

일개 대학병원에서의 Patient Controlled Analgesia 적용 환자의 수술 후 통증 관리 현황

¹이민지 · ¹김지은 · ¹신혜경 · ¹정신정 · ¹조연지 · ¹박지우 · ²강자현

분당서울대학교병원 간호부¹, 서울대학교 간호대학 · 간호과학연구소²

Postoperative Pain Management Status of Patient Controlled Analgesia in a Single University Hospital

¹Lee, Min Ji · ¹Kim, Ji Eun · ¹Shin, Hye Kyoung · ¹Jung, Sin Jung · ¹Cho, Yeon Ji · ¹Park, Ji Woo · ²Kang, Ja Hyun

The Nursing Department, Bundang Seoul National University Hospital¹, College of Nursing · Research Institute of Nursing Science, Seoul National University²

Purpose: This study aimed to investigate the current status of pain management in patients using patient-controlled analgesia (PCA) after surgery and to explore systematic PCA management strategies and effective pain control measures. **Methods:** Data were collected from adult patients aged 19 years or older who underwent surgery and received postoperative PCA management within 48 hours at S University Hospital in Gyeonggi Province between January 2020 and December 2022. The data were analyzed using descriptive statistical methods. **Results:** A total of 19,787 patients used PCA within 48 hours after surgery, with 60.7% being female. Intravenous PCA was the most commonly used route (96.6%), and fentanyl monotherapy was the most frequently used analgesic (71.8%). PCA effectively controlled pain in 82.8% of patients; however, 20.3% experienced side effects such as nausea, vomiting, and dizziness. Interventions for these side effects included the administration of antiemetics (24.2%), adjustments to PCA settings (3%), discontinuation or removal of PCA (1.9%), and re-education on PCA use (1.5%). PCA-related errors totaled 14 cases (0.07%) and involved either mechanical or human errors. **Conclusion:** A systematic PCA management team is essential for continuous monitoring of patients using PCA after surgery. Such a team is expected to facilitate effective pain control, enhance patient safety, and ensure high-quality nursing care.

Key words: Post-operative pain, Analgesia, Patient-controlled analgesia, Pain management

서론

1. 연구의 필요성

수술 후 급성 통증이란 수술 후 72시간 이내 발생하는 통증으로,¹⁾ 수술 환자의 80% 이상은 수술 후 급성 통증을 경험하며, 이 중 약 75% 이상에서 중등도 이상의 극심한 통증을 경험하는 것으로 보고되고 있다.²⁾ 제대로 조절되지 않는 수술 후 통증은 면역력 억제, 상처 회복의 지연, 위장관 폐쇄 등의 문제를 야기할 수 있고, 수술 후 합병증 예방을 위한 기침, 심호흡, 보행과 같은 환자의 능력을 감소시켜 회복을 지연시킬 뿐만 아니라 삶의 질에 부정적 영향을 미치는 원인이 된다.³⁾

수술 후 통증 관리를 위해 마약을 사용한 자가 통증 조절 요

법(Patient Controlled Analgesia, PCA), 국소 마취, 척수강내 및 경막 외 약물 투여, 신경 차단 방법 등⁴⁾의 적극적이고 다양한 중재가 적용되고 있으며,⁵⁾ 그 중에서도 PCA 사용이 기존 진통제 투여보다 통증 조절에 효과적이라고 하였다.⁶⁾ PCA는 정해진 시간에 정해진 용량의 약물이 주입되거나, 환자가 통증이 있을 때 기계의 버튼을 누르면 조절 주입 펌프가 작동되어 정해진 용량의 약물이 주입됨으로써 통증을 조절하는 요법이다.^{3,7)}

그러나, 이와 같은 PCA의 장점에도 불구하고 마약성 진통제로 인한 오심, 구토, 가려움증, 졸림, 호흡 억제, 소변 저류, 의식 저하, 장운동 지연, 저혈압 등과 같은 부작용이 나타날 수 있고,⁸⁾ 마약성 진통제에 대한 그릇된 인식과 약물 중독에 대한 두려움,⁹⁾ 기존 PCA 사용 시 경험했던 부작용으로 인해 마약성

주요어: 수술 후 통증, 진통, 자가통증조절, 통증 관리

Address reprint requests to : Kim, Ji Eun

The Nursing Department, Bundang Seoul National University Hospital, 82 Gumi-ro, 173 beon-gil, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea

Tel: +82-31-787-3644 Fax: +82-31-787-4002 E-mail: 11506@snuh.org

투고일: 2024.11.25 심사외일: 2024.12.24 게재확정일: 2024.12.27

진통제 사용을 꺼려하여¹⁰⁾ 실제 필요량보다 적은 양의 진통제를 주입하거나, PCA 주입을 중단하고 필요 시 근육 주사나 정맥 주사로 대체하는 사례가 흔하게 발생하고 있다.¹¹⁾ 이는 약물에 대한 민감도, 통증, 호흡 평가를 포함한 다양한 영역에서의 사전 평가가 제대로 이루어지지 않았거나,⁷⁾ PCA의 기능과 효과를 이해하고 예상되는 통증 조절 개념에 대한 교육이 적절하게 이루어지지 않고 있음을 의미한다.^{7,12)}

Kim¹²⁾의 연구에 따르면 PCA 통증 요법을 이용하는 국내 의료기관 65곳 중 9곳(13.8%)만이 기관에서 시행하는 통증 요법의 안정성 및 유효성을 평가하는 것으로 확인되었다. 뿐만 아니라, PCA 기계적 결함, 즉, PCA 펌프 오작동, 역류 방지 밸브 손상이나 PCA 기계 설정값 오류는 잠재적으로 치명적인 약물 과다 주입으로 이어질 수 있기에 환자와 의료진은 약물 과다 주입으로 나타나는 증상을 사전에 인지하고 진통제 부작용에 대한 적절한 관리를 위해 정기적인 모니터링이 필요하다.⁷⁾ 본격적으로 수술 후 통증 관리에 관심이 높아진 시기는 2018년 건강보험심사평가원에서 시행하는 마취 적정성 평가에서 PCA 관리팀 운영 여부를 평가하면서부터이다.¹³⁾ 건강보험심사평가원 마취 적정성 평가 지표에 따르면, PCA 관리팀은 통증 관리 업무 매뉴얼을 구비하고 수술 후 병실 환자를 방문하여 통증 관리를 실시하는 전담팀으로 PCA 제거 시까지 환자 통증 평가와 PCA 관리 후 기록을 해야 한다고 명시하고 있다.

그러므로 본 연구는 수술 후 PCA 적용 현황을 조사함으로써, 체계적인 PCA 관리 전략과 효과적인 통증 조절 방안을 모색하기 위한 자료로 활용하고자 진행하였다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 2020년 1월부터 2022년 12월까지 3년간의 PCA 관리팀 운영을 통해 수술 후 PCA를 적용한 환자의 통증 관리 현 수준을 파악함으로써 향후 체계적인 PCA 관리 방안 및 효과적인 통증 관리 전략을 모색하는 것이다. 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

- 1) 수술 후 PCA를 적용한 환자의 일반적 특성, 수술 및 PCA 관련 특성을 확인한다.
- 2) PCA 관리팀 운영을 통해 PCA를 적용한 환자에게 제공된 통증 관리 실태를 확인한다.

연구방법

1. 연구설계

PCA 관리팀 운영을 시작한 이후 3년간 수술 후 PCA 적용한

환자들의 통증 관리 실태를 확인하기 위한 후향적 코호트 연구이다.

2. 연구대상

본 연구는 2020년 1월 1일부터 2022년 12월 31일까지 경기도 소재의 S대학교 병원에서 수술 받고 PCA를 적용한 만 19세 이상의 성인 환자 중 수술 후 48시간 이내 PCA 관리팀의 방문 관리를 받은 자를 대상으로 하였다. 당일 퇴원, 수술 후 PCA를 적용했으나 병동 방문 시 환자 부재, 조기 퇴원, 주말이나 휴일 등의 사유로 48시간 이내에 PCA 관리팀으로부터 수술 후 통증 관리를 받지 못한 환자는 제외하였다.

3. 연구자료 및 수집방법

본 연구자료는 S대학교 병원 임상 데이터 저장소(Clinical Data Warehouse, CDW)에 저장된 초기 간호 정보, 임상 관찰 기록, 수진 이력, 마취기록, PCA 관리 화면의 환자 평가서에서 수집하였고, 환자에게 발생한 오류 내용과 환자 교육 내용은 PCA 관리팀 일지에서 수집하였으며, 수집된 데이터의 환자 개인정보는 익명화하여 처리하였다.

대상 환자의 일반적 특성은 성별, 연령, 체질량지수, 재원 기간을 포함하였고, 수술 관련 특성은 마취 종류, 수술 부위, 진료과를 포함하였다. PCA 관련 특성은 PCA 기계 종류 및 주입 경로, PCA 설정값, PCA 약제와 주입 상태, PCA 사용으로 인한 통증 조절 효과, PCA 적용 후 안정 시 통증 정도와 활동 시 통증 정도, PCA 총 주입량, PCA 중단/제거 사유, PCA 관련 부작용, 부작용에 대한 중재 내용을 포함하였다. PCA 관련 통증 관리는 통증 사정 도구 중 수치평가척도(Numerical Rating Scale, NRS: 0-10, 0=통증 없음, 10=상상할 수 없을 정도의 극심한 통증)를 이용하여 PCA 관리팀에서 48시간 이내 환자 병실에 방문하여 측정한 안정 시 통증 점수와 활동 시 통증 점수를 확인하였고, PCA 중단/제거 사유는 통증 완화, 효과 미비, 부작용, 퇴원, 두 가지 이상의 복합 사유, 기타(진료과 처방, 환자 컨디션 저하, 확인 불가, PCA 거부)로 분류하였다. PCA로 인한 부작용은 오심, 구토, 졸림/진정, 어지럼증, 가려움증, 호흡 억제, 두 가지 이상의 복합 사유, 기타(환자 컨디션 저하, 활력징후 변화, 국소마취제와 관련된 증상)로 분류하였고, 부작용에 대해 중재를 한 경우 약물 중재, PCA 설정값 변경, PCA 주입 중단, 환자 교육, 추가 검사로 분류하여 기록하였다. PCA 관련된 오류 사항은 PCA 기계 설정값 설정 오류 등의 인적 오류와 기계 결함 오류로 분류하여 확인하였다.

4. 자료분석방법

수집된 자료는 SPSS/WIN 21.0 프로그램을 이용하여 기술적 통계 분석을 사용하였고, 구체적인 방법은 다음과 같다.

- 1) 연구대상자의 일반적 특성, 수술 관련 특성, PCA 관련 특성은 실수, 빈도, 백분율, 평균과 표준편차로 분석하였다.
- 2) PCA 관리팀 운영을 통해 PCA를 적용한 환자에게 제공된 통증 관리 실태는 평균과 표준편차, 실수, 빈도, 백분율로 분석하였다.

5. 윤리적 고려

자료수집 전 S대학교 병원의 IRB에 본 연구에 대한 계획서를 제출하여 승인(B-2305-828-002)을 받은 후 수행하였다.

연구결과

1. 연구대상자의 특성

본 연구의 대상자는 총 19,787명으로 여성이 60.7%(12,020명)를 차지했으며, 40세 이상부터 65세 미만이 46.7%(9,253명)로 중년층 환자의 비율이 가장 높았으며, 체질량 지수(Body Mass Index, BMI)는 평균 $24.6 \pm 4.0 \text{ kg/m}^2$, 평균 재원 일수는 6.9 ± 7.8 일이었다(Table 1).

PCA를 적용한 진료과는 외과 5,373명(27.2%), 산부인과 4,399명(22.2%), 정형외과 4,342명(21.9%) 순이었으며, 수술 빈도로는 자궁, 난관, 난소 등의 여성생식기관 수술이 4,395명(22.2%), 뼈 수술이 3,638명(18.4%), 간, 췌장, 위, 식도 등의 상복부 소화기 수술이 2,635명(13.3%) 순으로 나타났다. 마취 종류를 살펴보면, 흡입 전신마취가 12,662건(64.0%)으로 가장 많았고, 마취 시간은 평균 173.7 ± 98.7 분이었다.

PCA 기계는 PCA의 기저 주입 속도, 일회 투여량, 잠금 시간을 변경할 수 있는 기계식 주입방식의 Automed® (ACE MEDICAL, Gandong-gu, Seoul, Republic of Korea)가 8,477건(42.8%), 기저 주입 속도 1mL/hr, 일회 투여량 1mL, 잠금 시간이 15분으로 정해져 있는 탄력 풍선식 주입방식인 Accufuser® (우영 메디칼, Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea)가 5,435건(27.5%) 순으로 사용하였다. PCA 설정값은 기저 주입 속도가 있으면서 환자가 원할 때 추가로 버튼을 눌러서 사용하는 유형이 13,094건(66.2%)으로 가장 많았으며, PCA 주입경로는 정맥주입이 19,128건(96.6%)으로 대부분이었다. PCA에 사용되는 진통제 종류는 마약성 진통제인 Fentanyl 14,211건(71.8%), 비마약성 진통제인 Ketorolac 3,561건(18.0%), Fentanyl과 Ketorolac 병용요법 1,412건(7.1%), 국소마취제인 Ropivacaine 468건

(2.4%) 순으로 나타났다.

2. PCA 적용 환자의 통증 관리 실태

수술 후 48시간 이내에 PCA를 적용한 환자의 병실을 방문했을 때 PCA 사용으로 인해 통증 조절의 효과가 있었다고 답한 환자는 82.8%(16,379명)이었다(Table 2). NRS를 이용하여 측정한 결과 안정 시 통증은 2.5 ± 1.6 점, 활동 시 통증은 4.4 ± 1.9 점으로 나타났으며, PCA 총 주입량은 평균 $34.0 \pm 23.8 \text{ mL}$ 이었다. PCA 적용 환자 중 82.2%(16,378명)가 지속적으로 PCA 주입 중이었고, 17.3%(3,409명)에서 PCA가 중단/제거되어 있었는데, 해당 사유는 PCA로 인해 발생한 부작용 47.2%(1,610명), 통증 완화 23.5%(800명), 퇴원 6.8%(231명) 등으로 나타났다. 진료과에 따른 PCA 중단/제거 원인은 외과 874명(25.6%) 중 577명(66.0%)이 부작용, 127명(14.5%)이 통증 완화였고, 신경외과 736명(21.6%) 중 246명(33.4%)이 부작용, 212명(28.8%)이 뇌 수술 후 나타날 수 있는 오심, 구토, 어지럼증과 같은 합병증 예방을 위한 진료과 처방에 의해 중단한 것이었으며, 산부인과 575명(16.8%) 중 278명(48.4%)이 부작용, 209명(36.4%)이 통증 완화였다. PCA를 적용한 전체 환자 중 부작용을 경험한 경우는 4,016명(20.3%)이었다.

부작용이 있었다고 답한 4,016명 중 75.5%(3,033명)가 여성이었으며, 흡입 전신마취가 62.7%(2,517명), 정맥 전신마취가 22.1%(889명)를 차지하였다(Table 3). 부작용 증상은 오심 47.0%(1,887명), 오심/구토 또는 오심/어지럼증 등 복합 사유가 30.7%(1,232명), 어지럼증 13.3%(533명) 순이었다. 또한, 부작용이 있었다고 답한 환자 중 67.1%(2,694명)가 PCA의 주입 설정에 기저 주입이 있었고, 32.9%(1,322명)는 기저 주입 없이 필요시 버튼을 눌러 약물을 주입하는 것으로 확인되었다. PCA 관련 부작용이 발생했을 때의 부작용 관리 중재 내용이 확인된 30.7%(1,231명)를 살펴보면, 부작용 치료 약물 투여 24.2%(973명), PCA 설정값 변경 3.0%(120명), PCA 주입 중단 및 제거 1.9%(75명) 등으로 확인되었다. 부작용 관리 중재에 대한 간호 기록이 없었던 69.3%(2,785명)는 PCA 팀 방문 확인 시 약간의 부작용 증상을 겪었다고 답하였으나 견딜만하여 병동 간호사실에 이야기하지 않았거나 PCA 팀 방문 시에는 증상이 완화된 경우가 대부분이었다.

수술 후 PCA 적용 후 48시간 이내 PCA 관리팀에서 측정한 안정 시 통증 강도가 가장 높았던 진료과는 정형외과로 평균 2.9 ± 1.7 점, 가장 낮았던 진료과는 이비인후과로 1.7 ± 1.3 점이었으며, 활동 시 통증 강도가 높았던 진료과 역시 정형외과로 평균 4.8 ± 2.0 점, 가장 낮은 진료과는 치과로 3.2 ± 1.4 점으로 나타

Table 1. General Characteristics, Surgical Factors, Factors related to Patient Controlled Analgesia in Patients (N = 19,787)

Characteristics	Categories	n (%) or M ± SD
Sex	Male	7,767 (39.3)
	Female	12,020 (60.7)
Age(year)	Young age (< 40)	3,340 (16.9)
	Middle age (40~64)	9,253 (46.7)
	Old age (≥65)	7,194 (36.4)
BMI (kg/m ²)		24.6 ± 4.0
Length of hospital stay (day)		6.9 ± 7.8
Department*	General surgery	5,373 (27.2)
	Obstetrics and gynecology	4,399 (22.2)
	Orthopedic surgery	4,342 (21.9)
	Neurosurgery	1,861 (9.4)
	Urology	1,725 (8.7)
	Thoracic surgery	1,564 (7.9)
	Plastic surgery	300 (1.5)
	Otorhinolaryngology	181 (0.9)
	Dentistry	42 (0.2)
Target surgery site*	Female genital organs, pregnancy and delivery	4,395 (22.2)
	Bones	3,638 (18.4)
	Upper abdomen	2,635 (13.3)
	Lower abdomen	1,901 (9.6)
	Thorax	1,470 (7.4)
	Neurosurgical	1,404 (7.1)
	Skin and soft tissue	1,355 (6.8)
	Urinary system	896 (4.5)
	Male genital organs	804 (4.1)
	Breast	790 (4.0)
	Others	499 (2.5)
Anesthesia time (min)		173.70 ± 98.70
Type of anesthesia*	Inhalation general anesthesia	12,662 (64.0)
	Intravenous general anesthesia	4,034 (20.4)
	Spinal anesthesia	3,001 (15.2)
	Others†	90 (0.4)
Type of PCA*	Automed®	8,477 (42.8)
	Accufuser®	5,435 (27.5)
	Anapa®	3,859 (19.5)
	BELLOMIC®	1,409 (7.1)
	ANAPA0110®	607 (3.1)
Type of PCA setting	Basal flow with bolus	13,096 (66.2)
	Bolus only	6,691 (33.8)
PCA infusion route*	Intravenous	19,128 (96.7)
	CISB	471 (2.4)
	Epidural	188 (1.0)
PCA medication	Fentanyl	14,211 (71.8)
	Ketololac	3,561 (18.0)
	Fentanyl + Ketorolac	1,412 (7.1)
	Others‡	603 (3.1)

BMI=body mass index; CISB=continuous interscalene block; M=mean; PCA=patient controlled analgesia; SD=standard deviation; *Missing data; †Spinal/epidural anesthesia, monitored anesthesia care, nerve block anesthesia, epidural anesthesia; ‡Ropivacaine, fentanyl + ropivacaine, oxycodone, acupan.

났다(Table 4). 안정 시 통증 강도가 높았던 수술은 뼈 수술로 2.9±1.7점, 가장 낮았던 수술은 뇌 수술로 1.4±1.6점이었으며, 활동 시 통증 강도가 높았던 수술은 상복부소화기 수술로 5.0±1.7점, 가장 낮았던 수술은 뇌 수술로 3.1±2.1점으로 나타났

다. 진료과별로 PCA 총 평균 주입량은 비뇨의학과가 36.8±10.6 mL로 가장 많았고, 이비인후과가 18.8±10.9 mL로 가장 적었으며, 수술별로 살펴보면, 피부 및 연부조직 수술이 49.4±40.4 mL로 가장 많았고, 뇌 수술이 22.9±22.6 mL로 가장 적었다.

Table 2. Patient Pain Management Outcomes Using Patient Controlled Analgesia

(N = 19,787)

Characteristics	Categories	n (%) or M ± SD
PCA effects on pain control	Effective	16,379 (82.8)
	Ineffective	2,829 (14.3)
	Unable to check*	579 (2.9)
Pain (NRS score)	Rest (n=19,718)	2.5 ± 1.6
	Movement (n=19,276)	4.4 ± 1.9
PCA infusion volume (mL) (n = 16,378)		34.0 ± 23.8
PCA infusion status	Infusion in progress	16,378 (82.7)
	Discontinuation or removal	3,409 (17.3)
Reason for PCA discontinuation or removal (n=3,409)	Side effects	1,610 (47.2)
	Pain relief	800 (23.5)
	Composite reasons	242 (7.1)
	Discharge	231 (6.8)
	Insufficient effect	30 (0.8)
	Others†	496 (14.6)
PCA-related side effects	Yes	4,016 (20.3)
	No	15,771 (79.7)

M=mean; NRS=numerical pain scale: 0~10, with 0=no pain, and 10=extreme pain; PCA=patient controlled analgesia; SD=standard deviation;

*Due to patient sleep or communication issues; †Order, patient's condition decline, not verifiable, and PCA infusion refusal.

Table 3. Characteristics of Side Effects Associated with Patient Controlled Analgesia

(N = 4,016)

Characteristics	Categories	n (%)
Sex	Male	983 (24.5)
	Female	3,033 (75.5)
Type of anesthesia	Inhalation general anesthesia	2,517 (62.7)
	Intravenous general anesthesia	889 (22.1)
	Spinal anesthesia	593 (14.8)
	Spinal/epidural anesthesia	9 (0.2)
	Monitored anesthesia care	8 (0.2)
Type of PCA setting	Basal flow with bolus	2,694 (67.1)
	Bolus only	1,322 (32.9)
Symptom of side effects	Nausea	1,887 (47.0)
	Compound reasons	1,232 (30.7)
	Dizziness	533 (13.3)
	Sleepiness/Sedation	181 (4.5)
	Vomiting	54 (1.3)
	Itching	3 (0.1)
	Others*	126 (3.1)
Side effects management	Not necessary or tolerated	2,785 (69.3)
	Medication for side effects	973 (24.2)
	Change of PCA settings	120 (3.0)
	Discontinuation or removal of PCA infusion	75 (1.9)
	Reeducation on PCA use	59 (1.5)
	Performing additional testing	4 (0.1)

PCA=patient controlled analgesia; *Vital sign change, local anesthetic-related symptoms, and patient's condition decline.

PCA 관리팀 일지 내용을 통해 확인된 PCA 관련 오류는 총 14건으로 발생 비율은 0.07%였으며, 이 중 인적 오류 12건, 기계적 오류 2건으로 나타났다(Table 5). 인적 오류로는 기계 조작 오류 4건, 약물 조제 오류 3건, 부주의한 행동으로 인한 PCA 기계 파손 2건, PCA 주입경로 연결 오류 1건, 의료인의 PCA 프로

세스 숙지 미숙으로 인한 PCA 조제 지연 1건, 환자 임의로 PCA 설정값 변경으로 PCA가 제대로 작동되지 않은 1건이 있었다. 기계적 오류 2건은 기계 자체에 오류가 발생해 PCA 사용에 지장을 준 1건, 약물이 들어가는 통에서 누수가 발생하여 환자에게 충분한 약물 주입이 되지 못한 1건이 확인되었다.

Table 4. Pain Control Outcomes and Consumption of Patient Controlled Analgesia by Department and Target Surgical Target Site

Variables	Pain (NRS)		PCA infusion volume (mL) (n=18,519)
	Rest (n=19,718)	Movement (n=19,276)	
	M±SD	M±SD	M±SD
Department			
Orthopedic surgery	2.9±1.7	4.8±2.0	35.5±32.5
General surgery	2.7±1.5	4.8±1.7	36.1±18.9
Obstetrics and gynecology	2.4±1.4	4.4±1.8	36.1±25.7
Urology	2.4±1.3	4.3±1.5	36.8±10.6
Thoracic surgery	2.3±1.3	4.1±1.6	28.6±13.9
Dentistry	1.8±1.2	3.2±1.5	35.4±12.5
Neurosurgery	1.8±1.7	3.5±2.2	23.4±21.1
Plastic surgery	1.7±1.2	3.3±1.4	29.1±12.4
Otorhinolaryngology	1.7±1.3	3.2±1.4	18.8±10.9
Surgical target site			
Bones	2.9±1.7	4.8±2.0	28.8±24.5
Upper abdomen	2.9±1.5	5.0±1.7	37.3±19.0
Lower abdomen	2.7±1.4	4.8±1.7	37.2±20.6
Skin and soft tissue	2.7±1.7	4.5±2.0	49.4±40.4
Urinary system	2.5±1.3	4.4±1.6	36.7±11.7
Female genital organs, pregnancy and delivery	2.4±1.4	4.4±1.8	36.2±25.7
Male genital organs	2.3±1.3	4.1±1.5	37.1±9.2
Thorax	2.3±1.4	4.1±1.6	28.7±14.0
Others	2.2±1.4	4.0±1.8	28.3±15.2
Breast	1.9±1.3	3.5±1.5	29.9±11.4
Neurosurgical	1.4±1.6	3.1±2.1	22.9±22.6

M=mean; NRS=numerical pain scale: 0~10, with 0=no pain, and 10=extreme pain; PCA=patient controlled analgesia; SD=standard deviation.

Table 5. Errors Associated with Patient Controlled Analgesia

(N=14)

Categories	Reasons	n (%)
Human errors	Operation error in the manual operation of a part of the machine	4 (28.6)
	PCA medication compounding error	3 (21.4)
	PCA machine damage due to careless handling	2 (14.3)
	Failure in patient pain control due to medication delays caused by inadequate familiarity with the PCA application process	1 (7.1)
	Incorrect connection of the PCA	1 (7.1)
	PCA malfunction due to the patient attempting to change PCA settings	1 (7.1)
Machine errors	Machine operation error in PCA	1 (7.1)
	Medication infusion error due to leakage from the drug storage container	1 (7.1)

PCA=patient controlled analgesia.

논 의

본 연구결과 PCA를 적용한 대상은 여성이 60.7%로 많았으며, 진료과별로는 외과 27.2%, 산부인과 22.2%, 정형외과 21.9% 순으로 나타났다. 여성 비율이 남성보다 높은 이유는 2020년 여성암 발생률 1위를 차지한¹⁴⁾ 유방암 수술이 외과에서 진행된다는 점, 산부인과 수술이 상대적으로 많았다는 점, 그리고 남성에 비해 여성에서 발생률이 3배 높은 골관절염과 10배 높은 골다공증¹⁴⁾ 관련 수술이 정형외과에서 시행되는 점과 밀접하게 관련이 있다. Ndebea 등¹⁵⁾의 연구에 따르면 외과와 정형

외과 수술을 받은 환자의 70%가 수술 후 첫 48시간 동안 중등도 이상의 통증을 경험하고 있으며, Motamed¹⁶⁾의 연구에서 심한 통증을 유발하는 주요 수술로 척추, 무릎, 대퇴골과 관련된 수술, 유방 수술을 보고한 것과도 일맥상통한다.

PCA 주입경로는 정맥주입이 19,128건(96.6%)으로 가장 많았는데, 이는 수술 후 통증 조절을 위해 PCA를 정맥내로 주입하는 방법을 임상에서 가장 많이 사용하고 있다고 보고한 Motamed¹⁶⁾과 Sun 등¹⁷⁾의 연구결과와 일치한다. 정맥 경로는 일반적으로 통증 감각과 진통제 효과 발현 사이의 시간을 줄여주므로 더 나은 회복에 도움을 준다.¹⁶⁾ 또한, 본 연구결과 PCA

설정값은 기저 주입이 있으면서 환자가 원할 때 추가로 버튼을 눌러서 사용하는 유형이 13,094건(66.2%)으로 가장 많이 사용되고 있음을 확인하였는데, 이는 대부분의 PCA 주입 설정에 기저 주입을 이용하고 있다는 Kim¹²⁾ 연구와 일맥상통한다. 기저 주입량을 저용량의 Fentanyl로 유지할 때, 심각한 부작용 없이 안전하게 사용할 수 있다는 연구결과¹⁸⁾와 달리, 기저 주입 설정 없이 필요시 일회 투여량으로 PCA를 적용하는 것이 수술 후 Fentanyl 소비량 감소 및 opioid로 인한 부작용 발생을 감소시킨다는 보고¹⁹⁾가 있었는데, 본 연구결과에서는 PCA로 인한 부작용이 있었다고 답한 환자 중 67.0%(2,694명)가 PCA의 주입 설정에 기저 주입이 있었다. 기저 주입이 있는 경우 통증 조절에는 뚜렷한 이점을 제공하지 않으면서 opioid 소비를 증가시켜 과민반응을 유발하고, 오심 및 구토와 같은 부작용을 초래하여 수술 후 회복에 영향을 미칠 수 있다는 연구결과^{19,20)}를 바탕으로 기저 주입 없이 IV PCA를 적용하는 방안을 고려해 볼 필요가 있다.

PCA에 사용되는 진통제의 약물 종류는 마약성 진통제인 Fentanyl이 71.8%로 가장 많았고, Fentanyl과 Ketorolac 병용 요법이 7.1%로 낮은 비율을 보였다. 이는 Kim¹²⁾의 연구에서 정맥 PCA 용법 중 Fentanyl 단독 주입이 33.8%로 가장 많은 부분을 차지하고 있다는 결과와 유사하다. 그러나, 최근 연구²¹⁾에 따르면, opioid의 사용량을 줄이고 NSAIDs 및 Acetaminophen과 같은 비마약성 약물을 포함한 복합 진통제(multimodal) 활용 비율이 증가하고 있다. 이를 고려할 때, 향후 PCA에 적용되는 진통제는 단일 opioid 사용보다 opioid와 다양한 기전의 진통제를 병용한 복합 진통제 활용을 확대하는 방향으로 고려할 필요가 있다.

한편, 수술 후 통증은 많은 환자들에게 회복, 수술 후 합병증의 위험, 삶의 질에 영향을 미치며,³⁾ PCA를 이용한 통증 조절은 전통적인 opioid 투여 방식보다 더 나은 통증 평가 및 향상된 환자 만족도를 얻을 수 있다고 보고되었다.²²⁾ 본 연구에서도 수술 후 48시간 이내의 PCA 적용한 환자 19,787명 중 16,379명(82.8%)에게서 통증 조절에 효과가 있었다고 확인되어 PCA가 수술 후 통증 조절에 긍정적인 영향을 미쳤음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 PCA 주입이 중단/제거된 환자 3,409명 중 부작용이 원인인 경우가 47.2%로 가장 많았는데, Kang 등²³⁾의 연구에 따르면, Acute pain service (APS) 전문간호사의 교육 일수가 길수록 환자들의 PCA 사용기간이 연장되고, 부작용이 발생하더라도 PCA 사용 중단까지의 기간이 단축된다고 보고하였다. 이를 바탕으로 PCA 관리팀이 환자를 직접 방문하여 교

육일수를 늘리고, 기존의 간호일지를 통해 확인하던 PCA 설정값 변경 등 부작용 증세를 추가적인 병실 방문과 환자 면담을 통해 진행한다면 환자의 통증 관리를 보다 효과적으로 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 진료과별 PCA 중단/제거 원인 중 신경외과 처방에 의한 비율이 28.8%로, 외과와 산부인과보다 높은 것으로 나타났는데, 이는 뇌 수술 후 강력한 진통제 사용 시 호흡 저하로 인해 이산화탄소 축적이 발생하고, 이로 인해 회복이 지연되며 합병증의 조기 발견을 방해하기 때문이라고 하였다.²⁴⁾ 이러한 연구결과를 토대로, PCA 관리팀은 뇌 수술 환자의 PCA 주입량, 통증 정도, PCA 반납 사유를 분석하고 이를 진료과와 공유함으로써, PCA 약물을 마약성 진통제에서 비마약성 진통제로 변경하는 방안을 논의할 필요가 있다고 판단된다.

PCA를 사용하면서 부작용이 있었다고 응답한 환자의 20.3%에서 가장 흔한 증상은 오심(47.0%)이었으며, 오심/구토 또는 오심/어지럼증과 같은 복합 증상이 30.7%를 차지하였는데, 이는 PCA 관련 22개의 연구를 메타 분석한 McNicol 등²⁵⁾의 연구에서 보고된 오심/구토의 비율(30.0%)과 유사한 결과이다. 또한, 본 연구에서 여성 환자 비율이 60.7%로 남성보다 높았고, 흡입 마취를 받은 환자의 비율이 62.7%로 정맥마취보다 높았는데, 이는 수술 후 오심과 구토 주요 위험 요인이 여성, 흡입마취, 오심의 과거력, 비흡연자, 1시간 이상의 마취 시간 그리고 아편유사제의 지속 사용이라고 보고한 Gan 등²⁾의 연구결과와 유사하다. 그러나, 수술 후 오심/구토는 비교적 흔하게 나타나는 증상으로,²⁾ 이러한 증상이 복합적인 원인에 의해 발생한다는 점²⁶⁾을 고려할 때, PCA 사용을 임의로 중단하거나 제거하여 환자의 급성 통증 조절을 방해하지 않도록 하는 것이 중요하다. 이에 따라 본 연구는 부작용을 호소하는 환자의 24.2%에게 병동에서 약물증세를 시행하였으며, PCA 관리팀에서는 4.9% 환자에게 PCA의 설정값 중 기저 주입이 있는 경우 이를 제거하거나 일회 투여량을 절반으로 줄이는 방식으로 조정하고, PCA 사용법에 대한 인지가 부족한 1.5% 환자에게는 사용법을 재교육하였다. 또한, 환자 면담 시 마약성 진통제에 대한 잘못된 인식으로 약물 중독에 대한 두려움이나 상처 치유를 방해할 것이라는 우려로 통증을 감수하며 실제 필요량보다 적은 양의 진통제를 사용 중인 환자에게 수술 후 급성 통증 관리의 중요성을 교육하여 이러한 오해를 해소하였다. 진료과를 대상으로는 Hartman 등²⁷⁾의 연구결과를 바탕으로 PCA를 사용할 때 마약성 진통제와 NSAIDs나 Acetaminophen, Ibuprofen과 같은 비마약성 진통제를 병용하면 마약성 진통제의 사용량은 줄이면서 통증 조절 효과를 높일 수 있다는 근거를 교육하며,

마약성 진통제의 의존성을 줄이고 효율적인 통증 관리가 이루어질 수 있도록 하였다.

수술 후 안정 시 및 활동 시 수술 후 통증 정도를 확인한 결과, 진료과별로는 정형외과, 외과에서 NRS 점수가 높았고, 수술 부위로는 상복부 수술, 뼈 수술을 받은 경우에서 NRS 점수가 높았는데, 이는 수술 후 첫 24시간 이내 및 48시간 이내 모두 척추, 사지, 상복부 수술 환자에서 통증 강도가 높았다고 한 Kang 등²³⁾의 연구결과와 유사하다. PCA 주입량 분석 결과, 진료과별로는 통증 정도가 높은 진료과에서 PCA 주입량이 상대적으로 많았으나, 수술 부위별로는 피부 및 조직 관련된 수술을 받은 환자에서 PCA 주입량이 다른 수술에 비해 가장 많았다. 이는 본 연구에서 피부 및 조직 수술로 분류된 수술 중 정형외과의 회전근개 수술이 포함되어 있으며, 회전근개 수술은 명확한 원인은 알 수 없으나 다른 수술에 비해 48시간 동안 안정 시와 활동 시 모두 통증이 심하다고 보고된 바²⁸⁾와 관련이 있어 보인다. 본 연구에서 회전근개 수술에 사용된 PCA는 CISB PCA로, 기저주입속도와 일회 투여량을 변경할 수 있는 기계를 사용하여 기저 주입 속도 4 mL/hr, 일회 주입량 5 mL로 설정하였는데, 이는 기저주입이 없거나 기저 주입 속도 1 mL/hr, 일회 주입량이 1 mL로 설정된 IV PCA보다 한 번에 주입되는 양이 많았기에 PCA 총 주입량 증가에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

PCA 관련 오류는 전체 PCA 적용 건수의 0.07%로 확인되었으며, 모든 오류는 발견되는 즉시 PCA 관리팀 간호사가 개입하여 환자의 안전에 영향을 미치지 않도록 조치하였다. 인적 오류의 경우, 문제 발생 원인을 확인한 후 재발 방지를 위해 PCA를 조제하고 관리하는 의료인을 대상으로 교육을 시행하였다. 또한, 약물 주입에 영향을 미치는 기계적 오류는 제조사에 원인 분석 요청하고, 해당 기계를 교환 받아 처리하였다. 본 연구에서의 PCA 오류 비율은 정맥 PCA를 적용하고 통증 관리 간호사에게 2일 이상 연속으로 교육받은 5,748명을 대상으로 한 Kang 등²³⁾의 연구에서 보고된 PCA 관련 오류 비율 1.5%보다 낮음을 알 수 있었다. 이는 PCA 관리팀이 지속적인 모니터링과 의료진 교육을 통해 오류 발생을 최소화하고 PCA의 안정성과 효과성을 높이는 중요한 역할을 했기 때문으로 사료된다. Motamed¹⁶⁾의 연구에 따르면, PCA 조제 시 인적 요인으로 인한 오류는 환자에게 주입되는 약물 용량이 처방과 다르게 투여될 수 있으며, 기계적 오류가 발생할 경우 약물 과다 주입으로 인해 호흡 부전과 같은 심각한 부작용을 초래할 가능성이 있으므로, 오류 예방 방안을 모색하는 것이 필수적이라고 하였다. 특히 오류 예방 방안에 있어 Son 등²⁹⁾은 표준화된

PCA 프로토콜, 간호사 교육, 독립적인 이중 확인 시스템 구현 등을 통해 인적 요인 관련 오류를 효과적으로 예방하며, PCA 사용의 안전성과 안정성을 크게 향상시킨다고 하였다. 이에 본 연구대상자에게 PCA 관련 처방을 프로토콜화하여 전산에 반영하고, 처방된 환자의 PCA 약물 용량, 설정값, 주입경로를 PCA 관리 화면에서 실시간으로 조회할 수 있는 시스템을 구축하고, PCA 조제 후에는 PCA 조제자와 PCA 관리팀 간호사가 함께 처방과 동일하게 조제되었는지 확인하기 위해 기계 외관, 설정값, 약물의 빈 앰플 등을 이중으로 점검하는 절차를 도입하여 운영하고 있다. 이를 통해 PCA 신청 및 처방 발행 과정에서 발생할 수 있는 오류와 PCA 조제 과정에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하고 있다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 일개 대학병원에서 수행된 결과로 이를 결과를 일반화하기 어렵다. 둘째, PCA 관리팀에서 파악한 정보를 기록하는 전산 화면이 관리팀 운영과 동시에 도입되었기 때문에 도입 이전과 이후를 비교할 수 있는 자료를 확보하지 못해, PCA 관리팀 운영의 효과를 비교 평가할 수 없었다. 이에 다음과 같이 제언하고자 한다. PCA 관리팀 운영의 효과를 보다 명확히 입증하고 역할을 확장하기 위해 PCA 관리팀을 운영하는 다른 병원에서의 후속 연구와 병원 간 공동연구가 필요하겠고, PCA 관리팀 운영의 효과를 비교 평가하는 정량이나 정성적인 비교 평가가 이루어져야 하겠다.

결 론

본 연구는 2020년 1월부터 2022년 12월까지 3년간의 PCA 관리팀 운영을 통해 수술 후 PCA 적용 환자의 통증 관리 현황을 파악함으로써 체계적인 PCA 관리 전략과 효과적인 통증 방안을 모색하고자 진행되었다. 본 연구결과 수술 후 PCA를 적용받는 환자에 대한 지속적인 모니터링을 위해 전문적인 PCA 관리팀이 필요하며 이를 통해 효과적인 통증 조절과 부작용 중재, 오류 예방이 가능해져 환자의 안전과 질 높은 간호를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

ORCID

이민지 0009-0002-5057-5497

김지은 0009-0004-5819-014X

신혜경 0009-0006-9318-0494

정신정 0009-0002-3171-5239

조연지 0009-0008-2408-7127

박지우 0009-0000-6608-1761

강자현 0000-0001-8669-5234

REFERENCES

1. Lee BJ, Lee CH, Go J. Effectiveness and causes of early cessation of intravenous patient-controlled analgesia in orthopedic surgery. *J Korean Orthop Assoc.* 2022;57(1):27-34. doi: 10.4055/jkoa.2022.57.1.27
2. Gan TJ, Diemunsch P, Habib AS, Kovac A, Kranke P, Meyer TA, et al. Consensus guidelines for the management of postoperative nausea and vomiting. *Anesth Analg.* 2014;118(1):85-113. doi: 10.1213/ANE.0000000000000002
3. Park YH, Woo YC. Postoperative pain management. *J Korean Med Assoc.* 2015;58(11):1011-8. doi: 10.5124/jkma.2015.58.11.1011
4. American Society of Anesthesiologists Task Force on Acute Pain Management. Practice guidelines for acute pain management in the perioperative setting: an updated report. *Anesthesiology.* 2012;116(2):248-73. doi: 10.1097/ALN.0b013e31823c1030
5. Esteve-Pérez N, Perez-Herrero MA, Montes-Perez A, López-Alvarez S, de Dolor Agudo GDT. Management of acute postoperative pain: conditions to guarantee the safety and effectiveness of analgesic treatments. *Rev Esp Anesthesiol Reanim(Engl Ed).* 2024;71(4):304-16. doi: 10.1016/j.redare.2022.07.005
6. Jun JH, Lee GH. Effect of preemptive systemic patient-controlled analgesia in evisceration. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2024;65(4):261-6. doi: 10.3341/jkos.2024.65.4.261
7. Pastino A, Lakra A. Patient-controlled analgesia. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551610/> [accessed on 29 January, 2023].
8. Khan MI, Khandadashpoor S, Rai Y, Vertolli G, Backstein D, Siddiqui N. Comparing analgesia on an as-needed basis to traditional intravenous patient-controlled analgesia within fast-track orthopedic procedures: A randomized controlled trial. *Pain Manag Nurs.* 2022;23(6): 832-7. doi: 10.1016/j.pmn.2022.04.003
9. Dunwoody CJ, Krenzschek DA, Pasero C, Rathmell JP, Polomano RC. Assessment, physiological monitoring, and consequences of inadequately treated acute pain. *Pain Manag Nurs.* 2008;9(1 Suppl):S11-21. doi: 10.1016/j.pmn.2007.11.006
10. Kim KM, Hwang KG. Patient-controlled analgesia(PCA). *J Korean Dent Soc Anesthesiol.* 2005;5(2):95-100. doi: 10.17245/jkdsa.2005.5.2.95
11. Hong SJ, Lee E. Cost analysis of postoperative pain management for surgical patients using PCA. *J Korean Acad Fundam Nurs.* 2013;20(2): 137-46.
12. Kim KM. Analysis of the current state of postoperative patient-controlled analgesia in Korea. *Anesth Pain Med.* 2016;11(1):28-35. doi: 10.17085/apm.2016.11.1.28
13. Health Insurance Review & Assessment Service. Detailed plan for anesthetic adequacy evaluation. 2018(1st). 2018 Jul;13.
14. Park EJ, Jun JA, Lee NK, Moon SY, Kim YM, Cheon HR, et al. Korea's women's health issues at a glance, results of the 5th women's health statistics announced. Available at: https://library.nih.go.kr/ncmiklib/archive/rom/reportView.do?upd_yn=Y&rep_id=RP00029676/ [accessed on 4 April,2024]
15. Ndebea AS, van den Heuvel SAS, Temu R, Kaino MM, van Boekel RLM, Steegers MAH. Prevalence and risk factors for acute postoperative pain after elective orthopedic and general surgery at a tertiary referral hospital in Tanzania. *J Pain Res.* 2020;13:3005-11. doi: 10.2147/JPR.S258954
16. Motamed C. Clinical update on patient-controlled analgesia for acute postoperative pain. *Pharmacy(Basel).* 2022;10(1):22. doi: 10.3390/pharmacy10010022
17. Sun J, Li N, Liu B, Duan G, Zheng H, Cao X, et al. Efficacy and safety of patient-controlled intravenous analgesia after APS team standardized postoperative pain management: A 6-year experience of an acute pain service in 107802 Chinese patients. *Heliyon.* 2024;10(2):e24387. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24387
18. Shin S, Min KT, Shin YS, Joo HM, Yoo YC. Finding the 'ideal' regimen for fentanyl-based intravenous patient-controlled analgesia: how to give and what to mix? *Yonsei Med J.* 2014;55(3):800-6. doi: 10.3349/ymj.2014.55.3.800
19. Jung H, Lee KH, Jeong Y, Lee KH, Yoon S, Kim WH, et al. Effect of fentanyl-based intravenous patient-controlled analgesia with and without basal infusion on postoperative opioid consumption and opioid-related side effects: A retrospective cohort study. *J Pain Res.* 2020;13: 3095-106. doi: 10.2147/JPR.S281041
20. Jun MR, Kim JM, Kim JY, Lee JH, Kim CE, Lee MO. Evaluation of basal rate infusion in intravenous patient-controlled analgesia for post-cesarean section pain management: A randomized pilot study. *Medicine.* 2024;103(8):e37122. doi: 10.1097/MD.00000000000037122
21. Zanolli NC, Fuller ME, Krishnamoorthy V, Ohnuma T, Raghunathan K, Habib AS. Opioid-sparing multimodal analgesia use after cesarean delivery under general anesthesia: A retrospective cohort study in 729 US hospitals. *Anesth Analg.* 2023;137(2):256-66. doi: 10.1213/ANE.00000000000006428
22. Abrolat M, Eberhart LHJ, Kalmus G, Koch T, Nardi-Hiebl S. Patientenkontrollierte analgesie: methoden, handhabung und ausbaufähigkeit [patient-controlled analgesia(PCA): an overview about methods, handling and new modalities]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2018;53(4):270-80. doi: 10.1055/s-0043-104665
23. Kang MR, Ryu JO, Kim MH, Yun HS, Kwon JS. Postoperative pain management status led by nurse of acute pain service. *J Korean Clin Nurs Res.* 2020;26(3):296-304. doi: 10.22650/JKCN.R.2020.26.3.296
24. Min JH. The treatment of postcraniotomy pain. *Anesth Pain Med.* 2016;11(4):327-36. doi: 10.17085/apm.2016.11.4.327
25. McNicol ED, Ferguson MC, Hudcova J. Patient controlled opioid analgesia versus non-patient controlled opioid analgesia for postoperative pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(6):CD003348. doi: 10.1002/14651858.CD003348.pub3
26. Smith CA, Ruth-Sahd L. Reducing the incidence of postoperative nausea and vomiting begins with risk screening: An evaluation of the evidence. *J Perianesth Nurs.* 2016;31(2):158-71. doi: 10.1016/j.jopan.2015.03.011
27. Hartman TJ, James WN, Kern S. Multimodal analgesia. *Contemporary Spine Surgery.* 2022;23(8):1-7.

doi: 10.1097/01.CSS.0000852968.89790.4e

28. Cho CH. Gender-related difference in intravenous patient-controlled analgesia for postoperative pain control in rotator cuff repair. *J Korean Orthop Assoc.* 2010;45(1):31-6. doi: 10.4055/jkoa.2010.45.1.31

29. Son HJ, Kim SH, Ryu JO, Kang MR, Kim MH, Suh JH, et al. Device-related error in patient-controlled analgesia: Analysis of 82,698 patients in a tertiary hospital. *Anesth Analg.* 2019;129(3):720-5. doi: 10.1213/ANE.0000000000003397