

## 수술 후 통증관리를 위한 가스발생식 주입기의 지속적 정주에 대한 임상 적용

연세대학교 의과대학 마취통증의학교실 및 마취통증의학연구소

남상범 · 장철호 · 이호동 · 이윤우

= Abstract =

### Clinical Application of Gas Forming Infusion Pump for Intravenous Postoperative Pain Control

Sang Beom Nam, M.D., Chul Ho Chang, M.D., Ho Dong Rhee, M.D., and Youn-Woo Lee, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine and Anesthesia and Pain Research Institute,  
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** There are many types of infusion pumps, for example the mechanical infusion pump and the electronic infusion pump. All of them have some limitations when used in the medical field, and therefore, a new gas forming infusion pump with an accurate infusion volume and velocity was developed. We examined the accuracy of the new gas forming infusion pump (ANAPA<sup>®</sup>, Ewha Inc., Korea) before clinical use.

**Methods:** We studied 49 patients who were planning to have lumbar spine surgery. Infusions were started after the patients awoke from general anesthesia. Pumps were filled with a total volume of 100 ml composed by fentanyl (10µg/kg), ketorolac (1, 2 or 3 mg/kg), and saline. Expected basal rate was 2.0 ml/h. The infused volume, pain score, and side effects were checked at 3, 6 hours after beginning the infusion and every 6 hours thereafter.

**Results:** The average infusion velocity was 2.1 ml/h, but a statistically regular infusion velocity was maintained. There were no infusion failure cases after the infusion pump was revised. The numeric pain score was high at early postoperative stages, but 12 hours later, the pain subsided.

**Conclusions:** We concluded that the new gas forming infusion pump is one of the safe and regular volume delivering devices for intravenous postoperative pain control. Attaching a patient controlled analgesic device on this infusion pump could make postoperative pain management more complete.

**Key Words:** Infusion pump, Postoperative pain, Spine surgery

### 서 론

책임저자 : 이윤우, 서울시 강남구 도곡동 146-92

영동세브란스병원 마취통증의학과

Tel: 02-3497-3520, Fax: 02-3463-0940

E-mail: ywleepain@yumc.yonsei.ac.kr

2002년 대한통증학회 추계 학술대회 발표하였음.

본 논문은 보건의료기술 연구개발사업의 벤처 및 중소기업 개발 지원(고유 번호 02-PJ1-PG11-VN01-SV03-0005) 보건복지부 연구비 지원으로 연구되었음.

약물주입기는 수술 후 통증관리와 만성 통증관리, 암성 통증관리 뿐만 아니라 항암제 치료 등 장시간 지속적으로 약물을 투여하는데 사용되고 있으며, 지금까지는 전기기계식과 탄력풍선식의 약물주입기가 주로 개발되어 왔으며, 이들이 주종을 이루고 있다.<sup>1)</sup>

전기기계식의 경우는 환자 각 개인에 따라 약물에 대한 반응을 보며 수시로 적절한 용량을 조절할 수 있으며, 약물의 주입속도와 주입용량이 일정하게 투여될 수 있다는 장점이 있다. Stull 등에<sup>2)</sup> 의하면 전기기계식 약물주입기는 약물 투여 용량을 주입 중에도 수시로 바꿀 수 있고 투여 용량도 대체적으로 정확한 장점이 있으나, 적은 투여 용량에서는 항상 일정한 용량으로 지속적으로 주입되지 않고 들어가는 양도 일정하지 않아 5% 내외의 투여 용량의 오차가 있으며 입력 실수에 의한 과소량이나 과다량 투여의 위험성, 기계의 무게나 크기로 인한 활동의 제한 및 고비용이라는 단점이 있다. 약물 주입 용량을 잘못 설정한 경우와, 1회 추가용량을 잘못 설정하여 환자가 위험한 상황에 처한 경우가 보고되었던 바,<sup>3)</sup> 기저 주입 용량 설정 시에는 사용자의 주의가 각별히 더 필요하기 때문에 많은 기저 주입 용량보다는 환자의 조작에 의한 1회 투여 용량을 자주 줄 수 있도록 설정하는 것이 안전하다.<sup>4)</sup>

탄력풍선식은 간편하고 비용이 저렴하다는 장점이 있으나, 풍선이 터지는 경우가 있고, 풍선의 지름에 따른 주입 초기와 말기에 탄성의 변화로 인하여 유속의 정확성이 떨어지는 단점이 제시되고 있다.<sup>5)</sup> 또한, 술 후 통증 조절에 필요한 약물의 용량은 수술 후 경과에 따라 많은 차이가 있는데, 탄력풍선식은 주입용량을 수시로 바꾸는 것이 어려워, 환자의 요구에 따른 약물 주입 추세에 따라 컴퓨터에 의해 설정 용량이 계속 달라지는 장치와 1회 추가 용량이 다양한 여러 개의 단추가 있는 장치도 개발되었다.<sup>6,7)</sup>

산학협동으로 국내에서 연구 개발된 탄산가스 발생에 의한 가스 압력을 이용한 새로운 약물주입기 (ANAPA<sup>®</sup>, 이화양행, 한국)는 이론적으로 등속, 등량의 약물 주입이 가능하고, 경제적이며 안전하고 활동 시 제한이 적다는 장점을 가지고 있다. 이 방법의 성공을 위해서 필수적으로 만족되어야 할 기술적인 문제점은 원동력이 되는 가스가 지속적으로 발생하여야 되며 압력을 일정하게 유지하여야 하고, 피스톤과 실린더의 마찰계수 유지, 약물 저장부의 기밀성 유지 등에 의해 등속, 등량의 약물 주입이 되어야 한다. 실험실 연구에서는 정확한 주입속도와 주입량을 보였고 식약청과 보건복지부에서 임상에 적용할 수 있다는 판정을 받았으나 이 제품이 임상에 적용되었을 때 기존 제품보다 과다한 약물이 일

시적으로 투여되거나 예측한 양보다 너무 적게 투여되거나, 시간에 따라 일정하지 않은 속도로 약물이 투여되는 지를 직접 알아보고, 사용상의 문제점을 개선하여 보다 정확한 유속과 유량으로 약물을 주입할 수 있는 기술을 확보하고 임상 적용시의 문제점을 해결해야 할 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 신기술로 개발한 가스발생식 주입기를 임상에 적용하기 위한 실험의 하나로서 요부 척추 수술 후 통증 치료를 위한 정주용 통증조절기로서의 역할을 조사하여 그 정확도와 문제점을 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

2002년 4월에서 7월까지 본원에 입원하여 척추궁절제술을 시행 받는 미국마취과학회 신체등급분류 1, 2군에 속하는 남녀 환자 49명을 대상으로 하였다. 수술 후 통증조절을 원하는 환자 중 설문지를 통해 연구목적에 찬동하는 경우, 수술 후 통증조절 장치 및 자료의 작성법에 대한 설명을 하였고, 모든 과정을 동의하고 적극 협조할 환자를 최종 대상자로 선별하였다.

분류된 환자의 특성은 각 군간 차이가 없었다 (Table 1).

모든 대상자는 마취전처치실에서 전신마취 전 투약으로 glycopyrrolate 0.2 mg과 midazolam 2.0 mg을 정주하였다. Fentanyl 100 $\mu$ g 정주 후 thiopental 4 mg/kg 정주로 마취유도 하였으며 근이완을 위해 vecuronium 0.1 mg/kg 정주하였다. 4분 후 기관 내 삽관하고 산소(1 L/min)와 아산화질소(1 L/min) 및 enflurane으로 마취를 유지하였다.

가스발생식 주입기는 ANAPA<sup>®</sup> (basal rate; 2 ml/h)를 이용하였다(Fig. 1). 환자들을 무작위로 세 군으로 나누어 각각 fentanyl 10 $\mu$ g/kg과 ketorolac 1 mg/kg (Group I), ketorolac 2 mg/kg (Group II), ketorolac 3 mg/kg (Group III)을 혼합하고 생리식염수를 첨가하여 총 용량을 100 ml로 만들어 약물 저장부에 주입하여 준비해놓고 수술이 끝난 후 환자를 회복실로 옮기고 의식이 돌아오면, 초기용량으로 fentanyl 1 $\mu$ g/kg를 정주하고 통증이 소실된 것을 확인한 후, 가스발생식 주입기를 작동시키고 정맥로에 연결하였다. 가스발생식 주입기의 작동은 탄산나트륨 정제가 들

Table 1. Demographic Data

	Group I (N = 18)	Group II (N = 13)	Group III (N = 18)
Sex (M/F)	10/8	8/5	7/11
Age (yr)	47.4 ± 15.1	44.4 ± 13.3	46.9 ± 13.3
Weight (kg)	74.1 ± 13.8	69.4 ± 12.8	64.3 ± 9.2
Height (cm)	168.6 ± 10.5	165.4 ± 11.6	162.3 ± 7.9

All values except patients number are expressed as mean ± SD. There are no intergroup differences among the three groups. Group I: fentanyl 10µg/kg + ketorolac 1 mg/kg, Group II: fentanyl 10µg/kg + ketorolac 2 mg/kg, Group III: fentanyl 10µg/kg + ketorolac 3 mg/kg.

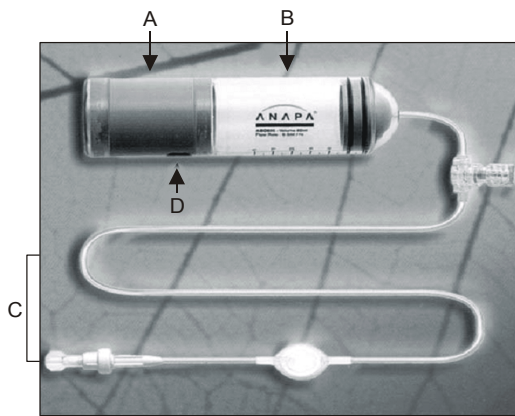


Fig. 1. Gas forming infusion pump (ANAPA®). A: Gas forming unit in which Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and citric acid are separated by a membrane, B: Drug chamber and piston, C: Infusion route, capillary tube and microfilter located at the tip of infusion route, D: pressure reducing valve.

어 있는 챔버를 밀어 중간막을 터트림으로써 구연산과 화학반응을 일으키게 하는 것으로 시작된다.

가스발생식 주입기를 작동시킨 후 3시간 간격으로 2회, 그 이후 6시간 간격으로 48시간의 주입용량을 방문하는 의사 또는 환자와 보호자가 주입기의 표면에 있는 5 ml 단위의 눈금을 보고 기록하였다. 통증점수는 숫자등급 통증점수(Numeric Rating Scale, NRS)로 하였으며 동 시간대에 0점은 통증이 전혀 없는 상태, 100점은 상상할 수 있는 가장 심한 통증으로 하여 기술하도록 하였다. 부작용은 환자가 호소한 경우로 하였으며 치료하여도 견딜 수 없어 포기한 경우는 본 연구대상에서 제외하였고 fentanyl을

nalbuphine으로 대체 조절한 기계식 자가통증조절기를 사용하였다.

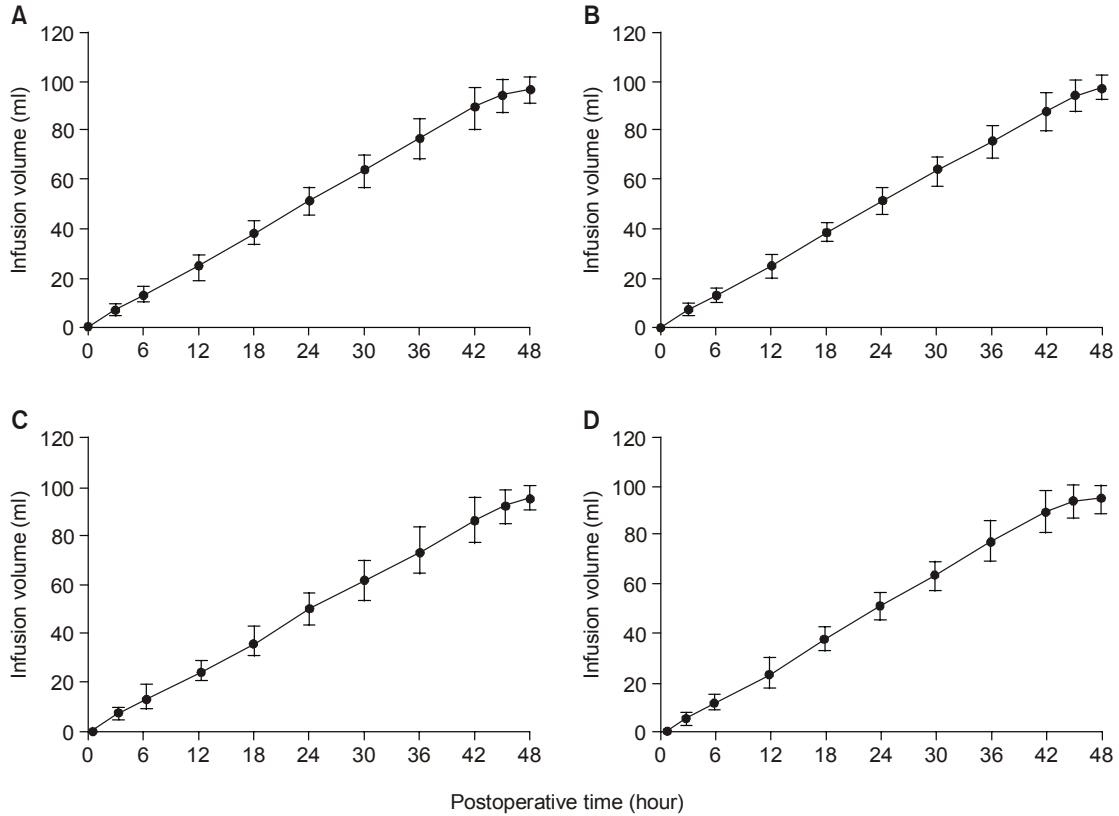
통계분석은 SAS (version 8.1)를 이용하였다. 환자의 기본 성향 자료는 ANOVA를 이용하여 분석하였고, 약물의 주입용량은 시간과 주입용량 사이의 관계를 repeated measures ANOVA를 이용하여 분석하였으며, 통증점수는 ANOVA를 이용하여 세 군간의 비교를 하였다. P 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 의미 있는 것으로 규정하였다.

결 과

첫 3시간의 주입 속도는 각 군별로 2.3, 2.3, 2.2 ml/h이었고(전체 평균 2.3 ml/h), 3-6시간에는 각 군별로 2.2, 2.3, 2.0 ml/h (전체 평균 2.2 ml/h), 6시간 이후 각 군별 2.1, 2.1, 2.2, ml/h (전체 평균 2.1 ml/h)였다. 전 시간에 걸친 평균주입 속도는 각 군별로 2.1, 2.1, 2.2 ml/h이었고, 전체 평균 주입속도는 2.1 ml/h이어서 100 ml의 총 주입 시간은 평균 46.9 시간이었다(Fig. 2).

구토가 심해서 가스발생식 주입기를 제거한 경우가 2예 있었다. 연구 초기단계에 주입기의 고장으로 주입기를 제거한 경우가 5예였다. 주입기의 고장은 피스톤의 누출이 1예, 탄산나트륨 주입부의 파손이 1예, 탄산나트륨이 구연산 안으로 불완전하게 유입된 경우가 3예 있었으나 모두 사용 초기에 있었던 일로 본 연구 대상에서 제외하였으며, 사용 방법의 숙지와 가스발생식 주입기의 지속적인 개량 이후에는 발생하지 않았다.

주입기 고장이나 구역, 구토가 심해서 중도에 주입기를 제거한 경우는 통증점수 비교를 위한 환자



**Fig. 2.** Time course cumulative infusion volume of gas-forming infusion pump in all the patients (A), Group I (B), Group II (C) and Group III (D). Results are mean  $\pm$  SD. There was no significant difference among the infusion velocity by the time.

**Table 2.** Numeric Rating Scale Pain Score

Time (h)	3	12	24	48	Mean
Group I	58.3 $\pm$ 27.3	38.9 $\pm$ 20.3*	21.7 $\pm$ 15.0*	16.7 $\pm$ 11.9 *	28.0 $\pm$ 22.5*
Group II	50.0 $\pm$ 24.2	37.7 $\pm$ 18.8*	31.1 $\pm$ 18.4*	20.8 $\pm$ 22.2 *	32.5 $\pm$ 21.9*
Group III	56.7 $\pm$ 28.5	32.2 $\pm$ 25.1*	25.6 $\pm$ 22.3*	19.4 $\pm$ 15.1 *	30.0 $\pm$ 24.3*

All values are expressed as mean  $\pm$  SD. There are no intergroup differences among the three groups. Group I: fentanyl 10 $\mu$ g/kg + ketorolac 1 mg/kg, Group II: fentanyl 10 $\mu$ g/kg + ketorolac 2 mg/kg, Group III: fentanyl 10  $\mu$ g/kg + ketorolac 3 mg/kg. \*P < 0.05 compared with numeric pain score at the beginning of infusion.

대상에서 제외하였다. 통증 점수는 첫 3시간에는 50 점 이상으로 높았으나, 12시간 이후에는 25점 정도로 낮게 유지되었다(Table 2). 이런 양상은 각 군에서 모두 나타났으며, 각 군에서의 통증 점수는 모든 시간대에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았

다.

약물에 의한 부작용으로는 구역이 Group I, II, III에서 각각 1, 2, 1예, 가려움증이 1, 2, 2예, 졸림이 0, 1, 2예가 관찰되었으며 군간 유의성은 없었다.

## 고 찰

새로이 산학협동으로 국내에서 연구 개발된 탄산 가스 발생에 의한 가스 압력을 이용한 새로운 약물 주입기(ANAPA<sup>®</sup>, 이화양행, 한국)가 개발되었고 식약청과 보건복지부의 검·인증 작업이 종료되었다. 그러나 이를 임상에 사용하기 전 그 성능을 확인하는 절차는 사용자로서 필수적이라 할 수 있다.

약물주입기는 여러 가지 임상적인 용도로 사용되어지고 있으나 본 연구에서는 척추 수술 후 통증 관리 시 진통제를 지속적으로 투여할 목적으로 ANAPA<sup>®</sup>를 사용하였다. 많은 수술 중에서 척추의 수술은 술 후 통증이 큰 수술로 알려져 있으며, 이런 술 후 통증은 회복을 지연시키는 중요한 원인 중 하나로 여겨진다.<sup>8)</sup> 따라서, 척추 수술 후 통증 조절을 위한 경막외 통증조절 장치나 정맥로를 이용한 정주용 제제의 사용과 평가에 관한 많은 연구가 이루어졌다.<sup>9,10)</sup> 술 후 통증 조절 장치로 약물 주입기가 많이 사용되는 이유는 수술 직후 통증 조절이 장기간에 걸친 환자의 회복 여부에 중요한 역할을 하기 때문이다.<sup>11)</sup> 또한 Lange 등은<sup>12)</sup> 이런 부작용을 줄이기 위해 간헐적인 진통제의 정주보다는 술 후 통증조절 장치를 통한 지속적인 진통제의 투여가 중요하다고 하였다. 본 연구는 술 후 통증 조절을 위해 정주용으로 사용하는 경우 가스발생식 주입기 작동에 어떤 문제점이 있는가와, 얼마나 정확하게 약물을 주입할 수 있는가를 알아보아 문제점을 개선하고자 하였다.

약물주입기는 크게 기계식과 전기기계식으로 나뉘고 기계식은 탄력풍선식과 스프링식이 일반적이며 전기기계식은 고정형, 이동형, 이식형으로 구분된다.<sup>1)</sup> White는<sup>13)</sup> 술 후 통증 조절 장치의 개념을 확립하고, 전통적인 환자의 요구에 의해 그 때마다 간호사를 통한 근주 통증 조절 방법보다 통증 조절 장치의 우수함과 필요성을 강조하였으며, 그 근거로 통증은 감소하면서 졸림, 호흡 억제 등의 부작용이 적고 낮에 활동이 원활한 장점을 들었고, 어떤 통증 조절 방법을 사용할 것이냐는 사용 목적과 사용량, 종류, 비용, 환자의 진단명과 활동 정도에 따라 결정하게 되는 것이 일반적이라 하였다. 하지만 공통적인 고려 사항은 사용의 편리함, 환자군의 특징, 흔히 쓰이는 약물의 종류, 안전성, 약물적량의 정확성, 효율성

과 환자의 만족도, 사용의 편리함, 가격의 만족 정도이다.

ANAPA<sup>®</sup>는 크게 가스발생 부분, 약물 충전 부분 및 주입로 부분 등의 세 부분으로 구성된다.

가스발생 부분은 가운데 막이 있는 2개 공간 구조로 지그시 손가락 또는 키로 눌러 중간 막을 터트리면 구연산(C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)이 들어 있는 공간에 탄산나트륨(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 정제가 삽입되며 화학반응이 일어나 이산화탄소 가스가 발생하기 시작한다. 구연산은 분자량 192.12 g이며 상온에서 분말상태이나 ANAPA<sup>®</sup> 안에는 용액으로 준비되어 있다. 구연산이 탄산나트륨과 화학할 때의 화학식은  $2 C_6H_8O_7 + 3 Na_2CO_3 = 3 H_2O + 2 Na_3C_6H_5O_7 + 3 CO_2$ 이다. 가스모집 원리는 Gore사에서 개발한 hydrophobic (소수성) 재질의 필터를 사용하여 공기는 통과시키고 액체는 막아준다는 점이다. 또한 가스발생 부분에는 가스압력 조절 밸브를 설치하여 과도한 가스 압이 발생하지 않도록 하였다.

약물 충전 부분은 원통형 실린더로 되어 있으며 내부 직경이 40.16-40.18 mm로 오차범위 0.02 mm 이내로 균일하다. 실린더 내에서 피스톤의 약물접촉부는 실린더 내부 벽을 스쳐가며 약물을 밀어주며, 가스접촉부에서는 약물충전부로 가스가 새어 들어가지 않아야 한다. 저자들의 사전 연구 중 약물이 피스톤에 의해 밀려들어가지 않고 뒤쪽으로 새어 나온 경우가 1에 있었는데 이는 피스톤과 약물을 주입하는 용기 사이의 고무 부분의 형태를 다양하게 개선하여 결국에는 단면모양이 V자형 고무 ring이 이중으로 설치되도록 만들었다. 이렇게 함으로써 압력을 받는 부위의 V자가 더 벌어지며 더욱 실린더 벽에 밀착되고 가스 및 용액이 새어 나가지 못하게 하는 역할을 충분히 하도록 만들었다. 또한 양쪽에서 압력을 받으면서 균형을 유지하며 약물과 가스를 완전 분리 유지시키면서 압력의 균형이 깨지는 양만큼 flow-rate가 형성된다. 약물 충전은 주입로 근위부에 있는 3 방향 잠금장치(3 way stop cock)를 통해 가능하다.

약물충전부에서 약물 주입로로 이어지는 부위는 돔형이며 충전부 안쪽으로 공기유입 방지용 도관이 설치되어 있다. 주입로 끝부분의 모세관은 내경 0.04 mm, 길이 14-16 mm로 약물 주입속도를 조절한다. 약물 주입로 중간에는 가스제거 필터가 있어 미세

기포를 제거해 준다. 모세관 다음 주입로의 가장 끝 부분은 환자의 약물 투입로에 연결되도록 암컷 연결 모양이며 정상 시 약물 투여 전까지는 약물은 통과하지 않고 가스만 통과하는 캡이 장착되어 약물 충전과 가스발생 후 주입로 안의 공기를 완전히 제거한 후에도 약물은 새어나오지 않게 해준다.

그 외의 ANAPA®의 장점은 완전히 일회용이므로 재사용으로 인한 감염의 우려가 없고, Gamma radiation (21-25 KGy)으로 소독함으로써 EO gas 잔류 등의 위험이 없으며, 약물 충전 시 주입로의 말단 부분까지 충전되므로 환자에게 즉시 사용이 가능하다는 것이다.

약물 주입 초기 3시간에 2.3 ml/h로 6시간 이후 2.1 ml/h보다 큰 유량을 보이는 것은 약물충전 시 압축된 실린더내 공기압이 탄산가스압에 추가되어서 영향을 주었을 가능성이 높다. 그러나 약물충전만으로는 약물주입이 시작되지 않는 것으로 보아 충전시의 공기압은 그리 높은 것이라고 생각되지 않는다. 따라서 중간막을 터뜨려 약물 주입을 시작하기 전 충분한 시간의 여유를 두고 약물 충전을 하여 주입 시작 직전에 가스 발생을 일으키도록 조작하면 가스압력 조절밸브를 통해 일정 압력을 유지할 수 있을 것이라고 생각된다. 즉 본 연구에서는 적합한 시기를 조사하지 않았으나 약물충전을 사전에 시행하는 것이 좋으리라 생각된다. 약물은 예상되는 주입속도보다 약간 빠르게 주입되어 2.1 ml/h라는 결과를 나타내어 2.0 ml/h라고 설정한 주입속도 보다 5%의 오차를 보였다. 하지만 반복 측정에 의한 분산분석에 의하면 주입 속도는 장착 후 48시간에 걸쳐 일정하게 유지되었다. 또한 약물저장부가 주사기 처럼 원통형이기는 하나 눈금의 간격이 작아 측정치에 오차가 발생되었다고 생각된다. 이는 약물이 일정한 속도로 주입되어 약간의 오차를 가진 용량이 주입되기는 하나 풍선식 또는 스프링식 보다 오차가 적고 일정하므로 이점을 고려하여 약물의 농도를 조절하거나 그 원인을 제거해 주어야한다.

설정 주입속도와 오차가 나는 원인은 주입기 주위 온도, 약물의 점성, 정맥도관의 종류와 정맥의 위치 등이 관여할 것이라 추정된다.<sup>14)</sup> 대부분의 약물 점성은 생리식염수에 유사하며 정맥도관의 종류와 정맥 위치는 연구대상자가 일정하였으므로 임상적으로 유사하다고 생각할 때 주위 온도가 주요 원인일 수

있다. 한편 기존에 사용하던 풍선식 주입기는 실험실 연구에서도 주입초기와 말기에 주입속도가 빠르고 중간단계에서 주입속도가 느릴 뿐만 아니라 주위 온도가 증가하면 주입속도가 현저히 빨라지는 단점을 나타내었고, 스프링식은 시간이 갈수록 스프링의 탄력성이 떨어져 주입속도가 느려지는 단점을 보였다.<sup>14)</sup> 또한 풍선식 주입기에 대한 임상연구에서 2.0 ml/h로 설정된 원통형과 계란형의 형태와 고무와 실리콘 재질의 주입기를 조사한 바,<sup>15)</sup> 각각 처음 20 ml의 주입 시기에는 1.9, 2.0 ml/h였고, 20 ml에서 90 ml 주입 시기에는 1.6, 1.7 ml/h, 90 ml에서 100 ml에는 2.2, 2.4 ml/h로 5%보다 더 큰 오차를 보여, 가스발생식 주입기가 풍선식 보다 정확한 주입용량과 속도를 보인다고 할 수 있겠다. 그러므로 본 연구에서 사용된 ANAPA®에서는 정확히 설정된 주입속도가 될 수 있도록 모세관의 내경과 길이를 더욱 정밀하게 절단해내는 기술이 오차를 줄이는 데 필요할 것으로 생각된다.

사전 연구 시기에는 작동의 문제점도 또한 있었다. 탄산나트륨을 구연산 용액으로 밀어 넣는 경우 단추형으로 된 부분이 손상된 경우가 1예 있는 바, 지그시 엄지손가락으로 누르거나 누름용 플라스틱 마개를 사용함으로써 해결할 수 있는 문제였다. 가스발생이 안되어 분해하여 본 결과 탄산나트륨이 구연산내로 불완전하게 삽입된 경우 또는 탄산나트륨 정제 가운데 있는 구멍 입구를 가스방울이 마개 역할을 하여 구연산이 충분히 탄산나트륨과 접촉하지 못하여 가스발생이 이루어지지 않음을 발견하였다. 이는 약물주입을 시작하는 시기에 정확히 탄산나트륨이 구연산 용액 내로 들어가도록 단추를 눌러주고 흔들어서 가스방울이 정제의 구멍을 막지 않도록 하여 해결하였다. 정제가 들어가지 않은 경우를 대비하여 스프링을 달아 중간막이 터질 때 앞으로 스프링의 탄력에 의해 정확히 삽입되도록 하였다. 이런 작동상의 문제는 본 연구의 시작 초기에 해결되어 연구가 끝날 때까지 재발하지 않았다.

본 연구에서는 fentanyl 단독 투여 시의 부작용을 적게 하기 위해 fentanyl과 ketorolac을 혼합하는 방법을<sup>16)</sup> 사용하였다. Reuben 등은<sup>17)</sup> morphine과 ketorolac을 병용 투여하는 방법으로 ketorolac의 적정 용량을 찾으려 하였고, ketorolac이 morphine 소모량을 감소시켜 morphine의 부작용은 줄이면서 진통효과는 대

체하는 효과가 있다고 하였다. 또한, Sevarino 등도<sup>18)</sup> ketorolac이 opioid와 병용 시 opioid 소모량을 줄일 수 있으므로 opioid의 부작용은 감소시키고 동질의 진통효과를 유지시켜 주는 장점이 있는 것으로 보고 하였다.

그러나 본 연구에서는 세 군 간의 진통효과에 있어 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으며 이는 자가통증조절(patient controlled analgesia, PCA) 장치가 없는 주입기를 사용하였기 때문에 fentanyl 용량을 충분히 설정하였고, 충분히 많은 용량의 fentanyl에 의한 진통 효과가 ketorolac의 용량 차이를 분별치 못하게 만들어 나타난 결과로 생각된다. Ding 등의<sup>19)</sup> 연구결과에 의하면 fentanyl이나 fentanyl과 ketorolac을 병용하여 사용한 환자군에서 ketorolac을 단독으로 사용한 군보다 진통효과가 크며 부작용에서는 차이가 없다고 하였다. 한편 Cepeda 등은<sup>20)</sup> morphine PCA가 ketorolac PCA보다 술 후 통증 감소에 탁월함을 주장하였다. 즉 통증 조절의 주 약물은 fentanyl이라고 생각할 수 있겠다.

통증 점수는 초기에 높은 양상을 보이다 점차 감소하여 12시간 이후 일정했다. 이는 이미 많은 연구결과와 같이 수술 후의 통증이 마취에서 회복되면 가장 크고 12시간 이후 점차 감소하므로 주입기 사용 초기에 진통제의 필요량이 많아야 함을 보여주며 PCA 장치가 없는 일회용 약물 주입기의 단점 중의 하나인 것이다. 따라서 환자가 통증을 느낄 때 약물의 추가량을 주입할 수 있는 ANAPA-plus<sup>®</sup>가 수술 후 통증 조절에 더 유용할 것이라고 생각되며 이의 개발 후 다시 임상 사용 전 실험을 필요로 한다. 본 연구에서 조사된 부작용으로 메스꺼움, 가려움, 졸림 등이 있었는데 이는 모두 fentanyl에 의한 것이라 추정된다. 따라서 ANAPA-plus<sup>®</sup>를 사용하는 경우에도 부작용을 감소시킬 수 있는 방안의 하나로 ketorolac을 혼합하는 방법에 더 많은 연구가 필요할 것이라 생각된다.

결론적으로 새로이 산학협동으로 국내에서 연구 개발된 탄산가스 발생에 의한 가스 압력을 이용한 새로운 약물주입기(ANAPA<sup>®</sup>)는 기계식 약물 주입기에<sup>14)</sup> 유사한 약물 주입 속도의 정확도를 보여주었고 탄력 풍선식 약물 주입기에<sup>14,15)</sup> 비해 초기부터 끝까지 일정 속도를 유지함을 알 수 있었다. 목표치보다 5%의 오차를 보임은 기존의 제품보다 동등하거나

우월하나 모세관의 길이를 보다 정밀하게 제조함으로써 더 줄어나갈 수 있을 것으로 생각된다. 수술 종료 직후부터 보다 효율적인 통증 관리를 위해서는 자가통증조절을 위한 누름장치가 장착되어야 한다. 이를 위하여 ANAPA-Plus<sup>®</sup>가 개발 완성 단계에 있으며 역시 사용 전 임상실험이 필요할 것으로 생각된다. 더욱이 본 연구는 지속적 정주용을 대상으로 하였으나 정주시 보다 저항이 큰 경막외 PCA의 경우를 대상으로 연구가 필요할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Skokal WA: Infusion pump update. RN 1997; 60: 35-8.
2. Stull JC, Erenberg A, Leff RD: Flow rate variability from electronic infusion devices. Crit Care Med 1988; 16: 888-91.
3. White PF: Mishaps with patient-controlled analgesia. Anesthesiology 1987; 66: 81-3.
4. White PF, Parker RK: Is the risk of using a "basal" infusion with patient-controlled analgesia therapy justified? Anesthesiology 1992; 76: 489.
5. Dorr RT, Trinca CE, Griffith K, Dombrowsky PL, Salmon SE: Limitations of a portable infusion pump in ambulatory patients receiving continuous infusions of anticancer drugs. Cancer Treat Rep 1979; 63: 211-3.
6. Love DR, Owen H, Ilsley AH, Plummer JL, Hawkins RM, Morrison A: A comparison of variable-dose patient-controlled analgesia with fixed-dose patient-controlled analgesia. Anesth Analg 1996; 83: 1060-4.
7. Rudolph H, Cade JF, Morley PT, Packer JS, Lee B: Smart technology improves patient-controlled analgesia: a preliminary report. Anesth Analg 1999; 89: 1226-32.
8. Filippi R, Laun J, Jage J, Pernecky A: Postoperative pain therapy after lumbar disc surgery. Acta Neurochir Wien 1999; 141: 613-8.
9. Bernnan TJ: Point of view: postoperative pain control after lumbar spine fusion. Spine 1997; 22: 1896-7.
10. Le Roux PD, Samudrala S: Postoperative pain after lumbar disc surgery: a comparison between parenteral ketorolac and narcotics. Acta Neurochir Wien 1999; 141: 261-7.
11. Katz J, Jackson M, Kavanagh BP, Sandler AN: Acute pain after thoracic surgery predicts long-term post-thoracotomy pain. Clin J Pain 1996; 12: 50-5.

12. Lange MP, Dahn MS, Jacobs LA: Patient-controlled analgesia versus intermittent analgesia dosing. *Heart Lung* 1988; 17: 495-8.
  13. White PF: Use of patient-controlled analgesia for management of acute pain. *JAMA* 1988; 259: 243-7.
  14. Ilfeld BM, Morey TE, Enneking FK: Portable infusion pumps used for continuous regional analgesia: delivery rate accuracy and consistency. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 424-32.
  15. Chung IS, Cho HS, Kim JA, Lee KH: The flow rate of the elastometric balloon infusor is influenced by the internal pressure of the infusor. *J Korean Med Sci* 2001; 16: 702-6.
  16. Sukhani R, Vazquez J, Pappas AL, Frey K, Aasen M, Slogoff S: Recovery after propofol with and without intraoperative fentanyl in patients undergoing ambulatory gynecologic laparoscopy. *Anesth Analg* 1996; 83: 975-81.
  17. Reuben SS, Connelly NR, Lurie S, Klatt M, Gibson CS: Dose-response of ketorolac as an adjunct to patient-controlled analgesia morphine in patients after spinal fusion surgery. *Anesth Analg* 1998; 87: 98-102.
  18. Sevarino FB, Sinatra RS, Paige D, Silverman DG: Intravenous ketorolac as an adjunct to patient-controlled analgesia (PCA) for management of postgynecologic surgical pain. *J Clin Anesth* 1994; 6: 23-7.
  19. Ding Y, Fredman B, White PF: Use of ketorolac and fentanyl during outpatient gynecologic surgery. *Anesth Analg* 1993; 77: 205-10.
  20. Cepeda MS, Vargas L, Ortegon G, Sanchez MA, Carr DB: Comparative analgesic efficacy of patient-controlled analgesia with ketorolac versus morphine after elective intraabdominal operations. *Anesth Analg* 1995; 80: 1150-3.
-