



요로결석의 위험인자

오 경 진

전남대학교 의과대학 비뇨기과학교실

Risk factors for urinary stone

Kyung-Jin Oh, MD

Department of Urology, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

Urolithiasis is one of the most common urologic diseases in Korea. The annual incidence of urolithiasis in Korea has increased over time. Understanding the epidemiology and risk factors for urolithiasis is essential for patient care and prevention. The purpose of this review was to summarize the recent literature regarding the risk factors for urolithiasis. The available Korean-population-based trials were enrolled in this study. The peak incidence age was the fifth to sixth decades in Korea. There has been a persistent male predominance in the prevalence and incidence of stone disease. The gender gap has continuously narrowed over the world. Climate and seasonal variations, such as temperature and humidity, have a profound effect on the development of urolithiasis. Various dietary factors, including calcium, sodium, animal protein, and oxalate, play an important role in the development of urolithiasis. Dehydration is a well-known risk factor for stone disease. Many metabolic diseases can affect urolithiasis, including obesity, hypertension, diabetes, gout, and metabolic syndrome. The fast-moving super-aged society and global warming can increase stone disease burden in the near future. To prevent and reduce stone diseases, clinicians should understand the risk factors affecting stone formation.

Key Words: Urolithiasis; Risk factors; Epidemiology

서론

요로결석은 소변이 만들어져서 지나가고 저장되고 배설되는 요로에 발생하는 결석을 말한다. 발견되는 위치에 따라서 신장결석, 요관결석, 방광결석 및 요도결석으로 나누어진다. 요로결석의 발생기전은 복잡하며 개개인의 신진대사 및 환경의 영향을 받는다[1]. 요로결석은 비교적 흔하게 발생하는 비뇨질환으로 심한 통증을 유발하고 재발이 흔해 환자의

삶의 질에 심각한 영향을 줄 수 있다[2]. 요로결석은 전 세계적으로 호발하는 질환이다. 북미대륙에서는 7-13%, 유럽에서는 5-9%, 아시아에서는 1-5%의 유병률이 보고되고 있다[3]. 전 세계에서 요로결석의 발생률은 꾸준히 증가하고 있다[4]. 1994년 미국의 요로결석 유병률은 남성에서는 6.3%, 여성에서는 4.1%이었다[5]. 2010년에는 남성 10.6%, 여성 7.1%, 전체 인구 8.8%로 유병률이 증가하였다[6]. 요로결석의 발생은 나이, 성별, 지리적 특징, 기후, 식이, 수분섭취, 유전인자 등 다양한 요인에 영향을 받는다. 유병률이 높고 재발이 흔하기 때문에 결석질환의 치료에는 비용이 많이 발생한다. 환자에게도 급성 및 만성 후유증을 남길 수 있다. 요로결석의 역학 및 위험인자를 이해함으로써 환자를 적절하게 치료하고 예방하는 방법을 찾을 수 있다. 본 논문에서는 한국인을 대상으로 시행된 연구를 중심으로 분석하여 요로결석의 위험인자에 대해 고찰하고자 한다.

Received: October 29, 2020 Accepted: November 8, 2020

Corresponding author: Kyung-Jin Oh
E-mail: okj1225@jnu.ac.kr

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

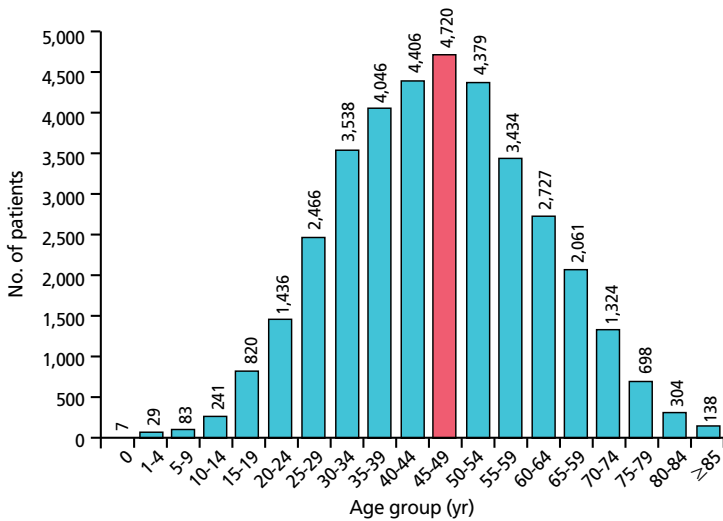


Figure 1. Incidence of urolithiasis in patients by 5-year age group. Adapted from Jung JS, et al. *Investig Clin Urol* 2018;59:383-391, according to the Creative Commons license [8].

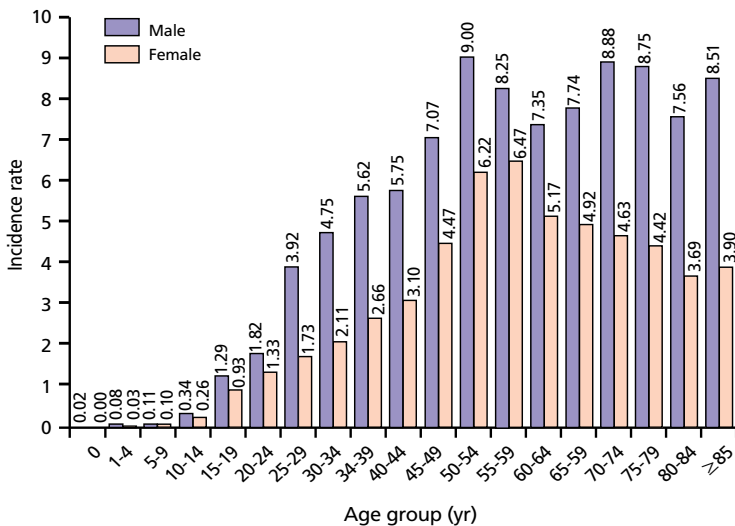


Figure 2. Gender incidence by ages. Adapted from Jung JS, et al. *Investig Clin Urol* 2018;59:383-391, according to the Creative Commons license [8].

유병률 및 발생률

국내에서 진행된 역학조사는 1998년 서울에서 살고 있는 40세에서 79세 사이의 성인 2,643명을 대상으로 진행된 설문조사에서 평생 유병률 남성 6%, 여성 1.8%, 전체 인구 3.5%로 처음 보고되었다[7]. 한국은 전국민의 97.3%가 건강보험에 가입되어 있다. 국민건강보험공단에서 2002-2013년 11년간의 표준 코호트자료를 제공하였다. 이 자료

를 분석한 연구에 의하면 이 기간 동안 1,000인 년당(person-years) 3.27의 발생률을 보였다. 기간 유병률은 2002년 0.31%에서 2013년 0.57%로 1.84배 증가하였다[8]. 동일한 국민건강보험공단 표준 코호트자료를 분석한 Tae 등[9]의 논문에서도 발생률은 매년 증가하며 5년 내에 21.3%에서 재발한다고 하였다. 평생 유병률은 11.5%로 보고하였다. 미국과 유사하게 국내에서도 평생 유병률은 1998년 3.5%에서 2013년 11.5%로 증가하고 있다.

나이

결석은 나이에 따라 발생률이 다르다. 일반적으로 유소년기와 노년기에는 잘 발생하지 않으며 30-50대에서 호발하는 것으로 알려져 있다 [10,11]. 중년의 근로연령층에서 결석 발생이 증가하였다가 노년기에 감소하는 것은 근로, 식습관, 생활습관의 변화 등과 연관될 수 있다[12]. 평생 유병률은 나이를 먹으면서 증가하기 때문에 노령층에서 유병률은 높아질 수 있다. Ogawa 등[13]의 일본인을 대상으로 시행한 연구에서 1965년 남성 4.7%, 여성 2.1%의 결석 유병률이 2005년에는 남성 15.1%, 여성 6.8%로 증가하였다. 이는 동일 기간 노령층의 인구 비율도 9.7%에서 27.9%로 증가하였기에 유병률의 증가는 노령화의 영향을 고려하여 판단하여야 한다. 국내에서도 노령화 사회로 급속히 이동하고 있기 때문에 일본과 유사한 현상이 발생할 수 있다. 국민건강보험공단 표준 코호트자료를 분석한 국내연구에서는 45-49세 연령구간에서 발생률이 가장 높다고 보고하였다(Figure 1) [8]. 남성에서는 50-54세 구간이 발생률이 가장 높았지만, 여성에서는 55-59세 구간이 가장 높았다(Figure 2) [8]. Tae 등[9]이 발표한 논문에서는 60세 이상의 나이가 결석 발생의 위험인자라고 분석하였다.

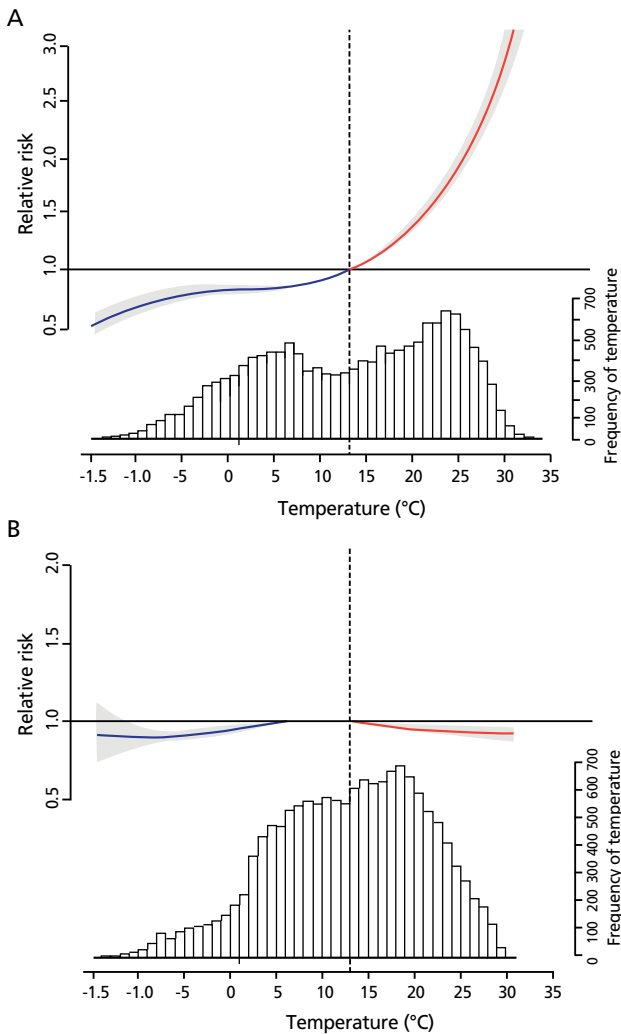


Figure 3. Relative risks of urolithiasis presentation cumulated over a 20-day lag period associated with the mean daily temperature relative to 13°C in group A (A) and group B (B) from 2009 to 2013 and the surrounding gray areas are the 95% confidence interval. Adapted from Choi SY, et al. Springerplus 2016;5:1891, according to the Creative Commons license [22].

성별

요로결석의 발생률과 유병률은 남성이 여성보다 높다. 전 세계 자료에서도 남녀 성비 차이는 1.5-2.5로 보고되고 있다[14,15]. 최근에는 요로결석의 남녀 차이가 급격히 좁혀지고 있다. 미국에서 시행된 연구에서는 1997년 1.7:1의 남녀 차이가 2002년 1.3:1로 감소하였다[16]. 국내에서 진행된 1998년 연구에서 평생 유병률은 남성 6%, 여성 1.8%였고, 남녀 성비는 3.33:1이었다[7]. 15년 후인 2013년 연구에서는 남성 12.9%, 여성 9.8%의 유병률로 성비 차이는 1.44:1

로 줄어들었다[9]. 이는 식이 및 비만과 같은 생활습관 변화와 연관이 있을 것으로 추측된다.

기후

연평균온도가 높은 지역에서는 결석의 위험성이 증가한다. 높은 온도는 소변의 칼슘 배출량을 증가시키고 칼슘-수산화 칼슘-인산염의 과포화를 유발해서 결석 위험성을 높인다[17]. 미국의 남동쪽 지역은 북서쪽과 비교하여 2배 이상의 높은 유병률을 보여서 결석 지대(stone belt)라고 불린다[18]. 미국 남동쪽 연평균기온은 북서쪽보다 8°C 높아 탈수 상태나 소변량에 영향을 줄 수 있다. 온도가 1°C 증가할수록 요로결석의 위험성은 4.2% 증가한다고 알려져 있다[19]. 동일 지역에서도 계절에 따른 온도변화에 의해 결석 발생이 달라질 수 있다. 우리나라도 30°C 이상의 고온과 호우가 발생하는 여름이 존재하기에 결석 발생에 계절인자가 영향을 주고 있다. 국내 여섯 개 광역시(서울, 인천, 대전, 광주, 대구, 부산)의 평균 일일 기온과 평균 일일 상대습도에 따른 일일 결석 발생률에 대한 연구가 진행되었다[20]. 온도가 높을수록 결석 발생률은 높아졌고, 습도가 높을수록 결석 발생률은 낮아졌다. 기후인자의 지연효과는 5일 안에 나타났다. 요로결석으로 인한 응급실 방문 양상을 분석한 연구[21]에서도 8월 달에 응급실 내원 환자수가 가장 많았고 그 후로 감소하다가 2월에 가장 적었다. 계절별로는 여름에 방문하는 환자수가 가장 많았다.

급격한 도시화에 의한 인구 과밀화로 도시와 시골 지역 간의 결석질환 양상이 달라지고 있다. 국내 도시 지역은 연평균기온이 13.3°C로 시골 지역 12.9°C보다 상대적으로 높다. 도시 지역에서는 13°C 이상에서 결석 발생의 상대위험도가 높아진다. 13°C에서 26°C로 온도가 상승하면 상대위험도는 2.088배 높아진다. 시골 지역에서는 온도변화에 상관없이 일정한 위험도를 보인다(Figure 3) [22]. Jung 등[8]은 전라남도가 1,000인년당 3.7명으로 발생률이 가장 높고 제주도가 2.84명으로 가장 낮다고 하였다. 남성은 대구광역시에서 4.56명으로 발생률이 가장 높았고, 여성은 전라남도에서

3.2명으로 가장 높았다. 국내 여섯 광역시를 비교한 Chi 등 [20]의 연구에서는 도시간의 발생률 차이는 없었다.

전 세계적인 환경문제인 지구온난화도 요로결석의 위험인자이다. 온실가스 효과는 21세기동안 지표면을 1.5~4.5℃ 상승시켰다[23]. 지구온난화는 미국 남동부에 위치한 결석 지대를 북쪽으로 확장시키고 있다. 결석 발생 위험지역에서 거주하는 미국인들의 숫자가 2000년 40%에서 2050년에는 56%로 증가할 것으로 예측된다. 이러한 기후변화로 인해 미국 내에서 2050년까지 추가로 160만에서 220만 명의 요로결석 환자가 발생할 것으로 추정된다[19]. 국내에서도 꾸준히 이산화탄소 농도와 기온 상승이 관측되고 있다 [24]. 2006-2010년 건강보험심사평가원 자료를 분석한 연구에 따르면 18.4℃ 이상의 기온일 때 결석 발생이 급격히 증가하였다. 18.4℃에서 1℃ 상승할 때마다 결석 발생위험이 1.71% 증가하였다[25]. 향후 국내에서도 지구온난화에 의한 요로결석 환자의 증가가 예상된다.

식이

식이습관은 요 성분에 영향을 주어 요로결석의 발생에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 다양한 식이인자 중 요로결석과 연관성이 있다고 알려진 항목은 칼슘, 수산, 동물성 단백질, 탄수화물, 나트륨 등이 있다. 과거에는 결석 예방을 위해서 칼슘 식이제한을 권유하기도 하였지만 90년대 이후로는 적절한 칼슘 식이를 하였을 때 결석 예방효과가 있음이 입증되었다. 남성을 대상으로 한 코호트연구에서 칼슘 섭취가 많은 5분위 최상위군은 최하위군에 비해 결석 발생의 상대위험성이 0.56으로 낮았다[26]. 여성을 대상으로 한 코호트연구에서도 칼슘 섭취가 많은 5분위 최상위군은 최하위군에 비해 결석 발생의 상대위험성이 0.54로 낮았다[27]. 칼슘 보충제의 예방효과는 확실하지 않다[28].

남성에서의 나트륨 섭취의 위험성에 대해서는 다양한 결과가 보고되고 있다. 1986년과 2000년도에 시행된 남성 코호트연구에서는 나트륨 섭취와 요로결석 발생은 연관성이 없었다[26,29]. 여성에서는 나트륨 섭취와 결석 형성과는 상관이

없다는 코호트연구 결과도 있지만[27], 나트륨을 과다하게 섭취하는 여성에서는 위험성을 11%에서 61%까지 올린다는 코호트연구 결과도 있다[30]. Yun 등[31]이 보고한 국내 연구에서도 나트륨노 배설 항진증이 동반된 결석 환자에서 56.1개월 추적관찰 동안 대조군 46.9%에 비해 높은 64.5%의 재발률을 보였고 재발하기까지 기간이 짧았다고 하였다.

수산이 풍부한 음식물 섭취는 소변내 수산 배출을 증가시킨다. American Urological Association 진료지침에서는 칼슘수산 결석이 있는 환자에서 수산 섭취를 제한할 것을 권고하고 있지만[32], 건강한 성인에서의 결석 예방효과는 정확히 규명되어 있지 않다.

동물성 단백질 섭취는 결석 형성의 주요 식이인자 중 하나라고 알려져 왔다[33]. 최근에는 단백 섭취와 결석 발생 위험성에 대한 상반되는 다양한 연구결과가 발표되고 있다. 칼슘 결석 환자에서 무작위 배정으로 4년간 저동물성단백질 식이를 시행한 연구에 따르면, 결석 예방효과는 없다고 하였다 [34]. 여성에서 시행된 코호트연구에서도 동물성 단백질 섭취와 요로결석 발생의 인과관계는 없었다[30].

국내에서 시행된 설문지를 이용한 전향적 연구에서 탄수화물 섭취, 단백 섭취, 시리얼 제품은 결석의 위험성을 올릴 수 있다고 보고하였다[35]. 식이가 요로결석에 미치는 영향은 복잡하고 다양해서 문헌에서 보고하는 결과가 일관적이지는 않다. 환자의 개별 상황에 맞는 위험인자 판단이 필요하다(Table 1) [36].

수분섭취

수분섭취 감소는 결석 발생의 주요한 위험인자이다. 더운 기후에서 생활하거나 고온의 작업환경에서 일하거나 수분섭취가 충분치 않는 경우 만성 탈수를 일으킬 수 있다. 만성 탈수는 결석 발생의 주요 원인으로 알려져 있다[37]. 수분섭취 감소나 탈수는 소변량 감소를 일으키며, 감소된 소변 내에서는 결석형성인자가 쉽게 농축된다. 미국의 대규모 세 코호트 (Health Professionals Follow-up Study [HPFS], Nurses' Health Study [NHS] I & II)를 대상으로 24시간 소변분석

Table 1. Dietary associations with nephrolithiasis

Factor	Association
Increased dietary calcium intake	
Men	↓
Women	↓
Increased supplemental calcium intake	
Men	↑/↔
Women	↔
Increased animal protein intake	
Men	↑
Women	↓/↑
Increased fluid intake	
Men	↓
Women	↓
Vitamin D	
Men	↔
Women	↔
Vitamin C	
Men	↑
Women	↔
Oxalate	
Men	↔
Women	↔
Coffee and Tea	
Men	↓
Women	↓
Sugar sweetened soda	
Men	↑
Women	↑
Fresh fruit intake	
Men	↓
Women	↓
Vegetable intake	
Men	↔
Women	↔

Adapted from Ziembra JB, et al. Investig Clin Urol 2017;58:299-306, according to the Creative Commons license [36].

을 시행한 연구에서 소변량이 2.5 L보다 많은 군에서는 소변량이 1 L 이하인 군에 비해 결석 발생의 상대위험성이 0.22, 0.33, 0.26으로 낮았다[38]. 무작위 시험으로 5년간 하루 2 L 이상의 수분섭취를 시행한 군에서는 대조군 27%에 비해 12%의 낮은 결석 재발률을 보였다[39]. American Urological Association 진료지침에서도 결석 환자에서는 충분한 수분섭취를 하여 소변량이 2.5 L 이상이 되도록 권장하고 있다[32].

위험질환

1. 비만

결석의 유병률과 발생위험은 체중과 체질량지수의 증가와 밀접한 관계가 있다. 미국 HPFS 코호트연구에서[40] 100 kg이 넘는 남자는 68.2 kg 이하의 남자보다 결석 발생의 상대위험도가 1.44 배 증가하였다. NHS I & II 코호트에서 100 kg 이상과 68.2 kg 이하의 기준에서 노령 여성은 1.89배, 젊은 여성은 1.92배의 위험도 증가소견을 보였다. 체질량지수 30 이상인 남자는 21-22.9 구간의 남자보다 1.33배 상대위험도가 높았다. 체질량지수 30 이상인 노령 여성은 1.9배, 젊은 여성은 2.09배의 상대위험도를 보였다. Tae 등[9]이 분석한 국내 국민건강보험공단 표준 코호트 자료에서도 체질량지수 25를 초과한 군은 결석 위험도가 증가하였다(교차비 1.36).

2. 심혈관질환

고혈압과 요로결석의 연관성에 대한 연구들을 살펴보면 결과가 일관되지 않다. 2017년 Shang 등[41]의 메타분석에 따르면, 요로결석 환자에서는 고혈압의 위험성이 증가하였다(교차비 1.43). 고혈압발생의 위험성은 여성 환자에서 더욱 높았다. 미국 HPFS, NHS I & II 코호트에서 시행된 요로결석과 관상동맥질환의 연관성에 대한 연구에서는, 여성 코호트 NHS I & II에서는 요로결석이 관상동맥질환의 위험성을 유의하게 증가시켰으나 남성에서는 통계적으로 유의하지 않았다[42]. 국내에서도 고혈압이 있는 경우 요로결석의 위험도가 1.34배 증가한다고 밝혀졌다[9].

3. 당뇨

당뇨는 요로결석 발생의 위험인자 중 하나로 알려져 있다. Taylor 등[43]은 코호트연구에서 여성 당뇨환자에서 요로결석의 발생 위험도는 노령군에서는 1.29, 젊은 여성에서는 1.6배 증가하였다고 하였다. Chung 등[44]은 요로결석 환자에서 5년내 당뇨 발생 위험성이 1.32배 증가한다고 하였다. Tae 등[9]이 분석한 국내 국민건강보험공단 표준 코호트 자료에서도 당뇨가 있는 경우 요로결석의 위

Table 2. Calculated score for a hypothetical example of a nephrolithiasis risk profile

Risk factor	Value (risk factor category)	Points
Sex	Male	55
Age (yr)	45-54	66
Insurance premium	Medium (30%-60%)	7
Alcohol consumption (2-3 times/mo)	Moderate drinker	-3
Body mass index (kg/m ²)	≥30	43
Total cholesterol (mg/dL)	<200	0
Fasting blood glucose (mg/dL)	<100	0
Inflammatory bowel disease	Yes	26
History of hyperparathyroidism	Yes	21
History of gout	No	0
Total points		215
Estimate of risk		0.330

Adapted from Mukasa D, et al. *Investig Clin Urol* 2020;61:188-199, according to the Creative Commons license [53].

험도는 1.24배 증가한다고 보고하였다.

4. 대사증후군

대사증후군은 복부 비만, 고혈압, 공복혈당 상승, 높은 중성지방, 낮은 고밀도지질단백질 다섯 가지 위험인자 중 세 가지 이상이 있는 경우를 말한다. 국내 대사증후군은 남성 19.9%, 여성 23.7%의 높은 유병률을 보이고 있다[45]. 미국에서도 25% 이상의 높은 유병률을 보이고 있다. 미국인 3만 여 명을 대상으로 한 설문조사에서 4.7%의 응답자가 요로결석을 경험하였다고 하였다[46]. 대사증후군이 있는 군에서는 건강한 성인의 4.3%보다 높은 8.8% 결석 유병률을 보고하였다. 대사증후군의 다섯 가지 인자 중에서 하나도 없는 경우에는 3%, 세 가지를 가지고 있는 경우 7.5%, 다섯 가지를 가지고 있는 경우에는 9.8%로 결석 유병률이 증가하였다. 국내에서 건강검진을 받은 34,000여 명을 대상으로 한 단면분석에서도 대사증후군에서는 신장결석 유병률이 높았다(교차비 1.25)[47]. 국내에서 시행된 또다른 연구에서도 대사증후군은 요로결석의 발생 증가와 연관성이 높았다(위험비율 1.68)[48]. 대사증후군은 지속적으로 소변 산성화를 유발하였는데 이는 결석 형성 기전의 하나로 추측된다.

5. 통풍

미국인 3만 명을 대상으로 한 설문조사에서 통풍 환자는 요로결석이 발생할 위험성이 49% 증가하였다[49]. 코호트연구에서도 남성 통풍 환자는 건강한 성인보다 요로결석이 두 배 더 발생하였다[50]. 요로결석과 통풍은 병태생리가 유사하게 연결되어 있다. 국내에서도 통풍 유병률이 증가함에 따라 요산석 발생이 증가할 것으로 예측된다.

6. 활동저하

과거에는 척수손상 환자나 근위축증 환자에서 부동자세로 장기간 침상 안정을 취하는 경우 요로결석의 발생이 증가한다는 보고가 많았다[51,52]. 장기간의 부동자세는 칼슘뇨를 증가시켜서 결석 형성을 촉진하는 것으로 알려져 있다. 최근 장기 침상요양을 하는 노령인구가 증가하고 있어 향후 요로결석이 동반되어 증가할 것으로 예측된다.

요로결석 위험예측 모델

Mukasa와 Sung [53]은 2002년부터 2010년까지 국민건강보험 표본 코호트를 이용하여 418만 명의 자료를 가지고 14가지 공변인을 분석하여 한국인 요로결석 예측 모델을 제시하였다. 성별, 나이, 수입, 음주량, 체질량지수, 총 콜레스테롤, 공복혈당, 염증성 장질환, 부갑상선기능항진증, 통풍 등 10가지 위험예측인자를 이용하여 8년 추적관찰 기간 후 결석 발생을 예측할 수 있다(Table 2) [53]. 추후 연관성이 확립된 더 많은 위험인자를 포함하는 예측 모델의 개발이 기대된다. 한국인 예측 모델은 생활습관을 교정하여 요로결석의 발생위험을 줄이는 데 효과적인 도구가 될 수 있다.

결론

요로결석의 위험인자는 다양하다. 성별, 나이, 지리, 기후 등 고정된 인자와 식이습관, 수분섭취, 비만, 대사증후군 등 교정 가능한 다양한 인자가 혼재한다. 고령화와 지구온난화,

식이습관에 변화에 따른 대사질환의 증가로 향후 요로결석의 유병률은 꾸준히 증가할 것으로 예측된다. 환자 개개인의 위험인자를 파악하여 재발 방지 및 예방을 위한 노력이 더욱 절실히 요구된다.

찾아보기말: 요로결석; 위험인자; 역학

ORCID

Kyung-Jin Oh, <https://orcid.org/0000-0001-5611-7994>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Sakhaee K, Maalouf NM, Sinnott B. Clinical review. Kidney stones 2012: pathogenesis, diagnosis, and management. *J Clin Endocrinol Metab* 2012;97:1847-1860.
2. Bryant M, Angell J, Tu H, Goodman M, Pattaras J, Ogan K. Health related quality of life for stone formers. *J Urol* 2012;188:436-440.
3. Ramello A, Vitale C, Marangella M. Epidemiology of nephrolithiasis. *J Nephrol* 2000;13 Suppl 3:S45-S50.
4. Edvardsson VO, Indridason OS, Haraldsson G, Kjartansson O, Palsson R. Temporal trends in the incidence of kidney stone disease. *Kidney Int* 2013;83:146-152.
5. Stamatelou KK, Francis ME, Jones CA, Nyberg LM, Curhan GC. Time trends in reported prevalence of kidney stones in the United States: 1976-1994. *Kidney Int* 2003;63:1817-1823.
6. Scales CD Jr, Smith AC, Hanley JM, Saigal CS; Urologic Diseases in America Project. Prevalence of kidney stones in the United States. *Eur Urol* 2012;62:160-165.
7. Kim H, Jo MK, Kwak C, Park SK, Yoo KY, Kang D, Lee C. Prevalence and epidemiologic characteristics of urolithiasis in Seoul, Korea. *Urology* 2002;59:517-521.
8. Jung JS, Han CH, Bae S. Study on the prevalence and incidence of urolithiasis in Korea over the last 10 years: an analysis of National Health Insurance Data. *Investig Clin Urol* 2018;59:383-391.
9. Tae BS, Balpukov U, Cho SY, Jeong CW. Eleven-year cumulative incidence and estimated lifetime prevalence of urolithiasis in Korea: a National Health Insurance Service-national sample cohort based study. *J Korean Med Sci* 2018;33:e13.
10. Hiatt RA, Dales LG, Friedman GD, Hunkeler EM. Frequency of urolithiasis in a prepaid medical care program. *Am J Epidemiol* 1982;115:255-265.
11. Saigal CS, Joyce G, Timilsina AR; Urologic Diseases in America

- Project. Direct and indirect costs of nephrolithiasis in an employed population: opportunity for disease management? *Kidney Int* 2005;68:1808-1814.
12. Sorokin I, Mamoulakis C, Miyazawa K, Rodgers A, Talati J, Lotan Y. Epidemiology of stone disease across the world. *World J Urol* 2017;35:1301-1320.
13. Ogawa Y. Epidemiology of stone disease over a 40-year period in Japan. In: Talati JJ, Tiselius HG, Albala DM, Ye Z, editors. *Urolithiasis, basic science and clinical practice*. London: Springer; 2012. p. 88-96.
14. Walker V, Stansbridge EM, Griffin DG. Demography and biochemistry of 2800 patients from a renal stones clinic. *Ann Clin Biochem* 2013;50:127-139.
15. Zeng Q, He Y. Age-specific prevalence of kidney stones in Chinese urban inhabitants. *Urolithiasis* 2013;41:91-93.
16. Scales CD Jr, Curtis LH, Norris RD, Springhart WP, Sur RL, Schulman KA, Preminger GM. Changing gender prevalence of stone disease. *J Urol* 2007;177:979-982.
17. Eisner BH, Sheth S, Herrick B, Pais VM Jr, Sawyer M, Miller N, Hurd KJ, Humphreys MR. The effects of ambient temperature, humidity and season of year on urine composition in patients with nephrolithiasis. *BJU Int* 2012;110:E1014-E1017.
18. Soucie JM, Coates RJ, McClellan W, Austin H, Thun M. Relation between geographic variability in kidney stones prevalence and risk factors for stones. *Am J Epidemiol* 1996;143:487-495.
19. Brikowski TH, Lotan Y, Pearle MS. Climate-related increase in the prevalence of urolithiasis in the United States. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008;105:9841-9846.
20. Chi BH, Chang IH, Choi SY, Suh DC, Chang CW, Choi YJ, Lee SY. Daily mean temperature and urolithiasis presentation in six cities in Korea: time-series analysis. *J Korean Med Sci* 2017;32:999-1008.
21. Kim JW, Kim JY, Ahn ST, Oh MM, Moon DG, Park HS. Analysis of patients with urolithiasis visiting the emergency department between 2014 and 2016 in Korea: data from the National Emergency Department Information System. *Sci Rep* 2019;9:16630.
22. Choi SY, Lee SY, Chi BH, Kim JW, Kim TH, Chang IH. Urbanization may affect the incidence of urolithiasis in South Korea. *Springerplus* 2016;5:1891.
23. Meinshausen M, Smith SJ, Calvin K, Daniel JS, Kainuma MLT, Lamarque JF, Matsumoto K, Montzka SA, Raper SC, Riahi K, Thomson A, Velders GJ, van Vuuren DP. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Clim Change* 2011;109:213-241.
24. Oh SN, Youn YH, Park KJ, Min HK, Schnell RC. Surface measurements of global warming causing atmospheric constituents in Korea. *Environ Monit Assess* 2001;70:21-34.
25. Park HK, Bae SR, Kim SE, Choi WS, Paick SH, Ho K, Kim HG, Lho YS. The effect of climate variability on urinary stone attacks: increased incidence associated with temperature over 18 °C: a population-based study. *Urolithiasis* 2015;43:89-94.
26. Curhan GC, Willett WC, Rimm EB, Stampfer MJ. A prospective study of dietary calcium and other nutrients and the risk of symptomatic kidney stones. *N Engl J Med* 1993;328:833-838.
27. Curhan GC, Willett WC, Knight EL, Stampfer MJ. Dietary

- factors and the risk of incident kidney stones in younger women: Nurses' Health Study II. *Arch Intern Med* 2004;164:885-891.
28. Worcester EM, Coe FL. Clinical practice. Calcium kidney stones. *N Engl J Med* 2010;363:954-963.
29. Taylor EN, Stampfer MJ, Curhan GC. Dietary factors and the risk of incident kidney stones in men: new insights after 14 years of follow-up. *J Am Soc Nephrol* 2004;15:3225-3232.
30. Sorensen MD, Kahn AJ, Reiner AP, Tseng TY, Shikany JM, Wallace RB, Chi T, Wactawski-Wende J, Jackson RD, O'Sullivan MJ, Sadetsky N, Stoller ML; WHI Working Group. Impact of nutritional factors on incident kidney stone formation: a report from the WHI OS. *J Urol* 2012;187:1645-1649.
31. Yun SJ, Ha YS, Kim WT, Kim YJ, Lee SC, Kim WJ. Sodium restriction as initial conservative treatment for urinary stone disease. *J Urol* 2010;184:1372-1376.
32. Pearle MS, Goldfarb DS, Assimos DG, Curhan G, Denu-Ciocca CJ, Matlaga BR, Monga M, Penniston KL, Preminger GM, Turk TM, White JR; American Urological Association. Medical management of kidney stones: AUA guideline. *J Urol* 2014;192:316-324.
33. Breslau NA, Brinkley L, Hill KD, Pak CY. Relationship of animal protein-rich diet to kidney stone formation and calcium metabolism. *J Clin Endocrinol Metab* 1988;66:140-146.
34. Dussol B, Iovanna C, Rotily M, Morange S, Leonetti F, Dupuy P, Vazi A, Saveanu A, Loundou A, Berland Y. A randomized trial of low-animal-protein or high-fiber diets for secondary prevention of calcium nephrolithiasis. *Nephron Clin Pract* 2008;110:c185-c194.
35. Ryu HY, Lee YK, Park J, Son H, Cho SY. Dietary risk factors for urolithiasis in Korea: a case-control pilot study. *Investig Clin Urol* 2018;59:106-111.
36. Ziemba JB, Matlaga BR. Epidemiology and economics of nephrolithiasis. *Investig Clin Urol* 2017;58:299-306.
37. Embon OM, Rose GA, Rosenbaum T. Chronic dehydration stone disease. *Br J Urol* 1990;66:357-362.
38. Curhan GC, Taylor EN. 24-h uric acid excretion and the risk of kidney stones. *Kidney Int* 2008;73:489-496.
39. Borghi L, Meschi T, Amato F, Briganti A, Novarini A, Giannini A. Urinary volume, water and recurrences in idiopathic calcium nephrolithiasis: a 5-year randomized prospective study. *J Urol* 1996;155:839-843.
40. Taylor EN, Stampfer MJ, Curhan GC. Obesity, weight gain, and the risk of kidney stones. *JAMA* 2005;293:455-462.
41. Shang W, Li Y, Ren Y, Yang Y, Li H, Dong J. Nephrolithiasis and risk of hypertension: a meta-analysis of observational studies. *BMC Nephrol* 2017;18:344.
42. Ferraro PM, Taylor EN, Eisner BH, Gambaro G, Rimm EB, Mukamal KJ, Curhan GC. History of kidney stones and the risk of coronary heart disease. *JAMA* 2013;310:408-415.
43. Taylor EN, Stampfer MJ, Curhan GC. Diabetes mellitus and the risk of nephrolithiasis. *Kidney Int* 2005;68:1230-1235.
44. Chung SD, Chen YK, Lin HC. Increased risk of diabetes in patients with urinary calculi: a 5-year followup study. *J Urol* 2011;186:1888-1893.
45. Sung KC, Kim BJ, Kim BS, Lee WY, Park JB, Wilson AM. A comparison of the prevalence of the MS and its complications using three proposed definitions in Korean subjects. *Am J Cardiol* 2009;103:1732-1735.
46. West B, Luke A, Durazo-Arvizu RA, Cao G, Shoham D, Kramer H. Metabolic syndrome and self-reported history of kidney stones: the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) 1988-1994. *Am J Kidney Dis* 2008;51:741-747.
47. Jeong IG, Kang T, Bang JK, Park J, Kim W, Hwang SS, Kim HK, Park HK. Association between metabolic syndrome and the presence of kidney stones in a screened population. *Am J Kidney Dis* 2011;58:383-388.
48. Chang IH, Lee YT, Lee DM, Kim TH, Myung SC, Kim YS, Ahn SH. Metabolic syndrome, urine pH, and time-dependent risk of nephrolithiasis in Korean men without hypertension and diabetes. *Urology* 2011;78:753-758.
49. Kramer HM, Curhan G. The association between gout and nephrolithiasis: the National Health and Nutrition Examination Survey III, 1988-1994. *Am J Kidney Dis* 2002;40:37-42.
50. Kramer HJ, Choi HK, Atkinson K, Stampfer M, Curhan GC. The association between gout and nephrolithiasis in men: the Health Professionals' Follow-Up Study. *Kidney Int* 2003;64:1022-1026.
51. Ost MC, Lee BR. Urolithiasis in patients with spinal cord injuries: risk factors, management, and outcomes. *Curr Opin Urol* 2006;16:93-99.
52. Singh M, Jacobs IB, Spirnak JP. Nephrolithiasis in patients with duchenne muscular dystrophy. *Urology* 2007;70:643-645.
53. Mukasa D, Sung J. A prediction model of Nephrolithiasis Risk: A population-based cohort study in Korea. *Investig Clin Urol* 2020;61:188-199.

Peer Reviewers' Commentary

요로결석의 유병률은 고령화와 지구 온난화, 식이 습관 변화에 따른 대사 질환의 증가로 인해 현재 국내뿐만 아니라 세계적으로도 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 이 논문은 요로결석의 역학 및 위험인자에 대해 한국인을 대상으로 시행된 최신 연구를 중심으로 소개해 주고 있다. 요로결석의 여러 위험인자에 대한 최근의 국내 및 해외의 데이터들을 자세히 설명하고 있고, 아울러 결석의 예방을 위한 식이 및 생활 습관에 대해서도 소개하고 있다. 한국인 요로 결석 환자들에서 예방 및 재발 방지에 관한 위험인자 연구를 하는데 좋은 지침이 되는 논문이라 판단된다. 이 논문은 요로결석을 치료하는 비뇨의학과 의사 회원들에게 최신 정보를 제공할 뿐만 아니라, 성인병 및 대사증후군 등을 치료하는 데 있어서 요로결석의 예방을 위한 좋은 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]