

# 일부 암 종의 수술량과 병원 내 사망률의 관계에서 구조적 복잡성의 조절효과

윤경일

계명대학교 의과대학 의료인문학교실

## Moderating Effect of Structural Complexity on the Relationship between Surgery Volume and in Hospital Mortality of Cancer Patients

Kyungil Youn

Department of Medical Humanities, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

**Background:** The volume of surgery has been examined as a major source of variation in outcome after surgery. This study investigated the direct effect of surgery volume to in hospitals mortality and the moderating effect of structural complexity—the level of diversity and sophistication of technology a hospital applied in patient care—to the volume outcome relationship.

**Methods:** Discharge summary data of 11,827 cancer patients who underwent surgery and were discharged during a month period in 2010 and 2011 were analyzed. The analytic model included the independent variables such as surgery volume of a hospital, structural complexity measured by the number of diagnosis a hospital examined, and their interaction term. This study used a hierarchical logistic regression model to test for an association between hospital complexity and mortality rates and to test for the moderating effect in the volume outcome relationship.

**Results:** As structural complexity increased the probability of in-hospital mortality after cancer surgery reduced. The interaction term between surgery volume and structural complexity was also statistically significant. The interaction effect was the strongest among the patients group who had surgery in low volume hospitals.

**Conclusion:** The structural complexity and volume of surgery should be considered simultaneously in studying volume outcome relationship and in developing policies that aim to reduce mortality after cancer surgery.

**Keywords:** Organization & administration; Surgery volume; Structural complexity; Hospital mortality; Moderating effects

### 서 론

수술량이 증가함에 따라 수술 후 사망률이 감소하는 경향은 일반적으로 수술량이 많은 의료기관이 특정 수술에 대한 학습곡선을 달성하여 적절한 숙련도를 갖출 수 있기 때문인 것으로 설명되고 있다[1-3]. 그러나 시설, 장비, 인력의 질적·양적 수준과 효과적인 업무체계 등 병원의 구조적 특징이 의료의 질에 미치는 영향도 다양한 연구에서 확인되고 있다[4]. 따라서 수술량과 치료결과 관계 관련 연구는 수술량에 따른 병원의 숙련도와 함께 병원의 구조적 특

성을 포함하여 개념적으로 확장된 분석모형을 고려할 필요가 있다.

수술량과 치료결과의 관계분석에서 병원의 특성을 고려한 대부분의 연구는 의사 수술량과 함께 병원의 특성으로 병원 수술량을 별도로 측정하여 분석하고 있다[5,6]. 즉 의사의 수술량은 의사 개인의 반복과 숙련을 측정하는 것이고, 병원 수술량은 조직수준에서 반복에 따른 숙련에 의해서 긍정적인 치료결과를 보일 것이라는 가정에서 측정하는 것이다. 이러한 접근의 연구결과를 보면 일반적으로 의사 수술량은 비교적 일관된 유의미한 결과를 보이는 반면 병원 수술량이 수술결과에 미치는 영향력은 연구자에 따라 유의하

Correspondence to: Kyungil Youn  
Department of Medical Humanities, Keimyung University School of Medicine,  
1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 704-701, Korea  
Tel: +82-53-580-3780, Fax: +82-53-580-3778, E-mail: kiyoun@dsmc.or.kr  
Received: October 21, 2014 / Accepted after revision: December 17, 2014

© Korean Academy of Health Policy and Management  
It is identical to the Creative Commons Attribution Non-Commercial License  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permit unrestricted non-commercial use,  
distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지 않은 결과를 보이는 예도 쉽게 찾아볼 수 있다[5].

병원 수술량의 긍정적인 영향력을 보인 연구로 Chang 등[7]은 의사 수술량과 병원 수술량의 결합효과를 분석하여 의사 수술량도 높고 병원 수술량도 높은 의료기관에서 간 절제 수술 후 단기 생존율이 가장 높음을 보였다. Barbieri 등[8]은 3차 병원을 대상으로 수술량에 따른 사망률, 재입원율, 재원일수 등의 차이를 분석하여 병원 수술량이 긍정적인 영향을 미치고 있음을 보고하였고, Kim과 Kwon [2]은 한 명의 의사가 수술량이 다른 두 병원에서 수행한 수술결과를 비교하여 수술량이 적은 병원에서 사망률 등 부정적인 치료결과의 확률이 높았음을 보고하였다.

한편 McPhee 등[5]은 복부대동맥류 수술 후 병원 내 사망률을 비교한 결과 의사 수술량은 긍정적인 연관성을 보였으나 병원 수술량의 연관성은 유의하지 않았다고 하였다. Konety 등[9]은 근치적 방광적출술 후 사망률 분석에서 병원 수술량이 사망률과 유의미한 관계가 있었으나 의사 수술량을 분석에 포함한 결과 그 영향이 유의하지 않았다고 하였다. 따라서 의사 수술량의 영향력은 많은 수술에서 비교적 일관되게 긍정적인 영향을 보이는데 비하여 병원 수술량의 영향력은 일관되지 않다고 볼 수 있다. 수술 후 사망에 대한 병원 수술량의 영향이 의사 수술량에 비교하여 상대적으로 불명확하다는 결론은 유사한 연구를 메타분석한 결과에서도 나타난다[10,11]. 이 연구는 이러한 결과를 병원 수술량이 본질적으로 병원의 수술 관련 인력의 숙련도와 병원의 조직적 특징을 함께 측정하여 변수의 개념적 성격이 불분명하기 때문으로 본다. 따라서 수술 후 치료결과의 변이를 효과적으로 설명하기 위해서는 숙련도를 측정하는 수술량과는 별도로 병원의 구조적 특성을 포괄할 수 있는 개념을 분석에 포함할 필요가 있다.

병원에서 제공하는 의료의 질은 인력의 양적·질적 수준과 의료장비, 업무체계 등 다양한 구조적 요인의 영향을 받는다. 수술량과 치료결과 관계분석에서 병원의 구조적 특성을 포함하여 분석한 연구는 중환자실의 인력구성, 환자안전체계 등의 영향을 분석한 Joseph 등[4], 병상당 간호사수, 격리병실 구비 여부를 포함하여 분석한 Avritscher 등[12]을 들 수 있다. 한편 McCrum 등[13]은 병원의 구조적 특성을 나타내는 포괄적 개념으로 조직의 구조적 복잡성 (complexity)을 제시하면서 병원이 서비스를 생산하기 위하여 적용하는 기술의 수준, 서비스의 다양성 및 업무체계의 정교성으로 정의하였다. 조직의 구조적 복잡성은 증가하는 환경적 불확실성에 대처하여 조직이 분화와 전문화를 추구한 결과이다[14]. 조직의 분화와 전문화는 기술적 전문성과 함께 의사결정의 분권화와 비정형화를 통하여 업무수행상에 독립성과 자율성을 발휘할 수 있는 여건을 제공하여 조직성과에 긍정적인 영향을 미친다[15,16]. 또한 구조적 복잡성이 높은 조직은 인력구성의 다양성이 높아 다양한 관점을 확보하거나 활용할 수 있는 지식의 양이 늘어나기 때문에 지식창출 및 문제해결이 용이하게 된다[17-19]. 이러한 조직구조의 복

잡성이 조직의 성과에 미치는 긍정적 영향은 병원과 같이 고도의 기술을 사용하는 조직에서 더욱 강하게 나타난다[20].

지금까지 병원 수술량과 사망률의 관계에 관한 연구는 병원 수술량 개념을 명확한 성격적 규명 없이 사용하여 왔으며 병원의 구조적 특징도 단편적으로 분석하거나 단순히 통제되어야 할 요인으로 인식하여 수행되어 왔다. 따라서 이 연구는 병원의 조직적 특징을 구조적 복잡성으로 개념화하여 분석하므로 병원 수술량의 개념적 성격을 규명하고 이를 통하여 암 수술 후 사망률의 변이를 설명하는 이론적 모형의 정교화에 기여하고자 한다. 이 연구의 목적을 구체적으로 보면 첫째, 병원 수술량이 사망률에 미치는 영향을 분석하고, 둘째, 구조적 복잡성의 사망률에 대한 독립적인 영향력을 검증하며, 셋째 사망률과의 관계에서 병원 수술량과 구조적 복잡성의 상호관계를 파악하는 것이다.

## 방 법

### 1. 연구 대상

한국보건사회연구원이 전국 의료기관을 대상으로 실행한 환자조사의 퇴원환자조사 자료를 분석하였다. 환자조사는 일정 기간 동안 의료기관을 이용한 환자의 질병, 상해 양상과 의료이용실태, 보건의료시설 및 인력 파악을 목적으로 주기적으로 시행되는 조사이다. 환자조사의 조사방법은 종합병원, 병원, 보건소 및 조산원은 전수를 조사하고 요양병원, 의원, 치과의원, 한의원, 보건지소, 보건진료소는 표본 추출하여 조사한다. 조사방법은 web 조사방식으로 해당 보건의료기관이 환자조사관리시스템에 접속하여 자료를 직접 입력하는 방법으로 수행된다. 퇴원환자조사의 조사내용은 의료기관별 조사지정월 1개월(31일) 퇴원 환자의 진료기록부에 기초하여 환자의 인구 사회적 특성, 상병분류, 의료기관의 특성과 이용형태 등으로 이루어져 있다[21].

이 연구는 2010년부터 2011년 사이에 이루어진 2개년도의 폐암(C33, C34), 간암(C22), 위암(C16), 대장암(대장, 결장, 직장[C18-C20]) 및 췌장암(C25) 등 우리나라에서 발생률이 높은 5개 암의 환자 중 종합병원 이상에서 퇴원한 환자를 대상으로 하였다. 5개 암 중별 환자 중 종합병원급 이상 병원에서 수술을 받은 환자는 12,242명이었는데 이들 중 건강보험이나 의료급여 환자가 아닌 경우(일반 201명, 산업재해보험 11명, 자동차보험 3명, 기타 98명), 입원경로가 외래나 응급실이 아닌 경우(93명), 연령이 14세 이하인 환자(11명)인 경우는 집단의 개체 수가 작아 분석의 편의상 제외하고 나머지 11,827명을 연구 대상으로 하였다. 연구 대상 환자의 암 중별 분포를 보면 폐암이 1,821명으로 15.4%, 간암이 1,367명으로 11.6%, 위암이 4,082명으로 34.5%, 대장암이 4,201명으로 35.5%, 췌장암은 356명으로 3.0% 등으로 분포되어 있었다.

## 2. 변수의 측정 및 분석방법

병원의 구조적 복잡성은 McCrum 등[13]을 참고하여 개별 병원에서 전체 환자를 대상으로 진단한 진단명 수를 기준으로 3등분하여 측정하였다. 이 연구에서 진단명 수는 먼저 2010년과 2011년에 1달간 퇴원한 전체 환자 731,234명을 병원별로 분류하고, 각 병원에서 개별 환자에게 ICD-10 코드로 부여한 주 진단명 종류의 수를 병원별로 산출하여 이를 개별 환자에게 부여하였다. 다음으로 이 연구의 연구 대상인 암 수술 환자 12,242명을 부여된 주 진단명의 수를 기준으로 '낮음', '중간', '높음'으로 3등분하여 진단명 수준을 부여하므로 병원의 구조적 복잡성 변수를 측정하였다. McCrum 등[13]은 다양한 의료적 상태를 취급하는 병원일수록 필요한 특화된 서비스의 제공을 위하여 다양한 장비나 기술 및 업무체계를 갖출 가능성이 높으므로 병원의 복잡성을 진단명의 다양성으로 측정할 수 있다고 하였다. 한편 수술량은 Birkmeyer 등[1]을 따라 각 병원별로 각 년도에 1달간 퇴원한 연구 대상 암 환자 중 수술을 받은 환자의 수를 산출하여 이를 해당 병원 환자에게 부여한 후 전체 연구 대상 환자를 대상으로 낮음, 중간, 높음으로 3등분하여 이 등급을 개별 환자에게 부여하여 측정하였다. 수술량과 구조적 복잡성을 3등분한 것은 이들 변수에 대한 적절한 분류에 합의된 기준이 불분명하기 때문이다[1,13]. 이 연구의 종속변수인 치료결과는 병원의 퇴원요약지 구분을 기준으로 분류하였다. 퇴원요약지에서 사망으로 구분한 경우 '병원 내 사망', 그 외 호전·완쾌, 호전 안 됨 등의 경우에는 '생존'으로 이분하였다.

환자의 중증도는 ICD-10으로 작성된 부 진단코드를 Charlson Comorbidity Index (CCI)에 대응시켜 중증도가 가장 낮은 CCI 0부터 가장 높은 CCI 3+ 등 4등급으로 분류하였다[22]. 입원경로는 외래와 응급실로 진료비 지불방법은 건강보험과 의료급여로 병원 주소지는 서울, 광역시, 시로 병원 종류는 상급종합병원과 종합병원으로 각각 분류하였다. 재원일수는 환자 수에 따라 5등분하였고 연령은 44세 이하, 45-64세, 65세 이상으로 범주화하였다. 분석에 포함된 변수의 정의는 Table 1에 제시되어 있다.

자료분석은 먼저 구조적 복잡성에 따른 연구대상의 일반적 특성을 비교하기 위하여 교차분석을 시행하였다. 다음으로 병원 내 사망과 구조적 복잡성 및 병원 수술량의 관계를 분석하기 위하여 사망 여부를 종속변수로 하고 병원 수술량 수준을 독립변수로 하며 복잡성 수준을 조절변수로 하고, 통제변수로 성별, 나이, 입원경로, 진료비 지불방법, 중증도, 재원일수, 의료기관 소재지, 의료기관 종류를 포함하는 모형으로 위계적 로지스틱회귀분석을 수행하였다. 구조적 복잡성 수준과 병원 수술량 수준의 조절관계는 두 변수의 상호작용 항을 모형에 포함하여 검증하였다. 상호작용 항은 다중공선성을 고려하여 각 변수를 평균값으로 보정하여 곱한 값을 사용하였다[23].

Table 1. Definition of variables

| Variable                | Definition   |
|-------------------------|--|
| Gender                  | 1: male, 2: female                                   |
| Age (yr)                | 1: ≤ 44, 2: 45-64, 3: ≥ 65                           |
| Admission route         | 1: outpatient, 2: emergency room                     |
| Insurance type          | 1: National Health Insurance, 2: medical aid program |
| Length of stay (day)    | 1: ≤ 5, 2: 6-9, 3: 10-13, 4: 14-12, 5: ≥ 21          |
| Severity                | 0: CCI 0, 1: CCI 1, 2: CCI 2, 3: CCI 3+              |
| Hospital location       | 1: Seoul, 2: great city area, 3: urban area          |
| Hospital type           | 1: teaching hospital, 2: general hospital            |
| Volume of surgery level | 1: 0-60 days, 2: 61-180 days, 3: ≥ 181 days          |
| Complexity level        | 1: 0-687, 2: 688-926, 3: ≥ 927                       |
| Treatment outcome       | 1: in hospital death, 2: survival                    |

CCI, Charlson Comorbidity Index.

## 결 과

### 1. 일반적 특성

Table 2는 구조적 복잡성의 수준에 따라 살펴본 연구 대상의 일반적 특성을 나타내고 있다. 성별은 전체적으로 남자가 여자보다 1.92배 정도 많았고 구조적 복잡성의 각 수준에서도 유사한 비율로 분포하고 있었다. 연령은 65세 이상의 경우 복잡성이 높은 병원이 용도가 타 연령대보다 상대적으로 낮았고, 응급실을 통한 입원의 경우와 의료급여 환자인 경우도 복잡성이 높은 병원의 이용률이 낮았다.

재원일수의 분포를 보면 복잡성 수준 1과 2에서는 재원일수 14-20일에 가장 많은 환자가 분포해 있는데 비해 수준 3에서는 10-13일에 가장 많은 환자가 분포되어 있고 수준 3에 21일 이상 환자가 차지하는 비율이 상대적으로 낮아 복잡성 수준 3인 병원의 재원일수가 상대적으로 낮다고 볼 수 있다. 중증도의 경우 복잡성 수준 2의 병원에 중증도 1, 2, 3+ 수준 환자가 가장 많이 분포해 복잡성 수준 2인 병원의 중증도가 상대적으로 높은 것으로 보인다. 이용병원의 지역별 분포는 서울 소재 병원을 이용한 환자가 전체의 41.2%를 차지한데 비하여 복잡성 3수준 병원을 이용한 환자의 77.9%가 서울의 병원을 이용하였다. 병원의 유형별로 보면 전체 환자의 67.4%가 상급종합병원을 이용하고 있었고 복잡성이 높아질수록 차지하는 비율이 높아져 복잡성 수준 3의 경우 거의 모든 환자가 상급종합병원을 이용하고 있었다.

### 2. 구조적 복잡성별 수술량과 사망률의 관계

Figure 1은 각 복잡성 수준에서 수술량 수준의 차이에 따른 평균 사망률의 차이를 나타내고 있다. 여기서 평균사망률은 9개 수술량-복잡성 집단별로 5개 암 종의 사망률을 산출하여 이를 평균한 값이다. 이러한 접근은 암 종류로 사망률에 차이가 있고 따라서 각 집단마다 암 종별 구성비율에 차이가 있을 경우 발생할 수 있는 치

**Table 2.** General characteristics of cancer surgery patients discharged (2010-2011)

| Variable                              | Complexity level 1 | Complexity level 2 | Complexity level 3 | $\chi^2$ (p-value) | All           |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| Gender                                |                    |                    |                    | 7.157 (0.05)       |               |
| Male                                  | 2,599 (65.5)       | 2,710 (67.3)       | 2,474 (64.5)       |                    | 7,783 (65.8)  |
| Female                                | 1,368 (34.5)       | 1,315 (32.7)       | 1,361 (35.5)       |                    | 4,044 (34.2)  |
| Age (yr)                              |                    |                    |                    | 129.701 (0.001)    |               |
| ≤ 44                                  | 258 (6.5)          | 272 (6.8)          | 381 (9.9)          |                    | 911 (7.7)     |
| 45-64                                 | 1,736 (43.8)       | 1,872 (46.5)       | 1,995 (52.0)       |                    | 5,603 (47.4)  |
| ≥ 65                                  | 1,973 (49.7)       | 1,881 (46.7)       | 1,459 (38.0)       |                    | 5,313 (44.9)  |
| Admission source                      |                    |                    |                    |                    |               |
| Outpatient                            | 3,355 (84.6)       | 3,358 (83.4)       | 3,579 (93.3)       |                    | 10,292 (87.0) |
| Other                                 | 612 (15.4)         | 667 (16.6)         | 256 (6.7)          |                    | 1,535 (13.0)  |
| Insurance type                        |                    |                    |                    | 201.907 (0.001)    |               |
| National Health Insurance             | 3,586 (90.4)       | 3,734 (92.8)       | 3,740 (97.5)       |                    | 11,060 (93.5) |
| Medical aid program                   | 381 (9.6)          | 291 (7.2)          | 95 (2.5)           |                    | 767 (6.5)     |
| Length of stay (day)                  |                    |                    |                    | 558.370 (0.001)    |               |
| ≤ 5                                   | 287 (7.2)          | 223 (5.5)          | 142 (3.7)          |                    | 2,033 (17.2)  |
| 6-9                                   | 458 (11.5)         | 582 (14.5)         | 341 (8.9)          |                    | 2,704 (22.9)  |
| 10-13                                 | 913 (23.0)         | 969 (24.1)         | 1,649 (43.0)       |                    | 2,583 (21.8)  |
| 14-20                                 | 1,335 (33.7)       | 1,448 (36.0)       | 1,173 (30.6)       |                    | 2,200 (18.6)  |
| ≥ 21                                  | 974 (24.6)         | 803 (20.0)         | 530 (13.8)         |                    | 2,307 (19.5)  |
| Severity (Charlson Comorbidity Index) |                    |                    |                    | 334.617 (0.001)    |               |
| 0                                     | 2,965 (74.7)       | 2,276 (56.5)       | 2,597 (67.7)       |                    | 7,838 (66.3)  |
| 1                                     | 330 (8.3)          | 426 (10.6)         | 316 (8.2)          |                    | 1,072 (9.1)   |
| 2                                     | 144 (3.6)          | 272 (6.8)          | 144 (3.8)          |                    | 560 (4.7)     |
| 3+                                    | 528 (13.3)         | 1,051 (26.1)       | 778 (20.3)         |                    | 2,357 (19.9)  |
| Hospital location                     |                    |                    |                    | 3,637.001 (0.001)  |               |
| Seoul                                 | 702 (17.7)         | 1,184 (29.4)       | 2,989 (77.9)       |                    | 4,875 (41.2)  |
| Metropolitan                          | 917 (23.1)         | 1,374 (34.1)       | 410 (10.7)         |                    | 2,701 (22.8)  |
| Urban                                 | 2,348 (59.2)       | 1,467 (36.4)       | 436 (11.4)         |                    | 4,251 (35.9)  |
| Hospital teaching status              |                    |                    |                    | 4,965.342 (0.001)  |               |
| Teaching                              | 1,058 (26.7)       | 3,093 (76.8)       | 3,819 (99.6)       |                    | 7,970 (67.4)  |
| Not teaching                          | 2,909 (73.3)       | 932 (23.2)         | 16 (0.4)           |                    | 3,857 (32.6)  |
| Volume of surgery (cases)             |                    |                    |                    | 5,027.184 (0.001)  |               |
| Level 1                               | 2,361 (59.5)       | 1,492 (37.1)       | 38 (1.0)           |                    | 3,891 (32.9)  |
| Level 2                               | 928 (23.4)         | 1,929 (47.9)       | 960 (25.0)         |                    | 3,817 (32.3)  |
| Level 3                               | 678 (17.1)         | 604 (15.0)         | 2,837 (74.0)       |                    | 4,119 (34.8)  |
| Treatment outcome                     |                    |                    |                    | 124.419 (0.001)    |               |
| Survive                               | 3,724 (93.9)       | 3,876 (96.3)       | 3,784 (98.7)       |                    | 11,384 (96.3) |
| Death                                 | 243 (6.1)          | 149 (3.7)          | 51 (1.3)           |                    | 443 (3.7)     |

Values are presented as number (%).

우침을 배제한 집단별 사망률을 비교하기 위해서이다. 먼저 전체적으로 구조적 복잡성의 수준에 따라 평균사망률이 감소하는 추세를 볼 수 있다. 구조적 복잡성 1수준에서는 수술량 증가에 따라 뚜렷한 사망률의 감소를 보이고 있다. 이와는 대조적으로 구조적 복잡성 2수준에서는 수술량의 증가에 따른 사망률에 별다른 차이가 보이지 않았다. 한편 복잡성 수준 3에서는 수술량 수준 1에서 사망률이 0.0으로 나타났는데 이는 이 집단의 표본수가 38명으로 작았기 때문으로 보인다. 이 집단의 표본수가 작은 것은 높은 구조적 복

잡성을 갖고 있으면서 낮은 수술량을 갖는 병원이 특수한 경우를 제외하고 그리 흔치 않기 때문인 것으로 보인다. 구조적 복잡성 수준 3에서도 수술량 수준 2와 3 사이에 2.68% 포인트의 사망률 차이를 보이고 있다.

### 3. 병원 내 사망률에 영향을 미치는 요인

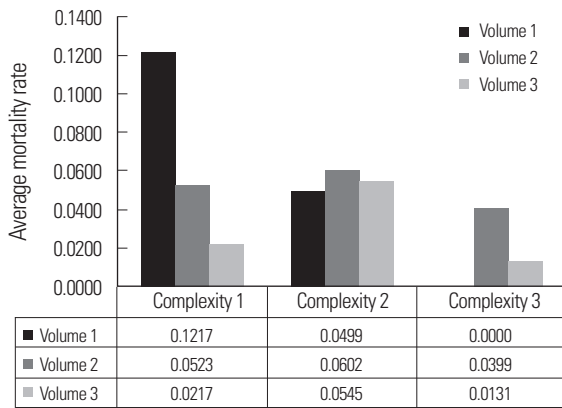
Table 3은 주요 연구변수들 간의 상관계수를 나타내주고 있다. 연령과 상호작용 항을 제외한 모든 변수 간 상관관계가 유의한 것



( $p < 0.01$ )으로 나타났다. 치료결과와의 관계에서 수술량( $r = 0.098$ ,  $p < 0.01$ )과 구조적 복잡성( $r = 0.103$ ,  $p < 0.01$ )은 음의 상관관계를 보이고 있고 그 외 변수는 모두 양의 상관관계를 보이고 있는데 재원일수와 치료결과와의 상관관계( $r = 0.136$ ,  $p < 0.01$ )가 가장 높았다.

재원일수와 중증도, 상호관계 항, 치료결과는 양의 상관관계, 재원일수와 수술량, 구조적 복잡성은 음의 상관관계를 갖고 있었는데 수술량과의 상관관계( $r = 0.219$ ,  $p < 0.01$ )가 가장 높았다. 다중공선성 가능성 확인을 위해 독립변수 간 상관관계의 수준을 살펴보면 수술량과 복잡성의 상관관계가 0.566으로 가장 높게 나타났다. 그러나 이러한 수치는 로지스틱회귀분석에서 상관계수가 0.7 이하이거나 범주형 변수로 범주가 3개 수준 이상일 경우 추정된 계수의 신뢰성에 별 문제가 없다고 볼 때 받아들일 만한 수준이다[24,25].

Table 4는 수술 후 병원 내 사망에 대한 예측변수들의 영향력을 검증하기 위한 위계적 로지스틱회귀분석의 결과이다. 모형 1은 성별, 연령, 입원경로, 의료비 지불수단, 재원일수, 중증도, 병원 종류, 병원소재지 등 통제변수와 독립변수로 수술량을 포함하여 병원 수술량의 사망에 대한 직접적 영향을 검증하였고, 모형 2는 모형 1에 조절변수인 구조적 복잡성을 포함하여 조절변수의 직접적 영향을 검증하였으며, 모형 3은 모형 2에 수술량과 구조적 복잡성의 상호



**Figure 1.** Average mortality rates by structural complexity level and surgery volume level. Volume level: 1, 0-60; 2, 61-180; 3,  $\geq 181$ . Complexity level: 1, 0-687; 2, 688-926; 3,  $\geq 927$ .

**Table 3.** Spearman correlation between major study variables

| Variable         | Age      | Length of stay | Severity | Volume level | Complexity level | Interaction term | Outcome |
|------------------|----------|----------------|----------|--------------|------------------|------------------|---------|
| Age              | 1.000    |                |          |              |                  |                  |         |
| Length of stay   | 0.092**  | 1.000          |          |              |                  |                  |         |
| Severity         | -0.027** | 0.061**        | 1.000    |              |                  |                  |         |
| Volume level     | -0.122** | -0.219**       | 0.046**  | 1.000        |                  |                  |         |
| Complexity level | -0.099** | -0.082**       | 0.069**  | 0.566**      | 1.000            |                  |         |
| Interaction term | 0.002    | 0.033**        | -0.045** | -0.111**     | -0.199**         | 1.000            |         |
| Outcome          | 0.041**  | 0.136**        | 0.070**  | -0.098**     | -0.103**         | 0.070**          | 1.000   |

\*\* $p < 0.01$ .

작용 항을 추가하여 조절효과를 검증하는 완전모형이다. 모형의 유용성 검증결과 모든 모형의 chi-square 값이 유의하였다.

모형 1의 결과를 보면 독립변수인 병원 수술량은 사망률과 유의한 부(-)의 관계를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ). 수술량 수준 1을 기준으로 볼 때 수술량 2는 유의한 차이가 없었고, 수술량 수준 3은 수술량 수준 1보다 승산비 0.522로 사망오즈비가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

환자의 개인별 특징을 나타내는 통제변수는 성별, 연령, 진료비 지불방법을 제외하고 모든 변수가 사망확률과 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다. 입원경로( $p < 0.001$ ), 재원일수( $p < 0.001$ ), 중증도( $p < 0.001$ )는 사망확률과 유의한 정(+)의 관계가 있어 응급실을 통한 입원, 재원일수 21일 이상, 중증도 CCI 1과 CCI 3+의 경우 사망 확률이 유의하게 증가한다. 특히 입원경로에서 응급을 통한 입원의 경우 승산비가 4.005로 외래를 통한 입원에 비해 사망오즈비가 높았다. 중증도는 CCI 0을 기준으로 볼 때 CCI 1의 승산비가 1.743 ( $p < 0.001$ ), CCI 3+는 2.343 ( $p < 0.001$ )으로 사망오즈비가 상대적으로 높았다. 병원소재지는 서울소재 병원보다 시도지역 병원일 경우 승산비가 1.475 ( $p < 0.05$ )로 사망의 오즈비가 높았고, 종합병원의 경우 사망의 오즈비가 승산비 1.813 ( $p < 0.001$ )로 상급종합병원보다 높았다.

모형 2에서 조절변수 구조적 복잡성은 사망확률과 유의미한 부(-)의 관계가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ). 구조적 복잡성이 증가함에 따라 사망확률은 감소하는 것으로 나타나 복잡성 수준 1을 기준으로 할 때 복잡성 수준 2의 승산비는 0.648 ( $p < 0.001$ ), 복잡성 수준 3은 0.475 ( $p < 0.001$ )였다. 한편 수술량은  $p < 0.05$ 수준에서 유의하였고, 각 수준 간 관계는 모형 1과 유사하게 나타났다. 통제변수에서는 상급종합병원과 종합병원 간의 모형의 승산비가 모형 1의 1.813 ( $p < 0.05$ )에서 1.432 ( $p < 0.05$ )로 감소하였다.

모형 3에서 조절효과를 검증하기 위하여 추가 투입된 상호관계 항의 사망확률에 대한 영향력은 승산비 2.074 ( $p < 0.001$ )로 유의한 것으로 나타났다. 따라서 구조적 복잡성은 수술량과 암 수술환자의 사망확률의 관계에서 조절효과를 갖는 것으로 볼 수 있다. 모형 3에서 구조적 복잡성 수준 1을 기준으로 볼 때 수준 3은 승산비

**Table 4.** Results of hierarchical logistic regression analysis on factors affecting in hospital mortality

| Variable            | Model 1                   |                 |                 | Model 2 |                 |                 | Model 3 |                 |                 |       |
|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-------|
|                     | $\beta$                   | SE              | Exp ( $\beta$ ) | $\beta$ | SE              | Exp ( $\beta$ ) | $\beta$ | SE              | Exp ( $\beta$ ) |       |
| Gender              | Male                      |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Female                    | -0.122          | 0.111           | 0.885   | -0.129          | 0.111           | 0.879   | -0.138          | 0.112           | 0.871 |
| Age                 | Level 1                   |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Level 2                   | -0.108          | 0.225           | 0.897   | -0.096          | 0.226           | 0.909   | -0.101          | 0.227           | 0.904 |
|                     | Level 3                   | 0.117           | 0.221           | 1.125   | 0.126           | 0.222           | 1.134   | 0.117           | 0.223           | 1.124 |
| Admission route     | Outpatient                |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Emergency room            | 1.388***        | 0.106           | 4.005   | 1.391***        | 0.107           | 4.018   | 1.368***        | 0.107           | 3.929 |
| Insurance type      | National Health Insurance |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Medical aid program       | 0.147           | 0.170           | 1.159   | 0.136           | 0.171           | 1.146   | 0.131           | 0.171           | 1.140 |
| Length of stay      | Level 1                   |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Level 2                   | -0.093          | 0.296           | 0.911   | -0.075          | 0.296           | 0.928   | -0.082          | 0.297           | 0.921 |
|                     | Level 3                   | -0.351          | 0.282           | 0.704   | -0.301          | 0.283           | 0.740   | -0.256          | 0.283           | 0.774 |
|                     | Level 4                   | -0.518          | 0.274           | 0.596   | -0.463          | 0.275           | 0.629   | -0.408          | 0.275           | 0.665 |
|                     | Level 5                   | 1.180***        | 0.257           | 3.253   | 1.224***        | 0.257           | 3.400   | 1.292***        | 0.258           | 3.639 |
| Severity            | CCI 0                     |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | CCI 1                     | 0.556***        | 0.174           | 1.743   | 0.565***        | 0.175           | 1.759   | 0.534**         | 0.176           | 1.705 |
|                     | CCI 2                     | 0.159           | 0.263           | 1.172   | 0.168           | 0.264           | 1.182   | 0.188           | 0.264           | 1.207 |
|                     | CCI 3+                    | 0.851***        | 0.118           | 2.343   | 0.902***        | 0.119           | 2.463   | 0.912***        | 0.120           | 2.489 |
| Hospital location   | Seoul                     |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Great city                | -0.253          | 0.161           | 0.776   | -0.301          | 0.162           | 0.740   | -0.153          | 0.168           | 0.858 |
|                     | Urban                     | 0.389**         | 0.134           | 1.475   | 0.326**         | 0.136           | 1.386   | 0.532***        | 0.146           | 1.702 |
| Teaching status     | Teaching                  |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | General                   | 0.595***        | 0.124           | 1.813   | 0.359**         | 0.136           | 1.432   | 0.299**         | 0.141           | 1.348 |
| Volume of surgery   | Level 1                   |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Level 2                   | -0.005          | 0.127           | 0.995   | 0.142           | 0.132           | 1.152   | 0.625***        | 0.172           | 1.868 |
|                     | Level 3                   | -0.650***       | 0.165           | 0.522   | -0.469**        | 0.175           | 0.626   | 0.018           | 0.214           | 1.018 |
| Complexity          | Level 1                   |                 |                 |         |                 |                 |         |                 |                 |       |
|                     | Level 2                   |                 |                 |         | -0.434***       | 0.131           | 0.648   | -0.122          | 0.154           | 0.885 |
|                     | Level 3                   |                 |                 |         | -0.745***       | 0.206           | 0.475   | -0.997***       | 0.232           | 0.369 |
| Volume×complexity   | V×C                       |                 |                 |         |                 |                 |         | 0.729***        | 0.159           | 2.074 |
| Model chi-square    |                           | 732.436 (0.001) |                 |         | 749.193 (0.001) |                 |         | 773.243 (0.001) |                 |       |
| -2 log likelihood   |                           | 3,046.889       |                 |         | 3,030.133       |                 |         | 3,006.082       |                 |       |
| Nagelkerke R square |                           | 0.220           |                 |         | 0.224           |                 |         | 0.231           |                 |       |

SE, standard error; CCI, Charlson Comorbidity Index.

\*\* $p < 0.05$ . \*\*\* $p < 0.001$ .

0.369로 유의하였으나( $p < 0.001$ ) 수준 2는 유의하지 않았다. 한편 수술량은 수준 1을 기준으로 볼 때 수술량 수준 2는 승산비 1.868로 사망오즈비가 증가하는 것으로 나타났으며 수술량 수준 3은 유의하지 않았다.

Figure 2는 구조적 복잡성과 수술량의 각 수준별 사망률 추정치를 나타내고 있다. Figure 2에서 보는 바와 같이 복잡성 수준 1에서는 수술량 수준이 증가함에 따라 추정된 사망률이 감소하는 것으로 나타났다. 복잡성 수준 2와 3에서는 추정 사망률의 차이는 있지만 수술량의 증가에 따른 사망률의 뚜렷한 감소세는 보이지 않았다. 오히려 수술량 수준이 1인 경우에 추정 사망률이 가장 낮고 수술량 수준 2의 추정 사망률이 가장 높은 것으로 나타났다. 이렇게

볼 때 구조적 복잡성과 수술량 간의 조절효과는 구조적 복잡성이 낮은 경우에 발생하고 있는 것으로 보인다.

## 고 찰

이 연구는 병원이 서비스 제공을 위해 적용하는 기술의 수준, 서비스의 다양성, 업무체계의 정교성으로 정의되는 구조적 복잡성이 사망확률에 독립적인 영향을 미침과 동시에 수술량과 사망률의 관계에서 조절효과를 갖는다는 가설의 검정을 목적으로 수행되었다. 연구결과 구조적 복잡성이 증가할수록 암 환자의 수술 후 병원 내 사망확률은 감소하였으며 수술량과 구조적 복잡성의 상호작용 항

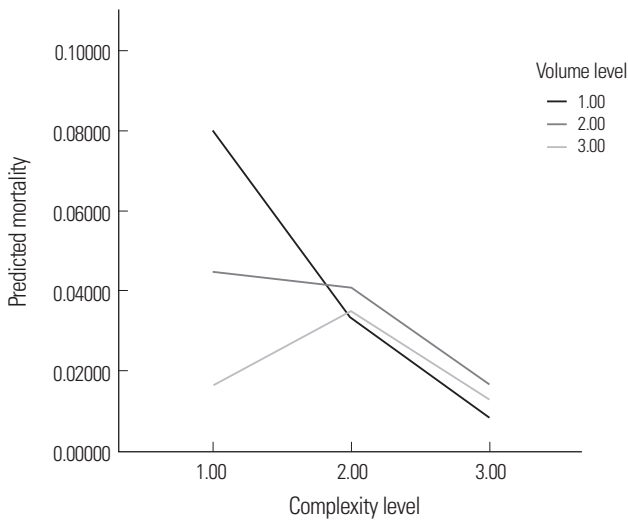


Figure 2. Predicted probability of mortality by complexity level and volume level.

도 유의하여 조절효과가 존재하는 것으로 나타났다. 조절효과는 구조적 복잡성이 낮은 병원에서 수술량 수준이 증가함에 따라 사망확률이 감소하는 양상으로 나타났다. 한편 사망확률에 대한 병원 수술량의 영향은 구조적 복잡성과 상호작용 항이 분석모형에 투입되면서 긍정적 영향이 약화되거나 부정적 영향으로 변화하는 것으로 나타났다. 그 밖에 통제변수의 사망확률에 대한 영향은 응급실을 통하여 입원하였거나 재원일수가 길수록, CCI 중증도가 높거나, 상급종합병원이 아니거나 소도시에 위치하는 병원에서 퇴원할수록 사망확률이 높았다.

구조적 복잡성이 수술량과는 별도로 암 수술 환자의 사망확률에 영향을 미친다는 연구결과는 Macrum 등[13]의 결론과 같다. 이는 병원의 조직적 특징을 포괄적으로 측정하는 구조적 복잡성 개념이 병원의 특성과 의료의 질의 관계분석에서 유용하게 사용될 수 있음을 입증한 것으로 볼 수 있다. 병원의 조직적 특성이 의료의 질에 미치는 영향을 분석한 기존 연구는 대부분 구조적 측면의 측정을 위하여 규모, 인력 수, 의료장비 유무 등 다양한 변수를 사용하였다. 이에 비하여 병원에서 진단되는 진단명 종류의 수로 측정되는 구조적 복잡성은 기존 개별지표의 다양한 측면과 함께 병원이 사용하는 기술의 수준이나 다양성 등을 포괄하므로 병원의 특성과 의료의 질 관계연구에서 보다 단순한(parsimonious) 연구모형 개발에 기여할 수 있을 것이다.

이 연구에서 구조적 복잡성은 사망확률과 부(-)의 관계를 나타내고 있다. 이러한 결과는 복잡성이 높은 조직에서는 문제해결에 있어서 다양한 접근이 가능하기 때문인 것으로 보인다. 또한 다양한 의료적 조건을 다루어야 하는 병원은 이에 대처하여 전문적 서비스와 높은 수준의 기술력을 갖추고 이를 운용하기 위한 효과적인 업무체계를 갖추게 되며 이러한 조건은 상대적으로 높은 의료의

질을 가능하게 한다고 볼 수 있다[13]. 특히 병원과 같이 수행하는 과업의 내용이 복잡한 조직일수록 과업의 수행방법이나 수행결과에 불확실성이 높는데, 이러한 조직일수록 복잡성에서 나오는 문제 해결을 위한 접근방법의 다양성이 성과에 미치는 영향이 증가한다[26,27]. 이러한 논의를 종합해 볼 때 구조적 복잡성이 병원의 중요한 성과 중에 하나인 의료의 질에 긍정적인 영향을 보이는 결과는 당연한 귀결이라고 할 수 있다.

이 연구에서 구조적 복잡성 개념을 모형에 포함했을 때 사망확률에 대한 병원 수술량의 긍정적 영향력이 감소하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 병원 수술량이 구조적 복잡성과 상당한 상관관계를 갖고 있기 때문으로 보인다. 이렇게 볼 때 병원 수술량과 의사 수술량은 개념적으로 차이가 있다고 할 수 있다. 수술 의사의 수술량은 의사의 수술에 대한 숙련도 또는 암묵지식 축적의 정도로 볼 수 있지만 병원 수술량의 경우 조직으로서 병원의 숙련도와 함께 상당 부분 병원의 구조적인 측면을 측정하고 있다고 볼 수 있다. 즉 병원 수술량은 수술 관련 인력의 포괄적인 숙련도와 함께 병원의 규모, 장비, 인력, 업무체계 등도 동시에 측정하고 있다고 볼 수 있다. 따라서 순수한 의미(의사의 숙련도 측면)에서 수술량이 의료의 질에 미치는 효과를 측정하기 위한 연구에서는 병원의 수술량보다 의사의 수술량을 측정하는 것이 개념적으로 더 타당할 것으로 생각된다.

수술량과 사망확률의 관계에서 구조적 복잡성의 조절효과가 유의하였으며 특히 구조적 복잡성 수준 1에서 뚜렷한 양상을 보였다. 이러한 결과는 암 수술 포함해서 난이도가 높은 수술의 효과성과 안전성 향상을 위한 정책대안 마련에 함의하는 바가 크다고 할 수 있다. 지역적 분포나 시장의 특성상 개별 의료기관이 적정한 수술량을 확보할 수 없다면 구조적 측면에서 일정한 수준을 갖추도록 해야 할 것이다. 외국의 예로 미국의 경우 보훈병원들에 대하여 수술의 난이도에 따라 3가지 수준으로 일정 기준의 전문인력, 장비, 시설 및 업무체계의 기준을 정하여 특별한 사유가 없는 한 자격을 갖춘 병원에서 수술을 수행하도록 하고 있다[28]. 우리나라에서는 상급종합병원이나 전문병원 인정기준 그리고 지역거점병원 평가 등에 이러한 조건을 보다 세밀히 명시하여 시행할 수 있다. 또한 개별 병원이 이러한 기준을 갖추기가 어려울 경우 병원 간 협진관계를 갖추도록 수가인정기준 등을 통해서 유도할 방법을 모색할 수도 있을 것이다.

조절효과분석에서 구조적 복잡성 수준 2, 3에서는 수술량의 증가에 따른 사망확률의 감소가 나타나지 않거나 오히려 약간 증가하는 추세를 보인점도 언급할 필요가 있다. 즉 구조적 복잡성이 중간이나 높은 경우 수술량이 증가하는 것이 오히려 의료의 질에 부정적인 영향을 미칠 수도 있다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 Macrum 등[13]이 언급한 바와 같이 병원이 구조적으로 너무 복잡하게 되면 진료를 위한 상호협력에 문제가 발생하여 의료의 질에 부정적



인 영향을 가져올 수도 있기 때문인 것으로 이해할 수 있다. Begun 등[29]은 조직이 구조적 복잡성의 긍정적 효과를 극대화하기 위해서는 구성원들 간에 원활한 협조체계를 갖추는 것이 필수적이라고 하였다.

이 연구의 제한점을 언급하면 다음과 같다. 먼저 수술량과 사망률의 관계에서 역의 인과관계에 대한 사항이 가설설정에서 고려되지 않은 점이다. 환자의 병원 선택이 완전히 무작위로 이루어진다고 보기 어렵고 따라서 선택적 의뢰(selective referral)요인도 사망률에 영향을 미칠 수 있으나 자료의 한계로 모형에 포함되지 않았다[30]. 둘째로 수술량을 병원 수술량으로 측정하는 점이다. 이 연구에서 나타난 바와 같이 병원 수술량이 인력의 숙련도 외에 병원의 구조적 측면을 같이 측정하고 있다면 수술량과 사망률의 관계를 분석하는 연구에서는 의사의 수술량을 측정하는 것이 더 타당할 것으로 생각된다. 셋째로 암 환자의 중증도 보정에 있어서 암질환의 병기를 나타내는 지표나 종양의 크기 등의 지표를 사용하지 않고 동반상병에 근거한 중증도만 보정하였다는 점이다. 그러나 이 연구에서는 암 관련 수술을 받은 환자를 연구대상으로 하였으므로 암질환 병기의 변이는 그리 크지 않을 것으로 보인다. 또한 행정적 용도를 가지고 수집한 임상 관련 자료를 CCI로 보정하였을 때 연구결과가 왜곡될 가능성은 적은 것으로 일반적으로 받아들여지고 있다[31]. 넷째로 퇴원요약지에 근거한 자료의 한계로 인해 병원 내 사망을 치료결과의 기준으로 측정하는 점이다. 암의 경우 수술 후 1년 이내 사망까지는 진료과정에서의 적절한 처치 여부와 관련이 있는 것으로 보아 일반적으로 수술 후 30일 이내에 사망을 기준으로 의뢰서비스 질을 평가하는 것을 볼 때 병원 내 사망에 국한하여 분석하였다는 점에서 제한적이라 할 수 있다. 수술경과가 환자사망에 미치는 효과는 병원 내 사망이 가장 직접적으로 측정한다고 볼 수 있지만 퇴원 후 사망에 대한 추적조사로 보강된 자료는 보다 명확한 결과를 제시할 수 있을 것으로 보인다. 마지막으로 자료의 제한으로 각 암 종별 분석을 시도하지 못한 점이다. 이러한 접근으로 인하여 상대적으로 빈도수가 높은 대장암이나 위암 환자의 치료결과가 연구결과에 상대적으로 큰 영향을 주었을 가능성이 있다. 또한 암 종별 또는 수술종별로 수술 후 사망률에 영향을 미치는 요소가 다를 수 있으므로 이 연구의 결과를 일반화하는 데는 한계가 있다[32-34]. 따라서 향후 연구는 구조적 복잡성 개념을 암 종별 치료결과분석에 적용하여 이 개념이 치료결과에 미치는 영향에 대한 이해를 확장할 필요가 있다.

## REFERENCES

- Birkmeyer JD, Siewers AE, Finlayson EV, Stukel TA, Lucas FL, Batista I, et al. Hospital volume and surgical mortality in the United States. *N Engl J Med* 2002;346(15):1128-1137. DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/nejmsa012337>
- Kim MG, Kwon SJ. Comparison of the outcomes for laparoscopic gastrectomy performed by the same surgeon between a low-volume hospital and a high-volume center. *Surg Endosc* 2014;28(5):1563-1570. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-013-3352-2>
- Damle RN, Macomber CW, Flahive JM, Davids JS, Sweeney WB, Sturrock PR, et al. Surgeon volume and elective resection for colon cancer: an analysis of outcomes and use of laparoscopy. *J Am Coll Surg* 2014;218(6):1223-1230. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2014.01.057>
- Joseph B, Morton JM, Hernandez-Boussard T, Rubinfeld I, Faraj C, Velanovich V. Relationship between hospital volume, system clinical resources, and mortality in pancreatic resection. *J Am Coll Surg* 2009;208(4):520-527. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2009.01.019>
- McPhee JT, Robinson WP 3rd, Eslami MH, Arous EJ, Messina LM, Schanzer A. Surgeon case volume, not institution case volume, is the primary determinant of in-hospital mortality after elective open abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2011;53(3):591-599. e2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2010.09.063>
- Hannan EL, Radzyner M, Rubin D, Dougherty J, Brennan MF. The influence of hospital and surgeon volume on in-hospital mortality for colectomy, gastrectomy, and lung lobectomy in patients with cancer. *Surgery* 2002;131(1):6-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1067/msy.2002.120238>
- Chang CM, Yin WY, Wei CK, Lee CH, Lee CC. The combined effects of hospital and surgeon volume on short-term survival after hepatic resection in a population-based study. *PLoS One* 2014;9(1):e86444. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086444>
- Barbieri CE, Lee B, Cookson MS, Bingham J, Clark PE, Smith JA Jr, et al. Association of procedure volume with radical cystectomy outcomes in a nationwide database. *J Urol* 2007;178(4 Pt 1):1418-1421. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2007.05.156>
- Konety BR, Dhawan V, Allareddy V, Joslyn SA. Impact of hospital and surgeon volume on in-hospital mortality from radical cystectomy: data from the health care utilization project. *J Urol* 2005;173(5):1695-1700. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.ju.0000154638.61621.03>
- Gruen RL, Pitt V, Green S, Parkhill A, Campbell D, Jolley D. The effect of provider case volume on cancer mortality: systematic review and meta-analysis. *CA Cancer J Clin* 2009;59(3):192-211. DOI: <http://dx.doi.org/10.3322/caac.20018>
- Richardson AJ, Pang TC, Johnston E, Hollands MJ, Lam VW, Pleass HC. The volume effect in liver surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Gastrointest Surg* 2013;17(11):1984-1996. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11605-013-2314-2>
- Avritscher EB, Cooksley CD, Rolston KV, Swint JM, Delclos GL, Franzini L, et al. Serious postoperative infections following resection of common solid tumors: outcomes, costs, and impact of hospital surgical volume. *Support Care Cancer* 2014;22(2):527-535. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00520-013-2006-1>
- McCrum ML, Lipsitz SR, Berry WR, Jha AK, Gawande AA. Beyond volume: does hospital complexity matter?: an analysis of inpatient surgical mortality in the United States. *Med Care* 2014;52(3):235-242. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MLR.0000000000000077>
- Walters BA, Bhuian SN. Complexity absorption and performance: a structural analysis of acute-care hospitals. *J Manag* 2004;30(1):97-121. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jm.2003.01.005>
- Lee KH. A study of the relationship between organizational characteristics and effectiveness in the central administrative agencies of Korea. *Korean Stud Inf Serv Syst* 2014;52(1):1-34.
- Lee KH, Kim KS. Organizational characteristics and performance of executive agency in Korea. *Korean Assoc Policy Anal Eval* 2005;15(2):127-163.



17. Keller RT. Cross-functional project groups in research and new product development: diversity, communications, job stress, and outcomes. *Acad Manag J* 2001;44(3):547-555. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/3069369>
18. Reagans R, Zuckerman E, McEvily B. How to make the team: social networks vs. demography as criteria for designing effective teams. *Admin Sci Q* 2004;49(1):101-133.
19. Park OW. R&D project team diversity and team performance: investigating the moderating effect of innovative problem solving style and interdependence. *J Korea Technol Innov Soc* 2013;16(4):913-936.
20. Joshi A, Roh H. The role of context in work team diversity research: a meta-analytic review. *Acad Manag J* 2009;52(3):599-627. DOI: <http://dx.doi.org/10.5465/amj.2009.41331491>
21. Doh SR, Chang YS, Sohn CK, Shin ES, Kim EJ, Chun JH. Year 2011 patients survey. Seoul: Korea Institute of Health and Social Affairs, Ministry of Health and Welfare; 2012.
22. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis* 1987;40(5):373-383. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9681\(87\)90171-8](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9681(87)90171-8)
23. Baron RM, Kenny DA. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. *J Pers Soc Psychol* 1986;51(6):1173-1182. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
24. Allison P. When can you safely ignore multicollinearity? [Internet]. Ardmore (PA): Statistical Horizons; 2012 [cited 2014 Sep 20]. Available from: <http://www.statisticalhorizons.com/multicollinearity>.
25. Kim B, Yum S, Kim Y, Yun N, Shin S, You S. An analysis of factors relating to agricultural machinery farm-Work accidents using logistic regression. *J Biosystems Eng* 2014;39(3):151-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.5307/jbe.2014.39.3.151>
26. Cha JS. The impact of problem-solving style and LMX on technical performance or organizational commitment: investigating the moderating effect of task uncertainty. *J Hum Resour Manag* 2012;9(4):99-117.
27. Jehn KA, Northcraft GB, Neale MA. Why differences make a difference: a field study of diversity, conflict and performance in workgroups. *Admin Sci Q* 1999;44(4):741-763. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2667054>
28. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration. Facility infrastructure requirements to perform standard, intermediate, or complex surgical procedures. Washington (DC): Veterans Health Administration; 2010.
29. Begun JW, Tornabeni J, White KR. Opportunities for improving patient care through lateral integration: the clinical nurse leader. *J Healthc Manag* 2006;51(1):19-25.
30. Allareddy V, Ward MM, Wehby GL, Konety BR. The connection between selective referrals for radical cystectomy and radical prostatectomy and volume-outcome effects: an instrumental variables analysis. *Am J Med Qual* 2012;27(5):434-440. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1062860611423728>
31. Kim SY, Park JH, Kim SG, Woo HK, Park JH, Kim Y, et al. Disparities in utilization of high-volume hospitals for cancer surgery: results of a Korean population-based study. *Ann Surg Oncol* 2010;17(11):2806-2815. DOI: <http://dx.doi.org/10.1245/s10434-010-1133-x>
32. Yu W, Yun YK, Whang I, Choi GS. The surgeon's expertise-outcome relationship in gastric cancer surgery. *Cancer Res Treat* 2005;37(3):143-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.4143/crt.2005.37.3.143>
33. Lee SI, Park YA, Sohn SK. A survey on the impact of operation volume on rectal cancer management. *J Korean Med Sci* 2007;22 Suppl:S86-S90. DOI: <http://dx.doi.org/10.3346/jkms.2007.22.s.s86>
34. Kim CG, Kwak EK, Lee SI. The relationship between hospital volume and outcome of gastrointestinal cancer surgery in Korea. *J Surg Oncol* 2011;104(2):116-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jso.21946>