

감염의 형태와 위험인자에 근거한 후방 척추 유합술 후 감염의 예방법

안동기 · 최대정 · 박훈석 · 김태우 · 전태환 · 양종화

서울성심병원 정형외과학교실

Precautions Against Infection Following Posterior Spinal Fusion Based on Types of Infection and Risk Factors

Dong Ki Ahn, M.D., Dea Jung Choi, M.D., Hoon Seok Park, M.D.,
Tae Woo Kim, M.D., Tae Hwan Chun, M.D., Jong Hwa Yang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Seoul Sacred Heart General Hospital, Seoul, Korea

– Abstract –

Study Design: This is a retrospective preparative study and prospective study

Objective: We instituted and verified the precautions against postoperative spinal infection.

Summary of the Literature Review: Postoperative infection comes from contamination during the operation and various strategies have been recommended to prevent it.

Materials and Methods: 583 cases that underwent instrumented posterior spinal fusion during two years (group I), were reviewed to discover the risk factors, and intraoperative cultures were done to detect the contamination routes and the causative microorganisms for the next 4 months. Six precautions, based on the results, were instituted. We analyzed 354 cases that underwent operation in the following year (group II) using the precautions.

Results: Twenty cases (3.4%) were infected in group I and the types of infection were superficial wound infection (4 cases), deep wound infection (4 cases), osteomyelitis around the interbody space (7 cases), osteomyelitis around the pedicle screws (4 cases) and a combination of wound infection and osteomyelitis around the pedicle screws (1 case). Infections happened more frequently in the cases of interbody fusion ($p=0.034$), revision ($p=0.087$) and those done in the summer season ($p=0.025$). *S. epidermidis*, as the causative bacteria, was cultured from both the operation environments and wounds. Six precautions based on the preliminary results were instituted as follows; irrigation method reformation, delayed opening of instruments, turning-off local air conditioners, changing of gowns before instrumentation, local bone irrigation and limited indications for interbody fusion. After implementation, two cases (0.6%) of infection developed in group II ($p=0.002$, odds ratio=0.160; 95% confidence interval = 0.037 to 0.688).

Conclusion: Wounds, grafted bones or instruments can be contaminated under longer-time exposure to operating room air and so produce interbody or pedicle osteomyelitis without wound infection. The precautions were effective to decrease the postoperative infection rates following posterior spinal fusion.

Key Words: Spinal fusion, Routes of contamination, Prevention of infection

Address reprint requests to

Dea Jung Choi, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Seoul Sacred Heart General Hospital
40-12 Chungryangri-dong, Dongdaemoon-gu, Seoul, Korea

Fax: 82-2-968-2394 Tel: 82-2-966-1616 Email: niceosu@freechal.com

Received: 2009. 9. 29. Accepted: 2009. 11. 17.

서 론

척추 수술에 있어서 감염의 발생은 환자와 의사 모두에게 무거운 부담이 되며 수술의 결과를 위협하는 가장 흔한 합병증 중의 하나라고 할 수 있다. 수술 수기와 고정기기 발달의 도움으로 난치의 척추 질환에 대한 수술적 치료의 접근이 많아졌으며 이로 인한 광범위한 접근, 장분절의 기기 고정 및 장시간의 수술로 인하여 수술과 관련된 감염의 위험성은 오히려 증가하였다^{1,2,3,4,5}.

척추 수술 후 감염의 술전 위험인자로 는 고령, 재수술, 당뇨병, 장기간의 부신피질 홀몬제 사용, 비만, 알코올 또는 약물 과다 복용, 흡연 등이 있으며, 술중 위험인자로 는 기기 고정술, 장시간 수술, 다량 실혈, 동종골 이식 그리고 단계적 수술 등이 보고되고 있다⁶. 술후 감염이 발생하기 위해서는 우선 세균 오염이 선행되어야 한다. 감염 발생을 위한 최소 필요 세균수를 판단할 수는 없으나, 임상적으로 오염된 세균의 수와 독성이 내재적인 방어 및 위험인자에 의해 결정되는 환자의 면역력보다 우

월할 경우 감염이 발생할 것으로 생각된다⁷. 환자의 내재적인 위험인자는 피할 수 없거나 일부만이 조절 가능하다는 것을 고려하면 술후 감염을 예방하기 위해서는 오염된 세균의 수를 줄이는 것이 조절 가능한 가장 확실한 방법으로 생각된다.

본 교실에서는 1995년 척추 수술을 시작한 이래 시간이 지남에 따라 점차 감염율이 증가하는 것을 인지하고 감염 예방의 필요성을 절감하였다. 2년간 척추 수술 후 발생한 감염의 사례를 조사하고 수술 환경에서 세균 배양 검사를 실시하여 가능한 오염 경로를 예측하여 이를 차단할 수 있는 감염 예방 수칙을 설정하였다. 그리고 이 감염 예방 수칙의 시행하에서 척추 수술 후 발생한 감염 사례를 조사하여 그 유효성을 판단하고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 감염의 형태와 위험인자 조사를 위한 예비 분석

2005년 1월부터 2006년 12월까지 후방 접근법 및 후방

Table 1. Risk factors for postoperative infection in group I

	No infection	Infection	p-value
Total cases	563	20	
Age (years)	61.3 ± 9.6	61.5 ± 9.3	0.779
Sex			0.378
Female	390	12	
Male	173	8	
Numbers of fusion segments	1.4 ± 0.7	1.4 ± 0.6	0.547
Length of fusion segments			0.609
Less than 3 level	517	19	
3 or more level	46	1	
Amount of blood loss (ml)	975 ± 305	1050 ± 332	0.465
Operation time (min)	198 ± 53	201 ± 57	0.908
Major types of operation			0.034*
Posterior or posterolateral fusion	61	0	
Posterior interbody fusion	502	20	
Dominant types of bone graft			0.357
Local chips	550	20	
Allograft	13	0	
Virgin or Revision operation			0.087*
Virgin	494	15	
Revision	68	5	
Seasons of operation			0.025*
Winter season(Oct. to Mar.)	224	3	
Summer season(Apr. to Sep.)	339	17	
Diabetes Mellitus			
DM negative	479	18	0.753
DM positive	84	2	

* Statistically significant (confidence interval 10% to reduce beta error intentionally)

기기 고정술을 이용한 척추 유합술을 시행받은 583예를 예비 연구 대상(I군)으로 설정하고 후향적으로 조사하였다. 술전 진단명이 감염성 질환이거나 6개월 미만 추시의 경우에는 대상에서 제외하였다. 감염의 진단 기준은 수술창에서 농양이 배출되거나 수술창에서 감염의 소견이 관찰되지 않아도 장기간, 예상보다 극심한 요통을 지속적으로 호소하면서 혈액 검사(백혈구 수치, C-반응성 단백(CRP), 적혈구 침강 속도(ESR))가 감염에 준하고, 자기공명영상 상 추체 및 추체 주위 감염 소견이 확인되는 경우로 하였다. 영상 검사 및 의무기록으로 감염의 형태를 분류하였으며 세균 배양 검사 기록으로 균주를 확인하였다. 의무기록과 영상 검사 자료를 검토하여 연령, 성별, 진단명, 수술 방법, 재수술 여부, 이식골의 종류, 수술 계절, 수술 시간, 수술시 실혈량, 수술자, 당뇨병 기왕력 등을 조사하였다(Table 1). 이식골은 대체로 국소골 단독, 국소골과 자가장골, 동종골과 자가장골

로 혼합하여 사용하였다. 잔여 연부조직 제거를 위해 장시간 수술실 공기에 노출된 상태에서 조작 후 세척없이 사용되었던 국소골 사용군(국소골 단독 또는 국소골과 자가장골 혼합)과 조작 및 분쇄 후 남아있는 잔여 연부조직과 골수지방을 제거하기 위하여 세척 후 이식을 하였던 동종골 사용군(동종골과 자가장골 혼합)으로 이분하였다. 수술 계절은 수술시 냉방기를 가동하는 하절기(4월-9월)와 가동하지 않는 동절기(10월-3월)로 이분하였다. 지역 냉방기는 4월 초부터 9월 말까지 각 수술방기온 조건에 따라 가동하며, 중앙식 냉방기는 6월 중순에서 9월 초까지 일괄적으로 가동하였다. 수술실 공기 품질 평가는 미세 먼지와 부유 세균수를 측정하였다.

통계적 검증은 SPSS 11.5 프로그램을 사용하였다. 신뢰 구간은 95%로 설정하고, 성별, 유합 분절수, 수술 방법, 재수술 여부, 이식골의 종류, 수술 계절, 수술자, 당뇨병 기왕력 등의 명목척도와 감염 발생여부의 관련성은

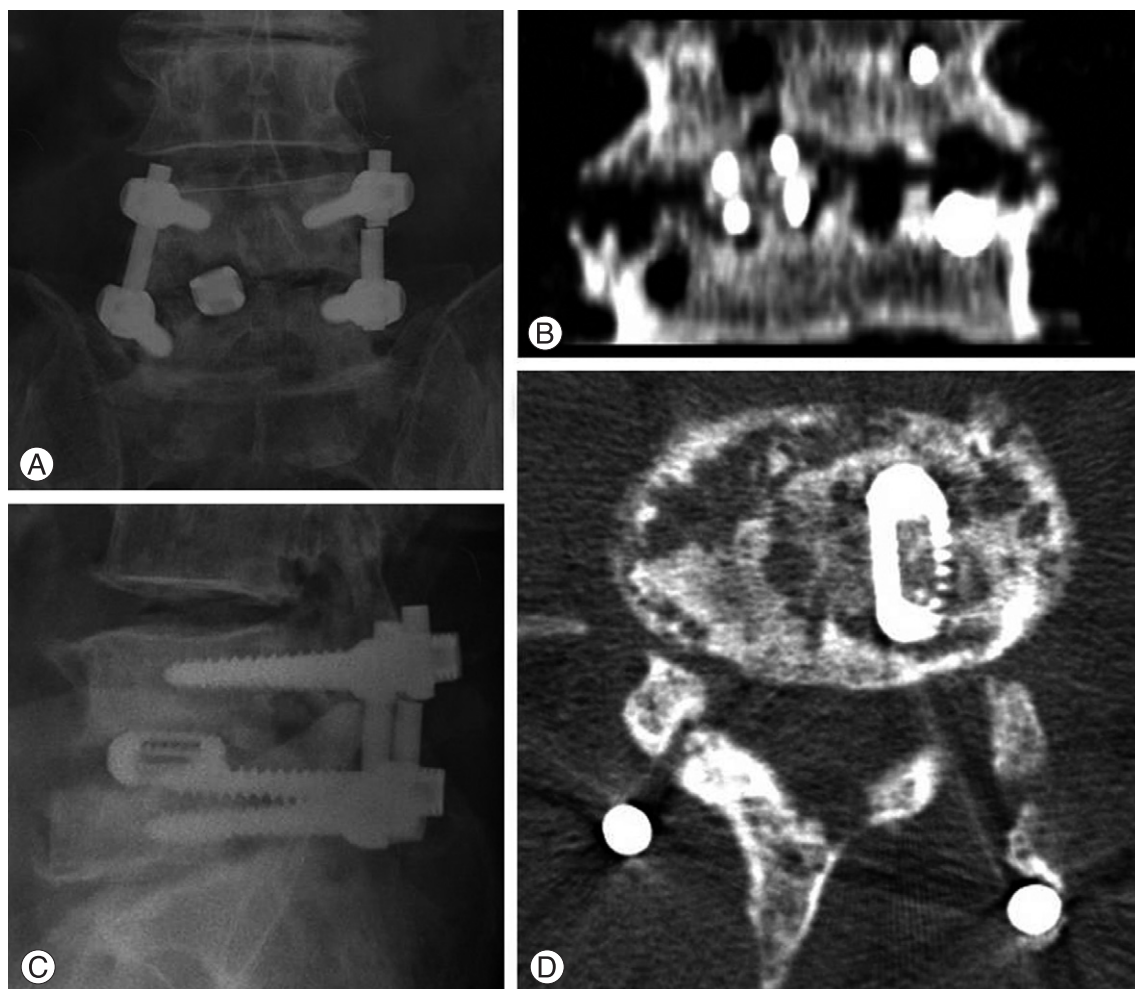


Fig. 1. Osteomyelitis around interbody graft. (A, B) Blurring of endplate signal and rod breakage were noticed on postoperative 4 month follow-up radiographs. (C, D) 1mm-fine cutting CT showed punched-out lesion on endplate which was strongly suggestive finding of intervertebral osteomyelitis.

Chi-square test로 분석하였으며, 연령, 수술 시간, 수술시 실혈량 등의 비율척도와 감염 발생여부 관련성은 Mann-Whitney U test로 검사하였다. 예비 조사된 변수들의 위험인자로서 판단여부는, 이중 오류를 낮추기 위하여 신뢰 구간을 90%로 설정한 뒤 단변량 분석을 하였다.

I군에서 수술 후 감염은 20예(3.4%)에서 발생되었다. 감염의 형태는 표재성 창상 감염 4예, 심부 창상 감염 4예, 추체간 이식골 주변부 골수염 7예, 척추경 나사못 주변부 골수염 4예, 창상 감염을 동반한 척추경 나사못 주변부 골수염 1예로 분류되었다(Fig. 1, 2.). 수술 진단시까지 창상 감염 양상인 경우 약 8 ± 1.7 일, 골수염 양상인 경우 121 ± 94.0 일이 경과되었다. 표재성 및 심부 창상 감염 8예는 창상을 통하여 배출되는 농양에서 세균 배양 검사를 시행하였다. 추체간 이식골 주변부 골수염과

척추경 나사못 주변부 골수염 12예 중, 4예는 재수술을 시행하고 세균 배양 검사를 시행할 수 있었으나 8예는 보존적 치료를 시행하여 세균 배양 검사를 시행하지 못하였다. 골수염의 형태에서 세균 배양 검사가 가능했던 4예 중, *Staphylococcus epidermidis* 1예, *Staphylococcus aureus* 1예였으며 2예에서는 세균 배양이 되지 않았다. 표재성 창상 감염 4예의 세균 배양 검사에서 모두 *Staphylococcus epidermidis*가 배양되었다. 심부 창상 감염 4예 중 3예에서 *Staphylococcus epidermidis*가 배양되었으며 1예는 세균 배양이 되지 않았다. 세균 배양은 전례에서 단일 균주만 배양이 되었다(Table 2).

I군에서 분석된 감염 위험인자는 하절기 수술($p=0.025$), 추체간 유합술($p=0.034$), 그리고 재수술($p=0.087$)이었다. 감염 발생 20예 모두가 세척없이 사용

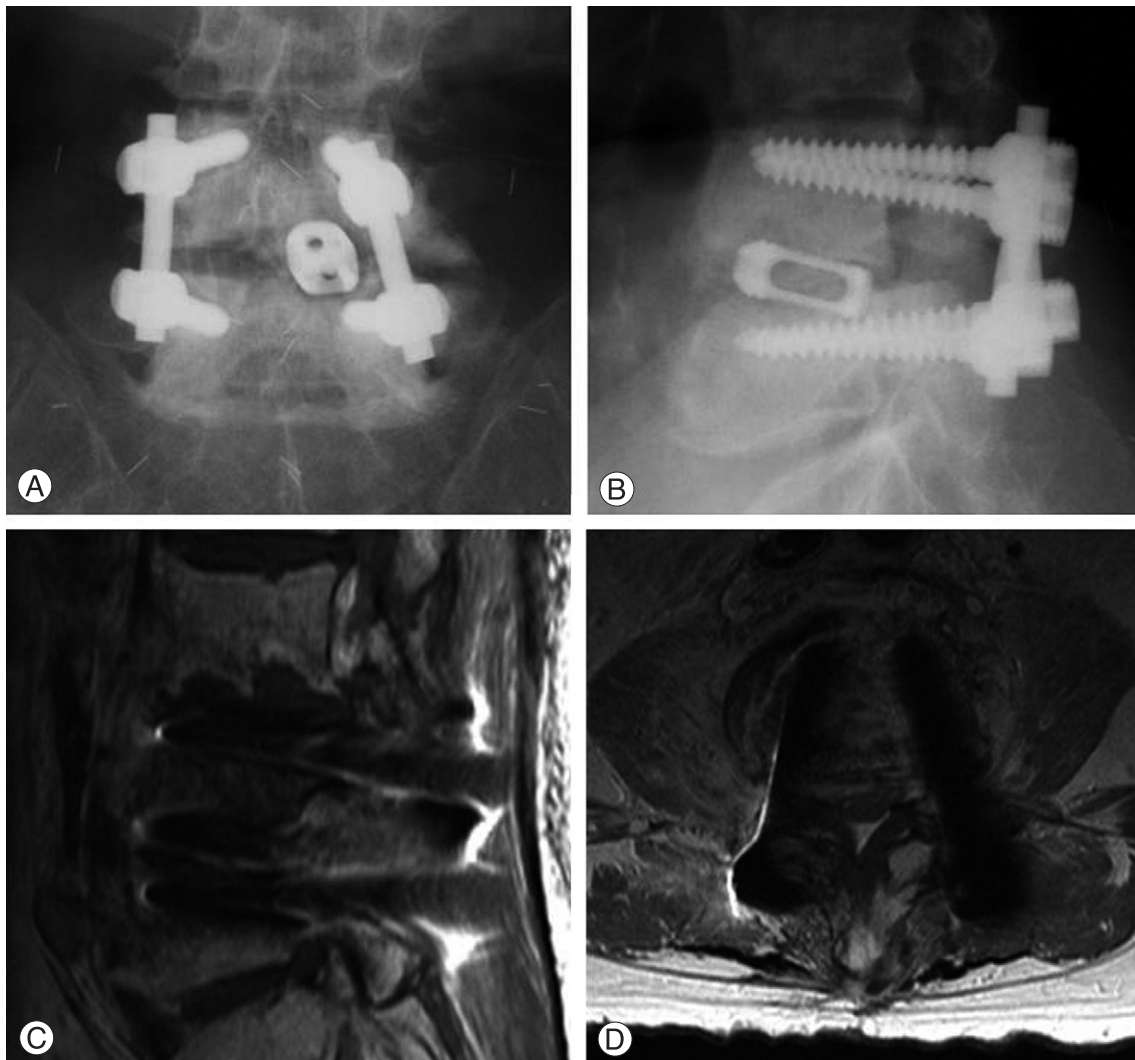


Fig. 2. Osteomyelitis around pedicle screws. (A,B) A pedicle screw cut out upper endplate at 3 month follow-up. (C,D) T1 view showed low signal on vertebral body with suggesting osteomyelitis but there was no signal change on soft tissue suggesting superficial or deep wound infection.

Table 2. Types of infection and causative microorganism

Types of infection		Microorganism	
Wound infection (8 cases)			
Superficial wound infection	4	S. epidermidis	7
Deep wound infection	4	No-growth	1
Osteomyelitis (12 cases)			
Around interbody grafts	7	S. epidermidis	1
Around pedicle screws	4	S. aureus	1
Around pedicle screws with wound infection	1	No-growth	2
		Unavailable	8

된 국소골을 이식한 추체간 유합술의 경우였으며, 후방 또는 후외방 유합술에서 세척 후 사용된 동종골을 이식한 경우에는 감염 발생의 예가 없었다.

2. 오염 경로 예측을 위한 수술 환경의 세균 검사

I군에 대한 감염 위험인자에 대한 분석을 토대로 예상되는 오염 경로를 예측하기 위하여 2007년 7월부터 2007년 10월까지 척추 후방 유합술을 받은 88예를 대상으로 세균 배양 검사를 실시하였다. 수술 종료 직전 수술 참가자의 손, 봉합 직전의 수술창, 이식 직전의 이식골, 삽입 직전의 척추 삽입물(척추경 나사못)에서 세균 배양 검사를 하였으며, 동일 기간에 월 1회씩 수술실 공기 배양 검사를 3회 실시하였다. 수술 기구와 척추 삽입물은 수술 개시부터 모두 개방하였었으며 수술창은 골 이식이나 케이지 삽입 전 1,500~2,000cc를 스포이드를 사용하여 세척하였다. 자가장골과 국소골은 이식에 필요하도록 잔여 연부조직을 제거한 후 세척하지 않고 이식되었다. 동종골은 분쇄 후 골수지방과 잔여 연부조직을 없애기 위하여 항생제 혼합 생리 식염수로 3회 세척 후 이식되었다. 전례에서 술후 음압 배액관을 사용하였으며 제거 기준은 일일 100 ml 이하의 배액량을 보이거나 술후 72 시간이 지나면 배액량에 관계없이 제거하였다. 수술실 공기 품질 평가 결과는 미세먼지가 $16.0 \mu\text{gm}^3$, 총 부유 세균수 44.5CFU/m^3 로 권장 기준치인 class 1000 이내의 상태였다.

항생제의 사용은 수술 개시 1시간 전 cefobactam 1 g을 정맥 주사 하였으며, 술후 7일간 회당 1 g, 일 2회, 정맥 주사를 하였다. 본 약제에 대해 과민 반응을 보이는 경우는 ciplus 200 mg을 동일한 방법으로 투여하였다.

88예 수술에 대한 352건의 세균 배양 검사 중 수술창 7건, 국소골 4건, 수술 참가자의 손 3건, 그리고 척추경 나사못에서 2건에서 세균이 검출되었다. 척추경 나사못에서 1건 *Staphylococcus saprophyticus*가 배양된 것을 제외하고 모두 *Staphylococcus epidermidis*가 배양되었다.

수술실 공기에서는 *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus hominis*가 혼재되어 배양되었다.

3. 감염 예방 수칙의 설정

감염의 형태와 세균 배양 검사의 결과 그리고 위험인자를 근거로 수술 참가자, 수술실 공기, 수술실 공기에 매개된 수술창, 국소골, 삽입물의 세균 오염이 주 오염 경로로 예측되어 다음과 같은 감염 예방 수칙 6가지를 설정하였다.

첫째, 수술창을 통한 직접적인 창상 감염 경로를 차단하기 위하여 박동성 세척기(Interpulse irrigation system, Stryker instrument®, tip 210-10, 20-40.7psi, flow rate 600 ml/min)를 사용하여 항생제 cefobactam 1 g이 혼합된 생리 식염수 3,000cc를 세척액으로 사용하고 세척은 평균 3회 이상으로 나누어 실시하였다. 수술의 진행 과정을 후방 접근 후 감압술을 시행하기 직전, 감압술 후 척추 삽입물을 삽입하기 직전, 골이식 또는 케이지 삽입술 직전의 3회로 나누어 집중적인 세척을 시행하였다. 추체간 유합술의 경우에는 골이식전에 수핵제거 구멍을 통하여 세척액을 추체간으로 관류시켜 세척을 시행하였다. 70세 이상의 고령, 당뇨병 기왕력, 3시간 이상의 수술 등 감염 위험성이 높다고 판단시에는 4,000cc 세척을 시행하였다.

둘째, 국소골은 잔여 연부조직을 제거하는 과정 중 장시간 수술실 공기에 노출되므로 준비된 국소골은 세척액으로 3회 세척한 후, 골의 용량을 측정하기 위한 20cc 주사기에 담아 보관하여 이식 전까지 개방하지 않은 상태로 수술실 공기에 노출을 최대한 제한하였다.

셋째, 실내공기의 공기 순환 속도를 줄이기 위해, 후방기기 고정술 전 냉방기 가동을 중단하였다.

넷째, 추체 삽입물의 소독포장은 후방기기 고정술 직전에 개방하였다.

다섯째, 후방기기 고정술 전에 주수술자는 수술 가운

과 수술 장갑 등 전체 껍질을 하였고 조수술자는 수술 장갑을 교체하였다.

여섯째, 획득한 국소골이 경화상(sclerosis)의 골이거나 10cc미만으로 소량 획득되었을 경우에는 이를 추체간에 이식하는 추체간 유합술 보다는, 자가장골을 채취하여 국소골에 혼합하여 추체간 유합술을 시행하거나, 동종골 또는 자가장골을 국소골과 혼합하여 후외방 유합술을 시행할 수 있도록 하였다.

4. 감염 예방 수칙 시행의 유효성 판단을 위한 본 연구의 대상 및 연구 방법

감염 예방 수칙을 시행한 상태에서 2008년 1월부터 2008년 12월까지 I군과 동일한 기준의 환자를 동일한 수술환경에서 동종의 수술을 받은 354예(II군)를 대상으로 하여 전향적으로 감염 사례를 조사하였다. 두 군의 수술 전, 수술 중 표집 기준을 비교하여 감염 예방 수칙의 시행과 별개로 감염의 발생에 영향을 줄 수 있는 표집 오차가 존재하는지 알아보았다.

신뢰 구간은 95%로 설정하고 I군과 II군의 명목척도 비교는 Chi-square test, 비율척도는 Independent sample t test로 검사하였다.

결 과

I군과 II군의 표집 오차 중 수술 분절수, 재수술 여부, 수술 계절, 당뇨병 합병 여부는 차이가 없었다(Table 3). 나이는 근소한 차이가 있었고 성별은 II군에서 남자의 수술 비율이 많았다. II군의 추체간 유합술의 빈도와 국소골의 사용 빈도는 I군보다 감소하였다. 수술 시간은 약 10분, 실혈량은 약 240cc 정도가 오히려 II군에서 많은 것으로 나타났다. II군의 수술기간 중 수술실 공기 품질 측정 결과는 미세먼지 $24.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 총 부유세균 $74.5 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 I군에 비해 오염도는 권장 기준치인 class 1000 이내로 큰 차이는 없었다.

II군에서 감염 발생은 2예로 모두 추체간 이식골 주변 부 골수염의 형태였다. 1예는 보존적 치료로 조절되어 세균 배양을 시행하지 못하였다. 다른 1예는 세균 배양

Table 3. Comparable variables between the groups

	Group I	Group II	p-value
Total cases	583	354	
Age (years)	61.3±9.5	62.9±10.0	0.005*
Sex			0.017*
Female	402	217	
Male	181	137	
Numbers of fusion segments	1.4±0.7	1.5±0.9	0.074
Length of fusion segments			0.916
Less than 3 level	538	326	
3 or more level	45	28	
Amount of blood loss (ml)	978±305	1218±527	0.000*
Operation time (min)	198±53	209±65	0.049*
Major types of operation			0.000*
Posterior or posterolateral fusion	63	83	
Posterior interbody fusion	500	271	
Dominant types of bone graft			0.002*
Local chips	570	332	
Allograft	13	22	
Virgin or Revision operation			0.081
Virgin	509	295	
Revision	73	59	
Seasons of operation			0.943
Winter season (Oct. to Mar.)	227	137	
Summer season (Apr. to Sep.)	356	217	
Diabetes Mellitus			0.084
DM negative	497	286	
DM positive	86	68	

* Statistically significant (confidence interval 5%)

검사상 *Escherichia coli*가 배양되었다. 술후 감염 발생률은 I군 3.4%였으나 감염 예방 수칙을 시행 후 시행한 술후 감염 발생률은 0.6%로 감염 발생률은 6.5배 낮추는 효과가 있었다($p=0.005$, odds ratio=0.162; 95% confidence Interval= 0.038~0.696).

고 찰

예방적 항생제의 사용은 술후 감염을 막기 위하여 가장 효과적인 방법으로 과거 30년 이상 동안 인정되어왔다⁸⁾. 마취와 수술 기법 및 수술 장비의 발달로 척추 수술의 영역은 복잡한 재건술이 요구되거나 고령의 환자에게까지 확장되면서 척추 수술 후 감염률은 수핵 제거술시 1%, 후방 유합술시 2~5%, 후방기기 고정을 이용한 유합술시 9%까지도 보고되며 이는 인공관절 전치환술시의 1~2% 발생률 보다 높은 것으로^{9,10,11)}, 고령의 환자에서는 항생제의 예방적 사용에도 불구하고 감염률은 점차 증가하고 있다¹²⁾.

수술 후 감염 예방을 위해서는 위험인자를 규명하고 이에 근거한 대책이 선행되어야 하는데 이는 환자 관련 인자와 수술 관련 인자로 구분할 수 있으며 후자의 경우에 있어서는 수술창을 통하여 오염되는 세균수를 감소시키기 위한 방침이 중요할 것으로 생각된다. 수술실 공기의 미세 먼지와 총 부유 세균수는 기준치 이내였지만, 감염 위험인자와 세균 배양 검사를 고려하여 보면 수술 참가자의 피부 상주균이 수술실 공기를 매개로 삼아 표재성 또는 심부 창상 감염을 발생시키거나 수술실 공기에 장시간 노출되어 오염된 국소골이나 척추 삽입물 등이 추체간이나 추체내로 이식 또는 삽입 후 골수염 양상의 감염을 발생시킬 수 있다고 생각된다.

I군의 수술시기에는 창상 오염을 예방하기 위하여 수술창을 1,500cc-2,000cc의 식염수로 스포이드를 사용하여 세척하였으며 동일한 세척방법으로 이후 88예에 대하여 시행한 수술창에 대한 세균 배양 검사 상 7예(8%)에서 세균이 배양되었다. 이러한 수술창 세척 방법은 감염 예방에 충분하지 않다고 판단하여 세척액의 양, 세척 시기, 세척 방법, 세척 부위 그리고 식염수에 항생제 첨가 등을 개선하여 감염 예방 수칙에 포함시켰다. 세척에 사용하는 식염수의 양을 증가시킬수록 오염물과 세균은 감소되며¹³⁾, Anglen 등¹⁴⁾은 개방성 골절에서 1형에 3L, 2형에 6L, 3형에 9L를 권고한 바 있다. 저자들은 척추 수술창은 소독된 피부의 절개상으로 1형에 준하므로 3L의 세척이 적절할 것으로 판단하였다.

세척의 시기는 I군에서는 골이식 직전과 수술 종료 전에 주로 시행 하였으므로 창상 절개부터 약 3~4시간 이

상의 지속된 노출 시간이 있었던 것으로 판단된다. 세균 오염은 노출 3시간 후부터 세균의 유착 및 군체를 형성하고 생균막(biofilm)을 형성한다고 알려져 있어 수술창의 일정시간 이내의 반복적 조기 세척은 세균수 감소에 유리하다고 생각된다^{15,16)}. 따라서 수술 과정을 후방 접근 완료 후 감압술 직전, 후방기기 고정술 직전 그리고 골이식 직전의 3회로 비교적 일정하게 분할하여 수술창의 전체적인 세척을 집중적으로 시행하였다.

세척의 방법에 있어서는 I군에서는 스포이드를 사용하였으나 II군에서는 중간 압력의 박동형 세척기를 사용하였다. 세균 감소에 있어서 박동형 세척기가 일반 스포이드에 비해 3배 많은 양의 식염수만큼 세척 효과를 낸다는 주장도 있으나^{17,18,19)}, 세균을 심부까지 침투시켜 오히려 감염을 조장한다는 주장도 있다^{7,20)}. 세척액으로 식염수에 항생제 첨가하는 방법은 대부분의 동물 실험에서는 식염수만 단독으로 사용시보다 효과가 있고 조직 손상은 거의 없는 것으로 보고되고 있다^{21,22,23)}. 그러나 실제 인간을 대상으로 한 실험들에 대한 검토 연구에서는 대부분의 연구가 중대한 오류를 내포하고 있어 표준적 치료행위로 인정될 수 없다고 주장되며, 항생제를 국소 세척에 사용하는 것은 항생제의 전신 요법보다 추가적 이득은 없다고 보고되고 있다^{24,25)}. 따라서 창상 세척의 개선 방안에 있어서는 세척액 증량과 조기 세척 및 세척 시기 분할은 문헌적 고증이 견고한 반면, 박동형 세척기의 사용과 세척액에 항생제 첨가 사용에는 아직 유효성이 입증되지 않은 것으로 고찰된다.

감염이 호발되었던 기간에 저자들은 수술시 준비된 기구 중 단독 오염원이 있을 것으로 생각하였다. 그러나 Bergman 등²⁶⁾은 수술실에서 수술 참가자와 관찰자 그리고 마취과 의사에 의해 공기 중으로 발산되는 세균의 양이 상당하며 이는 수술창에서 검출되는 균주와 동일함을 지적하였다. Charnley²⁷⁾는 초청결 공기 정화 기술을 적용하여 인공 고관절 치환술의 감염률을 항생제의 사용 없이도 7%에서 0.5%로 감소시키고 술후 감염 예방에 가장 중요한 것은 공기 중 오염된 세균수를 감소시키는 것이라 하였다. 저자들의 경우에 있어서는 수술 참석자는 주수술자와 조수술자 2명, 간호사 1명이 소독된 수술 가운을 착용하고 수술에 참가하지만, 마취과 전문의와 전공의, 순환 간호사 1명, 영상 기사 등은 멸균 상태가 아닌 일반 수술복만 착용 후 수술실내 출입하였다. 또한 하절기에는 중앙식 냉방기와 지역 냉방기를 모두 사용하므로 수술실 공기의 순환 속도는 동절기 보다 증가하여, 수술실 공기 중 오염된 세균수가 비슷하여도 공기 순환 속도의 증가는 단일 시간내 세균의 이동을 증가시켜 오염률이 증가할 수 있었을 것으로 생각된다. 수술실 공기, 수술 참가자의 손, 척추 삽입물 그리고 수술창 모

두에서 *Staphylococcus epidermidis*가 검출되었으며, I군에서 세균 배양이 가능하였던 9예 중 8예가 *Staphylococcus epidermidis*로 동일한 균주였던 것을 고려하면 수술실 출입자의 피부 상주균이 수술실 공기를 오염시키고, 수술실 공기에 장시간 노출되었던 수술창, 척추 삽입물, 국소골 등이 심부 창상, 추체내 및 추간판내 이식된 국소골 주위로 감염을 일으키는 매체가 되고 하절기시에는 냉방기로 인해 증가된 공기 순환 속도는 오염의 정도를 가중 하였을 것으로 생각된다.

I군 중 감염 20예의 형태를 조사한 결과에서 12예(60.0%)에서 수술창이나 후방 접근 경로에 감염의 증거가 없이도 척추경 나사못 주변과 추체간 이식골 주변부의 골수염의 형태로 감염이 발생한 점은 수술실 공기에 오염된 이식골과 척추 삽입물에 의해 감염이 직접 발생할 수 있다는 것을 강력히 시사한다. Buttermann 등²⁸⁾은 자가골 이식에서 3%, 동종골 이식에서 10%의 감염이 합병되었다고 보고한 바도 있으나 저자들의 경우는 감염의 100%가 국소골 또는 자가장골에 국소골을 혼합하여 이식한 경우로 동종골 이식에서는 감염사례가 없었다. 자가장골은 이식 직전에 채취를 하여 빠른 시간안에 이식이 되어 오염의 가능성을 낮게 보아 따로 분류하지 않았다. 이식에 필요한 조작을 위하여 상당시간 수술실 공기에 노출되는 국소골과 동종골 중, 동종골은 분쇄 후 골수 지방과 잔여 연부조직 등을 제거하기 위하여 식염수에 수회 세척한 후 자가장골과 혼합하여 사용되었기 때문에 감염이 발생하지 않았을 것으로 생각되며 상대적으로 국소골은 연부조직을 제거 후 부분적으로 섞여 있는 해면골 내부의 골 형성 관련 세포와 인자를 이용한다는 의미에서 세척을 시행하지 않고 사용되어 오염이 된 채 이식이 되었을 가능성이 매우 높다. I군에서 동종골 사용시 보다 국소골의 사용군이 월등하게 많아서 세척하지 않고 이식된 국소골을 감염의 위험인자로 밝히지는 못하였지만, 수술 시간, 실혈량, 개방 창상의 범위 등을 고려할 때 동종골을 주로 사용한 장분절 후외방 유합술(교정 절골술 등)보다 주로 국소골을 이식하게 되는 단분절의 추체간 유합술에서 감염 발생이 절대적으로 많았던 결과는 오염되었으나 세척하지 않고 사용된 국소골이 추체간 골수염의 주 원인이었을 것으로 강력히 의심된다.

척추 삽입물 역시 통상 수술 준비 단계에서부터 개방되어 후방기기 고정술 전까지 상당시간 수술실 공기에 노출되므로 오염의 가능성이 매우 높다고 생각된다. I군과 동일 기간 동안 동일한 수술실에서 인공 슬관절 전치환술을 받은 환자들에게서는 적은 비율(0.006%; 1743예 중 11예)로 감염이 발생한 것을 고려하면 인공관절 삽입물은 삽입 직전 소독 포장을 개방하는 것이 수술실 공

에 장기간 노출로 인한 삽입물의 오염의 기회를 줄이는데 중요한 역할을 하였을 것으로 생각된다.

항생제의 사용은 수술 1시간 전 1회 주사와 술후 7일간을 사용하였는데 문헌에 따른 권장 사용기간보다 길게 사용되었으나 이로 인한 감염 예방 효과의 증대는 증명할 수 없었고 반면 내성 균주의 호발 소견 또한 없었다. 균주를 얻지 못한 많은 경우에 있어도 동일한 항생제의 지속적 사용만으로 치료가 모두 되었던 것을 고려하면 항생제 내성균의 호발로 인한 감염의 증가라기 보다는 세균 배양 검사에서 확인된 저독성인 *Staphylococcus epidermidis*에 오염되었을 가능성이 더 많았을 것으로 생각된다. Christodoulou 등²⁹⁾은 척추 수술창은 다른 수술과 달리 창상이 체중의 압박을 받으며 침대 매트 위에 직접 접촉하여 있기 때문에 수술 후 병실에서 창상을 통한 감염이 가능하고 이러한 이유로 다른 정형외과 영역의 수술보다 감염율이 높으며, 병원내 상주균은 항생제 내성이 있기 때문에 오염되었을 경우 감염의 위험성이 더욱 높다고 하였다. 그러나 본 연구의 증례들은 창상 감염 없이 추체간 또는 추체내의 감염이 발생한 경우가 절반 이상이어서 이러한 추측을 뒷받침하지는 못하였다.

재수술시 감염이 호발하였던 것은 수술 부위의 국소 혈액순환 상태 및 감압에 필요한 수술시간이 더 필요한 부분 등으로 해석할 수 있으나 명확한 이유를 분석해 내지는 못하였다.

단분절의 후방 또는 후외방 유합시에는 국소골 단독 사용보다는 국소골에 자가장골 혼합의 형태로 이식하게 되며, 단분절 추체간 유합시는 국소골만을 주로 이식하게 되는데 두 경우 모두 세척하지 않고 준비된 국소골을 사용했음에도 추체간 유합시 감염의 발생이 높았던 이유는 골흡수 및 재형성의 과정이 자가장골 보다 상대적으로 늦은 국소골은 세균의 배지가 될 가능성이 크기 때문일 것으로 생각되었다. 따라서 국소골만 이식하는 추체간 유합술을 제한적으로 시행하였다. 또한 골유합의 진행과정을 원활히 하기 위하여 고령과 당뇨병 기왕력 환자 등에서 경화된 국소골이 채취된 경우에는 자가장골과 혼합하여 골이식을 시행하였다. 하지만 국소골의 추체간 이식을 지양하였다는 부분만으로 감염의 발생을 낮출 수 있다고 생각되지는 않으며 오히려 추체간의 풍부한 혈액공급은 세균감염을 조절할 수 있는 오히려 양호한 환경상태로 생각된다. 따라서 감염율은 낮추기 위하여 추체간 유합술을 지양할 필요는 없다고 생각된다. 다만 오염된 국소골이 추체간 유합술시 추체간내 이식골 주변에서 발생시키는 골수염의 형태와 후외방 유합술시 이식골 주변에서 발생시키는 심부 창상 감염의 형태는, 이로 인하여 예상되는 2차 수술의 규모가 매우 상이하므로 후외방 유합술이 충분하다고 생각할 경

우 불필요한 추체간 유합술을 무리하게 시도하여 감염의 발생 가능성을 높힐 필요는 없다고 생각되었던 부분으로 감염 예방 수칙에 포함되었었다.

본 연구의 제한점으로는 예비 분석에서 일종 오류의 허용 한계를 10%로 설정하여 다소 엄격하지 못하였는데, 예비 분석에서는 일종 오류 보다는 이종 오류(발생 가능한 위험인자이나 표본수가 적어서 배제되는 것)를 견제하여 가능성에 근접한 위험인자를 포용하여 위험의 발생을 예방하는 것이 더 중요한 것으로 생각되었기 때문에 저자들은 의도적으로 허용 한계를 10%로 설정하였다. 감염 예방 수칙은 여섯 가지가 모두 동시에 적용이 되었으므로 각각의 기여도에 대해서는 의미를 부여하기 어렵다. 또한 비교한 두 집단의 표본 모집 시기가 일치하지 않아 적절한 조건의 비교 대상이 아닐 수 있다고 생각되나 표본의 수가 충분히 커서 많은 표집 오차가 충분히 표준화되었을 것으로 생각된다. 표본의 수에 비하여 편차가 적어서 통계적 수치상 의미있게 표시되는 부분들은 임상적인 의미를 부여하기 어렵다고 생각된다. 오히려 실혈량과 수술 시간은 적은 차이이나 II군에서 증가하였으므로 II군에서의 감염 발생율이 감소한 것을 판단하는데는 무리가 없을 것으로 생각된다. II군에서 후방 추체간 유합술과 국소골 만의 이식을 제한적으로 시행하여 통계적으로 의미있는 차이를 보이는 것은 오히려 감염 예방 수칙의 시행이 적절히 의도되어 시행되었다는 것을 확인할 수 있는 부분으로 생각된다. 그러나 감염의 일반적 위험인자로 인식되는 흡연, 비만, 장기간 스테로이드 사용 등 및 환자의 면역 상태 등의 환자의 내적인 요소를 조사대상에 포함하지 않은 것은 본 연구의 한계로 생각된다.

결 론

척추 수술시 수술 참가자들의 피부 상주균이 수술실 공기를 매개로 장시간 노출된 수술창, 척추 삽입물 및 이식골 등을 오염시킬 수 있으며, 이는 창상감염 또는 창상감염을 동반하지 않고도 척추체 골수염을 발생시킬 수 있다. 척추 수술 시 감염 예방 수칙의 일관된 적용은 이러한 오염 경로를 통한 감염 발생을 낮추는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

1) Brown EM, Pople IK, de Louvois J, et al.: Spine update: prevention of postoperative infection in patients undergo-

ing spinal surgery. *Spine* 2004; 29: 938-945.

- 2) Collins I, Wilson-MacDonald J, Chami G, et al.: The diagnosis and management of infection following instrumented spinal fusion. *Eur Spine J* 2008; 17: 445-450.
- 3) Haridas M, Malangoni MA: Predictive factors for surgical site infection in general surgery. *Surgery* 2008; 144: 496-501.
- 4) Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, Oha F, Togawa D: Effective prevention of surgical site infection using a Centers for Disease Control and Prevention guideline-based antimicrobial prophylaxis in lumbar spine surgery. *J Neurosurg Spine* 2007; 6: 327-329.
- 5) Olsen MA, Nepple JJ, Riew KD, et al.: Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90: 62-69.
- 6) Fang A, Hu SS, Endres N, Bradford DS: Risk factors for infection after spinal surgery. *Spine* 2005; 30: 1460-1465.
- 7) Owens BD, White DW, Wenke JC: Comparison of irrigation solutions and devices in a contaminated musculoskeletal wound survival model. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 92-98.
- 8) Hill C, Flamant R, Mazas F, Evrard J: Prophylactic cefazolin versus placebo in total hip replacement. Report of a multicentre double-blind randomised trial. *Lancet* 1981; 1: 795-796.
- 9) Sulco TP: The economic impact of infected joint arthroplasty. *Orthopedics* 1995; 18: 871-873.
- 10) Thalgott JS, Cotler HB, Sasso RC, LaRocca H, Gardner V: Postoperative infections in spinal implants. Classification and analysis--a multicenter study. *Spine* 1991; 16: 981-984.
- 11) Wimmer C, Gluch H, Franzreb M, Ogon M: Predisposing factors for infection in spine surgery: a survey of 850 spinal procedures. *J Spinal Disord* 1998; 11: 124-128.
- 12) Picada R, Winter RB, Lonstein JE, et al.: Postoperative deep wound infection in adults after posterior lumbosacral spine fusion with instrumentation: incidence and management. *J Spinal Disord* 2000; 13: 42-45.
- 13) Gainor BJ, Hockman DE, Anglen JO, Christensen G, Simpson WA: Benzalkonium chloride: a potential disinfecting irrigation solution. *J Orthop Trauma* 1997; 11: 121-125.
- 14) Anglen JO: Wound irrigation in musculoskeletal injury. *J Am Acad Orthop Surg* 2001; 9: 219-226.
- 15) Gristina AG, Naylor PT, Myrvik QN: Mechanisms of musculoskeletal sepsis. *Orthop Clin North Am* 1991; 22:

- 363-371.
- 16) **Owens BD, Wenke JC:** Early wound irrigation improves the ability to remove bacteria. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 1723-1726.
 - 17) **Anglen J, Apostoles PS, Christensen G, Gainor B, Lane J:** Removal of surface bacteria by irrigation. *J Orthop Res* 1996; 14: 251-254.
 - 18) **Brown LL, Shelton HT, Bornside GH, Cohn I Jr:** Evaluation of wound irrigation by pulsatile jet and conventional methods. *Ann Surg* 1978; 187: 170-173.
 - 19) **Svoboda SJ, Bice TG, Gooden HA, Brooks DE, Thomas DB, Wenke JC:** Comparison of bulb syringe and pulsed lavage irrigation with use of a bioluminescent musculoskeletal wound model. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 2167-2174.
 - 20) **Hassinger SM, Harding G, Wongworawat MD:** High-pressure pulsatile lavage propagates bacteria into soft tissue. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 439: 27-31.
 - 21) **Conroy BP, Anglen JO, Simpson WA, et al.:** Comparison of castile soap, benzalkonium chloride, and bacitracin as irrigation solutions for complex contaminated orthopaedic wounds. *J Orthop Trauma* 1999; 13: 332-337.
 - 22) **Dirschl DR, Wilson FC:** Topical antibiotic irrigation in the prophylaxis of operative wound infections in orthopedic surgery. *Orthop Clin North Am* 1991; 22: 419-426.
 - 23) **Rosenstein BD, Wilson FC, Funderburk CH:** The use of bacitracin irrigation to prevent infection in postoperative skeletal wounds. An experimental study. *J Bone Joint Surg Am* 1989; 71: 427-430.
 - 24) **Roth RM, Gleckman RA, Gantz NM, Kelly N:** Antibiotic irrigations. A plea for controlled clinical trials. *Pharmacotherapy* 1985; 5: 222-227.
 - 25) **Golightly LK, Branigan T:** Surgical antibiotic irrigations. *Hosp Pharm* 1989; 24: 116-119.
 - 26) **Bergman BR, Hoborn J, Nachemson AL:** Patient draping and staff clothing in the operating theatre: a microbiological study. *Scand J Infect Dis* 1985; 17: 421-426.
 - 27) **Charnley J:** Postoperative infection after total hip replacement with special reference to air contamination in the operating room. *Clin Orthop Relat Res* 1972; 87: 167-187.
 - 28) **Buttermann GR, Glazer PA, Hu SS, Bradford DS:** Anterior and posterior allografts in symptomatic thoracolumbar deformity. *J Spinal Disord* 2001; 14: 54-66.
 - 29) **Christodoulou AG, Givissis P, Symeonidis PD, Karataglis D, Pournaras J:** Reduction of postoperative spinal infections based on an etiologic protocol. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 444: 107-113.

국문초록

연구계획: 후향적 예비분석 및 전향적 연구

연구목적: 후방기기 고정술을 사용한 후방 척추 유합술에서 감염 예방 수칙을 설정하고 그 효과를 알아보았다.

대상 및 방법: 2년간 수술받은 583예(I군)을 대상으로 감염율, 감염의 형태 그리고 위험인자를 조사하고, 이후 4개월 간 수술받은 88예를 대상으로 수술실 공기, 수술창, 수술 참가자들의 손, 이식골, 후방기기에서 세균 검사를 하여 오염 경로를 추정하였다. 이를 토대로 설정한 감염 예방 수칙을 시행 후 1년간 수술한 354예(II군)을 대상으로 감염 발생이 감소하였는가를 조사하였다.

결과: I군중 20예(3.4%)에서 감염이 발생하였다. 감염 형태는 표재성 창상 감염(4예), 심부 창상 감염(4예), 추체간 골수염(7예), 척추경 나사못 주변부 골수염(4예), 창상 감염을 동반한 척추경 나사못 주변부 골수염(1예)로 분류되었다. 수술실 공기와 수술창에서 동일한 균주(표피 포도상구균)가 배양되었다. 후방 추체간 유합술($p=0.034$), 하절기($p=0.025$), 재수술($p=0.087$)시 감염이 호발하였다(신뢰구간 10%). 이상을 근거로 다음과 같은 여섯 가지 감염 예방 수칙(후방 추체간 유합술의 제한된 적용, 개선된 창상 세척 방법, 추체 삽입물 개방 전 냉방기 작동중지 및 삽입직전 추체 삽입물 개방, 후방기기 고정술 전 주수술자의 수술 가운 갥의, 국소골 세척 후 이식)을 설정하였다. 이를 시행한 후 수술에서는(II군) 2예(0.6%)에서 감염이 발생하였다($p=0.005$, odds ratio=0.162; 95% confidence interval=0.038 to 0.696).

결론: 수술실 공기에 장시간 노출되면 창상은 물론 이식골과 척추 삽입물 등도 세균 오염의 대상이 될 수 있으며, 오염된 이식골과 척추 삽입물은 창상 감염을 통하지 않고도 추체간 골수염 또는 척추경 나사못 주변부 골수염 형태의 감염을 발생시킬 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구의 감염 예방 수칙은 척추 유합술 후 감염 발생을 낮출 수 있는 유용한 방법으로 생각된다.

색인단어: 척추 유합술, 오염 경로, 감염 예방

※ 통신저자 : 최 대 정

서울시 동대문구 청량리동 40-12

서울성심병원 정형외과

Tel: 82-2-968-2394, Fax: 82-2-966-1616, E-mail: niceosu@freechal.com