 환아를 대상으로 한 1999~2008년의 자료를 분석한 연구에서 신 산통(renal colic)으로 내원한 소아 결석 환자가 10년 전과 비교하여 78%(95% 신뢰구간 31-224%,  $p < 0.003$ ) 상승하였다고 하였다. 2008년 중국에서 멜라민(melamine)을 첨가한 분유나 이유식을 먹은 영아에서 결석이 대규모로 발생하였는데, 당국의 발표에 의하면 6명의 영아가 사망하고 54,000여 명의 영유아가 결석으로 입원치료를 받았고 30만 명이상이 피해를 입어 전 세계적으로 큰 반향을 불러일으켰다.

상염색체 열성 유전인 시스틴뇨증(cystinuria)에서 발생하는 시스틴석 뿐 아니라 신결석 및 신석회화(nephrocalcinosis)에서도 30 여종의 유전자 변이가 발견되어 결석 환자의 유전자 연구도 활발히 진행되고 있다.

1980년대 체외충격파쇄석술의 도입으로 소아 결석 치료에도 큰 방향 전환이 되었고, 현재도 체외충격파쇄석술은 소아 상부 요관결석이나 신장결석의 치료에 중요한 역할을 한다. 수술 기구의 소형화 및 영상 시스템의 발전으로 소아 결석의 내시경수술 치료가 활성화되고 있다. 이 같은 내비뇨의학적(endourological) 치료시 향후 신장 성장에의 영향, 방사능 노출 문제, 재치료 가능성의 최소화 등에 초점을 맞춰야 하고 특히 잔석이 남지 않도록 수술법을 선택하는 술자의 경험과 숙련도가 중요하다. 이번 칼럼에서는 결석의 치료 중 보존적 치료와 결석예방, 체외충격파쇄석술을 중심으로 살펴보겠다.

### | 본론

소아에서는 결석의 발생 당시의 연령대가 중요한데 영아기, 유아기 혹은 청소년기에 따라 주요 증상뿐 아니라 검사방법과 치료법에도 차이가 있다. 결석의 치료법에는 보존적 치료, 체외충격파쇄석술, 요관경하 배석술, 경피적 신절석술, 개복수술, 복강경 혹은 로봇 보조복강경 수술 등 여러 가지가 있다.

- 보존적 (conservative) 치료

1. 자연배출유도

감염과 폐색을 동반하든지 결석으로 인해 환아의 전신 상태가 나쁜 경우가 아니면 보존적 치료를 우선적으로 시도할 수 있다. 일반적으로 소아에서는 3mm 미만의 신장결석은 자연 배출될 가능성이 높다. 먼저 충분한 수액 공급과 진통제투여로 통증을 조절해야 한다.

약물배출요법(medical expulsion therapy; MET)으로 많이 사용되는 알파차단제는 성인에서와 달리 연구가 많지 않다. Aydogdu 등의 터키지역 연구에서 독사조신을 매일 투여한 군(19명)이 진통제만 투여한 군(20명)과 비교하여 요관결석의 배출에 차이가 없었다. Tasian 등의 다기관 후향적 코호트 연구에서 탐솔로신 복용군(99명)이 진통제 투여군(99명) 보다 결석배출률이 더 높았고, 위치와 크기를 보정한 다변량 분석에서 탐솔로신 투여와 결석의 자연배출은 연관성이 있었다(OR 3.31, 95% CI 1.49-7.34). 그러나 아직 소아환자에서 알파차단제의 결석배출에 대해 잘 디자인된 전향적 무작위 대조군 연구는 없다.

무뇨증과 전신 허약(lethargy)으로 내원한 1세 환아의 양측 요관 결석을 양측 신루설치술과 중탄산나트륨 주사로 소변을 알칼리화시켜 결석을 완전 용해시킨 국내 보고도 있기에, 소아에서 보존적 치료는 환자에 상태에 따라 다양하게 선택될 수 있을 것이다.

2. 대상이상

결석 환아는 대사이상의 동반 빈도가 높고 그로 인한 재발이 많기에 혈액과 소변검사로 대사이상을 확인하는 것이 필요하다. 환아에서 얻은 결석을 성분분석하여 재발방지를 위한 치료방침의 기본자료로 사용한다. 외국의 데이터에 따르면 75~80%에서 결석의 주성분이 칼슘 수산석이었고 10~20%가 감염석(struvite), 순수 요산석은 5%였고 칼슘 인산석이 성인보다 높아 9% 였다.

혈액검사로 전해질 5종(칼슘, 인산, 칼륨, 나트륨, 염

소)과 중탄산염, 요산, 크레아티닌 등을 확인한다. 소변검사로 산도(pH), 비중(specific gravity)을 확인하고 24시간 소변검사로 칼슘, 수산, 요산, 구연산 등 여러 가지 용질의 배출량을 측정하여 대사이상 여부를 평가한다. 24시간 크레아티닌 배출량으로 소변을 빠짐없이 잘 모았는지 확인하는데 정상범위는 15~25 mg/kg/24 hours 이다. 24시간 소변검사서 소아의 정상범위에 대한 표준치가 확립되진 않았지만, 소아와 성인의 정상치는 차이가 있다는 보고가 많다. 배뇨훈련이 끝나지 않은 영아에서는 24시간 소변을 모으는 것이 쉽지 않아 1회 배뇨의 소변검사로 칼슘과 크레아티닌의 비(ratio)를 계산하여 고칼슘뇨증의 평가에 흔히 사용한다. 칼슘/크레아티닌 비는 어린 영아에서는 0.5 이상으로 높지만, 점차 감소하여 6세 이상에서는 성인과 같은 0.21 이하를 정상범위로 본다.

일반적으로 받아들여지는 소아에서 소변의 대사산물의 정상범위는 표 1과 같다.

표 1. 소변으로 배설되는 용질의 소아 정상범위

용질 종류			배설율
칼슘			<4mg/kg/24h
	Ca/Cr 비율	1-7 개월	0.80
		8-18 개월	0.55
		19개월-6세	0.35
		>6세 이상	0.21
수산			<40mg/1.73m2/24h
		<1세	<0.21mg/mg creatinine
		1-12세	<0.12mg/mg creatinine
		>12세	<0.07mg/mg creatinine
요산			<815mg/1.73m2/24h
시스틴			<75mg/g creatinine
구연산	여자		>300mg/g creatinine(여자)
	남자		>125mg/g creatinine(남자)
마그네슘			>88mg/1.73m2/24h
Ccr			>80ml/min/1.73m2

Ccr; creatinine clearance

### 3. 재발의 예방

식이요법도 결석의 재발을 감소시키는 데 중요하고 보호자들에게 자주 질문을 받게 된다. 최근의 코크란 리뷰에서 성인 재발성 결석에 대한 식이요법은 칼슘은 정상섭취, 단백질과 소금은 적게 섭취하는 것이 중요하다고 하였는데, 소아에서는 아직 잘 디자인된 연구는 없다. 대규모 임상연구에서 칼슘을 제한하는 경우보다 정상적으로 칼슘이 풍부한 음식을 먹은 경우가 결석의 위험도를 떨어뜨렸는데, 이는 칼슘과 수산이 위장관에서 결합됨으로 체내에 흡수되는 생물학적 이용 가능한(bioavailable) 수산의 농도가 저하 되는 것과 연관될 것으로 보고 있다. 수산의 섭취 감소가 결석의 재발을 예방하는 증거는 성인에서도 미약하기에, 소아에서의 수산 섭취는 특별하게 제한하지 않는다. 소아에서는 성장발달에 대한 영향으로 단백질 섭취는 하루 허용량의 100%를 섭취하도록 하며, 소금은 소아기는 2 ~ 3 mEq/kg, 청소년과 성인에서는 하루 2.4 gm 이하를 권장한다. 수분섭취는 매우 중요한데 소변량이 줄면 소변에서 용질의 과포화(supersaturation)를 초래하여 결석의 형성을 촉진한다. 그래서 하루 소변량이 학동기 아동을 기준으로 최소한 하루 20ml/

표 2. 요로결석의 약물 용법 및 용량

	용량 및 용법
Chlorothiazide	<6 개월: 10-40 mg/kg/day 1-2회 분복
	6-12 세: 10-20 mg/kg/day 2회 분복
	>12 세: 500-2,000 mg/day in 1-2회 분복
Hydrochlorothiazide	<6 개월: 3.3 mg/kg/day 2회 분복
	6-12 세: 2-2.2 mg/kg/day 2회 분복
	>12 세: 25-100 mg/day 1-2 회 분복
소변의 알칼리화	소아: 2-3 mEq HCO <sub>3</sub> /kg/day 3-4회 분복 청소년: 30-60 mEq HCO <sub>3</sub> 3-4회/1일
	HCO <sub>3</sub> 함유양
	Potassium citrate: 2 mEq HCO <sub>3</sub> /mL
	Sodium citrate/citric acid: 1 mEq HCO <sub>3</sub> /mL
	Baking soda: 1 tsp = 42 mEq HCO <sub>3</sub>
	Sodium bicarbonate IV solution: 8.4%=1 mEq HCO <sub>3</sub> /mL (경구투여)

kg 이상 되도록 충분한 수분섭취를 권장한다. 당이 함유된 음료도 결석의 위험인자로 여겨지기에 청소년기의 음료 섭취에 대한 카운셀링이 필요하다. 대사 이상에서 흔히 사용되는 약물에 대하여 표2에 정리하였다.

#### - 체외충격파쇄석술(shock wave lithotripsy; SWL)

1986년 소아에서의 성공적인 보고 이후, 체외충격파쇄석술은 결석 치료에 널리 사용되고 있다. 상부요로 결석의 일차치료에서 효과는 68~84%로 보고되는데 감염이나 심한 수신증, 조절되지 않는 통증 같은 합병증이 동반되지 않는 15mm 이하의 신장이나 상부요관 결석에서 우선적으로 고려된다. 쇄석술 후 합병증의 빈도는 낮지만, 혈뇨나 시술 부위의 멍부터 패혈증까지 다양하게 나타날 수 있다. 요로 재건술을 받았거나 요로기형이 있는 경우는 결석 제거율이 낮기에 내시경적 수술을 선택하는 것이 권장된다.

10mm 이하의 결석은 90% 이상의 높은 성공률을 보이고 있지만 크기가 클 경우는 여러 번 반복하여 치료해야 하고 시술 후 부서진 결석에 의한 요로폐색의 가능성에 대하여 사전에 충분한 설명이 필요하다. 녹각석은 소아에서 흔하지 않지만, 성인과 달리 체외충격파쇄석술 단독요법으로 만족한 성공률이 보고되기도 하는데 이는 소아에서 결석 자체가 쉽게 부서지는 경향이 있고, 요관이 상대적으로 유순도가 높으며, 소아는 몸이 작아 충격파 전달이 잘되고, 성인에 비해 결석의 용적이 작은 것 등이 연관될 것으로 생각한다.

성인에서와 마찬가지로 누두(infundibulum)의 길이, 45도 이상의 누두 신우각, 결석의 용적, 컴퓨터단층촬영의 결석 감쇄(attenuation)값 등이 체외충격파쇄석술의 성공률에 영향을 주는 인자로 알려져 있다.

국내에 보고된 소아의 체외충격파쇄석술 결과는 표3과 같다.

#### 1. 시술 방법

환아의 움직임으로 충격파의 초점이 변할 수 있기에 대개 전신마취나 진정(sedation)하에 시행하지만, 성인과 같이 진통제 주사 후 시술이 가능한 경우도 흔하다.

표 3. 소아결석에서 체외충격파 쇄석술 국내 보고들

연구자	연구 센터	발표 년도	환아수	나이(Yr)	성공 정의	치료후 성공률(%)				석로 합병증(%)
						SWL 횟수			3개월후	
						1	2	3		
문 등	중앙대병원	1989	11	2-16	NR	36.4	63.6	81.8	NR	0
이 등	부산백병원	1994	17	0.6-16	NR	66.7	NR	85.7	87.5	0
정 등	조선대병원	1995	28	2-17	NR	92.9*	-	-	NR	3.6
안 등	중앙대병원	1997	43	2-18	SF	37.2	NR	72.1	95.3	9.3
조 등	원광대병원	2002	57	<18	SF	NR	NR	NR	94.4	0
김 등	다기관	2010	30	0-6	<5mm	NR	NR	NR	67.6	6.7
정 등	삼성병원	2013	64	0.5-16	<3mm	70.3	NR	84.4	90.6	3.1
지 등	동아대병원	2013	55	<18	<3mm	NR	NR	NR	90.9	3.6

Yr, years; NR, not reported; SF, stone free. SWL, extracorporeal shock wave lithotripsy

\* 횟수에 따른 성공률 자료 없음

시술 중 방사선 노출을 최소화하며, 폐 부위나 고환은 가능한 경우 방사선 차폐를 한다. 장 청소(bowel preparation)는 탈수나 전해질 불균형 등을 초래할 수 있기에 피하는 것이 좋다. 충격파 횟수와 강도는 기계마다 다르지만, 한번의 시술에서 3000회 이하(어린 영아에서는 2000회)를 하고, 성인에서와 같이 낮은 강도부터 시작하여 서서히 올리지만, 성인보다 낮은 최대강도가 권장된다.

## 2. 제한점 및 고려사항

소아에서는 쇄석 후에 임상적으로 의미가 있는 잔석(residual fragment)의 크기 기준이 아직 없기에 무결석 상태(stone-free state)에 대한 명확한 정의도 없다. Afsar 등은 5mm 이하의 잔석이 남은 경우에 69%에서 잔석의 크기 증가와 임상적 증상이 나타났다고 하였다. 소아는 대사이상이 흔하고 대사이상이 있는 경우에 잔석의 크기가 증가하므로 소아 결석의 치료에서 잔석이 남지 않도록 모든 노력을 기울이는 것이 필요하다.

성인에서 충격파의 세기가 높아질수록 신장 모세혈관의 수축을 유발하여 세뇨관에 손상을 준다는 연구결과들이 있기에, 소아에서도 쇄석술을 여러 번 하는 경우에 신장의 영향에 대한 우려가 생길 수 있다. 사구체 여과율과 DMSA 핵의학검사로 추적관찰 했을 때, 체외충격파쇄석술 후에 신장의 형태와 기능에 영향이 없음이 보고되었지만, 장기간의 연구는 아직 없기에 결론을 내리기는 부족하다.

## - 수술적 치료

기술의 발전과 기구의 소형화로 현재는 소아 결석 치료에 모든 내비뇨의학적 장비(endourological armamentarium)를 사용할 수 있다. 크기, 위치, 성상 등 결석의 상태, 수신증, 선천성 신장기형 등 해부학적 상태, 환아의 현재 임상 상태 등이 치료방법을 결정할 때 중요한 고려사항으로, 최소한의 치료 횟수와 최소한의 합병증으로 최대한 결석을 제거하는 것이 주목표가 된다.

### 1. 요관경하 배석술

요관경 기구의 소형화와 화질 개선과 홀몸 레이저의 도입으로 소아에서 요로계의 전장에 걸쳐 효과적이고 안전하게 결석을 제거할 수 있게 되었다. 소아에서 요관경 시술은 요관확장으로 인한 방광 요관 역류나 요관협착의 합병증이 발생할 수 있지만, 4.5F ~ 6F 크기의 작은 반경성 요관경의 도입으로 요관구 확장 없이 대부분의 하부요로결석을 성공적으로 해결할 수 있다. 상부 요관결석에서도 좋은 결과들이 보고되고 있는데, 국내에서도 10개월 여아에서 22mm의 큰 상부결석을 6/7.5F 반경성 요관경으로 성공적으로 치료한 예가 있다. 최소침습수술이 발전하였지만, 합병증도 항상 염두에 두어야 한다. 1996년~2006년 보고된 논문의 요관경 수술 2,994례를 분석한 체계적 고찰에서 Clavien grade 4,5 같은 위중한 것은 없었지만, 합병증 빈도는 11.1%였다. (Clavien grade I: 69%, II/III: 31%) 요관이 작아 요관경이 들어가지 않을 때는 요관 부목을

4~6주 유치한 후 수술을 해야 하는 것도 술전 고려사항이다.

## 2. 경피적 신결석술 (percutaneous nephrolithotomy; PCNL)

기구와 술기의 발전으로 경피적 신결석술은 성인에서와 마찬가지로 소아 요석에서 단독요법 혹은 체외충격파쇄석술과의 샌드위치 요법으로 사용되고 있다. 경피적 신결석술은 1.5cm 이상의 큰 결석, 1cm 이상의 하신배결석, 시스틴석이나 감염석 등에 적용되고 있다. 일반적인 경피적 신결석술의 신루(tract)는 성인과 같은 24~30F 크기로 확장해야 하기에 출혈과 같은 합병증이 발생할 수 있다. 이에 분리제거형집 (peel-away sheath)을 이용한 'mini-perc' 방법이 개발되었고, 이후 ultra-mini PCNL, micro PCNL 등 신루의 크기를 줄인 술기들이 시도되고 있다.

소아에서의 경피적 신결석술의 고려사항은 다음과 같다. 신석회화(nephrocalcinosis)가 녹각석과 혼동되는 경우가 있기에 주의해야 한다. 술전에 경피적 신결석술의 합병증과 수혈이나 혈관 색전술 같은 추가적인 치료 가능성에 대한 설명이 필요하다. 척추이분증을 비롯한 측만증이나 후만증의 기형이 있을 때는 관절이나 몸통의 기동성(mobility)을 미리 확인하여 수술 자세를 잡을 때 주의해야 하며 기흉과 같은 주위 장기의 손상 가능성이 더 높은 것을 숙지해야 한다.

## 3. 역행성 신장내 수술 (Retrograde IntraRenal Surgery; RIRS)

능동적(actively)으로 구부러지는 굴곡형 요관경을 이용한 신장 및 상부 요관결석의 치료로 성인에서 최근 많이 시행되지만, 소아에서는 아직 제한점이 많다.

어린 소아는 요관의 내경이 좁아 풍선확장을 하던지 요관 부목을 2~4주전에 미리 유치하여 수동적 (passive) 확장을 한 후 수술을 해야 하는 경우가 흔하다. 그리고 9/11Fr의 요관 접근집(ureteric access sheath)를 사용해야 함으로 인해 수술 후 요관부목을 유치하기에 소아에서는 두 세 번의 마취가 필요하게 된다. 두 명의

술자가 동시에 굴곡형 요관경을 이용한 RIRS와 경피적 신쇄석술을 실시하는 ECIRS(endoscopic combined intrarenal surgery) 수술이 성인의 결석에서 시도되고 있다. 중국에서 신장 내 다발성 결석 환자 21명(평균나이 3.8세)을 대상으로 micro PCNL을 이용한 ERCIS 수술로 85.7%에서 무결석 상태가 되었고 수혈은 한 명도 없었다고 보고하였다.

## 4. 복강경 수술과 로봇보조 복강경수술

순수 복강경 혹은 로봇보조복강경을 이용한 신우절개 결석제거술(pyelolithotomy)이나 신장절개 결석제거술(nephrolithotomy), 요관절개 결석제거술(ureterolithotomy) 등이 소아 환자에서 시도되고 있다. 요관신우 성형술을 동시에 시행해야 하는 경우나, PCNL 이나 RIRS 같은 내시경을 이용한 수술로는 결석을 충분히 제거하기 힘든 경우에 특히 유용할 것으로 여겨진다.

## | 결론

소아의 요로결석은 점차 증가하는 추세이기에 비뇨의학과 의사라면 관심을 가지는 것이 요구된다. 기술의 발전과 기구의 소형화로 소아 결석의 치료에 다양한 방법을 선택할 수 있게 되었지만, 합병증이 동반되지 않는 (uncomplicated) 작은 결석에서는 보존적 치료와 체외충격파쇄석술이 우선적으로 선택되는 치료법이다. 소아의 결석은 대사이상, 선천성 기형에 의한 구조적 문제, 요로감염 등 여러 원인이 관여하기에 환자에게 가장 적합한 치료를 한 후에 재발의 예방에도 많은 관심을 가져야 한다. 24시간 소변을 채취하여 대사 검사를 하고 수분섭취, 저염식을 비롯한 식이요법, 필요한 경우 potassium citrate와 같은 약물치료를 병행하고 정기적인 추적관찰을 하는 것이 중요하다. 

## References

1. Baek M, Paick SH, Lee BK, et al. Ureteroscopic surgery for a large upper ureteral stone in an infant with bilateral vesicoureteral reflux. *Korean J Urol*. 2010 Jan;51(1):73-5.
2. Braun DA, Lawson JA, Gee HY, et al. Prevalence of Monogenic Causes in Pediatric Patients with Nephrolithiasis or Nephrocalcinosis. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2016 Apr 7; 11(4): 664–672.
3. Escribano J, Balaguer A, Roque i Figuls M, et al. Dietary interventions for preventing complications in idiopathic hypercalciuria. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 2: CD006022
4. Hahn H, Kang J, Kim C. Bilateral ureter stones in a 1-year-old boy. *Pediatr Nephrol*. 2009 Oct;24(10):2077-8.
5. Kairam N, Allegra JR, Eskin B. Rise in emergency department visits of pediatric patients for renal colic from 1999 to 2008. *Pediatr Emerg Care* 2013;29(4):462–4.
6. Li J, Wang W, Du Y, et al. Combined use of flexible ureteroscopic lithotripsy with micro-percutaneous nephrolithotomy in pediatric multiple kidney stones. *J Pediatr Urol*. 2018 14:281.e1–6.
7. Mizuno K, Kojima Y, Nishio H, et al. Robotic surgery in pediatric urology: current status. *Asian J Endosc Surg*. 2018 11:308–17.
8. Sultan S, Aba Umer S, Ahmed B, et al. Update on Surgical Management of Pediatric Urolithiasis. *Front Pediatr*. 2019 Jul 3;7:252
9. Tasian GE, Copelovitch L. Evaluation and medical management of kidney stones in children. *J Urol*. 2014 Nov;192(5):1329-36
10. Tasian GE, Cost NG, Granberg CF, et al. Tamsulosin and spontaneous passage of ureteral stones in children: a multi-institutional cohort study. *J Urol*. 2014 Aug;192(2):506-11