요로결석의 비수술적 치료

김 형 준

건양대학교 의과대학 비뇨의과학교실

Non-surgical treatment of urinary stone

Hyung Joon Kim, MD

Department of Urology, Konyang University College of Medicine, Daejeon, Korea

Some patients with urinary stones can be managed non-surgically through observation, medication, or extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL). Symptomatic urinary stones can initially be treated conservatively using analgesics and hydration. When uncontrolled pain or infection is present, immediate diversion via either percutaneous nephrostomy or ureteral stenting may be necessary. Medical expulsive therapy utilizing alpha-blocker may benefit a selected group of patients with stones larger than 5 mm. Oral or percutaneous chemolysis is a well-established non-invasive option with a reasonable success rate for patients with a certain component such as uric acid. When medical treatment is applied, its unintended side effects should be considered and routinely monitored. Extracorporeal shockwave lithotripsy is a highly effective and safe modality in treating urinary stones when adequately indicated. In addition to the size and location of the stone, information obtained from non-enhanced computed tomography such as stone density, stone heterogeneity index, and stone-to-skin distance can be applied to predict the possibility of ESWL failure. Modifications in shock wave delivery by altering shock rate and voltage can improve shock wave efficacy. Urinary stones can be managed effectively and safely using non-surgical approaches.

Key Words: Urinary stone; Treatment; Drug therapy; Lithotripsy

서론

요로결석의 치료는 결석 요인, 요로계의 구조적 요인, 그리고 환자의 임상적 요인 등에 따라 결정된다[1]. 크기가 작은 무증상의 신결석은 영상검사를 통해 주기적으로 추적관찰하기도 하지만, 크기가 큰 신결석이나 증상이 동반된 요관결석의 경우 보다 적극적인 치료계획 수립이 필요하다. 치료

방법은 결석제거율과 치료 관련 합병증을 감안하여 결정하며, 약물을 이용한 보존적 치료에서부터 체외충격파쇄석술, 비뇨내시경수술, 로봇복강경수술, 개복수술까지 치료의 범위가 매우 넓다[2]. 본문에서는 여러 치료방법 중 비수술적인 치료방법인 보존적 치료, 약물치료와 체외충격파쇄석술에 대하여 논의하고자 한다.

보존적 치료

증상을 동반한 신장 또는 요관 결석의 경우, 통증조절과 함께 경구 또는 정맥을 통한 충분한 수분 공급, 이뇨제 투여 등의 보존적인 방법을 통해 결석의 자연배출을 기대해 볼 수 있다. 주로 결석이 동반된 측의 옆구리로 급격한 경련성 통

Received: October 5, 2020 Accepted: November 5, 2020

Corresponding author: Hyung Joon Kim
E-mail: hjkim@kyuh.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.

증이 나타나며 이러한 통증은 신성 산통이라고 한다. 신성 산통에 대해서는 일차적으로 비스테로이드소염제와 파라세타몰(paracetamol) 또는 아세트아미노펜(acetaminophen)이 권고된다. 디클로페낙(diclofenac) 등의 비스테로이드소염제의 경우, 주로 신대사가 되는 관계로 신기능에 영향을 미칠 수 있다. 하지만 정상 신기능을 가진 사람에게는 별다른 영향을 미치지 않는다. 단, 심혈관질환의 위험을 가진 환자에서는 디클로페낙이나 이부프로펜(ibuprofen) 등 일부 비스테로이드소염제의 사용은 주의를 요한다. 이러한 경우 차선으로 아편유사제(opioid) 계열의 진통을 사용해 볼 수 있다. 아편유사제는 비스테로이드소염제보다 신성 산통 완화효과는 떨어지며 구토 등의 위장관 증상이 더 빈번한 것으로 알려져 있다. 만약 아편유사제를 사용하는 경우, 그 중에서도 위장관 증상의 확률이 보다 높다고 알려진 페치딘(pethidine) 외의 다른 약제를 사용할 것을 권한다[1]. 조절되지 않는 통증이나 심한 요관폐색에 의한 수신증 및 이에 따른 신기능저하 또는 요로감염이 있는 경우에는 경피적신루설치(percutaneous nephrostomy) 또는 요관스텐트(ureteral stent) 삽입술을 통한 감압이 필요하다. 요로감염이 동반된 경우 보다 적극적인 치료를 진행하기 위해 앞서 감염에 대한 조절이 우선되어야 한다. 배뇨 또는 도뇨를 통한 중간뇨에 대한 소변검사 및 배양검사도 중요하지만 요관폐색이 동반된 경우에는 결석 상방의 소변의 조성이 다를 수 있으므로 가능한 이를 확보하여 배양검사를 내가는 것이 추천된다. 체외충격파쇄석술이나 수술적 치료가 불가능한 환자의 경우 경피적신루 또는 요관스텐트를 주기적으로 교체하면서 지내야 할 수 있다.

크기가 작은 신장 결석의 경우 별다른 증상이 없다면 영상 검사를 이용하여 추적관찰할 수 있다. 결석의 크기, 방사선 투과도에 따라 단순요로촬영(kidney, ureter, bladder), 초음파촬영술로 추적관찰해 볼 수 있겠으나, 정확한 위치 및 크기 변화 확인을 위해서는 저선량비조영증강 컴퓨터단층촬영이 권고된다. 치료 여부에 대한 결정은 주로 신장 결석의 크기와 위치가 영향을 미친다. 신장의 상부신배(upper calyx)나 중부신배(mid calyx)에 있는 결석의 경우, 배출 과정에 요관에 걸릴 가능성이 높기 때문에 예방적 차원의 치료

를 고려해 볼 수 있다. 특히 5 mm 이상인 경우 요관에 걸렸을 때 배출가능성이 낮아지기 때문에 체외충격파쇄석술 등의 보다 적극적인 비수술적 치료를 고려해 볼 수 있다. 하부신배(Lower calyx)에 있는 결석의 경우에는 자연배출 가능성이 상대적으로 낮다. 이에 10 mm 크기까지도 추적관찰의 대상에 포함될 수 있다. 추적관찰의 주기는 최초 6개월 간격으로 시행하고 크기의 변화가 거의 없다면 이후 1년 간격의 추적관찰을 고려해 볼 수 있다. 하지만 이 과정 중 증상 발생 가능성 및 이 경우 적극적인 치료가 필요할 수 있음을 환자에게 알릴 필요가 있다.

증상 없이 다른 검사 과정 중 우연히 발견된 심한 수신증을 동반한 요관결석의 경우, 매복된 결석(impacted stone) 가능성을 염두에 두어야 한다. 이 경우에는 자연배출 가능성이 매우 낮고 오랜 기간의 요로폐색으로 인해 이미 신기능의 저하되었거나 매복된 요관의 조직변화로 요관협착 등의 합병증 가능성도 증가되므로, 보다 적극적인 치료계획을 수립하고 높은 합병증 가능성에 대해 환자에게 설명할 필요가 있다.

소변을 통해 결석이 제거되기 위해서는 많은 양의 소변이 만들어져야 한다. 섭취량보다는 배뇨량이 중요하며, 최소 하루 2.5 L 정도의 소변이 만들어지도록 수분섭취량을 조절하는 것이 필요하다. 대부분의 결석은 대중치료를 통한 자연배출을 기대해 볼 수 있겠으나 경구용 진통제 복용에도 조절되지 않는 통증, 심한 위장관 증상으로 인한 수분섭취 감소, 요관폐색에 의한 요로감염 등이 동반된 경우에는 입원치료가 권장된다.

약물요법

요로결석에 의한 급성 증상이 동반된 경우, 보존적치료가 일차적으로 시행된다. 하지만 배출되지 않은 결석은 통증, 감염 등의 증상 재발을 야기할 수 있고 위치에 따라서는 신기능의 저하 등을 유발시킬 수 있기에 원인인 요로결석의 배출이나 제거를 위한 근본적인 치료가 필요하다[3]. 요관의 연동운동으로 충분한 수분섭취만으로도 결석의 자연배출은

기대해 볼 수 있다. 여러 요인 중 결석의 위치와 크기가 결석의 자연배출의 가장 중요한 예측인자이다. 5 mm 이하의 결석의 경우 68%, 5 mm 이상 10 mm 이하의 결석의 경우 47%에서 자연배출 되는 것으로 알려져 있다[4,5]. 자연배출까지의 기간은 매우 다양하게 보고되고 있지만 5 mm 이하의 요관결석에 경우 길게는 40일 이상 소요되는 것으로 보고하였다[5]. 보다 배출의 효율성을 높이고 치료기간을 단축시키기 위해 요관확장을 통해 결석의 배출을 촉진시키거나 결석 성분에 따라서는 용해를 유도할 수 있게 하는 등의 약물요법을 사용해 볼 수 있다. 하지만 약물요법은 의도하지 않은 약물 관련 부작용이 발생할 수 있음을 인지해야 한다.

1. 약물을 이용한 배출촉진요법

결석의 배출을 저해하는 요인들로는 감염, 평활근 경련, 및 요관부종 등이 있다. 여러 전향적 임상연구들을 대상으로 한 메타분석에서 알파차단제(alpha-blocker), 칼슘통로 차단제, 코르티코스테로이드(corticosteroid), 비스테로이드소염제 등과 같은 약물요법이 체외충격파쇄석술의 성공률을 17%까지 증가시키는 것으로 나타났다. 약물을 이용한 배출촉진요법은 일반적으로 10 mm 이하의 결석에서 우선 고려된다. 최근 연구에서는 약물을 이용한 배출촉진요법이 별다른 효과가 없다는 보고도 있으나, 5 mm 이상의 하부요관 결석에서는 배출의 가능성을 증가시키는 것으로 밝혀져 있다.

약물을 이용한 배출촉진요법에는 주로 알파차단제가 사용된다. 요관의 연동운동 빈도와 평활근 수축은 알파-아드레날린 수용체에 의해 조절된다. 알파차단제는 비정상적인 요관 평활근의 수축 및 요관의 경련을 억제하여 결석의 자연배출을 촉진하고 통증을 감소시킨다. 결석의 위치별로 알파차단제의 효과를 비교분석한 연구들에서 요관 결석이 하부에 위치한 경우 자연배출 성공률이 더욱 높은 것으로 보고하였다[6]. 이는 알파1-아드레날린 수용체의 분포가 하부 요관에 더욱 풍부하다는 이론과 부합되는 결과이다. 메타연구에 따르면 알파차단제를 사용한 군에서 유의하게 통증 발생 횟수, 진통제 사용, 입원치료의 필요성을 유의하게 줄일 수 있음을 보고하였다[3]. 알파차단제 중 탐스로신(tamsulosin)이 가장 흔하게 사용되고 있으며 이에 대해서는 많은 연구가 진

행되었다. 다른 알파차단제인 독사조신(doxazosin), 테라조신(terazosin), 알푸조신(alfuzosin), 실로도신(silodosin), 그리고 나프트피딜(naftopidil) 등도 결석배출의 확률을 증가시키는 것으로 보고되었다. 알파차단제 종류 간의 배출효과를 비교한 연구들도 있으나 아직 단정하기에는 근거가 부족하다.

니페디핀(nifedipine)은 요관 평활근의 수축력을 감소시켜 결석에 의한 요관경련과 연동운동을 억제시키는 기전으로 결석의 배출을 돕는다. 하지만 니페디핀은 알파차단제에 비해 상대적으로 성공률이 낮으며, 특히 하부 요관의 결석배출에는 효과가 더욱 낮은 것으로 보고된다. 칼슘통로차단제의 경우 상대적으로 혈압 저하 효과가 큰 만큼 주의 또한 요한다. 포스포디에스테라제-5 억제제(phosphodiesterase type 5 inhibitor)인 타다라필(tadalafil)도 결석의 자연배출율을 높이고 통증을 경감시키는 것으로 알려져 있다. 다양한 가이드라인에서 요관결석의 자연배출 유도목적으로 알파차단제를 최우선적으로 권고한다. 약물을 이용한 배출촉진요법 과정에서 감염, 불응성 통증, 신기능 악화 등의 합병증 발생시에는 보다 적극적인 치료로의 전환이 필요하다.

2. 약물을 이용한 용해요법

결석의 성분에 따라 용해약물 투여를 통한 결석 제거를 기대해 볼 수 있다. 용해요법은 적극적인 치료 이후 잔석을 제거하기 위한 보조요법으로도 사용될 수 있으나 침습적인 치료에 적합하지 않은 환자들에서 일차적인 치료로도 활용된다. 약물 투여경로에 따라 경구용 약물을 이용하는 방법과 정맥적으로 직접 신우 내로 약물을 투여하는 방법으로 나뉘어진다. 정맥화학용해술의 효과를 높이기 위해 체외충격파쇄석술을 병행하는 방법도 고려해 볼 수 있다[7].

1) 경구화학용해술

나트륨(sodium)이나 요산암모늄(ammonium urate)을 함유하지 않는 요산으로 구성된 결석은 경구화학용해술(oral chemolysis)에 효과적이다. 요로결석의 대부분(80% 이상)은 칼슘옥살산(calcium oxalate) 성분으로 구성되며, 10%의 요로결석이 요산석으로 보고되고 있다. 최근 국내에서는 식이 및 생활습관의 변화로 요산석의 비율이 증가되고 있는 추세

이다[8]. 요산석을 확진하기 위해서는 결석에 대한 성분 분석이 필요하나, 결석 치료력이 있다면 이전 결석 분석결과를 토대로 유추해 볼 수 있다. 요산석은 비조영증강 컴퓨터단층촬영에서 결석의 밀도(hounsfield unit, HU)가 낮고, 단순요로촬영에서는 방사선투과성이며 소변 pH가 산성인 특징을 활용하여 짐작할 수 있다[9,10].

경구용 약물로는 알칼리 구연산(alkaline citrate)과 중탄산염나트륨(sodium bicarbonate) 등이 사용된다. 해당 약물들은 소변을 알칼리화 시키므로 주로 요산석의 치료에 사용해 볼 수 있다. 소변 pH가 높을수록 요산석의 용해에 있어서는 효과적이지만 과도한 알칼리화는 인산칼슘석(calcium phosphate stone)의 형성을 유도할 수 있으므로 7.0-7.2 사이로 조절하는 것을 목표로 한다. 알칼리 구연산으로 주로 구연산칼륨(potassium citrate)이 사용되며 이는 소변내 구연산을 증가시킨다. 구연산은 칼슘과 복합체를 형성해 칼슘염의 요로포화를 감소시켜 결석 침전을 억제하는 효과가 있다. 치료효과를 확인하기 위해서 덤스틱 검사를 이용한 소변 pH의 확인이 도움이 되며, 검체로는 아침 소변이 적합하다. Tsaturyan 등[10]의 연구에서는 경구화학적용해술을 이용한 요로결석 치료에 있어 3개월째 완전관해율이 61%, 부분관해율이 14%이었으며, 25%에서는 용해되지 않는 것으로 보고한 바 있다. 하지만 투약기간에 대한 명확한 기준은 없다. 치료반응에 있어 차이를 보이는 이유는 결석성분의 이질성이 원인일 것으로 추정된다. 구연산칼륨을 사용하는 경우 고칼륨혈증(hyperkalemia)의 위험성이 있음을 인지해야 한다. 해당약물을 사용하기에 앞서 신기능에 평가가 선행되어야 하며 사용 이후 주기적으로 혈중 칼륨에 대한 모니터링이 필요하다[11].

2) 경피화학용해술

경구 약제에 비해 빠른 효과를 위해 감염석이나 요산석 등의 치료에서 경피화학용해술(percutaneous irrigation chemolysis)을 사용해 볼 수도 있다[12]. 하지만 최근 사용빈도는 매우 드물다. 감염석인 스트루바이트(struvite) 결석의 용해를 위해서는 pH 3.5-4의 10% 헤미아시드린(hemiacidrine) 용액인 Suby G 용액(Suby's G solution)이 효과가 있다. 하지만 경피화학용해술은 혈관외유출

(extravasation)에 의한 부작용이 발생할 수 있으므로 주의를 요한다. 신우로 투여된 용액이 원활히 배출되지 않아 신우 내 압력이 증가될 경우 혈관외유출의 위험성이 증가할 수 있으므로 동측에 경피적신루를 이중으로 설치하는 방법이 권장된다. 해당 치료 기간동안 요관스텐트를 유지하는 것도 도움이 된다. Suby G 용액의 경우 마그네슘을 함유하고 있어 혈관외유출 시 고마그네슘혈증에 의한 심혈관계 부작용이 발생할 수 있다. 이에 마그네슘을 포함한 전해질 및 신기능에 대한 혈액검사를 주기적으로 모니터링해야 한다. 요산석의 경우에는 경구화학용해술이 일차치료에 해당하나 소변의 알칼리화를 위해 0.3 또는 0.6 mol/L의 THAM (tris[hydroxymethyl]aminomethane) 용액을 경피적으로 사용해 볼 수 있다[7].

체외충격파쇄석술

체외충격파쇄석술은 1980년대 초에 도입된 이래 신결석과 요관결석의 치료에 있어 효과적이면서도 안전한 방법으로 활용되어왔다[13,14]. 체외에서 발생시킨 고밀도의 음향 펄스를 반사장치를 통해 표적 위치로 집중시켜 타 장기에 가해지는 부수적인 위험을 최소화하면서 결석을 분쇄하는 방식이다. 다양한 기계적, 물리적 원리 중 공동현상(cavitation)이 가장 핵심적인 분쇄 원리이다. 크기나 위치와 관계없이 대부분의 결석의 치료에 있어 일차적인 방법으로 활용되었으나, 최근 내시경적 수술의 발달로 상대적으로 크기가 매우 큰 결석의 치료나 해부학적 변이가 동반된 결석의 치료에 있어서의 사용은 다소 감소되었다. 하지만 여전히 전체 결석 치료의 큰 부분을 차지하고 있으며 국내에서는 70% 이상의 요로결석 치료가 체외충격파쇄석술로 시행되고 있다. 무엇보다 체외충격파쇄석술의 장점은, 진정이나 마취없이 진행이 가능하므로 외래 기반의 치료가 용이하다는 것이다. 요관결석의 경우, <10 mm의 결석은 체외충격파쇄석술로 86%의 배출을 기대할 수 있다. 결석의 위치에 따라 치료 효과가 다르다. 하부요관결석은 체외충격파쇄석술로 58-67%의 결석제거율을 보여 65-81%의 결석

제거율을 보이는 상부요관결석에 비해 효과가 떨어진다. 신장 결석의 경우 2 cm 이하에서는 91%의 성공률을 보이고, 2-3 cm 결석에서도 50-70%까지도 성공률이 보고된 바 있다. 하지만 크기가 큰 결석일수록 여러 세션의 치료가 필요할 수 있고 추가적인 수술로 이어질 가능성이 높은 만큼 주로 2 cm 이하의 신결석에서 일차치료로 권장된다. 하부신배에 있는 10 mm 이하의 결석은 충격파쇄석술로 요관내시경 하신결석제거술에 비해 낮은 합병증을 보이면서도 유사한 결석제거율을 보인다[15]. 하지만 10 mm 이상에서는 성공률이 20-29%로 낮아 일차치료로 권장되지 않는다.

1. 체외충격파쇄석술의 적응증과 금기증

요로결석 치료에 있어 체외충격파쇄석술의 명확한 적응증은 존재하지 않는다. 하지만 체외충격파쇄석술의 성공율을 높이고 합병증을 최소화하기 위해서는 무엇보다 적절한 환자 선택이 중요하다. 결석의 크기, 위치, 밀도 등의 결석 요인은 가장 보편적으로 사용되는 치료방법 결정인자이다. 하지만 요로계의 구조적 요인, 그리고 환자의 임상적 요인 등도 충분히 고려되어야 한다. 이러한 정보를 토대로 체외충격파쇄석술에 따른 쇄석정도, 반복적인 시술, 그리고 다른 추가적인 치료의 필요성 등을 예측해 볼 수 있다. 대부분의 결석 치료지침에 따르면 최대 직경이 2 cm 이하인 결석에서 일차적으로 체외충격파쇄석술의 사용을 권고한다. 하지만 일부 문헌에서는 결석이 단단하지 않다면 최대 3 cm까지도 시도해 볼 수 있다고 보고하였다. 단, 이 경우 여러 차수에 걸쳐 시술이 진행될 수 있다는 점과 시술 후 4-7%에서 결석로(steinstrasse)의 발생 가능성에 대해 사전 설명이 필요하다[16,17].

결석의 크기가 커서 반복적인 세션이 예상되거나, 수신증이 있는 경우, 또는 통증이 있는 경우 체외충격파쇄석술 전에 요관스텐트를 삽입하는 경우들이 있다. 충격파쇄석술 전 요관스텐트의 삽입은 결석로 예방에는 도움되지만, 이를 통한 결석제거율의 향상을 기대하기는 어렵다. 일부 연구에서는 오히려 시술 시 요관스텐트의 존재로 인해 결석 조각의 배출이 어려울 수 있다고 보고하였다[1]. 하지만 요관스텐트 삽입으로 여러 합병증들을 예방할 수 있다는 점은 분

명하므로, 선택적인 환자들에게는 요관스텐트를 권고할 수 있겠다.

임신 또는 교정되지 않은 혈액응고장애는 체외충격파쇄석술의 절대적 금기증에 해당된다. 또한 조절되지 않는 요로감염이 동반된 경우에는 이에 대한 치료가 선행되어야 한다. 요로결석과 인접하는 위치에 대동맥류, 신장동맥류가 존재하는 경우, 체외충격파쇄석술에 따른 동맥류파열이 발생할 수 있어 시행하여서는 안된다. 심한 척추측만증에서처럼 자세 확보가 어려운 경우도 체외충격파쇄석이 용이하지 않을 수 있다. 하지만 이러한 환자는 오히려 호흡기적인 문제 때문에 수술 시 마취의 위험성이 높을 수 있으므로, 충격파가 결석에 전달될 수 있는 자세를 최대한 확보하여 비수술적으로 치료하려는 노력이 필요하다. 고혈압 등의 심혈관계 질환, 조절되지 않는 당뇨, 신부전과 충격파쇄석술에 따른 합병증의 상관관계는 명확하지 않다[18].

체외충격파쇄석술은 잘게 부서진 결석 조각을 수동적으로 자연배출시키는 방법인 만큼 요로계의 해부학적 특성의 영향을 받게 된다. 신우이행부협착, 신배계실내 결석, 요관협착 등의 비정상적인 해부학적 특징이 동반된 경우는 능동적인 배출이 가능한 적극적인 수술적 치료방법이 권장된다. 같은 맥락에서 하부신배 결석의 경우도 분쇄된 결석조각의 배출이 신장 내 다른 위치의 결석에 비해 불리할 수 있다. 이러한 치료성적의 차이는 결석위치에 따른 충격파쇄석술의 분쇄 효능의 차이가 아닌 결석조각의 원활하지 않은 배출이 결석재발의 원인으로 작용하기 때문이다. 하부신배 결석의 제거율은 25-85%로 알려져 있다. 신하극에 위치한 결석의 경우, 크기가 15 mm를 초과하면 치료 결과가 낮을 수 있어 일반적으로 체외충격파쇄석술을 권하지 않는다. 일부에서는 10 mm로 제한할 것을 권하기도 한다[15]. 신하극 결석의 경우, calcium oxalate monohydrate, 브르사이트(brushite) 또는 시스틴(cystine) 결석처럼 충격파에 저항을 보이는 결석성분이거나 누두-신우각(infundibular-pelvic angle)이 급격한 예각을 이루거나 신배의 길이가 10 mm 이상으로 길거나 누두(infundibulum)가 좁다면 체외충격파쇄석술보다는 비뇨내시경적 치료(경피신장결석제거술, 경요도신결석제거술 등)를 고려하는 것이 바람직하다[16].

2. 체외충격파쇄석술의 합병증

일반적으로 체외충격파쇄석술의 합병증은 경피신결석제거술이나 경요신결석제거술에 비해 적고 정도도 미약하다. 충격파쇄석술 시술 과정에는 심장박동 장애 증상이 11–59%에서 보고되고 있다. 시술 직 후 신성 산통이 2–4%까지 보고되고 있으며, 매우 드물게 신장혈종에 의한 심한 통증이나 폐혈증이 발생할 수 있다. 수술 후 4–7%에서 결석로 형성에 의한 추가적인 시술이나 수술이 필요할 수 있다. 증상을 동반한 혈종이 가장 심한 형태의 합병증 중 하나이나 1% 미만에서 보고되고 있다. 무증상 혈종은 4–19%까지 보고되나 대부분 자연 회복된다. 장기 합병증으로는 잔석에 의한 재성장이 21–59%까지 보고되고 있어 시술 후 주기적인 모니터링이 필요하다[16].

3. 체외충격파쇄석술의 성공률 향상을 위한 고려사항

체외 충격파와 쇄석술의 활용이 감소한 데에는 연성요관내시경, 레이저 등의 쇄석기술 등 의료기술의 발전도 큰 부분을 차지하지만, 동시에 체외충격파쇄석술을 보다 효율적이면서도 안전하게 사용할 수 있는 방법에 대한 시술자의 연구나 교육 부족 또한 원인으로 볼 수 있다. 체외충격파의 원리를 정확히 이해하고 장점을 극대화한다면, 침습도가 낮으면서도 결석제거율이 높은 치료 수단으로 널리 활용될 수 있을 것이다.

1) 결석의 밀도

비조영증강 컴퓨터단층촬영은 요로결석을 정확하게 진단할 수 있는 표준 영상검사이다. 이를 통해 결석의 위치와 크기 등의 기본 정보 외에도 결석의 밀도(hounsfield unit, HU) 정보를 활용하여 결석의 성분을 간접적으로 예측할 수 있다. 이는 충격파쇄석술 후 결석의 파쇄 정도, 반복적인 세션의 필요성을 예측하고 시술 전 예방조치의 필요성이나 쇄석 시 적절한 충격파의 세기를 가늠하는데 유용하게 활용될 수 있다. 여러 기존 연구들에서 1,000 HU 이하의 결석은 1,000 HU 이상인 경우에 비해 상대적으로 파쇄가 잘 되어 충격파쇄석술의 성공률이 높다는 결과를 보고하였다[19–21]. 따라서 1,000 HU 이상의 결석에서 체외충격파쇄석을 계획할 경우에는 반복적인 세션 및 추가적인 수술이 필

요할 수 있음을 인지하고 환자와 치료 계획을 논의할 필요가 있다[20,22]. 국내 연구에서는 결석을 구성하는 성분이 다양할 수록 체외충격파쇄석술의 치료효과가 떨어지는 것으로는 보고하였다. 결석의 밀도는 일반적으로 HU의 중앙값을 기준으로 판단하지만, 결석 구성성분의 다양성은 HU의 표준편차를 이용하여 계산되는 결석 이질성지표(stone heterogeneity index)를 이용한다[23].

2) 피부-결석 간 거리

컴퓨터단층촬영에서 측정된 피부-결석 간 거리(stone-to-skin distance)를 이용하여 충격파쇄석술의 성공률을 예측할 수 있다. 피부-결석 간 거리는 결석 중앙에서부터 0°, 45°, 90° 각도로 피부까지의 거리로 측정하며, 10 cm 이하인 경우 파쇄 성공률이 유의하게 높은 것으로 보고된다[21,24]. 결국 피부-결석 거리가 10 cm 이상이면 치료 성공률이 상대적으로 낮을 수 있으므로 충격파의 에너지를 상대적으로 높이거나 반복적인 치료세션이 요구될 수 있다. 상대적으로 낮은 치료효과에 대해 환자와 상의가 필요하고 일차적으로 수술적인 치료법을 권하는 것도 고려해야 한다. 동일한 이유에서 비만도가 높은 환자에서는 체외충격파 쇄석술의 효과가 떨어질 수 있으므로 경요도내시경술을 우선적으로 고려하는 것이 권고된다[21].

3) 결합의 최적화

성공적인 충격파쇄석술을 위해서는 충격파 에너지가 결석에 전달되는 과정에서 소멸되지 않아야 한다. 초창기의 쇄석기는 충격파 에너지가 환자에게 전달되는 과정에서 소멸되지 않도록 수조를 이용한 결합 방식을 사용했다. 하지만 최근 사용하는 쇄석기들은 사용 편의성을 위해 물쿠션(water cushion)을 이용한 건식 결합 방식을 사용한다. 충격파 헤드(therapy head)와 피부 사이에 결합이 적절할지 않을 경우 충격파의 에너지가 소실되어 결석 분쇄효과가 떨어진다. 결합의 최적화를 위해서는 초음파 젤과 같은 결합매질(coupling media)을 적절하게 사용해야 한다.

이상적인 결합을 위해서는 첫째, 충격파 헤드에 결합매질을 도포할 때 기포가 생기지 않도록 주의해야 한다. 매우 적은 양의 기포만으로도 충격파 에너지가 결석에까지 도달하는 과정에 약화되거나 소멸될 수 있기 때문이다. 가능한 낮

은 점도의 매질을 사용 것이 좋고 매질에 기포가 발생하지 않도록 용기를 흔들지 않아야 한다. 둘째, 매질을 환자보다는 헤드 쪽에 우선적으로 충분히 넓게 도포하는 것이 좋다. 셋째, 쇄석과정 중 환자의 움직임에 따라 발생할 수 있는 탈 결합(decoupling)을 주의해야 한다.

4) 환자 자세

결석을 조준할 때 충격파의 경로로 골격구조가 있을 경우 전달되는 에너지의 양이 감소될 수 있다. 등쪽 방향에서 충격파를 전달할 때에는 척추뼈의 횡돌기, 갈비뼈, 골반뼈가 충격파 전달을 방해하게 된다. 천장뼈나 척추뼈와 골반뼈의 가장자리 사이에 결석이 위치한다면, 쇄석기 종류와 상관없이 충격파 에너지의 상당량이 골격구조에 의해 손실된다. 이러한 경우 환자의 자세를 조절하더라도 가급적이면 등쪽 방향에서 충격파를 전달하는 것이 좋다. 환자의 자세를 조절했음에도 조준이 여의치 않을 경우, 복부 방향에서의 접근을 고려한다. 중부나 하부 요관결석의 경우에도 이와 같이 접근하는 것이 보다 효과적이다. 누운 자세에서의 둔근을 통한 충격파 전달이 효율적이라고 보고한 연구도 있다[25].

복부 방향에서 충격파를 전달하는 경우 장내 가스가 걸림돌이 될 수 있다. 충격파의 경로에 다량의 가스가 존재할 경우 충격파 에너지의 대부분이 소멸될 뿐 아니라 장 손상의 위험성이 있기 때문에 시술을 중단 또는 미룰 것을 권한다.

5) 충격파 에너지의 효율적 전달

(1) 충격파 에너지의 단계적 증량

낮은 에너지의 충격파로 시작하여 단계적으로 에너지를 증량하는 램핑기법(ramping)은 매우 효과적이면서 신우나 상부 요관의 출혈과 조직손상을 줄일 수 있어 안전한 방법이다. 램핑기법을 적용할 경우, 환자가 통증에 서서히 적응할 수 있게 하여 시술 중 움직임을 최소화할 수 있다. 또한 초반부터 높은 에너지를 사용하거나 에너지를 급격하게 올리는 방법에 비해 효율적인 파쇄가 가능하다. 이는 결석의 성분에 따라 파쇄가 일어나는 에너지의 역치가 다르며 충격파의 에너지가 상대적으로 낮을 경우 결석을 보다 작은 조각으로 파쇄시킬 수 있기 때문이다. 낮은 에너지로도 파쇄가 저명해 보인다면, 에너지를 굳이 증량시킬 필요가 없다. 마지막으로, 낮은 에너지로 치료 시작 후 휴지기를 가지면 주변

조직의 혈관수축을 유도하여 신장손상이나 출혈을 줄일 수 있다[26,27].

(2) 충격파 횡수

충격파의 총 횡수와 에너지가 과도할 경우 신장을 포함한 주변 조직들이 손상될 수 있기 때문에, 일정한 수준을 넘기지 않는 것이 중요하다. 총 충격파 횡수는 2,000-4,000 사이가 적절하며, 결석의 밀도, 환자의 신체특성 등을 감안하여 횡수를 조정한다. 치료 중 결석의 파쇄 정도를 주기적으로 관찰하며 충분히 파쇄된 것으로 판단될 경우 조기치료종료도 고려해야 한다. 고혈압, 심혈관계질환, 당뇨, 신기능저하 등의 위험요인이 있는 환자들의 경우, 충격파 횡수와 에너지를 낮추어 진행하는 것이 보다 안전하다.

(3) 충격파 빈도

일반적으로 충격파 빈도가 낮을 때 파쇄 효율이 높은 것으로 알려져 있다. 1 cm 이상의 신우결석을 대상으로 한 연구에서 60-90회/분(1.0-1.5 Hz)이 120회/분(2 Hz)에 비해 더욱 효율적인 것으로 보고되었다. 출혈위험도가 높거나 소아인 경우에는 60 Hz로 시행하는 것을 권한다[28].

6) 합병증의 예방 및 치료

충격파쇄석술 전 예방적 항생제의 사용은 권장되지 않으나, 시술 전 감염이 의심되는 상황에서는 요로감염에 대한 조절 후 시술하는 것이 바람직하다. 추가치료로 요관 스텐트가 예상되는 경우 및 세균집락의 증가가 있는 경우 예방적 항생제 사용을 권유하고 있다. 시술 자체에 의해서나 파쇄된 결석이 배출되는 과정에 유발되는 통증은 비스테로이드소염제, 알파차단제 등의 약물을 이용하여 조절을 하게 된다[29]. 하지만 이러한 약물을 이용한 대증치료에도 효과가 없을 경우에는 예정된 시점보다 일찍 영상검사를 시행하여 결석로 등의 합병증 발생여부를 확인하고 필요에 따라서는 요관스텐트나 경피적신루를 설치해야 할 수 있다.

결론

요로결석의 치료는 대기요법에서부터 개복수술에 이르기까지 치료의 범위가 매우 넓다. 치료방법의 결정에 있어서는

결석 자체의 요인, 요로계의 구조적 요인, 환자의 임상적 요인 등 여러 다양한 인자들을 고려해야 한다. 높은 결석 제거율이라는 최종 치료목표를 달성하는 것도 중요하지만 이 과정에 발생하는 기회비용, 합병증 등도 충분히 고려되어야 한다. 적절하게 선택된 환자군에서 보존적치료, 약물요법, 체외충격파쇄석술 등의 비수술적인 접근은 비침습 또는 최소침습적이면서 매우 효과적인 치료방법이 될 수 있다.

찾아보기말: 요로결석; 치료; 약물요법; 쇄석술

ORCID

Hyung Joon Kim, <https://orcid.org/0000-0003-3975-3045>

Conflict of Interest

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

References

- Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, Alken P, Buck AC, Gallucci M, Knoll T, Lingeman JE, Nakada SY, Pearle MS, Sarica K, Turk C, Wolf JS Jr; American Urological Association Education and Research, Inc; European Association of Urology. 2007 Guideline for the management of ureteral calculi. *Eur Urol* 2007;52:1610-1631.
- Chung DY, Kang DH, Cho KS, Jeong WS, Jung HD, Kwon JK, Lee SH, Lee JY. Comparison of stone-free rates following shock wave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy, and retrograde intrarenal surgery for treatment of renal stones: a systematic review and network meta-analysis. *PLoS One* 2019; 14:e0211316.
- Campschroer T, Zhu X, Vernooij RW, Lock MT. Alpha-blockers as medical expulsive therapy for ureteral stones. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;(4):CD008509.
- Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, Alken P, Buck C, Gallucci M, Knoll T, Lingeman JE, Nakada SY, Pearle MS, Sarica K, Turk C, Wolf JS Jr; EAU/AUA Nephrolithiasis Guideline Panel. 2007 Guideline for the management of ureteral calculi. *J Urol* 2007;178:2418-2434.
- Miller OF, Kane CJ. Time to stone passage for observed ureteral calculi: a guide for patient education. *J Urol* 1999;162:688-690.
- De Coninck V, Antonelli J, Chew B, Patterson JM, Skolarikos A, Bultitude M. Medical Expulsive therapy for urinary stones: future trends and knowledge gaps. *Eur Urol* 2019;76:658-666.
- Tiselius HG. Chemolytic treatment of patients with urinary tract stones. In: Rao NP, Preminger GM, Kavanagh JP, editors. *Urinary tract stone disease*. London: Springer-Verlag; 2011. p. 627-637.
- Kang HW, Seo SP, Ha YS, Kim WT, Kim YJ, Yun SJ, Kim WJ, Lee SC. Chronological trends in clinical and urinary metabolic features over 20 years in Korean urolithiasis patients. *J Korean Med Sci* 2017;32:1496-1501.
- Abou-Elela A. Epidemiology, pathophysiology, and management of uric acid urolithiasis: a narrative review. *J Adv Res* 2017;8:513-527.
- Tsaturyan A, Bokova E, Bosshard P, Bonny O, Fuster DG, Roth B. Oral chemolysis is an effective, non-invasive therapy for urinary stones suspected of uric acid content. *Urolithiasis* 2020 Aug 7 [Epub]. <https://doi.org/10.1007/s00240-020-01204-8>.
- Gridley CM, Sourley MW, Lehman A, Knudsen BE. Medical dissolution therapy for the treatment of uric acid nephrolithiasis. *World J Urol* 2019;37:2509-2515.
- Kachrilas S, Papatsoris A, Bach C, Bourdoumis A, Zaman F, Masood J, Buchholz N. The current role of percutaneous chemolysis in the management of urolithiasis: review and results. *Urolithiasis* 2013;41:323-326.
- Chung DY, Cho KS, Lee DH, Han JH, Kang DH, Jung HD, Kwon JK, Ham WS, Choi YD, Lee JY. Impact of colic pain as a significant factor for predicting the stone free rate of one-session shock wave lithotripsy for treating ureter stones: a Bayesian logistic regression model analysis. *PLoS One* 2015; 10:e0123800.
- Skolarikos A, Alivizatos G, de la Rosette J. Extracorporeal shock wave lithotripsy 25 years later: complications and their prevention. *Eur Urol* 2006;50:981-990.
- Chaussey C, Bergsdorf T. Extracorporeal shockwave lithotripsy for lower pole calculi smaller than one centimeter. *Indian J Urol* 2008;24:517-520.
- Turk C, Petrik A, Sarica K, Seitz C, Skolarikos A, Straub M, Knoll T. EAU guidelines on interventional treatment for urolithiasis. *Eur Urol* 2016;69:475-482.
- Talso M, Tefik T, Mantica G, Rodriguez Socarras M, Kartalas Goumas I, Somani BK, Esperto F. Extracorporeal shockwave lithotripsy: current knowledge and future perspectives. *Minerva Urol Nefrol* 2019;71:365-372.
- Aboumarzouk OM, Kata SG, Keeley FX, McClinton S, Nabi G. Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) versus ureteroscopic management for ureteric calculi. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;(5):CD006029.
- Pareek G, Armenakas NA, Fracchia JA. Hounsfield units on computerized tomography predict stone-free rates after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2003;169:1679-1681.
- Gucuk A, Uyeturk U. Usefulness of hounsfield unit and density in the assessment and treatment of urinary stones. *World J Nephrol* 2014;3:282-286.
- Pareek G, Armenakas NA, Panagopoulos G, Bruno JJ, Fracchia JA. Extracorporeal shock wave lithotripsy success based on body mass index and Hounsfield units. *Urology* 2005;65:33-36.
- Bres-Niewada E, Dybowski B, Radziszewski P. Predicting stone composition before treatment - can it really drive clinical decisions? *Cent European J Urol* 2014;67:392-396.

23. Lee JY, Kim JH, Kang DH, Chung DY, Lee DH, Do Jung H, Kwon JK, Cho KS. Stone heterogeneity index as the standard deviation of Hounsfield units: a novel predictor for shock-wave lithotripsy outcomes in ureter calculi. *Sci Rep* 2016;6:23988.
24. Cho KS, Jung HD, Ham WS, Chung DY, Kang YJ, Jang WS, Kwon JK, Choi YD, Lee JY. Optimal skin-to-stone distance is a positive predictor for successful outcomes in upper ureter calculi following extracorporeal shock wave lithotripsy: a bayesian model averaging approach. *PLoS One* 2015;10: e0144912.
25. Choo MS, Han JH, Kim JK, Shin TY, Lee WK, Lee SK, Lee SH. The transgluteal approach to shockwave lithotripsy to treat distal ureter stones: a prospective, randomized, and multicenter study. *World J Urol* 2018;36:1299-1306.
26. Ng CF, Yee CH, Teoh JY, Lau B, Leung SC, Wong CY, Wong KT, Chu WC, Yuen J. Effect of stepwise voltage escalation on treatment outcomes following extracorporeal shock wave lithotripsy of renal calculi: a prospective randomized study. *J Urol* 2019;202:986-993.
27. Park J, Kim HW, Hong S, Yang HJ, Chung H. Comparison of treatment outcomes according to output voltage during shock-wave lithotripsy for ureteral calculi: a prospective randomized multicenter study. *World J Urol* 2015;33:609-615.
28. Kang DH, Cho KS, Ham WS, Lee H, Kwon JK, Choi YD, Lee JY. Comparison of high, intermediate, and low frequency shock wave lithotripsy for urinary tract stone disease: systematic review and network meta-analysis. *PLoS One* 2016;11: e0158661.
29. Skolarikos A, Grivas N, Kallidonis P, Mourmouris P, Rountos

T, Fiamegos A, Stavrou S, Venetis C; Members of RISTA Study Group. The efficacy of medical expulsive therapy (met) in improving stone-free rate and stone expulsion time, after extracorporeal shock wave lithotripsy (swl) for upper urinary stones: a systematic review and meta-analysis. *Urology* 2015;86:1057-1064.

Peer Reviewers' Commentary

요로결석은 극심한 통증을 나타내며 매우 빈도가 높은 질환으로 식생활 및 생활습관의 변화로 환자가 날로 증가하는 질환이다. 이 논문에서는 요로결석의 비수술적 치료에 대하여 보존적 치료, 약물요법, 체외충격파쇄석술로 나누어 실제 임상현장에서 적용시 주의사항과 각각의 치료의 효과 및 합병증 등에 대하여 자세히 정리하여 설명하고 있다. 최근 내시경 기구와 의료소모품의 발달로 비노내시경을 이용한 수술적 치료가 5년 사이 두배 이상 증가하고 있다. 하지만 입원의 필요성과 마취에 대한 부담으로 비수술적 치료를 시행하는 경우가 훨씬 많다. 이 논문은 실제 임상 현장에서 요로결석 환자 진료 시 비수술적 치료 방법의 결석 제거율과 합병증 등에 대해 잘 설명하고 있어, 치료방법을 결정하는데 좋은 지침이 될 수 있을 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]