

네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술 시 압박대의 감압 시기에 따른 실혈량에 대한 영향

The Effects of Timing of Tourniquet Release on Blood Loss in Navigation Assisted Total Knee Arthroplasty

김광균 · 원예연* · 오형탁 · 이대희

건양대학교 의과대학 정형외과학교실, *아주대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 컴퓨터 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술에서 압박대의 감압시기에 따른 실혈량의 변화를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법: 1군은 31예로 피부 봉합 및 압박 소독을 시행한 후 압박대를 감압하였으며, 2군은 32예로 치환물을 삽입하기 전 압박대 감압 및 지혈을 시행하였다. 술 전 및 술 후 24, 48시간의 혈액소량 및 적혈구 용적률을 조사하였고, 양 군 간의 총실혈량, 술 후 배액관을 통한 실혈량, 감춰진 실혈량, 가시적 실혈량 및 수술 시간을 비교하였다.

결과: 술 후 24, 48시간의 혈액소(p=0.371, p=0.247) 및 적혈구 용적률의 변화량(p=0.428, p=0.125)은 양 군 간 통계적으로 유의하지 않았다. 술 후 24시간의 흡입 배액된 실혈량(p=0.381)과 총실혈량(p=0.126)은 양 군 간에 유의한 차이가 없었고, 가시적인 실혈량(p=0.023), 감춰진 실혈량(p=0.045) 및 수술시간(p=0.005)은 유의한 차이를 보였다.

결론: 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술에서 압박대의 감압 시기에 따른 총실혈량 및 술 후 배액되는 실혈량의 차이가 없으며, 수술 후 압박대를 감압하는 방법은 수술 중 압박대를 감압하는 방법에 비해 시야 확보 및 수술 시간을 단축하는 측면에서 유용한 방법이라고 생각한다.

색인단어: 슬관절, 네비게이션, 치환술, 압박대, 실혈량

서 론

슬관절 전치환술 시에 압박대의 사용은 출혈이 없는 깨끗한 수술 시야의 확보 및 시멘트를 이용한 치환물의 고정에 유리한 점으로 일반적으로 사용된다. 그러나, 압박대의 장시간 사용은 혈관 손상, 신경마비, 술 후 대퇴부 동통, 색전, 상처 치유 지연 등의 합병증과 연관된다는 보고가 있다.¹⁻⁴⁾ 압박대의 수술 중 감압은 압박대의 사용 시간의 감소, 주요 출혈부위의 지혈, 슬와동맥 등 주요 혈관의 손상 여부의 확인 등의 장점이 있다. 슬관절 전치환술 시 술 후 다량의 실혈이 동반되므로 압박대의 감압시기가 술 후 실

혈량 측정에 미치는 영향에 대해서 다양한 연구 결과가 보고되었다.^{5,6)} 환자의 출혈성 경향, 인공치환물 고정을 위한 시멘트의 사용 여부, 술 중 시행한 수혈 등이 수술 후 실혈량에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 최근 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술과 고식적인 슬관절 전치환술의 술 후 실혈량 차이를 비교한 연구에서 대퇴골 골수강 내 유도기(intramedullary guide)를 위한 확공 여부가 실혈량에 영향을 미친다는 보고가 있다.⁷⁻⁹⁾ 따라서, 본 연구에서는 술 후 동일한 수혈량 및 골수강 내 유도기의 삽입이 필요 없는 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술을 시행하여 술 후 실혈량에 영향을 미치는 요소들을 최소화한 상태에서 압박대의 감압 시기가 실혈량에 영향을 미치는지에 대해 비교 분석하고자 하였다.

접수일 2012년 6월 13일 수정일 2012년 9월 15일

게재확정일 2012년 12월 11일

교신저자 이대희

대전시 서구 관저동로 158, 건양대학교병원 정형외과

TEL 042-600-6902, FAX 042-545-2373

E-mail ajouos@hanmail.net

대한정형외과학회지 : 제 48권 제 1호 2013 Copyright © 2013 by The Korean Orthopaedic Association

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

대상 및 방법

본 연구는 건양대학교 연구윤리위원회로부터 연구에 대한 승인을 받은 이후에 진행되었으며, 2010년 7월부터 2011년 7월까지 슬관절 전치환술을 시행받은 환자를 대상으로 전향적인 방법으로 연구를 시행하였다. 연구 대상은 모든 예에서 술 전 진단이 퇴행성 골관절염인 환자를 대상으로 하였다. 뇌혈관 및 심혈관 질환 등으로 출혈과 관련된 약물을 복용하는 환자(Aspirin 7예, Clopidogrel 5예)에서는 약물 복용을 7일 이상 중단한 후 시행한 프로트롬빈 시간(prothrombin time), 활성화 부분 트롬보플라스틴 시간(activated partial thromboplastin time) 및 출혈 시간(bleeding time) 등의 출혈성 경향에 대한 검사에서 모두 정상적인 결과를 나타내는 환자를 대상으로 하였다. 연구 대상을 수술 직전 무작위 표본 추출하는 방식으로 피부 봉합 시까지 압박대를 유지하는 군(제1군)과 수술 중 대퇴부와 경골부 금속치환물을 삽입한 상태에서 생리식염수 세척 후 시험적인 삽입물을 제거한 후 압박대를 감압하고 지혈 후 실제 폴리에틸렌 치환물을 삽입하는 군(제2군)으로 나누었다. 양측 슬관절에 대해 치환술을 시행하는 경우 1주 이상의 간격을 두고 시행하였으며, 최초 치환한 슬관절만 대상에 포함하였다. 64예(남자 7예, 여자 57예)에서 수술이 시행되었으나, 1예에서 수혈 중 고열로 인해 수혈이 중단되어 연구대상에서 제외되었다. 총 63예로 1군의 평균 나이는 65.1세(52-87세), 남자 3예, 여자 28예였고, 2군의 평균 나이는 65.2세(46-84세), 남자 4예, 여자 28예였다(Table 1).

모든 환자에게 척추마취하에 수술을 시행하였으며, Stryker Navigation System 2.0 (Stryker Navigation, Kalamazoo, MI, USA)을 이용한 술법을 시행하였다. 인공관절 치환물로는 후방삽자인대 대치형 Scorpio® (Osteonics, Allendale, NJ, USA)을 전 예에서 사용하였다. 수술 측의 대퇴부를 압박대(Zimmer® A.T.S 2000, Dover, OH, USA)를 감았으며 압박대의 압력은 모든 예에서 300 mmHg (double systolic for the thigh, modification of Bruner's ten rules)를 사용하였다.¹⁰⁾ 수술 수기는 전 예에서 내측 슬개 접근법

(medial parapatellar approach)으로 한 명의 시술자에 의해 시행되었으며 경골부와 대퇴부의 인공치환물 고정을 위해 모두 시멘트를 사용하였다. 대퇴부 및 경골부 인공치환물 삽입 후 슬개골의 골극을 제거하였으며 슬개골 치환은 하지 않았다. 1군은 창상 봉합할 때까지 압박대를 유지하였으며, 2군은 실제 폴리에틸렌 삽입물을 치환하기 전에 압박대를 감압 후 후방 관절막으로부터 현저한 출혈에 대해 지혈을 시행하였고, 실제 폴리에틸렌 삽입물을 넣은 후 내측 및 외측 구획에서 상향 및 하향 슬동맥(superior and inferior genicular artery)의 가지동맥으로부터의 혈관의 현저한 출혈에 대해 지혈을 시행하였다. 모든 예에서 배액관을 삽입하였다. 모든 예에서 피부 봉합 후 적혈구 농축액(320 ml) 수혈을 시작하였으며, 2단위(pints)를 연속적으로 수혈하였다. 술 후 24시간째 배액관을 제거하였으며, 지속적 수동 관절운동 및 가능한 조기에 체중 부하를 시행하였다.

수술 직전, 술 후 24시간, 술 후 48시간의 혈액소량 및 적혈구 용적률을 조사하였다(Table 1). 술 중 실혈량은 술 중 흡인병에 모아진 양 및 수술 전, 후 거즈의 무게를 측정하여 그 차이를 이용하여 계산한 술 중 거즈에 포함된 혈액량에서 세척 시 쓰인 물의 양을 빼서 계산하였다. 술 후 실혈량은 술 후 24시간 동안 배액통에 배액관을 통해 모아진 양을 측정하였다. 술 중 실혈량과 술 후 배액관을 통해 모아진 양의 합을 가시적인 실혈량으로 정의하였다. 총실혈량은 술 중 또는 술 후 실혈 및 수혈에 의해 혈류역동학적인 변화가 발생하는 것을 근거로 술 후 적혈구 용적률의 변화량과 술 전 순환 혈액량을 이용한 계산값에 수혈량을 더하여 계산하였다.¹¹⁾ 감춰진(hidden) 실혈량은 총실혈량에서 가시적 실혈량을 뺀 값으로 계산하였다.¹⁾

통계처리는 SPSS (SPSS for Window release 18.0, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 사용하였으며 chi-square test를 이용한 교차분석을 통해 각 군의 성별의 차이에 대한 검증을 시행하였다. Student's t-test를 이용하여 두 군의 술 전, 술 후 24시간, 48시간의 혈액소량 및 적혈구 용적률을 비교하였고 두 군 간의 실혈량 차이를 검증하였다.

결 과

수술 직전 혈액소 및 적혈구 용적률은 제1군에서 12.6 (11.0-13.8) g/dl, 37.4 (34.0-42.0)%, 제2군에서 12.7 (10.7-16.6) g/dl, 38.5 (31.4-48.6)%로 유의한 차이는 없었다(Table 1). 술 후 24시간, 술 후 48시간의 혈액소 수치는 제1군에서 11.3 (8.5-12.8) g/dl, 10.2 (8.5-11.4) g/dl이며, 제2군에서는 10.9 (8.4-13.4) g/dl, 9.8 (8.2-12) g/dl로 압박대 감압 시기에 따른 혈액소의 변화는 유의한 차이는 없었다(p=0.371, p=0.247). 술 후 24시간, 술 후 48시간의 적혈구 용적률은 제1군에서 33.3 (25-38)%, 30.6 (26-34)%이며 제2군에서는 32.4 (24.4-39.5)%, 28.9 (24.2-35.4)%로 압박대 감압 시기에 따른 적혈

Table 1. Patient Characteristics for Two Groups

Variable	Group I (n=31)	Group II (n=32)	Statistic value	p-value
Gender (male/female)	3/28	4/28	$\chi^2=0.067$	0.796
Age (yr)	65.1±8.2	65.2±10.0	t=-0.06	0.952
BMI (kg/m ²)	26.8±5.3	27.0±6.7	t=-0.09	0.934
Hb (g/dl)	12.6±8.5	12.7±13.2	t=-0.05	0.596
HCT (%)	37.4±2.1	38.5±4.1	t=-1.07	0.297

Values are presented as number or raw mean±standard deviation. The date is analyzed by Pearson's chi-square and Student's t-test statistical method. BMI, body mass index; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit.

Table 2. Effects of Tourniquet Use on Hb, HCT and Blood Loss, Tourniquet Time

Variable		Group I (n=31)	Group II (n=32)	p-value
Hb (g/dl)	24 hr	11.3±1.1	10.9±1.3	0.371
	48 hr	10.2±0.8	9.8±1.0	0.247
HCT (%)	24 hr	33.3±3.0	32.4±3.7	0.428
	48 hr	30.6±2.3	28.9±2.9	0.125
Intraoperative blood loss (ml)		87±22	135±51	0.003
Postoperative blood loss (ml)*		629±222	688±195	0.381
Visible blood loss (ml) [†]		717±228	822±205	0.023
Hidden blood loss (ml) [‡]		242±232	196±189	0.045
Calculated total blood loss (ml) [‡]		960±15	1,019±163	0.126
Torniquet time (min)		75.2±4.6	53.3±8.1	<0.001
Operation time (min) [‡]		74.8±1.2	84.8±2.5	0.005

Values are presented as raw mean±standard deviation. The date is analyzed by Student's t-test statistical method. *Volume gathered for postoperative 24 hours; [†]to postoperative 24 hours; [‡]time from skin incision to wound closed. Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit.

구 용적률의 변화도 유의하지 않았다($p=0.428$, $p=0.125$). 술 후 24 시간의 흡입 배액된 출혈량은 제1군에서 평균 629 (200–950) ml, 제2군에서 평균 688 (300–1,020) ml로 양 군 간의 유의한 차이는 없었다($p=0.381$). 반면에, 술 중 실혈량이 더해진 가시적인 실혈량은 제1군에서 717 (265–1,035) ml, 제2군에서 822 (420–1,190) ml로 유의한 차이를 보여($p=0.023$), 압박대의 조기 감압군에서 더 많은 가시적인 실혈이 있는 것으로 나타났다. 술 후 24시간까지의 총실혈량은 제1군에서 960 (893–1,110) ml, 제2군에서 1,019 (664–1,376) ml로 두 군 간의 유의한 차이가 없었으나($p=0.126$), 감춰진 실혈량은 제1군에서 242 (15–517) ml, 제2군에서 196 (13–666) ml로 통계적으로 유의한 차이를 보이며($p=0.045$) 지속적인 압박대 유지군에서 많은 감춰진 실혈이 있는 것으로 나타났다. 수술 중 압박대를 사용한 시간은 제1군에서는 75.2 (65–85)분, 제2군에서는 53.3 (43–65)분으로 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며 ($p<0.001$), 피부 절개 후 상처 봉합까지의 시간은 제1군에서 74.8 (40–64)분, 제2군에서는 84.8 (64–105)분으로 두 군 간의 유의한 차이를 보이며($p=0.005$), 수술 중 압박대를 감압한 군이 총 수술 시간이 더 긴 것으로 나타났다(Table 2).

고 찰

슬관절 전치환술은 많은 출혈이 동반되는 수술이다. 특히, 심혈관계가 상대적으로 취약한 고령에서 시행된다는 점에서 출혈에 영향을 미치는 요인에 대한 분석은 매우 중요하다. 하지만, 수술 중

사용하는 압박대를 조기에 감압하고 지혈을 시행하는 것이 술 후 출혈량에 영향을 미치는가에 대한 보고들은 다양한 결과를 제시하고 있었다.^{12–16} 저자들은 시멘트 사용 방법, 실혈량 측정 방법 및 수혈량, 대퇴골 확공 유무^{7–9} 등 연구 방법의 차이가 술 후 실혈량 측정에 영향을 미칠 수 있다고 생각하였다. 따라서, 보다 정확한 비교를 위하여 모든 예에서 일차성 퇴행성 관절염 환자를 대상으로 하였고, 술 전 검사에서 출혈성 경향이 없는 환자에서 수술을 시행하였다. 특히, 골수강을 손상시키지 않고 수술을 시행하는 네비게이션 시스템을 이용하여 수술을 시행하였다. 수혈은 모든 예에서 동일하게 적혈구 농축액 2단위(pints)를 수혈하였으며, 1983년 Gross¹¹가 제안한 방법에 따라 술 후 변화된 적혈구 용적률 값을 측정하여 실질적인 혈액 순환량의 변화를 계산하였다. 실질적인 총실혈량을 구하는 공식은 다음과 같다.¹⁷

$$\text{총실혈량} = \text{술 전 순환 혈액량} \times (\text{술 전 적혈구 용적률} - \text{술 후 적혈구 용적률})$$

$$\text{술 전 순환 혈액량} = k1 \times \text{height (m)}^3 + k2 \times \text{weight (kg)} + k3$$

(순환 혈액량의 계산식은 Nadler 등¹⁸)에 의한 방법을 사용하였다. k는 상수로 k1, k2, k3는 각각 남자는 0.3669, 0.03219, 0.6041이며 여자는 0.3561, 0.03308, 0.1833이다.)

본 연구에서 감춰진 실혈량의 측정에서 두 군 간에 유의한 차이를 보였으며 압박대를 더 오랫동안 사용한 제1군이 제2군에 비해 감춰진 실혈량이 더 많은 것으로 나타났다. 감춰진 실혈량은 일반적으로 관절 내의 잔류 혈액, 주위 조직으로의 혈액 유출^{19,20} 및 혈구세포 용혈²¹로 인하여 발생할 수 있다. 압박대를 지속적으로 사용할 경우 근육 허혈 및 미세혈관의 충혈 등으로 국소적인 연부 조직의 반응성 울혈이 발생하고 압박대를 감압한 이후에 손상받은 조직 안으로의 출혈이 증가하여 감춰진 실혈량을 증가시킬 수 있다는 연구가 있었다.^{22–24} 또한, 압박대 감압 시 압박대 사용으로 인한 산소 결핍 상태가 항트롬빈 III (antithrombin III) 및 C-단백질 (protein C) 경로를 활성화시키고 이로 인한 섬유소 용해 현상의 발생으로 국소 조직으로의 출혈이 증가하여 감춰진 실혈량이 증가한다는 보고가 있다.^{23,25,26} 본 연구에서도 지속적인 압박대의 사용 시에 감춰진 출혈량을 증가하였다. Zhang 등²⁷의 연구에서도 인공 슬관절 전치환술 시 압박대 사용에 따른 술 중 실혈량, 가시적 및 감춰진 실혈량에 대한 비교 연구에서 총실혈량의 차이는 없으나, 인공슬관절 치환술 시 압박대를 사용하게 되면 술 중 실혈량은 감소시키며 감춰진 실혈량은 증가한다고 보고하였다. 반면에 제1군에 비해 제2군에서 술 중 실혈량 및 가시적 실혈량이 더 많은 것으로 나타났는데 이는 술 중 조기에 압박대를 감압할 경우 지연성 허혈로 인한 반응성 충혈 및 해면골의 절단 후의 정맥동의 지속적인 출혈^{27,28}로 술 중 실혈이 발생하게 되며 압박대 감압 이후의 시간만큼 지속적인 출혈이 발생하기 때문인 것으로 생각된다.

압박대를 조기에 감압한 군에서 더 많은 수술 시간이 소요되었다. 이는 압박대 조기 감압 후 술 중 실혈량의 증가로 인한 시야 확보를 위한 지속적인 지혈 및 세척, 그리고 창상 봉합 시간의 지연이 총 수술 시간의 연장에 영향을 미친 것으로 보인다. 따라서 저자들은 호흡기 및 혈류역동학적인 불안정성을 가진 고령의 환자를 대상으로 하는 슬관절 전치환술 시 압박대의 감압시기에 따른 실혈량의 차이가 없으므로 수술시간 연장으로 인한 감염 등²⁹⁾의 합병증을 단축시키기 위해 압박대의 감압시기에 대해 더 고려해야 할 문제라고 생각된다. 또한, 술 후 감압군에서 압박대 사용 시간이 의미있게 증가하였으나, 본 연구에서는 압박대의 사용 후에 부작용이 발생 여부 및 감압시기에 따른 부작용의 발생 빈도의 차이에 대한 구체적인 연구가 이루어지지 않았다. 이러한 본 연구의 제한점에 대하여 향후 적절한 압박대의 압력 및 사용 시간에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 슬관절 전치환술 시 실혈량 측정에 영향을 줄 수 있는 수혈량을 동일하게 하고 네비게이션을 이용하여 대퇴골 골수강의 출혈을 최소화한 상태에서 압박대의 감압시기에 따른 실혈량을 비교하였다. 총실혈량은 양 군 간에 유의한 차이가 없었으며 압박대를 늦게 감압한 경우 감춰진 실혈량이 증가함을 확인하였다.

결 론

본 연구에서는 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술에서 압박대의 감압 시기에 따른 총실혈량의 차이가 없었으며, 술 중 압박대의 조기 감압 시에 수술 시간의 연장을 확인할 수 있었다. 이에 저자들은 술 중 주요 혈관 손상의 가능성이 없다면, 술 후 압박대를 감압하는 방법이 수술 시야 확보 및 수술 시간 감소를 위한 용이한 방법이라 생각한다.

참고문헌

- Sehat KR, Evans RL, Newman JH. Hidden blood loss following hip and knee arthroplasty. Correct management of blood loss should take hidden loss into account. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86:561-5.
- Abdel-Salam A, Eyres KS. Effects of tourniquet during total knee arthroplasty. a prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:250-3.
- Parmet JL, Horrow JC, Berman AT, Miller F, Pharo G, Collins L. The incidence of large venous emboli during total knee arthroplasty without pneumatic tourniquet use. *Anesth Analg.* 1998;87:439-44.
- Clarke MT, Longstaff L, Edwards D, Rushton N. Tourniquet-induced wound hypoxia after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83:40-4.
- Yavarikia A, Amjad GG, Davoudpour K. The influence of tourniquet use and timing of its release on blood loss in total knee arthroplasty. *Pak J Biol Sci.* 2010;13:249-52.
- Lotke PA, Faralli VJ, Orenstein EM, Ecker ML. Blood loss after total knee replacement. Effects of tourniquet release and continuous passive motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:1037-40.
- Kalairajah Y, Simpson D, Cossey AJ, Verrall GM, Spriggins AJ. Blood loss after total knee replacement: effects of computer-assisted surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87:1480-2.
- Ajwani SH, Jones M, Jarratt JW, Shepard GJ, Ryan WG. Computer assisted versus conventional total knee replacement: a comparison of tourniquet time, blood loss and length of stay. *Knee.* 2012;19:606-10.
- Weng YJ, Hsu RW, Hsu WH. Comparison of computer-assisted navigation and conventional instrumentation for bilateral total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2009;24:668-73.
- Kutty S, McElwain JP. Padding under tourniquets in tourniquet controlled surgery: Bruner's ten rules revisited. *Injury.* 2002;33:75.
- Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. *Anesthesiology.* 1983;58:277-80.
- Zhang FJ, Xiao Y, Liu YB, Tian X, Gao ZG. Clinical effects of applying a tourniquet in total knee arthroplasty on blood loss. *Chin Med J (Engl).* 2010;123:3030-3.
- Tetro AM, Rudan JF. The effects of a pneumatic tourniquet on blood loss in total knee arthroplasty. *Can J Surg.* 2001;44:33-8.
- Li B, Wen Y, Wu H, Qian Q, Lin X, Zhao H. The effect of tourniquet use on hidden blood loss in total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2009;33:1263-8.
- Barwell J, Anderson G, Hassan A, Rawlings I. The effects of early tourniquet release during total knee arthroplasty: a prospective randomized double-blind study. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79:265-8.
- Christodoulou AG, Ploumis AL, Terzidis IP, Chantzidis P, Metsovitis SR, Nikiforos DG. The role of timing of tourniquet release and cementing on perioperative blood loss in total knee replacement. *Knee.* 2004;11:313-7.
- Ward CF, Meathe EA, Benumof JL, Trousdale F. A computer nomogram for blood loss replacement. *Anesthesiology.* 1980;53:S126.
- Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery.* 1962;51:224-32.

19. Erskine JG, Fraser C, Simpson R, Protheroe K, Walker ID. Blood loss with knee joint replacement. *J R Coll Surg Edinb.* 1981;26:295-7.
20. McManus KT, Velchik MG, Alavi A, Lotke PA. Noninvasive assessment of postoperative bleeding in TKA patients with Tc-99m RNCs. *J Nucl Med.* 1987;28:565-7.
21. Pattison E, Protheroe K, Pringle RM, Kennedy AC, Dick WC. Reduction in haemoglobin after knee joint surgery. *Ann Rheum Dis.* 1973;32:582-4.
22. Authier B. Reactive hyperemia monitored on rat muscle using perfluorocarbons and ^{19}F NMR. *Magn Reson Med.* 1988;8:80-3.
23. Klenerman L, Chakrabarti R, Mackie I, Brozovic M, Stirling Y. Changes in haemostatic system after application of a tourniquet. *Lancet.* 1977;1:970-2.
24. Silver R, de la Garza J, Rang M, Koreska J. Limb swelling after release of a tourniquet. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;206:86-9.
25. Petäjä J, Myllynen P, Myllylä G, Vahtera E. Fibrinolysis after application of a pneumatic tourniquet. *Acta Chir Scand.* 1987;153:647-51.
26. Murphy CG, Winter DC, Bouchier-Hayes DJ. Tourniquet injuries: pathogenesis and modalities for attenuation. *Acta Orthop Belg.* 2005;71:635-45.
27. Nakahara M, Sakahashi H. Effect of application of a tourniquet on bleeding factors in dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1967;49:1345-51.
28. Wittmann FW, Ring PA. Blood loss associated with Ring uncemented total knee replacement: comparison between continuous and intermittent suction drainage. *J R Soc Med.* 1984;77:556-8.
29. Peersman G, Laskin R, Davis J, Peterson MG, Richart T. Prolonged operative time correlates with increased infection rate after total knee arthroplasty. *HSS J.* 2006;2:70-2.

The Effects of Timing of Tourniquet Release on Blood Loss in Navigation Assisted Total Knee Arthroplasty

Kwang Kyouon Kim, M.D., Ye Yeon Won, M.D.*, Hyeong Tak Oh, M.D., and Dae Hee Lee, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Konyang University College of Medicine, Daejeon, *Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea*

Purpose: The aim of this study is to evaluate the effects of timing of tourniquet release on blood loss in navigation assisted total knee arthroplasty.

Materials and Methods: A total of 63 consecutive patients, who underwent navigation assisted total knee arthroplasty, were divided into two groups; 31 patients (31 knees, group I) were operated with tourniquet release after wound closure and applied compression dressing, and another 32 patients (32 knees, group II) were operated with tourniquet release and hemostasis before implantation of the polyethylene insert. We examined hemoglobin concentration and hematocrit at three points in time, preoperatively, 24 hours and 48 hours postoperatively. We compared the two groups of patients in terms of total blood loss, postoperative drained blood loss, hidden blood loss, visible blood loss and operation time.

Results: There were no significant differences between the two groups in the hemoglobin concentration at 24 hours and 48 hours postoperatively ($p=0.371$, $p=0.247$), and hematocrit at 24 hours and 48 hours postoperatively ($p=0.428$, $p=0.125$). No statistically significant differences between the two groups in the postoperative drained blood loss ($p=0.381$) and total blood loss ($p=0.126$) were found. We found statistically significant differences in the visible blood loss ($p=0.023$), hidden blood loss ($p=0.045$) and operation time ($p=0.005$).

Conclusion: The releasing time of tourniquet have no effect on the actual total blood loss, and postoperative drained blood loss in navigation assisted total knee arthroplasty. We concluded that compared with intraoperative tourniquet release, postoperative tourniquet release are useful for making the broader operation field and less operation time.

Key words: knee, navigation, arthroplasty, tourniquets, blood loss

Received June 13, 2012 **Revised** September 15, 2012 **Accepted** December 11, 2012

Correspondence to: Dae Hee Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Konyang University Hospital, 158, Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon 302-812, Korea

TEL: +82-42-600-6902 **FAX:** +82-42-545-2373 **E-mail:** ajouos@hanmail.net