

요추부 한 분절 유합술에서 생존 분석을 이용한 인접 분절 퇴행성 변화로 인한 재수술률 평가

The Revision Operation Rate for Adjacent Segmental Degeneration by Survival Analysis in Mono-segment Lumbar Fusion

김태형 · 김진혁 · 김성수 · 임동주 · 한정일 · 김태완 · 석세일

인제대학교 상계백병원 서울척추센터

목적: 요추부의 한 분절 유합술 후에 발생한 인접 분절 퇴행성 변화에 시행된 재수술에 따른 생존율을 분석하고 그에 관여하는 요인을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 1997년 3월부터 2006년 12월까지 본 척추센터에서 한 분절 유합술을 시행한 총 1,447예 중 추적 가능했던 1,206예를 대상으로 후향적으로 분석하여 인접 분절 퇴행성변화로 인한 재수술에 대한 생존분석을 시행하였다. 수술 시 나이, 성별, 진단명, 유합의 방법, 유합 부위, 골 유합의 재료, 수술 집도의, 비만도(BMI), 흡연 여부 등에 따른 생존에 대한 단 인자 및 다중 인자 분석을 시행하였다.

결과: 총 1,206예 중 인접 분절의 퇴행성 변화로 본원에서 재수술을 했던 경우는 27예였다(2.24%). 평균 추시 기간은 39.0개월(6개월-12년 6개월)이었으며 수술 시 평균나이는 47.0세(13-85세)였다. 5년 생존율은 97.3%였으며, 10년 생존율은 89.4%였다. 수술 당시의 나이는 50세를 기준으로 나누어 분석한 결과 50세 미만의 재수술률이 유의하게 낮게 나타났으며($P=0.002$), 다른 부위보다 제 4-5 요추 부위를 유합하였을 때 재수술률이 유의하게 높게 분석되었고($p=0.003$), 과체중 및 비만인 경우(BMI 25 이상) 재수술률이 의미 있게 높았으며($p=0.040$), 후외측 유합술만 시행한 경우보다 후방 요추체 유합술을 함께 시행한 군에서 재수술률이 의미 있게 낮게 분석되었다($p=0.021$). 성별, 원인 질환, 골 유합의 재료, 수술 집도의, 흡연 여부에 따른 차이는 재수술률에 유의한 차이를 보이지 않았다($ps > 0.05$). 다중 인자 분석에서는 나이에 따른 요인만이 유의한 의미를 가졌다($p=0.048$, Hazard ratio=2.50).

결론: 생존 분석 결과 요추부 한 분절 유합술에서 인접 분절의 퇴행성변화로 인한 재수술 없이 생존하는 데에 가장 중요한 인자는 수술 당시의 나이임을 알 수 있었다. 50세 이상의 환자의 경우, 단 분절 유합술이라도 인접 분절 질환이 발생할 수 있음을 술 전에 인지시킬 필요가 있을 것으로 사료된다.

색인단어: 인접 분절 퇴행성 변화, 한 분절 유합술, 생존 분석, 재수술, 요추부

서론

퇴행성 척추 질환을 포함하여 척추 변형, 외상 등에 대한 척추 수술에서 척추 유합술은 여전히 보편화된 수술 방법으로 인정받고

있다. 그러나, 유합술과 관련하여 발생하는 여러 가지 문제점들이 보고되고 있으며 그 중 하나가 인접 분절의 퇴행성변화(adjacent segmental degeneration)로 이에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다.¹⁻⁴⁾ 이는 성공적인 유합술 후 상하 인접 분절에 비정상적인 부하가 집중되고 가동성이 증가하여 발생하는 것으로 설명되고 있지만,⁵⁻⁷⁾ 아직 정상적인 퇴행 과정의 일부인지 아니면 유합술의 합병증인지 명확하지 않으며, 정확한 발생 빈도 및 위험 인자에 대해서도 논란이 많은 실정이다.

유합 분절의 수가 많을수록, 수술 부위 분절간 전만각이 정상 범위를 벗어날수록 인접 분절의 퇴행성변화(adjacent segmental degeneration)가 많이 발생함에 대한 보고^{1,8)}가 있지만, 이러한 요

접수일 2009년 11월 26일 게재확정일 2010년 4월 5일

교신저자 김진혁

서울시 노원구 상계 7동 761-1, 인제대학교 상계백병원 척추센터

TEL 02-950-1288, FAX 02-934-6342

E-mail kjh1026@paik.ac.kr

*본 논문의 요지는 2009년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

대한정형외과학회지 : 제 45권 제 4호 2010 Copyrights © 2010 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."

인을 제외하고는 어떠한 요인들이 인접 분절의 퇴행성변화의 발생에 더 큰 영향을 미치는가에 대한 연구는 아직 미흡한 상태이다. 특히 가장 많이 시행되고 있는 한 분절 유합술에 대한 인접 분절의 퇴행성변화의 위험인자는 알려진 바가 없다.

이에 저자들은 요추부의 한 분절 유합술 후 인접 분절 퇴행성 변화로 인한 생존율을 분석하고, 그에 관여하는 위험 요인을 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

연구 대상은 1997년 3월부터 2006년 12월까지 한 분절 요추 유합술을 시행한 총 1,447예 중, 추적 가능했던 1,206예를 대상으로 후향적으로 분석하여 인접 분절 퇴행성변화로 인한 재수술에 대한 생존 분석을 시행하였다. 그리고 수술 시 나이, 성별, 진단명, 유합의 방법, 유합 부위, 골 유합의 재료, 수술 집도의, 비만도(BMI), 흡연 여부 등에 따른 단일 인자 및 다중 인자 생존 분석을 시행하였다. 추시 기간(생존 기간)은 외래에 마지막 방문했을 시까지의 기간, 또는 재수술을 시행할 때까지의 기간으로 하였으며 평균 39.0개월(6개월-12년 6개월)이었다. 재수술의 적응증으로 술전에 인접 분절의 퇴행성변화가 없었던 환자가 술후에 새로이 병변이 발생되어 이에 따른 증상이 일치하는 경우로 하였다. 수술 시 평균 나이는 47.0세(13-85세)였다. 남자는 557명, 여자는 649명이었다. 원인 질환은 퇴행성 척추관 협착증(170명), 추간관 탈출증과 동반된 척추관 협착증(544명), 퇴행성 전방 전위증(175명), 협부형 전방 전위증(169명), 유합술의 적응증이 되었던 추간관 탈출증(148명) 등이었다. 유합 부위로는 제3-4요추가 39명(3.2%), 제4-5요추가 828명(68.8%), 제5요추-제1천추가 324명(26.7%)으로 제4-5요추간과 제5요추-제1천추간을 유합한 경우가 전체의 95%였다. 유합의 방법으로 후외측 유합술이 205예(17.0%), cage 없이 골 이식만으로 시행한 후방 추체간 유합술과 함께 후외측 유합술을 시행한 경우가 596예(49.4%), cage를 이용한 후방 추체 간 유합술과 함께 후외측 유합술을 시행한 경우가 397예(32.9%)였다. 골 유합의 재료로 자가 골 이식이 1,068예(88.6%), 동종 골 이식이 39예(3.2%), 국소 골 이식이 91예(7.6%), 기타 8예(0.6%)였다. 수술 집도의로 갑이 801예, 을이 327예, 기타 78예였다. 비만도와 흡연 여부는 추적 관찰 가능했던 총 개체수가 1,103예였으며, 흡연자는 322예, 비흡연자는 781예였다.

2. 연구 방법

수술 당시의 나이가 재수술률에 영향을 미치는 지를 알아보기 위하여 수술 당시 나이의 기준을 50세 미만과 50세 이상으로 나누어 생존율을 분석하였으며(receive operating characteristic 곡선을 근거, 50세 미만 668명, 50세 이상 538명), 비만도는 ROC 곡선

과 통상적인 비만 기준을 참조하여 25점 미만(715예)과 25점 이상(388예)으로 구분하여 분석하였다.

생존율은 Kaplan-Meier 법으로, 단일 인자 분석은 Log-rank 법을 이용하였고, 다중 인자 분석은 Cox proportional hazard regression 법을 이용하였다. p값이 0.05보다 작은 경우에 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

생존율에 있어서는 7년 생존율에서 급격한 감소를 보였다(5년 생존율 97.3%, 7년 생존율 91.6%, 10년 생존율 89.4%)(Fig. 1). 수술 시 나이는 50세를 기준으로 나누어 분석한 결과 50세 미만의 재수술률이 유의하게 낮게 분석되었다($p=0.002$, Hazard ratio=1.33, CI=1.14-1.88). 다른 부위보다 제4-5요추간 분절을 유합하였을 때 재수술률이 유의하게 높게 분석되었고($p=0.003$, Hazard ratio=1.33, CI=1.13-1.91), 과체중 및 비만인 경우(BMI 25 이상) 재수술률이 의미 있게 높았으며($p=0.040$, Hazard ratio=1.46, CI=1.16-2.60), 후외측 유합술만 시행한 경우보다 cage 사용과 무관하게 후외측 유합술과 후방 요추체 유합술을 함께 시행한 군에서 재수술

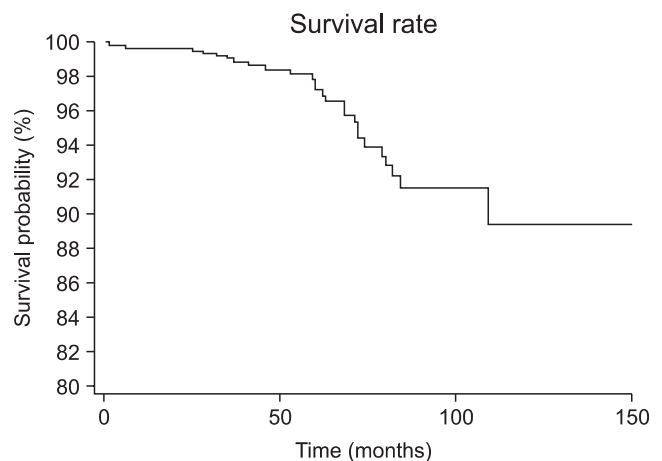


Figure 1. The survival rate was 97.3% at 5 years, 91.6% at 7 years, and 89.4% at 10 years.

Table 1. Results of Univariate Analysis

Risk factors	p-value	Hazard ratio	CI
Age: <50 vs ≥50*	0.002	1.33	1.14-1.88
BMI: <25 vs ≥25*	0.040	1.46	1.16-2.60
Level: Others vs L4-5*	0.003	1.33	1.13-1.91
Fusion: PLIF+PLF vs PLF*	0.021	1.39	1.13-2.33

*Higher risk.

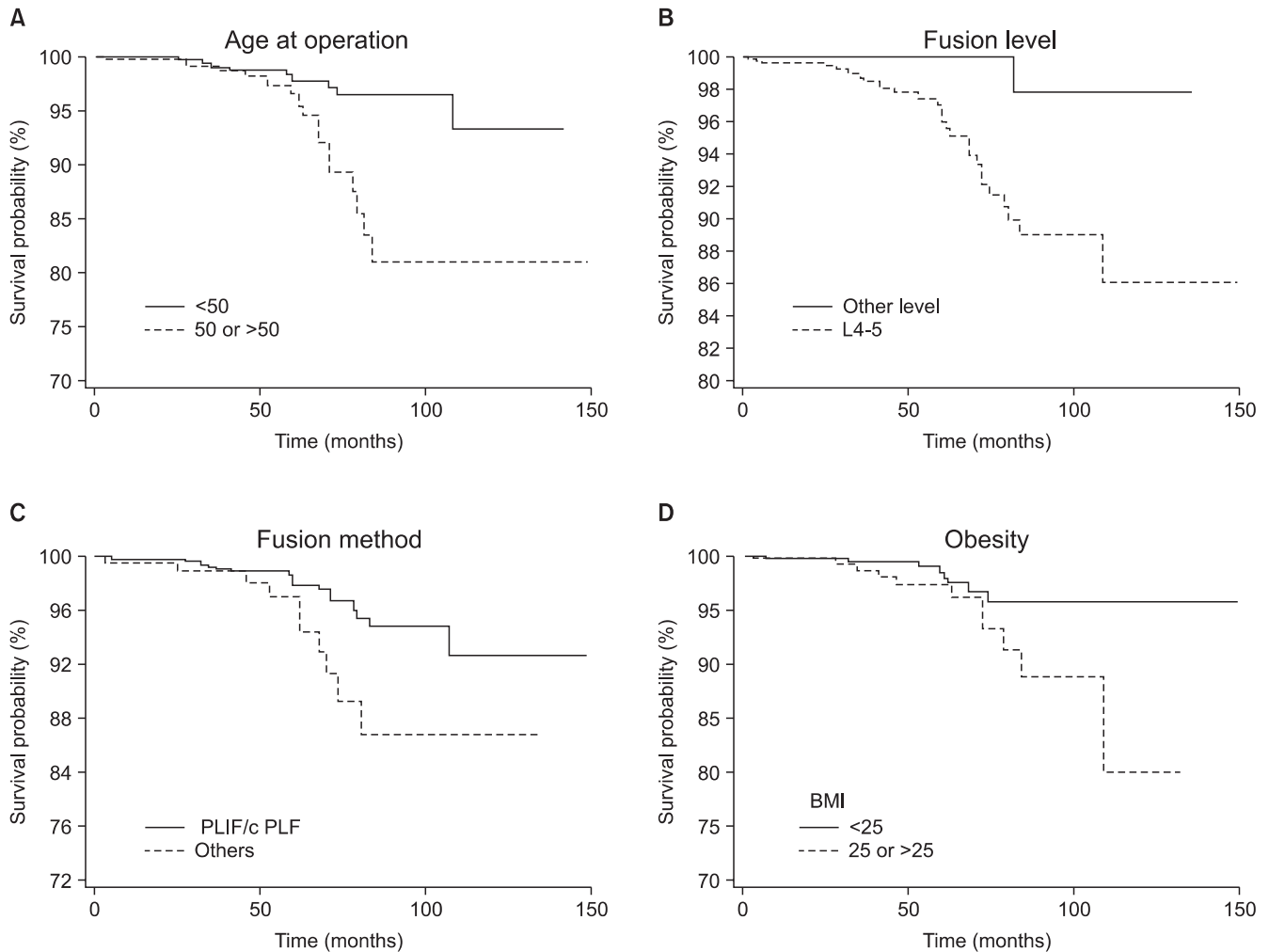


Figure 2. Univariate Analysis. (A) Age at operation, (B) Fusion level, (C) Fusion method, and (D) Obesity.

Table 2. Results of Multivariate Analysis

Variable	Hazard ratio (CI)	p-value
Age		
<50	1.00	0.048
≥50*	2.50 (1.01-6.16)	
BMI		
<25	1.00	0.086
≥25	2.18 (0.90-5.27)	

*Statistically significant.

률이 의미있게 모두 낮게 분석되었다($p=0.021$, Hazard ratio= 1.39, CI=1.13-2.33)(Table 1, Fig. 2). 성별에 따른 차이($p>0.05$), 각 원인 질환에 따른 차이($p>0.05$), 골 유합의 재료에 따른 차이($p>0.05$), 수술 집도식에 따른 차이($p>0.05$), 흡연 여부에 따른 차이($p>0.05$)는 한 분절 유합술에서 인접분절 퇴행성변화의 재수술률에

유의한 차이를 보이지 않았다. 이를 바탕으로 한 다중 인자 분석에서는 수술 당시의 나이가 유일하게 통계적으로 의미 있는 요인으로 분석되었다($p=0.048$, Hazard ratio=2.50, CI=1.01-6.16). 참고로 체질량 지수(BMI)가 25 이상으로 비만인 경우가 그 다음 영향을 미치는 요인으로 평가되었으나 p 값이 0.05 이상으로 유의한 의미를 가지지 못했다($p=0.086$, Hazard ratio=2.18, CI= 0.90-5.27)(Table 2).

총 1,206예 중 인접분절의 퇴행성 변화로 본원에서 2차 수술을 시행했던 경우는 총 27예였다(2.24%). 그 중에서 1차 수술은 26예에서 제4-5요추간, 1예에서 제3-4요추간에 시행되었다. 2차 수술은 상위 한 분절을 연장한 경우가 14예(1.16%), 상위 두 분절을 연장한 경우가 7예(0.58%), 상위 세 분절을 연장한 경우가 1예(0.08%), 하위 한 분절을 연장한 경우가 2예(0.17%)였으며, 상위와 하위 한 분절을 모두 연장한 경우가 2예(0.17%), 상위 두 분절과 하위 한 분절을 연장한 경우가 1예(0.08%)였다(Table 3).

Table 3. There were 27 Patients with the Revision Operation for Adjacent Segmental Degeneration (2.24%)

Case	Sex	Age at op	Dx	Level	Fusion method	Bone graft	Op date (start)	Last fu or revision day (end)	Revision level	FU mon	Operator	Smoking	Height	Weight	BMI
1	F	64	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	May-99	1999-08-25	distal 1	6	Others	×	158	68	27.2
2	F	53	Deg. SPLT	L4-5	PLF+PLIF (hard)	auto	Nov-00	2006-07-05	prox 2	68	Dr. B	×	146	56	26.3
3	F	45	HVD	L4-5	PLF+PLIF (soft)	auto	Dec-05	2008-08-20	prox 1	32	Dr. B	×	151	78	34.2
4	M	57	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIF (hard)	auto	Aug-99	2004-08-26	prox 1	60	Dr. B	○	163	57	21.5
5	M	68	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF	local bone	Jan-04	2007-11-21	prox 1	46	Dr. B	×	165	69	25.3
6	F	60	HVD/c spinal stenosis	L3-4	PLF	auto	Aug-02	2009-06-15	prox 1, distal 1	82	Dr. B	×	156	75	30.8
7	F	77	HVD	L4-5	PLF+PLIF (hard)	auto	Oct-05	2006-04-25	distal 1	6	Dr. B	×	158	58	23.2
8	F	55	Deg. SPLT	L4-5	PLF+PLIF (hard)	allo	Nov-03	2006-12-22	prox 2, distal 1	37	Dr. A	×	144	53	25.6
9	F	62	Deg. SPLT	L4-5	PLF+PLIP (soft)	auto	May-99	2005-12-13	prox 2	79	Dr. A	○	146	56	26.3
10	F	69	Deg. SPLT	L4-5	PLF+PLIF (hard)	auto	Mar-01	2007-03-13	prox 1	72	Dr. A	×	156	75	30.8
11	F	46	Lytic SPLT	L4-5	PLF+PLIF (hard)	auto	Sep-05	2009-02-06	prox 2	41	Dr. A	×	144	53	25.6
12	F	59	Lytic SPLT	L4-5	PLF+PLIF (hard)	auto	Jun-01	2008-06-10	prox 3	84	Dr. A	×	157	65	26.4
13	M	68	Spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	Aug-00	2005-10-25	prox 1, distal 1	62	Dr. A	×	168	63	22.3
14	F	48	Spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIP (soft)	auto	Oct-98	2001-09-14	prox 1	35	Dr. A	×	151	78	34.2
15	F	57	Spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	Feb-04	2009-05-15	prox 2	63	Dr. A	×	155	60	25.0
16	F	57	Spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	Jan-02	2007-12-07	prox 1	71	Dr. A	×	157	65	26.4
17	F	60	Spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	Jun-01	2005-11-01	prox 1	53	Dr. A	×	157	52	21.1
18	F	63	Spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	Aug-01	2007-01-30	prox 1	68	Dr. A	○	150	45	20.0
19	M	27	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIF (soft)	auto	Dec-00	2001-01-09	prox 2	6	Dr. A	×	178	65	20.5
20	M	39	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIF (soft)	auto	Mar-04	2009-03-06	prox 1	60	Dr. A	×	168	63	22.3
21	M	43	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIF (soft)	auto	Jun-01	2007-06-29	prox 1	72	Dr. A	○	163	67	25.2
22	F	39	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF	auto	Dec-00	2007-02-02	prox 1	74	Dr. A	×	165	66	24.2
23	F	40	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIP (soft)	auto	Sep-98	2004-06-04	prox 1	59	Dr. A	×	153	57	24.3
24	F	55	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIF (soft)	auto	Sep-02	2009-05-19	prox 1	80	Dr. A	×	151	78	34.2
25	M	37	HVD	L4-5	PLF+PLIP (soft)	auto	Apr-98	2007-05-08	prox 1	109	Dr. A	○	165	84	30.9
26	M	46	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF	allo	Oct-03	2005-11-22	prox 2	25	Others	×	155	60	25.0
27	F	54	HVD/c spinal stenosis	L4-5	PLF+PLIP (soft)	auto	Apr-99	2001-09-04	prox 1	28	Others	×	160	68	26.6

고 찰

퇴행성 요추 질환의 수술적 치료에서 유합술은 감압술과 더불어 가장 중요한 치료 원칙이다.⁹⁾ 그러나 요추부의 유합 후 발생할 수 있는 인접 분절의 퇴행성 변화는 그 발생률에 있어서 저자마다 다르나 대체로 24-49%로 보고되고 있다.^{3,10-13)} 이는 요추의 일부분을 유합한 후에는 요추의 생역학적인 변화가 초래되고 유합으로 인하여 소실된 운동성과 역학적인 부하를 잔여 인접 가동 분절이 감당해야 하므로 유합된 인접 분절에 운동 부가가 더 많이 집중되어 퇴행성 변화를 일으키는 것으로 생각되고 있다.³⁻⁵⁾

유합술 후 증상이 호전되어 활동을 계속하면서 발생하는 상, 하위 인접 분절의 퇴행성 변화가 유합술의 합병증인지 추간판 퇴행의 자연 경과인지에 대해서는 아직 논란이 있지만, 유합 인접 분절의 응력 증가나 과도한 운동성, 추간판 내 압력 증가, 운동 축의 후방 전위 등이 관찰되어¹⁴⁻¹⁶⁾ 유합에 의해 인접 분절의 퇴행성 변화가 가속화되는 것으로 인식되고 있다.

유합의 인접 분절에 나타나는 가장 흔한 변화는 추간판의 퇴행성 변화이며, 또한 인접 분절의 후방 전위증, 수핵 탈출증, 척추관 협착증 등이 나타날 수 있으며, 그리고 일부 저자들은 인접 척추체의 압박 골절도 이에 준해 포함시키기도 한다.^{3,17-19)}

Aota 등¹⁰⁾은 술 후 인접 관절에서 불안정성이 발생한 경우 이는 나이와 밀접한 관계가 있고, 술 전 추체의 전방 전이가 있었던 경우에 술 후 불안정성이 더욱 악화되었다고 하였고, 또 다른 많은 연구들에서 그 원인 요소로 수술 시의 환자 나이, 추체간 골 이식술을 시행한 경우, 장 분절을 유합한 경우, 시간이 경과할수록 예후가 나쁜 경우에 이와 같은 퇴행성 변화를 관찰할 수 있다고 하였다.²⁰⁻²²⁾ 또, Okuda 등²³⁾은 제4요추와 제5요추의 퇴행성 척추 전방 전위증에서 후방 요추체 유합술을 시행했던 87예를 가지고 분석한 결과 제3요추의 편평화(horizontalization), 제3요추와 제4요추간 후관절의 방향성(tropism)을 위험요인으로 제시한 바 있다. 본 연구에서는 부적절한 요추 전만이 인접분절에 미치는 영향을 최대한 배제하기 위하여 한 분절의 유합술만을 연구 대상으로 하였다.

인접 분절의 퇴행성 변화는 유합 분절의 상위 분절에 주로 나타난다고 보고되어 있는데, Goel 등²⁴⁾은 역학적인 실험에서 제4-5요추 분절을 고정하면 요천추 분절보다 상위의 제3-4요추 분절에서 운동성이 더 많이 증가한다고 하였다. Lehmann 등²⁵⁾은 고정기구를 사용하지 않은 요추 유합술 후 평균 33년 추시 보고에서 42%의 유합술 후 척추관 협착증과 45%의 유합 상부 분절 불안정성을 보였던 결과를 보고하였다. 즉 유합 분절의 상 하위 인접 분절에 관계없이 퇴행성 변화는 생기며, 상위 분절에 퇴행성 변화가 많은 다른 원인은 유합술 과정에서 상위 인접 분절의 후관절에 손상을 입힐 수가 있고 특히 내고정 기기 사용시 나사못이

나 금속 막대가 후관절에 손상을 줄 수 있기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서도 2차 수술을 시행했던 총 27예의 환자 중 상위 분절에 연장해서 수술을 했던 경우가 모두 25예(93%)였다. 또한 유합 인접 분절에 속발한 퇴행성 병변은 자연 발생적인 퇴행성 변화보다 그 진행 속도가 더 빨리 나타난 것으로 생각되었다.

본 연구에서 최초 유합술로부터 2차 수술까지 소요된 기간은 평균 4.5년(54.4개월, 6-109개월)이었으며 방사선학적 또는 임상적 발병 시점까지는 이보다 더 짧은 시간이 소요될 것으로 생각된다.

인접 분절의 변화를 예측하고 예방하기 위해 위험 인자를 찾으려는 노력이 꾸준히 계속되고 있다. Aota 등¹⁰⁾은 55세 이상에서 월등히 많은 인접 분절의 불안정성이 발생하였다고 주장하였으나 최근에는 이를 부정하는 결과도 많이 보고되어 있다.^{23,26-28)} 본 연구에서는 50세를 기준으로 나누어 분석한 결과 50세 미만의 재수술률이 유의하게 낮게 나타났다($p=0.002$). p 값이 가장 의미있게 나타났던 나이 군은 55세를 기준으로 재수술률을 분석했을 시였으며 p 값이 0.0003으로 Aota 등의 보고와 유사한 결과를 보였다. 생존율에 있어서는 7년 생존율에서 급격한 감소를 보였다(5년 생존율 97.3%, 7년 생존율 91.6%, 10년 생존율 89.4%).

Penta 등²⁹⁾은 제5요추-제1천추간 전방 요추체간 유합술을 시행한 환자 52명을 10년 이상 추시하여 대조군과 비교한 결과, MRI 상 인접 분절 추간판에 퇴행성 변화의 발생률이 차이가 없었다고 보고하였다. 본 연구에서도 다른 부위보다 제5요추-제1천추 부위를 유합하였을 때 재수술률이 유의하게 낮게 분석되었다($p=0.032$). 그리고, 다른 부위보다 제4-5요추간 유합술을 시행하였을 때 재수술률이 유의하게 높게 분석되었다($p=0.003$).

또 과체중 및 비만인 경우(BMI 25 이상) 재수술률이 의미있게 높았다($p=0.040$). 또한 후외측 유합술만 시행한 경우보다 후외측 유합술과 후방 요추체 유합술을 함께 시행한 군에서 재수술률이 의미있게 낮게 분석되었다($p=0.015$).

이를 바탕으로 다중인자분석을 한 결과 수술 당시의 나이가 가장 큰 의미를 가지는 것으로 분석되었다($p=0.048$, Hazard ratio=2.50, CI=1.01-6.16). 그 외 성별, 원인 질환, 골유합의 재료, 수술 집도의, 흡연의 유무는 요추부 한 분절 유합술에서 인접 분절의 퇴행성변화의 재수술률에 유의한 차이를 보이지 않았다.

즉 본 연구를 토대하였을 때 요추부 한 분절 유합술의 경우에서 나이가 50세 이상인 경우, 체중이 비만인 경우, 제4요추-제5요추 부위를 유합할 경우, 후외측 유합술만 시행하는 경우 약 7년이 경과한 때에 인접 분절의 퇴행성 변화로 인해 2차 수술을 하게 될 가능성이 높을 것이라 생각된다.

단 본 연구의 제한점으로 전만각의 변화 등의 방사선학적 평가와 임상적 평가가 첨가되지 못했다는 점이다. 좀 더 광범위한 연구가 진행될 수 있다면 더 좋은 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

결론

재수술률 분석 결과 요추부 한 분절 유합술에서 인접 분절의 퇴행성변화로 인한 재수술에 가장 중요한 인자는 수술 당시의 나이임을 알 수 있었다. 50세 이상의 환자의 경우 한 분절 유합술이 필요한 경우라도 인접 분절의 퇴행성변화가 발생할 수 있음을 술전에 인지시킬 필요가 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Cho JL, Park YS, Han JH, Lee CH, Rho WI. The changes of adjacent segments after spinal fusion, follow-up more than three years after spinal fusion. *J Korean Soc Spine Surg.* 1998;5:239-46.
2. Etebar S, Cahill DW. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg.* 1999;90:163-9.
3. Ha KY, Kim KW, Park SJ, Lee YH. Changes of the adjacent-unfused mobile segment after instrumental lumbar fusion, more than 5-years follow-up. *J Korean Soc Spine Surg.* 1998; 5:205-14.
4. Shono Y, Kaneda K, Abum K, McAfee PC, Cunningham BW. Stability of posterior spinal instrumentation and its effects on adjacent motion segments in the lumbosacral spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:1550-8.
5. Frymoyer JW, Hanley EN Jr, Howe J, Kuhlmann D, Mattern RE. A comparison of radiographic findings in fusion and nonfusion patients ten or more years following lumbar disc surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 1979;4:435-40.
6. Lee CK. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1988;13:375-7.
7. Schlegel JD, Smith JA, Schleusener RL. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar and lumbosacral fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21:970-81.
8. Grouw AV, Nadel CI, Weierman RJ, Lowell HA. Long term follow-up of patients with idiopathic scoliosis treated surgically: a preliminary subjective study. *Clin Orthop Relat Res.* 1976;117:197-201.
9. Hambly MF, Wiltse LL, Raghavan N, Schneiderman G, Koenig C. The transition zone above a lumbosacral fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:1785-92.
10. Aota Y, Kumano K, Hirabayashi S. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. *J Spinal Disord.* 1995;8:464-73.
11. Guigui P, Lambert P, Lassale B, Deburge A. Long-term outcome at adjacent levels of lumbar arthrodesis. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1997;83:685-96.
12. Frymoyer JW, Hanley E, Howe J, Kuhlmann D, Mattern R. Disc excision and spine fusion in the management of lumbar disc disease. A minimum ten-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 1978;13:1-6.
13. Brunet JA, Wiley JJ. Acquired spondylolysis after spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br.* 1984;66:720-4.
14. Cunningham BW, Kotani Y, McNulty PS, Cappuccino A, McAfee PC. The effect of spinal destabilization and instrumentation on lumbar intradiscal pressure: an in vitro biomechanical analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22:2655-63.
15. Lee CK, Langrana NA. Lumbosacral spinal fusion. A biomechanical study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1984;9:574-81.
16. Weinoffer SL, Guyer RD, Herbert M, Griffith SL. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion. A cadaveric study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20:526-31.
17. Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29:1938-44.
18. Miyakoshi N, Abe E, Shimada Y, Okuyama K, Suzuki T, Sato K. Outcome of one-level posterior lumbar interbody fusion for spondylolithesis and postoperative intervertebral disc degeneration adjacent to the fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25:1837-42.
19. Etebar S, Cahill DW. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg.* 1999;90(2 Suppl):163-9.
20. Rahm MD, Hall BB. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J Spinal Disord.* 1996;9:392-400.
21. Gardner VO, Armstrong GW. Long-term lumbar facet joint changes in spinal fracture patients treated with Harrington rods. *Spine (Phila Pa 1976).* 1990;15:479-84.
22. Nagata H, Schendel MJ, Transfeldt EE, Lewis JL. The effects of immobilization of long segments of the spine on the adjacent and distal facet force and lumbosacral motion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18:2471-9.
23. Okuda S, Iwasaki M, Miyauchi A, Aono H, Morita M, Yamamoto T. Risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29:1535-40.

24. Goel VK, Voo LM, Weinstein JN, Liu YK, Okuma T, Njus GO. Response of the ligamentous lumbar spine to cyclic bending loads. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;13:294-300.
25. Lehmann TR, Spratt KE, Tozzi JE, et al. Long-term follow-up of lower lumbar fusion patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987;12:97-104.
26. Ha KY, Kim YH, Kang KS. Surgery for adjacent segment changes after lumbosacral fusion. *J Korean Spine Surg*. 2002;9:332-40.
27. Aiki H, Ohwada O, Kobayashi H, et al. Adjacent segment stenosis after lumbar fusion requiring second operation. *J Orthop Sci*. 2005;10:490-5.
28. Ahn DK, Lee S, Jeong KW, Park JS, Cha SK, Park HS. Adjacent segment failure after lumbar spine fusion: controlled study for risk factors?. *J Korean Orthop Assoc*. 2005;40:203-8.
29. Penta M, Sandhu A, Fraser RD. Magnetic resonance imaging assessment of disc degeneration 10 years after anterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20:743-47.

The Revision Operation Rate for Adjacent Segmental Degeneration by Survival Analysis in Mono-segment Lumbar Fusion

Tae-Hyung Kim, M.D., Jin-Hyok Kim, M.D., Sung-Soo Kim, M.D., Dong-Ju Lim, M.D., Jung-Il Han, M.D.,
Tai-Wan Kim, M.D., and Se-Il Suk, M.D.

Seoul Spine Institute, Inje University Sanggye Paik Hospital, Seoul, Korea

Purpose: To analyze survival rates of patients after mono-segmental lumbar or lumbosacral fusion and to evaluate factors affecting the revision operation due to adjacent segmental degeneration.

Materials and Methods: This study enrolled 1,206 patients who had mono-segmental lumbar or lumbosacral fusion between March 1997 and December 2006 at the Seoul Spine Institute. The survival rates for the revision operation due to adjacent segmental degeneration were analyzed retrospectively. The age at index operation, sex, etiologic diagnosis, fusion method, fusion level, substance of bone graft, operator, body mass index (BMI), and smoking were considered as risk factors for the revision operation.

Results: There were 27 patients with a revision operation for adjacent segmental degeneration (2.24%). The average follow-up period was 39.0 months (6 months to 12 years 6 months) and the average age at operation was 47.0 years (13 to 85 years). The survival rate at 5 years was 97.3%, and at 10 years it was 89.4%. Patients less than 50 years old had a significantly lower revision operation rate than those aged 50 or more ($p=0.002$). When fusion between the 4th lumbar and the 5th lumbar spinal vertebrae was done, the revision operation rate was significantly higher than for other levels ($p=0.003$). Obese patients with $BMI \geq 25$ had a significantly higher revision rate than did patients with $BMI < 25$ ($p=0.040$). In a comparison of circumferential fusion versus other types of fusion, circumferential fusion had a lower revision rate and the difference was significant ($p=0.021$). Other factors such as diagnosis, sex, surgeon, substance used for the bone graft, and smoking were not significant for revision rate ($ps > 0.05$). In multivariate analysis, age alone was a significant risk factor ($p=0.048$, Hazard ratio=2.50).

Conclusion: The most important factor for survival without revision surgery for adjacent segmental degeneration following instrumented mono-segment lumbar or lumbosacral fusion is the age at index operation. Patients 50 year-old or older should be informed of the possibility of adjacent segmental disease after instrumented mono-segment lumbar or lumbosacral fusion.

Key words: adjacent segmental degeneration, mono-segment fusion, survival rate, revision operation, lumbar spine

Received November 26, 2009 Accepted April 5, 2010

Correspondence to: Jin-Hyok Kim, M.D.

Seoul Spine Institute, Inje University Sanggye Paik Hospital, 761-1, Sanggye dong, Nowon-gu, Seoul 139-707, Korea

TEL: +82-2-950-1288 FAX: +82-2-934-6342 E-mail: kjh1026@paik.ac.kr