

체외충격파쇄석술 시 환자와 시술자에게 가해지는 방사선량

Scattered Radiation Doses to the Patients and Medical Practitioner from Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy

Seung Whan Doo, Won Jae Yang, Yun Seob Song, Young Ho Park, Kyung Hwa Lee

From the Department of Urology, College of Medicine, Soonchunhyang University, Seoul, Korea

Purpose: We estimated scattered radiation doses to the patients and medical practitioner and revealed risk factors associated with increasing radiation doses during extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL).

Materials and Methods: At first, we measured radiation doses 2 times using thermoluminescence dosimeter to simulative patients and medical practitioner without any shield during 10 minutes of ESWL and determined mean radiation dose/minute. From June to August 2007 at our institution, we prospectively measured radiation exposed time during respective ESWL for treatment of urinary stones. Thereafter, we calculated practical radiation doses to patients and medical practitioner from respective mean radiation dose/minute. We also analyzed which factors were associated with increasing radiation doses.

Results: A total of 50 ESWL were analyzed from 38 patients. Mean radiation dose/minute to simulative patients and medical practitioner was 16.20, 0.006mSv respectively. At 1 time ESWL, median radiation exposed time was 360 seconds (130-980), therefore, median radiation dose to patients and medical practitioner was calculated as 97.20mSv (35.10-264.60), and 0.04mSv (0.01-0.08) respectively. Larger stone size had a correlation with increasing radiation dose and additional pain control group had higher radiation dose than otherwise.

Conclusions: During ESWL, patients were relatively exposed to high radiation which were roughly corresponded to that of 3 times of computed tomography. But the radiation dose to medical practitioner was insignificant consider international guideline. Medical practitioner should be aware of radiation hazard and try to minimize radiation dose to the patients at the time of ESWL. (Korean J Urol 2008;49:155-159)

Key Words: Lithotripsy, Radiation

대한비뇨기과학회지
제 49 권 제 2 호 2008

순천향대학교 의과대학
비뇨기과학교실

두승환 · 양원재 · 송윤섭
박영호 · 이경화

접수일자 : 2007년 10월 5일
채택일자 : 2007년 12월 3일

교신저자: 양원재
순천향대학교 의과대학
서울순천향병원 비뇨기과
서울시 용산구 대사관길 22
☎ 140-743
TEL: 02-709-9378
FAX: 02-709-9265
E-mail: wonjya@hosp.sch.ac.kr

서론

최근 들어 방사선의 유해성에 대한 일반인의 이해와 관심이 높아지고 있으나 비뇨기과 영역의 진단 및 치료에 사용하는 영상장비에서 발생하는 방사선량에 대한 연구는 미미하다. 체외충격파쇄석술 (extracorporeal shock wave lithotripsy; ESWL)은 요석 치료에 있어서 비침습적이고 성공률이

높은 방법으로 폭넓게 사용되고 있다.^{1,2} ESWL 시행 시 환자와 시술자는 X-선 투시장치 (C-arm fluoroscopy unit)로 인해 불가피하게 방사선에 노출되지만, 환자와 시술자에게 가해지는 방사선량 자체와 이의 증가에 어떤 요인이 관여하는지에 대해 아직까지 국내에서는 연구된 바가 없다.

이에 저자들은 요석 치료에 있어서 ESWL 시 환자와 시술자에게 가해지는 방사선량을 측정하고, 이를 증가시키는 요인들에 대해 알아보았다.

대상 및 방법

2007년 6월부터 8월까지 콩팥 및 요관의 결석으로 진단되어 ESWL을 시행 받은 환자를 대상으로 전향적으로 진행하였다. 환자는 시술 전 통증 조절을 위한 진통제인 디클로페낙(diclofenac sodium 75mg)을 근주로 투여 받았고, 이에 불구하고 시술 중 심한 통증을 호소할 경우 마약성 진통제인 염몰핀 주(morphine hydrochloride 5mg)를 추가로 근주하였다. 결석의 크기는 단순복부촬영술(KUB) 또는 복부굴반 컴퓨터단층촬영술(CT) 등의 영상학적 검사에서 측정되는 장축을 기준으로 하였다. ESWL은 모두 동일한 시술자에 의해 시술되었으며, 투시관전압 80kvp, 투시관전류 5.0mA로 수동으로 고정된 후에 ESWL이 시행되었고, 시술 주기는 1-2주 간격으로 하였다.

ESWL 기기는 Lithotripter Compact (Direx medical system, Israel)로 9인치 영상 증압기가 장착된 디지털 X-선 투시장치이며, 투시관전압 100kvp, 투시관전류 3mA, 흡수체 두께 2mmPb, 입사면적 0.2x0.2cm의 투시조건 시 입사조사선량은 3.737R/min이 조사되는 기기를 사용하였다. ESWL 기기의 X-선 투시장치로부터 수직으로 30cm 아래 환자가 위치하게 되는 부위에 열형광 선량계(thermoluminescence dosimeter; TLD) (rados system, USA)를 위치시키고 10분간 방사선을 조사한 후 TLD에 기록된 방사선량을 2차례 측정하여 환자에게 가해지는 분당 평균 방사선량을 구하였다. 마찬가지로 시술자에게 가해지는 분당 평균 방사선량은 X-선 투시장치로부터 대각선으로 2.5m 간격을 두고 TLD를 위치시킨 후 10분간 가해지는 방사선량을 2회 측정하여 구하였고, 이때 특별한 차폐는 시행하지 않았다. 각각의 ESWL 시행 시 피폭시간을 측정하여 이를 환자와 시술자에 대한 분당 평균 방사선량에 대입함으로써 ESWL 1회당 환자와 시술자에게 가해지는 방사선량을 환산하였고, 총 누적량을 계산하였다. 또한 환자의 성별, 나이, 요석의 크기, 위치, 비만도(body mass index; BMI), 추가적인 진통제 사용 여부에 따른 방사선량의 차이를 비교하였다.

통계분석은 Window 용 SPSS version 14.0 프로그램을 사용하였으며 나이, 요석의 크기, BMI와 방사선량과의 상관관계는 Spearman's correlation coefficient, 추가적인 진통제 사용 여부, 성별, 요석의 위치 등의 변수는 Mann-Whitney U test로 검증하였으며 p값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

총 환자수는 38명(남자: 20명, 여자: 18명)이었고 환자 연령의 중간값은 55세(34-80)였다. 결석 크기의 중간값은 9mm(4-38)였고, EWSL은 상부 요석에 대해 12회, 중/하부 요석에 대해 38회로 총 50회가 시행되었다. 총 11회의 경우에서 추가적인 진통제가 투여되었다(Table 1).

2차례 시행된 가상 환자 및 시술자에게 10분 동안 가해진 방사선량은 환자의 경우 160.00, 164.00mSv, 시술자의 경우 0.05, 0.06mSv로 환산된 분당 평균 방사선량은 각각 16.20 mSv 및 0.006mSv이었다. 1회의 ESWL시 피폭 시간의 중간값은 360초(130-980)였고 이에 따라 환자들이 ESWL 1회 시행 받을 때에 가해지는 방사선량의 중간값은 97.20mSv(35.10-264.60)였으며, 시술자에게 가해지는 중간값은 0.04 mSv(0.01-0.08)였다.

ESWL은 환자 1명당 평균 1.3회(1-3)가 시행됐으며, 이에 따른 환자 1인의 최대 누적 방사선량은 332.10mSv이었다. 본원에서 시행하는 ESWL의 월당 평균 횟수는 15회로 차폐막 없이 X-선 투시장치에서 대각선으로 2.5m 이격한 경우 시술자에게 가해지는 연간 총누적방사선량의 중간값은 7.20mSv로 계산되었다.

환자에 가해지는 방사선량은 요석 크기와 유의한 상관관계를 보였고, 추가적인 진통제를 투여한 경우 그렇지 않은 경우보다 유의하게 많은 방사선이 조사되었다(Table 2, 3).

Table 1. Patients' characteristics

No. of patients	38 (male: 20, female: 18)
Median age (years)	55 (34-80)
Median size of stone (mm)	9 (4-38)
Site of stone during ESWL	Upper: 12, Middle/Lower: 38
No. of additional pain control (%)	11 (22)
Median BMI	23.8 (21.2-28.6)

ESWL: extracorporeal shock wave lithotripsy, BMI: body mass index

Table 2. Correlation between radiation dose and risk factor

Risk factor	Coefficient of correlation	
	r	p-value*
Age	-0.077	0.596
Size of stone	0.378	0.007
BMI	0.225	0.116

BMI: body mass index, *: Spearman's correlation

Table 3. Radiation doses according to the risk factors

Risk factor		Scattered radiation doses	p-value*
		mean±SD (mSv)	
Pain control	Additional pain control (n=11)	153.3±22.8	0.002
	No additional pain control (n=39)	84.4±5.4	
Sex	Male (n=20)	89.1±6.6	0.777
	Female (n=18)	107.8±12.5	
Stone site	Upper	108.1±10.9	0.138
	Middle/Lower	96.6±9.6	

SD: standard deviation, *: Mann-Whitney U test

고 찰

의료용 방사선은 전리 방사선으로 사람이 살아가면서 자연에 노출되는 방사선량의 약 15% 정도이나, 인공적으로 가해지는 방사선의 대부분을 차지한다고 보고되어 있다.³ 의료용 영상장비에서 발생하는 방사선에 의하여 다양한 신체 및 유전자 장애가 유발되며, 가령 10mSv의 방사선에 노출될 경우 그 자손에게 이에 의한 장애가 발생할 가능성이 5/100,000명이고,⁴ 임신부에게 100mSv 이상 폭로될 경우 기형아가 출산될 가능성이 높다.⁵ 일반인들에게 허용된 연간 방사선량은 5mSv이며,⁶ 국제방사선방호위원회 (international commission on radiological protection)는 방사선 관련 근로자의 연간 피폭량을 50mSv, 부위별로 상지, 하지 등은 750mSv, 조혈기관, 생식선, 수정체 등은 50mSv를 넘지 않도록 권고하고 있다.⁴

Chie와 Lee⁷는 시술자에게 1회 혈관 내 방사선 치료 시 전신 피폭선량은 0.05mSv, 수부 피폭선량은 0.07 mSv로 보고하였으며, Zorzetto 등⁸과 Dash와 Leaman⁹은 관상동맥 혈관조영 시 피폭선량은 0.15-0.17mSv로 보고하였다. 비뇨기와 영역에서 흔히 시행되는 KUB, 배설성 요조영술, CT 시에는 각각 0.42mSv, 2.5mSv, 30mSv 정도의 방사선이 환자에게 폭로되며,¹⁰ Hellawell 등¹¹은 경피적 신결석술 (percutaneous nephrolithotomy; PCNL) 시에 시술자에게 가해지는 흡수선량은 하지 167±42 µGy, 상지의 경우 48±12 µGy, 두부의 경우 40±10 µGy이었고, 요관경하 부목설치술 또는 요관경하 결석제거술을 시행할 때 하지 흡수선량은 11.6±2.9 µGy, 상지의 경우 2.7±0.7 µGy, 두부의 경우 1.9±0.5 µGy로 측정된다고 하였다.

본 연구에서 측정된 1회 ESWL 시 피폭시간의 중간값은 360초 (130-980)이며, 이것은 Logarakis 등¹²이 보고한 12명의 비뇨기과 의사에 의해 시행된 ESWL 시의 피폭시간인 174초보다 길었으나 12명의 비뇨기과 의사 중 유의하게 결

석 제거율이 높았던 시술자의 평균 피폭시간은 246초였다. 본 연구에서 측정된 1회 ESWL 시 환자에게 가해지는 피폭량의 중간값은 97.20mSv (35.1-264.6)로 조직하중계수 (피부: 0.01)를 고려하면 피부에 피폭되는 유효선량은 0.97mSv이었다. 이를 다른 연구들과 비교 시 Griffith 등¹³의 경우 피부에 가해지는 유효선량은 0.9mSv, Huda 등¹⁴의 경우 0.75 mSv, Sandilos 등¹⁵은 1.63mSv로 본 연구와 비슷한 수치를 보였다.

진통제를 추가적으로 투여한 환자들에게 가해진 방사선량은 그렇지 않은 경우보다 유의하게 높았고 (p=0.002), 이는 ESWL 시 발생하는 통증으로 인해 환자가 쇄석술의 일시적 중단을 요구하거나 빈번하게 움직이고 자세를 바꾸며, 이를 교정하기 위해 시술자가 X-선 투시장치를 장기간 사용하므로 피폭 시간이 증가되어 발생한 결과로 보인다. 또한 요석의 크기와도 의미 있는 상관성을 보이는데 이는 Griffith¹³, Talati 등¹⁶의 연구와 유사한 결과로 요석이 클 경우 시술시간이 길어짐으로 인해 피폭 시간이 증가한 것으로 보인다.

ESWL 1회당 시술자에 가해지는 방사선량의 중간값은 0.04mSv (0.01-0.08)이며 이는 KUB 1회 촬영 시의 1/10에도 미치지 못하는 양으로, 연간 180건 가량의 ESWL이 시행되는 본원의 경우 시술자가 받는 연간 총누적방사선량은 7.20mSv 정도로, 국제방사선방호위원회의 방사선 관련 근로자에 대한 권고안이 연간 50mSv이며 또, 보통은 차폐까지 시행하는 점을 감안하면 시술자에 가해지는 방사선량은 미미하다고 할 수 있다.

본 연구의 문제점은 실제 ESWL 시행 시 환자와 시술자에게 가해지는 방사선량을 직접 측정한 것이 아니고, 2차례에 걸쳐 일정한 위치에 있는 가상의 환자와 시술자를 대상으로 분당 조사되는 방사선량의 평균치를 구하여 실제 환자에서의 방사선 조사 시간에 대입함으로써 간접적으로 구한 것이기 때문에, 실제 상황의 경우 환자의 몸두께, 요석

조준 시 환자가 누워 있는 침대 높이 등에 세세한 차이가 있을 수 있는 점을 고려할 때 개별 환자별로는 실제 폭로량과 정확하게 일치하지 않는다는 것이다. 본 연구에서 사용된 투시장치는 Digiscope RX-2 (Direx medical system, Israel)로 9인치 영상 증압기가 장착된 디지털 X-선 투시장치로, 환자에 따라 명확한 영상을 얻기 위해 수동으로 투시관전압과 투시관전류를 증가 또는 감소시킬 수 있으며 이를 통하여 투시조건을 조정할 수 있다. 즉, 동일한 투시조건하에서는 일정하게 방사선량이 조사되는 기기이다. 본 연구에서는 모든 환자에게서 동일하게 투시 조건을 투시관전압 80kvp, 투시관전류 5.0mA로 수동으로 고정한 후에 ESWL을 시행하였고, 따라서 시간당 조사되는 방사선량은 일정하였다. 2007년 시행된 본 기기에 대한 진단용방사선발생장치의 정기검사 결과는 투시관전압 100kvp, 투시관전류 3mA로 투시할 경우 입사조사선량률은 1분당 3.737R (R: roentgens)으로, 방사선 투시시간에 따라 일정한 방사선 조사선량이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 측정상의 오차를 줄이기 위해 기준 피폭량은 2회 측정된 평균값으로 정하였으며, 측정값의 편차는 미미하였고 이는 TLD 오차 범위 내에 있다. 기존에 발표된 연구에서도 본 연구와 유사한 방법으로 Hellawell 등¹¹은 시술자의 하지, 상지, 두부 등에 TLD를 부착하여 일반적 요관 술기 (general ureteral procedure) 시에 피폭시간과 피폭량을 측정한 후에, 시간당 발생하는 기준 피폭량을 PCNL 시행 시 피폭된 시간에 대입하여 PCNL의 피폭량을 계산하였다. ESWL은 요로결석의 일차적 치료법으로 많은 병원에서 시술되나 환자에게 가해지는 방사선량에 대한 연구가 국내에 없다는 것을 고려하면 본 연구가 모든 환자에게 방사선량을 직접 측정한 연구가 나오기 전의 기초자료로서의 역할을 할 수 있으리라 여겨진다.

의학물리공학협회 (Institute of physics and engineering in medicine, United Kingdom)에서 2002년 권고한 방사선방호 지침 (standard radiation protection protocol)에서는 시술자에게 0.35mm 방호장비 (lead apron, thyroid shield)를 착용하며 그 외의 의료진에게는 0.25mm 방호장비 (lead apron)를 착용할 것을 권유하고 있다.¹⁷ ESWL 시 환자에게 불필요한 방사선 폭로를 줄이기 위해 시술자에게처럼 방호장비를 제공하여 신체의 일부라도 차폐를 해주며, 시술 전 충분한 통증 조절을 통해 불필요한 조준을 지양하여 피폭량을 감소토록 하는 노력이 중요하다.

결 론

본 연구에서 1회 ESWL 시행 시 환자에게 가해지는 방사선량의 중간값은 97.20mSv로 이는 일반적인 CT 3회 촬영에

해당하며 반면, 시술자에게 가해지는 방사선량의 중간값은 0.04mSv로 미미하였다. 또한 결석 크기, 추가적인 진통제 사용 여부가 환자에 가해지는 방사선량의 증가와 연관성이 있었다. ESWL 시 시술자는 방사선의 폐해를 알고 환자에게 가해지는 방사선량을 최소화하기 위해 노력해야 한다.

REFERENCES

1. Tolly DA, Downey P. Current advances in shock wave lithotripsy. *Curr Opin Urol* 1999;9:319-23
2. Lingeman JE, Courty TA, Newman DM, Kahnoski RJ, Mertz JH, Mosbaugh PG, et al. Comparison of results and morbidity of percutaneous nephrostolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1987;138:485-90
3. Bury RF. Radiation hazards in urological practice. *BJU Int* 2002;89:505-9
4. National commission on radiological protection and measurement report 60. Recommendation of the international commission on radiological protection. Pergamon, Oxford, 1991
5. Ramakumar S, Jarrett TW. Radiation safety for urologist. *AUA Update Series* 2000;19:201-8
6. Lee JK. System of dose limitation for radiation protection. *Korean Med Assoc* 1987;30:608-16
7. Chie EK, Lee MM. Radiation exposure of operation in intracoronary radiotherapy using ¹⁸⁸Re. *J Korean Assoc Radiat Prot* 2000;25:191-5
8. Zorretto M, Bernardi G, Morocutti G, Fontanelli A. Radiation exposure to patients and operators during diagnostic catheterization and coronary angioplasty. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1997;40:348-51
9. Dash H, Leaman DM. Operator radiation exposure during percutaneous transluminal coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1984;4:725-8
10. Wall BF, Hart D. Revised radiation doses for typical X-ray examinations. *Br J Radiol* 1997;70:437-9
11. Hellawell GO, Mutch SJ, Thevendran G, Wells E, Morgan RJ. Radiation exposure and the urologist: what are the risks? *J Urol* 2005;174:948-52
12. Logarakis NF, Jewett MA, Luymes J, Honey RJ. Variation in clinical outcome following shock wave lithotripsy. *J Urol* 2000;163:721-5
13. Griffith DP, Gleeson MJ, Politis G, Glaze S. Effectiveness of radiation control program for Dornier HM3 lithotripter. *Urology* 1989;33:20-5
14. Huda W, Bew J, Saydak AP. Radiation doses in extracorporeal shock wave lithotripsy. *Br J Radiol* 1989;62:921-6
15. Sandilos P, Tsalafoutas I, Koutsokalis G, Karaikos P, Georgiou E, Yakoumakis E, et al. Radiation doses to patients from extracorporeal shock wave lithotripsy. *Health Phys* 2006;90:583-7

16. Talati J, Khan S, Biyabani R, Khan RA, Naz I, Abbas F, et al. Reduction of radiation exposure to patients in the follow-up of shockwave lithotripsy. BJU Int 2000;85:404-7
 17. Medical and dental guidance notes: a good practice guide on all aspects of ionising radiation protection in the clinical environment: Institute of Physics and Engineering in Medicine, 2002
-