

# 요로결석의 이해와 수술 전후 치료

이동섭\*

가톨릭대학교 의과대학 / 성빈센트병원

\*Corresponding author: lds@catholic.ac.kr

## 1. 서론

전 인구의 12% 내외는 요로결석환자이고, 이들 중 50% 이상에서 재발을 겪는다. 치료의 방법이 어떤 것인지를 떠나서 결석의 치료 전후 비뇨의학과 의사가 환자에게 제공할 수 있는 정보와 약물 치료에 대한 지식의 정도는 요로결석 환자들에게 최상의 의료서비스를 제공하기 위한 첫걸음임이 분명하다. 따라서, 이 장에서 저자는 전국의 요로결석을 치료하는 의사들에게 조금이나마 보탬이 되어, 지역사회 최선의 의료서비스를 제공하는데 도움이 되고자 한다.

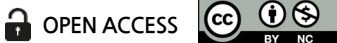
## 2. 본론

### 2.1. Medical Expulsive Therapy (MET)

선택적 알파차단제는 전립선과 관련된 배뇨장애에서 탁월한 효과를 보이는 약물이다. 근래 30년은 분자생물학의 지식으로 약리학의 비약적인 발전이 있었는데, 요관, 특히 하부요관은  $\alpha$  1 수용체가 풍부하게 분포되어 있다. 그러므로, 선택적 알파차단제의 사용은 하부요관결석의 자연배출에 탁월한 효과가 있다는 것이 증명되었다. 최근 선택적 알파차단제는 신경인성방광에 보험이 적용되므로, 여성에게도 사용될 수 있다. 많은 수의 체계적 고찰이나 메타분석에 따르면, 선택적 알파차단제는 나이나 성별에 관계없이 결석배출에 효과가 있음이 밝혀졌고, 통증개선에도 효과적임이 입증되었다. 선택적 알파차단제는 기립성저혈압, 두통 등의 부작용이 의미있게 많지는 않지만 가능성은 있기 때문에 이 점을 미리 환자에게 설명하는 것이 중요하겠다 [1,2].

### 2.2. 예방적 항생제의 사용

최신 가이드라인에 따라 체외충격파쇄석술은 원칙적으로 예방적 항생제를 필요로 하지 않는다. 그러나, 요관경이나 경피적신결석제거술의 경우에는 예방적 항생제가 필요하다. 하지만, 요 검사에서 세균뇨가 나오거나 nitrite 양성소견이 있어 감염이 의심되거나, 기타 신체검사서 감염이 의심되는 경우에는 예방적 항생제 사용을 주저하면 안된다. 예방적 항생제를 사용하기 전에는 배양검사를 시행하는 것을 추천한다 [1,2].



The Association of Korean Urologist  
4(1):29-35, 2023  
URL: www.urodigest.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2023 by The Association of Korean Urologist. All Rights Reserved.

### 2.3. 요관부목(ureteral stent) 관련 자극증상

수술 전후 요관부목을 설치했을 경우, 많은 환자에서 통증, 빈뇨, 절박뇨 등을 호소한다. 선택적 알파차단제는 요관 부목과 관련된 통증과 배뇨증상을 의미있게 감소하여 환자의 삶의 질에 큰 영향을 준다 [1,2]. 여러 메타분석에서는 항무스카린제와  $\beta 3$ -작용제 역시 통증과 배뇨증상에 의미있는 효과가 있다고 하나, 최근 가이드라인에서는 선택적 알파 차단제만 언급되어 있다.

### 2.4. 요로결석의 종류에 따른 역학 및 용어정리

많은 환자들이 담석과 요로결석을 혼동한다. 담석은 콜레스테롤 기반인지 그렇지 않은지에 따라 다양한 영상학적 결과를 보이지만, 요로결석은 복부전산화단층촬영(CT)로 대부분 진단할 수 있다. 그런데, 많은 의사들은 요로결석이 칼슘 기반의 결석으로 착각하는 경우가 많다. 물론, 칼슘기반의 결석이 70% 가까이 되는 것은 사실이다. 메타분석이나 관찰연구를 인용하면, 칼슘수산화석(calcium oxalate)이 50~60%를 차지하고, 감염석(ammonium magnesium phosphate)이 25~30%를 차지하고, 요산석(uric acid)이 10~15%를, 칼슘인석(calcium phosphate)이 5% 이내를 보인다. 그러나, 연구자마다 다른 조건을 통해 발표하므로 이것이 항상 옳은 것은 아니다.

광물학적으로 apatite는 calcium phosphate 성분이 포함된 결석을 통칭하는 말인데, ‘속이다’라는 그리스어에서 유래되었다. 그 이유는 calcium phosphate에 달라붙는 원소에 따라 다양한 모양과 색깔을 띠기 때문이다. 인체에서 대표적인 apatite는 Brushite 와 Carapatite가 있다. 지금도 이런 용어를 제대로 교육하는 기관이 많지 않다고 생각된다. 때문에 저자는 이 장을 통해 광물학적 용어를 [표 1], [표 2]를 통해 각각 의미를 정확히 전달하고자 한다. 이에 따른 해석은 본문에 계속되므로 참조하면 된다. 이런 용어가 중요한 이유는, 문헌을 고찰할 때 유용하고, 화학적 구성과 명칭을 혼용하여 오는 오해를 줄이고 그 기전을 정확하게 이해하기 위해서이다.

### 2.5. 열역학 제2의 법칙: 엔트로피와 깁스 자유에너지

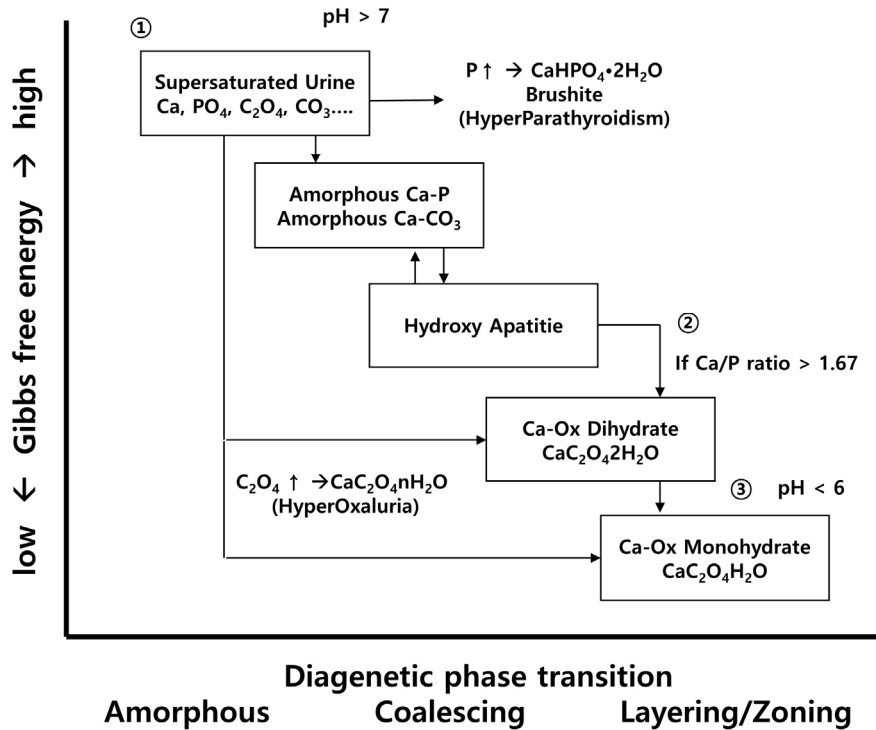
자연계(특히, 고립계)에서 어떤 경우에도 열역학 제2의 법칙은 성립되어야 한다. 즉, 중력에 의해 위치에너지는 높은

표 1. 주요 요로결석의 명칭 및 영상학적강도

Stone Chemical Component	Name	Name Origin	Hounsfield Unit
Calcium Oxalate (Ca-Ox)			1200-2400
Monohydrate (Ca-C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -H <sub>2</sub> O)	Whewellite	William Whewell (인물)	
Dihydrate (Ca-C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O)	Weddellite	Weddell Sea (지명)	
Calcium Phosphate (Ca-H-P-2H <sub>2</sub> O)	Brushite	G.J. Brush (인물)	1800-2800
Carbonated Ca-P (Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (CO <sub>3</sub> ))	Carapatite	Carbonate + Apatite	1800-2600
Magnesium ammonium phosphate	Struvite	H.C.G. von Struve (인물)	800-1200
Uric acid	Uric acid		400-600

표 2. 성인에서 주요 요로결석의 생성기전

Calcium Oxalate	Biom mineralization, Hypercalciuria, Hyperoxaluria, Infection
Calcium Phosphate	Biom mineralization, Phosphate leak (Hyperparathyroidism)
Carbonated Calcium Phosphate	Infection (pH 6.5~7.0), Phosphate leak
Magnesium ammonium phosphate	Infection (pH > 7.0)
Uric acid	Metabolic (Gout, Chemotherapy, Systemic illness)



Modified from Nat Rev Urol 2021;18:404

그림 1. Biomineralization of calcium-based urolithiasis

그림설명: 만약 소변내 화학성분들이 과포화되어 있다면, 깁스 에너지가 감소하는 방향으로 즉, 안정된 결석이 생성되는 방향으로 미네랄형성 과정이 진행된다. 최초에는 무정형의 결석이 발생하고 calcium과 phosphate가 결합하는 형태가 보이는데, 만약, phosphate가 지속적으로 높은 환경이라면 Brushite가 형성되고, Oxalate가 아주 높은 환경이라면 바로 calcium oxalate가 형성되지만, 보통 무정형의 hydroxy calcium phosphate는 calcium의 농도가 상대적으로 높은 환경에서는 phosphate대신 oxalate를 취하는 calcium oxalate stone이 되게 된다. 이런 변화를 diagenetic phase transition이라고 한다. 이런 기전에 의해 먼저 과포화된 요가 발생하지 않도록 하는 것이 예방의 첫걸음이고, 수분섭취와 저염식이 이러한 치료적 배경이 된다 ①). Calcium oxalate stone은 고수산뇨증이 아닌 경우, 대부분 고칼슘뇨증이 있을 때 발생하므로 ②), thiazide 치료의 근거가 된다. Citrate는 ②, ③의 과정에서 calcium과 oxalate의 응집을 억제하는 것으로 알려져 있다 [4].

곳에서 낮은 곳으로, 열에너지는 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. 이는 고립계에서 평형을 이루려고 하는 성질이다. 우리가 잉크를 가지고 있고 이를 증류수에 부으면 잉크는 점차 번져서 희석된다. 평형을 이루려고 하는 것이다. 좀더 구체적으로 볼 때, 핵폭탄이 투하되면 핵반응으로 인한 강력한 에너지는 지구 전체에 퍼지게 된다. 즉 에너지가 한 곳에서 고립계 전체에 퍼지면서 평형을 이루려고 하는 것이다. 이렇게 무질서화(randomization)되는 것은 평형의 중요한 현상이다. 상대적으로 높은 깁스 자유에너지( $\Delta G$ )는 낮은 자유에너지를 가지려고 하고, 이렇게 함으로써 무질서가 증가하여 평형을 이룬다. 이때 무질서의 증가는 다른 말로 엔트로피가 증가한다고 한다.

이를 토대로 광물학에서는 고립계에서 엔트로피가 증가하는 즉, 깁스 자유에너지(Gibbs free energy ( $\Delta G$ ))가 감소하는 방향으로 안정된 광물이 형성되는 과정이 연구되어져 왔다. 이를 비뇨의학에 접목한 것이 Biomineralization이다 [그림 1]. 요중 과포화된 화학성분들(supersaturated mineral)이 있고, 이중 칼슘, 인산, 수산, 탄산 등이 존재한다고 할 때, 생체 신장의 세뇨관 내(pH 7~8)에서, 깁스에너지가 상대적으로 낮은 무결정의 calcium phosphate(또는 calcium carbonate)가 발생하려는 경향이 있다. 이 시기를 Brushite phase라고 한다. 그런데, 어떤 이유로 칼슘의 요중배설이 증가되어 Ca/P 비율이 일정수준을 넘게 되면(문헌에 따라 1.5~3.0까지 다양함), calcium oxalate dihydrate (Weddellite)가 형성되게 된다. 이를 Diagenetic phase transition이라고 부른다. Weddellite에 비해 깁스 자유에너지

가 낮은 Whewellite (calcium oxalate monohydrate)가 생성되기까지는 시간이 필요한데, 이때 Weddellite에서 H기가 탈락하면서 소변이 약산성이 되고 Whewellite가 주성분이 될 수 있다 [3].

신장 collecting duct의 제일 끝(duct of Bellini)에서 발견되는 Randall's plaque 에는 무결정의 calcium phosphate와 결정이 일어난 calcium oxalate di/mono-hydrate가 혼재해 있는 경우가 있다. Randall's plaque로 노출되어 있는 calcium based stone은 향후에 ca/p의 비율에 따라 Brushite 또는 Whewellite (Weddellite)로 성장하게 된다.

## 2.6. Brushite stone, Carapatite

요중 phosphate leak가 일어나는 일은 소아에서는 distal renal tubular acidosis도 있지만, 성인에서는 대부분 부갑상선항진증(hyperparathyroidism)이 원인이다. 부갑상선은 신장에서 칼슘 재흡수를 증가하면서 인배설을 촉진시키고 뼈에서 칼슘재흡수를 증가시켜 혈중 칼슘농도를 높이고 인농도를 낮춘다. 따라서 Brushite (calcium phosphate) 또는 Carapatite가 증명된 환자라면 부갑상선호르몬을 검사해볼 필요가 있다. 상병코드에는 부갑상선기능항진증 의증 코드를 기입하거나 골다공증 의증 코드를 기재해야 한다. 부갑상선에 대한 치료가 되면 phosphate leak가 없어지므로 근본적인 해결책이 될 수 있고, hypercalciuria가 나타나지 않는지는 향후 모니터링해볼 필요는 있다. 부갑상선기능항진증이 원인이 아니라면 Biomineralization의 기전에 따라 과포화된 소변이 나타나지 않도록 수분조절, 저염식을 해야 하고, 고칼슘뇨가 일어나지 않는지 확인해야 한다. 고염식은 고칼슘뇨증의 원인이 되기 때문이다. 저염식에도 불구하고 고칼슘뇨가 나타나면 thiazide 25~50 mg qd가 추천될 수 있다. 이는 아래 칼슘수산석 부분에서 다시 다루도록 한다.

## 2.7. Calcium Oxalate stone (Whewellite and Weddellite)

Biomineralization에서 중요한 것은 두 가지이다. 첫째, 과포화된 소변; 둘째, 고칼슘뇨증이다. 만약, 칼슘수산석이 발견되었다면, 고칼슘뇨증은 반드시 확인해야 한다. 치료에서 중요한 것은 앞서 말한대로 thiazide 25~50 mg qd인데, 여기서 주의할 점은 thiazide는 K depletion을 초래하여 tubular acidosis를 일으키는데, 이것이 citrate의 재흡수를 촉진하여 요중 citrate 농도를 감소시킨다. 그러므로 thiazide를 투여해야 한다면, citrate처방을 같이 하는 것이 현명하다. Citrate는 문헌상 5~12 g을 하루 권고하지만, 현재 시판중인 가루제제는 5 g/p에 citrate가 4300 mg있어 2~3p 투여로 치료효과를 가지며, tablet제제에는 1,080 mg/T 이 존재하므로 초회로 1T씩 3회(총 3T) 복용하다가 2T씩 3회~4회(총 6~8T)로 늘릴 수 있다. 그러나 신기능이 좋지 않는 환자에서는 고칼륨혈증이 유발될 수 있으므로 sodium bicarbonate(총 4.5 g/d) 제제로 대체할 수 있다. 앞서 설명한 바와 마찬가지로 저염식이 고칼슘뇨증에 중요할 수 있다. 또한, 칼슘제제/비타민D 혼합제제를 과량복용중인지 확인해야 한다. 고칼슘뇨증은 이제 아시다시피 칼슘수산석의 원인이지만 과수산뇨증 또한 칼슘수산석의 원인임은 당연하다. 과포화된 과수산뇨는 보통 수산이 풍부한 음식을 자주 섭취하는 것에서 비롯될 수 있는데, 비타민 C나 시금치, 비트루트 등이 원인이 될 수 있다. 따라서, 고수산뇨증 또는 고칼슘혈증이 아닌 칼슘수산석의 경우 식이상담을 통해 식습관을 바로잡을 필요가 있고 고수산뇨증이 증명된다면 필요에 따라 칼슘이나 마그네슘 섭취를 증가시켜 장으로부터 수산의 섭취를 방해하도록 한다. Oxalobacter formigenes는 장내에서 수산을 섭취하는 균이므로 요중 수산의 배설을 감소시킬 것이라는 주장이 있다. 그러므로, 이것이 포함된 제제(probiotic)를 권유해 볼 수도 있지만, 이에 대해서는 근거가 부족하다.

## 2.8. Uric acid stone

요산결석은 하운스필드 값이 낮아서 X-선 검사에서 결석이 잘 보이지 않는다. 그러므로 체외충격파 쇄석술에 어려움이 있다. 그렇지만 진단만 된다면 수술 없이도 잘 해결될 수 있는 결석이다. 신기능에 따라 Citrate 제제(5~12 g/d)나 sodium bicarbonate (4.5 g/d)를 복용할 수 있다. 항암치료, 고단백식이 등의 요소가 없었던 환자에서 요산결석이 진단되면 반드시 통풍에 대해 검사할 필요가 있다.

## 2.9. Struvite stone

대략 20~30%의 요로결석 환자가 감염성 환자이다. 감염성은 요검사서 pH가 6.5 이상이고 대부분 pH 7.0 이상을 보인다. 그러나 실제로 요배양 검사에서 배양되는 균은 없는 경우가 많다. Carabapatite도 감염성의 일부로 이해된다. 그 이유는 신우나 신배 내에서 세균이 urea ( $\text{CN}_2\text{H}_4\text{O}$ )를 분해하는 urease를 분비할 때, 결과물로  $\text{CO}_2$ 와  $\text{NH}_4^+$ 가 발생하는데,  $\text{CO}_2$ 는 물에 녹아서  $\text{CO}_3$ 가 되고 과포화된 요와 만나서 carabapatite를 형성할 수 있고,  $\text{NH}_4^+$ 는 과포화된 요와 만나서  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Struvite)를 만들어내기 때문이다. 전자는 발생하는 과정에서 대략 6.5~7.0의 산도를 형성하고 후자는 7.0 이상의 산도를 형성한다. 체외충격파 쇄석술을 시도할 수 있지만 항생제 사용을 고려해야 한다. 치료 후 결석 조각에 의한 폐색이나, 수술 시 양압형성은 패혈증을 야기할 수 있기 때문이다. X-선상 잘 보이는 것이 보통이다.

Urease를 분비하는 세균은 대표적으로 *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia marcescens* 등이 있다. 앞의 두 세균은 전체 요로감염의 10~15%를 차지하므로 그 의미가 크다. 결석을 최대한 제거하는 노력이 중요하고, 재발방지를 위해 수분섭취를 장려해야 한다. 상기 세균들은 대사과정에 citrate를 이용하는 경우가 많기 때문에 절대로 citrate를 공급하지 않아야 한다 [5].

Struvite 결석의 30% 이상에서 대장균(*E. coli*)의 감염(동시 감염 또는 단독 감염)이 관찰된다고 보고되고 있다. 대장균은 원칙적으로 urease를 분비하는 경우가 드물지만, 대장균이 관여하는 경우가 *Proteus mirabilis* 또는 *Klebsiella pneumoniae*가 관여하는 경우와 대등할 정도이기 때문에 치료 후에 대장균을 제어하는 것이 매우 중요하다 [6]. 이런 측면에서 경구용 면역치료제(lyophilized of bacterial lysate)를 예방적으로 사용해 보는 것도 좋을 것 같지만, Struvite 결석 자체에 대해서 적응증은 없으므로 재발성 요로감염의 병력이 있는 경우 투여되어야 한다. 이에 대해서는 현재 연구 중에 있다.

Struvite 치료와 관련된 약제 중 가이드라인에 기재되어 있는 여러가지 약제들은 국내 제약회사에서 얻기 힘든 경우가 대부분이다. 메치오닌(L-methionine)은 건강보조식품으로 구매할 수 있는데, 이는 요 산성화에 기여하기 때문에 가이드라인에 따라 권고할 수 있다(500~1000 mg/d). 말린 크랜베리는 메타분석에 의해 요로감염 예방에 효과가 있는 것이 알려져 있으나 요 산성화에는 기여하지 않는다. 섭취를 권고하는 것은 좋지만 기전이 불분명하고 수산이 어느 정도 포함되어 있기 때문에 과량섭취는 피하도록 한다.

## 2.10. Citrate

Citrate는 과포화된 소변에서 칼슘과 수산의 결합을 방해하고, 결합된 Calcium Oxalate crystal들의 응집을 억제한다. 이는 실험적으로 증명되어 있지만 [4], 임상적으로 citrate가 칼슘수산석을 용해한다는 근거는 부족하다. 앞서 언급했지만, thiazide 치료가 필요한 고칼슘뇨증에서 citrate의 병용은 필요하다. 국내에서 potassium citrate의 적응증은 예방적인 치료의 개념으로서는 수정이 반드시 필요하다. 현재로서는 1) 시술 또는 수술 후 잔석이 있으면 유로시트라 C를 처방할 수 있고(ESWL은 30일 이내), 2) 저구연산뇨증이 동반된 수산칼슘결석, 3) 요산결석 또는 통풍(또는 신세뇨관산증)에 동반된 결석이면 유로시트라 C 또는 K를 투여 가능하다.

예방적 치료로 칼슘수산석 환자에서 고칼슘노증은 biomineralization의 원칙에 따라 thiazide 복용이 필요하지만, 이때 저구연산노증 없이는 citrate 복용이 보험정책상 어려움이 있으므로 thiazide 복용을 하면서 24시간 요채취로 citrate를 확인해보는 것이 좋겠고, citrate 사용이 어렵다면 sodium bicarbonate를 동시 복용하는 것을 고려해야 한다. 신기능이 낮은 환자에서 citrate의 사용은 고칼륨혈증을 유발하므로 sodium bicarbonate를 투여해야 한다.

Struvite 환자에서 citrate는 절대로 투여해서는 안된다. 만약 struvite인지 알기 어렵다면 요검사에서 pH 7.0 이상 인 환자에서는 투여하지 않도록 한다. Citrate 투여가 struvite환자에서 요를 알칼리화 시켜서 문제를 일으키는 것이 아니라, citrate가 세균의 증식에 필요한 양분이 되기 때문이다.

### 2.11. Stone analysis and 24-hour urine chemistry

만약, 요로결석환자가 내원했는데, 체외충격파쇄석술이 유일한 치료수단이라고 하면, 치료 후에는 소변을 볼 때마다 다 받아서 혹시 결석이 배출되면 가져오도록 하여 stone analysis를 시행한다. 내시경 수술이 가능한 병원에서는 반드시 stone analysis를 시행해야 한다. 24-hour urine chemistry는 기관에 따라 매우 다양한 준비가 필요한데, 보통 요 creatinine에 대비하여 배출양이 산출된다. 많은 병원에서 그러나 요수산에 대한 검사는 하루 더 모을 pack이 필요한 경우가 있어 환자 관리에 상당히 어려움이 있을 수 있다. 이런 경우 oxalate를 따로 더 모으는 것도 좋지만, 그것이 어렵다면 24시간 요항목으로 최소한 creatinine, calcium, uric acid, citrate는 나갈 수 있도록 한다. 이들은 보통 한번의 검사로 다 된다. 요수산 검사의 결과는 환자의 식이에 매우 좌우되므로 검사마다 다른 결과가 나올 수 있지만, 최소한 creatinine, calcium, uric acid, citrate 만의 검사로도 많은 정보를 얻을 수 있고, 예방치료를 위한 약물선택에 근거를 획득할 수 있다. 결석환자의 절반이상이 칼슘수산석이고, 약제선택의 근거는 대부분 상기 종목으로 해결되기 때문이다. 또한 중요한 사항은 24시간 요검사는 결석의 급성기 치료가 종료되고 하는 것이 좋다.

### 3. 결론

요로결석환자가 내원하면 결정적인 치료가 시행되기 전까지 수주간 약물배출요법(medical expulsive therapy)를

표 3. Secondary prevention for urolithiasis after stone

Ca-Ox (Whewellite or weddellite)	Ca-P (Brushite)	Struvite (or Carapatite)	Uric acid
1. Hypercalciuria - Thiazide (25~50 mg qd) and Citrate (a) - Low salt diet - Reduced dose of Ca/Vit D 2. Hypocitraturia - Citrate (5~12 g/d) or sodium bicarbonate (4.5 g/d) 3. Hyperoxaluria (b) - Stop Vit C and Beet - ↑ dietary calcium if no hypercalciuria - Consider probiotics including Oxalobacter formigenes	Hyperparathyroidism 확인 필요 (P leak 원인교정) Hypercalciuria 있을 경우 치료필요	- 최대한 결석제거 필요 - Citrate 금지 - Carapatite의 경우 Hyperparathyroidism 확인 필요 - L-methionine 투여 권장 - Phytotherapy: 크랜베리 - 재발성 요로감염 병력이 있는 경우 Oral immunotherapy (lyophilized of bacterial lysate) 고려	Hyperuricosuria - Citrate 5-12 g - Tasna 4.5 g - Allopurinol 100 mg

모든 종류의 결석에서 water intake 권장 (> 2.5 L/d)

a: 보험정책상 thiazide 사용하면서 24 hour urine chemistry 반복하여 citrate 농도 확인하여 감소 확인되면 투여하거나 thiazide 사용하면서 sodium bicarbonate 고려.

b: 24시간 요검사에서 oxalate 측정이 필요하지만 2 pack(2일)을 모아야 하는 경우에는 필요시 시행하도록 함.

시도해볼 수 있다. 세균뇨가 없고 감염이 의심되지 않으면 체외충격파 쇄석술 시에 항생제의 전처치는 필요치 않으나, 내시경 수술시에는 예방적 항생제를 사용해야 한다. 요관부목(ureteral stent)을 삽입하였다면 선택적 알파차단제 사용이 권고되고 상황에 따라 항무스카린제제나  $\beta 3$  작용제를 추가해볼 수 있다. 요로결석의 치료 후 잔여결석이 있거나 재발성 요로결석 환자에서 Stone analysis와 24-hour urine chemistry는 치료에 대한 근거가 된다 [표 3].

## References

1. European Association of Urology, EAU guideline 2021, Available at: <https://uroweb.org/guidelines/urolithiasis>, 2021
2. American Urological Association, AUA guideline 2019, Available at: <https://www.auanet.org/guidelines-and-quality/guidelines/kidney-stones-medical-mangement-guideline>, 2019
3. Sivaguru M et al., Human kidney stones: a natural record of universal biomineralization, *Nat Rev Urol*, 2021
4. Ruiz-Agudo E et al., A non-classical view on calcium oxalate precipitation and the role of citrate, *Nat Commun*, 2017
5. Dimroth P et al., Citrate transport in *Klebsiella pneumoniae*, *Biol Chem Hoppe Seyler*, 1986
6. Flannigan RK et al., Evaluating factors that dictate struvite stone composition: A multi-institutional clinical experience from the EDGE Research Consortium, *CUAJ*, 2018