

A Study on Radiation Exposure Dose of Patients and Operator during Percutaneous Vertebroplasty

Jae-Heon Lee,¹ Seong-gyu Shin,² Hyo-Yeong Lee^{3,*}

¹Department of Anesthesiology, Pusan National University Yangsan Hospital

²Department of Radiology, Dong-a University Hospital

³Department of Radiological Science, Dong Eui University

Received: March 17, 2017. Revised: April 15, 2017. Accepted: April 30, 2017

ABSTRACT

Percutaneous vertebroplasty (PVP) is increasingly used to treat osteoporotic vertebral fractures, myeloma and osteolytic vertebral metastases. The purpose of this study was to measure the absorbed radiation exposure dose and time during PVP and to assess the possibility of deterministic radiation effects to the operator and patient. The radiation dose and time measure by three pain physicians performed consecutive procedures using the twenty case PVP. Patient's dosimeter placed at the anteroposterior(AP) side was treatment of the vertebra body located in the upper level 2-3 and lateral(LAT) side was flank proximal to C-arm tube of back. Operator's dosimeter placed at the apron outside of upper sternum (thyroid), left chest, lower extremity and apron inside of left chest. Results: Radiation exposure times were 3.6±0.71 min. Measurements on the Patient radiation dose were AP 121.4±48.1 μSv, LAT side 614.7±177.1 μSv. Operator radiation dose were outside of the lead apron upper sternum 33.7±7.3 μSv, outside of the lead apron chest 49.2±15.0 μSv, outside of the lead apron lower extremity 12.8±3.8 μSv and inside of the lead apron chest 4.2±1.4 μSv. To escape from the danger of radiation first long distance from the c-arm tube second exposure time reduced second lead apron used fluoroscopy during PVP is more safety patient and operation from the radiation exposure.

Key Words: Fluoroscopy, Radiation Measurement, Vertebroplasty

I. INTRODUCTION

경피적 추체 성형술은 1987년 Galivert 등에 의하여 처음으로 척추 혈관종 환자에게 Polymethylemetacrylate (PMMA) 를 척추에 주입해 치료에 이용하여 왔으며, 전이에 의한 척추 종양에도 경피적 추체 성형술이 사용되어 왔다. 뿐만 아니라 최근 골다공증성 척추 압박 골절에 의한 통증 치료에 시도되어 양호한 치료효과가 관찰되는 것으로 보고된 바 있다.^[1-3]

경피적 추체 성형술인 최소침습적 척추 수술은 감염과 출혈, 수술 상처, 환자가 병원에 머무르는 시간, 일상생활로의 회복시간도 매우 빠르다. 기존의 절개를 통

한 척추 수술에 비해 장점을 많이 가지고 있으나 시술자와 환자는 방사선 피폭의 위험으로부터 벗어날 수 없다. 의료 방사선 종사자의 피폭선량과 관계된 연구는 주로 피폭선량에 대한 고찰, 방사선 방어에 관한 연구, 방사선사의 근무실태와 같이 주로 환경이나 피폭실태 위주의 연구가 많이 이루어졌으나^[4] 현대 의료에 방사선을 이용한 각종 검사와 시술이 많이 이루어지고 있어 의사와 간호사등 의료진의 방사선 피폭 관리가 더욱 중요하게 되었다. 이에 본 연구의 목적은 경피적 추체 성형술 시행 시 방사선의 조사시간을 측정하고, 환자와 시술자의 방사선 피폭선량을 측정하여, 정확한 방사선 피폭선량을 인지하고, 피폭선량을 저감시키는 방

*Corresponding Author: Hyo-Yeong Lee

E-mail: lhy250@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2679

법을 연구하는 데 있다.

II. MATERIAL AND METHODS

2016년 1월부터 2016년 2월까지 부산지역 P병원에 내원한 환자 중 2주 이상의 보존적 치료에도 증세의 호전이 없이 통증이 심한 경피적 추체 성형술 시행 대상 환자 20명을 대상으로 3명의 통증전문의가 동일한 방법으로 수술을 시행하였다. 경피적 추체 성형술을 시행한 환자 20명 중 16명은 여자이고, 4명이 남자이다. 평균연령은 64.5±9.7세이다.

경피적 추체 성형술 시행시 소요되는 시간과 실제방사선 노출된 시간을 측정하고, 환자와 시술자의 방사선 피폭선량에 대해 측정하였다. 방사선 피폭 선량에 대한 측정은 Electronic Dosimeter Measurement (Doseguard S 10®, Ray test, Straubenhardt, Germany)을 이용하였다, 측정 범위는 1uSv - 999Sv이며 선량률은 5uSv/h - 3Sv/h이다. 그리고 ¹³⁷Cs선원에서 오차범위(±5) 이내 검교정 실시하였다. 선량의 측정 지점은 6곳을 측정하였고, 환자는 직접 엑스선량을 측정하여 Antero-Posterior (AP)과 Lateral(LAT)의 방사선 피폭량을 알아 보았다. 환자는 Prone position으로 위치시키고, AP의 측정 지점은 시술하려고 하는 추체의 2-3 레벨 위쪽에 위치하였으며, LAT은 시술하려고 하는 척추의 옆쪽 부분 위쪽에 위치하여 측정하였다. 시술자는 C-arm 튜브로부터 엑스선이 조사되어 환자에게 산란되는 산란선을 측정하였으며, 측정 부위로는 납가운(0.5mmPb)을 착용한 상태에서 납가운 바깥쪽의 갑상선 앞쪽, 왼쪽 가슴부위, 왼쪽 무릎부위이며, 납가운 안쪽에 가슴부위에 착용하여 측정하였으며 Fig. 1에 나타내었다.

방사선 투시 장비는 ARCADIS VARIC C-arm (Siemens Arcadis Varic, Siemens Medical Solutions AG, Munich, Germany) 모델로 아래쪽에 엑스선 Tube가 있고 위쪽에 detector가 있다.

일반적으로 경피적 추체 성형술 시행 방법은 똑같은 조건으로 진행하였으며, C-arm의 모드는 자동모드로 하였고, 수술 중 노출을 줄이기 위해 거리를 의도적으로 멀리하거나 하는 별도의 노력은 하지 않았으며, 수술 시작 전 환자와 시술자에게 전자 선량 측정계를 착

용하여 수술 끝남과 동시에 회수하여 수술 한 건당 방사선 조사 시간과 방사선 피폭선량을 측정하였다.

통계분석은 SPSS V22(IBM corp. US)를 사용하여 기술통계와 회귀분석을 하였고 결과의 유의수준은 5% (p<0.05)로 설정하였다.

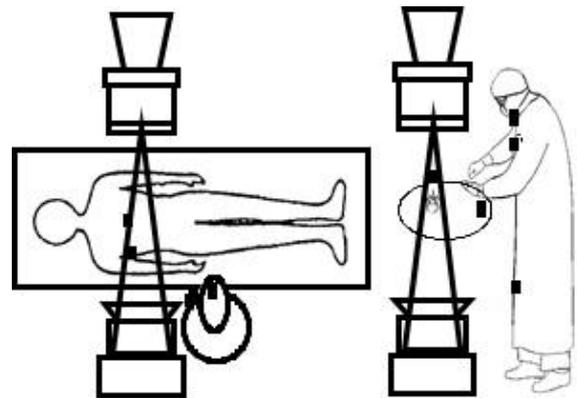


Fig. 1. Electronic dosimeter measurement placed during percutaneous vertebroplasty. Patient's dosimeter placed at the antero-posterior(AP) side was treatment of the vertebra body located in the upper level 2-3 and lateral(LAT) side was flank proximal to C-arm tube of back. Operator's dosimeter placed at the apron outside of upper sternum (thyroid), left chest, lower extremity and apron inside of left chest.

III. RESULT

경피적 추체 성형술 시행 시 시술시간, 방사선 노출 시간 및 환자와 시술자의 방사선 피폭선량을 나타내었다. 총 시술 시간은 19.3±3.8 min이며, 방사선에 의한 노출 시간은 3.62±0.71 min으로 Table 1에 나타내었다. 환자의 피폭선량은 전·후면은 121.4±48.15μSv, 측면 피폭선량은 614.7± 177.14 μSv이며, 방사선의 노출시간은 전·후면 34.37±12.36. 측면 노출시간은 171.52±3 2.47로 Table 2에 나타내었다. 그리고, 시술자가 받는 피폭선량은 납가운 바깥쪽의 갑상선 부분이 33.7±7.30 μSv 이고, 왼쪽 가슴 부위가 49.2±15.09 μSv 이고, 왼쪽 허벅지 부위가 12.8±3.80 μSv 이며, 납가운의 안쪽 가슴에 위치한 부위의 선량계는 4.25±1.44 μSv 로 Table 3에 나타내었다.

Table 1. Operation time, radiation exposure time and Radiation dose of patients and operation

Case No.	Operation Time(min)	Radiation exposure Time(min)	Patient Antero-Posterior (μSv)	Patient Lateral (μSv)	Operator Outside Thyroid (μSv)	Operator Outside Chest (μSv)	Operator Outside lower extremity(μSv)	Operator Inside Chest(μSv)
1	22	4.3	136	720	32	44	10	4
2	17	3.8	98	540	29	37	8	3
3	25	4.6	186	865	41	56	18	7
4	18	3.9	90	679	30	40	13	4
5	21	4	126	745	36	50	11	4
6	15	3.1	64	410	21	28	6	2
7	23	4.1	175	780	38	52	16	6
8	18	3.4	123	580	35	47	14	4
9	16	2.8	44	430	25	32	9	3
10	17	2.8	50	490	26	33	10	3
11	15	2.6	34	256	20	24	7	2
12	23	5.2	160	760	38	52	17	5
13	16	3.5	121	489	31	42	15	4
14	26	4.2	184	880	45	61	18	5
15	19	3.8	145	610	39	51	13	4
16	16	3.1	121	520	36	62	12	5
17	21	3.5	160	720	42	76	18	6
18	26	4.1	178	820	44	79	17	7
19	19	3.2	152	660	38	69	14	4
20	13	2.4	81	34	28	49	11	3
M±SD	19.3±3.88	3.6±0.71	121.4±48.15	614.7±177.14	33.7±7.30	49.2±15.09	12.8±3.80	4.25±1.44

Table 2. Radiation exposure time and radiation dose

	Dose (uSv)	Exposure Time (min)	p-value
Antero-Posterior (AP)	121.4±48.15	34.37±12.36	0.000
Lateral(LAT)	614.7±177.14	171.52±32.47	0.000

Table 3. Exposure Dose to the Operator

	Dose (uSv)	Exposure Time (min)	p-value
Apron outside of uppersternum(thyroid)	33.7±7.30	9.43±1.59	0.000
Apron outside of left chest	49.2±15.09	14.11±4.39	0.004
Apron outside of lower extremity	12.8±3.80	3.64±0.90	0.000
Apron inside of left chest	4.25±1.44	1.16±0.30	0.000

IV. DISCUSSION

현재 경피적 추체 성형술은 통증을 유발하는 다양한 척추체의 병변에 대해 매우 빠르게 통증 완화 효과가 나타나고, 시술 방법의 용이함, 비침습성, 전신마취가 필요하지 않다는 여러 가지 장점이 있으며, 비교적 안전한 것으로 알려져 있어 널리 이용되는 시술이다.^[2,3] 척추 성형술의 통증 감소 기전은 첫째 PMMA가 기계적으로 척추체를 강화시켜 압박, 변형, 미세 운동을 막아주고, 둘째는 척추내로 주입된 PMMA에서 중합반응(polymerization)이 일어나고, 이 때 발생한 열이 척추내 통증을 민감한 신경말단부에 대한 열손상을 일으켜 통증을 감소시키며, 셋째로 중합반응을 일으키지 않은 PMMA 단량체가 직접적인 신경조직에 유독성이 있어 이로 인해 척추 내 통증 신경의 손상을 주어 통증이 감소한다고 보고하였다.^[5]

방사선 외부피폭 방어 원칙은 시간, 거리, 차폐이다. 방사선의 피폭을 줄이기 위해 시간에 대한 측면에서 보면 경피적 추체 성형술 시행 시 양측 척추경 접근법과 단측 척추경 접근법이 있는데, 최근에는 양측 척추

경 접근법을 이용하지 않고 단측 척추경 접근법을 이용하여서 임상적 만족도와 시멘트 누출에 차이가 없이 시술 시간이 절약되고, 국소마취제가 소량 투여되어, 고령의 환자에서 유용하였고, 방사선 노출량 등을 상당 부분 줄일 수 있다.^[6] 수술 시간이 증가함에 따라 방사선이 조사되는 시간도 많아지므로 환자와 시술자에게 방사선 피폭 선량이 증가함을 알 수 있다. 시술 전 전산화 단층 촬영검사나 자기 공명 영상과 같은 검사를 토대로 어디로 어떻게 접근 할 것인지 사전에 환자의 해부학적 구조와 경피적 추체 성형술 술기에 대한 이해가 충분히 이루어진 다음 수술을 진행이 된다면 시간 단축은 물론 방사선 조사시간도 감소되어 방사선 피폭선량도 환자와 보호자 모두 감소하게 될 것이다. 거리에 대한 측면에서 보면 Vertebroplasty needle을 주입하고자 하는 곳에 위치시킨 후 엑스선을 지속적으로 보면서 PMMA의 누출여부를 확인 하여야 한다. PMMA가 혈관이나 경막 외강의 공간으로 퍼지게 되면 합병증은 물론 환자가 위험해 지는 상황이 올 수 있기 때문에 엑스선의 지속적인 노출은 불가피 하다.^[7] PMMA를 주입하는데 있어 적절한 거리를 유지하기 위해서는 Vertebroplasty needle에 extension line을 PMMA에 연결하여 전달 방식을 이용하면 C-arm으로부터 거리가 멀어지게 되므로 방사선 피폭을 줄일 수 있다.^[7] 또한 차폐의 측면에서 볼 때 다양한 차폐기구를 이용하면 방사선 피폭으로부터 벗어날 수 있다. 기본적으로 납가운을 착용하였을 때와 착용하지 않았을 때 90%이상의 차폐율을 알 수 있었으며, 더 나아가 고글 글라스와 납장갑을 착용하여 방사선의 피폭을 줄여야 할 것이다.

국제 방사선 방호 위원회 (International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 피폭선량의 한도를 방사선 작업 종사자와 일반인의 피폭으로 나누어 권고하고 있으며, 일반인의 경우 연간 1mSv 이내이나 환자가 의료의 목적으로 의사의 판단 하에 진단 및 치료에 제약 없이 사용되어왔다. 작업종사자 피폭인 경우 연간 50 mSv까지 허용되나 연속 5년간의 연 평균선량이 20 mSv를 넘지 않도록 권고하고 있다.^[8] 방사선 피폭은 본인에게 직접적으로 단시간 내에 영향을 미치는 신체적 영향뿐만 아니라 후손에게 심각한 문제를 일으키는 유전적 영향까지 고려해야 한다. 경피적 추체 성형술 1회 경우 납가운 안쪽 가슴부위는 평균 4.1 μSv 이므로 연간 다른 시술을 하지 않는 다는 가정을 하면

경우 허락될 수 있는 시술의 수가 4,761건이다. 만약 납가운을 하지 않고 시술을 한다면 406번 정도로 급격히 떨어지게 된다. 허용되는 수술의 횟수가 많은 것처럼 보이나 다른 시술이나 수술할 때 받는 방사선 피폭을 고려한다면 결코 적은 수치가 아니다.

V. CONCLUSION

경피적 추체 성형술은 골다공증성 압박 골절, 암에 의한 전이등의 치료에 광범위하게 이용되고 있다. 최소 침습적인 방법으로 시술하는 경피적 추체 성형술의 경우 많은 장점을 가지고 있으나 반면 방사선의 위험으로부터 안전할 수 없다. 수술 1건당 방사선이 조사되는 시간과 함께 환자와 시술자가 방사선에 노출되는 피폭 선량을 측정하였다. 방사선의 위험으로부터 벗어나기 위해 C-arm 튜브로부터 환자에게 엑스선이 도달하여 산란되는 거리를 최대한 멀게 유지하여야 하며, 불필요하게 방사선이 조사되는 시간을 줄이고, 납가운 등 보호 장구를 적절히 착용하여 방사선 피폭을 줄임으로써 시술자와 환자 모두 보다 안전한 시술이 되도록 노력하여야 할 것이다.

Reference

- [1] P. Galibert, D. Deramond, P. Rosat, D. Le gars. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty [in French]. *Neurochirurgie* Vol. 33, pp. 166-168. 1986.
- [2] P. Kaemmerlen, P. Thiesse, P. Jonas, et al. : Percutaneous injection of orthopedic cement in metastatic vertebral lesions. *N Engl J Med* pp. 321:121. 1989
- [3] M. E. Jensen, A.J. Evans, J. M. Mathis, D. F. Kallmes, H. J. Cloft, J. E. Dion: Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. *Am J Neuroradiol* vol 18(10) : 1897-904. 1997.
- [4] G.N.Choi. J.S.G. N. Choi, J. S. Jeon, Y. W. Kim, "Radiation Exposure Dose on Persons Engaged in Radiation -related industries", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 6, No. 1, pp.27-37, 2012.
- [5] A. P. Amar, D. W. Larsen, N. Esnaashari, F. C. Albuquerque, S. D. Lavine, F. P. Teitelbaum: Percutaneous transpedicular polymethylmethacrylate vertebroplasty

for the treatment of spinal compression fractures. *Neurosurgery* vol 49 : 1105-15. 2001.

- [6] J. Steinmann, C. T. Tingey, G. Cruz, Q. Dai : Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty. *Spine* vol 30. 201-205. 2005.
- [7] M. J. Nieuwenhuijse, A. R. Van Erkel, P. D. Dijkstra : Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: identification of risk factors. *Spine J.* 2011 Sep;11(9):839-48. doi: 10.1016/j.spinee. 2011.07.027. Epub Sep 1. 2011
- [8] F. Schils, W. Schoojans, L. Struelens: The surgeon's real dose exposure during balloon kyphoplasty procedure and evaluation of the cement delivery system: a prospective study. *Eur Spine J.* 2013 Aug;22(8):1758-64. doi: 10.1007/s00586-013-2702-z. Epub Feb 9. 2013

경피적 추체 성형술 시행 시 환자와 시술자의 방사선 피폭선량에 관한 연구

이재현,¹ 신성규,² 이효영^{3*}

¹양산부산대학교병원 마취통증의학과

²동아대학교병원 영상의학과

³동의대학교 방사선학과

요 약

경피적 추체 성형술은 최소 침습적 척추 수술로 골다공증성 압박골절, 골수종 그리고 암에 의한 척추 전이 등에 치료방법으로 많이 사용되어 왔다. 이러한 최소침습적 시술은 환자에게 작은 수술 흉터, 통증, 출혈, 짧은 회복시간등 여러가지 장점이 많으나, 환자와 시술자가 방사선의 위험으로부터 벗어날 수 없다. 이에 본 연구의 목적은 경피적 추체 성형술을 하는 동안 방사선 조사시간의 측정과 함께 시술자와 환자의 방사선 피폭선량을 측정해 보았다. 본원에 내원한 경피적 추체 성형술 시행 대상인 환자를 3명의 마취통증의학과 전문의가 동일한 방법으로 총 20명의 환자에게 경피적 추체 성형술을 실시하였다. 방사선 조사시간을 측정하고 전자선량측정계를 이용하여 총 6군데의 방사선 피폭량을 측정해 보았다. 환자는 직접 엑스선을 측정하였으며, 전 후면과 옆면 부위에 전자선량측정계를 위치하였고, 시술자는 환자로부터 산란되는 산란선을 측정하였으며, 납가운 바깥쪽에 위치한 갑상선, 왼쪽 가슴, 왼쪽 허벅지 그리고 납가운 안쪽에 위치한 왼쪽 가슴부위에 전자선량측정계를 위치하였다. 총 시술 시간은 19.3 ± 3.88 min이며, 방사선에 의한 노출 시간은 3.6 ± 0.71 min 이었다. 환자의 피폭선량은 전후면 일 때 121.4 ± 48.15 μ Sv 였으며, 측면 일 때 피폭선량은 614.7 ± 177.14 μ Sv 이다. 시술자가 받은 피폭선량은 납가운 바깥쪽의 갑상선 부분이 33.7 ± 7.30 μ Sv 이고, 왼쪽 가슴 부위가 49.2 ± 15.09 μ Sv 이고, 왼쪽 허벅지 부위가 12.8 ± 3.80 μ Sv 이며, 납가운의 안쪽 가슴에 위치한 부위의 선량계는 4.2 ± 1.44 Sv 이었다. 경피적 추체 성형술 시행 시 방사선의 위험으로부터 벗어나기 위해 C-arm 튜브에서 환자에게 엑스선이 도달하여 산란되는 거리를 최대한 멀게 유지하여야 하며, 방사선이 조사되는 시간을 줄이고, 납가운등 보호장구를 적절히 착용하여 방사선 피폭을 줄임으로써 시술자와 환자 모두 안전한 시술이 되도록 노력하여야 할 것이다.

중심단어: 경피적 추체 성형술, 방사선 측정, 방사선 피폭선량, 투시