대한마취과학회지 2006; 51: 76～81
Korean J Anesthesiol Vol. 51, No. 1, July, 2006

□ 임상연구 □

전슬관절치환술 후 지속적인 3-in-1 신경차단과 정맥내 통증자가조절의 술 후 진통에 관한 비교

을지의과대학교 마취통증의학교실

박창길 · 조정하 · 조춘규 · 김영주

Comparison of Continuous Three-in-One Block and Intravenous Patient-Controlled Analgesia for Postoperative Pain after Total Knee Replacement

Chang Kil Park, M.D., **Jung Ha Cho,** M.D., **Choon Kyu Cho,** M.D., and **Young Ju Kim,** M.D.
Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Eulji University Hospital, Daejeon, Korea

Background: Severe postoperative pain can delay knee rehabilitation and prolong the duration of convalescence after a total knee replacement (TKR). This study compared a continuous 3-in-1 block using a patient-controlled analgesia (PCA) technique and IV PCA for analgesia after a unilateral TKR.

Methods: Forty patients scheduled for an elective TKR under spinal anesthesia were randomly divided into two groups. Group 1 received an IV PCA with butorphanol and ketorolac. Group 2 received a continuous 3-in-1 block performed with 20 ml of 0.25% bupivacaine and epinephrine 1 : 200,000, followed by a continuous infusion of 0.125% bupivacaine through a femoral catheter at a rate of 2 ml/h plus 1 ml PCA boluses of a lockout time of 10 min. The level of pain was assessed at rest and during continuous passive motion using a visual analog scale (VAS). The VAS pain scores, nausea and vomiting were recorded in the postanesthetic care unit, at 6 PM on the day of operation, and at 8 AM and 6 PM on postoperative days 1 and 2, respectively. The duration of surgery, anesthesia time, blood loss, and hospital stay were compared.

Results: The patients in Group 2 reported lower VAS pain scores than those in Group 1 ($P < 0.05$). The duration of surgery, nausea and vomiting, blood loss, and hospital stay were similar in the two groups except for the anesthesia time.

Conclusions: A continuous 3-in-1 block with a PCA technique provides better pain relief than IV PCA with butorphanol and ketorolac after TKR. **(Korean J Anesthesiol 2006; 51: 76～81)**

Key Words: bupivacaine, continuous 3-in-1 block, patient-controlled analgesia, total knee replacement.

서 론

노인 인구의 증가와 퇴행성 질병으로 인하여 전슬관절치환술의 필요성이 증대되고 그 시행건수가 늘어나고 있다. 전슬관절치환술 후 심한 통증은 조기 재활치료와 보행을 방해하여 회복을 지연시키고 심부정맥혈전의 위험성을 증가시킨다.[1] 또 양측 전슬관절치환술이 예정된 환자에서 일차로 일측 수술을 받은 후 격심한 통증을 경험하게 되면 술 후 통증에 대한 공포 때문에 반대측 수술을 기피하기도 하여 강력한 진통방법이 요구된다. 술 후 효과적인 진통을 위하여 정맥내 통증자가조절(IV PCA), 경막외 지속주입, 그리고 지속적 3-in-1 신경차단 등이 시행되고 있는데 IV PCA는 설치가 간편하나 국소적인 수술부위의 통증을 조절하는 데 과도한 양의 아편양제제가 쓰이고[1-3] 경막외 지속적 주입은 설치가 침습적이고 오심, 구토, 소양증, 요저류, 저혈압 등의 부작용 빈도가 높고 심각한 합병증을 유발할 수 있다.[2-4] 그러나, 전슬관절치환술 후 통증을 차단하기 위한 지속적 3-in-1 신경차단은 좋은 진통효과를 보이고[5] 병상에 누워있는 시간을 단축하여 혈전색전증 가능성을 유의하게 감소시키고 재활과 술 후 회복을 촉진시켜 재원기간을 줄인다.[2]

본 연구는 척추마취 하에 전슬관절치환술을 받은 50세 이상의 환자들을 대상으로 술 후 진통을 위하여 지속적 3-in-1 신경차단 또는 IV PCA를 시행하여 각각의 진통효과

논문접수일 : 2006년 1월 31일
책임저자 : 박창길, 대전시 서구 둔산동 1306번지
을지의대 대전병원 마취통증의학과, 우편번호: 302-120
Tel: 042-611-3651, Fax: 042-482-9036
E-mail: pck@emc.eulji.ac.kr
석사학위 논문임.

및 부작용 빈도를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

미국마취과학회 신체등급 분류 1, 2에 해당하는 전슬관절치환술 환자 40명을 대상으로 1군(n = 20)은 IV PCA군, 2군(n = 20)은 3-in-1 차단군으로 하였다. 본 연구는 본원 윤리위원회의 허가를 받아 환자 또는 보호자에게 연구목적과 연구참여 중 일어날 수 있는 부작용을 설명한 후 환자 또는 보호자로부터 동의를 받았다. 대상환자는 오전 첫 수술인 경우만 선택하였고 소화기 또는 간질환이 있는 환자, 과거에 술 후 오심, 구토를 경험한 환자는 대상에서 제외하였다. 나이, 성별, 체중, 신장은 Table 1과 같다.

척추마취 전 술 후 진통을 위하여 동일한 한 명의 마취의가 지속적 3-in-1 차단을 시행하였으며, 수술실에서 3-in-1 차단시술 전 midazolam 1 mg을 정주하였다. 대퇴신경의 정확한 위치를 확인하기 위하여 Contiplex® 카테터 세트(Contiplex® A Set, B.Braun, Melsungen, Germany)와 신경자극기(Innervator®, Fisher&Paykel, New Zealand)를 이용하였으며, Contiplex® 카테터 세트는 신경자극기와 연결되는 짧은 사단(short bevel, 30°) 20 G 금속바늘과 이를 덮는 길이 4.5 cm, 18 G 플라스틱 캐뉼라 그리고 길이 40 cm, 20 G 카테터로 이루어져 있다. 환자를 앙와위로 눕히고 시술자는 환측 다리 옆에 서서 샅고랑(inguinal) 혈관옆접근법에 의한 지속적 3-in-1 차단을 시행하였다. 대퇴신경차단 시 일반적인 접근법은 샅고랑인대 직하방에서 대퇴동맥 외측 1-2 cm에 바늘을 삽입하는 것이나 저자들은 Vloka 등이[6] 추천한 샅고랑 피부주름(crease) 위치에서 바늘을 삽입하였다. 시술부위를 소독한 후 시상면(sagittal plane)에서 피부와 45°각도, 두부쪽으로 차단바늘을 삽입하였다. 신경자극기 전류 세기는 1.0 mA부터 시작하여 점차 0.4 mA 이하로 감소시키면서 0.4 mA 이하에서 계속 넙다리네모근 수축 즉, 슬개골이 두부 쪽으로 움직일 때 바늘을 고정하고 캐뉼라로부터 금속바늘을 제거하였다. 캐뉼라를 통하여 생리식염수 5 ml를 주입하여 카테터 진입로를 확장시킨 후 20 G 카테터를 삽입하여 카테터 끝이 엉덩근막(iliac fascia) 아래에 위치하도록 피부로부터 10-15 cm 깊이까지 전진시켰다. 카테터를 통하여 혈액과 뇌척수액이 흡인되지 않음을 확인한 후 천자부위 아래쪽을 손가락으로 압박하면서 시험용량으로 2% lidocaine 5 ml를 주입하고 3호 silk로 카테터를 피부에 고정하였다. 시험용량 주입 30분 후 Contiplex® 세트의 짧은 사단 20 G 금속바늘로 pinprick test를 시행하여 대퇴신경에 해당하는 피부 감각이 반대측 넓적다리와 비교하여 저하됨을 확인한 후 척추마취를 시행하였다.

Table 1. Demographic and Perioperative Data

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)
Age (yr)	67.0±6.4	69.1±7.2
Sex (M/F)	2/18	5/15
Weight (kg)	60.3±10.2	61.5±9.5
Height (cm)	150.1±7.1	152.9±8.3
Operation time (min)	89.5±12.4	88.3±12.1
Anesthesia time (min)	136±21.8	172.8±33.5*
Blood loss (ml)	653±346	582±315
Hospital stay (day)	21.8±6.6	20.2±4.9

All values except gender ratio are expressed as mean ± SD. *P < 0.05 compared with Group 1

척추마취는 환자를 측와위로 하고 3 또는 4번째 요추 간격에 2% lidocaine 2 ml를 사용하여 국소침윤마취를 한 후 25 G 척추바늘을 사용하여 측방접근법으로 요추천자를 시행하였다. 혈액이 섞이지 않은 뇌척수액이 자유롭게 점적됨을 확인한 후 0.5% bupivacaine 10-11 mg, fentanyl 10μg, epinephrine 0.1 mg을 혼합한 용액을 주입하였다. 5분간 측와위를 유지한 후 앙와위로 눕혔고 최종 감각차단 높이는 T_{10}-T_6이었다. 집도의가 술 후 진통을 위하여 인공관절 삽입 후 생리식염수 450 ml에 0.75% ropivacaine 40 ml, ketorolac 30 mg, epinephrine 0.5 mg을 혼합한 Oxford solution중 50 ml를 관절낭 바깥쪽에 골고루 주입하고 또다시 50 ml를 수술창 봉합 전 절개 부위 피하조직에 골고루 주입하였다.

환자가 회복실에 도착한 직후 1군에서는 butorphanol 4 mg, ketorolac 150 mg을 생리식염수와 혼합하여 만든 98 ml 용액을 기본 주입량 1.0 ml/h, 일회 추가량 0.5 ml, 폐쇄간격 10분으로 조정된 통증자가조절기(Automed® 3300, Ace Medical Co., 한국)에 충전한 후 부하용량 없이 정맥로에 연결하였다. 2군에서는 부하용량으로 0.25% bupivacaine 20 ml를 대퇴신경 카테터를 통하여 주입하고 1시간 후 0.125% bupivacaine 260 ml를 충전하여 기본 주입량 2.0 ml/h, 일회 추가량 1.0 ml, 폐쇄간격 10분으로 조정된 통증자가조절기를 대퇴신경 카테터에 연결하였다. 그리고 술 후 병실에서 진통을 위하여 외과의에 의한 정규처방으로서 diclofenac 90 mg을 12시간 간격으로 오전 8시와 오후 8시에 술 후 2일째까지 근주하였다.

VAS (visual analogue scale)를 이용한 통증점수, 감각신경차단 분포, 오심, 구토, 항구토제와 진통제, 다른 부작용 등의 조사는 회복실 도착 후 1시간, 수술 당일 오후 6시, 술 후 1, 2일째 각각 오전 8시와 오후 6시에 시행되었다. 모든 검사는 시술자외의 다른 마취의에 의해 시행되었다. VAS는 통증이 전혀 없는 경우를 0, 가장 심한 경우를 100으로 하

였고 휴식시와 무릎의 표준화된 운동(30°의 수동적 굴곡)시에 평가되었으며 술 후 통증이 심하여 환자가 원하면 diclofenac 90 mg, butorphanol 0.5-1.0 mg 또는 meperidine 25-50 mg을 추가로 근주하였다.

감각신경차단 평가는 신경차단을 한 다리와 반대측 다리의 동일한 영역에서 서로 비교하여 신경차단측 영역의 감각이 소실되었거나 현저히 감소한 경우를 감각차단이 된 것으로 간주하였다. 검사부위는 대퇴신경(대퇴부 전방), 외측 대퇴피부신경(대퇴부 외측), 폐쇄신경(대퇴부 내측)의 감각신경 분포영역이었다. 감각신경차단률은 수술당일 오후 6시, 술 후 1, 2일째 각각 오후 6시에 검사한 것만을 선택하여 평가하였다. 완전한 3-in-1 차단은 각 환자에서 세 신경이 모두 동시에 차단되었을 때로 하였고 그 백분률을 구하였다.

오심의 정도는 Williams 등이[7] 고안한 four-point verbal rating score에 의하여, 오심이 없을 때 0점, 안정 시에는 오심이 없으나 움직이면 경미한 오심이 생길 경우는 1점, 안정시에 가끔 오심이 있고 움직이면 중등도의 오심일 때 2점, 안정시에 지속적인 오심이 있고 움직이면 심한 오심일 때 3점으로 평가하였다. 각 환자에서 오심, 구토가 모두 있었던 경우에는 각각 오심과 구토의 빈도수에 포함시켰고, 오심의 경우 가장 높은 점수를 취하여 기록하였다. 오심 혹은 구토가 심하여 환자가 원하거나 참기 힘들다고 하였을 경우 진토제로서 metoclopramide 10 mg, dexamethasone 5 mg, 또는 ondansetron 4 mg을 정주하였다. 그 외 시술부위의 혈종, 어지러움, 두통 등 부작용 유무와 술 후 출혈량, 재원기간 등을 기록하였다.

술 후 두 군은 동일한 물리치료를 시작하였다. 재활치료는 수술 다음날부터 시작되었고 물리치료사의 도움을 받아 하루에 1번 시행되었다. 물리치료사는 환자가 다리를 곧게 편 채로 들어올려서 넙다리네모근 강화 운동을 하도록 격려하였다. 술 후 3일에서 7일까지 수동적인 슬관절 굴곡 90°를 목표로 지속적인 수동적 기계운동을 시켰다. 술 후 8일째부터 퇴원 때까지 하루 2번씩 물리치료실에서 수동적 슬관절 굴곡운동을 시행하였다. 술 후 일주일 후부터 가능하면 침대에서 일어나 목발을 이용하여 자유보행을 하도록 권장하였다. 퇴원기준은 슬관절 신전 0°, 굴곡 130° 이상이 되고, 슬관절 신전이 0°인 상태에서 고관절 굴곡 90°가 되고, 적절한 진통이 유지되면서 다른 합병증이 없을 때로 하였다.

각각의 측정치는 평균 ± 표준편차로 나타내었으며 나이, 체중, 신장, 마취시간, 수술시간, 출혈량, 재원기간, VAS 등의 군간 비교는 독립표본 t-검정으로 하였고 오심, 구토의 발생률은 Chi-제곱 검정으로 비교하였으며 $P < 0.05$일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

휴식시와 운동시 VAS 통증 점수는 회복실에서는 군간에 차이가 없었으나 그 후 술 후 2일간 지속적 3-in-1 차단을 시행한 2군이 1군보다 각각 통계학적으로 유의하게 낮았다 ($P < 0.05$) (Fig. 1, 2). 2군에서 대퇴신경 차단률은 수술 당일과 술 후 1, 2일에 각각 100%, 80%, 80%였다. 외측 대퇴피부신경 차단률은 수술 당일과 술 후 1, 2일에 각각 80%, 65%, 60%였고 폐쇄신경 차단률은 각각 85%, 75%, 65%였다. 완전한 3-in-1 차단률은 수술 당일과 술 후 1, 2일에 각각 65%, 40%, 30%이었다. 군간에 수술시간, 출혈량 그리고

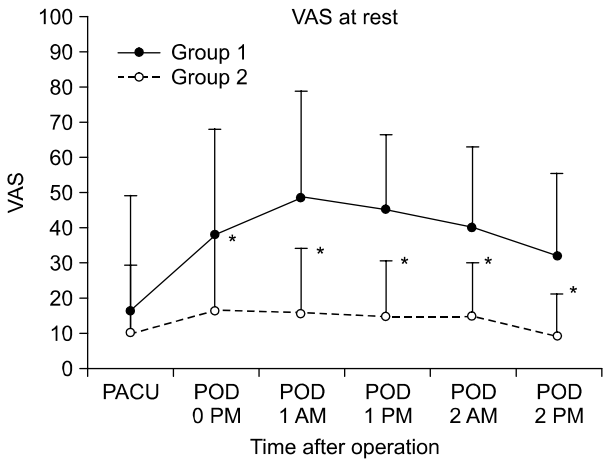

Fig. 1. Pain scores (VAS) at rest during the first 2 postoperative days. PACU: postanesthetic care unit, POD: postoperative day. *$P < 0.05$ compared with Group 1.

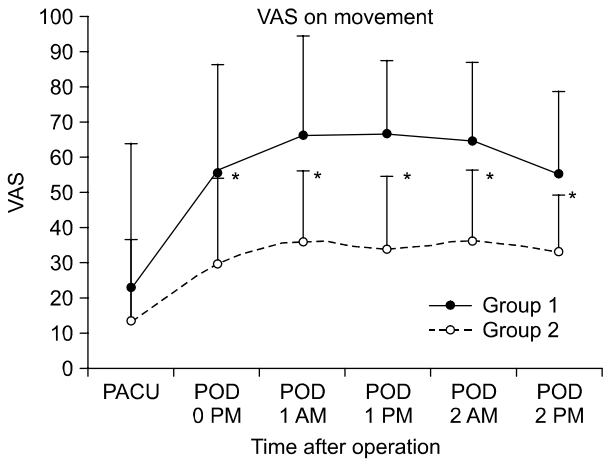

Fig. 2. Pain scires (VAS) on movement during the first 2 postoperative days. PACU: postanesthetic care unit, POD: postoperative day. *$P < 0.05$ compared with Group 1.

Table 2. Incidences of Nausea, Vomiting, and Rescue Medicines

	Group 1 (n = 20)	Group 2 (n = 20)
Nausea score		
0	9 (45)	12 (60)
1	6 (30)	1 (5)
2	2 (10)	6 (30)
3	3 (15)	1 (5)
Vomiting	9 (45)	6 (30)
Rescue antiemetics	10 (50)	7 (35)
Rescue analgesics	13 (65)	11 (55)

Values are numbers of patients in each group, with percentages in parentheses.

재원기간에 유의한 차이가 없었으나, 마취시간에서는 군간에 유의한 차이를 보였는데($P < 0.05$) 그 이유는 2군에서 3-in-1 차단을 시행하는데 소요된 시간이 마취시간에 포함되었기 때문으로 생각된다(Table 1). 술 후 2일간 오심 발생은 1군 11명(55%), 2군 8명(40%)이었고, 구토 발생은 1군 9명(45%), 2군 6명(30%)이었으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2). 또한 항구토제를 투여받은 환자수는 1군 10명(50%), 2군 7명(35%)이었고, 진통제를 투여받은 환자수는 1군 13명(65%), 2군 11명(55%)이었으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 2).

고 찰

본 연구에서 지속적 3-in-1 차단군에서 술 후 2일간 낮은 VAS 점수를 보여 전슬관절치환술 후 3-in-1 차단이 고식적 IV PCA보다 더 우수한 방법이라고 생각된다. 회복실에서 휴식시와 운동시 VAS 점수는 군간에 유의한 차이를 보이지 않았는데 그 이유는 척추 마취에 의한 감각저하가 남아 있었기 때문으로 사료된다.

일반적인 3-in-1 차단은 샅고랑인대 직하방에서 대퇴동맥 외측 1-2 cm에 삽입하는 것이나 본 연구에서는 3-in-1 차단을 샅고랑 피부주름 위치에서 시행하였다. 이는 샅고랑 피부주름 위치에서 대퇴신경과 대퇴동맥이 보다 얕게 위치하고 대퇴신경 직경이 더 커서 찾기가 용이하기 때문이고[6,8] 술 후 지속적 거치시 주변 피부에 밀리지 않고 위치를 유지할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

지속적 3-in-1 차단은 많은 양의 국소마취제가 투여되고 장시간 주입 후 약물 축적으로 인해 국소마취제 독성을 유발할 위험이 있으므로[9] 용량을 절약하는 주입방법이 바람직하다. 더욱이 양측 전슬관절치환술 후 양측에 지속적 3-in-1 차단을 한 경우에는 최소한의 농도가 요구된다. 본 연구는 bupivacaine 용량을 줄이기 위해 시행한 예비 연구에서 0.125% bupivacaine을 각각 1, 2, 3, 4 ml/h용량으로 주입하여 최소한의 유효 지속 주입농도를 조사하였는데 2 ml/h 이상에서 진통 효능이 있음을 관찰하였다. 한편 Singelyn 등은[3] 0.125% bupivacaine을 10 ml/h로, Edwards 등은[5] 6 ml/h로 지속 주입하였고, Ganapathy 등은[1] 0.2% bupivacaine을 10 ml/h로 주입하였다. 그러나 본 연구에서는 0.125% bupivacaine을 지속 주입량 2 ml/h에 일회 추가량 1 ml를 폐쇄간격 10분으로 투여함으로써 독성 반응 위험을 최소화하면서 효과적으로 통증을 조절할 수 있었다.

본 연구에서 완전한 3-in-1 차단률은 65%였는데, 항상 완전한 3-in-1 차단이 이루어지지 않는 원인은 대퇴신경, 외측대퇴피부신경, 폐쇄신경 모두를 감싸는 해부학적 근막이 존재하지 않기 때문인 것으로 최근 연구에서 밝혀졌다.[10,11] 본 연구의 완전한 3-in-1 차단률 65%는 Capdevila 등이[12] 보고한 38%와 55%의 성공률을 보인 Singelyn 등의[13] 연구결과보다 높은 수치이다. 그 이유로서 본 연구는 각 신경의 불완전 차단도 차단으로 간주하여 차단률을 계산하였는데 Capdevila 등과[12] Singelyn 등은[13] 각 신경의 불완전 차단의 경우를 배제하고 차단률을 계산하였기 때문에 본 연구와 차이를 보인 것으로 사료된다.

완전한 3-in-1 차단이 더 높은 성공률을 보이지 못하는 또 다른 원인은 카테터 설치시 카테터 끝이 요추총(lumbar plexus)에 정확하게 위치하지 않기 때문이다. 카테터 끝의 이상적 위치는 천장관절(sacroiliac joint) 상단으로부터 2 cm 이내이거나 천골곶(sacral promontory)과 4번째와 5번째 요추의 외연사이라고 하고,[1,11] 카테터가 대퇴골두영역에서 꼬이거나 천장관절 하단 이하에 위치하면 부적절하다고 한다.[1] 그리고 카테터 끝 위 아래로 2개 이상의 신경근을 차단할 수 있을 정도로 충분한 양과 농도의 국소마취제가 전달되어야 한다.[1] Ganapathy 등과[1] Capdevila 등은[11] CT로 카테터 위치를 확인한 결과 각각 40%와 23%에서만 요추총 가까이에 위치한다고 하였다. 카테터를 너무 깊이 넣으면 대퇴골두부분에서 꼬이거나 장골릉(iliac crest) 가까이에 박혀서 차단이 실패할 수 있으므로 삽입한 카테터 길이는 카테터 위치와 무관하다고 한다.[1,11] 또한 Singelyn 등은[14] 카테터를 24 cm까지 깊이 넣었더니 경막외차단이 발생하여서 15 cm 이하로 넣는 것이 안전하다고 주장하였다. 그래서 본 연구는 비교적 안전한 깊이인 10-15 cm에서 고정하였다. 앞으로 3-in-1 차단시에 초음파의 도움을 빌린다면 더욱 정확한 위치에 카테터를 위치시켜서 감각 차단의 질 향상에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.[15]

근래에 3-in-1 차단만으로 술 후 완전한 진통을 얻기 힘들다는 연구결과가 많은데 이는 슬관절 후방부위를 지배하는

폐쇄신경이나 좌골신경은 차단되지 않기 때문이다.[2,16-19] 본 연구에서도 대부분의 환자들이 무릎 뒤쪽 통증을 일관되게 호소하였다. Marhofer 등은[20] MRI를 통해 주입한 국소마취제가 퍼져나가는 양상을 관찰하였는데 국소마취제가 대퇴신경에 직접 도달하고 외측으로 퍼져나간 국소마취제는 외측 대퇴피부신경에 도달하고 내측으로 퍼져나간 국소마취제는 폐쇄신경의 전방지(anterior branch)에 도달하나 폐쇄신경의 후방지(posterior branch)에는 미치지 못한다고 하였다. 따라서 3-in-1 차단에 부가적으로 폐쇄신경차단을 시행하면 술 후 진통을 개선한다는 보고가 있고[16] 좌골신경차단을 추가하면 수술 직후 진통에 매우 효과적이고[17] 지속적인 통증경감에도 현저한 기여를 한다고 한다.[18,19] 그러나 추가적인 좌골신경차단이 단독으로 시행한 대퇴신경차단보다 더 우수한 진통효과를 보여주지 못했다는 상반된 주장도 있어[21] 이에 대한 연구가 더 필요하다고 생각된다. 앞에서 살펴본 바와 같이 술 후 비록 완전한 3-in-1 신경차단을 항상 제공하지는 못하지만 3-in-1 차단은 노인 환자에서 국소마취제 독성 없이[22] 술 후 통증경감에 크게 이바지할 수 있어 선호되는 진통방법이 되고 있다.[2,3]

2군이 1군보다 유의하게 VAS 점수가 낮았음에도 불구하고 진통제를 투여받은 환자수에서 군간에 유의한 차이가 없었던 이유는 각군에서 진통제의 총 투여 용량을 계산하여 비교하지 못하였고 또한 표본집단의 수가 적었기 때문으로 사료된다.

전슬관절치환술 후 통증은 반사적으로 넙다리네모근 연축을 야기할 수 있는데 이는 통증 심화와 근육기능 손상을 가져와[3,4] 빠른 회복과 퇴원에 중요한 조기 보행과 재활치료를 저해한다.[23,24] 대퇴신경차단을 하면 술 후 통증의 감소로 보다 나은 슬관절의 굴곡이 가능하다.[3] Singelyn 등은[3] 지속적인 3-in-1 차단을 시행한 군에서 퇴원 기준인 슬관절의 굴곡이 90°가 되는데 걸리는 기간이 단축되어 더 짧은 재원기간을 보인다고 하였으나 슬관절 굴곡의 목표가 130°인 본 연구에서는 군간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데 그 이유에 대해서는 정확히 알 수 없었다.

결론적으로 비록 3-in-1 차단이 항상 완전한 진통을 제공하지 못하지만 전슬관절치환술 후 0.125% bupivacaine을 이용한 지속적 3-in-1 차단은 butophanol과 ketorolac을 이용한 IV PCA보다 더 우수한 술 후 통증치료법이라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Ganapathy S, Wasserman RA, Watson JT, Bennett J, Armstrong KP, Stockall CA, et al: Modified continuous femoral three-in-one block for postoperative pain after total knee arthroplasty. Anesth Analg 1999; 89: 1197-202.
2. Capdevila X, Barthelet Y, Biboulet P, Ryckwaert Y, Rubenovitch J, d'Athis F: Effects of perioperative analgesic technique on the surgical outcome and duration of rehabilitation after major knee surgery. Anesthesiology 1999; 91: 8-15.
3. Singelyn FJ, Deyaert M, Jorist D, Pendeville E, Gouverneur JM: Effects of intravenous patient-controlled analgesia with morphine, continuous epidural analgesia, and continuous three-in-one block on postoperative pain and knee rehabilitation after unilateral total knee arthroplasty. Anesth Analg 1998; 87: 88-92.
4. Schultz P, Anker-moller E, Dahl JB, Christensen EF, Spangsberg N, Fauno P: Postoperative pain treatment after open knee surgery: continuous lumbar plexus block with bupivacaine versus epidural morphine. Reg Anesth 1991; 16: 34-7.
5. Edwards ND, Wright EM: Continuous low-dose 3-in-1 nerve blockade for postoperative pain relief after total knee replacement. Anesth Analg 1992; 75: 265-7.
6. Vloka JD, Hadzic A, Reiss W, Drobnik L, April EW, Sanborn K, et al: Femoral nerve block: needle insertion at the inguinal crease results in more consistent nerve localization. Reg Anesth 1998; 23S: 53.
7. Williams OA, Clarke FL, Harris RW, Smith P, Peacock JE: Addition of droperidol to patient-controlled analgesia: effect on nausea and vomiting. Anaesthesia 1993; 48: 881-4.
8. Vloka JD, Hadzic A, Drobnik L, Ernest A, Reiss W, Thys DM: Anatomical landmarks for femoral nerve block: a comparison of four needle insertions sites. Anesth Analg 1999; 89: 1467-70.
9. Esteve M, Veillette Y, Ecoffey C, Orhant EE: Continuous block of the femoral nerve after surgery of the knee: pharmacokinetics of bupivacaine. Ann Fr Anesth Reanim 1990; 9: 322-5.
10. Ritter JW: Femoral nerve sheath for inguinal paravascular lumbar plexus block is not found in human cadavers. J Clin Anesth 1995; 7: 470-3.
11. Capdevila X, Biboulet P, Morau D, Bernard N, Deschodt J, Lopez S, et al: Continuous three-in-one block for postoperative pain after lower limb orthopedic surgery: where do the catheter go? Anesth Analg 2002; 94: 1001-6.
12. Capdevila X, Biboulet PH, Bouregba M, Barthelet Y, Rubenovitch J, d'Athis F: Comparison of the three-in-one and fascia iliaca compartment blocks in adults: clinical and radiographic analysis. Anesth Analg 1998; 86: 1039-44.
13. Singelyn FJ, Roy CV, Goossens F, Gouverneur JM: A high position of the catheter increases the success rate of continuous "3-in-1" block. Anesthesiology 1996; 85: 3A.
14. Singelyn FJ, Contreras V, Gouverneur JM: Epidural anesthesia complicating continuous 3-in-1 lumbar plexus blockade. Anesthesiology 1995; 83: 217-20.
15. Marhofer P, Schrögendorfer K, Koinig H, Kapral S, Weinstabl C, Mayer N: Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. Anesth Analg 1997; 85: 854-7.
16. Macalou D, Trueck S, Meuret P, Heck M, Vial F, Ouologuem S, et al: Postoperative analgesia after total knee replacement: the effect of an obturator nerve block added to the femoral 3-in-1

nerve block. Anesth Analg 2004; 99: 251-4.
17. Mansour NY, Bennetts FE: An observational study of combined continuous lumbar plexus and single-shot sciatic nerve blocks for post-knee surgery analgesia. Reg Anesth 1996; 21: 287-91.
18. Ben-David B, Schmalenberger K, Chelly JE: Analgesia after total knee arthroplasty: is continuous sciatic blockade needed in addition to continuous femoral blockade? Anesth Analg 2004; 98: 747-9.
19. Chelly JE, Greger J, Gebhard R, Coupe K, Clyburn TA, Buckle R, et al: Continuous femoral blocks improve recovery and outcome of patients undergoing total knee arthroplasty. J Arthroplasty 2001; 16: 436-45.
20. Marhofer P, Našel C, Sitzwohl C, Kapral S: Magnetic resonance imaging of the distribution of local anesthetic during the three-in-one block. Anesth Analg 2000; 90: 119-24.
21. Allen HW, Liu SS, Ware PD, Nairn CS, Owens BD: Peripheral nerve blocks improve analgesia after total knee replacement surgery. Anesth Analg 1998; 87: 93-7.
22. Snoeck MM, Vree TB, Gielen MJ, Lagerwert AJ: Steady state bupivacaine plasma concentration and safety of a femoral “3-in-1” nerve block with bupivacaine in patients over 80 years of age. Int J Clin Pharmacol Ther 2003; 41: 107-13.
23. Shoji H, Solomonow M, Yoshino S, D’Ambrosia R, Dabezies E: Factors affecting postoperative flexion in total knee arthroplasty. Orthopedics 1990; 13: 643-9.
24. Ryu J, Saito S, Yamamoto k, Sano S: Factors influencing the postoperative range of motion in total knee arthroplasty. Bull Hosp Joint Dis 1993; 53: 35-40.