

# Analysis of the Maximum Pressure Difference of PSI(pound per square inch) depending on the Size of the Y-shape Connecting Tube of the Automatic Contrast Medium Injector

Hyeon-jin Kim,<sup>1</sup> In-chul Im<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiological science, Kaya University

<sup>2</sup>Department of Radiological science, Dongeui University

Received: July 07, 2017. Revised: August 22, 2017. Accepted: August 31, 2017

## ABSTRACT

Radiologists who experience extravasation of the contrast medium even once suffer mentally during testing due to the fear of its reoccurrence. Establishing a plan for preventing it beforehand is necessary above all because patients experience severe physical and mental pain and become distrusting of medical staff and treatment. Therefore, the present study attempts to prevent extravasation, which is the result of damage from pressure applied to the patient's blood vessels, by lowering PSI, and conducted a comparative analysis of PSI changes during contrast medium injection depending on the diameter of the Y-shape connecting tube which connects the automatic injector and the intravenous injection of the patient. In the case of product A in which the diameter of the Y-shape connecting tube is about 2mm, the average PSI for all ages was 98.5 and standard deviation was 9.72. In the case of product B in which the diameter of the Y-shape connecting tube is about 3mm, the average PSI for all ages was 62.0 and standard deviation was 8.59. Product B with its wider diameter decreased in average pressure by 37.05% when compared to product A, and when product B is used with the p-value at 0.00, pressure decreased even more, achieving statistically significant results.

Keywords: PSI, Extravasation, Y-shape connecting tube

## I. INTRODUCTION

영상의학적인 진단 기술의 발전과 더불어 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT)장비는 광범위하게 보급되었으며 이로 인하여 조영제의 사용은 급속도로 증가하고 있다. 조영제는 컴퓨터단층촬영에서 대조도를 증가시키기 위해 장기나 조직에 넣는 물질로 혈관을 통해 주입되며 용도에 따라 성분과 농도를 구분하여 사용한다. 컴퓨터단층촬영에 사용되는 조영제의 성분은 요오드이며 일반적으로 평균 100 PSI(pound per square inch)의 압력으로 100-150 ml의 양을 2-3 ml/sec의 속도로 주사한다.<sup>[1]</sup> 검사 시 주입속도는 영상의 질에 영향을 미치는 인

자이기 때문에 한정된 용량을 일시에 주입하고 우수한 품질의 영상을 재현하기 위해서 자동주입기가 도입되어 널리 이용되고 있다. 그러나 자동주입기의 도입은 혈관외유출(extravasation)을 증가시키는 결과를 가져오게 되는데 이는 조영제가 빠른 속도로 유입되는 것으로 인해 PSI가 증가하고 환자의 혈관에 가해지는 압력도 증가하기 때문이다.<sup>[2]</sup> 조영제의 혈관외유출이 발생한 대부분 환자는 조영제가 조직에 자연히 흡수되어 치유되나 때에 따라 수포형성, 피부변색 등의 과정을 거쳐 조직의 괴사를 일으켜 피부 이식이나 조직 재건술이 필요한 경우도 있으며 과민성반응이 나타나 드물게는 사망에 이르기도 한다.<sup>[3]</sup> 혈관외유출은 조영제의 평균

\* Corresponding Author: Im In Chul

E-mail: icim@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2678

주입속도가 2.8 ml/sec 이상일 때 주로 발생하고<sup>[4]</sup> 컴퓨터단층촬영검사 환자 6,660명 중 41명(0.6%)에서 혈관외유출이 발생한다는 보고가 있다.<sup>[5]</sup> 혈관외유출이 발생된 경우 사용한 조영제의 용량이 클수록, 삼투압이 높을수록, 그리고 요오드함량이 높을수록 심한 조직손상을 일으킨다. 자동주입기를 사용하는 경우 혈관외유출의 발생 빈도가 증가할 뿐 아니라, 혈관외유출이 발생하더라도 주입 압력은 유지되기 때문에 다량의 조영제가 혈관외유출을 일으켜 더 큰 문제를 야기 시킨다. 조영제의 혈관외유출을 한 번이라도 경험한 방사선사들은 혈관외유출의 발생에 대한 두려움으로 검사하는 동안 정신적 고통을 수반하게 된다. 환자의 경우 심한 신체적, 정신적 고통뿐만 아니라 의료진 및 의료에 대한 불신을 갖게 되므로 미연에 예방하는 것이 무엇보다 필요하다. 따라서 본 연구에서는 조영제 주입 시 압력인 PSI를 낮추어 실제 환자의 혈관에 가해지는 압력에 따른 손상의 결과인 혈관외유출을 예방하고자 하며 그 방안으로 자동주입기와 환자의 정맥주사 바늘에 연결되는 Y자 형태의 연결관(connecting tube)의 직경에 따른 조영제 주입 시 PSI의 변화를 비교 분석하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 연구 대상

2017년 3월부터 6월까지 부산지역 일개 의료기관을 내원한 환자 중 당뇨, 치료 방사선 환자, 혈관질환자, 혈관외유출이 의심되는 고위험 환자를 제외하고 연령별로(20~70대) 각 40명씩 총 240명을 대상으로 하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구를 진행한 기관에서 현재 사용 중인 Y자 형태의 연결관 제품 중 직경이 다른 두 제품(A, B로 구분)을 이용하여 연령별로 각 20명씩 조영제 주입 시 PSI를 조사하였다. 검사 시 조영제 삽입을 위하여 환자에게 이용한 바늘의 크기는 18Gauge이며 조영제는 옴니과큐300 mgI/ml와 스캔룩스300 mgI/ml, 조영제의 평균주입속도는 3.0 ml/sec, 총 주입량은 환자의 몸무게에 따라 차이를 두었다. Fig.

1은 본 연구에 이용된 제조사가 각각 다른 Y자 형태의 연결관이며 제품 A는 INSUNG Medical의 Dual Transfer set로 제품의 직경은 약 2 mm 이다. 제품 B는 Wuxi Yushou medial의 Dual Transfer set 제품으로 직경은 약 3 mm 정도이다. 조영제 주입 시 압력의 확인 방법은 Fig. 2와 같이 조영제 자동주입기 모니터를 통하여 확인하였다.

### 3. 분석방법

본 연구에서 사용된 자료의 분석방법(SPSS ver. 20.0 Chicago, Illinois, USA)은 비모수적 검정방법인 만-휘트니U검정(Mann-whitney U test), 크루스칼-왈리스법(Kruskal-Wallis H)을 이용하였고 p 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 해석하였다.

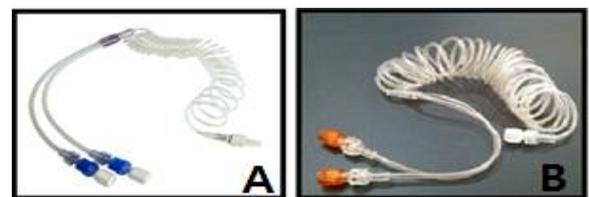


Fig. 1. Contrast media Y type connecting tube.

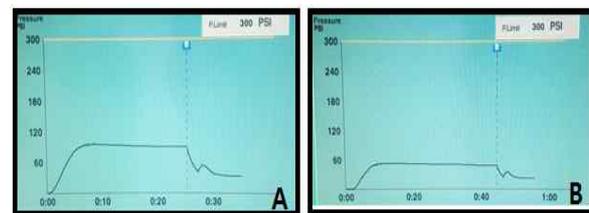


Fig. 2. Determination of maximum pressure (PSI) through automatic injection of contrast medium.

## III. RESULT

### 1. 제품의 직경에 따른 PSI(pound per square inch) 비교분석

Table 1은 Y자 형태의 연결관 직경이 약 2 mm인 제품 A의 사용 시 PSI를 연령별로 나누어 분석한 결과이다. 20대 평균 PSI는 87.3 표준편차 7.86이었으며 30대 평균 PSI 94.3 표준편차 6.63으로 나타났다. 40대 평균 PSI는 100.7 표준편차 9.61이었으며

50대는 평균 103.0 표준편차 11.74, 60대 평균 105.1 표준편차 9.79, 70대 평균 100.6 표준편차 12.67이며 전체 연령의 평균 PSI는 98.5, 표준편차 9.72로 나타났다.

Table 1. Maximum pressure analysis results for product A.

Age	Min.	Max.	Aver.	SD	p-value
20-29y	76.0	101.0	87.3	7.86	0.00
30-39y	75.0	101.0	94.3	6.63	0.00
40-49y	79.0	120.0	100.7	9.61	0.00
50-59y	85.0	121.0	103.0	11.74	0.00
60-69y	88.0	119.0	105.1	9.79	0.00
70-79y	78.0	124.0	100.6	12.67	0.00
Total	80.2	114.3	98.5	9.72	0.00

\*p-value was less than 0.05.

Table 2는 Y자 형태의 연결관 직경이 약 3 mm인 제품 B를 사용하였을 때의 PSI를 연령별로 나누어 분석한 결과이다. 20대의 평균 PSI는 56.1 표준편차 6.37이었으며 30대는 평균 62.7 표준편차 6.03으로 나타났다. 40대의 평균은 62.3 표준편차 8.14이었으며 50대는 평균 61.7 표준편차 8.86, 60대는 평균 63.9 표준편차 10.35, 70대는 평균 65.0 표준편차 11.72이며 전체 연령의 평균 PSI는 62.0, 표준편차 8.59로 나타났다. B제품을 사용하였을 때 압력은 A제품에 비해 37.05% 감소한 것으로 나타내었다.

Table 2. Maximum pressure analysis results for product B.

Age	Min.	Max.	Aver.	SD	p-value
20-29y	47.0	66.0	56.1	6.37	0.00
30-39y	51.0	76.0	62.7	6.03	0.00
40-49y	47.0	75.0	62.3	8.14	0.00
50-59y	48.0	78.0	61.7	8.86	0.00
60-69y	49.0	85.0	63.9	10.35	0.00
70-79y	43.0	79.0	65.0	11.72	0.00
Total	47.5	76.5	62.0	8.59	0.00

\*p-value was less than 0.05.

#### IV. DISCUSSION

CT 검사에서 혈관외유출은 조영제가 혈관 안으로 들어가는 대신 혈관을 둘러싼 조직으로 주입되어 발생하는 것으로, 조직 손상과 피부괴사의 부작용 및 합병증의 위험을 지닌다. 따라서 혈관외유출이 발생하지 않도록 예방하는 것이 무엇보다 중요하며 각 병원의 CT실에서 근무하는 방사선사들은

혈관외유출의 예방을 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 그 중 가장 많이 사용하는 방법은 CT 검사 시행 전 정맥주사의 바늘을 확보한 후 생리식염수를 넣어 시험주사(Test inject)하는 방법이다. 이 방법은 매우 간단하면서도 혈관외유출을 예방하는데 효과가 높다. 그러나 조영제는 생리식염수보다 높은 점도를 지니기 때문에 같은 속도로 주입하더라도 생리식염수보다 조영제의 주입 시 최대압력이 훨씬 더 높아진다. 그러므로 생리식염수로 시험주사를 시행할 때는 혈관외유출이 발생하지 않다가 실제 조영제를 주입할 때 혈관외유출이 발생하는 경우를 종종 관찰할 수 있다. 따라서 조영제의 혈관외유출을 방지하기 위해서 조영제의 주입 시 PSI를 줄이는 방안이 무엇보다 중요하리라 생각된다. 컴퓨터단층촬영 검사에서 사용하는 조영제의 혈관외유출은 손으로 주입할 때보다 자동주입기를 통하여 주입할 때 발생 비율이 더 높아진다.<sup>[6]</sup> 현재 대부분의 CT 검사에서 조영제 주입 후 간 동맥기 지속시간은 20~30 초로 짧고 정맥 내에 약 100~150 ml의 조영제를 단시간 내 주입하기 때문에 조영제 주입속도는 3~5 ml/sec가 추천되고 있다. 이것은 매우 빠른 속도로 혈관 내에 조영제가 유입되는 것으로 특히 혈관조영 검사, 기능검사 등에서는 조영제가 주입되는 과정을 모두 지켜볼 수 없으므로 혈관 유지 상태를 더 주의하여 확인해야 한다. 또한, 소아검사에서는 성인보다 훨씬 적은 양의 조영제가 혈관외유출 되더라도 혈관 및 신경계 손상을 줄 수 있으므로 사고에 대한 예방이 더욱 필요할 것이다.<sup>[7-9]</sup> 조영제의 혈관외유출과 관련된 연구로 서윤희의 정맥용 카테터의 크기에 따른 PSI 유용성 평가를 살펴보면 혈관외유출은 혈관 내로 유입되는 조영제의 압력에 의한 손상의 결과로 발생하는데 이것은 조영제의 점도가 높을수록 온도가 낮을수록, 주사바늘의 크기(needle gauge)가 작을수록, 주입속도가 빠를수록 PSI는 높아지고 조영제가 혈관에 주입될 경우 가해지는 압력은 커진다고 하였다.<sup>[10]</sup> 본 연구에서는 앞에서 나열된 항목 중 바늘의 크기에 따른 압력의 차이에 주의하였고 컴퓨터단층촬영에서는 특별한 경우를 제외하고 일반적으로 사용하는 바늘의 크기는 18Gauge로 동일하므로 연결관의 크기가 다른 두제품을 이용하여 PSI를 낮출 방안

대해 연구하고자 하였다. 연구의 정확성을 높이고자 조영제의 평균 주입속도가 2.8 ml/sec 이상일 때 혈관외유출이 주로 발생한다는 보고에 따라<sup>[4]</sup> 조영제 평균 주입속도를 3.0 ml/sec로 하여 검사하였고 조영제의 농도가 가장 안정적이라고 하는 옴니과 큐300 mgI/ml와 스캔룩스300 mgI/ml를 온장고에서 37도에 맞추어 온도를 증가시킨 상태에서 이용하였다. 또한 당뇨, 치료 방사선 환자, 혈관질환자, 혈관외유출이 의심되는 고위험 환자를 제외하여 검사함으로써 검사 결과에 대한 신뢰성을 높이고자 노력하였고 연구결과 Y자 형태의 연결관 직경을 좀 더 큰 것을 사용하여 조영제를 주입하는 것만으로도 PSI를 37.05% 낮출 수 있는 것을 확인하였다. 그러므로 검사 중 혈관에 가해지는 압력을 최소화하기 위해서는 PSI에 영향을 주는 여러 가지 인자들을 검사 목적에 맞게 정확하게 사용하는 것도 중요하고 특히 Y자 형태의 연결관 직경을 가능한 큰 것을 선택하여 환자의 혈관에 가해지는 압력을 줄이는 것이 중요하리라 생각된다. 한 가지 아쉬운 점은 본 연구에서는 서로 다른 제조사의 제품 두 가지를 이용하여 직경의 크기에 따른 PSI의 차이만을 조사하여 분석하였는데 동일한 직경의 서로 다른 제조사의 제품들에 대한 PSI를 먼저 분석한 후 후향적 연구가 되었으면 더 좋았으리라 생각되며 이용되어진 조영제가 동일한 농도이기는 하지만 제조사가 다르기 때문에 이를 구별해서 분석하여 정확도를 높일 수 있는 방안에 대한 필요성이 대두된다.

## V. CONCLUSION

펜실베니아 환자 안전 자문서에는 조영제를 이용한 컴퓨터단층촬영 검사 시행 시 자동 주입기의 사용으로 인한 연결 기구의 파열로 환자 및 직원들에게 충혈 또는 교차 감염을 일으킨 사례를 보고하고 있다. 여기서 사용한 연결 기구는 일반적인 수액주입용 세트라 검사자가 수액세트의 허용압력을 제대로 확인하지 못했기 때문에 발생한 사고라고 볼 수 있다.<sup>[11]</sup> 본 연구를 통한 분석 결과 Y자 형태의 연결관 직경이 큰 제품이 작은 제품에 비해 PSI가 37.05% 줄어든 것으로 확인되었다. 이것은 환자의 혈관에 가해지는 압력을 줄일 수 있을 뿐만 아

니라 안정적인 검사가 가능함을 의미한다. 따라서 기관에서는 가능한 직경이 큰 연결관을 이용하여 검사하는 것이 환자와 검사자 모두에게 주어지는 부담을 줄일 수 있는 방안이라 생각된다.

## Reference

- [1] R. H. Cohan, J. H. Ellis, W. L. Garner, "Extravasation of radiographic contrast material: recognition, prevention, and treatment," *Radiology*, Vol. 200, pp. 593-604, 1996.
- [2] M. P. Federle, P. J. Chang, "Frequency and effects of extravasation of ionic and nonionic CT contrast media during rapid bolus injection," *Radiology*, Vol. 206, pp. 637-40, 1998.
- [3] W. H. Bush, D. P. Swanson, "Acute reaction to intravascular contrast medium: Types, risk factors, recognition, and specific treatment," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 157, pp. 1153-1161, 1991.
- [4] M. P. Federle, P. J. Chang, "Confer S, Ozgun B: Frequency and effects of extravasation of ionic and nonionic CT contrast medium during rapid bolus injection," *Radiology*, Vol. 206, pp. 637-640, 1998.
- [5] J. E. Jacobs, B. A. Birnbaum, C. P. Langlotz, "Contrast medium reactions and extravasation: Relationship to intravenous injection rates," *Radiology*, Vol. 209, pp. 411-416, 1998.
- [6] M. P. Federle, P. J. Chang, "Confer S, Ozgun B: Frequency and effects of extravasation of ionic and nonionic CT contrast medium during rapid bolus injection," *Radiology*, Vol. 206, pp. 637-640, 1998.
- [7] M. D. Hollett, R. B. Jeffrey, M. J. Jorgensen, D. P. Harris, "Dual-phase helical CT of the liver: value of arterial phase scans in the detection of small ( $\leq 1.5$  cm) malignant hepatic neoplasms," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 164, pp. 879-884, 1995.
- [8] S. A. Schwab, M. A. Kuefner, K. Anders, et al. "Peripheral intravenous power of iodinated contrast media: the impact of temperature on maximum pressures at different cannula sizes," *Academic Radiology*, Vol. 6, No. 12, pp. 1502-1508, 2009.
- [9] "Manual on contrast media version 6" *American College of Radiology*, pp. 83-85, 2008.
- [10] Y. H. Seo, Y. M. Kim, "Evaluation of PSI Effective

ness by IV Catheter Gauge : According to Viscosity of Contrast Media, Temperature, and Connection Tools," Korean Society computed Tomographic Technology, Vol. 12, No. 2, pp. 71-80, 2010.

- [11] Pennsylvania patient safety advisory, "CT contrast media power injections can rupture conventional IC set," Pennsylvania patient safety authority Vol. 5, No. 4, pp. 136-137, 2008.

## CT 검사 시 조영제 자동주입기 Y자 연결관의 크기에 따른 PSI(pound per square inch)의 차이 분석

김현진,<sup>1</sup> 임인철<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>가야대학교 방사선학과

<sup>2</sup>동의대학교 방사선학과

### 요 약

조영제의 혈관외유출을 한번이라도 경험한 방사선사들은 혈관외유출의 발생에 대한 두려움으로 검사하는 동안 정신적 고통을 수반하게 된다. 환자의 경우 심한 신체적, 정신적 고통과 의료진 및 의료에 대한 불신을 갖게 되므로 미연에 예방할 수 있는 방안의 마련이 무엇보다 필요하다. 따라서 본 연구에서는 조영제 주입 시 압력인 PSI를 낮추어 혈관외유출을 예방하고자 하며 그 방안으로 자동주입기와 환자의 정맥주사 바늘에 연결되는 Y자 형태의 연결관(connecting tube)의 직경에 따른 조영제 주입 시 PSI의 변화를 비교 분석하고자 하였다. Y형태의 연결관 직경이 약 2 mm 정도인 A제품의 경우 전체 연령의 평균 PSI는 98.5, 표준편차 9.72로 나타났다. 연결관 직경 약 3 mm 정도인 B제품의 경우 전체 연령의 평균 PSI는 62.0, 표준편차 8.59로 나타났다. 이것은 직경이 더 넓은 B제품의 경우 A제품과 비교했을 때 평균압력이 37.05% 감소한 결과이다.

중심단어: PSI, 혈관외유출, Y자 형태 연결관