

# 뇌졸중 환자의 결과지표에 영향을 주는 요인: 다변량 회귀분석과 다수준분석 비교

김선희<sup>1</sup> · 이해종<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한림성심대학교 의무행정과, <sup>2</sup>연세대학교 보건과학대학 보건행정학과

## Factors Affecting the Outcome Indicators in Patients with Stroke

Sun Hee Kim<sup>1</sup>, Hae Jong Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Medical Care and Hospital Administration, Hallym Polytechnic University, Chuncheon; <sup>2</sup>Department of Health Administration, Yonsei University College of Health Sciences, Wonju, Korea

**Background:** The purpose of this study is comparison of the results between regression and multi-level analysis to find out factors influencing outcome indicators (in-hospital death, length of stay, and medical charges) of stroke patients.

**Methods:** By using patient sample data of Health Insurance Review & Assessment Service, patients admitted with stroke were selected as survey target and 15,864 patients and 762 hospitals were surveyed.

**Results:** For the results of existing regression analysis and multi-level analysis, models were assessed through model suitability index value and as a result, the value of results of multi-level analysis decreased compared to the results of regression, showing it is a better model.

**Conclusion:** Factors influencing in-hospital death of stroke patients were analyzed and as a result, intra-class correlation (ICC) was 13.6%. In factors influencing length of stay, ICC was 11.4%, and medical charges, ICC was 17.7%. It was found that factors influencing the outcome indicators of stroke patients may vary in every hospital. This study could carry out more accurate analysis than existing research findings through analysis of reflecting structure at patient level and hospital level factors and analysis on random effect.

**Keywords:** Regression; Multilevel analysis; Stroke; Outcome indicators

### 서론

뇌혈관질환은 우리나라 사망원인의 2위에 해당하며, 장애 발생률이 높고 의료비 부담도 많은 질환이다. 뇌졸중은 인구의 고령화로 인해 지속적인 증가를 보여, 2011년 요양기관에서 진료를 받은 뇌졸중 환자는 555,323명, 진료비는 10,201억 원으로 2005년 대비 각각 25.4%, 81.3% 증가하였다[1,2]. 건강보험심사평가원에서는 2006년부터 의료의 질 평가 일환 중 하나로 뇌졸중 환자를 대상으로 평가한다. 인구구조의 급속한 고령화에 따른 환자 수의 증가와 노인 의료비의 증가를 유발하는 뇌졸중 환자에 대한 평가와 관리

의 중요성은 이미 알려진 바 있다.

일반적으로 질병 치료의 결과를 평가하기 위해 사망률, 재입원, 합병증, 재원일수, 진료비용, 환자의 만족도, 감염률 등이 결과의 척도로 자주 사용된다. 특히 사망률, 재원일수, 진료비는 환자에게 중요한 정보일 뿐만 아니라 보건 관련 의사결정을 하는 데 중요한 정보를 제공한다[3]. 환자에게는 진료의 질 지표로서의 역할을 하고, 병원에게는 조직운영의 효율성을 나타내는 지표이기 때문이다. 병원 자원이용의 정확한 정보는 병원경영의 필수적인 요소이다. 그러나 병원은 이원화되어 있는 조직으로 임상부분과 행정 부분의 정보교류가 쉽지 않다. 이러한 결과지표의 산출은 대부분 임상자료

Correspondence to: Hae Jong Lee

Department of Health Administration, Yonsei University College of Health Sciences, 1 Yeonsedaegil, Wonju 220-842, Korea

Tel: +82-33-760-2416, Fax: +82-33-760-2519, E-mail: [haejongl@yonsei.ac.kr](mailto:haejongl@yonsei.ac.kr)

Received: October 21, 2014 / Revised: March 25, 2015 / Accepted after revision: April 2, 2015

© 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.

에 의한 것으로 병원경영 시 정책결정이나 의사결정의 자료로 산출하기가 어렵다. 이에 본 연구는 행정자료를 이용하여 뇌졸중 환자의 결과지표들(병원 내 사망률, 재원일수, 진료비)을 산출하여 분석하였다.

건강보험심사평가원에서 실시한 급성기 뇌졸중 평가결과에서는 뇌졸중 환자의 결과지표인 재원일수, 진료비가 의료기관 간에 차이를 나타내었고, 의료기관에 따라 기대사망률도 차이가 있음을 알 수 있었다[4]. 병원요인에 대한 연구들을 살펴보면 진료량이 많을수록 재원일수와 진료비에 영향을 주었으며, 병원 내 사망률은 낮아지는 결과를 제시하였다[5-8]. 또 Lin 등[9]의 의사 수와 진료비의 관계연구에서는 병원의 특성으로 인한 차이를 보여주는 영향요인은 병원의 소유형태와 수련병원 유무, 의사 수임을 알 수 있었으며, 뇌졸중 환자의 병원 내 사망의 경향을 연구한 Ovbiagele [10]는 의료보장형태, 병원위치, 병상 수, 진료량, 병원의 소재 지역이 영향요인으로 분석되었다. Reeves 등[11]이 분석한 급성 뇌졸중 치료의 질의 결정요인에서는 병상 수에 따라 종속변수에 영향을 주었으며, Reed 등[12]은 뇌혈관질환 입원 환자의 진료비, 재원일수, 그리고 사망률에 대한 연구에서 진료비는 수련병원(community teaching hospital)이 그렇지 않은 병원에 비해 높다는 결과를 보여주었다.

지금까지의 대부분의 선행연구들은 여러 가지 측면으로부터 영향을 받는 결과변수에 대해 관련된 요인들을 단일 수준으로 분석해 왔다. 즉 이전의 분석에서는 치료의 결과에 대한 분석을 환자 수준의 요인에 초점을 맞추고 있다. 그러나 질병에 대한 결과지표는 환자 수준뿐만 아니라 병원 수준의 요인에 의해서도 결정된다. 다시 말해 환자의 결과지표에 개인 수준의 요인들의 영향력은 물론 개인이 속한 집단 수준 즉, 환자가 속한 병원 수준의 요인들도 진료 결과에 영향을 준다는 것이다. 병원에서 행해지는 의료서비스를 통해 수집된 자료는 본질적으로 계층적이며, 환자와 의사가 병원 내에서 중첩되어 있다. 이러한 다중데이터구조에서는 병원 내의 환자가 독립적으로 관측되지 못하기 때문에 가장 적합한 통계분석을 고려해야 한다[11].

병원과 같은 집단 수준의 요인에 의해 달라짐을 예측할 수 있음에도 불구하고 현재 결과지표에 대해 환자 수준과 병원 수준을 반영한 실증연구는 거의 없었다. 이에 본 연구는 단일 수준으로 분석하는 기존의 회귀분석과 환자 수준과 병원 수준을 모두 고려한 다수준분석을 통해 두 방법론 간의 차이를 분석하고자 한다.

## 방 법

### 1. 연구대상

본 연구의 자료원은 건강보험심사평가원의 2009년 환자표본자료를 이용했다. 이 자료는 해당 연도 1월부터 익년 3월까지의 청구

자료를 기준으로 진료내역을 구축한 것으로, 1년간의 의료이용을 한 모든 환자대상으로 성별, 연령에 따른 환자단위 층화계통을 추출한 자료이다.

연구대상은 뇌졸중으로 입원한 환자이며, 대상 추출을 위해 국제질병사인분류인 international statistical classification of diseases and related health problems 10th revision (ICD-10)에서 뇌졸중 진단코드인 I60., I61., I62., I63.으로 분류된 상병코드를 이용하였다. 주 진단 또는 동반질환이 뇌졸중인 경우를 모두 포함하여 대상의 누락이 없도록 하였으며, 입원 시 computed tomography나 magnetic resonance imaging을 실시한 환자가 대상이다. 또한 뇌졸중 발생이 극히 적은 18세 미만의 환자와 외상성 상병을 동반한 환자는 대상에서 제외하였다. 다수준분석을 위해 한 환자가 한 병원만을 방문한 경우만을 추출하여 대상에 포함하였다.

### 2. 변수의 정의 및 측정방법

변수는 문헌을 통해 밝혀진 결과변수에 영향을 주는 요인과 수집된 행정자료에서 추출할 수 있는 변수 중 유사한 것을 선정하였다. 독립변수를 2가지 수준으로 구분하였다. 환자 수준의 변수는 성별, 연령, 의료보장형태, 뇌졸중형태, Elixhauser comorbidity index (ECI), 수술시행, 중환자실 이용, 그리고 입원경로이다. 의료보장형태는 건강보험, 의료보호, 그리고 기타로 구분하였으며, 뇌졸중형태는 ICD-10의 뇌졸중 진단코드 중에서 출혈성 뇌졸중을 나타내는 I60-I62와 허혈성 뇌졸중을 나타내는 I63으로 구분하였다. 건강보험 청구자료만으로 질병의 중증도(severity)를 파악하기 어렵기 때문에 뇌졸중이 아닌 기타 상병은 모두 동반질환으로 한정하였다. 중증도 보정은 행정데이터분석에서 많이 사용하는 동반질환 보정지수인 ECI를 이용하여 산출하였으며, 입원경로는 응급실과 외래로 구분하였다. 병원 수준의 변수는 의료기관 종별, 병상수, 100병상당 의사 수, 100병상당 간호사 수, 지역, 그리고 진료량이다. 의료기관 종별은 상급종합병원, 종합병원, 병원, 요양병원으로 구분하였으며, 병원의 진료량은 대상병원에 뇌졸중으로 입원한 환자 수를 수치화하여 자료분석에 이용하였다.

일반적으로 stroke scale (뇌졸중 환자의 의식수준 평가도구)은 Glasgow Coma Scale, National Institute of Health Stroke Scale, Modified Rankin Scale, Barthel Index, APACHE (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation) 등을 사용한다. 그러나 의료기관마다 다른 stroke scale을 사용하고 동일한 의료기관 내에서도 환자마다 다른 stroke scale을 사용하고 있고, 심지어 기재하지 않는 경우도 있다. 이렇게 일원화되어 있지 않은 임상자료를 이용한 분석의 경우 결과를 분석하기에는 어려움이 있다[13]. 이러한 문제점을 해결하고자 질환의 중증도를 나타내기 위해 동반질환을 보정하는 방법이 있다. 기존 연구에서는 동반질환을 보정하는 방법을 전문가의 자문이나 통계적인 방법으로 시행해 왔다[4,14]. 그러나 국외에

서는 체계적인 동반질환 측정도구들을 이용하고 있다. 본 연구에서 사용한 ECI는 국제질병분류 제9차 개정 임상 수정판(ICD, 9th revision, clinical modification)을 근거로 개발된 30개의 동반질환을 지표로 보정하는 방법이다. Index에서 분류된 상병군의 해당 여부를 구분하여 점수화하는 것으로 특정 질병을 대상으로 병원 내 사망, 재원일수, 진료비 등의 결과 예측을 위한 방법이다[15]. ECI는 여러 가지 동반질환 측정도구 중 행정자료분석에 가장 예측력이 뛰어나다는 연구결과들이 있다[16-19].

분석에 이용한 변수 중 병상 수는 환자조사 심층분석에서 제시된 병상 구분을 이용하여 구간을 재설정하였다[20]. 연속형 변수인 연령, ECI, 100병상당 의사 수, 100병상당 간호사 수, 그리고 진료량은 자료의 특성을 보기 위해 구간으로 제시하였는데, 연령을 제외한 나머지 변수들은 4분위수를 이용하였다. 그리고 회귀분석 및 다수준분석에서는 연속형 변수로 분석하였다.

중속변수는 뇌졸중 결과지표 중에서 병원 내 사망, 재원일수, 진료비를 이용하였다. 병원 내 사망은 사망과 생존으로 구분하였으며, 재원일수는 입원일수, 진료비는 입원요양급여비용총액을 이용하였다.

### 3. 분석방법

분석도구는 SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여, 뇌졸중 결과지표에 영향을 주는 요인을 다변량 회귀분석과 다수준분석을 통해 비교하고, 모형의 적합도를 알아보았다. 분석 모형은 중속변수의 특성과 자료의 분포에 따라 적용하였는데, 중속변수인 원내사망 유무를 분석하기 위해 로지스틱모형, 계수형 변수인 재원일수를 분석하기 위해 포아송모형, 그리고 진료비분석을 위해 선형모형을 적용하였다. 다수준분석은 기본모형과 수준별 변수를 투입하여 모형을 설정한다.

<Step 1> 설명변수가 없는 모형, 즉 절편만 있는 모형(null model)

- 1수준:  $y_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij}$   
 $y_{ij}$ : j번째 집단 내 i번째 개인수준의 중속변수  
 $\beta_{0j}$ : j번째 집단에서의 절편  
 $e_{ij}$ : j번째 집단 내 i번째 개인수준의 오차,  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$
  - 2수준:  $\beta_{0j} = Y_{00} + u_{0j}$   
 $Y_{00}$ : 전체 평균  
 $u_{0j}$ : j번째 집단 간의 변이,  $u_{0j} \sim N(0, \tau_{00})$
- 따라서  $y_{ij} = Y_{00} + u_{0j} + e_{ij}$ , 여기서  $u_{0j} \sim N(0, \tau_{00})$ 과  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Step 1의 모형은 통제변수를 포함하지 않은 모형으로 분석단위별 분산을 추정하는 모형이며, 본 연구에서 집단 수준을 반영하여 분석하는 것이 필요한지를 확인할 수 있다. 개인 수준과 집단 수준

의 변수 투입 없이 구조만을 반영하여 분석한 null model에서는 자료분석의 기본적인 정보를 얻을 수 있으며, 다음 단계 분석에 기준을 제시한다.

Null model에서는 각 수준별 분산성분과 집단 내 상관계수(intra-class correlation, ICC)를 알 수 있다. ICC는 전체의 분산 중에서 집단 수준의 분산이 차지하는 비율을 나타낸다. ICC 구하는 공식은 다음과 같다.

$$ICC = \frac{\tau_{00}}{\tau_{00} + \sigma^2}$$

집단 수준에서 설명할 수 없는  $u_{0j}$ 의 분산:  $\tau_{00}$

개인 수준에서 설명할 수 없는  $e_{ij}$ 의 분산:  $\sigma^2$

다수준분석 단위에 개인 수준의 분산이 산출되지 않는 경우 표준 로지스틱 분포의 분산을  $\pi^2/3$ 으로 대신한다. ICC분석을 통하여 집단 수준의 분석이 필요한 경우 집단분석을 위한 다음 단계로 넘어간다.

<Step 2> 수준별의 설명 변수들 추가

-1수준:  $y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{01}x_{ij} + \beta_{02}z_j + e_{ij}$ ,  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

-2수준:  $\beta_{0j} = Y_{00} + u_{0j}$

따라서,  $y_{ij} = Y_{00} + \beta_{01}x_{ij} + \beta_{02}z_j + u_{0j} + e_{ij}$

여기서  $u_{0j} \sim N(0, \tau_{00})$ 과  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

$z_j$ : 집단 수준의 설명변수

$\beta_{02}$ : 집단 수준의 설명변수에 대한 고정된 회귀계수

Step 2의 모형은 하위수준, 즉 개인수준의 변수들과 상위 수준, 즉 집단 수준의 변수들을 반영하여 분석한 것으로 full model이라고 하고, 이는 개인 수준 변수들의 영향력은 물론 집단 수준 변수들의 영향력을 제시하는 모형이다[21-23].

모형 선택을 위해서는 정확한 기준을 이용하는 것이 바람직하다. 다수준분석에 사용하는 정보기준에는 Akaike Information Criterion (AIC), AICC (corrected AIC), BIC (Bayesian Information Criterion) 등 여러 가지가 있으나 가장 많이 사용하는 것이 AIC이다. AIC는 compartment 및 parameter 추가 또는 제거에 따른 모형의 개선 유무를 판단할 수 있다. 지수 감소량과는 관계없이 낮은 값을 가지는 모형이 높은 값을 가지는 모형에 비해 개선되었다고 판단할 수 있다.

## 결 과

### 1. 대상의 일반적 특성

조사대상 환자수는 총 15,864명이고, 병원 수는 총 762개였다. 먼

저 환자의 특성을 살펴보면 남자는 8,039명(50.67%), 여자는 7,825명(49.33%)이었으며, 평균 연령은 67.2세였다. 의료보장형태는 건강보험이 전체의 85.70%인 13,596명이었고 의료보호가 2,232명(14.07%), 기타가 36명(0.23%)이었다. 뇌졸중형태는 허혈성이 12,671명으로 79.87%, 출혈성이 3,193명으로 20.13%였고, 동반질환 지수인 평균 ECI는 2.4점임을 알 수 있었다. 수술을 시행한 환자수는 3,559명(22.43%), 중환자실을 이용한 환자수는 4,117명(25.95%)이었으며, 응급실로 입원한 환자는 전체의 52.60%인 8,295명이었다.

병원을 기준으로 특성을 보면 의료기관 종별에 따라 상급종합병원은 44개(5.77%), 종합병원 264개(34.65%), 병원은 388개(50.92%), 그리고 요양병원 66개(8.66%)였다. 병상수는 100병상 미만이 65개(8.53%), 100병상 이상 300병상 미만은 451개(59.19%), 300병상 이상 500병상 미만은 111개(14.57%), 500병상 이상 700병상 미만은 71개(9.32%), 그리고 700병상 이상은 64개(8.40%)였다. 평균 100병상당 의사수는 8.8명이었으며, 평균 100병상당 간호사수는 21.3명이었고, 병원의 평균 진료량은 21.0건임을 알 수 있었다. 지역별 분포를 보면 특별시와 광역시를 묶은 대도시에는 295개(38.71%)의 병원이 있었으며, 그 외의 지역에 467개(61.29%)의 병원이 소재하였다(Table 1).

**2. 다변량 회귀분석과 다수준분석의 결과 비교**

다변량 회귀분석과 다수준분석에 동일한 변수를 적용하여 분석을 한 후 두 분석방법에 의한 결과의 차이와 적절한 모형을 알아보고자 하였다. 독립변수들 간의 다중공선성의 유무를 확인하기 위해 독립변수들의 추정된 모수 간의 상관관계를 확인한 결과, 독립변수 간 낮은 상관관계를 보여( $r < 0.6$ ), 다중공선성은 없는 것으로 판단하여 선정된 독립변수를 모두 사용하였다.

**1) 병원 내 사망 유무에 영향을 주는 요인 분석**

종속변수는 병원 내 사망 유무로 로지스틱회귀분석과 다수준 분석을 실시한 후 분석결과를 비교하였다. Table 2의 왼쪽은 로지스틱회귀분석의 결과로 자료의 수준을 구분하지 않고 독립변수를 투입한 후 분석한 결과를 제시하였다. 그리고 표의 오른쪽은 다수준분석의 결과로 표의 고정효과(fixed effect)라고 불리는 회귀모형의 계수를 제시함으로써 기존의 로지스틱회귀분석 결과와 비교하였다.

먼저 로지스틱회귀분석의 결과를 보면 병원 내 사망에 통계적으로 유의하게 영향을 주는 요인은 연령, 의료보장형태, 뇌졸중형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 입원경로, 진료량이었다고, 다수준분석결과에서는 환자 수준에서는 연령, 의료보장형태, 뇌졸중형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 입원경로가, 병원 수준에서는 진료량이 통계적으로 유의하였다. 뇌졸중 환자의 병원 내 사망에 영향

**Table 1. General characteristics of patients and hospitals**

Independence variable	Category	Value
Level 1 (n= 15,864)		
Gender	Male	8,039 (50.67)
	Female	7,825 (49.33)
Age (yr)	≤ 40	466 (2.94)
	40-50	1,285 (8.10)
	50-60	2,428 (15.31)
	60-70	3,808 (24.00)
	70-80	5,148 (32.45)
	≥ 80	2,729 (17.20)
Medical insurance type	National health insurance	13,596 (85.70)
	Medicaid	2,232 (14.07)
	Others	36 (0.23)
Type of stroke	Ischemic	12,671 (79.87)
	Hemorrhagic	3,193 (20.13)
Elixhauser comorbidity index	0	2,047 (12.90)
	1-2	7,423 (46.79)
	3-4	4,455 (28.08)
	5+	1,939 (12.22)
Surgery	No	12,305 (77.57)
	Yes	3,559 (22.43)
Intensive care unit	No	11,747 (74.05)
	Yes	4,117 (25.95)
Admission source	Emergency room	8,295 (52.60)
	Outpatient department	7,475 (47.40)
Level 2 (n= 762)		
Hospital type	Tertiary hospital	44 (5.77)
	General hospital	264 (34.65)
	Hospital	388 (50.92)
	Long-term care hospital	66 (8.66)
No. of beds	≤ 100	65 (8.53)
	100-300	451 (59.19)
	300-500	111 (14.57)
	500-700	71 (9.32)
	≥ 700	64 (8.40)
No. of doctors per 100 beds	≤ 4	215 (28.22)
	4-7	236 (30.97)
	7-10	132 (17.32)
	≥ 10	179 (23.49)
No. of nurses per 100 beds	≤ 10	191 (25.07)
	10-20	224 (29.40)
	20-30	155 (20.34)
	≥ 30	192 (25.20)
Patient volume (cases)	≤ 3	231 (30.31)
	3-8	170 (22.31)
	8-21	178 (23.36)
	≥ 21	183 (24.02)
Region	Urban	295 (38.71)
	Rural	467 (61.29)

Values are presented as number (%). Missing data exclude.

을 주는 요인은 로지스틱회귀분석과 다수준분석에서 동일한 변수가 유의함을 알 수 있었다.

다수준분석 초기 단계인 null model의 분석결과, 임의효과인 집단 수준의 분산 즉, 병원 간의 차이에 의해 발생하는 분산은 0.5199였다. 전체의 분산 중에서 집단 수준의 분산이 차지하는 비율인

**Table 2.** Comparison of the result between logistic regression and multi-level logistic analysis (in-hospital death)

Variable	Logistic regression		Multi-level analysis	
	Odds ratio	SE	Odds ratio	SE
<b>Fixed effect</b>				
Intercept	0.0037***	0.3271	0.0037***	0.4001
<b>Level 1</b>				
Age	1.0281***	0.0030	1.0273***	0.0030
Gender (female)	0.8936	0.0738	0.8898	0.0753
<b>Medical insurance type</b>				
National health insurance	Reference		Reference	
Medicaid	1.2659*	0.1011	1.2462*	0.1036
Others	1.1256	0.7907	1.1263	0.8211
<b>Type of stroke</b>				
Ischemic	Reference		Reference	
Hemorrhagic	2.0348***	0.0812	2.0625***	0.0834
Elixhauser comorbidity index	1.0868***	0.0174	1.1021***	0.0193
Surgery	2.8725***	0.0815	2.9515***	0.0838
Intensive care unit	5.5806***	0.0916	5.9085***	0.0963
<b>Admission source</b>				
Emergency room	Reference		Reference	
Outpatient department	0.7846**	0.0817	0.7417**	0.0925
<b>Level 2</b>				
<b>Hospital type</b>				
Tertiary hospital	Reference		Reference	
General hospital	0.9189	0.1241	0.9133	0.1890
Hospital	1.3925	0.2028	1.3800	0.2650
Long-term care hospital	0.9278	0.4945	0.9264	0.5330
<b>No. of beds</b>				
≥ 700	Reference		Reference	
≥ 100	1.1433	0.4414	1.141	0.4788
100-300	0.8237	0.1795	0.8187	0.2305
300-500	0.8205	0.1515	0.8101	0.2059
500-700	0.9347	0.1141	0.9377	0.1652
No. of doctors per 100 beds	0.9978	0.0054	0.9974	0.0077
No. of nurses per 100 beds	0.9942	0.0035	0.9926	0.0048
Patient volume	0.6748***	0.1074	0.9960*	0.0016
<b>Region</b>				
Urban	Reference		Reference	
Rural	1.0157	0.0768	1.0361	0.1037
<b>Random effect</b>				
Variance of the intercept at the hospital level			0.4853*** <sup>†</sup>	0.0720 <sup>†</sup>
-2Log L	5,702.77		5,674.99	
Akaike Information Criterion	5,744.77		5,718.99	

SE, standard error.

\* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ . \*\*\* $p < 0.001$ . <sup>†</sup>Variance component. <sup>‡</sup>SE.

ICC를 계산하면  $0.5199 / (0.5199 + \pi^2/3) = 0.136$ 으로 13.6%이다. 따라서 병원 내 사망에 영향을 주는 요인에서 총 분산의 13.6%가 집단 수준 즉, 병원 수준의 분산이 차지하는 비율이고, 나머지 86.4%는 개인 수준의 분산 즉, 환자 수준의 분산으로 설명되었다. 다시 말해 병원 내 사망에 영향을 주는 요인은 병원 간의 차이가 있음을 확인

할 수 있었다.

모형적합도를 나타내는 AIC로 모형을 평가한 결과, 로지스틱회귀분석보다 집단 수준과 개인 수준을 고려한 다수준분석의 AIC 값이 낮았고, -2Log L을 이용한 likelihood ratio (LR) test를 실시한 결과도 로지스틱회귀분석과 다수준분석을 비교한 결과 통계적

**Table 3.** Comparison of the result between poisson regression and multi-level poisson analysis (length of stay)

Variable	Poisson regression		Multi-level analysis	
	Estimate	SE	Estimate	SE
<b>Fixed effect</b>				
Intercept	2.3493***	0.0189	2.3560***	0.1447
<b>Level 1</b>				
Age	-0.0010***	0.0002	-0.0015***	0.0002
Gender (female)	0.0073	0.0044	0.0140**	0.0045
<b>Medical insurance type</b>				
National health insurance	Reference		Reference	
Medicaid	0.1087***	0.0059	0.0846***	0.0063
Others	0.1023*	0.0417	0.1421**	0.0444
<b>Type of stroke</b>				
Ischemic	Reference		Reference	
Hemorrhagic	0.1007***	0.0055	0.1112***	0.0058
Elixhauser comorbidity index	0.1116***	0.0011	0.1415***	0.0012
Surgery	0.3545***	0.0053	0.3423***	0.0056
Intensive care unit	0.1769***	0.0054	0.1760***	0.0059
<b>Admission source</b>				
Emergency room	Reference		Reference	
Outpatient department	0.0354***	0.0047	0.0223***	0.0058
<b>Level 2</b>				
<b>Hospital type</b>				
Tertiary hospital	Reference		Reference	
General hospital	-0.0035	0.0078	-0.0068	0.1001
Hospital	-0.0272*	0.012	-0.1043	0.1133
Long-term care hospital	0.3560***	0.0193	0.4168**	0.1265
<b>No. of beds</b>				
≥ 700	Reference		Reference	
≤ 100	0.0038	0.026	-0.0182	0.1132
100-300	0.0371***	0.0105	0.0347	0.0966
300-500	0.0264**	0.0093	0.0445	0.095
500-700	0.0051	0.007	-0.0007	0.0851
No. of doctors per 100 beds	-0.0037***	0.0003	-0.0067*	0.0034
No. of nurses per 100 beds	0.0010***	0.0002	-0.0005	0.0016
Patient volume	-0.0013***	0.0001	-0.0004	0.0008
<b>Region</b>				
Urban	Reference		Reference	
Rural	-0.0496***	0.0046	-0.0474	0.0319
<b>Random effect</b>				
Variance of the intercept at the hospital level			0.3796***,†	0.0125†
-2Log L	178,537.00		167,479.40	
Akaike Information Criterion	178,579.00		167,523.40	

SE, standard error.

\* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ . \*\*\* $p < 0.001$ . †Variance component. ‡SE.

로 유의하여( $p_1 < 0.001$ ) 다수준분석이 더 좋은 모형임을 알 수 있었다.

2) 재원일수에 영향을 주는 요인분석

종속변수인 재원일수에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 포

아송 회귀분석과 다수준분석을 각각 시행 후 영향을 주는 요인 간에 차이가 있는지를 비교하였다.

포아송 회귀분석의 결과를 보면 연령, 의료보장형태, 뇌졸중형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 입원경로, 의료기관 중별, 병상수, 100병상당 의사 수, 100병상당 간호사 수, 진료량 그리고 지역

**Table 4.** Comparison of the result between linear regression and multi-level linear analysis (medical charges)

Variable	Linear regression		Multi-level analysis	
	Estimate	SE	Estimate	SE
<b>Fixed effect</b>				
Intercept	14.1365***	0.0448	14.0492***	0.0935
<b>Level 1</b>				
Age	-0.0007	0.0004	-0.0006	0.0004
Gender (female)	-0.0232*	0.0105	-0.0227*	0.0102
<b>Medical insurance type</b>				
National health insurance	Reference		Reference	
Medicaid	-0.0697***	0.0150	-0.0612***	0.0148
Others	0.0250	0.1075	0.1709	0.1065
<b>Type of stroke</b>				
Ischemic	Reference		Reference	
Hemorrhagic	-0.0140	0.0142	-0.0115	0.0139
Elixhauser comorbidity index	0.1128***	0.0029	0.1335***	0.0031
Surgery	0.6438***	0.0140	0.6258***	0.0137
Intensive care unit	0.4697***	0.0138	0.4575***	0.0140
<b>Admission source</b>				
Emergency room	Reference		Reference	
Outpatient department	0.0054	0.0112	0.0078	0.0126
<b>Level 2</b>				
<b>Hospital type</b>				
Tertiary hospital	Reference		Reference	
General hospital	-0.0723***	0.0186	-0.0675	0.0574
Hospital	-0.2075***	0.0289	-0.1918**	0.0688
Long-term care hospital	-0.0821	0.0517	0.0189	0.0874
<b>No. of beds</b>				
≥ 700	Reference		Reference	
≤ 100	-0.3966***	0.0614	-0.3206***	0.0878
100-300	-0.1301***	0.0255	-0.1332*	0.0592
300-500	-0.0172	0.0225	-0.0277	0.0569
500-700	0.0452**	0.0169	0.0090	0.0491
No. of doctors per 100 beds	0.0030***	0.0008	0.0021	0.0021
No. of nurses per 100 beds	0.0023***	0.0005	0.0037**	0.0012
Patient volume	-0.0004**	0.0001	-0.0002	0.0005
<b>Region</b>				
Urban	Reference		Reference	
Rural	-0.0450***	0.0111	-0.0693**	0.0237
<b>Random effect</b>				
Variance of the intercept at the hospital level			0.0404***,†	0.0042†
Variance of the intercept at the patient level			0.3789***,†	0.0044†
-2Log L	30,796.6		30,053.3	
Akaike Information Criterion	30,840.6		30,099.3	

SE, standard error.

\* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ . \*\*\* $p < 0.001$ . †Variance component. ‡SE.

변수가 모두 통계학적으로 유의하였다. 다수준분석의 결과, 재원일수에 영향을 주는 요인은 환자 수준에서 연령, 성별, 의료보장형태, 뇌졸중형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 입원경로가, 병원 수준에서는 의료기관 종별과 100병상당 의사 수가 통계적으로 유의하

였다. 두 방법론을 비교하면 연령, 의료보장형태, 뇌졸중형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 입원경로, 의료기관 종별 중 요양병원, 그리고 100병상당 의사 수는 두 방법에서 모두 영향요인으로 분석되었으나, 포아송 회귀분석에서 영향요인이었던 의료기관 종별 중 병

원, 병상 수 중 100병상 이상 300병상 미만과 300병상 이상 500병상 미만, 100병상당 간호사 수, 진료량 그리고 지역이 다수준분석에서는 영향요인이 아니었고, 반면에 다수준분석에서 영향요인이었던 성별은 포아송 회귀분석에서는 영향요인이 아님을 알 수 있었다.

다수준분석결과 null model의 병원분산은 0.4246이었고 통계학적으로 유의하였다. ICC를 계산해 보면  $0.4246 / (0.4246 + \pi^2/3) = 0.114$  로 뇌졸중 환자의 재원일수에 영향을 주는 요인에서 전체 분산의 11.4%가 병원수준의 분산이 차지하는 비율이며, 88.6%가 환자 수준이 차지하는 분산임을 알 수 있었다. 모형적합도를 비교하기 위해 AIC와 LR test를 한 결과, 다수준분석이 좋은 모형으로 분석되었다(Table 3).

### 3) 진료비에 영향을 주는 요인분석

진료비의 분포를 정규분포로 변환하기 위해 log변환을 취한 후 선형회귀분석과 다수준분석을 시행하였다. 선형회귀분석의 결과를 살펴보면 성별, 의료보장형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 의료기관 종별, 병상 수, 100병상당 의사 수, 100병상당 간호사 수, 진료량 그리고 지역이 진료비에 통계학적으로 유의하게 영향을 주는 변수로 분석되었다. 다수준분석의 결과에서는 환자 수준의 변수로는 성별, 의료보장형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 그리고 병원 수준의 변수로는 의료기관 종별, 병상 수, 100병상당 간호사 수, 지역이 영향요인이었다. 선형회귀분석과 다수준분석을 통해 뇌졸중 환자의 진료비에 영향을 주는 요인을 비교해 보면 성별, 의료보장형태, ECI, 수술시행, 중환자실 이용, 의료기관 종별 중 병원, 병상 수 중 100병상 미만과 100병상 이상 300병상 미만, 100병상당 간호사 수, 그리고 지역 모두 영향요인으로 분석되었다. 그러나 선형회귀분석에서 영향요인이었던 의료기관 종별 중 종합병원, 병상 수 중 500병상 이상 700병상 미만, 100병상당 의사 수, 그리고 진료량은 다수준분석에서는 영향요인이 아니었다.

선형다수준분석에서는 전체의 분산 중에서 집단 수준의 분산과 개인 수준의 분산이 산출된다. Null model에서 임의효과인 환자들 간의 차이에 의해 발생하는 분산은 0.6112였고, 병원 간의 차이에 의해 발생하는 분산은 0.1319로 통계학적으로 유의하였다. 종속변수인 뇌졸중 환자 진료비의 총 분산 중 병원 수준의 분산이 차지하는 비율인 ICC는  $0.1319 / (0.1319 + 0.6112) = 0.177$ 로 17.7%이다. 진료비에 영향을 주는 요인에서 총 분산의 17.7%가 병원 수준의 분산이 차지하는 비율이고, 나머지 82.3%는 환자 수준의 분산으로 설명되었다. 즉 뇌졸중 환자의 진료비는 환자들 간의 차이와 함께 병원 간의 차이가 있음을 확인하는 결과이다.

모형적합도를 나타내는 지수들을 평가한 결과 선형회귀분석의 AIC값은 30,840.60, 다수준분석의 AIC값은 30,099.30으로 집단 수준과 개인 수준을 고려한 다수준분석이 더 좋은 모형임을 알 수

있었다. 모형의 평가를 위한 LR test를 실시한 결과도 다수준분석이 선형회귀분석에 비해 값의 감소를 보여 더 좋은 모형이었다(Table 4).

## 고 찰

뇌졸중 환자의 결과지표인 병원 내 사망, 재원일수, 진료비를 종속변수로 하여 다변량 회귀분석과 다수준분석의 차이를 알아보고자 동일한 변수를 적용하여 분석한 결과를 비교하였다. 뇌졸중 환자의 결과지표에 영향을 주는 요인으로 병원에 관련된 변수들이 기존의 회귀분석에서는 다수 포함되어 있었으나, 구조를 반영한 다수준분석에서는 오히려 통계학적으로 유의한 변수가 적게 포함되어 있었다. 이러한 차이가 발생하는 이유는 기존의 회귀분석에서는 병원 수준의 변수들이 각 개인의 변수들과 연관되어 있으나, 이를 구분하지 못함으로써 나타나는 과대추정의 결과이다. 그러나 다수준분석에서는 이를 구분함으로써 병원에서 발생하는 변수들은 개인변수들의 평균으로 분석하기 때문에 개인변수들의 개별 값을 제외한 병원특성을 반영하여 보다 정확한 분석이 이루어 질 수 있는 것이다. 결국 두 분석의 모형적합도를 보면 병원 내 사망, 재원일수, 그리고 진료비에서 모두 회귀분석보다 집단 수준과 개인 수준을 고려한 다수준분석이 더 좋은 모형으로 분석되었다. 결론적으로 뇌졸중 환자의 결과지표를 자료의 구조를 반영하지 않은 다변량 회귀분석과 구조를 반영하여 분석한 다수준분석의 결과값 간에 차이가 있었으며, 종속변수인 결과지표가 구조를 반영한 후 다른 결과를 보였다는 것은 단일수준 분석한 것과는 구별되는 집단수준의 요인이 있다는 것이다.

기존의 연구방법들은 집단의 효과를 고려하지 않고 단일수준에서 분석을 시행하여 분석의 오류를 범할 수 있다. 다수준분석과 관련된 기존의 통계분석방법들의 문제점은 다음과 같다. 첫째, 분석시 수집된 자료의 구조를 파악하여 분산분석이나 회귀분석을 할 것인지 다수준분석을 할 것인지를 결정해야 한다. 동일한 조직 즉, 집단에 속한 개인들의 상호의존성을 고려하지 않으면, 분석단위의 독립성 가정이 의심받게 되며, 가설의 검정의 타당성에 의문을 가질 수 있다. 둘째, 일반적인 연구모형에서는 각 변수가 결과지표에 영향을 주는 크기는 동일하다는 가정하에 회귀계수로 값을 추정한다. 이것은 예측변수가 뇌졸중의 결과변수에 미치는 영향력이 환자의 특성이나 병원의 특성에 관계없이 각 변수가 결과지표에 영향력이 동일하다는 가정인데 이는 비현실적이다. 셋째, 계층구조에 대한 연구에서는 항상 공상관 요인(confounding factors)이 집단 및 개인 수준에서 존재하며, 이런 변수의 영향은 연구모형에서 통제되어야 하는데, 기존의 연구모형에서는 동시에 여러 계층의 변수를 통제할 수가 없다. 마지막으로, 계층구조의 변수들은 각 수준에 존재하는 변수들과 상호작용한다. 기존의 단일구조의 모형은 집단

수준 변수의 효과가 개인 수준과 관계없이 동일하다고 가정하므로 계층 간 상호작용을 밝히는 데 한계가 있다[24].

다수준분석에서 자료의 구조만을 반영한 모형인 null model의 분석을 통해 ICC값을 산출한 결과, 병원 내 사망은 13.6%, 재원일 수는 11.4%, 그리고 진료비에서는 17.7%로 집단 수준에 의한 차이가 있었다. 연구결과에서와 같이 집단 내 상관계수를 통해 환자 수준의 요인을 통제한 이후에도 병원 수준의 요인의 차이에 의해 뇌졸중 환자의 결과지표의 차이가 있음을 알 수 있었으며, 이는 병원 수준까지도 모형에 고려할 필요성이 있음을 보여 주었다. 전체의 분산 중에서 집단 수준의 분산이 차지하는 비율인 ICC에 대한 의미를 살펴보면, 기존 연구에서는 ICC값이 0.05 이상 즉, 5% 이상이면 집단 간에 차이를 나타내는 근거로 보고 있다[25,26].

뇌졸중 환자의 결과지표가 병원 수준에 의해서 영향을 받지 않는다면 결과지표를 향상시키기 위해서 가장 효과적인 방법은 개인 수준 즉, 환자 수준에 초점을 맞추는 것이 마땅하다. 그러나 뇌졸중 환자의 결과지표가 병원 수준에 의해 다른 양상을 보인다면 환자 수준의 특성과는 구별되는 병원 수준의 다른 요인들이 있다고 할 수 있다. 이러한 경우 집단 수준의 자료로부터 얻어진 결과를 사용하여 집단 수준의 영향력을 평가하는 것이 중요하다. 따라서 뇌졸중 환자의 결과지표에 영향을 주는 요인에 대해 병원 수준의 특성을 고려하는 것은 결과지표를 향상시킬 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Statistics Korea. 2011 Death cause statistics. Daejeon: Statistics Korea; 2012.
2. Health Insurance Review & Assessment Service. Comprehensive quality report of national health insurance 2012. Seoul: Health Insurance Review & Assessment Service; 2013.
3. Appelros P. Prediction of length of stay for stroke patients. *Acta Neurol Scand* 2007;116(1):15-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0404.2006.00756.x>
4. Kim KH, Choi BR, Park CS. A study on stroke assessment indicators expansion. Seoul: Health Insurance Review & Assessment Service; 2012.
5. 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>
6. Saposnik G, Baibergenova A, O'Donnell M, Hill MD, Kapral MK, Hachinski V, et al. Hospital volume and stroke outcome: does it matter? *Neurology* 2007;69(11):1142-1151. DOI: <http://dx.doi.org/10.1212/01.wnl.0000268485.93349.58>
7. Bardach NS, Zhao S, Gress DR, Lawton MT, Johnston SC. Association between subarachnoid hemorrhage outcomes and number of cases treated at California hospitals. *Stroke* 2002;33(7):1851-1856. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.str.0000019126.43079.7b>
8. Svendsen ML, Ehlers LH, Ingeman A, Johnsen SP. Higher stroke unit

- volume associated with improved quality of early stroke care and reduced length of stay. *Stroke* 2012;43(11):3041-3045. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.645184>
9. Lin HC, Xirasagar S, Chen CH, Lin CC, Lee HC. Association between physician volume and hospitalization costs for patients with stroke in Taiwan: a nationwide population-based study. *Stroke* 2007;38(5):1565-1569. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/strokeaha.106.474841>
10. Ovbiagele B. Nationwide trends in in-hospital mortality among patients with stroke. *Stroke* 2010;41(8):1748-1754. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.585455>
11. Reeves MJ, Gargano J, Maier KS, Broderick JP, Frankel M, LaBresh KA, et al. Patient-level and hospital-level determinants of the quality of acute stroke care: a multilevel modeling approach. *Stroke* 2010;41(12):2924-2931. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.598664>
12. Reed SD, Blough DK, Meyer K, Jarvik JG. Inpatient costs, length of stay, and mortality for cerebrovascular events in community hospitals. *Neurology* 2001;57(2):305-314. DOI: <http://dx.doi.org/10.1212/wnl.57.2.305>
13. Smith EE, Shobha N, Dai D, Olson DM, Reeves MJ, Saver JL, et al. Risk score for in-hospital ischemic stroke mortality derived and validated within the Get With the Guidelines-Stroke Program. *Circulation* 2010;122(15):1496-1504. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.932822>
14. Lee KS, Lee SI. Does a higher coronary artery bypass graft surgery volume always have a low in-hospital mortality rate in Korea? *J Prev Med Public Health* 2006;39(1):13-20.
15. Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM. Comorbidity measures for use with administrative data. *Med Care* 1998;36(1):8-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005650-199801000-00004>
16. Bottle A, Aylin P. Comorbidity scores for administrative data benefited from adaptation to local coding and diagnostic practices. *J Clin Epidemiol* 2011;64(12):1426-1433. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2011.04.004>
17. Lieffers JR, Baracos VE, Winget M, Fassbender K. A comparison of Charlson and Elixhauser comorbidity measures to predict colorectal cancer survival using administrative health data. *Cancer* 2011;117(9):1957-1965. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/cncr.25653>
18. Chu YT, Ng YY, Wu SC. Comparison of different comorbidity measures for use with administrative data in predicting short- and long-term mortality. *BMC Health Serv Res* 2010;10:140. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6963-10-140>
19. Sharabiani MT, Aylin P, Bottle A. Systematic review of comorbidity indices for administrative data. *Med Care* 2012;50(12):1109-1118. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MLR.0b013e31825f64d0>
20. Son CK, Do SR, Jang YS, Choi JS, Chung YH, Kim NS, et al. In-depth analysis of patient survey in 2009. Seoul: Ministry of Health and Welfare; 2011.
21. Min IS, Choi PS. Advanced panel data analysis. Seoul: Jiphil Media; 2012.
22. Hox JJ. Multilevel analysis: techniques and applications. 2nd ed. New York: Routledge; 2010.
23. Singer JD, Willett JB. Applied longitudinal data analysis. Oxford: Oxford University Press; 2003.
24. Lee JY, Kang SJ, Bang HN, Lee MJ, Park KS, Eun KS, et al. Advanced quantitative methods in social science. Seoul: Seoul University Press; 2013.
25. Kang SJ, Chun MJ, Chang JH. A comparative analysis of humanities and vocational high school students: 3 level multi-level analysis. *Proceedings of the 1st KEEP Conference Dissertation*; 2005.
26. Heck RH, Thomas SL. An Introduction to multilevel modeling techniques. 2nd ed. New York: Routledge; 2009.