

성공적인 체외충격파 쇄석술을 위한 제언

구교철*

연세대학교 의과대학 비뇨의학교실

*Corresponding author: GCKOO@yuhs.ac

1. 서론

체외충격파 쇄석술 (extracorporeal shockwave lithotripsy; ESWL)은 안전하고 효율적인 요로결석의 1차 치료로 널리 사용되고 있다. 국내의 경우, 요로결석의 치료 건수 중 ESWL이 차지하는 비중은 80%에 달한다. ESWL은 입원이나 마취를 요하지 않고 외래기반으로 시행할 수 있는 점이 최대 장점이다. 반면에 결석의 크기, 위치, 성분, 충격파의 시퀀스 (sequence), 및 시술사의 숙련도에 따라 성공률의 차이가 크기 때문에, 수술적 치료에 비해 재시술율이 높으며 경우에 따라 요관 스텐트 삽입술 등의 후속 치료가 필요한 단점도 있다.

요로결석 치료에 관한 국내의 치료지침들이 꾸준히 업데이트되고 있지만, 여전히 ESWL과 수술적 치료의 선택에 있어서 적응증이 명확히 구분되어 있지 않다. 연성요관내시경과 내시경 쇄석기의 기술적 발전과 함께, 전신마취 수술이 가능한 병원들에서는 지난 10년 동안 ESWL의 인기가 감소한 것도 사실이다. 이는 ESWL을 시행함에 있어 기본원칙이 지켜지지 않거나, 관심이 불충분하여 교육이 제대로 이뤄지지 않은 결과이기도 하다. 따라서 ESWL의 성공률을 높일 수 있다면, 적용범위를 넓힘과 동시에 더욱 많은 환자들에게 부담이 적은 최적의 결석 치료법이 될 수 있겠다.

ESWL의 성공률을 높이기 위해 전통적으로 충분한 수분섭취와 운동이 권장되지만, 이 방법만으로 성공률을 유의미하게 향상시키는데 한계가 있다. ESWL의 성공률을 높이고 합병증을 최소화하기 위해 최우선적으로 고려할 사항은 적합한 환자의 선택이다. ESWL의 성공예측 인자들로 알려진 결석의 성분, 표면적 또는 부피, 컴퓨터단층촬영 밀도 (CT Hounsfield units; HU), 환자의 신체 특성 (체질량지수 및 피부-결석 거리), 및 해부학적 기형 등이 고려되어야 한다 [1,2]. 이 요소들을 모두 종합하여 환자를 선택해야만

효율적인 ESWL이 가능하다. 이 글에서는 그간 발표된 국내외 연구들을 기반으로, ESWL의 성공률을 높이기 위해 고려해 볼만한 내용을 정리하였다.

2. 올바른 환자의 선택

2.1. 결석의 밀도 (Hounsfield units)

비조영-컴퓨터단층촬영 (non-contrast CT; NCCT)은 결석을 평가하는데 있어서 정확도가 가장 우수하여 결석의 평가목적으로 해마다 시행건수가 늘어나고 있다. NCCT는 KUB에 비해 방사선-투명 또는 크기가 작은 결석을 쉽게 진단할 수 있으며, 장 가스 음영에도 영향을 받지 않는다. 또한 IVP와 달리 요오드성 조영제를 사용할 필요가 없는 장점도 있다.

NCCT를 활용한 HU 정보로 결석의 성분을 간접적으로 예측할 수 있는데, 이는 ESWL 후 결석의 파쇄 정도, 반복적인 세션의 필요성 및 ESWL 전 예방조치의 필요성을 가능하게 하는데 유용하다. 결석이 1000 HU 이하인 경우, 1000 HU 이상인 경우에 비해 상대적으로 파쇄가 잘되어 ESWL 성공률이 높다 [3]. 따라서 1000 HU 이상의 결석에 대해 ESWL을 계획할 경우에는 환자에게 반복적인 세션이 필요할 수 있으며, 이것이 치료 실패로 간주되기 보다는 결석과 치료원리의 물리화학적 특성 때문임을 미리 주지시키는 것이 좋겠다.

2.2. 피부-결석 간 거리

NCCT로 쉽게 측정 가능한 피부-결석 간 거리 (stone-to-skin distance) 정보를 이용하여 ESWL 성공률을 예측할 수 있다. 피부-결석 간 거리가 10 cm 이하인 경우, 10 cm 이상인 경우에 비해 파쇄 성공률이 유의하게 높은 것으로 보고된다 [4]. 따라서 피부-결석 거



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.

리가 10 cm 이상인 경우 충격파의 에너지를 상대적으로 높게 적용하는 것을 고려해야 하며, 치료 성공률이 상대적으로 낮을 수 있음을 환자에게 알리는 것이 좋겠다. 만약 환자가 반복적인 치료 세션에 동의하지 않을 경우 수술적인 치료법을 권하는 것이 좋겠다.

3. 결합 (coupling)의 최적화

성공적인 ESWL을 위해서는 충격파 에너지가 결석에 전달되는 과정에서 소멸되지 않아야 한다. Dornier HM3와 같은 초창기의 쇄석기는 충격파 에너지가 환자에게 전달되는 과정에서 소멸되지 않도록 수조를 이용한 coupling 방식을 사용했다. 반면 현대식 쇄석기들은 사용 편의성을 위해 water cushion을 이용한 건식 coupling 방식을 사용한다. 이 때문에 충격파 헤드와 피부 사이에 초음파 젤과 같은 결합매질 (coupling media)을 사용해야 하는데, 여기서 충격파의 에너지가 소멸되는 경우가 많다.

Decoupling에 의한 충격파 에너지 소멸을 최소화하기 위해서는; 첫째, 충격파 헤드에 결합매질을 도포할 때 기포가 생기지 않도록 주의해야 한다. 매우 적은 양의 기포만으로 충격파 에너지가 약해지거나 때로는 완전히 소멸될 수 있기 때문이다. 이상적인 coupling을 위해서는 가급적 낮은 점도의 매질을 사용 것이 좋으며, 매질에 기포가 발생하지 않도록 용기를 흔들지 않아야 한다. 둘째, 매질은 환자보다는 헤드 쪽에 우선 도포해야 하며 충분한 양을 넓게 도포하는 것이 좋다. 셋째, 치료 중 환자의 움직임에 따라 발생할 수 있는 decoupling에 주의해야 한다. 치료가 시작된 후에는 충격파가 효율적으로 전달되고 있는지 알 수 없기 때문에, 치료 중 환자의 과도한 움직임을 면밀히 관찰해야 한다. 이를 보완하기 위해 최근에는 충격파 전달이 원활하지 않는 경우를 자동 탐지하는 쇄석기들이 출시되고 있다 [2].

4. 환자 자세

결석을 조준할 때에는 각종 골격구조가 충격파의 경로를 방해하지 않는지 확인해야 한다. 등쪽 방향에서 충격파를 전달할 때에는 척추뼈의 횡돌기, 갈비뼈, 및 골반뼈가 충격파를 방해할 수 있다. 최적의 충격파 경로는 쇄석기의 종류와 환자의 특성에 따라 다르지만, 일반적으로는 [그림 1]에 표기된 영역에 따라 선택하는 것이 좋다 [1].



그림 1. 영역에 따라 고려해야 할 충격파 전달 방향

녹색 영역에 위치한 결석의 경우 충격파를 등쪽 방향에서 전달하는 것이 좋으며, 붉은 영역에 위치한 결석의 경우 상황에 따라 복부 방향에서의 전달을 고려할 수 있다. 천장뼈 (sacroiliac)나 척추뼈와 골반뼈의 가장자리 (pelvic brim) 사이 각도에 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 좋다. 누운 자세에서의 둔근을 통한 (trans-gluteal) 충격파 전달이 효율적이라는 보고들도 있다 [1].

복부 방향에서 충격파를 전달하는 경우 장내 가스가 걸림돌이 될 수 있다. 충격파의 경로에 가스가 존재할 경우 충격파 에너지의 대부분이 소멸될 뿐 아니라 장 손상의 위험성이 있기 때문에 시술을 하지 않는 것이 좋겠다. 좌측 결장의 가스는 관장이나 복부마사지를 통해 위치를 이동시키거나 없애볼 수 있다.

5. 시술 중 환자의 호흡

신우와 상부 요관결석의 경우, 환자의 호흡주기에 의해 결석이 움직이는 거리가 상당히 충격파의 적중률이 떨어질 수 밖에 없다. 흡기에 비해 호기 주기가 2배 가량 길기 때문에, 호기 주기에서 초점을 맞춰야 적중률을 높일 수 있다. 결석의 과도한 움직임

을 최소화하는 방법으로 환자의 상복부에 벨트나 판을 적용해 볼 수 있다 [5]. 이는 충격파의 적중률을 높이는 효과뿐 아니라, 충격파 헤드와 환자 사이 접촉을 최적화하는 데에도 도움이 된다. 고주파 호흡을 통해 적중률을 높이는 방법도 알려져 있지만, 이 경우 전신 마취가 필요하여 ESWL의 장점을 살리지 못하는 한계가 있겠다.

충분한 통증 조절은 효율적인 ESWL을 위해 필수적이다. 시술 중 통증으로 인한 환자의 움직임은 조준 (targeting)과 coupling 모두에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 형광 투시법을 이용할 때에는 펄스 투시법을 이용하여 방사선 조사량을 가급적 최소화해야 하며, 환자의 호흡으로 조준이 용이하지 않은 경우 연속 투시법을 이용한다. 총 투시시간을 많이 가질수록 ESWL 성공률이 높아진다는 보고도 있다 [6]. 환자와 의사 모두에게 방사선조사량을 최소화하는 것이 중요한데, 콜리메이터 (collimater)를 사용함으로써 상당량의 방사선량을 줄일 수 있다. 콜리메이터의 조리개 넓이를 7x7cm으로 적용할 경우, 적용하지 않은 경우에 비해 방사선조사량을 20배까지 줄일 수 있다고 한다.

6. 기술적 측면

6.1. 충격파 에너지의 단계적 증량 (dose escalation)

신우나 상부 요관의 출혈과 조직손상을 줄이기 위해서 낮은 에너지의 충격파로 시작하는 것이 권고된다. 이후 단계적으로 에너지를 증량하는 것이 좋은데, 이를 램핑기법 (ramping)이라고 한다. 램핑기법의 장점으로는; 첫째, 환자를 통증에 서서히 적응시켜 움직임을 줄일 수 있다. 둘째, 결석의 파쇄 정도에 따라 불필요한 부위에 필요 이상의 충격파가 전달되는 것을 줄일 수 있다. 셋째, 초반부터 높은 에너지를 사용하거나 에너지를 급격하게 올리는 방법에 비해, 램핑기법을 이용할 경우 결석의 파쇄가 더욱 효율적이다. 충격파의 에너지가 상대적으로 낮을 경우 결석을 보다 작은 조각으로 파쇄시킬 수 있기 때문이다. 하지만 결정 사이의 인력을 끊어낼 만한 일정한 수준 이상의 충격파 에너지가 필요하다라는 것을 간과해서는 안되겠다. 낮은 에너지로도 파쇄가 저명해 보인다면, 에너지를 굳이 증량시킬 필요는 없겠다. 넷째, 낮은 에너지로 치료 시작 후 휴지기 (pause period)를 가지면 주변 조직의 혈관수축을 유도할 수 있다. 최근 연구에서 치료 중 휴지기를 통해 신장 손상과 출혈의 위험성을 낮출 수 있는 것으로 보고되었다 [7].

6.2. 충격파 횟수

충격파의 총 횟수와 에너지가 과도할 경우 신장을 포함한 주변 조직들이 손상될 수 있기 때문에, 일정한 수준을 넘기지 않는 것이 중요하다. 적정 횟수와 에너지에 대한 명확한 지침은 없지만, 쇄석기의 종류에 따라 상한선이 다르므로 각 제조업체의 권고지침을 따르는 것이 좋다. 일반적으로 총 충격파 횟수는 2000-4000 사이가 적절하며, 결석의 밀도, 환자의 신체특성, 및 전달할 총 에너지를 기준으로 조정한다. 치료 중 결석의 파쇄 정도를 관찰하며 충분하다고 판단될 때는 치료를 조기에 종료하는 것도 방법이다. 결석을 덮고 있는 파편은 충격파 에너지의 전달을 감소시키기 때문에, 3000~4000회를 시행했음에도 불구하고 결석 주변에 파편이 있으면서 파쇄가 저명하지 않다면, 치료중단 후 반복적인 세션을 고려하는 것이 좋겠다. 고혈압, 심혈관계 질환, 당뇨, 신기능 저하 등의 위험요인이 있는 환자들의 경우, 충격파 횟수와 에너지를 전반적으로 낮춰 진행하는 것이 안전하겠다 [1].

6.3. 충격파 빈도

적정 충격파 빈도에 대한 명확한 지침은 없지만, 통상적으로 빈도가 낮을 때 파쇄 효율이 높은 것으로 알려져 있다. 1 cm 이상의 신우결석을 대상으로 한 연구들에서 60~90회/분 (1.0~1.5 Hz)이 120회/분 (2 Hz)에 비해 더욱 효율적인 것으로 보고되었다 [8]. 대부분 신우결석을 대상으로 한 연구들이지만, 요관결석을 대상으로 한 연구에서도 충격파 빈도가 낮을 때 파쇄가 더욱 효율적인 것으로 보고된다.

7. 파쇄된 결석의 효율적인 배출

7.1. 약물요법

약물요법은 파쇄된 결석의 배출을 촉진시키고 배출 시 통증을 경감시키기 목적으로 사용된다. 파쇄된 결석의 배출을 저해하는 요인들로는 감염, 평활근 경련, 및 요관부종 등이 있다. 여러 전향적 임상연구들을 대상으로 한 메타분석에서 α -아드레날린 길항제, 칼슘통로 차단제, 코르티코스테로이드 (corticosteroid), 비스테로이드 항염증제 (NSAIDs) 등과 같은 약물요법이 ESWL의 성공률을 17%까지 증가시키는 것으로 나타났다. 아울러, 결석의 크기가 클수록 약물요법의 효과가 더욱 높은 것으로 보고되었다 [9].

요관의 연동운동 빈도와 평활근 수축은 α -아드레날린 수용체에

의해 조절된다. α -아드레날린 길항제는 요관의 기저내압과 수축력을 낮추고 요관 연동운동의 주기와 강도를 억제함으로써 요관 확장 효과를 일으키고, 결과적으로 소변 흐름을 증가시켜 결석의 배출을 촉진시킨다. 결석의 위치별로 α -아드레날린 길항제의 효과를 비교분석한 연구들에서 요관 결석이 하부에 위치한 경우 자연배출 성공률이 더욱 높은 것으로 보고하였다. 이는 $\alpha 1$ -아드레날린 수용체의 분포가 하부 요관에 더욱 풍부하다는 이론과 부합되는 결과이다.

α -아드레날린 길항제만큼의 연구는 없지만, 칼슘통로 차단제인 nifedipine과 포스포디에스테라제-5 억제제 (PDE5 inhibitor)인 tadalafil도 결석의 자연배출율을 높이고 통증을 경감시키는 것으로 알려져 있다. Nifedipine은 요관 평활근의 수축력을 감소시켜 결석에 의한 요관 경련과 연동 운동을 억제시켜 결석의 배출을 돕는다. 하지만 nifedipine은 α -아드레날린 길항제에 비해 전반적으로 성공률이 낮으며, 특히 하부 요관의 결석배출에는 효과가 더욱 낮은 것으로 보고된다. 따라서 2019년 EAU guideline은 요관 결석의 자연배출 유도목적으로 α -아드레날린 길항제를 최우선적으로 권고한다 [10].

7.2. 요관 스텐트의 사용

2019년 EAU guideline은 ESWL 시행 전 관례적인 요관 스텐트 삽입술을 권고하고 있지 않다. 결석의 크기가 커서 반복적인 세션이 예상되거나, 수신증이 있는 경우, 또는 통증이 있는 경우 ESWL 전에 요관 스텐트를 삽입하는 경우들이 있다. 하지만 ESWL 전 요관 스텐트 삽입의 효과를 분석한 연구들을 종합해 봤을 때 요관 스텐트는 steinstrasse 예방에는 도움되지만, 자연배출 성공률은 높이지 못한다는 결론이다 [10]. 하지만 요관 스텐트 삽입으로 여러 합병증들을 예방할 수 있다는 점은 분명하므로, 선택적인 환자들에게는 요관 스텐트를 권고할 수 있겠다.

7.3. ESWL 후 결석배출에 도움이되는 운동

결석 파편의 원활한 배출을 위해서 역자세 및 타진 (inversion and percussion) 요법이 도움될 수 있다 [11]. 환자의 상체를 아래로 향하게 한 후 보호자가 해당 시술 부위를 타진하는 요법이다 [그림 2]. 이 요법의 효과를 극대화하기 위한 최적 자세와 타진 횟수에 대한 표준지침은 제시되어 있지 않다. 하지만 많은 연구들에서 이 요법이 잔존 파편 (특히 하부 신배)을 배출시키는데 효과적



그림 2. 역자세 및 타진 (inversion and percussion) 요법

이며, 배출되지 못한 파편에 대한 2차 침습 시술의 가능성을 낮출 수 있는 것으로 보고하였다.

8. 결론

ESWL은 시술자에 따라 성공률 간 편차가 큰 치료법이다. 연성 요관내시경과 내시경 쇄석기의 기술적 발전과 보급과 함께 전신 마취 수술이 가능한 기관들에서는 지난 10년 간 ESWL의 인기가 감소하였다. 이는 ESWL의 기본원칙이 지켜지지 않거나 관심이 부족하여 제대로 된 교육이 이뤄지지 않은 결과이기도 하다. 불필요하게 높은 횟수나 에너지의 충격파를 이용하여 1회 세션으로 끝내려는 무리한 목표를 잡기보다는, 환자에게 반복적인 세션이 필요할 수 있으며 이것이 치료 실패보다는 치료의 특성으로 간주되어야 한다는 점을 주시시켜야 한다. 모든 외과 수술과 마찬가지로 ESWL을 계획할 때도 환자와 결석의 특성을 파악하여 적응증을 지킨다면, 복잡 (complex) 결석에도 입원과 마취 없이 안전하게 시술할 수 있는 매우 효율적인 치료법으로 활용될 수 있겠다.

References

1. Chaussy CG et al., How can and should we optimize extracorporeal shockwave lithotripsy?, Urolithiasis, 2018
2. Krocak T et al., Shockwave lithotripsy: techniques for improving outcomes, World J Urol, 2017
3. Ouzaid I et al., A 970 Hounsfield units (HU) threshold of kidney stone density on non-contrast computed tomography (NCCT) improves patients' selection for extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL): evidence from a prospective study, BJU Int, 2012

4. Patel T et al., Skin to stone distance is an independent predictor of stone-free status following shockwave lithotripsy, J Endourol, 2009
5. Tiselius HG et al., Aspects on how extracorporeal shockwave lithotripsy should be carried out in order to be maximally effective, Urol Res, 2012
6. Ordon M et al., Does the radiologic technologist or the fluoroscopy time affect treatment success with shockwave lithotripsy?, J Endourol, 2012
7. Lingeman JE et al., Shock wave lithotripsy: advances in technology and technique, Nat Rev Urol, 2009
8. Li K et al., Optimal frequency of shock wave lithotripsy in urolithiasis treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, J Urol, 2013
9. Schuler TD et al., Medical expulsive therapy as an adjunct to improve shockwave lithotripsy outcomes: a systematic review and meta-analysis, J Endourol, 2009
10. EAU Guidelines. Edn. presented at the EAU Annual Congress Barcelona, 2019. ISBN 978-94-92671-04-2 (Available at: <https://uroweb.org/guidelines/compilations-of-all-guidelines/>).
11. Pace KT et al., Mechanical percussion, inversion and diuresis for residual lower pole fragments after shock wave lithotripsy: a prospective, single blind, randomized controlled trial, J Urol, 2001